

DER  
DEUTSCHE BRÜCKENBAU  
IM XIX. JAHRHUNDERT

---

DENKSCHRIFT

BEI GELEGENHEIT DER WELTAUSSTELLUNG DES JAHRES 1900 IN PARIS

BEARBEITET IM AUFTRAG

DER FIRMEN

MASCHINENFABRIK ESSLINGEN IN ESSLINGEN

GUTEHOFFNUNGSHÜTTE, AKTIENVEREIN FÜR BERGBAU UND HÜTTENBETRIEB IN OBERHAUSEN

GESELLSCHAFT HARKORT IN DUISBURG AM RHEIN

PHILIPP HOLZMANN & CO. GEBELCKSGLAFF M. B. H. IN FRANKFURT AM MAIN

VEREINIGTE MASCHINENFABRIK AUGSBURG UND MASCHINENBAUGESELLSCHAFT NÜRNBERG A. G.

WERK NÜRNBERG (ZWEIGANSTALT GUSTAVSBURG)

UNION, AKTIEN-GESELLSCHAFT FÜR BERGBAU, EISEN- UND STAHL-INDUSTRIE  
IN DORTMUND

VON

GEORG MEHRTENS

GEHEIMER HOFRATH, ORDENTLICHER PROFESSOR

DER INGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN DRESDEN

MIT 195 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1900

# DER DEUTSCHE BRÜCKENBAU

IM XIX. JAHRHUNDERT

---

# DER DEUTSCHE BRÜCKENBAU

## IM XIX. JAHRHUNDERT

---

### DENKSCHRIFT

BEI GELEGENHEIT DER WELTAUSSTELLUNG DES JAHRES 1900 IN PARIS

BEARBEITET IM AUFTRAGE

DER FIRMEN

MASCHINENFABRIK ESSLINGEN IN ESSLINGEN

GUTEHOFFNUNGSHÜTTE, AKTIENVEREIN FÜR BERGBAU UND HÜTTENBETRIEB IN OBERHAUSEN  
GESELLSCHAFT HARKORT IN DUISBURG AM RHEIN

PHILIPP HOLZMANN & CIE. GESELLSCHAFT M. B. H. IN FRANKFURT AM MAIN

VEREINIGTE MASCHINENFABRIK AUGSBURG UND MASCHINENBAUGESELLSCHAFT NÜRNBERG A.-G.  
WERK NÜRNBERG (ZWEIGANSTALT GUSTAVSBURG)

UNION, AKTIEN-GESELLSCHAFT FÜR BERGBAU, EISEN- UND STAHL-INDUSTRIE  
IN DORTMUND

VON .

**GEORG MEHRTENS**

GEHEIMER HOFRATH, ORDENTLICHER PROFESSOR  
DER INGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN DRESDEN

MIT 195 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ABBILDUNGEN



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH  
1900

---

Alle Rechte, insbesondere das der  
Uebersetzung in fremde Sprachen vorbehalten.

---

ISBN 978-3-662-24334-3      ISBN 978-3-662-26451-5 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-26451-5  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1900

## Vorwort.

Auf der Pariser Weltausstellung des Jahres 1900 werden die deutschen Leistungen im Bau eiserner Brücken durch sechs der grössten Firmen Deutschlands gemeinsam zur Anschauung gebracht. Es sind dies: Maschinenfabrik Esslingen in Esslingen — Gutehoffnungshütte (Aktienverein für Bergbau und Hüttenbetrieb) in Oberhausen-Rheinland — Gesellschaft Harkort in Duisburg am Rhein — Gesellschaft m. b. H. Phil. Holzmann & Cie. in Frankfurt am Main — Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft in Nürnberg (Zweiganstalt Gustavsburg) und Union, Aktien-Gesellschaft für Bergbau, Eisen- und Stahl-Industrie in Dortmund (Westfalen). Bei einer im Mai 1898 in Frankfurt a. M. gehaltenen gemeinsamen Besprechung hatten die Aussteller beschlossen, den deutschen Brückenbau durch Bilder, Modelle, Broschüren, Kataloge, Konstruktionszeichnungen, sowie durch Photographien in Albums und Ständern in seiner Gesamtheit darzustellen und zur Geltung zu bringen. Ausserdem wurde dort vereinbart, über die Entwicklung des Brückenbaus in Bezug auf Theorie, Konstruktion und Bauausführung eine besondere Abhandlung, die in einem Anhang auch die Beschreibung der ausgestellten Gegenstände umfassen sollte, in deutscher, französischer und englischer Sprache ausarbeiten zu lassen.

Verfasser, der mit der Abfassung der Schrift betraut wurde, hat den ehrenvollen Auftrag im Interesse der technischen Wissenschaft mit Freuden begrüsst. Er spricht seinen hochverehrten Auftraggebern dafür und besonders auch für die werthvollen Mittheilungen, die sie ihm über die Entwicklung und Leistung ihrer Werke zur Verfügung gestellt haben, hierdurch nochmals seinen besten Dank aus. Möchte doch das Zusammengehen und Zusammenwirken von berufenen Vertretern der Industrie und der technischen Wissenschaften, wie es in den letzten Jahrzehnten des scheidenden Jahrhunderts bei so vielen Gelegenheiten hochehrfrohlich zu Tage getreten und wie es in grossartigster Weise auch durch die Stiftung der deutschen Industriellen zum Besten der deutschen technischen Hochschulen bei Gelegenheit der Hundertjahrfeier der technischen Hochschule in Berlin zum entsprechenden Ausdruck gelangt ist, im kommenden Jahrhundert zum Segen der gesamten Technik einmüthig andauern.

Wenn Verfasser in der vorliegenden Gelegenheits-Schrift, worin eine vollständige Behandlung ihres Gegenstandes nicht erwartet werden darf, den Rahmen, der das Bild der Entwicklung des Baues der deutschen eisernen Brücken abschliesst, an einzelnen Stellen etwas durchbrochen hat, so geschah dies einerseits in der Absicht, dem Bilde durch eine, wenn auch nur flüchtige Charakteristik des 19. Jahrhunderts mit Streiflichtern auf das Gebiet des Eisenhüttenwesens, einen passenden Hintergrund zu geben und anderseits auch, um durch die berührten Gegensätze und Vergleiche zwischen Gegenwart und Vergangenheit, sowie auch zwischen Inland und Ausland, die Gegenstände im Vordergrund des Bildes, besonders also die deutschen Leistungen, besser zu beleuchten.

Von der deutschen Ausgabe der vorliegenden Schrift gelangen nur 500 Abdrücke in den Buchhandel. Je 1000 weitere Abdrücke von allen drei Ausgaben sind dazu bestimmt, während der Pariser Ausstellung an Interessenten auf deren Wunsch abgegeben zu werden. Ausserdem hat der Direktor des Vereins deutscher Ingenieure, Herr Baurath Peters in Berlin — den Wünschen der genannten Firmen bereitwilligst entgegenkommend — es übernommen, der vorliegenden Schrift durch deren Wiedergabe in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure die weiteste Verbreitung zu verschaffen. Dafür Herrn Direktor Baurath Peters, auch im Namen der genannten Firmen, an dieser Stelle den verbindlichsten Dank auszusprechen, ist dem Verfasser eine angenehme Pflicht.

Verfasser dankt besonders auch noch allen Herren, die bei der Herstellung der fremdsprachigen Ausgaben der Schrift thätig waren. Das sind für die englische Ausgabe: Herr Ingenieur Ludwig Mertens in Hamburg als Uebersetzer und Herr Direktor Leo Backhaus von der Gesellschaft Harkort, der die Herstellung überwachte: für die französische Ausgabe: als Uebersetzer Herr Ingenieur Oscar Ihro in Sterkrade und bei Ueberwachung der Herstellung Herr Direktor Professor Krohn von der Gutehoffnungshütte.

Verfasser verfehlt schliesslich nicht, in dankbarer Anerkennung auch der Bemühungen und Verdienste des Verlegers, Herrn Julius Springer in Berlin, zu gedenken, dem die Sorge oblag, die rechtzeitige Fertigstellung und angemessene Ausstattung aller drei Ausgaben der vorliegenden Schrift zu bewirken.

Dresden, im März 1900.

**Der Verfasser.**

# Inhaltsübersicht.

---

## I. Einleitung.

	Seite
1. Das 19. Jahrhundert . . . . .	1
2. Die ersten eisernen Brücken . . . . .	2
3. Das Material der eisernen Brücken . . . . .	5

## II. Entwicklung der Träger-Systeme und der Brückentheorie.

4. Uebersicht der Gesamtentwicklung . . . . .	8
5. Die Vorbilder der Stabwerk-Systeme im Holzbau . . . . .	9
6. Anfänge der Statik und Elasticitätslehre bis auf Navier . . . . .	10
7. Die älteren Brückensysteme des 19. Jahrhunderts . . . . .	11
8. Die Elasticitätslehre seit Navier . . . . .	13
9. Die Wandgliederung der Balkenträger . . . . .	14
10. Die Umriss der gegliederten einfachen Balkenträger . . . . .	16
11. Durchgehende Balkenträger und Auslegeträger (cantilever, porte-à-faux) . . . . .	19
12. Bogenbrücken . . . . .	23
13. Hängebrücken . . . . .	30
14. Die Statik der Baukonstruktionen von heute . . . . .	36

## III. Fortschritte in der Konstruktion der eisernen Brücken.

15. Ueber den Konstruktions-Entwurf . . . . .	38
16. Die Fragen hinsichtlich der Sicherheit der Konstruktion . . . . .	41
17. Ausbildung und Verwendung des Materials . . . . .	45
18. Die ersten eisernen Eisenbahnbrücken Deutschlands . . . . .	49
19. Uebersicht der gegliederten Balkenbrücken . . . . .	52
20. Uebersicht der Bogenbrücken und Hängebrücken . . . . .	66
21. Deutsche Bolzen-Brücken . . . . .	83
22. Neuere Konstruktions-Einzelheiten . . . . .	86

## IV. Die Herstellung der Konstruktion durch die Brückenbau-Anstalten.

23. Die Herstellungsarbeiten im Allgemeinen . . . . .	92
24. Maschinenfabrik Esslingen in Esslingen . . . . .	93
25. Die Gutehoffnungshütte . . . . .	94
26. Die Gesellschaft Harkort in Duisburg . . . . .	97
27. Philipp Holzmann & Cie, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Frankfurt a. Main . . . . .	102
28. Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg . . . . .	104
29. Gesellschaft Union in Dortmund . . . . .	107

## V. Anhang.

30. Die Ausstellung deutscher Brückenbau-Anstalten in Paris 1900 . . . . .	111
Litteratur-Nachweis . . . . .	132

---

## I.

# Einleitung.

**1. Das 19. Jahrhundert.** Die Entwicklung der Menschheit vollzieht sich im unaufhörlichen Wechsel des Lebens und der Ereignisse, unbekümmert um das Kommen und Gehen der Jahrhunderte. Im Werdegange der einzelnen Völker aber bilden die von Menschenhand gesteckten Grenzen der Jahrhunderte bequeme unentbehrliche Stufen, auf denen, gleichsam in Gedanken, der Beobachter ruhen und umschauen kann. So halten jetzt berufene Männer auf allen Gebieten des menschlichen Wissens und Könnens Umschau über die geistigen und materiellen Errungenschaften des scheidenden Jahrhunderts. Und heute schon, auf der Wende des 19., vor der Schwelle des 20. Jahrhunderts, überflutet uns eine reiche Litteratur mit Betrachtungen über das, was das verflossene Jahrhundert uns gewesen ist und was es uns gebracht hat. Wesen und Charakter des Jahrhunderts erscheinen dabei in mannigfacher Beleuchtung, je nach dem Stande und dem Standpunkte des Beurtheilers. Man erkennt das von ungefähr schon an den verschiedenen allgemeinen Bezeichnungen, die dem Jahrhundert beigelegt werden, darunter Namen wie „Jahrhundert der Naturwissenschaften — der Rassen — der Nationalitäten — der socialen Ideen — der Presse — der Frauen“ u. s. w. u. s. w., also Namen, die allesammt nicht das Ganze treffen.

Das Charakteristische des 19. Jahrhunderts liegt wohl nicht in seinen Ideen, sondern in seinen materiellen Errungenschaften. Eine Reihe von technischen Erfindungen auf den Gebieten der Industrie und des Verkehrs hat die gesammten materiellen und wirtschaftlichen Verhältnisse unserer Erde von der Wurzel aus umgestaltet, so durchgreifend wie in keinem Jahrhundert vorher. Die Folgen waren in der ersten Hälfte des Jahrhunderts neben einer völligen Verschiebung politischer Machtverhältnisse ein gewaltiger Aufschwung der Industrie unter Entstehung eines unabsehbaren Heeres von gewerblichen Arbeitern, und in einem gewissen Gegensatze dazu im weiteren Verlaufe der Entwicklung eine Bedrängung der Landwirthschaft im Kleinen und Grossen. In Verbindung mit diesen und andern Erscheinungen steht die Aufrollung der gegenwärtig herrschenden socialen Fragen, die vom kommenden Jahrhundert ihre Lösung erwarten.

Technische Erfindungen des Jahrhunderts haben die menschliche Arbeit in ungeahnter Weise gegliedert, so dass sie heute den ganzen Erdball in tausend und abertausend

Fäden, gleichwie mit einem lebendigen Netze, umspannt, dessen Regungen bis in das Innerste jeder Behausung hinein verspürt werden. Arbeit und Verkehr stehen in steter Wechselbeziehung. So ist die Theilung der Arbeit mehr und mehr ein Zaubermittel geworden, um dem rastlos dahineilenden Strome des Verkehrs alle Hindernisse aus dem Wege zu räumen und um ihm immer neue Bahnen in allen Theilen der Welt zu eröffnen. Und wenn die Welt nach dem schlagenden, geflügelten Worte des deutschen Kaisers am Ende des Jahrhunderts „unter dem Zeichen des Verkehrs“ steht, so hat sie dies danach in erster Linie jenen grossen technischen Erfindungen zu danken, die dem Jahrhundert mit dem Segen der Arbeit zugleich auch die verlässlichste Grundlage zum „Besser- und Glücklicherwerden“ gegeben haben.

Obenan steht eine Reihe von bahnbrechenden Erfindungen, die in ihrer schliesslichen Vereinigung zur Schaffung der Lokomotiv-Eisenbahn führten. Ihre Anfänge reichen in das 18. Jahrhundert zurück, das die Grundsteine der Technik für kommende Jahrhunderte in seinem von langer Hand her vorbereiteten Boden geborgen hält. Im englischen Eisenhüttenwesen ersetzte man die Wasserkraft durch die Dampfkraft und die Holzkohle durch die Steinkohle, was eine wesentliche Verbesserung des Roheisens im Hochofen und die Einführung des Gusseisens als Konstruktionsmaterial an Stelle von Holz und Stein zur Folge hatte. Ihre Reife erlangten aber alle jene Erfindungen erst im dritten Jahrzehnt des gegenwärtigen Jahrhunderts. Nachdem um diese Zeit das Gusseisen in seiner Herrschaft vom Puddeleisen abgelöst worden war und nachdem bis dahin — mit Stephenson zu reden — „Lokomotive“ und „eiserne Bahn“ gelernt hatten, „wie Mann und Weib“ mit einander auszukommen, war die Geburtsstunde der ersten Lokomotiv-Eisenbahn gekommen. Wie darauf die werdenden Eisenbahnen gewaltige Mengen des neuen Baustoffs verschlangen und dadurch die Massenerzeugung im Eisenhüttenwesen anbahnten, wie fernerhin Eisenindustrie und Eisenbahnen, sich gegenseitig hebend und stützend, wuchsen und erstarkten, ohne bis heute zur Ruhe zu kommen, ist allbekannt. Diese Erscheinung bietet wohl das grossartigste Beispiel für die erwähnten Wechselbeziehungen zwischen Arbeit und Verkehr, dieser goldenen Quelle aller Veränderungen im geistigen und materiellen Leben der Völker.

Unzweifelhaft also trägt das 19. Jahrhundert von Anfang bis zu Ende ein technisches Gepräge. Das sollte auch zum Ausdruck gebracht werden, wenn man seinen Charakter auf einen Namen taufen will. Das 19. Jahrhundert ist ein „Jahrhundert der Technik“, deren Grundsteine gelegt wurden in jener denkwürdigen Zeit, als Kohle und Eisen mit der Dampfkraft den Bund schlossen, als unter Führung der Chemie die metallurgischen Wissenschaften erwachten und als die ersten technischen Hochschulen gegründet wurden. Das 19. Jahrhundert ist aber auch ein „Jahrhundert des Eisens“, denn seit Jahrtausenden diente das Eisen den Werken des Friedens und des Krieges nicht so gleichmässig und nicht mit so weltbewegendem Erfolge wie im gegenwärtigen Jahrhundert.

Schon in seinen ersten Jahrzehnten wurde das Jahrhundert vielfach „das eiserne“ genannt, nachdem man lange vorher schon erkannt hatte, wie der Kulturgrad eines Volkes nach seinem Verbräuche an Eisen zu messen sei. Der 1801 von Napoleon I. zum Unterrichtsminister ernannte Chemiker Fourroy sagte: „l'art du fer dans ses divers progrès de perfectionnement marque exactement le progrès de toute civilisation.“ Und Napoleon selbst, der die hohe Bedeutung der englischen Erfindungen und Neuerungen klar erkannte, deren Uebertragung auf das Festland aber aus Hass gegen England durch die Kontinentalperre auf Jahrzehnte hinaus verzögerte, hielt in einer Proklamation vom 8. März 1800 „Geld und Eisen für nothwendig, um den Frieden zu befehlen“. Der korsische Eroberer dachte dabei nicht, wie seine Minister, allein an den friedlichen Kulturwerth des Eisens; er wollte doppelsinnig wohl auch dessen unheimliche Bedeutung für den Krieg im Sinne des altrömischen igne ferroque kennzeichnen.

So lagen bereits die Meinungen im Beginne des Jahrhunderts, Verlauf und Ende bestätigten sie in vollstem Maasse. Die Technik und im Besonderen der für technische Arbeit unentbehrliche Stoff, das Eisen, haben dem 19. Jahrhundert die materiellen Grundlagen seiner Kultur gegeben und ihm dadurch unauslöschlich seinen Stempel aufgedrückt. Die Weltausstellungen in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts, die früher nicht bekannt waren, offenbarten die Wunder der Technik. Die erste Weltausstellung in London, im Jahre 1851, war für die Eisenindustrie eine Begebenheit ersten Ranges. Besonders günstig wirkte sie auf den deutschen Wettbewerb, indem sie das Selbstbewusstsein der mit Anerkennung und Auszeichnungen bedachten Aussteller stärkte, und namentlich, indem sie zu der Erkenntniss führte „wie die bewunderte englische Industrie in technischer Beziehung keinen unerreichbar grossen Vorsprung hatte“<sup>1)</sup>. Zuversichtlich steht zu hoffen, dass die deutsche Industrie im obigen Sinne gegen das Ausland auch weiter mit Ehren bestehen wird, wenn die letzte Weltausstellung des Jahrhunderts in Paris Zeugniss ablegt von dem Gesamtfortschritte in allen Zweigen der Technik, wie sie aus den grossen Erfindungen des Jahrhunderts in steter und tausendfältiger Gliederung geboren wurden.

Auch die technischen Wissenschaften, die seit Jahrzehnten Haupt und Stimme selbstbewusster und kräftiger erheben als je, werden in Paris in ihrer Eigenart vollzählig vertreten sein. Gegen Vorurtheile, Unkenntniss und hochmüthige Verkenning ihres Wesens und ihrer Bedeutung kämpften sie unbeirrt in eigener Kraft und eigener Art. Und am Ende des Jahrhun-

derts kann die Thatsache ihrer Ebenbürtigkeit mit den von Alters her bevorzugten, an der Universität betriebenen Wissenschaften, eine Thatsache, die im Auslande schon länger offenbar ist, auch in Deutschland nicht wohl mehr verhehlt werden. „In Anerkennung der Stellung, die sich die Technik am Ende unseres Jahrhunderts erworben hat“, verlieh der weitschauende deutsche Kaiser den drei preussischen technischen Hochschulen in Berlin, Hannover und Aachen Sitz und Stimme im Herrenhause. Missmuthig zum Theil schauten die Universitäten bisher diesen Erfolgen der Technik zu und manche ihrer berufenen Vertreter haben in Wort und Schrift die Gleichberechtigung der technischen Schwesteranstalten bestritten. Wie die Sache endlich ausgehen wird, darüber kann nur Derjenige noch im Zweifel bleiben, der absichtlich sein Auge gegen die Zeichen des Tages verschliesst, oder dem es für ihre Beurtheilung an der nöthigen Fähigkeit oder Einsicht mangelt. Ein Fingerzeig für die Zukunft war auch die glanzvolle Hundertjahrfeier der technischen Hochschule in Berlin, in den letzten Oktobertagen vorigen Jahres, die durch das Vorgehen des deutschen Kaisers den deutschen technischen Hochschulen das wohlverdiente aber vielumstrittene Recht der Verleihung des Dokortitels gebracht hat.

Wenn man die materielle Entwicklung des 19. Jahrhunderts rückblickend überschaut, so erkennt man, wie ungemein viel rascher und tiefgreifender als im Anfange des Jahrhunderts die aus den Gedanken und Erfindungen entsprungene Neuerungen und Umwälzungen sich heute vollziehen. Schlag auf Schlag folgen sich Erscheinungen und Ereignisse, in ihren Wirkungen den modernen Kriegen vergleichbar, die unter Aufbietung verheerender Machtmittel urplötzlich, vordem unerhörte Erfolge erzielen. Dichter zieht sich dabei das Netz des Verkehrs über den Erdball, Länder und Meere durchquerend; rascher und kräftiger schlagen seine Pulse. Wohl dem Volke, das den Pulsschlag der Menschheit recht zu deuten weiss, um die eigenen Pulsschläge danach zu regeln. Es wird den unausbleiblichen Veränderungen und Umwälzungen im kommenden Jahrhundert in guter Gesundheit gerüstet gegenüber stehen.

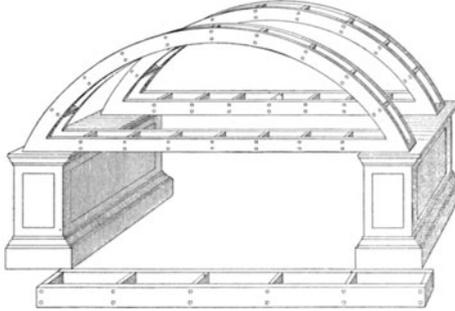
**2. Die ersten eisernen Brücken.** Im Alterthum schätzte man das Eisen hauptsächlich nach seiner Bedeutung für den Krieg. Für Ackerbau und Gewerbe benutzte man es nur in beschränktem Maasse, und in der Baukunst verwendete man es nur für ganz untergeordnete Dinge. Daran änderte sich im Laufe von Jahrhunderten wenig. Selbst in der Blüthezeit der Baukunst des Mittelalters wusste man das Eisen nicht anders auszunutzen, als für Beschläge, zum Verdübeln von Steinverbänden, Verstärken von Holzverbindungen und hölzernen Tragwerken, sowie zum Verankern von Gewölben und Kuppeln. Erst um die Wende des 18. und 19. Jahrhunderts wurden, wie vorerwähnt, die von Alters her allein herrschenden Baustoffe Holz und Stein auf allen Gebieten des Bauwesens vom Eisen abgelöst. Auch deshalb schon darf das 19. Jahrhundert mit Recht das „eisernerne“ genannt werden.

Auch im Brückenbau kam man in der Verwerthung des Eisens bis zum Ende des 18. Jahrhunderts nicht viel weiter als auf den anderen Baugebieten. Angesichts der bewunderungswürdigen Ueberreste der Brückenbaukunst des Alterthums könnte dies verwunderlich erscheinen. Wenigstens liegt die Frage nahe, warum denn die Baumeister und Ingenieure des klassischen Alterthumes — deren gewaltiges

Können so eindringlich aus ihren hinterlassenen Werken zur Gegenwart spricht — das Eisen nicht auch als Konstruktionsmittel verwerthet haben. Darauf giebt die Geschichte des Eisens Antwort: Eisen und Stahl waren in jener Zeit im Vergleich zu Holz und Stein viel zu kostbare Metalle, als dass

(1617) begegnen wir zuerst dem Gedanken, ganz metallene Brücken, Dächer und Decken aus Glockenmetall zu giessen<sup>2)</sup>. Verantius skizzirt einen Brückenbogen (Abb. 1) und sagt dazu: „Diese Brücke soll aus lauter Glockenspeise gemacht sein, sie sei nun gerade oder im Bogen gewölbt. Es möchte

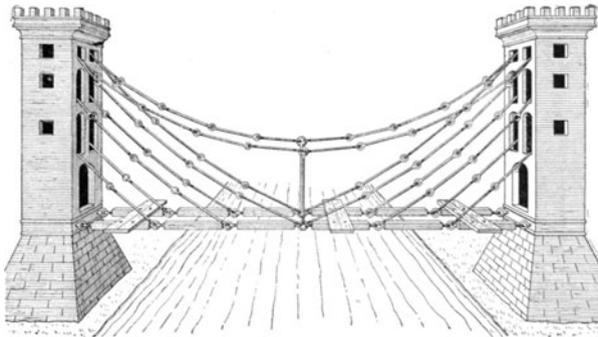
Abb. 1. Bogenbrücke des Faustus Verantius. 1617.



man sie anders als zu den allernothwendigsten Dingen des Lebens, also für Waffen und Geräthe, zu verwenden strebte. Das Eisen wurde abseits von den grossen Strassen des Verkehrs in einsamen Waldthälern und nur in geringen Mengen unmittelbar aus den Erzen erzeugt, war also umständlich zu gewinnen und zu beschaffen. Ueberdies fehlte es auch an

aber wohl Einer sagen, man werde viel Glockenspeise dazu haben müssen und deshalb würden grosse Unkosten darauf gehen; darauf antworte ich, dass viel weniger Kosten darauf gehen werden, als wenn sie aus Stein gemacht wird. Weiter wird Einer fragen: Wie kann ein so mächtiges Werk gemacht und gegossen werden? Dieses solltest Du von

Abb. 2. Hängebrücke des Faustus Verantius. 1617.



geeigneten Werkzeugen, um die Eisenstücke in gehörige Formen und Verbindungen zu zwingen, während dies Alles bei den wetteifernden Baustoffen Holz und Stein in der einfachsten, natürlichsten Weise zu lösen und zu bewerkstelligen war.

Das Gusseisen war im Alterthume nicht bekannt. Aber auch nach erfolgter Einführung der mittelbaren Eisenerzeugung und der Erfindung des Eisengusses änderte sich an der geschilderten Sachlage nur wenig. Anfangs brauchte man das Gusseisen nur für Kriegszwecke, indem man Geschütze daraus goss. Die ältesten erhaltenen gusseisernen Kanonen sind im Germanischen Museum in Nürnberg zu sehen, und im Zeughaus in Murten steht eine gusseiserne Kanone, die aus der Schlacht gegen Karl den Kühnen herrührt (1476). An die Verwendung des Gusseisens für Baukonstruktionen dachte Niemand.

Im Anfange des 16. Jahrhunderts in einer Schrift des venetianischen Ingenieurs Faustus Verantius aus Dalmatien

den Geschützgiessern erforschen. Wenn sie es Dir nicht zu sagen wissen, so komme wieder zu mir. Auf dieselbe Weise kann man auch mit viel geringeren Kosten die Dächer und Decken der grossen Gebäude und Kirchen machen.“

Gusseisen scheint Verantius danach für seine Zwecke nicht für geeignet gehalten zu haben, da er doch wohl gewusst hat, dass man bereits fast 200 Jahre vor seiner Zeit nicht allein bronzene sondern auch gusseiserne Geschütze wohl zu giessen verstand. Dagegen enthält seine Schrift an anderer Stelle die Abbildung einer Hängebrücke (Abb. 2), deren wagrechte Fahrbahn zu jeder Seite mit Hülfe von 4 schmiedeisernen Kettenreihen an Widerlagsthürmen aufgehängt ist. Er beschreibt die Brücke mit folgenden Worten: „Diese Brücke nennen wir deshalb eine eiserne, weil sie an zwei Thürmen, die an beiden Seiten des Wassers aufgebaut sind, mit vielen eisernen Ketten aufgehängt ist. Die Thürme

werden aber ihre Thore haben, damit man die Reisenden einlassen oder aussperren kann.“

Ob Verantius seine Gedanken und Pläne irgendwo zur Ausführung gebracht hat, wissen wir nicht, ebenso wenig wie viel Antheil daran etwa seine Vorgänger haben, namentlich Lionardo da Vinci (1452—1519), der grosse Künstler, Ingenieur und Philosoph, der auf allen Gebieten der damals bekannten Künste und Wissenschaften hervorragend thätig war, besonders auch im Bau von Kriegs- und Festungsbrücken?). Jedenfalls zeigt aber des Verantius Plan einer eisernen Kettenbrücke eine viel konstruktivere Anordnung als die alchinesischen Brücken dieser Art aus dem

Ingenieur Smeaton gebührt das Verdienst hierbei vorgegangen zu sein. Er sagt in einem Schreiben vom Jahre 1782: „Als ich vor 27 Jahren zum ersten Male Gusseisen für gewisse Zwecke verwendete, da rieth Alles, wie kann sprödes Gusseisen halten, wenn das stärkste Zimmerholz nicht widersteht? Die betreffenden Gussstücke arbeiten heute noch und ihr Gebrauch, der zuerst in Nordengland gemacht wurde, ist seit der Zeit ganz allgemein geworden und ich habe nie von einem Bruche gehört.“ Dampfkessel, Walzgerüste, sogar Wasserräder wurden aus Gusseisen gemacht und Smeaton verwendete das Metall u. A. auch für seine Mühlen und für den weltberühmten Leuchthurm von Eddystone. In

Abb. 3. Brücke über den Severn bei Coalbrookdale. 1779.



16. Jahrhundert sie aufweisen. Deren Bahn lag zwar auf ausgespannten eisernen Ketten, war aber unmittelbar darauf befestigt, so dass sie für Fussgänger und Reiter ebenso beschwerlich und gefahrvoll zu passiren waren, wie die aus Pflanzenfasern oder Schlingpflanzen verflochtenen rohen und urwüchsigen Seilbahnen der Naturvölker.

Es ist wohl zu verstehen, warum diese ersten Ideen, eiserne Brücken zu bauen, ebenso wie die Brücken-Entwürfe einzelner französischer Ingenieure im 18. Jahrhundert nicht verwirklicht worden sind. Für die Verarbeitung des schmiedbaren Eisens fehlte es immer noch an den geeigneten Werkzeugen und Maschinen, so dass der Wettbewerb von Holz und Stein erdrückend wirkte. Im Mittelalter war der Hammer das einzigste Werkzeug des Schmiedes und sogar am Ende des 18. Jahrhunderts auf der Schwelle des eisernen Jahrhunderts gehörte die Bearbeitung von Schmiedestücken über 200 kg Gewicht zu den Seltenheiten?). Es war deshalb für die damalige Zeit ein ungeheurer Gewinn, als die Einführung der Dampfkraft und der verkokten Steinkohle im Hochofenbetrieb die bereits erwähnte Verwendung des Gusseisens für Baukonstruktionen ermöglichte. Dem englischen

Coalbrookdale goss man (1767) die erste brauchbare Schiene für die Pferde-Kohlenbahnen des Werkes und 3 Jahre später goss man dort die erste feste eiserne Brücke der Welt, die gusseiserne Brücke über den Severn, 1776—1779 erbaut, mit etwa 31 m Spannweite. Der verdienstvolle Entwurffasser und Erbauer der Brücke Abraham Darby wurde 1788 von der englischen Gesellschaft der Künste (Society of arts), in deren Sammlungen das Modell der Brücke verwahrt wird, durch die Verleihung einer goldenen Medaille geehrt. Uebrigens steht die Brücke (Abb. 3) noch heutigen Tages unversehrt und trägt die täglich über sie rollenden Lasten mit völliger Sicherheit. In unmittelbarer Nähe der Brücke ist eine blühende Stadt entstanden, die nach ihr den Namen „Iron bridge“ erhalten hat<sup>4)</sup>. Nach ihrem Muster wurden in England in den letzten beiden Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts viele solcher Bogenbrücken gegossen und sogar bis Amerika verschifft. In Deutschland wurde eine ähnliche Brücke schon im Jahre 1794 auf dem Königl. Eisenhüttenwerke Malapane gegossen und 1796 als Strassenbrücke über das Striegauer Wasser bei Laasan (Niederschlesien) errichtet. Diese Brücke war die erste eiserne Brücke des europäischen

Festlandes und sie steht heute noch gut erhalten da, wie sie die Abb. 4 vorführt.

Trotz der grossen Erfolge, die nach obigen Anfängen das Gusseisen auf dem Gebiete der Baukonstruktionen und besonders auch im Brückenbau weiter erzielte, musste es doch sehr bald, schon im zweiten Viertel des gegenwärtigen Jahrhunderts, dem schmiedbaren Eisen weichen, nachdem die vereinten Erfindungen des Puddeln oder Flammofenfrischen und der Kaliberwalzen sich dauernd bewährt hatten, und nachdem neben dem Verkehre auf Landstrassen und auf von Pferden betriebenen Kohlenbahn-Gleisen der Güter- und Personenverkehr der Lokomotiv-Eisenbahnen ins Leben getreten

grosser Zahl hergestellt wurden. Während z. B. von den 63 Brücken der Liverpool-Manchester-Eisenbahn (1825 bis 1830) die meisten schon von Eisen waren, baute man auf den ältesten deutschen und österreichischen Eisenbahnlinien Anfangs ausschliesslich noch hölzerne und steinerne Brücken.

**3. Das Material der eisernen Brücken.** In der soeben geschilderten Uebergangszeit, in der ersten Hälfte des Jahrhunderts, entstanden natürlich widerstreitende Meinungen über den Werth oder Unwerth von Gusseisen gegenüber dem Schweisseisen oder von Eisen gegenüber dem Stein und Holz. Das gab vielen Praktikern und Theoretikern Veranlassung,

Abb. 4. Brücke über das Striegauer Wasser bei Laasan. 1796.



war. Damit war dem Gusseisen, namentlich seiner mangelnden Biegefestigkeit wegen, als Konstruktionsmaterial seine Grenze gesetzt und das Puddeleisen oder Schweisseisen, wie wir es heute nennen, begann seine aufsteigende Laufbahn. Holz und Stein blieben aber im Brückenbau noch Jahrzehnte lang starke Mitbewerber des Eisens, besonders auf dem europäischen Festlande. Hier gab es keinen andern Weg als England nachzuahmen. Aber in Folge von politischen, wirtschaftlichen und sozialen Hindernissen schlugen die englischen Neuerungen in der Eisenindustrie auf festländischem Boden nur träge und langsam Wurzel. Ueber Belgien und Frankreich kamen sie erst nach Deutschland. Viele deutsche Hütten blieben noch lange beim Holzkohlenbetrieb auf dem Herde und selbst dort, wo das Puddelverfahren schon vollständig Eingang gefunden hatte, waren technische Unvollkommenheiten und auch Schwierigkeiten beim Walzen der ersten Formeisen, als Winkel und T-Eisen u. s. w. die Ursache, dass eine ausreichende Menge von Walzeisen nicht geliefert werden konnte. So sehen wir im Eisenbahnbau Mitteleuropas erst um die Mitte des 5. Jahrzehnts die ersten eisernen Brücken entstehen, während solche in England schon etwa zwei Jahrzehnte früher in

vergleichende Versuche über die Festigkeits-Eigenschaften der Baustoffe anzustellen, um dadurch verlässliche Unterlagen für die Beurtheilung jener Streitfragen zu erhalten. Ueber die älteren Versuche dieser Art von Barlow, Telford, Rennie, Prony, Rondelet, Tredgold, Bevan, Dulcan, Dufour, Lagerhjelm u. A. berichtet Burg in den Jahrbüchern des K. K. polytechnischen Institutes in Wien (1814—1839). Daran reihen sich im Interesse des Hängebrückenbaus Versuche der Franzosen Dufour und Seguin (1814) mit Draht, denen 1834 die ersten Dauerversuche mit Draht durch Vicat und die besonders ausgezeichneten Versuche des Engländer Eaton Hodgkinson (1831) und des Deutschen Brix (1837) folgten. Den Abschluss der älteren Bestrebungen bilden die bekannten gemeinsamen Versuche des Ingenieurs Stephenson, des Fabrikanten Fairbairn und des Theoretikers Hodgkinson, bei Gelegenheit der Erbauung der Britannia-Brücke (1840—46)<sup>5)</sup>.

Die Endergebnisse aller dieser Versuche führten im Allgemeinen zu einer Erkenntniss des Verhaltens der Baustoffe unter verschiedenartigen Belastungen, wobei die grosse Ueberlegenheit des Schweisseisens gegenüber dem Guss-

eisen in die Augen springend dargethan wurde. Im Besonderen lieferten sie ziffermässige Werthe für die Zug-, Druck- und Biegezugfestigkeit, sowie auch für den Elasticitätsmodul und die Elasticitätsgrenze der Baustoffe, so dass danach die Grundlagen für eine sichere Berechnung der Konstruktions-Querschnitte nach bekannten Theorien gegeben war, wovon in den folgenden Kapiteln weiter die Rede sein wird.

Wie die Versuche voraussehen liessen bewies sich denn auch das Schweisseisen, wegen seiner grossen Zähigkeit und seines ziemlich gleichmässigen Widerstandes gegen Zug- und Druckbeanspruchungen als zuverlässigster Baustoff für die wichtigsten Konstruktionen der Eisenbahnen, wie Oberbau und Brückenbauten, in denen neben den Stössen der Verkehrslasten meist auch ein Wechsel von Zug- und Druckspannkraften auftritt. Somit war etwa um die Mitte des Jahrhunderts die Herrschaft des Schweisseisens auf dem Gebiete der Baukonstruktionen entschieden. Die ruhelose Wechselwirkung zwischen Eisen und Eisenbahnen drängte aber unaufhörlich auf weitere Erleichterungen in der Massenerzeugung und auf Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Erzeugnisses. Das veranlasste Anfangs auf manchen Gebieten die Einführung des Stahles an Stelle des Eisens, namentlich des Puddelstahles, weil der Herdstahl keine Massenerzeugung erlaubte und weil der kostspielige Tiegelstahl (dessen Massendarstellung der Welt auf der ersten Weltausstellung in London durch Krupp vor Augen geführt wurde) zwar das geborene Metall für Geschützrohre und andere massige Stücke war, für gegliederte Baukonstruktionen aber seiner Sprödigkeit wegen nicht wohl verwendet werden konnte. So kam allein der (seit 1835) im Flammofen erzeugte Puddelstahl stark in Gebrauch, besonders für massige Theile als Schienen, Radreifen u. dergl. Auf dem eigentlichen Konstruktionsgebiete, namentlich im Brückenbau haben Herd- und Puddelstahl aber nur vereinzelt Verwendung gefunden. Bekannt sind nur zwei Beispiele: Die erstmalige Anwendung von Stahl im Brückenbau überhaupt durch v. Mitis bei der Erbauung des Karl-Kettensteges über den Donaukanal in Wien, dessen Ketten aus Herdstahl gefertigt waren (1828) und die von Adelsköld entworfene, 1866 vollendete Göta-Elf-Brücke bei Trollhättan mit 42 m Stützweite, deren Fischbauchträger aus Puddelstahl hergestellt worden sind.

Aus obigen Gründen blieben die Bestrebungen der Hüttenmänner stets dahin gerichtet, einen im flüssigen Zustande erzeugten Stahl, — den Flussstahl — in Masse und ohne Hülfe der Tiegel oder des Herdes zu erhalten. Dieses Ziel erreichte bekanntlich zuerst der inzwischen verstorbene Henry Bessemer im Jahre 1855. Bessemer's Erfindung war kaum über die ersten Erfolge hinaus (1865), als auf dem französischen Werke von Martin in Sireuil unter Anwendung der Regenerativ-Gasfeuerung von Friedrich Siemens, die Darstellung des Flussstahls im Flammofen gelang. Damit waren die Grundlagen der heutigen Flussmetallerzeugung geschaffen, die Darstellung des Flussmetalls in der mit saurem feuerfesten Futter ausgekleideten Birne, und in dem ebenso ausgefütterten Flammofen.

Diese beiden neuen Erzeugungsarten haben das gesammte Eisenhüttenwesen der Welt von Grund aus umgestaltet, weshalb auch die althergebrachten Bezeichnungen von Eisen und Stahl neuen Benennungen weichen müssen, wie sie von einem internationalen Ausschusse bedeutender Metallurgen

bei Gelegenheit der Weltausstellung in Philadelphia (1876) vereinbart worden sind. Danach nennt sich heute das im teigigen Zustande erhaltene schmiedbare Eisen, je nach seiner Härte Schweisseisen oder Schweissstahl, das im flüssigen Zustande erzeugte ebenmässig dagegen Flusseisen oder Flussstahl.

Die Einführung des Flussmetalls als Konstruktionsmaterial beginnt mit der erstmaligen Verwendung des Bessemerstahles zum Bau der Handelsschiffe in England (1860—61)<sup>6)</sup>. Darauf folgte die erstmalige Verwendung des Bessemerstahles für Kessel der Kriegsschiffe und Eisenbahnlokomotiven in Frankreich und Amerika (1861—64). Fast zu gleicher Zeit fing man an, das neue Metall im Brückenbau zu verwenden. Es geschah dies wohl zuerst im Jahre 1862 bei drei holländischen Wegebriicken in den Gemeinden Bunde, Elsloo und Bergen op Zoom. Es waren, nach den von Herrn Direktor Prof. Krohn dem Verfasser übermittelten Unterlagen, Fachwerkbrücken von 30—37 m Stützweite. Bald darauf folgte die Verwendung des Bessemerstahles zu Brückentheilen der holländischen Staatsbahnen (1863—64), zuerst 1863—64 bei der Yssel-Brücke der Linie Arnhem—Lewwarden<sup>7)</sup>.

Bis zum 9. Jahrzehnt ist das Bessemermetall im Brückenbau nur in wenigen Fällen verwendet worden. Der verwendete Stahl war zu hart und ungleichmässig und deshalb seine technologische Behandlung, in der man überhaupt damals nur geringe Erfahrung besass, eine schwierige. In Europa verursachten namentlich die schlechten Erfolge mit dem Bessemermetall bei den grossen Brücken der holländischen Staatsbahnen in weiteren technischen Kreisen ein starkes Misstrauen gegen das Flussmetall überhaupt. Darunter hatte Anfangs auch das Martinmetall zu leiden, das auf dem Gebiete der Baukonstruktionen zuerst beim Schiffsbau eingeführt worden ist und zwar bei der französischen Marine, die im Jahre 1874 das erste Kriegsschiff mit einem Rumpfe aus Martinstahl erbauen liess. Im Brückenbau und auf den übrigen Gebieten der Baukonstruktionen hat man aber noch im 8. Jahrzehnt mit dem Martinmetall so gut wie gar keine Versuche zu machen gewagt. Soweit bekannt erfolgte die erste Verwendung des Martinmetalls im Brückenbau 1880 durch den damaligen Stadtbaurath Frühling in Königsberg, jetzt Professor in Dresden. Darauf folgte 1883—90 der Bau der Forthbrücke, deren Ueberbauten ganz aus Martinmetall hergestellt sind.

Den wirksamsten Anstoss zur weiteren erfolgreichen Verwendung des Flussmetalls für Baukonstruktionen aller Art gab die weltbekannte Erfindung der Entphosphorung in der Bessemerbirne durch Thomas (1878), die zu Anfang des 9. Jahrzehnts (1882) auch auf den Martinofen übertragen wurde. Dabei werden Birnen und Flammofen mit basischem Futter ausgekleidet.

Das Flussmetall schied sich fortan in zwei grundverschiedene Gattungen: Das nach dem alten Bessemer- oder Martinverfahren erzeugte saure und das auf dem Wege der Entphosphorung in der Birne oder dem Flammofen dargestellte basische Metall. Das basische Metall umfasst bekanntlich namentlich die weicheeren Sorten, während das saure Metall in der Regel härter verwendet wird. Zweifellos hat das basische Metall gegenüber dem sauren im Allgemeinen den Vorzug der grösseren Reinheit, Gleichartigkeit und Zähigkeit, dies sind Eigenschaften, die es für das Gebiet der Baukonstruktionen ausserordentlich werthvoll gemacht haben.

So ist man denn bei den erwähnten Bestrebungen Stahl im flüssigen Zustande zu erzeugen, im Laufe der Entwicklung der Erfindungen von Bessemer, Martin und Thomas, ohne es anfänglich eigentlich zu wollen, allmählich auf ein Erzeugniß gekommen, das zwar stahlartigen Charakter zeigt, in seinen sonstigen Eigenschaften aber dem zähen Schweisseisen gleicht. Bekanntlich wird das neue Erzeugniß im Eisenhüttenwesen des Auslandes „Stahl“ genannt. In Deutschland nennt man es „Flusseisen“, was dem „acier doux“ der Franzosen und dem „low steel“ oder „mild steel“ der Engländer oder Amerikaner entspricht. In der Wissenschaft aber heisst das neue Metall im Auslande „fer fondu“ und „ingot iron“.

Verfasser hat in einem Vortrage auf der Weltausstellung in Chicago \*) zwei Listen der bemerkenswerthen flusseisernen Brückenüberbauten des In- und Auslandes aus den letzten beiden Jahrzehnten gegeben. Daraus ersieht man, dass das basische Flussmetall zuerst (1885) für eine Eisenbahn-Gelenkbrücke der Deli-Spoorweg-Gesellschaft in Sumatra\*) verwendet worden ist. Es folgten 1886—87 einige Brücken in Oesterreich und Frankreich.

Anfangs hat man das Martinmetall auf dem Gebiete der Konstruktionen dem Thomasmittel vorgezogen, was erklärlich ist, denn das Martinverfahren stammt aus dem Jahre 1865 und ist daher 13 Jahre älter als die Erfindung der Entphosphorung in der Bessemerbirne. Das saure Martinmetall konnte daher ein weites Gebiet der Konstruktionen erobern, ehe das mit anfänglichen Widrigkeiten kämpfende Thomasverfahren sich Anerkennung verschafft hatte. So ist es gekommen, dass man noch im neunten Jahrzehnt, das Thomasmittel für Konstruktionen als dem Martinmetall nicht ebenbürtig erachtete. Wenn darin in Deutschland heute eine Wendung zu Gunsten des Thomasmittels eingetreten ist, so ist dies zum grossen Theil dem Einflusse der umfassenden vergleichenden Versuche zu verdanken, die bei Gelegenheit der Erbauung der grossen Weichselbrücken bei Dirschau, Marienburg und Fordon unter Leitung des Verfassers (1889—1893) angestellt worden sind\*).

Damals haben vielfache Anfragen von einheimischen und ausländischen Bauverwaltungen bei der Königlichen Eisenbahndirektion in Bromberg und beim Verfasser erkennen lassen, wie sehr die erfolgreiche Verwendung des basischen Flusseisens bei den genannten Weichselbrücken den Anstoss zur allgemeineren Verbreitung der Flusseisenkonstruktionen, namentlich im Brückenbau, gegeben hat. Das bestätigte Direktor Professor Krohn in seinem Düsseldorfer Vortrage mit folgenden Worten: „Durch diese Brückenbauten und die hierbei angestellten ausgedehnten Versuche war die Einführung des Flusseisens in den deutschen Brückenbau gesichert und heute, nachdem kaum mehr als fünf Jahre seit dieser ersten Einführung verstrichen sind, hat das Flusseisen auf dem ganzen Gebiete der Eisenkonstruktionen das ältere Schweisseisen,

nachdem dasselbe länger als ein halbes Jahrhundert die Alleinherrschaft im Brückenbau ausgeübt hatte, siegreich zurückgedrängt“ \*).

Die Gesammt'erzeugung der Welt an Flussmetall beträgt für das letzte Jahr des Jahrhunderts rund etwa 20 Millionen Tonnen, wovon etwa 10,5 Millionen basisches und 9,5 Millionen saueres Metall sind. Von den 10,5 Millionen des basischen Metalls erzeugen:

	In Millionen Tonnen		
	Thomas	Martin	Zusammen
1. Deutschland (einschl. Luxemburg)	3,80	1,60	5,40
2. Vereinigte Staaten von Nordamerika	—	—	1,80
3. Frankreich . . . . .	—	—	0,90
4. Oesterreich-Ungarn . . . . .	0,25	0,60	0,85
5. Grossbritannien . . . . .	0,55	0,25	0,80
6. Die übrigen Länder . . . . .	—	—	0,75
			10,50

Man sieht aus dem Vergleich der Zahlen, in welch ausserordentlich hervorragender Weise Deutschland an der Erzeugung basischen Flussmetalls theilhaftig ist. Es erzeugt zur Zeit 3 Mal so viel als die Vereinigten Staaten. Die übrigen Staaten fallen dagegen wenig ins Gewicht. Der Schwerpunkt der englischen und der amerikanischen Erzeugung liegt immer noch im sauren Flussmetall, wovon England und Amerika zusammen im Jahre 1899 rund etwas mehr als 8 Millionen Tonnen, also etwa 40 Hundertstel der Gesammt'erzeugung der Welt an Flussmetall geliefert haben.

Wenn man die Entwicklung der Konstruktionsstoffe des Jahrhunderts nochmals im Ganzen überblickt, so drängt sich dabei der nämliche Gedanke auf, dem bereits vorhin (S. 2) im Allgemeinen Ausdruck gegeben worden ist. Die Entwicklung verläuft um so rascher und wirkt um so tiefer, je mehr sich das Jahrhundert dem Ende neigt. Unsere Zeit ist schnelllebig geworden und mehr noch als zu Lebzeiten des Dichters gilt heute sein Wort: „Das Alte stürzt, es ändert sich die Zeit“. Durch die eisernen Bahnen, auf denen das Dampfross einherzieht und der elektrische Funke nach allen Enden der Welt seine Botschaften sendet, wurden Schweisseisen und Schweisstahl gehoben, bis sie schliesslich halben Weges den Schwingen des geflügelten Rades nicht mehr zu folgen vermochten. Sie sanken herab von ihrer Höhe, um den kräftigeren und zäheren Genossen, dem Flussstahl und dem Flusseisen, Platz zu machen. Ungezählte Jahrtausende herrschte das unmittelbar aus den Erzen bereitete Eisen, nur 400 Jahre währte dagegen die Herrschaft des auf dem Herde erzeugten Eisens. Wie klein erscheinen dagegen 8 Jahrzehnte der Uebermacht des Schweisseisens und wer weiss, wie lange das Flussmetall in seiner jetzigen Beschaffenheit oben bleiben wird? Aluminium und Nickel als Zusätze haben bereits eine Bedeutung gewonnen, und das 20. Jahrhundert verbirgt, wenn nicht Alles trägt, weitere Ueberraschungen in seinem Schoosse.

\*) Gebaut von der Gesellschaft Harkort.

## II.

# Entwicklung der Träger-Systeme und der Brückentheorie.

**4. Uebersicht der Gesamtentwicklung.** Wie die Erfahrungen der Wissenschaft, so gingen auch die Konstruktions-Systeme der Theorie voraus. Es gab eben zu allen Zeiten so zu sagen geborene Erfinder, Männer mit einer lebhaften und ruhig überlegenden Einbildungskraft, die aus der alleinigen Beobachtung der Naturvorgänge, ohne Kenntnisse der Theorie, allerlei Konstruktionen schufen, worin, ihnen unbewusst, bereits die Keime für eine höhere Entwicklung ruhten. Jahrhunderte bevor an eine Theorie im heutigen Sinne auch nur gedacht werden konnte, gab es daher Werkzeuge, Geräte und Konstruktionen aller Art, Brücken nicht ausgenommen. Es bedurfte aber tausendfältiger Häufung und Ordnung von Erfahrungen, um Praxis und Theorie der Brückenbaukunst im Lichte der Wissenschaft zu scheiden und zu läutern und um endlich durch die Wiedervereinigung dieser Beiden das Höchste zu leisten.

Die ältesten Trägerarten zur Ueberspannung einer Öffnung waren wohl einfache Holz- oder Steinbalken. Bald lernte man die Spannweite der Öffnung durch Auskragen oder Ueberkragen von Balken und Steinen und auch durch Anbringen von stützenden Hölzern, Jochen, Steinen oder Pfeilern, vergrößern. Daneben benutzte man Steingewölbe und Seilbrücken, wie sie in der Einleitung bereits erwähnt wurden. Uralt ist auch das Dreieck-Sprengwerk aus schräg gegeneinander gestellten Steinplatten oder Holzbalken<sup>10)</sup>. Durch Schrägstellen der Stützen unter einem Balkenträger entstand das Trapez-Sprengwerk.

Zweifellos waren alle diese ältesten Brückenträger sogenannte vollwandige. Die gegliederten Träger entwickelten sich erst im Laufe von Jahrhunderten aus den Dachkonstruktionen. Es ist lehrreich zu sehen, wie klar im Laufe dieser Entwicklung die Idee der reinen Dreieck-Stubwerke schon in älteren Dachwerken und besonders in den Trägerformen einiger Holzbrücken des frühen Mittelalters hervortritt, wie diese Idee später allmählich verdunkelt und in den Hintergrund gedrängt wird, bis endlich, im Anfange des 19. Jahrhunderts, ihre Wiederaufnahme durch amerikanische Ingenieure die Vorbilder für die wichtigsten Systeme der heutigen gegliederten Eisenträger geschaffen hat.

Die Ausbildung der gegliederten Träger der eisernen Brücken fällt ganz in das 19. Jahrhundert. Deshalb darf man sagen, dass die Kunst eiserne Brücken zu bauen wesent-

lich eine Errungenschaft der Technik des 19. Jahrhunderts ist, wenn auch die Grundlagen der heutigen Konstruktions-systeme, wie gesagt, bereits in den Holzbauten der Vergangenheit wiederzufinden sind und wenn auch, wie in der Einleitung erörtert wurde, die ersten Versuche und Anfänge im Eisenbrückenbau bis in das 17. Jahrhundert zurück reichen.

Auch die Theorie der Brücken, die eigentlich erst mit der Einführung der gegliederten Träger ausgebildet worden ist, darf als eine Frucht des 19. Jahrhunderts angesehen werden. Stevin (1548—1620) und Galilei (1564—1642) gaben die ersten Anfänge der allgemeinen Statik und der Elasticitätslehre und diese beiden Zweige der Theorie kamen dann bis zum Anfange des 19. Jahrhunderts zu einem gewissen Abschluss ihrer Entwicklung insofern, als Navier (1785—1836) sie in seiner „Baumechanik“ zum ersten Male in umfassender Weise zur Berechnung von Bauwerken aller Art benutzte. Mit Recht gilt daher Navier als Begründer der Statik der Baukonstruktionen.

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erfolgte zuerst hauptsächlich nur die Ausbildung der Elasticitätslehre, namentlich der Sätze von der Biegefestigkeit. Das Wesen der gegliederten Träger wurde in dieser Zeit noch nicht voll erkannt und ihre Berechnung geschah bis zur Zeit, wo Culmann und Schwedler (1851) darüber ihre grundlegenden Arbeiten veröffentlichten, nur unvollkommen aus den Biegemomenten unter Vernachlässigung der Wandgliederung, die man als nothwendige Beigabe gegen Verschiebung der Gurte betrachtete.

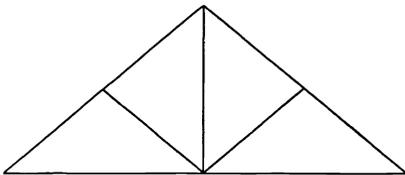
Mit der Vertiefung und Ausbreitung der Statik der Baukonstruktionen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, unter Vortritt der von Culmann geschaffenen, von Maxwell, Mohr, Cremona u. A. erweiterten graphischen Statik schärften sich zusehends die theoretischen Waffen. Die graphische Statik eröffnete neue Gebiete des Wissens; die Sätze vom Gleichgewicht und die Methoden zur Bestimmung der Spannkraft ebener und räumlicher Stubwerke erhielten dadurch ihre einfachste, vollendetste Fassung, wobei die Unterschiede in der Behandlung der statisch bestimmten und der statisch unbestimmten Systeme schärfer als vorher zum Ausdruck gelangten. Nachdem dann Mohr die elastische Linie als Seilpolygon darstellen lehrte und die Anwendung des Principis der virtuellen Verschiebungen für die Ermittlung der Form-

änderungen gegliederter Träger zeigte, nachdem Castiglano und Fränkel zum ersten Male den Satz vom „Minimum der Formänderungs-Arbeit“ anwendeten, waren in der Statik der Baukonstruktionen einfache und allgemeine Grundlagen zur graphischen und analytischen Behandlung auch der statisch unbestimmten Trägersysteme gegeben.

So verschaffte in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts die Theorie der Praxis die Mittel, um die älteren, ohne besondere theoretische Kenntnisse geschaffenen Systeme im Lichte der Wissenschaft mit neuem Gehalte zu erfüllen und zu neuen Formen umzumodeln.

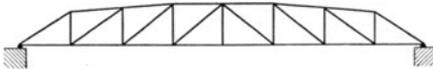
**5. Die Vorbilder der Stabwerk-Systeme im Holzbau.** Die gegliederten Träger haben sich aus den hölzernen Dachwerken entwickelt. Die Grundlagen dazu waren gegeben, sobald man gelernt hatte, den Schub des Dreieck-

Abb. 5. Römischer Dachbinder.



oder Trapez-Sprengwerkes durch das Einbinden eines unteren Strekbalkens aufzuheben. Das Bedürfniss für eine solche Konstruktion stellte sich bei der Hausbedachung heraus, wo es darauf ankam, die Hausmauern vor dem Schube der Dachsparren zu schützen. Das uralte einfache Dreiecksdach war die gegebene Lösung dieser Aufgabe.

Abb. 6. Deutsche Fachwerkbücke aus dem 16. Jahrhundert.



Sehr bald erschien dann im Dreiecksdach die mittlere Hängesäule und im weiteren Verlaufe der Entwicklung kamen bei grösseren Dachweiten noch die vom Fusse der Hängesäule ausgehenden Streben hinzu (Abb. 5). Solche Binder zeigten schon die altrömischen Holzdächer, es waren also Hängewerke in der Gestalt von reinen Dreieck-Stabwerken. Auch bei den ägyptischen Bauten kamen nach Durm Stabwerke in reiner Dreiecksgliederung vor<sup>10)</sup>.

Man darf wohl annehmen, dass auch bei hölzernen Brücken nach dem Vorgange der Dachausbildung Dreieck- und Trapez-Hängewerke sowie auch Sprengwerke sehr früh verwendet worden sind. Nähere Nachrichten besitzen wir darüber nicht. Trajan's Donaubücke soll hölzerne Bogen-Sprengwerke von 36 m Lichtweite besessen haben, obwohl das aus den Reliefs der Trajanssäule nicht deutlich genug ersichtlich ist. Es giebt auch eine römische Denkmünze, die ein grösseres Bogen-Sprengwerk mit unten angehängter Fahrbahn darstellt, vermuthlich die alte Mainzer Brücke<sup>11)</sup>. Jedenfalls steht es aber fest, dass zur Zeit Palladio's Hängewerke und Sprengwerke im Brückenbau schon eine hohe Ausbildung erfahren hatten. Palladio zeichnet 1570 in seinen vier Büchern der Architektur zwei als reine Dreieck-Stabwerke angeordnete Träger-Fachwerke. Abb. 6 ist nach ihm von Picheroni de Miranda in Deutschland gesehen worden,

Mehrrens, Brückenbau.

während, wie er weiter sagt, in Italien kein ähnliches Beispiel vorhanden sei. Abb. 7 zeigt die wahrscheinlich von Palladio selbst entworfenen Träger der Cismone-Brücke mit 35 m Spannweite.

Obgleich in diesen beiden Fachwerkträgern die Idee des reinen Dreieck-Stabwerkes klar hervortritt, so haben sie doch weder im 17. noch im 18. Jahrhundert eine nachhaltige Nachahmung gefunden. Zum Theil lagen die Gründe dafür wohl in dem Unvermögen der Erbauer, die Knotenverbindungen der Hölzer gegenüber den wechselnden Kräftwirkungen für die Dauer fest genug zu erhalten. Andererseits fehlte aber damals auch jede Theorie, wonach man die Stabkräfte rechnerisch hätte ermitteln können, denn die von einzelnen hervorragenden Gelehrten (Stevin und Galilei) gewonnenen theoretischen Wahrheiten konnten sich in damaliger Zeit nur sehr langsam verbreiten und Bahn brechen. Sie sind erst im gegenwärtigen Jahrhundert ein Gemeingut vieler geworden. Bedenkt man schliesslich noch, dass das Holz ja überhaupt kein sehr geeigneter Baustoff für Fachwerkträger obiger Art ist, deren Wandglieder Wechsel von Zug und Druck erleiden, so wird man verstehen können, warum noch im 18. Jahrhundert die einfachen Dreieck-Stabwerke Palladio's ganz bei Seite gelassen worden sind.

Zu einer klaren Auffassung des Werthes der einfachen Dreieck-Verbindungen gelangte man noch nicht. Man ging überall im Hoch- und Brückenbau zur Herstellung von zusammengesetzten Hänge- und Sprengwerken über, in denen mit wachsender Spannweite der Konstruktion die Zahl der Streben und Hängesäulen stark zunahm. Und wo man dazu gegliederte Träger zur Hilfe nahm, verband man

Abb. 7. Cismone-Brücke von Palladio.

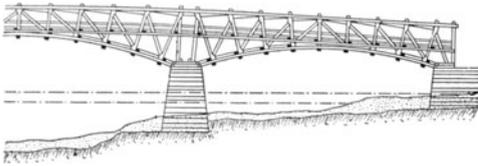


deren Gurte durchweg mit Andreaskreuzen. Den Werth unverschieblicher Dreieck-Verbindungen erkannte man überall.

Um die Widerlager der Bogen-Sprengwerke vom Horizontalschube zu befreien, führte man die sog. Bogensehnen-Träger (bow-strings) ein. Dies geschah in Nordamerika früher als in Europa, wo die Schweizer und die Konstruktionen Wiebeking's im Vordergrund standen. Culmann's berühmter Reisebericht (1851)<sup>12)</sup> und Cooper's Mittheilungen (1889)<sup>13)</sup> geben die besten Aufschlüsse über die amerikanischen Holzbrücken-Systeme, die mit grossem Verständniss und feinem Gefühl für die Kräftwirkungen, aber ohne Berechnungen ausgebildet waren. Sehr bemerkenswerth darunter sind zwei von Timothy Palmer herrührende Fachwerkbrücken: Die 1792 erbaute Essex-Merrimackbrücke in Massachusetts, ein stark gesprengtes Balkenfachwerk und die 1804—1806 gebaute Schuylkillbrücke in Philadelphia, ein Bogenfachwerk mit geradem Obergurt und reinem Dreieck-Stabwerk (Abb. 8). Eine besondere Berühmtheit haben die Konstruktionen Burr's erlangt. In erster Linie seine 1804—1806 erbaute Delawarebrücke bei Trenton (mit Weiten bis 62 m), ein Bogenträger mit zum Theil aufgehobenem Horizontalschub (Abb. 9). Ferner auch seine Systeme des durch einen Fachwerkbalken versteiften Bogenträgers (Abb. 10). Auch die

heutige Form des sog. Halbparabel-Trägers wurde im amerikanischen Holzbau schon im 4. Jahrzehnt ausgeführt. Die reinen Holzbogenbrücken, wie die 1848 gebaute bekannte Cascade-Brücke der Erie-Eisenbahn mit 53 m Weite haben wenig Nachahmung gefunden. Die Balkenbrücken hatten bereits die Oberhand gewonnen, nachdem im Verlaufe der

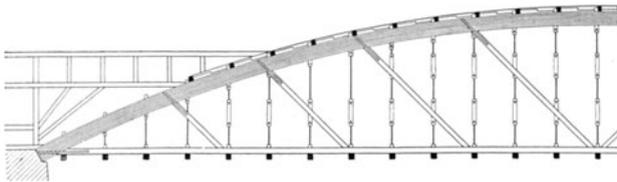
Abb. 8. Schuykillbrücke in Philadelphia. 1804.



System-Ausbildung der Holzbrücken durch den Ingenieur Town (1829), der sog. Parallel-Gitterträger und durch seine Nachfolger Long (1830) und Howe (1840) das Parallel-Fachwerk mit Gegenstreben eingeführt worden war.

Durch die Einlegung von Gegenstreben in die Trägerfelder sollte ein Wechsel von Zug und Druck in der Wandgliederung der Holzträger vermieden werden. Aber erst

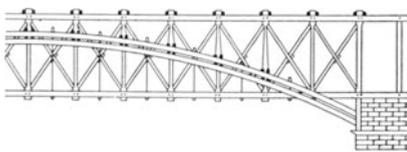
Abb. 9. Delawarebrücke bei Trenton. 1804.



Howe ist es gelungen, dies mit dem nöthigen praktischen Erfolge durchzuführen, indem er (anstatt der Holzkeile Long's) eiserne Spannstangen einführt, mit deren Hilfe die einzelnen Streben derart in künstliche Spannung versetzt werden konnten, dass keine Strebe weder durch das Eigengewicht allein, noch bei hinzutretender Verkehrslast eine Zugspannung zu erleiden hatte.

Weder Long noch Howe haben nach Cooper<sup>13)</sup> genauere Berechnungen ihrer Systeme angestellt. Die erste Berechnung eines Ständerfachwerks mit Gegenstreben zeigte Culmann an dem Beispiele der eisernen Wyebrücke in

Abb. 10. Brücke über den Connecticut bei Bellow Falls. 53,3 m.



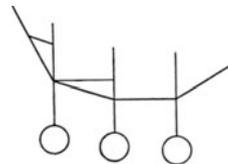
Chepstow (1852). Auch die ersten gegliederten Dachbinder in Holz und Eisen, die man im 4. oder 5. Jahrzehnt (wahrscheinlich zuerst in England) einführt, ebenso wie die sog. französischen Dachstühle, die gleichzeitig vom Düsseldorfer Professor Wiegmann<sup>14)</sup> und dem französischen Ingenieur Polonceau vorgeschlagen wurden, sind damals noch nicht genauer berechnet worden. Der Deutsche Wiegmann scheint — wie Lang<sup>15)</sup> hervorgehoben hat — der Erste gewesen zu sein, der dabei den Fachwerk-Gedanken klar erfasste,

denn er beabsichtigte „durch Abschliessung von Dreiecken eine Ebene so herzustellen, dass sie ohne vorhergegangene Zerreißung dieser sich nicht in sich selbst verschieben lässt“. Wiegmann versucht bereits am Beispiel des sog. armirten Trägers eine Berechnung auf Grund des Gleichgewichtes um die einzelnen Knoten herum. Dies ist aber das Durchschlagende für den Fachwerk-Gedanken, der mit keinen Biegungs-Spannungen zu rechnen braucht.

**6. Anfänge der Statik und Elasticitätslehre bis auf Navier.** Die Statik ist der älteste Theil der Mechanik. Seit der Zeit des Archimedes verstand man die Stützendrücke eines belasteten Balkens nach dem Hebelgesetz zu bestimmen. Das Verfahren der Zerlegung und Zusammensetzung von Kräften, die in einem Punkte angreifen, lernte man aber erst von Stevin (1548–1620). Stevin erkannte dabei aus dem Gleichgewicht auf der schiefen Ebene die Spannungsverhältnisse am Seilpolygon oder an der Seilmaschine, wie es damals hieß<sup>16)</sup>. Er wusste z. B. für jeden Knoten des Polygons die dort wirkenden drei Kräfte ihrer Grösse nach in einem Dreieck darzustellen (Abb. 11). Damit war der erste Anfang zur graphischen Statik gemacht. Bei seinen weiteren Untersuchungen über das Gleichgewicht von Rollen und

Rollensystemen entdeckte er auch die Gültigkeit des Princips der virtuellen Verschiebungen, das in seiner allgemeinen Bedeutung aber erst von Joh. Bernouilli (1717) erkannt wurde. Vorher schon (1687) hatten die Sätze von der Kräftezerlegung durch Varignon ihre allgemeinste analytische Gestalt erhalten. Erwähnenswerth ist noch der 1747 von Maupertius ausgesprochene Satz von der geringsten Wirkung, den er „principe de la moindre quantité d'action“ nennt, weil dieser Satz den von Castigliano und Fränkel zuerst verwendeten Satz vom Minimum der Formänderungsarbeit einschliesst. Diese Sätze haben aber für die Berechnung

Abb. 11. Seil- und Kraftpolygon nach Stevin.



von Stabwerken erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts Anwendung gefunden. Bis dahin behalf man sich so gut es ging mit der Elasticitätslehre, namentlich mit den Sätzen von der Biegefestigkeit.

Seit Galilei suchten im 17. und 18. Jahrhundert eine grosse Reihe von Forschern die Fragen der Biegefestigkeit theoretisch und daneben auch durch Anstellung von Festigkeitsversuchen praktisch zu lösen. Hooke und Mariotte entdeckten das sog. Elasticitäts-Gesetz. Parent, Jacob

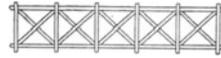
Bernouilli, Euler, Lagrange und Coulomb bereicherten die Theorie der elastischen Linie. Coulomb (1736—1806) veröffentlichte die erste wissenschaftliche, auf richtiger Grundlage beruhende Arbeit über die einfachsten Fälle der Elastizitäts- und Festigkeitslehre<sup>17)</sup>. Er nimmt im gebogenen Körper ausgedehnte und zusammengedrückte Fasern an und bestimmt die neutrale Axe durch die Bedingung, dass die Summe der Spannungen der ausgedehnten Fasern gleich sein müsse der Summe der Spannungen der zusammengedrückten Fasern. Er findet, dass die neutrale Axe bei symmetrischen Querschnitten in der Mitte der Höhe liegt und erkennt auch, dass sie beim Bruch ihre Lage ändern könne. Coulomb erkennt ferner zuerst, dass sich in einem Querschnitt Kräfte entwickeln müssen, die in der Ebene des Querschnitts selbst wirken, da sonst kein Gleichgewicht mit der äusseren Kraft bestehen könnte. Diese Kräfte, die Schubspannungen, bestimmt er zwar nicht, weiss aber, dass ihre Summe gleich der äusseren Kraft ist, dass sie also nicht von der Länge des Körpers abhängen können, wie die Zug- und Druckspannungen. Er bemerkt daher, dass die von ihm gegebene Berechnung der Bruchfestigkeit nur richtig sein könne, wenn diese Schubspannungen auf das Bestreben zur Trennung nur wenig Einfluss haben, oder, wenn der Hebelarm des Gewichtes viel grösser ist, als die Höhe des Stabes.

Auf die genannten Vorgänger stützte sich Navier (1785 — 1836). Ihm war es vorbehalten, das Problem der Biegefestigkeit um einen entscheidenden Schritt weiter zu bringen. Er bewies, dass die neutrale Axe durch den Schwerpunkt gehen müsse, und leitete den bekannten Ausdruck:  $N = \frac{Mv}{J}$  für die Spannung ab, worin, wie Persy (1834) zuerst nachweist,  $J$  das Trägheitsmoment des Querschnitts ist. In der Vorrede der ersten Ausgabe seines berühmten Werkes (1826) weist er darauf hin, wie aus den Untersuchungen seiner Vorgänger „bis jetzt die Mathematik mehr Nutzen gezogen, als die Architektur und das Ingenieurwesen“. Er sagt weiter „die meisten Konstrukteure bestimmen die Abmessungen der Theile von Bauwerken oder Maschinen nach dem herrschenden Gebrauche und nach dem Muster ausgeführter Werke, sie legen sich selten Rechenschaft ab über den Druck, den jene Theile aushalten müssen und über den Widerstand, den sie demselben entgegen setzen“.

Im letzten Abschnitte seines Buches<sup>18)</sup> behandelt Navier die Theorie der Holz- und Eisenkonstruktionen. Von eisernen Brücken ist darin natürlich wenig die Rede. Das allgemeinste Princip, das man nach seiner Meinung bei den Konstruktionen befolgen kann, besteht darin „die Haupttheile in der Richtung der Graden zu legen, die sich von den Angriffspunkten der Belastungen nach den Stützpunkten ziehen lassen. Bei einer so angeordneten Konstruktion haben die Belastungen kein Bestreben, die einzelnen Theile um die an den Enden derselben angebrachten Verbindungen zu drehen. Dieses Princip ist besonders auf diejenigen Konstruktionen anwendbar, die von unten unterstützt werden“. Es ist hiernach zu verstehen, warum Navier in seinem Werke wesentlich nur Sprengwerke mit obeliegender Bahn behandelt. Er giebt zwar auch die Zeichnung zweier Parallel-Fachwerke (Abb. 12), berechnet aber nur die Gurtstäbe auf Biegung, und bemerkt dazu, die Annahme, auf der seine Berechnung beruhe, sei nur erfüllt „wenn die Stäbe durch eine Reihe von Querstäben oder Andreaskreuzen oder durch Keile, die in Einschnitten

liegen, mit einander verbunden sind. Ist aber einer der Stäbe bogenförmig oder sind es beide (Abb. 13), so genügt eine Verbindung mit einfachen Querstäben, wenn die Stäbe

Abb. 12. Parallel-Fachwerk mit Andreaskreuzen nach Navier.



Parallelträger mit eingelassenen Querstäben.

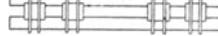
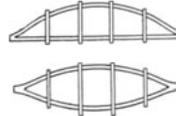


Abb. 13. Gespreizte Balken nach Navier.



nur an ihren Enden so verbunden werden, dass sie nicht aufeinander gleiten können“. Diese Auffassung Navier's ist bis auf die erwähnten Veröffentlichungen von Culmann und Schwedler fast überall beibehalten worden.

**7. Die älteren Brückensysteme des 19. Jahrhunderts.** Man unterscheidet gewöhnlich drei Hauptgruppen von Brücken und benennt diese nach der Art der Stützung oder Lagerung ihrer Hauptträger als Hängebrücken, Bogenbrücken und Balkenbrücken. Das maassgebende Unterscheidungs-Merkmal ist die Richtung der Stützendrucke unter einer senkrechten Belastung der Hauptträger. Entstehen dabei schrägergerichtete Stützendrucke, deren wagrechte Seitenkraft also einen Zug oder einen Schub auf die zugehörigen Pfeiler ausübt, so haben wir es mit einer Hängebrücke oder einer Bogenbrücke zu thun. Bei den Balkenbrücken ergeben sich nur senkrechte Stützendrucke, dort findet eine Seitenwirkung auf die Pfeiler nicht statt. Bogenträger mit aufgehobenem Horizontalschub können daher auch Balkenträger genannt werden.

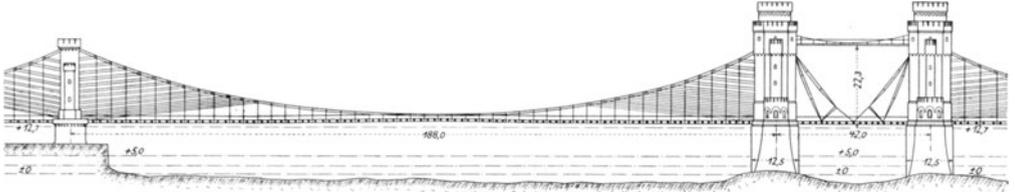
Zu Anfang des 19. Jahrhunderts gab es bereits Hängebrücken und Bogenbrücken in Eisen von grösserer Spannweite, dagegen waren die eisernen Balkenbrücken Anfangs von ganz untergeordneter Art. Erst mit wachsender Ausbreitung des Eisenbahnnetzes gewannen diese mehr und mehr an Bedeutung, weil sowohl die Hängebrücken als in der Regel auch die Bogenbrücken als Tragwerke wohl für den Strassenverkehr, nicht aber für den Eisenbahnbetrieb als ausreichend sicher erachtet wurden. Das hatte folgende Gründe.

Bei den Hängebrücken zeigten die aus Drahtseilen oder aus Kettengliedern gebildeten Hängegurte der Hauptträger, an denen die Strassenfahrbahn mit Hilfe senkrechter Stangen oder Drahtseile aufgehängt war, naturgemäss eine starke Beweglichkeit unter einseitig wirkenden Lasten. Es fehlte ihnen die nöthige Versteifung der Trägerwand zwischen der Fahrbahn und dem beweglichen Hängegurte. Auch waren die Versteifungen gegen Wind und gegen sonstige Seitenkräfte damals noch mangelhaft. Navier, der 1821 nach England reiste, um die dortigen Hängebrücken zu studieren, gab 1824 sein „Memoire sur les ponts suspendus“ heraus, das neben Abbildungen von uralten Formen der Hängebrücken, eine Beschreibung der damaligen englischen Hängebrücken und auch die erste gründliche Theorie der Hängebrücken

enthält. Navier giebt darin auch den ersten Entwurf von Telford für die Menai-Strassenbrücke. Daraus ist zu ersehen, wie Telford Anfangs beabsichtigt hatte, sowohl zwischen den beiden Ketten der Hängegurte, als auch zwischen den Geländerbalken der Fahrbahn Andreaskreuze als Versteifungen der Trägerwände einzulegen. Die Einlegung der Kreuze zwischen den Ketten ist aber in der (1818—1826) ausgeführten Brücke unterblieben. Erst im Jahre 1836, beim Bau

Da also die Hängebrücken nach Obigem für die Eisenbahnen nicht dienlich waren, so hätte man es, wo die Oertlichkeit Gelegenheit dazu bot, gerne mit den Bogenbrücken versucht, die seit der Erbauung der gusseisernen Severn-Brücke bei Coalbrookdale (Abb. 3) eingeführt waren. Dagegen sprachen aber die in der Einleitung bereits erörterten Gründe, also namentlich die mangelnde Biegezugfestigkeit des Gusseisens, sein unsicheres Verhalten unter

Abb. 14. Versteifte Hängebrücke für Köln nach Schwedler. Preisgekrönter Entwurf. 1850.



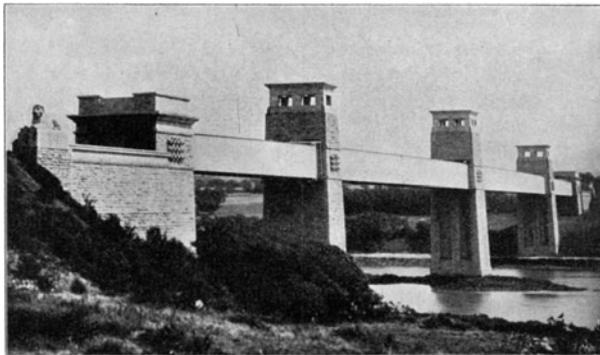
der alten, jetzt abgebrochenen Kettenbrücke über die Weser in Hameln wurde von Wendelstadt zum ersten Male die Versteifung eines aus zwei übereinander liegenden Ketten gebildeten Hängegurtes durch Einfügung eines Dreieck-Stabwerkes eingeführt.

Sehr bezeichnend für die damalige praktische Werthschätzung der Hängebrücken war 1850 das Ergebniss des Wettbewerbs für die Kölner Rheinbrücke. Schwedler's Entwurf einer versteiften Hängebrücke (Abb. 14) erhielt zwar den ersten Preis, wurde aber nicht unbedingt zur Ausführung empfohlen, obwohl nach den Bedingungen nur Eisenbahnfahrzeuge ohne Lokomotiven die Brücke passiren sollten<sup>18)</sup>. Später hat man es nach amerikanischem Vorgange auch in Europa einmal gewagt, eine derartig versteifte Hängebrücke für eine Haupteisenbahn zu bauen. So geschehen (1859) durch Schnirch bei der Donaukanalbrücke in Wien, die aber ihrer grossen Gebrechlichkeit halber schon 1884 wieder

starken Stössen der Verkehrslasten und der mit wachsender Ausbreitung der Eisenbahnen stärker und stärker werdende Mitbewerb des Schweisseisens. Das Fehlen theoretischer Hilfsmittel für eine sichere Berechnung der Bogenkonstruktion wird dabei auch nicht ohne Einfluss gewesen sein. So ist es gekommen, dass die gusseisernen Bogenbrücken im Strassenbau nur wenig und im Eisenbahnbau fast gar nicht hervorgetreten sind. Der Versuch des Franzosen Bruyère (1808) mit dem Bau einer schweisseisernen Bogenbrücke, der 12 m weiten Leinpfad-Brücke über den Crou bei St. Denis, hat erst nach 50jähriger Pause im 6. Jahrzehnt des Jahrhunderts Nachahmung gefunden, nachdem die inzwischen in der Theorie und Konstruktion der Balkenbrücken gemachten Fortschritte zu weiterem Vorgehen auch im Bogenbrückenbau angespornt hatten.

Die ersten eisernen Balkenbrücken der Eisenbahnen waren mit vollwandigen Trägern ausgerüstet. Zuerst ver-

Abb. 15. Britannia-Brücke über die Menaistrasse zwischen Wales und der Insel Anglesea. 1849.



abgetragen worden ist. Die erste für den Verkehr von Haupteisenbahnen dienende Hängebrücke war Röbling's versteifte Drahtbrücke über den Niagara, 1855 eröffnet. Sie hatte im letzten Jahrzehnt wesentliche Verstärkungen erfahren, und ist seit 1897, weil sie für die Ueberführung der heutigen schweren Eisenbahnzüge nicht mehr die erforderliche Sicherheit bot, beseitigt und durch eine eiserne Bogenbrücke ersetzt worden.

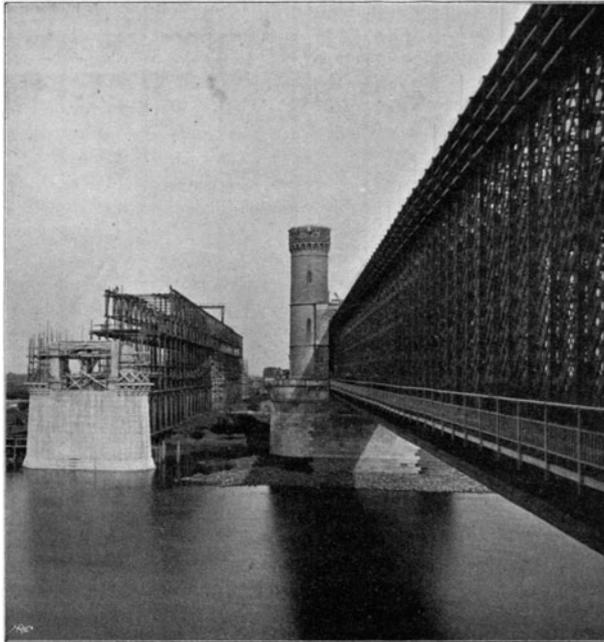
wendete man neben Holz- und Steinkonstruktionen Gusseisenbalken bis zu etwa 20 m Stützweite, später folgten Blechwandträger. Bis zur Mitte des 5. Jahrzehnts kam man aber im Balkenbrückenbau mit Blechträgern über eine Weite von etwa 70 m nicht hinaus. Um diese Zeit (1846—1849) entstand die erste weitgespannte Balkenbrücke der Welt, mit Oeffnungen von 142 m Weite. Das ist bekanntlich die Britannia-Brücke über die Menaistrasse in der Eisenbahnlinie

Chester-Holyhead. Als Robert Stephenson, der Sohn des genialen Eisenbahners George Stephenson, den Auftrag erhielt diesen grossartigen Bau auszuführen, versuchte er es zuerst mit Entwürfen für eine gusseiserne Bogenbrücke und eine schweisseiserne Hängebrücke, weil diese Brückensysteme für die vorliegenden Stützweiten damals das allein Erprobte waren. Schliesslich wendete er sich aber dem Bau einer vollwandigen schweisseisernen Balkenbrücke zu, deren Träger einen Kastenquerschnitt erhielten, von so grossen Abmessungen, um einen ganzen Eisenbahnzug durchzulassen (Abb. 15).

Eine Nachahmung hat die vollwandige Kastenkonstruktion der Britanniabrücke nur einmal noch in Amerika gefunden bei der Viktoriabrücke über den St. Lorenzstrom in Montreal.

**8. Die Elasticitätslehre seit Navier**<sup>19)</sup>. Auf der von Navier gegebenen Grundlage bauten die französischen Ingenieure Cauchy, de Saint-Venant, Bresse und Lamé die Sätze von der Biegefestigkeit weiter aus. Cauchy entwickelt 1827 zuerst die allgemeinen Eigenschaften der im Innern eines Körpers auf eine beliebige Fläche wirkenden Spannung und giebt dabei den Satz vom Deformations-Ellipsoid; Lamé (1852) bringt die Untersuchungen Cauchy's in geometrische Form und führt das Spannungs-Ellipsoid und die Hauptspannungen ein. De Saint-Venant (1853) giebt die Sätze von der Biegefestigkeit in der allgemeinsten Form, zeigt den Einfluss der von Navier vernachlässigten Schubspannungen, sowie den Zusammenhang der Gleitung mit der Dehnung und benutzt dabei auch die von Poinsoit

Abb. 16. Alte Dirschauer Weichselbrücke. Daneben die neue Brücke im Bau (1850 - 1890).



In Deutschland erkannte man schon während des Baues der Britanniabrücke, wie viel vorteilhafter man an Stelle der vollen Blechwände ihrer Kastenträger gegliederte sog. engmaschige Gitterwände hätte herstellen können, in der Art, wie sie für kleinere Weiten nach dem Vorbilde der hölzernen Lattenbrücken von Town zuerst in England und (seit 1846) auch bereits in Deutschland eingeführt worden waren.

Auch für die erste weitgespannte Balkenbrücke des europäischen Festlandes, die alte Dirschauer Weichselbrücke in der Linie Berlin—Königsberg mit 6 Öffnungen von je 131 m Weite hat man, nach längerem Schwanken das System der engmaschigen Gitterwände durchgeführt (Abb. 16). Dies fand damals nicht den Beifall aller maassgebenden Fachmänner. Namentlich Culman und Schwedler sahen auf Grund ihrer Auslassungen in den schon erwähnten Schriften die Wahl des obigen Systemes als einen Rückschritt an, indem sie die Einführung von klarer gegliederten Trägerwänden befürworteten (vergl. weiterhin unter 19).

herrührende Theorie der Trägheits-Ellipse. Bresse (1854) vervollkommet die Theorie der Biegefestigkeit, indem er zum ersten Male den Kern des Querschnittes anwendet.

Auf die von obigen Männern gemachten Annahmen und gegebenen Grundlagen stützen sich noch heute die hauptsächlichsten Elasticitäts-Berechnungen für Baukonstruktionen, obwohl vielfach versucht worden ist—namentlich durch die Bestrebungen von Clebsch, Clausius, Kirchhoff, Pochhammer, Weyrauch u. A. — die Theorien der Elasticitätslehre noch exakter auszubilden. In besonderer Art und mit grösstem Erfolge hat Bach versucht, die Lehre von der Elasticität und Festigkeit mehr als vordem auf die Ergebnisse von Versuchen zu begründen. Sein ganz hervorragendes Werk „Elasticität und Festigkeit“ ist bereits in 3. Auflage erschienen. Bach hat hiermit sicher den richtigen Weg beschritten, um die in unseren Elasticitäts-Formeln enthaltenen Erfahrungsziffern mit Hilfe von Versuchsergebnissen im Laufe der Zeit mehr und mehr zu verbessern. Dem Verfasser

würde es aber bedenklich erscheinen, wenn man die so einfache, bewährte Grundlage der Elasticitätslehre für die Berechnung von Baukonstruktionen, besonders im Eisenbrückenbau, vorzeitig und ohne Noth zu Gunsten von verwickelteren Formeln abändern wollte. Denn eine gut konstruirte Brücke soll in keinem ihrer Theile über die sog. Elasticitäts-Grenze beansprucht werden, und innerhalb dieser Grenze besitzen das Elasticitäts-Gesetz und die von Navier und seinen Nachfolgern festgelegten Sätze über die Spannungsvertheilung im isotropen Körper u. s. w., wie zahlreiche ältere und neuere Versuche nachweisen, für den Konstrukteur vollkommen ausreichende Gültigkeit. Der ausführende Ingenieur kann gewisse regelmässige oder zufällige Verschiedenheiten in dem Verhalten des wirklichen Baustoffes gegenüber den der Elasticitäts-Theorie zu Grunde liegenden isotropen (idealen) Körpern nur insoweit berücksichtigen, als er danach von Fall zu Fall, und je nach dem zu schätzenden grösseren oder geringeren Einflusse der erwähnten Verschiedenheiten den Sicherheitsgrad seiner Konstruktion abwägt. Damit will Verfasser durchaus nicht etwa gesagt haben, dass er die theoretischen Probleme der Elasticitäts- und Festigkeitslehre heute schon für abgeschlossen hält.

Neben den obigen Theorien über das Gleichgewicht isotroper Körper, entwickelten sich allmählich auch die Berechnungen von Trägern und Balken auf mehreren Stützen. Schon Eytelwein, der erste Direktor der Berliner Bauakademie, gab ein Verfahren zur Bestimmung der Stützendrücke eines über mehr als 3 Stützen durchgehenden Balkens (1808), später in ähnlicher Weise auch Navier. Diese älteren Rechnungsarten waren aber so verwickelt und unbequem, dass man ihnen häufig rohe Annäherungs-Rechnungen vorzog. Das erste allgemeine einfache und praktische Verfahren der Berechnung von durchgehenden Trägern stammt aus dem Jahre 1857 von dem Ingenieur Clapeyron (1779—1864), der es damals beim Bau grosser Eisenbrücken verwendete<sup>29)</sup>. In Deutschland wurde Clapeyron's Verfahren durch Mohr (1860) veröffentlicht und verbessert<sup>34)</sup>, später (1873) durch Weyrauch erweitert. Eine vollständige Zusammenstellung der zahlreichen theoretischen Arbeiten über durchgehende Träger findet sich bei Winkler<sup>21)</sup>.

Auch die ersten Anwendungen des Satzes von der Arbeit auf Aufgaben der Festigkeitslehre verdanken wir Clapeyron. Der scharfsinnige Ingenieur benutzte dabei die von Navier aus dem Principe der virtuellen Verschiebungen gefolgerte allgemeine und einzige Bedingung für das Gleichgewicht zwischen den äusseren und inneren Kräften eines elastischen Körpers, indem er darin an Stelle der virtuellen, die wirklichen elastischen Verschiebungen einführt. Er kommt so, unter der Annahme eines spannungslosen Anfangszustandes und durchweg gleicher Temperatur des Körpers, zu einem Satze, den er später für seine Theorie der Maschinen- und Wagen-Federn verwendet hat. Dieser Satz in der Form  $A = \frac{1}{2} \sum Qr$ , worin Q irgend eine äussere Kraft und r den Weg der Kraft bedeutet, ist von Lamé, der dabei die Wichtigkeit des Satzes für die Statik der Baukonstruktionen hervorhebt, das Clapeyron'sche Gesetz genannt worden.

Mit Hilfe der Clapeyron'schen Formel entwickelte der italienische Ingenieur Castiglione (1879) den hochwichtigen Satz von der Abgeleiteten der Formänderungs-Arbeit und den daraus sich ergebenden Satz von der kleinsten

Formänderungs-Arbeit<sup>29)</sup>. Den letztgenannten Satz, der auch als eine Anwendung des von Maupertius (1747) ausgesprochenen Princip der geringsten Wirkung auf die Festigkeitslehre gelten kann (S. 10), gab (1858) bereits Menabrea<sup>35)</sup> und, ohne die Arbeiten seiner Vorgänger zu kennen, Fränkel (1882)<sup>24)</sup>. Mit den genannten beiden Sätzen über die Formänderungsarbeit elastischer Körper hat Castiglione besonders die analytische Theorie der statisch unbestimmten Konstruktionen in ausgiebiger Weise bereichert, so dass heute die schwierigsten Aufgaben dieser Art analytisch in einfacher Art zu lösen sind, wenn auch bei vielfacher Unbestimmtheit der zu berechnenden Systeme die grosse Zahl der Elasticitäts-Gleichungen zeitraubende Rechnungen nöthig macht. Handelt es sich daher um die Berechnung von statisch unbestimmten Stabwerken, so empfehlen sich als einfacher und übersichtlicher die graphischen Methoden, zu denen Mohr, namentlich durch seine bahnbrechende Arbeit: „Beitrag zur Theorie des Fachwerks“ 1874 und 1875 den Grund gelegt hat. Ausführlicheres darüber vergleiche man unter 10.

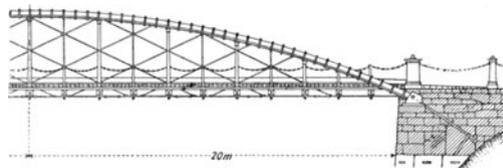
**9. Die Wandgliederung der Balkenträger.** In der Wandgliederung werden heute gewöhnlich zwei Arten von Fachwerk unterschieden:

1. Das Ständerfachwerk, bei welchem eine der beiden Strebenscharen senkrecht zu den Gurten steht und
2. das Strebenfachwerk, das nur schräggerichtete Streben, also keine Ständer enthält. Dabei kann die Wandgliederung eintheilig oder mehrtheilig sein.

Das Ständerfachwerk ist das ältere und soweit bekannt ganz in Eisen, nach den Vorbildern in Holz (S. 9) zuerst als Bogensehnenträger hergestellt worden.

Die Hüttenbesitzer Hoffmann und Madersbach in Ungarn haben bereits 1833 in Lugos eine eiserne Brücke erbaut, deren gusseiserner gekrümmter Obergurt durch eine in der Höhe der Fahrbahn eingespannte Kette von seinem Bogenschube befreit wurde. 1837 bauten sie dann die bekannte Czernabrücke bei Mehadia<sup>28)</sup>, die mit Bogensehnen-Trägern von 40 m Stützweite ausgerüstet wurde. Ihr Untergurt ist als Kette ausgebildet, während die Wandgliederung, wie die Abb. 17 näher veranschaulicht, aus Ständern besteht, die durch mehrtheiliges Gitterwerk versteift sind

Abb. 17. Czernabrücke bei Mehadia. 1837.



Die Querschnitte der gusseisernen Röhrengurte wurden nach den Ergebnissen der Rennie'schen Versuche bemessen. Die Czernabrücke gilt mit Unrecht zuweilen als erste Parabelträger-Brücke. Den Erbauern, die ihre Brücke „Cylinder-Bogen-Hängebrücke“ nannten, hat die Theorie und Berechnung der Parabelträger fern gelegen, darauf deutet schon die von ihnen für nothwendig gehaltene Verankerung an den Auflagern hin. Nach heutigen Anschauungen bezeichnet man die Czernabrücke wohl am besten als „Bogenbrücke mit Zugband“.

Die ersten amerikanischen eisernen Parabelträger baute Murphy Whipple (1840); die ersten englischen zeigte die von Harrison gebaute Eisenbahnbrücke über die Ouse (1844). Wie Culmann und Henz<sup>26)</sup> (1852—1861) ausführlich geschildert haben, fanden die Parabelträger mit Gegenstreben-Fachwerk in England, namentlich aber in Amerika eine grosse Verbreitung, ehe man deren genaue Berechnung verstand.

Als Culmann und Schwedler (1851—1852) ihre ersten Berechnungen der gegliederten Träger veröffentlichten, war die Britannia-Brücke eben eröffnet worden (1849) und die Vorarbeiten für den Bau der alten Dirschauer Brücke waren im Gange. Beide geniale Theoretiker erhoben sofort Bedenken in denen man neben dem Nachtheil der grossen Windflächen und der etwa durch einseitige Sonnenbestrahlung hervorgerufenen Uebelstände, die Materialverschwendung klar vor Augen sah, als auch gegen die engmaschigen Gitterwände, deren Beanspruchung eine ganz unbestimmte war. Beide befürworteten eine klare Gliederung der Trägerwand, wie sie für kleinere Brückenweiten bereits seit dem Jahre 1846 vereinzelt zur Ausführung gelangt war.

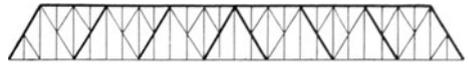
Im Jahre 1846 trat der belgische Ingenieur Neville mit seinem System des eintheiligen Strebenfachwerks auf, das also ein reines Dreieck-Stabwerk zeigte, wenn auch die Knoten nur mangelhaft gebildet und namentlich nicht centrirt waren. Das System hat ausser in Oesterreich, keine namhafte Verbreitung gefunden, eben seiner konstruktiven Mängel wegen, auf die zuerst von Culmann (1852) hingewiesen worden ist<sup>26)</sup>. Neville selbst hat sich in Berlin vergebliche Mühe gegeben, um sein System für die geplanten Wechselbrücken und auch für die Brücke über den Rhein in Köln zur Annahme zu bringen. Er hatte deshalb im Januar 1850 dem Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten v. d. Heydt persönlich und schriftlich entsprechende Anerbietungen gemacht. Er brachte für Dirschau eine Brücke seines Systems in Vorschlag, mit einer Stromöffnung von 460 Fuss (144,4 m) Lichtweite, gebildet aus 4 Hauptträgern, die 3 Fahrbahnen tragen, auf jeder Seite eine Strassenbahn von 13 Fuss (4,1 m) Breite und in der Mitte eine solche von 14 Fuss (4,4 m) Breite für die Eisenbahn. Er erbot sich dabei, ein Modell in  $\frac{1}{24}$  der wirklichen Grösse kostenfrei vorzulegen und danach die Sicherheit seines Systems durch Sachverständige beurtheilen zu lassen<sup>26)</sup>.

Vorher schon (1849) hatte der Engländer Warren die konstruktiven Einzelheiten des Neville'schen Systems verbessert, indem er namentlich den gusseisernen Obergurt durchgehen liess und überall Gelenkbolzen-Knoten einführte, wie sie später für die amerikanischen eisernen Brücken typisch geworden sind. Die bekanntesten europäischen Ausführungen des Systems Neville-Warren sind die Trentbrücke bei Newark in der Great-Northern Bahn (1851) mit einer Oeffnung von 73 m und die Crumlin-Thalbrücke in der Newport—Hereford-Eisenbahn (1853) mit 10 Oeffnungen, die mit ganz schweisseisernen Trägern von je 46 m Weite überdeckt waren, und die eiserne Thurmpfeiler besass, was damals eine grosse Seltenheit war. Die Fink'sche sog. „Ohio-Fall-Brücke“ bei Louisville, deren Hauptöffnungen mit 113 m und 122 m seiner Zeit (1870) die weitest gespannten in Amerika waren, zeigt das Warren-System mit eingeschalteten Hilfstäben (Abb. 18).

Während bei dem Neville'schen System für grössere

Oeffnungen (wie bei der Fink'schen Brücke) eine Theilung der grossen Feldweiten nothwendig wurde, wodurch die sogenannte Maschenweite des Gitters sich verkleinerte, ging

Abb. 18. Ohio-Fall-Brücke bei Louisville. 1870.



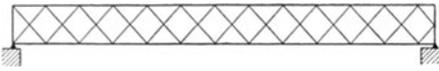
bei den engmaschigen Gitterbrücken, anfänglich wohl unbewusst, das Streben dahin, die Maschenweite zu vergrössern. Auf solchen Wegen entstanden die mehrtheiligen Strebenfachwerke, deren Berechnung nach Schwedler's Vorgang (1851) durch Zerlegung in Einzelsysteme und entsprechende Theilung der Belastung erfolgte. Bei den eigentlichen (engmaschigen) Gitterträgern ist diese Art der Berechnung nicht durchführbar, weil in den Fahrbahnknoten einzelner Theilsysteme der Wand keine Lasten unmittelbar angreifen, sondern dort eine Lastübertragung nur mittelbar in Folge der Durchbiegung der Tragegurte zwischen jenen Knoten erfolgen kann. Winkler versuchte (1859) eine genauere Berechnung der Gitterträger; am schärfsten aber behandelt man sie heute nach der allgemeinen Theorie der statisch unbestimmten Systeme.

Zu gleicher Zeit mit dem eintheiligen Strebenfachwerk Neville's erschien bei Parallel-Trägern das eintheilige Ständerfachwerk mit Gegenstreben. In Europa hielt man sich dabei über ein Jahrzehnt noch ganz an das Vorbild des Howe'schen Balkens in sofern als man in allen Trägerfeldern Gegenstreben anordnete. Dagegen zeigt schon 1846 der erste amerikanische sog. Whipple-Träger (mit schrägen Endpfosten) keine Gegenstreben in den Endfeldern, beruht also auf klarer theoretischer Erkenntniss der Thatsache, dass bei einem Parallelträger nur eine gewisse Reihe von Mittelfeldern von negativen und positiven Querkraften beansprucht wird. Das erste eintheilige europäische Ständerfachwerk dieser Art ist die von v. Kaven (1859) erbaute Ilmenaubrücke bei Bienenbüttel<sup>27)</sup>. Vor dieser Zeit (1857) ist zwar schon die Schwedler'sche Flackensee-Brücke in der Niederschlesisch Märkischen Eisenbahn<sup>28)</sup> entstanden; sie enthält aber noch in allen Feldern Kreuzstreben, ist also in ihrem System weniger einfach und klar als das zweitheilige Strebenfachwerk oder das eintheilige Ständerfachwerk. Wie schon gesagt berechnete Schwedler (1851) diese und ähnliche Träger durch Zerlegung in Einzelsysteme unter entsprechender Theilung der Belastung, war sich aber darüber klar, welche Fehler dabei eintreten konnten. Mohr hat diese Fehler (1874) ziffermässig nachgewiesen<sup>29)</sup>. Winkler berechnete die mehrtheiligen Konstruktionen dieser Art — wie z. B. die 1857—1860 in der linksrheinischen Eisenbahn erbauten Brücken über die Mosel bei Koblenz und über die Nahe bei Bingen (vergl. Tab. I unter 19) — als Strebenfachwerke unter Fortlassung der Ständer, die er nur als Hilfsmittel zur Befestigung der Fahrbahn ansah.

Im weiteren Verlaufe der Entwicklung der Wandgliederungen ist man von den eben erwähnten Ständerfachwerken mit Kreuzstreben allmählig zu den mehrtheiligen Strebenfachwerken übergegangen. Gegenwärtig bevorzugt man die eintheiligen Systeme ohne Gegenstreben. Ausserdem sind zweitheilige Strebenfachwerke, die Schwedler schon 1851 allgemein (auch für gekrümmte Gurte) empfohlen

hat, beliebt geworden. Die Nachteile der im zweitheiligen Strebenfachwerk unter der Wirkung von Einzellasten eintretenden sehr ungleichen Beanspruchung und Durchbiegung der Einzelsysteme können nach Köpcke und Schwedler durch Einfügen eines Mittelgurtes gemildert werden (Abb. 25 u. 31). Die statische Unbestimmtheit des Systems lässt sich in einfacher Weise durch unsymmetrische Trägeranordnung beseitigen, wie Engesser (Abb. 19) gezeigt

Abb. 19. Glasträger-Brücke von Engesser 1890.



hat. Verfasser hat zuerst allgemein nachgewiesen, wie man mehrtheilige Strebenfachwerke statisch bestimmt machen kann, wenn man den Strebenzug von einer Ständerecke ausgehend ununterbrochen durch die ganze Wand laufen lässt, bis er in einer andern Ständerecke endigt<sup>30)</sup>.

Das von Howe für Holzträger mit Erfolg durchgeführte Princip der Gegenstreben wird heute im Eisenbau bei Brücken grösserer Weiten mehr und mehr verlassen. Und mit Recht. Denn die in der Theorie vorausgesetzte Wirkung der Gegenstreben ist in der Praxis nur unvollkommen erreicht worden.

Abb. 20. Pratt-Träger.

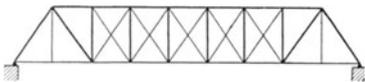


Abb. 21. Whipple-Träger oder zweitheiliger Pratt-Träger.

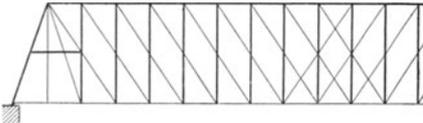
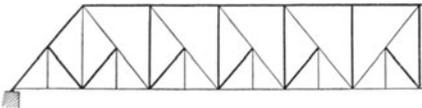


Abb. 22. Pettit-Träger.



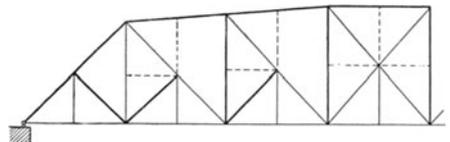
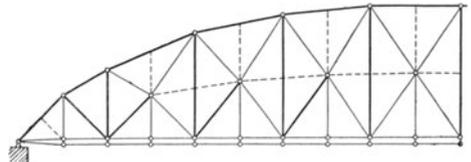
Es ist praktisch unmöglich, die Gegenstreben spannungslos einzusetzen. Auch können die Hauptstreben in Feldern, wo Gegenstreben fehlen, Druck erhalten, den sie wegen ihres Flacheisen-Querschnittes nicht vertragen. Das ist in vielen Fällen eingetreten, bei unrichtigen Berechnungsannahmen für Eigengewicht und Verkehrslast oder auch bei einer nicht vorausgesehenen Vermehrung der Verkehrslast über die ursprünglichen Annahmen hinaus. Aus diesen Gründen wählt man heute für grössere Brückenweiten mit Vorliebe Wandgliederungen ohne Gegenstreben, deren Streben also meist einen Wechsel von Zug und Druck erleiden und daher knickfest ausgebildet sein müssen.

In den gegenwärtigen amerikanischen Wandgliederungen spielen die Gegenstreben noch eine wichtigere Rolle als in Europa. In den amerikanischen Trägerformen (Abb. 20—24) erscheint meist die Grundgestalt des Warren-Trägers oder des Ständerfachwerks, mit Einschaltung von Hilfsstäben für Fahrbahnbefestigung oder zur Unterstützung der Knickfestigkeit der Druckstäbe (punktirte Stäbe in den Abb. 23 u. 24).

Die Unterschiede gegenüber den europäischen Anordnungen rühren im Wesentlichen von der bekannten amerikanischen Bauart eiserner Brücken her, wobei weniger aus theoretischen, als aus rein praktischen Gründen — nämlich zur Erleichterung der Aufstellung in menschenarmen Gegenden — alle Knoten der Hauptträger als Bolzenknoten ausgebildet sind (pintrusses), während die europäischen Brücken (bei deren Aufstellung geschickte Arbeiter und Fachleute nie gefehlt haben) durchweg vernietete Knoten aufweisen. Mit Rücksicht auf die grössere Empfindlichkeit ihrer Bolzenknoten gegen die wechselnde Wirkung von Zug und Druck vermeiden daher die amerikanischen Ingenieure möglichst alle Stäbe, die einen Wechsel von Zug und Druck erleiden, und lassen in der Regel nur reine Druckstäbe und reine Zugstäbe zu, wobei in den Mittelfeldern der Träger Gegenstreben nicht fehlen dürfen. Mit der Zunahme der Bevölkerungsdichtigkeit in Amerika hat man auch in diesem Lande das reine Gelenkbolzen-System verlassen und sich mehr und mehr der europäischen Bauart genähert, indem man die Obergurtstücke jetzt auch auf der Baustelle meist schon ganz vernietet und nur noch die Untergurt-Knoten als Bolzenknoten ausbildet.

Der amerikanische Ingenieur Morison hat in neuester Zeit auch einige bedeutende Brücken gebaut, in denen er die Gegenstreben fort gelassen hat, so dass in einzelnen Wand-

Abb. 23. Pettit-Träger für grosse Weiten.

Abb. 24. Ohio-Brücke bei Wheeling. 159 m Stützweite.  $\frac{1}{6}$  Höhe. Untergurt doppelt.

gliedern ein Wechsel von Zug und Druck auftritt. Er ist der Meinung, dass das bei weitgespannten Brücken wohl zulässig sei, weil hier die Knotenbolzen erfahrungsmässig keinerlei Bewegungen mehr machen. Nur bei kleinen Weiten ist die Beweglichkeit der Bolzen unter der Wirkung der Verkehrslast merkbar, weshalb neuerdings einzelne amerikanische Brückenbau-Anstalten bei kleineren Weiten ganz zur europäischen Bauart der durchweg genieteten Träger (riveted trusses) übergegangen sind<sup>37)</sup>. Das reine Gelenkbolzen-System hat aber heute immer noch grosse Bedeutung für jene überseeischen Länder, wo aus Mangel an geeigneten Arbeitskräften jede Nietarbeit am Aufstellungsorte ausgeschlossen ist.

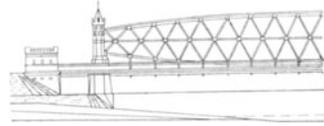
**10. Die Umriss der gegliederten einfachen Balkenträger.** Verfasser versteht unter einfachen Balkenträgern Träger auf zwei Stützen, die in Beziehung auf ihre äusseren Kräfte statisch bestimmt sind. Die sog. durchgehenden Träger werden im folgenden Absatz 14 behandelt. Die älteste Form des gegliederten einfachen Balkens ist der Bogensehen-Träger (bow-string), dessen Ausführung aus Holz auf

S. 9 und in Eisen auf S. 14 erwähnt worden ist. Meistens bildete der Umriss eine Parabel, weshalb man diese Träger auf dem europäischen Festlande gewöhnlich Parabelträger nannte. Ein Parabelträger bedarf aber nicht unbedingt — wie der Bogensehnenträger — eines geraden Gurtes; beide Gurte können bei ihm gekrümmt sein, wenn nur die Trägerhöhe der bekannten Parabelgleichung entspricht. Ist dies der Fall, so verlaufen bei gleichmässiger Vollbelastung des Trägers die sämtlichen Spannkkräfte allein durch Gurte und Ständer, so dass alle Streben spannungslos sind. Daraus folgt die Nothwendigkeit von Gegenstreben in allen Trägerfeldern, falls man einen Wechsel von Zug und Druck in den Streben vermeiden will.

Unmittelbar auf den Bogensehnen-Träger folgte 1834 der sog. Laves'sche Balken (Abb. 28 b), der in einigen Fällen auch für Eisenbrücken verwendet wurde, dessen Idee und Grund-

langt: zuerst 1872—1875 bei der Memelbrücke in Tilsit (Abb. 25) und zuletzt 1888—1893 bei den neuen Brücken

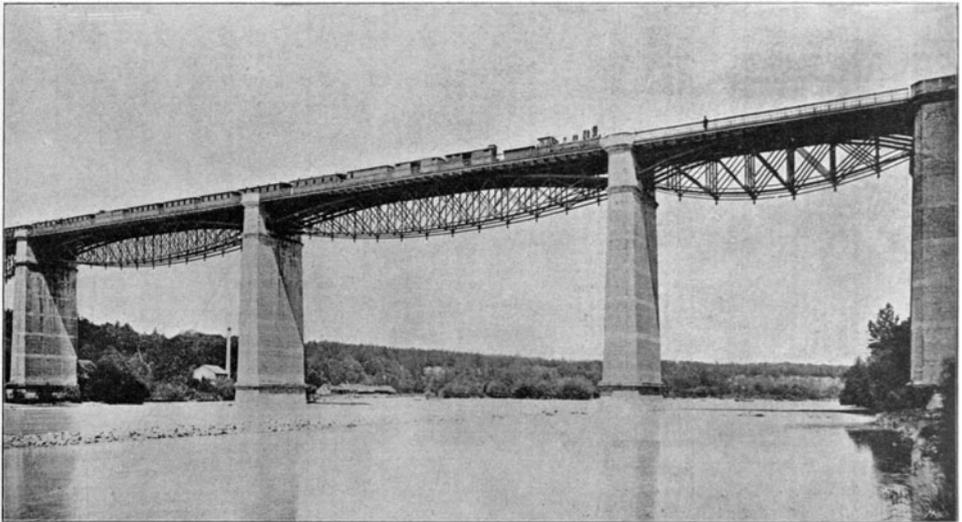
Abb. 25. Memelbrücke bei Tilsit. Schwedler 1872.



über die Weichsel bei Dirschau und über die Nogat bei Marienburg, deren Abbildungen weiterhin gegeben werden.

Im Jahre 1853 baute man in Bayern die erste eiserne Eisenbahnbrücke über die Günz bei Günzburg in der Maximiliansbahn Augsburg—Ulm mit 2 Oeffnungen von etwa 10 m und 12 m Weite, nach dem Entwurfe des Oberbau-rathes v. Pauli. Diese Konstruktion, die im folgenden Ka-

Abb. 26. Isarbrücke bei Grosshesselohe. System Pauli. 1857.



form aber schon Navier gekennzeichnet hat (Abb. 13). Sieht man von dem Laves'schen Träger ab, weil dieser in seinen Grundformen eine eigentliche Wandgliederung nicht besitzt, und solche bei ausreichender Steifigkeit der Gurte, wie schon Navier (S. 11) bemerkte, auch nicht braucht, so folgt der geschichtlichen Reihe nach auf den Bogensehnen-Träger der Parallelträger. Dessen Umriss erhalten die typisch amerikanische Gestalt, wenn seine Endpfosten schräg gestellt sind (Abb. 20—24).

Das Aufleben der Theorie der Brücken im Beginn des 6. Jahrzehnts brachte eine Fülle von neuen Ideen und Formen. Es sollen aber nur diejenigen Formen hier zur Besprechung gelangen, die es zu einiger Bedeutung im praktischen Brückenbau gebracht haben. Darunter ist zuerst zu nennen die Form des abgestumpften Linsenträgers, von Winkler später Polygonal-Träger genannt. Schwedler entwarf 1851 einen solchen für die Rheinbrücke in Köln, drang aber damals mit seiner Idee nicht durch. Später ist dies System durch Schwedler bei den bedeutendsten Eisenbahnbrücken des preussischen Staates zu hoher Geltung ge-

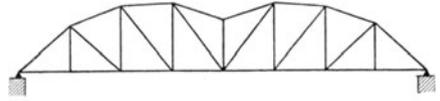
hoben. Wie schon oben angedeutet, wird, darf man als Vorläuferin der späteren Pauli-Träger betrachten, die in ihrer vollen Eigenart zum ersten Male bei der 1857 erbauten Brücke über die Isar bei Grosshesselohe<sup>29)</sup> auftraten (Abb. 26) und ihre grösste Stützweite — 105 m — bei der von Gerber gebauten Rheinbrücke der Hessischen Ludwigsbahn bei Mainz erreicht haben<sup>30)</sup>. Die Umrissgestalt der Pauli-Träger entsteht aus der Forderung gleich grosser Grenzwerte für die Spannkkräfte eines jeden der beiden Gurte. Aus gleichen Gründen wie beim Parabelträger, erfordert das System Gegenstreben in allen Trägerfeldern, wenn ein Wechsel von Zug und Druck in den Streben ausgeschlossen werden soll. In der konstruktiven Verbindung der Gurtenden über den Stützen zeigen die Pauli-Träger, verglichen mit den Schwedler'schen abgestumpften Linsenträgern bei unten angehängter Fahrbahn (Abb. 25), in sofern einen Nachtheil, als die regelrechte Zusammenführung und Stützung der scharfen Spitze der Pauli-Träger nicht unbedeutende Schwierigkeiten macht, während zwischen den Enden der beiden abgestumpften Linsenträger nur ein kräftiger Kreuzverband eingelegt zu werden braucht.

Wenn man will, so kann man die Vorläufer der Pauli-Träger — und ebenso der 139 m weiten Linsenträger der in den Jahren 1854—1859 von Brunel erbauten Saltash-Brücke über den Tamar bei Plymouth in der Cornish-Eisenbahn (Abb. 27) — bis in das 3. Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts zurückführen. Damals konstruirte der französische Ingenieur Débia<sup>31)</sup> Brücken mit gekrümmten hölzernen Obergurten zwischen denen senkrechte Pfosten und Kreuzstreben eingespannt waren (Abb. 28a). Wenn in Wirklichkeit auch wahrscheinlich der Träger von Laves (Abb. 28b) die Anregung zu den Trägerformen der Saltash-Brücke und ihrer Vorläuferin, der Chepstow-Brücke über den Wye, gegeben hat<sup>32)</sup>, so steht nach Obigem doch fest, dass der eigentliche Vater des Linsenträger-Umrisses der Ingenieur Débia ist.

In seiner allgemeinen Theorie der Balkenfachwerke (1851) entwickelte Schwedler<sup>29)</sup> aus bestimmten Bedingungen für die

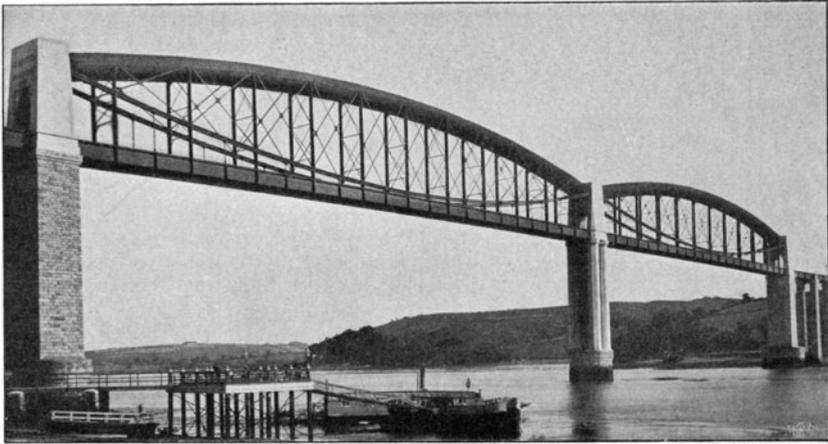
Hyperbelstücken zusammen zu setzen wäre (Abb. 29). Ein solcher Hyperbelträger würde aber in seinen mittleren Feldern unschön aussehen, deshalb ersetzte Schwedler diese Felder

Abb. 29. Schwedler-Träger. Theoretische Form. 1863.



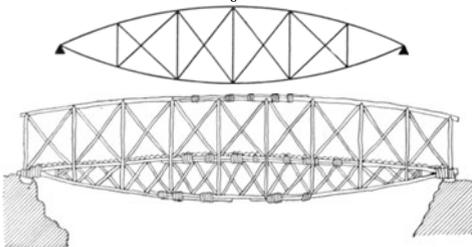
durch ein Parallelträgerstück, das also mit Gegenstreben auszurüsten war. Man rechnet die Einführung der Schwedler-Träger gewöhnlich vom Bau der Weserbrücke bei Corvey, also vom Jahre 1863 ab, obwohl die Umrisse der Trägerenden dieser Brücke keine Hyperbeln, sondern Parabeln sind. Erst die Träger der Elbebrücke bei Hämerten zeigen den genaueren theoretischen Umriss.

Abb. 27. Saltash-Brücke über den Tamar. Brunel 1854.



Grenzwerte der Wandglieder-Spannkraft verschiedene sog. „Normae Balkenformen“, darunter auch den Parabelumriss des Bolensehenträgers und des Fischbauchträgers. Weil aber der Parabelträger in allen seinen Feldern Gegenstreben erforderte, schlug Schwedler (1861) vor, bei Bogensehnen-

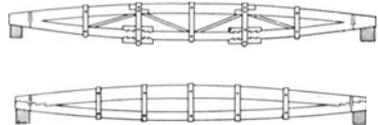
Abb. 28a. Zwei Träger nach Débia. 1829.



trägern grösserer Weite zweitheiliges Strebenfachwerk einzulegen<sup>33)</sup>. Später kam er dann auf den Gedanken, den Obergurt dieser Träger derart zu krümmen, dass selbst bei ungünstigster Laststellung keine Hauptstrebe des Ständerfachwerks einen Druck erfahren konnte. So entstand der Schwedler-Träger, dessen Obergurt theoretisch aus zwei

Die Schwedler-Träger haben sich in der ganzen Welt ausserordentlich verbreitet, wenn auch nach allgemeinem Urtheile ihr Aussehen wenig befriedigend wirkt. Schwedler selbst hat dies (1868) auch vorurtheilsfrei anerkannt, und gerathen, die Obergurtlinie nicht zu strengere der theoretischen

Abb. 28b. Träger nach Laves. 1834.



Form nachzubilden, sondern eine andere passende Kurve dafür zu setzen<sup>34)</sup>. Laissle wählte für die Schwedler-Träger der Kolomakbrücke bei Kremetschug (1871) eine Ellipse; Häselser ersetzte das gerade Mittelstück des Obergurts bei den Trägern der Dömitzer Elbebrücke durch eine flache Kurve (1876).

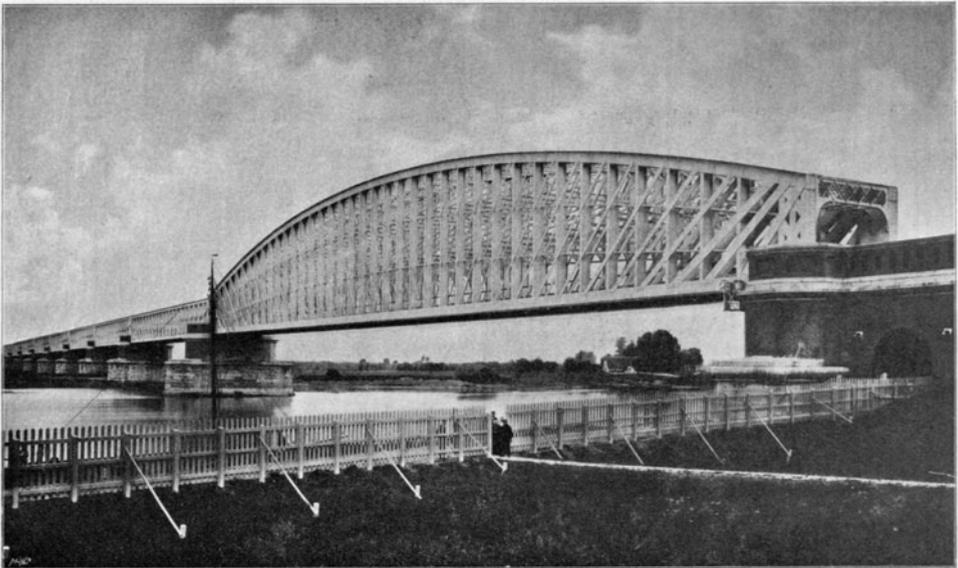
Der Umriss der sog. Halbparabelträger wurde im Eisenbau, soweit bekannt, zuerst bei der von Brunel erbauten Chepstow-Brücke über den Wye-Fluss (1852) eingeführt. Auch die Blechträger der ersten grösseren Eisenbrücke Hollands, der in den Jahren 1853—1856 erbauten Ysselbrücke bei Westervoort in der Linie Arnheim—Zevenaar, mit zwei

Oeffnungen von je 50 m Weite, zeigen schon Obergurte, die nach ihren Enden hin gekrümmt sind. Die Umrissse der neuesten grossen amerikanischen Balkenträger zeigen fast durchweg polygonalen Obergurt, geraden Untergurt und schräg gestellte Endpfosten (Abb. 23 und 24). Sie erinnern danach augenfällig an das erste deutsche Holzbrücken-Fachwerk, wie es uns Palladio überliefert hat (Abb. 6). Wer dächte dabei nicht an das geflügelte Wort des Rabbi ben Akiba?

Das amerikanische Beispiel, möglichst wenige und einfache Balkenträgerformen auszubilden, hat in neuerer Zeit auf Europa zurück gewirkt. Parallelträger und Halbparabelträger werden bevorzugt, die letzteren für grössere

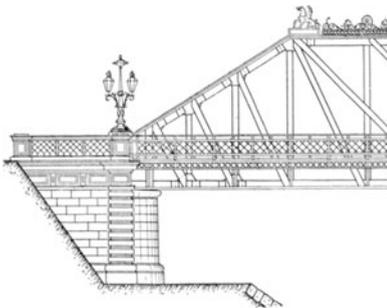
verlaufen, sind sehr selten (Abb. 31). Die theoretischen Gurtlinien der Parabel, Hyperbel oder Ellipse u. dergl. spielen heute bei der Errichtung namhafter Bauwerke mit Recht eben so wenig noch eine Rolle, wie das Princip der Gegenstreben. Aber im Gegensatz zu Amerika gestaltet man in Europa, namentlich in Deutschland, die Umrissformen der Träger nicht allein nach rein wirtschaftlich-praktischen Gesichtspunkten, sondern man lässt dabei auch die Schönheitsrücksichten nicht aus dem Auge. Deshalb findet in Deutschland für krumme Gurtlinien die Kreisform mehr und mehr Anhänger. Verfasser wählte 1891 für die Halbparabelträger der Fordoner Weichselbrücke auf Anrathen von Jacobsthal

Abb. 30. Leckbrücke bei Kullenburg in Holland. 1868.



Weiten. Die Halbparabelträger der Leckbrücke bei Kullenburg\*) (Abb. 30) sind mit 154,4 m Stützende die weitest gespannten in Europa. Für kleinere Weiten wählt man auch

Abb. 31. Sophien-Brücke über den Donaukanal bei Wien. Köstlin u. Battig 1871.



wohl Bogensehenträger, die man bei hohen Thalbrücken als Fischbauch- oder als Warrenträger ausbildet. Trapezträger, deren Gurtenden in gerader Linie nach den Stützpunkten

eine Kreislinie, besonders deshalb, um die Erscheinung des Windverbandes zwischen den Obergurten der Hauptträger, vom Innern der Brücke aus gesehen, wirkungsvoller zu gestalten, als es bei Beibehaltung von Gurtlinien mit wechselnder Krümmung möglich gewesen wäre (Abb. 32). Es scheint überhaupt bedenklich, bei Feststellung des Gesamtumrisses eines Bauwerkes sich zu sehr an rein theoretische Erwägungen oder Forderungen zu halten, um dadurch theoretisch etwa an Material sparen zu wollen. Ein guter Konstrukteur muss mehr können, als bloss rechnen. Treffend sagt der amerikanische Ingenieur Cooper<sup>2)</sup>: „Wahre Sparsamkeit ist nicht nothwendig mit dem geringsten Gewichte verbunden“.

**11. Durchgehende Balkenträger und Auslegeträger (cantilever, porte-à-faux).** Die erstmalige Veröffentlichung einer allgemeinen und einfachen Theorie der durchgehenden Träger durch Clapeyron wurde bereits unter S. 14 erwähnt. Mohr machte diese Theorie in weiteren Kreisen bekannt und erweiterte sie 1860 unter Einführung beliebiger Stützhöhen durch den ziffermässigen Nachweis der Gefährlichkeit zufälliger Stützensenkungen für gleichmässigen und (1862) für veränderlichen Trägerquerschnitt<sup>3)</sup>. Schon damals warnte Mohr vor der Ueberschätzung der Vortheile der

\*) Ausgeführt von der Gesellschaft Harkort in Duisburg.

durchgehenden Träger und rieth, statt ihrer die einfachen Träger zu bevorzugen. Wie sehr die geschichtliche Entwicklung des Eisenbaus ihm darin Recht gegeben hat, ist bekannt. Die einfachen gegliederten Balkenträger stehen heute im Vordergrund des Brückenbaus, obwohl man verschiedentlich versucht hat, durchgehende Träger durch Verbindung mit Hängegurten, durch künstliche Belastungen oder durch geeignete Gestaltung ihrer Umrissform als Träger von gleichem Widerstande u. dgl. annehmbarer zu machen.

Kanal in Lübeck in sehr gelungenen ansprechenden Formen ausgebildet\*) (Abb. 34).

Aus neuester Zeit stammt ein auch hierher gehöriger Entwurf, der bei einem Wettbewerb der Stadt Köln (1898) zur Erlangung von Vorentwürfen für eine Rhein-Strassenbrücke mit zur Vorlage kam (Abb. 35)\*\*). Statistisch stellen sich die Hauptträger dieses Entwurfes als ein über vier Stützen durchgehender Balken mit drei Gurten dar, dessen Enden auf den Widerlagern verankert sind.

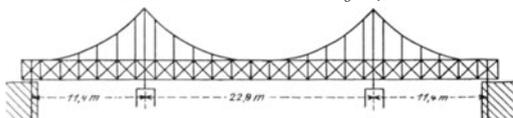
Abb. 32. Fordoner Weichselbrücke. Innere Ansicht der Ueberbauten in den Stromöffnungen. 1894.



Josef Langer, ein erfinderischer, seiner Zeit in seinen Ideen vielfach verkannter Ingenieur, hat zuerst versucht, einen durchgehenden Träger durch einen darüber liegenden Hängegurt derartig zu versteifen, dass dessen Horizontalschub aufgehoben wird. Seine Wrsowicer Brücke in der Franz-Josephsbahn zeigte eine solche zusammengesetzte Balkenkonstruktion, die den Eindruck einer Hängebrücke macht (Abb. 33). Langer selbst nennt sie eine „Steife Ketten-

Die Füllungsglieder liegen zwischen den beiden oberen „Girlande“ genannten Gurten, während der Untergurt unter der Fahrbahn liegt und in der Nähe jedes der drei Scheitel der Girlande mit dieser verbunden ist. Dabei sollen aus den beiden Obergurten Druckspannungen möglichst fern gehalten oder wenigstens auf ein geringes Mass beschränkt werden, um das Absteifen der oberen Gurte, die unter sich keine Wind-Verspannungen erhalten, zu erleichtern. Zu diesem Zwecke soll die Brücke von beiden Strompfeilern aus frei vorgebaut und schon vor ihrem Zusammenschlusse in der Mitte durch Aufbringen der gesamten Fahrbahndecke mit dem Eigengewicht voll belastet werden. Man hat dann zwei Auslegeträger vor sich, deren Obergurte unter allen Umständen ausschliesslich Zugspannungen erhalten. An diesem Zustande ändert auch das Einsetzen der Mittelstäbe nichts, weil es zwang- und spannungslos erfolgen soll. Erst die Verkehrsbelastung wird in einzelnen Theilen des

Abb. 33. Wrsowicer-Brücke von Langer. 1870.



brücke mit vertikaler Verankerung.“ Eine ähnliche und dabei sehr schöne Ausgestaltung durchgehender Träger in Hängebrückenform gab ein Entwurf Lauter's (Abb. 37 C) im bekannten Mannheimer Wettbewerb (1887). Rheder hat in gleicher Art die Mühlenthor-Brücke über den Elbe-Trave-

\*) Ausgeführt von der Gesellschaft Harkort in Duisburg.

\*\*\*) Von der Nürnberger Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Nürnberg.

obersten Gurtes die Zugspannungen in Druckspannungen verwandeln und zwar im mittleren Theile der Mittelloffnung und in den uferseitigen Hälften der Aussenöffnungen, d. h. an Stellen, die sich in nicht sehr grosser Höhe über der Fahrbahn befinden. Der mittlere Gurt wird ausschliesslich nur gezogen. Die Aussteifung durch die mit den Querträgern steif verbundenen Hängepfosten wird ohne Schwierigkeit erfolgen können; denn das Tragwerk ist nicht zu wechseln mit einer gewöhnlichen offenen Brücke mit tiefliegender Fahrbahn. Im Gegensatz zu den gewöhnlich vor-

in Dresden (wo die geringe Verkehrshöhe über Wasser die Konstruktionshöhe sehr beschränkte) hat Köpcke im südlichen Uferpfeiler einen künstlich belasteten Dreigelenk-Bogenträger versteckt, dessen Horizontalschub benutzt wird, um in den über 5 Öffnungen durchgehenden Balkenträgern, die nach aussen als Bogenträger erscheinen, ein negatives Moment zu erzeugen. Derartige oder ähnliche künstliche Belastungsmittel, wie sie auch schon bei einfachen Balkenbrücken vorgeschlagen und versucht worden sind, dürften auf besondere örtliche Fälle zu beschränken sein, wo

Abb. 34. Mülhenthor-Brücke über den Elbe-Trave-Kanal in Lübeck. 1899.

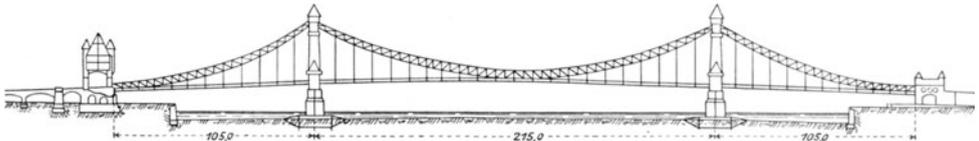


kommenden Anordnungen hat der aus seiner Ebene gebrachte Girlandenträger das Bestreben, sich wieder senkrecht zu stellen, weil der Schwerpunkt des Trägers unterhalb der Verbindungslinie seiner Stützpunkte liegt. Die Quersteifigkeit der Konstruktion wird erzielt durch steife Hängerahmen in Verbindung mit dem unter der Fahrbahn befindlichen Hauptwindverbände, der wie die Hauptträger ein auf vier Stützen durchlaufender Balken ist.

die Nothwendigkeit zu ihrer Anwendung zwingt. Anderenfalls würden sie als blosser theoretische Liebhabereien gelten müssen und wenig Anspruch auf praktische Bedeutung haben.

Der 1864 veröffentlichte Entwurf Ruppert's für eine Ueberbrückung des Bosphorus ist ebenfalls als ein Versuch zu betrachten, den durchgehenden Trägern, namentlich für grosse Spannweiten, Geltung zu verschaffen. In seinen Umrissen durchdringen sich zwei Parabeln, derart, dass die Träger-

Abb. 35. Rieppel's Entwurf für eine Kölner Rhein-Strassenbrücke. 1898.



Erwähnenswerth ist ferner die Stephaniensbrücke in Wien (1884), deren Mittelloffnung äusserlich als Bogenträger erscheint, während die beiden kleineren Seitenöffnungen im Widerlager versteckt liegen und durch ihre künstliche Belastung das Biegemoment der Mittelloffnung verkleinern. Eine ähnliche Verminderung der Biegemomente erzielte schon 1856 Köpcke durch künstliche Senkung der Mittelstützen<sup>34</sup>). Bei der neuen Eisenbahnbrücke über die Elbe

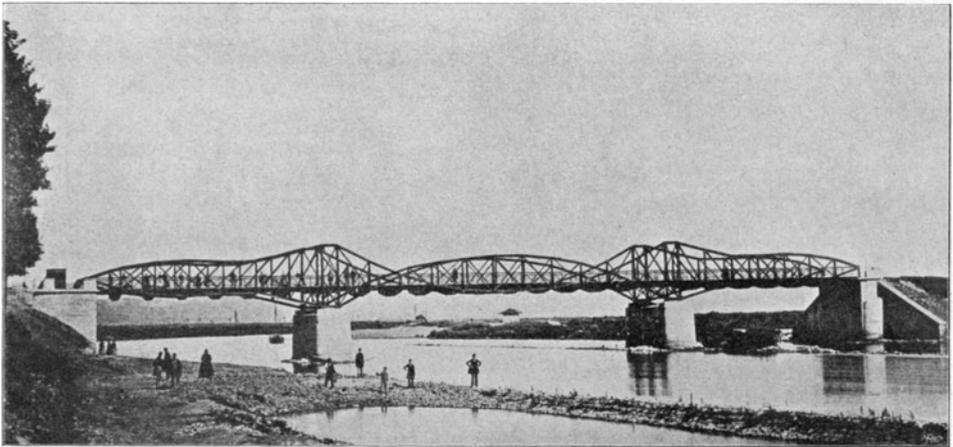
höhen den Biegemomenten proportional werden. Man kann das System sehr wohl auch als die Durchdringung von Bogen und Kette betrachten. Der Entwurf Rupperts wurde die Veranlassung zur Einführung einer neuen Trägerart, der sog. durchgehenden Gelenkträger. Sie werden mit Recht auch Gerber-Träger genannt, weil Gerber diese Träger zuerst und zwar bei der Strassenbrücke über den Main bei Hassfurt (Abb. 36) verwendet hat. Gleichwohl ist die Idee der Ein-

legung von Gelenken in den theoretischen Nullpunkten derartiger sog. durchgehender Träger von gleichem Widerstande schon älter. Nach Westhofen<sup>45)</sup> sollen schon Clark und Fowler (1846—50) diesen Gedanken ausgesprochen haben. In Deutschland rührt der erste derartige Vorschlag von Köpcke her, wie aus einer Anmerkung in Ritter's „Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- und Brückenkonstruktionen, 1863“<sup>46)</sup> zu entnehmen ist. Ritter hat die

von Saligny erbaute Donaubrücke bei Cernavoda in Rumänien, mit einer Hauptöffnung von 190 m Weite.

Die amerikanischen Ingenieure gestalten die Trägerumrisse ihrer Auslegerbrücken häufig geradezu abschreckend hässlich. Im Gegensatz dazu sucht man in Deutschland den Auslegeträgern eine möglichst wirkungsvolle Form zu geben und bevorzugt deshalb neuerdings den Umriss der Hängebrücke. Brennecke schlug diese Form für die Troitzky-

Abb. 36. Strassenbrücke über den Main bei Hassfurt. Gerber 1864.

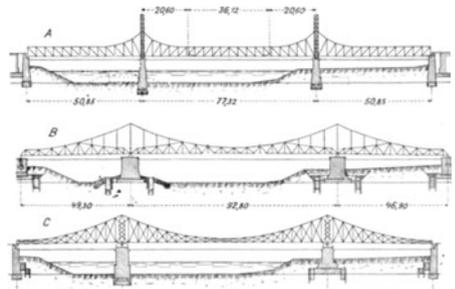


Theorie der durchgehenden Gelenkträger schon seit 1861 in seinen Vorträgen an der Technischen Hochschule in Hannover behandelt. Man benennt die neue Balkenträgerart heute noch verschieden. Neben Gerber-Träger findet man die Namen Träger mit freischwebenden Stützpunkten, Kragträger und Auslege-Träger (cantilever, porte-à-faux).

Durch das Einlegen von Gelenken kann man durchgehende Träger einerseits statisch bestimmt machen, andererseits auch Materialersparnis erzielen. Nothwendig sind für einen Träger auf  $n$  Stützen, um ihn statisch bestimmt zu machen,  $n - 2$  Gelenke. Anfänglich hat man die neuen Gelenkträger wohl hauptsächlich nur ihrer statischen Bestimmtheit wegen geschätzt, ihre praktische Bedeutung haben sie aber später erst erlangt, nachdem man die Möglichkeit erkannt hatte, sie selbst bei den grössten Spannweiten ohne Anwendung von sog. festen Gerüsten aufstellen zu können. Den augenfälligen Nachweis einer solchen Möglichkeit haben zuerst die amerikanischen Ingenieure gebracht. Namentlich die Herstellung der ersten weit gespannten amerikanischen Auslegerbrücke, der Kentucky-Thalbrücke der Cincinnati-Südbahn, mit einer Hauptöffnung von 114 m Weite (1876 bis 1877), sowie auch der 1883 erbauten (in der Mittelöffnung 141 m weiten) Niagara-Auslegerbrücke der Michigan-Centralbahn lenkten die Aufmerksamkeit der technischen Welt auf die Bedeutung dieser neuen Brückenart. Das grossartigste Beispiel bleibt die Auslegerbrücke über den Firth of Forth bei Queensferry in Schottland (1883—90), deren beide Hauptöffnungen, mit rund 521 m Weite, zugleich die weitest gespannten aller Balkenbrücken der Welt sind. Die weitest gespannte Auslegerbrücke des europäischen Festlandes ist die

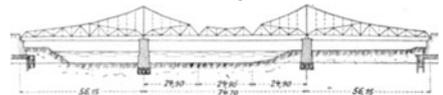
Brücke in Petersburg vor (1879); Gerber gab sie in eigenartigen Linien im Wettbewerb um die Neckar-Strassenbrücke in Mannheim (1887), wo viele Auslegerbrücken miteinander wett-

Abb. 37. Brücken-Entwürfe vom Mannheimer Wettbewerb.



A. Entwurf Bornatz & Grün, Benkiser & Manchot. 1. Preis.  
B. Entwurf Gerber, Beutel, Rieppel & Thiersch. 2. Preis.  
C. Entwurf Lauter & Durm. 3. Preis.

Abb. 38. Umriss des ausgeführten Entwurfes.



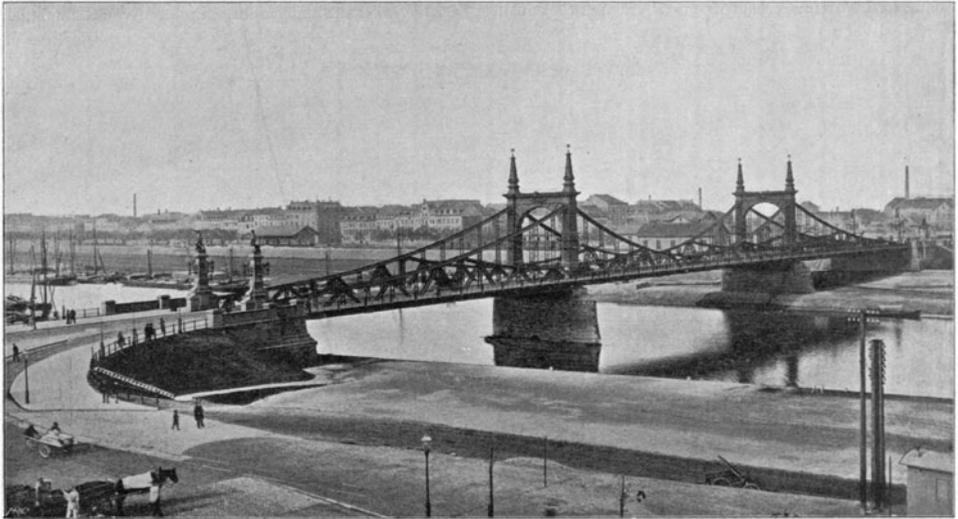
eiferten (Abb. 37). Danach kam der in Abb. 38 u. 39 dargestellte formensöhne Entwurf zur Ausführung\*). Ganz neuerdings sind auch ähnliche Formen wieder aufgetaucht, wie sie schon

\*) Durch die Gesellschaft Nürnberg.

der Träger Ruppert's zeigt, nämlich die Durchdringung eines Bogens mit einer Kette. Die Gutehoffnungshütte bearbeitete z. B. einen solchen Entwurf für die 220 m weite Hafeneinführung einer Ruhrorter Rheinbrücke, in der Absicht den Ueberbau ohne Gerüst aufzustellen. Endlich ist noch zu erwähnen der von Müller-Breslau (1899) konstruierte Kaisersteg über die Spree bei Oberschönweide-Berlin, dessen Mittelloch 86 m Weite hat und dessen System als Ausleger-

Das älteste Beispiel der Anwendung von Gelenken in Verbindung mit Auslegeträgern, zum Zwecke der Verkleinerung der Lagerdrücke über den auf zusammengedrückbaren Boden stehenden Endstützen, ist wohl in der von Seifert und Backhaus konstruirten 1885 \*) erbauten Warnow-Brücke bei Rostock in der Eisenbahnlinie Waren — Warnemünde zu finden (Abb. 40). Die Ausleger sind dort 14,5 m lang und die mit Gelenken angeschlossenen kurzen

Abb. 39. Friedrichs-Brücke über den Neckar in Mannheim. 1890.



brücke mit Mittengelenk und Spannbogen bezeichnet werden darf<sup>36)</sup>.

Es wurde bereits gesagt, wie man anfänglich hauptsächlich die statische Bestimmtheit der Auslegeträger schätzte. Ja, man darf wohl sagen, man überschätzte diesen Vortheil und war, in Verkennung der eigentlichen Bedeutung der neuen Trägerart, sehr geneigt, überall wo es irgend ging, Auslegeträger anzubringen, selbst bei ganz unbedeutenden Weiten. Nach Ansicht des Verfassers mit Unrecht. Gute Gelenk-Ausbildungen sind nicht nur sehr kostbar, sondern wollen auch konstruktiv sehr sorgfältig durchgearbeitet sein, wenn sie ihren Zweck in der vorausgesetzten Weise erfüllen und nicht eher schädlich als nützlich werden sollen. Die amerikanischen Erfahrungen sollten uns in dieser Hinsicht ein Fingerzeig sein (S. 16). Die Amerikaner verwenden heute das System der Ausleger in der Regel nur bei Weiten über etwa 160 m<sup>37)</sup>. Man sollte daher auch in Europa das Einlegen von Gelenken in durchgehende Träger auf solche Fälle beschränken, wo man ihrer nicht entbehren kann. Handelt es sich um Herstellung von bedeutenden Spannweiten, die nothwendig ohne feste Gerüste aufgestellt werden müssen, so sind die Auslegeträger vorzüglich am Platze. Aber auch in Fällen, wo durchgehende Träger auf unzuverlässigem Untergrunde errichtet werden müssen, ist das Einlegen von Gelenken rathsam, damit (bei zufälligen Senkungen oder Verschiebungen der Stützpunkte) nicht gefährliche Formänderungen der Konstruktion herbeigeführt werden können.

End-Schleppträger s beschränken den Lagerdruck in den Endstützen, die deshalb (als einfache Schraubensätze ausgebildet) unmittelbar auf dem Kiesbette des Damms liegen und gelegentlich wie Bahnschwellen in ihrer Lage gegelte und gestopft werden können<sup>38)</sup>.

**12. Bogenbrücken.** Die Systeme der Bogenbrücken waren von den Holzbauten des 18. Jahrhunderts her bereits bekannt (S.10). Bruyère stützte seinen Brückensteg bei St. Crou bereits durch Bogenträger, die reines Bogenfachwerk mit Kreuzstreben und geradem Obergurt zeigen. Navier zeichnet in der Mechanik der Baukunst (in dem Kapitel, das von Brücken handelt, die von Bogen getragen werden) schon Bogenträger mit zwei konzentrischen gekrümmten Gurten, zwischen denen Ständerfachwerk mit Kreuzstreben vorgesehen ist. Beiden Ingenieuren konnte aber die Fachwerksidee noch nicht völlig klar sein; die Kreuzstreben waren nicht als Gegenstreben gedacht, sondern bedeuteten Andreaskreuze, die bei der Bogenberechnung ausser Betracht kamen.

Im Beginn des Jahrhunderts ist auch bereits die Idee eines Scheitelgelenkes richtig erfasst worden. Bei Gelegenheit der Erörterungen und Studien über den Ersatz der alten London-Brücke über die Themse durch eine gusseiserne Bogenbrücke<sup>39)</sup> machte nämlich Robeson, der Lehrer John Rennie's (allerdings erfolglos) den Vorschlag, im Bogenscheitel ein Schweisseisen-Schlussstück mit gekrümmten

\*) Durch die Gesellschaft Harkort in Duisburg.

Lagerfugen einzuschalten, um dem Einfluss der Bogensenkung und der hierdurch möglichen Druckanhäufung in den Fugenträgern zu begegnen. Das ist also ein Scheitelgelenk in ähnlicher Art, wie es für Steinbrücken zuerst Köpcke ausgeführt hat.

Idee und Ausführung von Kämpfergelenken sind etwa ein halbes Jahrhundert alt. Bei dem Entwurfe Stephenson's für eine gusseiserne Bogenbrücke über die Menaistrasse waren cylinderförmig gestaltete Bogenenden vorgesehen, die sich in entsprechend gehöhlte Lager-  
schuhe setzten. Ausführungen solcher Gelenke finden sich bei den von Fowler erbauten gusseisernen Brücken der Severnthal-Bahn

zwischen Shrewsbury und Bewdley. Schon hier wurde die bekannte Erscheinung beobachtet, dass eine Drehung der cylinderförmigen Bogenenden in den Lagerschuhen gar nicht statt findet. Unter solchen Umständen haben Kämpfergelenke natürlich wenig Werth. Nothwendig muss die Gestalt der Cylinderflächen der Bogenenden und der Lager richtig gegeneinander abgepasst werden, damit — wenn auch eine wesentliche Beweglichkeit der Bogenenden der bedeutenden Reibungsumstände wegen kaum erzielt werden kann — doch der Angriffspunkt des Kämpferdruckes immer innerhalb einer engbegrenzten Fläche verbleibt.

Auf jenen Versuch Bruyère's folgte eine Pause von einem halben Jahrhundert, worin man von schweisseisernen Bogenbrücken nichts mehr hörte und worin

die gusseisernen Bogenbrücken mit ihren vollwandigen oder röhrenförmigen, meist durch Zwickelfachung versteiften Gurten neben den schweisseisernen Hängebrücken und Balkenbrücken nicht aufkommen konnten. In dieser Entwicklungs-Spanne (S. 12) befestigten und erweiterten sich die theoretisch-praktischen Grundlagen für die Vervollkommnung der gegliederten Träger. Die dabei namentlich im Balkenbrückenbau erzielten Erfolge veranlassten zu Versuchen auch auf dem Gebiete der Bogenbrücken. 1853 entstand Stehlin's Entwurf einer vollwandigen Blechbogenbrücke mit I-förmigem Querschnitt und gab Etzel und Riggenbach 1854 Anlass zum Bau der Aare-Brücke bei Olten, einer Eisenbahnbrücke der schweizerischen Centralbahn, mit Vollwandblechbogen und

drei Oeffnungen von je 31,5 m Weite (Abb. 41). Fast gleichzeitig baute Oudry die Stadthaus- oder Arcole-Brücke in Paris, die einen kühn geschwungenen Blechbogen mit Zwickelfachung zeigt, bei einer Weite von 80 m.

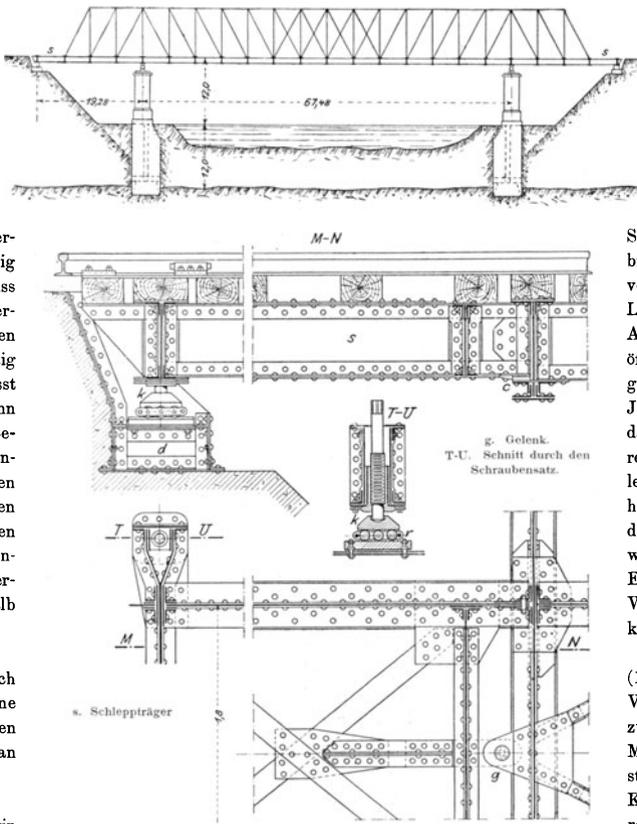
Anfangs baute man die Bogen in Anlehnung an das Vorbild der Steinbogen ganz ohne Gelenke, also nach einem Systeme, das dreifach statisch unbestimmt ist, und dessen genaue Berechnung man damals noch nicht kannte. Die ersten theoretischen Arbeiten, die man dabei hätte benutzen können, lieferten Ardant (1841), Bresse (1848—54) und Winkler (1856). Das Bestreben die statische Unbestimmtheit der Bogenkonstruktionen durch Einlegen von Kämpfergelenken zu beheben, um da-

durch die Berechnung zu erleichtern, erscheint daher für jene Zeit ganz natürlich. Die ersten Kämpfergelenke bei schweisseisernen Bogenträgern kamen 1858 durch die Ingenieure Couche, Manton und Salle bei der Eisenbahnbrücke über den Kanal von St. Denis, in der Linie Paris — Creil zur Ausführung. Manton veröffentlichte die zugehörigen Berechnungen im Jahre 1860 und erwähnte dabei, dass er auch bereits an ein drittes Gelenk im Scheitel gedacht habe. Ausgeführt wurde dies Gelenk aber nicht, wahrscheinlich, weil die Erbauer sich über dessen Wirkung noch nicht ganz klar waren.

Im selben Jahre (1860—61) erschienen die Vorschläge Köpcke's zur Einschaltung eines Mittelgelenkes bei versteiften Hängebrücken<sup>40)</sup>. Köpcke hatte aber bereits 1857 einen der-

artigen Entwurf ausgearbeitet und in seinen Veröffentlichungen auch auf die Anwendbarkeit der empfohlenen Anordnung für Bogenbrücken hingewiesen. Ihm gebührt daher wohl das Verdienst, die Konstruktion der Dreigelenkbogen zuerst allgemein und eingehend dargelegt und begründet zu haben, wenn auch, wie oben erläutert, die Idee der Gelenke vor ihm bereits bekannt war. Ausgeführt wurden die ersten Dreigelenk-Bogenträger 1864 durch Hermann, der eine Blechbogenbrücke über die Wien mit einem Scheitelgelenk versah; 1865 folgte Schwedler mit der Untersprebrücke<sup>41)</sup>. Lauter\*) erhielt beim Wettbewerb um die

Abb. 40. Warnow-Brücke bei Rostock. 1885.



\*) Von der Firma P. Holzmann & Cie. in Frankfurt a. M.

Donaubrücke in Czernavoda auf seinen Entwurf einer 195 m weiten Dreigelenk-Bogenbrücke den ersten Preis.

Viele Ingenieure verhielten sich schon damals den Gelenken gegenüber ablehnend. Darunter Schmick, jüngst

Brücke bei St. Louis, obgleich er später für eine Bosphorus-Brücke eine Dreigelenk-Bogenbrücke geplant hat<sup>13)</sup>.

Die St. Louis-Brücke mit ihren drei (bis 158 m weiten) Oeffnungen eröffnete den Reigen der weitgespannten Bogen-

Abb. 41. Aare-Brücke bei Otten. Stehlin, Etzel und Riggenbach. 1853-54.

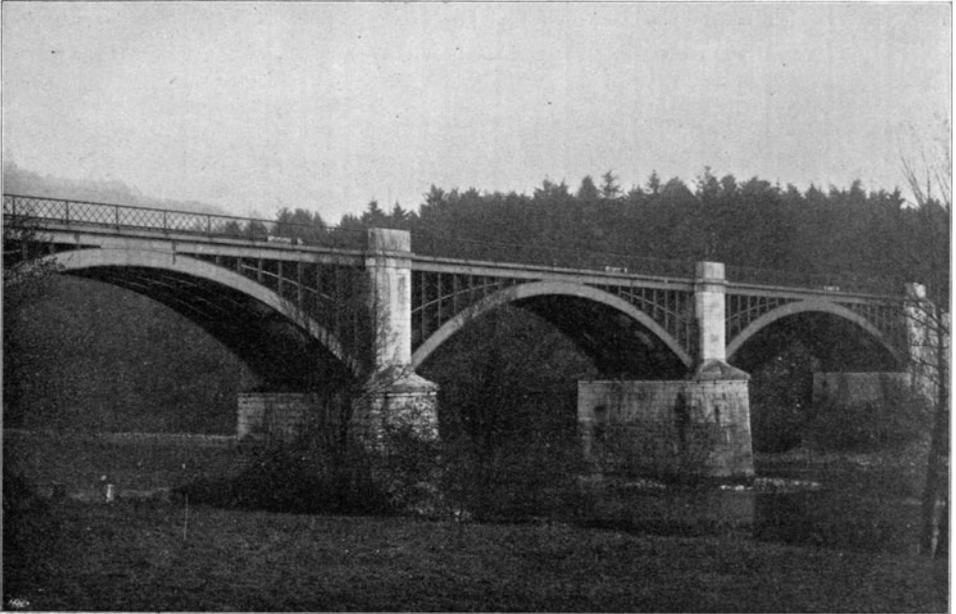
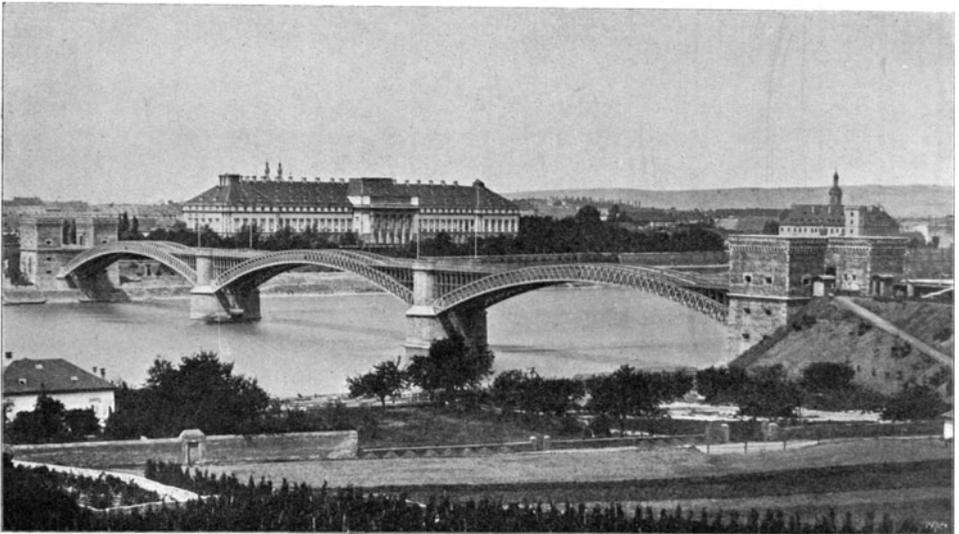


Abb. 42. Rheinbrücke der Linie Coblenz-Lahnstein in Coblenz. Hartwich 1861.



in Frankfurt a. M. verstorben, wo er 1869 die erste versteifte Hängebrücke mit Scheitelgelenk baute. Auch Culmann bestritt die Nothwendigkeit der Gelenke, ebenso Eads, der Erbauer der seiner Zeit berühmten Mississippi-

Mehrtens, Brückenbau.

brücken des 7. und 8. Jahrzehnts. Sie besitzt keine Gelenke und war für die damalige Zeit (1874) merkwürdig durch die Anwendung von Stahl für die röhrenförmigen Gurte ihres gegliederten Bogens, durch die unter Anwendung von Pressluft

bewirkte, 31 m tiefe Pfeilergründung, sowie auch durch ihre eigenartige Aufstellung, bei welcher das Aufhängeverfahren ohne Anwendung fester Stromgerüste, nur mit Hilfe von oberhalb der Bogen auf den Pfeilern gestützten Hilfsvorrichtungen zum ersten Male in planvoller Weise zur Durchführung kam. Von den älteren Bogenbrücken geringerer Spannweite kann sich ihr nur eine einzige würdig zur Seite stellen, die 1861 bis 1864 von Hartwich erbaute Rheinbrücke der Linie

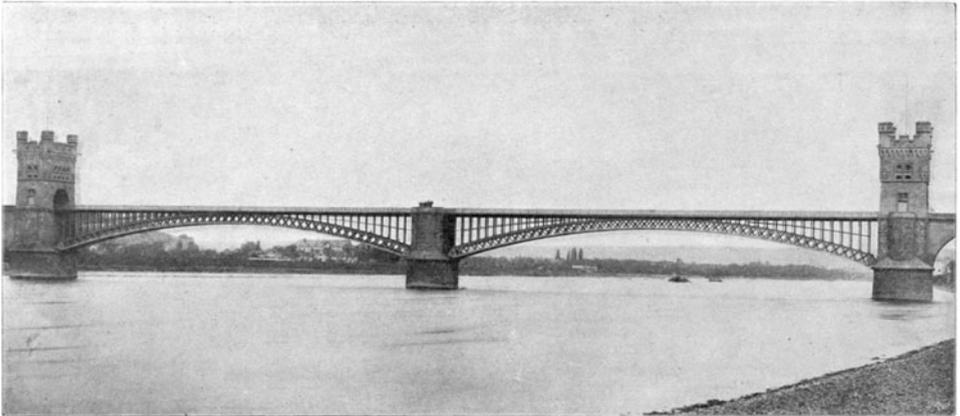
Einfluss und wegen der bei ihrer Anordnung erzielten Schönheit Wirkung nimmt sie selbst heute noch einen hohen Rang unter allen bestehenden Bogenbrücken ein.

Im 7. Jahrzehnt beginnt die Theorie der Bogenbrücken sich zusehends zu entwickeln. Wie aus der Litteratur-Zusammenstellung im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften zu übersehen ist<sup>65)</sup>, folgte auf Sternberg zuerst Winkler, dann kamen Fränkel, Engesser, Mohr, Kübler u. A.

Abb. 43. Rheinbrücke bei Rheinhausen. Linie M. Gladbach—Duisburg. 1873.



Abb. 44. Rheinbrücke oberhalb Coblenz. Linie Berlin—Metz. 1870.



Coblenz—Lahnstein\*) (Abb. 42). Mit dem Bau der Coblenzer Brücke beginnt der Aufschwung im Bogenbrückenbau. Sie zeigt zum ersten Male Fachwerk zwischen gekrümmten konzentrischen Gurten, dazu zwei Kämpfergelenke. Gegen die geplante Einlegung eines Scheitelgelenks hatte Hartwich Verwahrung eingelegt. Ihre von Sternberg geleitete, vollendete theoretische und konstruktive Durchbildung war für die später erbauten Rhein-Brücken bei Rheinhausen und oberhalb Coblenz\*\*) (Abb. 43 und 44) von tonangebendem

Alle diese theoretischen Arbeiten wurden in hohem Maße gefördert durch die geschilderte gleichzeitige Entwicklung der Elasticitätslehre und die weiterhin besprochene Ausbildung der graphischen Statik der Baukonstruktionen seit Culmann (1866). Die neuen allgemeinen Methoden zur Behandlung der statisch unbestimmten Konstruktions-Systeme beseitigten die bisherigen Schwierigkeiten und Unsicherheiten der Rechnung. Man kam nebenbei auf diesem Wege — wenn auch langsam — zur besseren Werthschätzung der statisch unbestimmten Systeme. Diese werden daher in geeigneten Fällen heute nicht mehr — wie früher mit Unrecht oft geschehen — zu Gunsten der statisch be-

\*) Ausgeführt von der Gesellschaft Harkort und der Kölnischen Maschinenbauanstalt Bayenthal.

\*\*) Ausgeführt von der Gutehoffnungshütte.

stimmten Systeme zurück gesetzt. Das bedeutet einen Wandel der Anschauungen, der einerseits den Bogenbrücken sehr zu Gute gekommen ist, andererseits aber auch den Glauben

Schwarzenberg (Abb. 45); der 1898 vollendete Mittelbogen der Aare-Brücke in Bern\*), mit 117 m Weite (Abb. 179) und die allbekannte Kaiser Wilhelm - Brücke\*\*), die das

Abb. 45. Schwarzwasser-Brücke. Strasse Bern-Schwarzenberg. 1882.

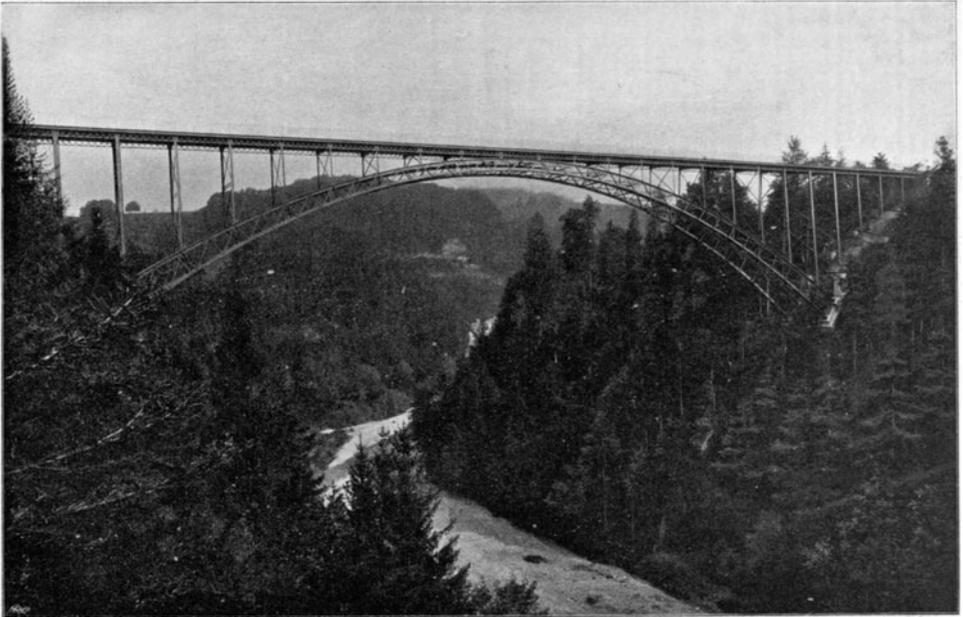


Abb. 46. Elbe-Brücke in Hamburg. System Lohse. 1868-72.



an die Nothwendigkeit der Gelenke erschüttert hat. Hervorragende neuere Ausführungen von gegliederten Bogen-trägern ohne Gelenk sind: Die 1881-82 gebaute 114 m weite Schwarzwasser-Brücke in der Strasse von Bern nach

Wupperthal bei Müngsten in einem Bogen von 170 m Weite und 107 m Höhe übersetzt (Abb. 103).

\*) Ausgeführt durch die Gutehoffnungshütte.

\*\*) Ausgeführt durch die Gesellschaft Nürnberg.

Abb. 47. Süderelbe-Brücke zwischen Harburg und Wilhelmsburg. 1869.

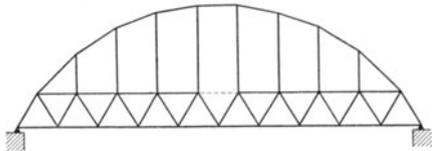


Abb. 48. Süderelbe-Brücke zwischen Harburg und Wilhelmsburg. Innen-Perspektive.



Zu den bisher genannten Systemen des Blechbogens und der gegliederten Fachwerksbogen mit oder ohne Gelenke sind im Laufe der letzten 4 Jahrzehnte noch einige neue hinzu gekommen. Der geschichtlichen Reihenfolge nach wäre

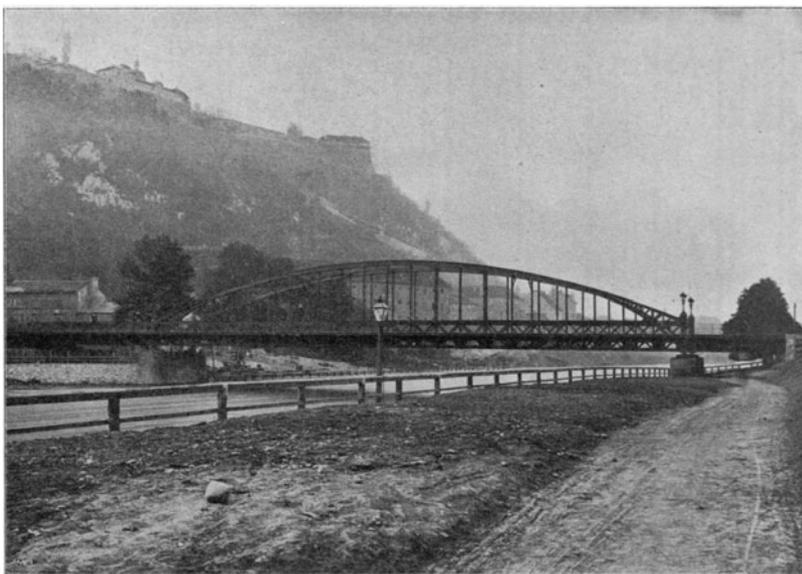
Abb. 49. Schläffer-Bogen durch einen Balken versteift, nach Langer. 1871.



zuerst das System Lohse zu nennen, wie es bei den Elbe-Brücken in Hamburg und Harburg (1868—69) ausgeführt worden ist (Abb. 46). Die Umrisse der Bogenträger zeigen die Linsengestalt; Obergurt und Untergurt bilden aber je

(1888) bei der Brooksbrücke in Hamburg<sup>49</sup>). Für malerisch gelegene Aussichtsbrücken mit mehreren Öffnungen ist die Anordnung wie geschaffen, weil die weit gestellten Hängestangen der Trägerwände nirgends die Aussicht beeinträchtigen und weil — bei ausreichender Höhe der Träger — auch ein zwischen die Trägerobergurte gespannter Windverband einen durchaus befriedigenden Eindruck nach oben hin gewährt (Abb. 48). Das gleiche System ist zur Ausführung gekommen bei der Eisenbahnbrücke über den Rhein in Worms (Abb. 110), bei der Hünterdamm-Brücke des Elbe-Trave-Kanals in Lübeck und bei der Moselbrücke in Trarbach<sup>\*</sup>), Abb. 107, sowie auch im Entwurfe für eine Strassenbrücke über die Elbe in Magdeburg<sup>\*\*</sup>), Abb. 111 u. 112. Die 187 m weite Mittelöffnung der Bonner Rheinbrücke<sup>\*\*\*</sup>) zeigt das System ohne das den Horizontalschub aufhebende Zugband (Abb. 105).

Abb. 50. Ferdinands-Brücke über die Mur in Graz. 1881.



einen steifen gegliederten Bogen für sich, die beide über den Stützen derart verbunden sind, dass der Horizontalschub aufgehoben wird. Das System gilt mit Recht als veraltet, nicht allein weil es vielfach statisch unbestimmt ist, sondern hauptsächlich deshalb, weil man den gleichen Zweck heute mit einfacheren Mitteln und besser erreicht. Wie das geschehen kann zeigt augenfällig ein Vergleich mit der kürzlich eröffneten schönen Strassenbrücke zwischen Harburg und Wilhelmsburg über die Süderelbe (Abb. 47<sup>\*</sup>), die der Lohse'schen Brücke so nahe liegt. Die neue Brücke besitzt steife gegliederte Bogenträger, die hoch über der Strassenbahn liegen, wobei der Horizontalschub durch einen in der Höhe der Bahn liegenden besonderen Zuggurt aufgehoben wird. Eine derartige Anordnung kam (wie beschrieben) auch schon (1837) bei der Czernabrücke unweit von Mehadia in Ungarn zur Anwendung (Abb. 17), ebenfalls

Bei älteren Konstruktionen hat man einen freien Ausblick durch die Trägerwände mit Hilfe von schlaffen, durch einen Balken versteiften Bogen mit aufgehobenem Horizontalschub zu schaffen gesucht. Die Idee dieser älteren Anordnung stammt von dem Ingenieur Langer<sup>43</sup>) 1871, der auch bereits das Einlegen eines Gelenkes in der Mitte des Versteifungsbalkens vorgesehen hat (Abb. 49). Ausgeführt ist sein System (ohne das Mittengelenk) zum ersten Male 1881 bei der Ferdinands-Brücke über die Mur in Graz (Abb. 50). Weitere Ausführungen erfolgten durch Müller-Breslau bei der Ihme-Brücke in Hannover (1889)<sup>†</sup>) und bei der Ueberführung des Kurfürstendamms am Bahnhofe Halensee (1892). Ein Nachtheil des Systems ergibt sich bei grösseren Weiten aus der Nothwendigkeit, den Bogen genügend knickfest

<sup>\*</sup>) Ausgeführt durch die Gesellschaft Nürnberg.

<sup>\*)</sup> Alle ausgeführt von der Gesellschaft Harkort.

<sup>\*\*</sup>) Ausgeführt von der Gesellschaft Union.

<sup>\*\*\*</sup>) Ausgeführt von der Gutehoffnungshütte.

<sup>†</sup>) Ausgeführt durch die Union in Dortmund.

zu erhalten. Auch hält Verfasser einen schlaffen Bogen, der bei Hängebrücken nicht wohl zu umgehen ist, bei Bogenbrücken im Allgemeinen für wenig angebracht. Warum erst einen schlaffen Bogen einführen, um ihn dann umständlich durch einen Balkenträger zu versteifen? Den gewünschten freien Ausblick erreicht man, wie oben erläutert, einfacher durch den steifen Bogen (Abb. 48), der hoch genug über die Bahn zu legen ist, um auch die Aufhebung des Horizontalschubes bequem zu ermöglichen.

Rechnet man zu den oben erläuterten Anordnungen noch die gegliederten Sichelträger und die Auslege-Bogenträger, so hat man alle Systeme der Bogenbrücken beisammen, die in der Praxis bis heute Bedeutung erlangt haben. Die reine Bogensichel mit zwei Kämpfergelenken erscheint theoretisch als eine günstige Form, weil die Höhen der Sichel den betreffenden Biegemomenten proportional bemessen werden können. In grossem Maassstabe verwendete die Sichel zuerst Eiffel, und zwar (1876) bei der 160 m weiten Maria-Pia-Bogenbrücke der Portugiesischen Staatsbahn über

vom Elbe-Trave-Kanal. Es ist die Brücke bei Mölln-Schwarzenbeck\*), deren Mittelbogen ursprünglich mit einem Scheitelgelenk versehen war. Als aber nach erfolgter Probelastung die Gelenkstelle sich sehr beweglich zeigte, hat man sie zweckmässig durch völlige Vernietung beseitigt.

In Deutschland, Frankreich und der Schweiz, wo nach obigen Darlegungen der Bogenbrückenbau des 19. Jahrhunderts seine Anfänge genommen hat, ist er bis heute dauernd gepflegt und vervollkommenet worden. England hat nennenswerthe grössere Bogenbrücken nicht aufzuweisen; Amerika bevorzugt Balkenbrücken und besass bis vor wenigen Jahren ausser der erwähnten St. Louis-Brücke nur noch eine einzige bedeutende Bogenbrücke, die 1889 gebaute Washington-Brücke über den Harlem-Fluss in New-York. In allerneuester Zeit sind dazu — als Ersatz für Hängebrücken — zwei Niagara-Bogenbrücken gekommen, von denen die Strassenbrücke bei Clifton\*\*), was ihre Spannweite anlangt, mit 260 m bisher unerreicht dasteht. Eine Liste der weit gespannten Bogen-, Hänge- und Balkenbrücken aller Länder

Abb. 51. Ausleger-Bogenbrücke über den Elbe-Trave-Kanal bei Mölln-Schwarzenbeck. 1890.



den Douro in Porto, später (1880) bei der 165 m weiten Garabit-Thalbrücke in der Eisenbahnlinie Marvejols—Neussarges, die mit 122 m zur Zeit die höchste eiserne Brücke der Welt ist. Die vor Kurzem vollendete Strassenbrücke über den Rhein in Worms\*) zeigt ebenfalls Sichelbogen (Abb. 109). Max am Ende hat den 70 m weiten Sichelträgern seiner Blauw-Krantz-Brücke im Capland (1884) sprengwerkartige Umrisse gegeben.

Die Auslege-Bogenträger der Neuzeit überspannen in der Regel eine Hauptöffnung und zwei Seitenöffnungen, indem die Wand des Mittelbogens nach beiden Seiten hin auslegerartig verlängert wird. Als durchgehender Träger betrachtet, wobei auf einer Stütze ein Gelenk vorhanden sein muss, ist das System zweifach statisch unbestimmt, desgleichen, wenn der Mittelbogen drei Gelenke erhält, wobei die Ausleger frei auf den Stützen liegen. Als ein solcher Dreigelenk-Auslege-Bogenträger ist die Viar-Thalbrücke in Südfrankreich erbaut, mit einem Mittelbogen von 220 m Weite und 117 m Höhe über der Thalsohle. Sehr zweckmässig erscheint die Umrisssform der Auslege-Bogenbrücke für die Ueberbrückung weiter Einschnitte. Die Abb. 51 zeigt eine solche Ausführung

der Welt bis zum Jahre 1890 befindet sich in dem Vortrage des Verfassers über „Weit gespannte Strom- und Thalbrücken“\*\*). Die neueren deutschen Bogenbrücken in der letzten Hälfte des 19. Jahrhunderts vergl. weiterhin in den Tabellen V und VI, sowie auch im „Anhang“.

**13. Hängebrücken.** Die Entwicklung der Hängebrückensysteme von den naturwichtigsten Seilbahnen der vorgeschichtlichen Zeit bis auf die eiserne Hängebrücke des Faustus Verantius (Abb. 1 und 2) und die älteren Systeme in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde im Vorigen in grossen Zügen geschildert. Nun die zweite Hälfte des Jahrhunderts hinter uns liegt, sehen wir, wie ausserordentlich schwer es den Hängebrücken geworden ist, neben den Balkenbrücken aufzukommen. Selbst in Nord-Amerika, wo ein Vierteljahrhundert lang (vom 6. bis zur Mitte des 8. Jahrzehnts) Weiten über 100 m fast ausschliesslich durch Hängebrücken überspannt worden sind, hat man nach der glänzenden Reihe der genialen Schöpfungen der Deutsch-Amerikaner Röbling Vater und Sohn — beginnend 1851 mit der Eisenbahnbrücke über den Niagara und endigend 1876 mit dem gewaltigen Werke der East-River-Brücke zwischen Brooklyn und New-

\*) Ausgeführt durch die Gesellschaft Nürnberg.

\*\*) Ausgeführt durch die Union in Dortmund (vergl. Anhang).

York — hervorragende Beispiele und Fortschritte im Hängebrückenbau nur wenige zu verzeichnen. Auch dort, im Vaterlande der Hängebrücken, überflügelte der Bau eiserner Balkenbrücken alle älteren Brückensysteme. Im Eisenbahnbau, für die Ueberführung von Hauptseisenbahnen, bedeuten heute die Balkenbrücken alles, die Bogenbrücken schon etwas, die Hängebrücken aber noch gar nichts. In Deutschland konnte z. B. der mit dem ersten Preise im Wettbewerb gekrönte Hängebrücken-Entwurf Schwedler's (Abb. 14) für die Kölner Rheinbrücke 1850 nicht durchdringen, desgleichen wurde der erste — 1847 vom Könige bereits genehmigte — Entwurf Lentze's für die alte Dirschauer Brücke, eine Hängebrücke von fünf gleichen je etwa 158 m weiten Oeffnungen, später gegen den Entwurf der Gitter-Balkenbrücke (S. 13) zurück gestellt. Wegen ihres Unvermögens, die schweren Eisenbahnzüge der Neuzeit mit

sten Theile solcher weit gespannten Hängebrücken, für die Hängegurte und Tragbänder, an denen die Fahrbahn hängt, die Verwendung von Draht am zweckmässigsten ist. Kettenbrücken können mit Drahtbrücken bei einer Weite von etwa 300 m den Wettbewerb nicht wohl mehr aufnehmen, viel weniger aber noch Hängebrücken mit durchweg vernieteten Gurten. Eigentlich, darf man wohl sagen, hat man bei einer bedeutenden Hängebrücke nur die Wahl zwischen der Kette oder dem Kabel. Will man aber aus irgend welchen Gründen keins von diesen beiden, so wird man in der Regel besser thun, eine geeignete Balkenbrücke zu bauen. Für mehrere aufeinander folgende, durchgehende kleinere Oeffnungen eignen sich Hängebrücken (ebenso wie die über mehrere Oeffnungen durchgehenden Bogenträger) nicht, weil mit wachsender Zahl der Oeffnungen die Grösse des Horizontalschubes ab-

Abb. 52. Pont du Midi über die Sàone in Lyon. Arnodin 1888. Gesamtweite 121 m.



Sicherheit weiter zu tragen, mussten die Niagara-Drahtbrücke und die Wiener Donau-Kanal-Kettenbrücke abgebrochen werden (S. 12), so dass es heute in der ganzen Welt keine Hängebrücke mehr giebt, die für die Ueberführung von Hauptseisenbahnen dient.

Für Strassenbahnen haben die Hängebrücken in einigen Ländern, namentlich in Amerika und Frankreich, einige Bedeutung gewonnen, nachdem man inzwischen gelernt hat, die Mängel der älteren Konstruktionen, namentlich deren grosse Beweglichkeit unter einseitigen Belastungen in ausreichendem Maasse zu beseitigen. Diese sog. versteiften Hängebrücken erscheinen heute für die Uebersetzung von grossen Weiten — über etwa 200 m — als die geeignetste Lösung. Auch steht es wohl fest, dass sowohl von wirtschaftlichen Gesichtspunkten, als auch aus Gründen der Sicherheit, für die wichtig-

nimmt und daher die Biegemomente entsprechend grösser werden. Diese nähern sich mit wachsender Zahl der Oeffnungen den Biegemomenten der Balkenbrücken.

Die ersten neueren versteiften Hängebrücken baute der Deutsch-Amerikaner John Röbling, der bei seiner berühmten Niagara-Brücke (1851—1855) die Fahrbahn in starkgebaute Howe'sche Fachwerksbalken einschloss, die im Stande waren, die Verkehrslasten gleichmässig über den Kabel-Hängegurt zu vertheilen. Dadurch erzielte er eine verhältnissmässig hohe Steifigkeit seiner Konstruktion. Daneben erhöhte Röbling die Widerstandsfähigkeit der Brücke gegen Winddruck durch das Schrägstellen der Tragwände, unter einer Neigung von etwa  $\frac{1}{50}$ . Später verwendete er ausser den starkgebauten Fahrbahnträgern auch noch gerade Schrägeile (stays), die von den Thürmen aus laufend, einen

Theil der Fahrbahn mit tragen helfen. Indem diese Schrägseile die von ihnen gefassten Punkte der Fahrbahn am Durchbiegen verhindern, wirken sie also auch versteifend auf die entsprechenden Theile der Drahtkabel.

Heute werden die Hängebrücken mit Versteifungsbalken nach französischem Vorgange (wie die Abb. 52 veranschaulicht) ohne die schrägen Hülfssteile ausgeführt, weil diese die Lastübertragung auf den Hängegurt unbestimmt machen. Die genaue Berechnung einer derartig statisch unbestimmten versteiften Hängebrücke gaben 1881 zuerst Müller-Breslau und Krohn<sup>49</sup>). Vorher behalf man sich mit Navier's

sog. Hängefachwerk eingeführt, das heute aus bekannten Gründen (S. 16) ohne Gegenstreben und meist als eintheiliges Streben- oder Ständerfachwerk ausgebildet wird. Es ist aber besonders hervorzuheben, dass schon vor der Erbauung der Lambethbrücke (1860) zuerst Köpcke<sup>40</sup>) und (1861) Schwedler<sup>79</sup>) das Hängefachwerk mit drei Gelenken als statisch bestimmtes System vorgeschlagen und berechnet haben. Ausgeführt ist ein Scheitelgelenk zuerst 1869 durch den jüngst verstorbenen Schmick bei dem 69 m weiten Kettensteg über den Main zwischen Frankfurt a./M. und Sachsenhausen (Abb. 53).

Abb. 53. Kettensteg über den Main zwischen Frankfurt und Sachsenhausen. Schmick 1869.

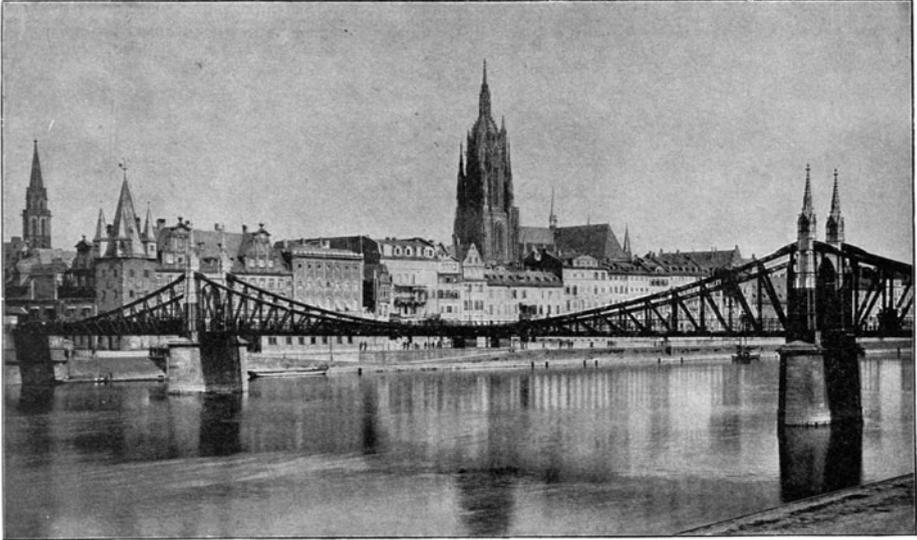
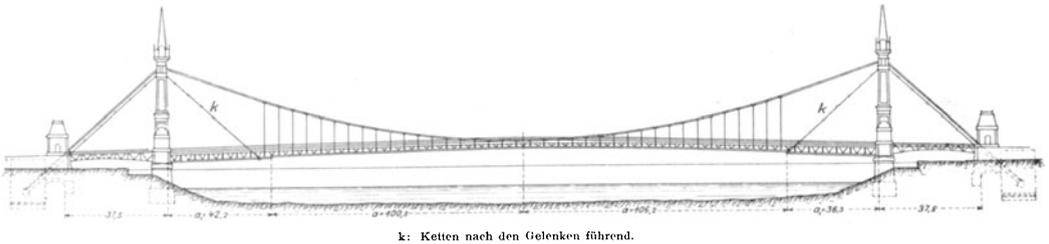


Abb. 54. Entwurf für eine Drahtbrücke über die Donau in Budapest. Küber 1897.



Theorie (S. 11) der schlaffen Hängegurte oder man rechnet nach Culmann und Ritter, deren Theorien aber auf nicht durchweg zutreffenden Voraussetzungen fussen. Beiläufig möge noch erwähnt werden, dass man in neuester Zeit in Amerika die Versteifungsträger in der Mitte mit einem Gelenk versehen will. Der Gedanke ist aber nicht neu, sondern, nach Lang<sup>15</sup>), schon 1860 in den (ungedruckten) Vorlesungen von Schwarz ausgesprochen worden.

Eine wichtige Neuerung auf dem Gebiete der versteiften Hängebrücken-Systeme brachte 1862 Barlow beim Bau der Lambeth-Drahtbrücke über die Themse in London, indem er zwischen dem Drahtkabel und der Fahrbahn ihrer Tragwände einfaches Fachwerk mit Gegenstreben einlegte. Damit war das

Die statische Bestimmtheit einer Konstruktion ist gewiss ein Vorzug, weil sie die Einwirkung der Temperatur auf die Spannkraft der Brückenstäbe begrenzt, aber darum allein ein Scheitelgelenk einzulegen, erscheint nicht immer zweckmässig, namentlich nicht bei Konstruktionen, deren Masse gegenüber der Verkehrslast nur klein ist. Besonders bei Hängebrücken, deren hinreichende Steifigkeit schwieriger als bei anderen Brückenarten zu erreichen ist, werden sich die Nachteile eines Scheitelgelenks noch bemerkbarer machen, als bei anderen Konstruktionen. Deshalb dürfte es auch nicht rathsam sein, in die Fahrbahn einer Hängebrücke Ausleger-Gelenke einzuschalten, um die Länge der eigentlichen Hängekonstruktion zu verkürzen und um dadurch an Kosten zu sparen (Abb. 54).

Versteifungsbalken und Hängefachwerk sind heute die vornehmsten Konstruktionsmittel zur zweckmässigen Ausgestaltung der Hängebrücken, wie dies zwei hervorragende Entwürfe Kübler's\*) aus neuester Zeit veranschaulichen (Abb. 55 und 56). Es sind die Entwürfe für die Schwurplatzbrücke über die Donau in Budapest (1892) und für eine Rheinbrücke in Bonn (1894), die in den betreffenden Wettbewerben zur Beurtheilung kamen. In Budapest, wo der Wettbewerb international war, erhielt Kübler den ersten, in

Kabelbrücke von 72 m Weite für die Brücke bei Langenargen am Bodensee ausgeführt zu sehen (1898). Einzelheiten dieser Brücke vergl. unter 20 (Abb. 115) und im „Anhang“.

Umriss und Wandgliederung der Versteifungsträger können bei den Hängebrücken ähnlich angeordnet werden, wie es neuerdings bei den Auslegerbrücken geschehen ist (Abb. 38 und 39). In einigen Fällen hat man die Versteifungsträger ganz über die Hängegurte gelegt. Die grossartigste Ausführung dieser Art ist die 1877 erbaute Pointbrücke über

Abb. 55. Kübler's preisgekrönter Entwurf für die Schwurplatzbrücke in Budapest. 1892.



Abb. 56. Kübler's preisgekrönter Entwurf für eine Strassenbrücke Bonn-Beuel. 1894.



Bonn den zweiten Preis. Leider gelangte keiner der Kübler'schen Pläne zur Ausführung. In Budapest entschied man sich nach vierjährigem Schwanken für den Bau einer Kettenbrücke und in Bonn siegte der mit dem ersten Preise gekrönte Bogenbrücken-Entwurf der Gutehoffnungshütte (Abb. 105). In beiden Fällen hegte man — nach Ansicht des Verfassers — nicht ganz gerechtfertigte Bedenken gegen die Verwendung von Kabeln als Hängegurte. Inzwischen hat Kübler die Befriedigung gehabt, seinen Entwurf einer versteiften

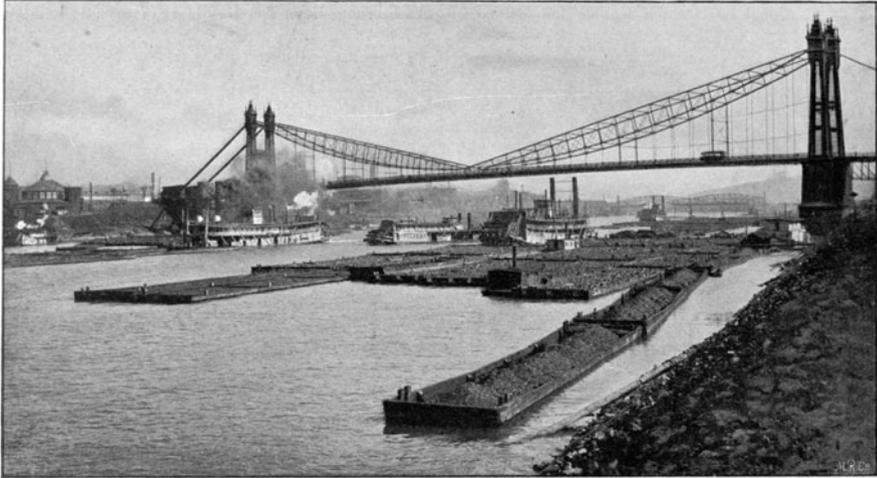
den Monongahela in Pittsburgh, mit einer Mittelöffnung von 244 m Weite (Abb. 57). Sie zeigt ein Scheitelgelenk, für Amerika damals noch neu, und sichelförmige Versteifungsträger mit Gegenstreben-Fachwerk. Der gerade Obergurt der Sichel erhält bei gewissen Laststellungen Druckspannungen. Um solche allgemein zu vermeiden, hat Köpcke Sichelträger vorgeschlagen, deren beide Gurte nach Hyperbeln gekrümmt sind, wie sie zwei neuere europäische Hängebrücken besitzen: eine Tiberbrücke in Rom (Abb. 58) aus dem Jahre 1889 und die Seitenöffnungen der 1895 vollendeten Towerbrücke über die Themse in London.

\*) Maschinenfabrik Esslingen.

Neben den vorgenannten wichtigsten Systemen der versteiften Hängebrücken sind noch einige besondere Ausführungen oder Entwürfe zu nennen. Der geschichtlichen Reihenfolge nach sind dies die Systeme Ordish-Lefevre, Fives-Lille, Köpcke und Lindenthal. Nach dem

Bei der Loschwitzer Hängebrücke (Abb. 61), deren Tragwände zweifaches Strebenfachwerk zeigen und deren Mittelöffnung 147 m misst, hat Köpcke verschiedene Neuerungen eingeführt. Es sind: 1. Verlegung des Scheitelgelenks unter die Fahrbahn, in den theoretischen Schnittpunkt von Ober-

Abb. 57. Point-Brücke über den Monongahela in Pittsburgh. Hemberle 1877.



Systeme Ordish-Lefevre (Abb. 59) sind die Franz-Josefs-Brücke über die Moldau in Prag (1868) und die Albert-Brücke bei Chelsea über die Themse (1873) gebaut. Erstere (mit 147 m Weite der Mittelöffnung) ist aber inzwischen schon so wackelig geworden, dass 1898 sowohl ein Ersatz ihrer unzweckmässigen langen geraden Flachstäbe durch Drahtseile, als auch sonstige Verstärkungen notwendig geworden sind\*).

Die Augartenbrücke in Wien (Abb. 60) nach System Fives-Lille 1873 erbaut, macht nach aussen den Eindruck einer Balkenbrücke, weil sie eine Wandgliederung zwischen parallelen Gurten zeigt. Die Fahrbahn wird aber von den Endpfosten aus durch gerade Flacheisen gehalten, weshalb während der Aufstellung der Brücke Rückhaltketten notwendig werden. Sobald dann der obere Druckgurt eingesetzt ist, wird durch ihn der Horizontalschub aufgehoben und die Rückhaltketten können in Fortfall kommen. Die Konstruktion darf aber als Hängebrücke gelten, weil der vom Obergurt aufzunehmende Horizontalschub wie bei einer Hängebrücke berechnet werden muss.

und Untergurt; 2. Anwendung von Federn (aus Flusstahlplatten gebildet) zu den drei Gelenken; 3. die Verbindung der Trägerhälften der Mittelöffnung mit den auf Rollenkipplager gestellten Pilonen, so dass diese sich bei steigender

Abb. 58. Tiber-Brücke in Rom. 1889.



Temperatur nach der Brückenmitte hin neigen müssen; 4. die Anwendung von künstlich belasteten Ankern in den Widerlagern zur Uebertragung der wagerechten Schubkräfte auf den Erdboden. Dazu kommt noch eine künstliche Bremsvorrichtung, die erst bei einer gewissen oberen Grenze der Konstruktions-Spannkraft eine Thätigkeit der Gelenke zulässt, ohne deren Wirkung also die Gelenke eine grössere Beweglichkeit zeigen würden. Die Bremse hat den Zweck, schwingende Bewegungen der Konstruktion unter den Impulsen von über die Brücke marschierenden Personen oder Personengruppen aufzuheben.

Die Köpcke'schen Neuerungen bieten zweifellos ein hohes theoretisches Interesse. Aber die reizlosen Umrisse der durchweg ver-nieteten schweren Obergurte der Loschwitzer Brücke in Verbindung mit dem ungewöhnlich hohen Pfeilverhältniss von etwa  $\frac{1}{6}$  und der unschönen Versteifung des Mittelgelenks durch aufgelegte Trägerstücke wirken in ästhetischer Beziehung wenig befriedigend. Was die künstliche Begren-

\*) Ausgeführt von Felten & Guillaume in Mülheim am Rhein.

zung des Horizontalschubes anlangt, so liegt dazu nach Ansicht des Verfassers aus Gründen der Sicherheit eine Nothwendigkeit nicht vor. Durch den Bau einer Auslegerbrücke hätte man eine noch sicherere und dabei einfachere Konstruktion ohne Horizontalschub erhalten, deren Umrisse, wenn man sie wie bei einer Hängebrücke gestaltet (Abb. 38 und 39), in der Landschaft günstiger wirken würden, als diejenigen der Loschwitzer Brücke.

Der grossartige Plan des Deutsch-Amerikaners Lindenthal für eine North-River-Drahtbrücke in New-York, mit einer Mittelspannweite von 945 m ist in der technischen Welt seit Jahren durch zahlreiche Veröffentlichungen allgemein

ander gereiht werden. Diese Drahtglieder sollen in der Werkstatt fertig gestellt, darauf in Sondermaschinen einzeln auf ihre Festigkeit geprüft und dann in fertiger Form auf der Baustelle aneinander gehängt werden. Jede Kabelkette der Hängegurte besteht aus vier von solchen Drahtglieder-

strängen und wird auf ihrer ganzen Länge von einem 3 mm starken wasserdichten Stahlrohr umschlossen, das einen Schutz gegen Regen bilden wird und auch einer

ungleichmässigen Erwärmung der Drahtglieder durch die Sonnenhitze entgegenwirken soll<sup>47)</sup>.

Nachdem, wie erörtert, die Brückentechnik auf dem besten Wege ist, die Gebrechen der älteren Hängebrücken-

Abb. 59. System Ordish-Lefeuve.

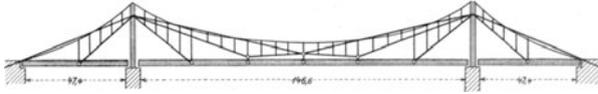


Abb. 60. Augarten-Brücke in Wien. 61,5 m Weite. Fives-Lille 1873.



bekannt. Da weiterhin von diesem Entwurfe nicht mehr die Rede sein kann, so mögen an dieser Stelle einige Angaben über dessen wesentliche konstruktive Einzelheiten Platz finden. Lindenthal will seine Kabelhängegurte als Doppelketten ausbilden, wie dies bereits Wendelstadt bei der alten Weserbrücke in Hameln, und Schnirch bei der Eisenbahnbrücke über den Donaukanal in Wien gethan haben (S. 12). Die Uebelstände des Systems der Doppelketten (namentlich die zu grosse Beweglichkeit) will Lindenthal durch Einlegen von Knieebeln in der gelenkartigen Lagerung der Hängegurte über den Thürmen beseitigen. Auch will Lindenthal keine Kabel wie bei der Brooklyner Brücke verwenden, sondern er bildet so zu sagen eine Kette aus lauter einzelnen Drahtgliedern, die durch Stahlshuhe und senkrechte Kuppelplatten mit Hülfe von Gelenkbolzen anein-

systeme zu heilen, ist es nicht verwunderlich, wenn das Interesse der Neuzeit sich dem Hängebrückenbau wieder stärker zuwendet. In Deutschland hat sich dies Interesse bei den Preisbewerbungen in Budapest, Bonn, Worms und Köln bereits mehrfach bethätigt. In Worms kamen z. B. zwei bemerkenswerthe Kettenbrücken-Entwürfe mit zur Vorlage, der eine von Rieppel<sup>\*)</sup> — mit unterem, über vier Pfeiler durchgehenden Versteifungsbalken, der andere von Lauter, Luck und Rieppel<sup>\*\*)</sup> — mit obenliegenden Versteifungsträgern<sup>48)</sup>. Wenn auch dabei die Hängebrücken bis jetzt meist unterlegen sind, so bot doch der scharfe Wettstreit mit anderen Konstruktionen gute Gelegenheit, um ihre konstruktiven

\*) Gesellschaft Nürnberg.

\*\*) Ph. Holzmann &amp; Cie. und Gesellschaft Nürnberg.

Einzelheiten zu vervollkommen. Welche Fortschritte dabei bis heute gemacht worden sind, wird im folgenden Kapitel (unter 20) näher erläutert.

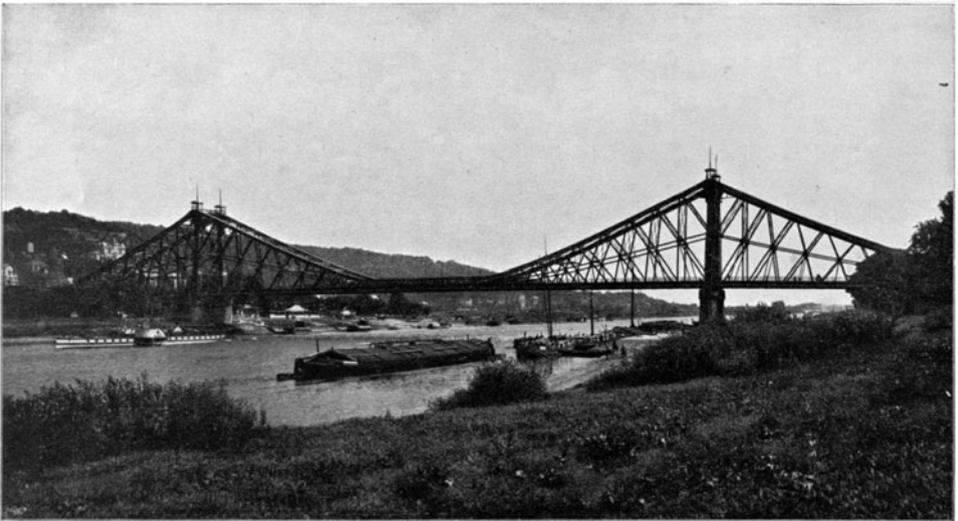
#### 14. Die Statik der Baukonstruktionen von heute.

Die allbekanntesten Werke über „die graphische Statik der Baukonstruktionen“ und „die neueren Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen“ von Müller-Breslau enthalten die gesamten heutigen Grundlagen der Theorie der Brücken, und finden, was Wissenschaftlichkeit und Ausführlichkeit der Bearbeitung anlangt, in der technischen Litteratur aller Länder nicht ihres Gleichen. Wenn daher Müller-Breslau in seinem erstgenannten Hauptwerke von einer „graphischen“ Statik der Baukonstruktionen spricht, obwohl die von ihm gegebenen Lösungen nicht immer rein graphisch, sondern zuweilen auch analytisch durchgeführt werden, so hat er damit andeuten wollen, dass die graphischen Methoden der Statik der Baukonstruktionen heute das We-

löst man heute die schwierigsten Aufgaben der Statik. Der so erhaltene graphische Plan besitzt grosse Anschaulichkeit. In ihm überblickt man, wie mit einem Schlage, was bei der analytischen Behandlung ganz ausgeschlossen ist — das Gesamtspiel der Kräfte, besonders die gegebenen Belastungen, gefährlichen Laststellungen und die entstehenden Spannkraft- oder Formänderungen. So bietet der graphische Plan ein vorzügliches Mittel, um das Kräftespiel in der Konstruktion unter dem Wechsel der Lasten durch reine Anschauung verstehen und verfolgen zu lernen. Dabei birgt jedes graphische Einzelverfahren entweder eine Kontrolle in sich selbst — wie z. B. der Maxwell-Cremonaplan — oder er lässt eine solche auf verschiedene Art in einfacher Weise zu.

Ueber die Ungenauigkeit der graphisch ermittelten Zahlen sind übertriebene Behauptungen laut geworden. Allerdings ist bei analytischen Rechnungen mathematische Genauigkeit zu erzielen, bei der graphischen Methode dagegen niemals,

Abb. 61. Brücke über die Elbe zwischen Loschwitz und Blasewitz bei Dresden. Köpcke 1893.



sentliche dieses Wissenszweiges ausmachen. Das ist in der That so. Denn nicht allein für die Ermittlung von Spannkraft- und Formänderungen der statisch bestimmten, sondern auch für die Berechnung der statisch unbestimmten Konstruktionen stehen heute die graphischen Methoden im Vordergrund. Eine Ausnahme macht nur die Behandlung von Konstruktionen, in denen alle oder einzelne Lasten nicht in den Knoten angreifen, die also nicht mehr als reine Stabwerke aufgefasst werden können, weil auch Biegungen von Stäben vorkommen. Derartige Systeme berechnet man am einfachsten analytisch nach den bereits besprochenen Sätzen von der kleinsten Formänderungsarbeit (S. 14).

Warum die graphischen Methoden so bevorzugt werden, wird nur derjenige voll verstehen, der ihre Einfachheit, Uebersichtlichkeit und Genauigkeit durch viele Uebung und durch Vergleiche ihrer Ergebnisse mit analytischen Rechnungen kennen gelernt hat. Durch das Zeichnen von einfachen Kraft- und Seilpolygonen in Verbindung mit Einflusslinien, Biegelinien und Verschiebungsplänen

aber man sollte nicht vergessen, dass der ausübende Bau-techniker keine mathematisch genauen Zahlen braucht. Ein verständiger Konstrukteur rechnet nicht mit unnützen Decimalen, er rundet seine Kräftezahlen nach oben etwa auf halbe oder ganze Tonnen ab. Deshalb wird er die Frage, ob denn die von ihm gebrachten, auf graphischem Wege ermittelten und nachgeprüften Zahlen genau genug sind, um die Sicherheit der danach entworfenen und hergestellten Konstruktion nicht zu gefährden, bejahen. Gegebenen Falles sind analytische Stichproben nicht von der Hand zu weisen, nothwendig erscheinen sie aber nicht, wenn die graphische Berechnung auf graphischem Wege gehörig nachgeprüft war.

Der eigentliche Begründer der graphischen Statik war Culmann, (1821—81) der die neuen Methoden an der Züricher Hochschule bereits lehrte, ehe er 1866 seine „Graphische Statik“ herausgab. Kurz vor der Ausgabe des Culmann'schen Werkes trat Ritter mit der ersten Auflage seiner für die Entwicklung der analytischen Theorie der statisch bestimmten Träger hochbedeutenden Schrift über die

Berechnung eiserner Dach- und Brückenkonstruktionen hervor (1863). Das darin gegebene, von Ritter aber viel früher schon in seinen Vorträgen an der Hannover'schen Hochschule benutzte sog. Schnitt- oder Momenten-Verfahren hat Culmann in graphischer Umwandlung benutzt. Im Uebrigen haben ihm seine Vorgänger Stevin, Varignon, Lamé, Clapeyron (S. 14), Poncelet, Möbius und Cousinery nur unwesentliche Beiträge geliefert. Stevin und Varignon zeichneten bereits das Kraft- und Seilpolygon (S. 10), Lamé und Clapeyron verwendeten diese beiden Figuren bei der Konstruktion der Kettenlinien im Entwurf einer 311 m weiten Kettenbrücke in Petersburg (1827), Poncelet, Möbius (1837) und Cousinery (1838) waren die Ersten, die eine direkte Anwendung der Geometrie bei Stabilitäts-Untersuchungen einführten. Der Deutsche Möbius lieferte (soweit bekannt) die ersten allgemeinen Untersuchungen über die Steifigkeit oder Unbeweglichkeit der Stabgebilde, wobei er bereits zeigte, wie unter Umständen eine unendlich kleine Beweglichkeit eintreten könne.

Culmann erkannte zuerst die grosse Fruchtbarkeit der Beziehungen zwischen dem Kraft- und Seilpolygon und verwerthete sie selbstständig für die Lösung zahlreicher praktischer Aufgaben der Technik. Nach Culmann ist vor Allen der Deutsche Mohr zu nennen. Er steht in gleicher Linie mit dem Engländer Maxwell<sup>49)</sup>, der 1864 den Satz von der Gegenseitigkeit der Verschiebungen brachte und der die später von dem Italiener Cremona<sup>50)</sup> erweiterten Grundlagen der Sätze über die reciproken Kräftepläne gab. Die Technik verdankt Mohr neben vielen anderen (S. 14 und 15) bereits erwähnten höchst werthvollen Arbeiten, die Grundlagen zur Berechnung der statisch unbestimmten Systeme.

Mohr<sup>51)</sup> fasste 1868 die elastische Linie als Seilpolygon auf und gab dadurch das Mittel zur graphischen Behandlung der durchgehenden Träger. In demselben Jahre (gleichzeitig mit Winkler) zeichnete und verwendete er die sog. Einflusslinie als Hilfsmittel zur Ermittlung der ungünstigsten Laststellung für statisch unbestimmte Träger. Die Einflusslinien sind heute, neben dem Kraft- und Seilpolygon, die wichtigsten Gebilde der Statik. 1874–75 gab Mohr die erste vollständige Theorie der statisch unbestimmten Fachwerke auf Grund des Satzes der virtuellen Verschiebungen (S. 10). In dieser bahnbrechenden Arbeit verwendete er (ohne ihn zu kennen) den Maxwell'schen Satz, um die Einflusslinie der Verschiebung eines Stabwerk-Knotens zu erhalten und behandelte hier zuerst die Biegelinie des Fachwerks als Seilpolygon. Damit war auch die wichtige Aufgabe gelöst, die grösste Senkung eines Knotens unter einer beweglichen Verkehrslast zu berechnen. 1877 folgte der Franzose Williot mit seinen

Verschiebungsplänen. Krohn benutzte (1884) den Satz von der Gegenseitigkeit der Verschiebungen unabhängig von den Vorgenannten<sup>52)</sup>.

Mohr's Kennzeichnung der Steifigkeit eines Fachwerks mit  $k$  Knoten, lautend: „Ein einfaches ebenes Fachwerk (d. h. ein solches mit  $2k-3$  Stäben) ist steif, wenn die Längen sämmtlicher Stäbe von einander unabhängig sind,“ trifft kurz und klar das Richtige (1871). Sie ist einfacher als die Erklärung von Maxwell (1864), schärfer als diejenige von Culmann, der nur das reine Dreieck-Stabwerk berücksichtigt, wenn auch in einzelnen Fällen die von Mohr betonte Unabhängigkeit der Stablängen von einander nicht leicht zu erkennen ist. Unter den sonstigen bedeutenden Arbeiten Mohr's sind noch hervorzuheben: „Theorie der Holz- und Eisenkonstruktionen“ (1870 und 1877) und „Theorie der Bogenfachwerks-Träger“ (1874 und 1881).

Eine Reihe von anderen hervorragenden Theoretikern ist seitdem mit Erfolg bemüht gewesen, die obigen, nur in den Umrissen angedeuteten Grundlagen der heutigen Statik der Baukonstruktionen und der eng damit verbundenen Elasticitätslehre zu vertiefen und zu erweitern. Ihre Namen und Arbeiten finden sich bei Müller-Breslau<sup>53)</sup> verzeichnet. Dem Verfasser möge es gestattet sein, darunter denjenigen deutschen Ingenieur gebührend zu nennen, der auf dem Gebiete der Brückentheorie seiner Zeit (1873–81) die umfassendsten und bedeutendsten Arbeiten geliefert hat. Das war der leider zu früh verstorbene Winkler, dessen in der ganzen gebildeten technischen Welt bekannte „Vorträge über Brückenbau“ heute in ihrer Gediegenheit und Gründlichkeit noch unübertroffen sind.

Ein Schlusswort möge den Versuchen gelten, die Sätze der 1835 von Ampère begründeten geometrischen Bewegungslehre für die Berechnung von Stabwerken nutzbar zu machen. Fränkel (1875) wendete die Sätze von augenblicklichen Drehpunkte auf die Bestimmung der Knotenverschiebung von Fachwerken an<sup>54)</sup>. Föppl (1880), Müller-Breslau, Land (1888) und Grübler (1887–1889) erweiterten das Gebiet der Anwendungen<sup>55)</sup>, im Besonderen auch für Untersuchungen über die Steifigkeit von Fachwerken. Die von den Genannten angegebenen Methoden sind zweifellos wissenschaftlich bemerkenswerth, in vielen Fällen sind sie auch für den Anschauungs-Unterricht sehr geeignet, dem Verfasser will es aber scheinen — obwohl gegentheilige Meinungen laut geworden sind<sup>56)</sup> — als ob sie für die Spannkraft-Bestimmung im Vergleich mit den einfacheren und genaueren Methoden von Ritter, Culmann, Cremona u. A. zurückstehen müssen.

Einzelne Sondergebiete der Theorie der Brücken, die vorstehend nicht besprochen wurden, z. B. Stabwerke des Raumes, Nebenspannungen und zulässige Spannungen werden im folgenden Kapitel berührt werden.

### III.

## Fortschritte in der Konstruktion der eisernen Brücken.

15. Ueber den Konstruktions-Entwurf. Im vorhergehenden Theile handelte es sich vorwiegend um die theoretische Seite unseres Gegenstandes, die konstruktive Seite wurde nur in sofern berührt, als beim Vergleich der verschiedenen Träger-Systeme ein Eingehen auf deren Konstruktion unumgänglich war. Es wurde weiter dargethan, wie die gegliederten Träger, um ihre einfache theoretische Behandlung zu ermöglichen, als starre geometrische ebene Stabverbindungen angesehen werden. Deren Berechnung erfolgt unter gewissen (bekannten) Voraussetzungen, die aber bei den wirklichen Konstruktionen nicht ganz erfüllt werden. Die Gesamtkonstruktion einer Brücke, bestehend aus den Hauptträgern, den Querkonstruktionen und der Fahrbahn, gleicht also theoretisch danach einem starren räumlichen Stabgerippe. Dies wird jedoch praktisch erst brauchbar, wenn es der Konstrukteur, bildlich gesprochen, mit Fleisch und Blut umhüllt und ihm lebendigen Odem eingehaucht hat, damit das Ganze in Formen erscheint, die einerseits der Oertlichkeit und dem Zwecke des Bauwerks wohl angepasst sind und die andererseits eine angemessene Dauer und ausreichende Sicherheit der Konstruktion gewährleisten. Aus alledem ist zu entnehmen, wie ungleich viel schwieriger die konstruktiven Aufgaben des Brückenbaus zu erfassen und zu lösen sind, als die rein theoretischen. Ein guter Konstrukteur muss nicht allein ein guter Theoretiker sein, sondern er muss ausserdem noch ein gewisses Etwas besitzen, das durchaus nicht im Widerstreit mit den exakten Wissenschaften zu stehen braucht, nämlich das angeborene oder anezogene feine Gefühl für die Nothwendigkeit und Zweckmässigkeit der von ihm zu schaffenden Formen. Mit anderen Worten, der Konstrukteur muss beides, sowohl die Wissenschaft als auch die Kunst seines Faches beherrschen. Er muss im wahren Sinne des Wortes ein Baukünstler sein.

Ein ausgezeichnete Theoretiker kann recht wohl ein schlechter Konstrukteur sein. Besonders gefährlich als Konstrukteure wirken diejenigen Theoretiker, die Alles, was ihnen theoretisch vollkommen dünkt, eigensinnig ohne die nothwendigen Beschränkungen, die jeder praktische Fall fordert, in die Wirklichkeit übersetzen wollen. Solche Fachmänner sollten mehr die schönen Worte unseres Altmeisters Schwedler beherzigen, der in seiner ersten bahnbrechenden theoretischen Arbeit vom Jahre 1851 sagt: „Die vorstehenden Bemerkungen

sind nur gemacht worden, um anzudeuten, wie eine Theorie, die auf bestimmten Voraussetzungen basirt ist, nicht auf Bauausführungen angewendet werden kann, bevor man geprüft hat, ob auch sämtliche Voraussetzungen bei dem Werke gemacht werden können. Es wird sich im Gegentheil finden, dass die Theorie für jedes Bauwerk, je nach dem Material, dessen Elasticität, den Querschnitten der Theile, den Detailverbindungen und noch mancherlei anderen Sachen besonders rektificirt werden muss, wenn man nicht in Fehler verfallen will. Die Theorie giebt nur im Allgemeinen ein Schema, nach welchem die Stabilität des Bauwerks durchdacht werden soll. Dem einzelnen Baumeister bleibt es danach überlassen, in jedem besonderen Falle dieses Schema mit seinen Gedanken auszufüllen.“ Ein Baumeister, der diese goldenen Worte Schwedler's alle Zeit beherzigt und immer bedacht darauf ist, das „theoretische Schema“ mit seinen Gedanken auszufüllen, das ist der geborene Konstrukteur!

In den ersten Jahrzehnten der Entwicklung lag die Ausarbeitung von Konstruktions-Entwürfen in den Händen von wenigen Auserwählten des Faches, später, als die Eisenbahnen sich auszubreiten begannen, entstand für jede Verwaltung bald die Nothwendigkeit, einen Stab von Ingenieuren, denen die Sorge für Bau und Unterhaltung der Eisenbrücken oblag, an sich zu fesseln. Aber Männer, die auf diesem Gebiete einige Erfahrung gesammelt hatten und nebenbei auch die nothwendigen theoretischen Kenntnisse besaßen, waren noch im 6. und 7. Jahrzehnt dünn gesät. Mit der steigenden Entwicklung der deutschen technischen Hochschulen änderten sich diese Verhältnisse zusehends. Namentlich aus den Schulen in Hannover, Zürich, München und Karlsruhe gingen viele Männer hervor, die das Konstruktionsfach zum Sonderstudium wählten und es darin später zur Meisterschaft brachten. Im eigenthümlichen Gegensatze dazu stand lange Jahre die Königliche Bauakademie in Berlin. Dort ging die überlieferte Pflege des Hochbaues und der schönen Künste Allem voran, dagegen wurde das Ingenieurbauwesen im Vergleich zu den anderen deutschen Hochschulen etwas vernachlässigt. Selbst gegen Ende des 8. Jahrzehnts, als Bauakademie und Gewerbeakademie (wenn auch vorläufig noch nicht räumlich) schon zur technischen Hochschule vereinigt waren, und als u. A. schon Winkler und Göring dort als Lehrer wirkten, standen die Konstruktionsfächer bei den älteren Fachgenossen noch

in wenig gutem Ansehen. Damals lag auch bei den meisten preussischen Eisenbahn-Verwaltungen die Ausarbeitung von Entwürfen für eiserne Brücken oder Eisenoberbauten (wie eine ganz selbstverständliche Sache) in den Händen der Kollegen vom Maschinenbaufache. Das war auch in Bromberg noch so, als Verfasser auf Empfehlung von Schwedler dort (1888) die Leitung der Entwurfsarbeiten für die neuen Weichselbrücken übernommen hatte. Schwedler erging sich über diesen Punkt dem Verfasser gegenüber in erregten, starken Ausdrücken, die nicht wohl wieder zu geben sind, die aber etwa so viel bedeuteten, als: „das muss endlich einmal aufhören!“ Diese Verhältnisse änderten sich aber erst, nachdem die nothwendige, reinliche Scheidung zwischen den Konstruk-

IV und V weiterhin zu vergleichen) zu hoher Blüthe entwickelt hat, wozu die „Nietköpfe“ des Bauingenieurwesens nicht wenig beigetragen haben und wie in neuester Zeit besonders die mit einem grossen Stabe von theoretisch und praktisch gebildeten Ingenieuren ausgerüsteten deutschen Brückenbau-Anstalten die Gebiete der Konstruktionen neu befruchtet haben. Im Laufe der Entwicklung ist die Arbeit des Entwurfes aus den Händen von Einzelnen in die Hände Vieler übergegangen und schliesslich, im Drange der Zeit, die mehr und mehr hohe Anforderungen stellt, wie sie der Einzelne unmöglich mehr allein befriedigen kann, ist sie ein wohl gerechtfertigtes Monopol der Brückenbau-Anstalten geworden. Damit dürfen auch die Bauverwaltungen sich heute zufrieden geben. Wenn

Abb. 62. Portale der alten und der neuen Dirschauer-Brücke. Stüler 1859 und Jacobsthal 1891.



tionsgebieten des Maschinenbaues und des Bauingenieurwesens an den deutschen technischen Hochschulen durchgeführt war. Seitdem ist auch die scherzhafte Berliner Bezeichnung „Nietkopf“ für einen Angehörigen des Maschinenbauhofes oder auch für einen solchen Bauingenieur, der sich „zu viel“ mit Eisen befasste, so ziemlich in Vergessenheit gerathen. Dem Verfasser ist es aber im Jahre 1890, als er mit verschiedenen deutschen Kollegen zur Feier der Eröffnung der Forth-Brücke nach Schottland reiste, am eigenen Leibe noch passirt, dass ihm ein jüngerer strebsamer Regierungs-Baumeister ganz unverdienter Weise einen „Nietkopf“ aufbrumnte.

Jene Zeit, in der man Entwürfe von Eisenkonstruktionen den Händen von Bauingenieuren nicht gern anvertraute, liegt also noch nicht so lange hinter uns. Um so überraschender ist es, zu sehen, wie der deutsche Eisenbrückenbau sich in der kurzen Spanne der letzten beiden Jahrzehnte (worüber die Tabellen

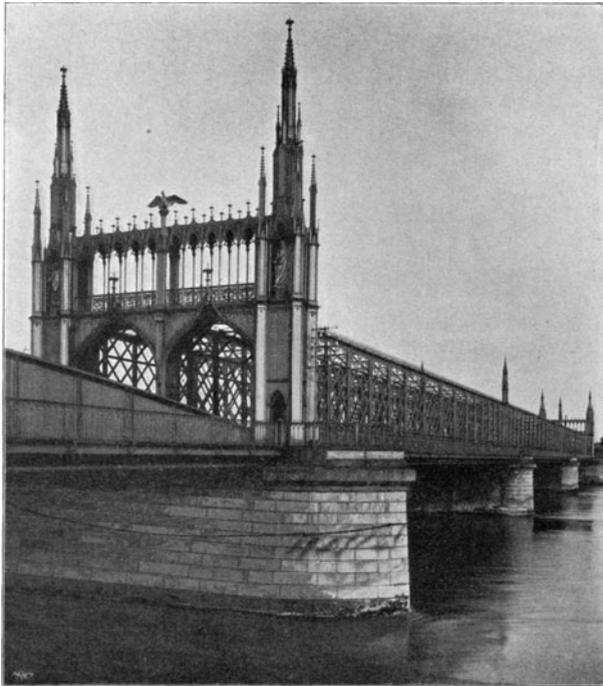
diese gut berathen sind, so werden sie sich mit der Aufstellung des Programms oder des Vorentwurfes, sowie mit der endgültigen Feststellung des aus einem Wettbewerbe gewonnenen Bauentwurfes begnügen, im Uebrigen aber Alles vertrauenswürdigen Werken überlassen, deren Arbeiten in der Hütte und der Werkstatt, sowie auch auf der Baustelle sie durch geeignete Organe kontrolliren.

In auffallend weitem Maasse ist in den letzten beiden Jahrzehnten in Deutschland auch der Kunst der Architektur das Brückenbaugesbiet erschlossen worden. Damit soll nicht etwa gesagt sein, dass man bei den älteren bedeutenden Bauten die architektonische künstlerische Wirkung aus dem Auge gelassen hätte. Das würde nicht zutreffend sein. Man betrachte z. B. die in den Abb. 62 und 63 veranschaulichten Portalbauten der alten Dirschauer Weichselbrücke und der alten Kehler Rheinbrücke, sowie auch der Lohse'schen Elbe-

brücke (Abb. 46) u. a., um zu erkennen, wie sehr man bereits im 6. und 7. Jahrzehnt darauf bedacht war, die Konstruktion auch in architektonischer Hinsicht würdig auszugestalten. Aber im Drängen und Hasten der späteren heissen Eisenbahnbauzeit, häufig auch aus Mangel an Geldmitteln oder aus anderen Gründen, ist der anfänglich vorhandene gute Wille, auch dem Architekten seinen Theil an den Ingenieurbauten zu gönnen, häufig erlahmt oder unterdrückt worden. Mehr und mehr gewöhnte man sich daran, die Brückenbauten fast allein nach ihrer reinen Nützlichkeit und ihrem praktischen Zwecke zu beurtheilen, so dass unter den tausenden seither geschaffenen nüchternen Brückenbauten jene Meisterwerke der älteren Zeit vereinzelt stehen. Darin ist heute ein erfreulicher Wandel

und zur Vertiefung in die grundlegenden konstruktiven Bedingungen für die Lösung von Aufgaben des Brückenbaues gegeben wurde. Diese Voraussetzung des fruchtbringenden Austausches künstlerischer und konstruktiver Gedanken kann jedoch nur dann zutreffen, wenn beide Faktoren von vorn herein bei der Bearbeitung der Aufgaben zusammenwirken; ich glaube dies hervorheben zu müssen, weil es auch neuerdings noch vorkommt, dass der Ingenieur die Hauptkonstruktionstheile endgültig im Entwurf festlegt und dann erst einen Architekten heranzieht, um ihnen den nöthig erachteten künstlerischen Mantel umzuhängen. Dass dies Verfahren nicht das Wünschenswerthe und Richtige ist, geht aus der einfachen Betrachtung hervor, dass bei den hier in Frage

Abb. 63. Portal der alten Kehler Rheinbrücke. 1860.



eingetreten und nicht zum Mindesten ist dies dem Einflusse und den Ergebnissen der grossen öffentlichen Ausschreibungen zu verdanken, die etwa seit dem bekannten Wettbewerbe<sup>97)</sup> um die Mainzer Rhein-Strassenbrücken (1881) mehr und mehr in den Vordergrund treten. „Damals“, sagt Frentzen<sup>98)</sup>, „zeigte es sich, dass der durchschlagende Erfolg des preisgekrönten Entwurfes nicht zum geringsten Theil auf einer schönen und gereiften architektonischen Durchbildung beruhte, und so kam es, dass bei den später folgenden Konkurrenzen die in Wettbewerb tretenden Ingenieurfirmen sich diesen künstlerischen Theil des Erfolges auch zu sichern suchten.“ Auf solchem Wege kamen Vertreter zweier bisher fast ganz getrennt arbeitenden Richtungen zu gemeinsamem Schaffen zusammen, und die dem Architekten dadurch zu Theil gewordene Förderung findet Frentzen vor Allem darin, „dass ihm im gemeinsamen Gedankenaustausch Gelegenheit zum Eindringen

kommenden grösseren Brückenbauten gerade die Grund- und Gesamtform in erster Linie für die künstlerische Wirkung maassgebend ist und nicht etwa als Beiwerk und Zuthat hergerichtete Architektur, die nicht aus dem organischen Werdeprocess des Bauwerkes mit hervorgegangen ist“.

Diesen treffenden Worten pflichtet Verfasser von seinem Standpunkte aus vollkommen bei. Er verweist dabei auf die Abb. 62 und 64—71 sowie auf die weiterhin (auch im Anhang) gegebenen Abbildungen, worin neuere architektonische Einzelheiten von Portalen und Pfeilern, sowie auch von Eisenkonstruktionen selbst dargestellt sind, um damit (ohne weitere Kritik) eine Uebersicht der neueren Erfolge des gemeinsamen Wirkens von Architekten und Ingenieuren zu geben.

Nicht unterlassen will es Verfasser, schliesslich noch einer amerikanischen Kritik entgegen zu treten, die architektonische Einzelheiten der Bonner Rheinbrücke (Abb. 69)

trifft. Diese Kritik<sup>59</sup>) ist deshalb zu verurtheilen, weil sie in maassloser Weise nur das unwesentliche architektonische Beiwerk der Portale bespöttelt, ohne auch nur mit einem anerkennenden Worte die so wohlgelungene, allseitig bewunderte Gesamtwirkung des Bauwerkes zu würdigen (Abb. 105). Die von dem amerikanischen Kritiker getadelten Einzelheiten liegen zum Theil sogar so versteckt, dass sie dem Beschauer erst zu Gesicht kommen, wenn dieser sich auf der Brücke danach besonders umsieht. Verfasser will dem amerikanischen Spötter durch eine Gegenkritik über die Schönheitswirkung der Eisenbauten jenseits des Oceans nicht dienen, so lohnend das auch wäre. Er begnügt sich zu sagen, wie man, um deutsche Leistungen im Brückenbau gerecht beurtheilen zu können, etwas mehr Verständniss deutscher Eigenart mitbringen muss, als es fremde Kritiker zuweilen zu besitzen scheinen.

**16. Die Fragen hinsichtlich der Sicherheit der Konstruktion.** Die ersten Konstruktionen entstanden ganz ohne das „theoretische Schema“; sie wurden allein geboren in der Noth der Zeit aus den Gedanken praktischer, er-

Tragfähigkeit des Baues ausreichende Sicherheit für die Richtigkeit und das wirkliche Eintreten der Berechnungs-Annahmen böte<sup>60</sup>).

Wie die Träger-Anordnungen sich im Einzelnen konstruktiv weiter entwickelten, namentlich wie bei den älteren Systemen die engmaschige Wand Schritt für Schritt sich in eine weitmaschige verwandelte und wie diese schliesslich mehr und mehr in das eintheilige Streben- oder Ständerfachwerk übergeführt wurde, das Alles wird weiterhin (unter 18 und 19) näher dargelegt. Der geschilderte Entwicklungsgang erfolgte bei wachsender theoretischer Erkenntniss und durch das damit verbundene Streben, die Trägergestalt in ihren Umrissen und durch klare Anordnung und Verbindung aller Theile den theoretischen Bedingungen unter sparsamer Verwendung des Eisens anzupassen. Daneben gingen auch die Bestrebungen, aus dem Verhalten der fertigen Konstruktionen unter der Lastwirkung, namentlich aber aus dem Auftreten und dem Verlaufe gewisser Formänderungen auf die Richtigkeit der Berechnungs-Annahmen zurück zu schliessen. Dadurch kamen die

Abb. 64. Portal der Isarbrücke in München. 1875.



finderischer Männer (S. 8). Auch das Jahrhundert des Eisens und der Eisenbahnen war reich an solchen Männern. Als die ersten Maschinen und Gleise und die ersten Eisenbahnbrücken dem Betriebe übergeben wurden, wie mag es jene Männer mit Sorge erfüllt haben, ehe sie sahen, wie Alles, was sie planten, gut und sicher arbeitete. Bei den eisernen Brücken konnte die wichtige Frage der Sicherheit der Konstruktion Anfangs nur vorsichtig tastend und auf Grund von Versuchen gelöst werden (S. 5). Stephenson baute vor dem Bau der Britanniabridge (1842) ein Versuchsmodell in ein Sechstel der natürlichen Grösse, das bis zum Bruch belastet wurde. Lentze hatte beim Bau der alten Dirschauer Brücke (1850) Anfangs die Absicht eine Probeöffnung in ganzer Grösse zu bauen. Als ihm aber der Inhalt des am 15. März 1850 von Clark<sup>61</sup>) in London gehaltenen Vortrages über die Vollendung der Britanniabridge zur Kenntniss kam, hielt er eine Probelastung für entbehrlich, weil (wie er sagte) nach dem Vorgange der Menai-Brücke die in der Ver-nietung der einzelnen Ueberbauten mit einander (also in der Herstellung der Continuität) liegende Vergrösserung der

Fragen über die Sicherheit der Konstruktion ihrer wissenschaftlichen Lösung näher, also hauptsächlich die Fragen über die beste Art der Festsetzung der zulässigen Spannung, einschliesslich der damit in Verbindung stehenden Fragen über Nebenspannungen.

Die Ziffern für die zulässige Spannung hatten die deutschen Ingenieure Anfangs aus den älteren von England, namentlich durch Hodgkinson und Fairbairn überlieferten Versuchsergebnissen (S. 5) übernommen, wobei bekanntlich die Grenzen für Zug- und Druckfestigkeit verschieden bemessen wurden. Während man aber in England auf dem älteren Standpunkte so ziemlich verharrte, versuchten es die deutschen Konstrukteure, obige Annahmen nach und nach auf mehr wissenschaftlichen Boden zu stellen. Das Verdienst, hierbei vorgegangen zu sein, gebührt Gerber, dem jetzigen Oberbaurath in München, der in Süd-Deutschland auf dem Gebiete der Konstruktionen ähnlich bedeutend gewirkt hat, wie Schwedler in Nord-Deutschland. Gerber begann seine Thätigkeit beim Bau der Isarbrücke bei Gross-Hesselohe und übernahm 1858 die Leitung der Brückenbau-Abtheilung der

Maschinenfabrik Klett & Cie. in Nürnberg, aus welcher die jetzige Gesellschaft Nürnberg hervorgegangen ist. In Gerber's Veröffentlichungen aus dieser Zeit (1859) über das System Pauli<sup>61)</sup> erscheinen bei der Berechnung der Träger zum ersten Male besondere Formeln für die zulässigen Spannungen. Gerber setzt hier als grösste zulässige Spannung für 1 qcm Querschnittsfläche in kg:  $\sigma = \frac{E + 3P}{1600}$ , worin E die Spannkraft des betreffenden Stabes aus dem Eigengewichte

dem Eigengewichte als verschwindend angesehen werden darf) die zulässige Spannung für Schweisseisen gleich dessen Elasticitätsgrenze (1600 kg) setzen.

Durch die bekannten Versuche von Wöhler<sup>62)</sup> über die wiederholte Beanspruchung von Eisenstäben (die in die Zeit von 1859—70 fallen und von Spangenberg fortgesetzt worden sind) erhielten die obigen Bestrebungen eine weitere Förderung. Allerdings hatte Wöhler auf diesem Gebiete in Fairbairn<sup>63)</sup> bereits einen Vorgänger; das hat zuerst Mohr her-

Abb. 65. Kaiser-Strassenbrücke in Bremen. Böttcher 1874.



und P diejenige aus der Verkehrslast bedeutet, worin also zum ersten Male in mehr wissenschaftlicher Weise als vorher, der Einfluss des ruhenden Eigengewichtes im Vergleich zum Einflusse der bewegten, stossenden Verkehrslast in ein der Wirklichkeit näherungsweise angepasstes Verhältniss gebracht wird. Danach wollte Gerber eine Konstruktion von sehr grossem Eigengewicht höher beanspruchen, als eine kleinere Konstruktion, deren Eigengewicht gegenüber der Verkehrslast verschwindet. Gerber's Formel berücksichtigt damit also den Einfluss der Stösse der Verkehrslasten und er will danach im oberen Grenzfall (wo die Verkehrslast gegenüber

vorgehoben<sup>64)</sup>. Aber erst die Ergebnisse der Wöhler'schen Versuche sind für die gesammte Technik in sofern bahnbrechend geworden, als sie einerseits neue Grundlagen zur Beurtheilung der Festigkeits-Eigenschaften von Eisen und Stahl geschaffen, andererseits aber auch ein weiteres Mittel an die Hand gegeben haben, um wissenschaftliche Formeln für die zulässige Spannung einer Konstruktion zu bilden. Gerber hat — angeregt durch die Veröffentlichungen Wöhler's — sofort auch versucht, eine Beziehung zwischen der Wirkung von vielfach wiederholter Belastung zu der Wirkung von ruhenden Lasten zu finden. Daraus folgte 1871 seine bekannte Formel für die Bestimmung

der zulässigen Spannung, die schon 1872 für die Berechnung der Konstruktionen der bayerischen Staatseisenbahnen eingeführt wurde<sup>65</sup>). In neuester Zeit (1894—96) hat Gerber diesen Gegenstand noch weiter ausgeführt und ergänzt<sup>66</sup>).

Ausser Gerber beschäftigten sich mit der Nutzbarmachung der Wöhler'schen Versuche für die wissenschaftliche Festsetzung der zulässigen Spannung seit 1871 namentlich Launhardt<sup>67</sup>), Schäffer, Winkler und Weyrauch<sup>68</sup>). Launhardt betrachtete nur den Belastungswechsel, nicht

einer Konstruktion die zulässige Spannung nach wissenschaftlichem Verfahren festzusetzen. Allerdings erscheinen die in der Formel vorkommenden Erfahrungsziffern heute nicht mehr ganz einwandfrei, weil dafür ausreichende neuere Unterlagen, gewonnen aus entsprechenden Versuchen mit den heute gebräuchlichen neueren Konstruktionsstoffen nicht vorliegen. Dieser Umstand ist wahrscheinlich einer der Gründe dafür, warum neuerdings — nach dem Vorgange Mohr's<sup>64</sup>) — viele Konstrukteure die nach obigen Grundsätzen gebauten Formeln nicht mehr

Abb. 65. Strassenbrücke über die Norderelbe in Hamburg. Hauers Portal. 1887.



aber den Spannungswechsel. Dabei ermittelt er die Arbeitsfestigkeit des Stabes; so nennt er die Spannkraft, bei welcher ein Stab erst nach einer unendlich grossen Zahl von Belastungswechseln bricht. Weil aber der Spannungswechsel eines Stabes (nach Wöhler) die gefährlichste Folge eines Belastungswechsels ist, so ergänzte Weyrauch die Formeln Launhardt's durch Einführung der sog. Schwingungsfestigkeit, worunter er diejenige Arbeitsfestigkeit versteht, bei welcher im Spannungswechsel die Grenzwerte von Zug und Druck gleich gross werden. Die daraus entstandene sog. Launhardt-Weyrauch'sche Formel ist ein einfaches Mittel, um für die einen Spannungswechsel erleidenden Stäbe

gelten lassen<sup>69</sup>). Auch die preussische Staats-Eisenbahn-Verwaltung nimmt in ihrer neuesten Verordnung für die Berechnung von Eisenbrücken keine Rücksicht auf solche Formeln, setzt vielmehr die Ziffern für die zulässige Spannung von Fall zu Fall für alle vorkommenden Konstruktions-Arten von vornherein fest, wobei die Spannungsstufen im Wesentlichen allein nach der Grösse der Stützweite und der Art der Lastübertragung (ob mittelbar oder unmittelbar) bemessen werden. Dies einfache praktische Verfahren hat viel für sich, so lange nicht die wissenschaftlichen Formeln auf zuverlässigeren Versuchsergebnissen, als sie bisher vorliegen, aufgebaut sind. Auch entspricht das Verfahren ganz den früheren Anschauungen Schwedler's.

Es ist noch ein anderer Grund hinzu gekommen, der gegen die verfrühte Anwendung der wissenschaftlichen Formeln spricht. Bauschinger, der frühere Leiter des mechanisch-technischen Laboratoriums der Münchener technischen Hochschule hat bekanntlich Wöhler's Versuche wesentlich ergänzt, namentlich durch den bislang mit Erfolg nicht angefochtenen Satz, wonach ein Stab, der nie über die sog. Elasticitäts-Grenze hinaus gespannt wird, erst nach einer millionenfachen Zahl von Belastungswechseln bricht. Der Bauschinger'sche Satz, auf Eisenkonstruktionen angewendet, die (um bleibende Formänderungen zu vermeiden) grundsätzlich in keinem ihrer Theile über die Elasticitäts-Grenze hinaus beansprucht werden sollen, besagt also, dass keine Nothwendigkeit vorliegt, Konstruktionsstäbe, die keinen Spannungswechsel zu erleiden haben, nach den neueren Formeln zu berechnen. Danach brauchte man für eiserne Brücken eigentlich nur die Querschnitte der Wandglieder und die Gurte von durchgehenden Trägern u. dergl. nach dem wissenschaftlichen Verfahren zu bemessen, im Uebrigen aber die zulässige Spannung von Fall zu Fall nach bekannten Erfahrungsziffern festzusetzen, ähnlich wie es in der erwähnten preussischen Verordnung geschehen ist.

In enger Beziehung zur obigen Frage der zulässigen Spannung stehen die Fragen über die Berechnung und mögliche Unschädlichmachung der Nebenspannungen, die zum grossen Theil auf einem schwierig zu beackernden theoretischen Felde liegen. In den ersten Entwicklungsstufen der Konstruktion beachtete man Nebenspannungen überhaupt noch nicht. Der Noth gehorchend, richtete man damals die Trägerberechnungen so einfach wie nur möglich ein und legte dabei die Gelenkbolzen-Knoten (S. 15) der ersten eisernen Trägersysteme zu Grunde. Als dann die ersten Gelenkbolzen-Brücken sich im Betriebe nicht bewährten, ging man in Europa bald zu den Systemen der durchweg vernieteten Brücken über, ohne aber die einmal eingeführte bequeme Berechnung unter Annahme von reibungslosen Gelenkbolzen der Stabknoten aufzugeben, obwohl viele Konstrukteure sich der Mängel dieser Berechnungsart mehr oder weniger bewusst waren. Die Schwierigkeiten der rechnerischen Untersuchung über die dabei begangenen Fehler waren aber so gross, dass es nicht zu verwundern ist, wenn die ersten Veröffentlichungen solcher Rechnungen erst gegen Ende des 8. Jahrzehnts erscheinen, zu einer Zeit, wo die konstruktive Ausbildung der gegliederten Balkenbrücken zu einem vor-

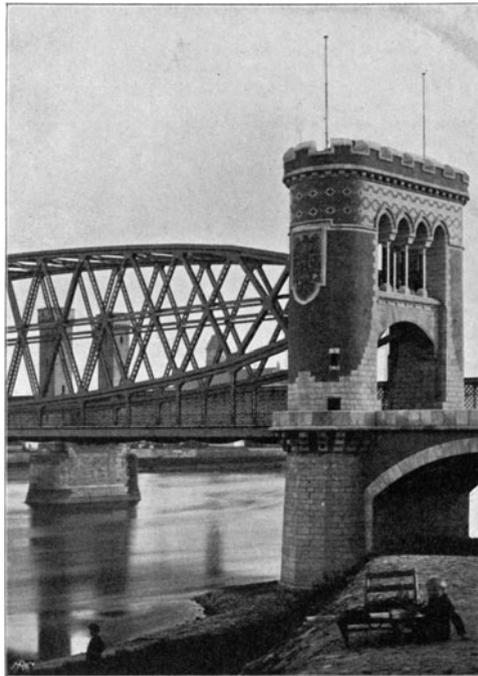
läufigen Abschluss gelangt war (Tabellen I—IV weiterhin). Fast zu gleicher Zeit veröffentlichten Winkler, Engesser, Asimont und Manderla die ersten Arbeiten über die Nebenspannungen<sup>70)</sup>. Die ausführlichsten Untersuchungen findet man bei Winkler im 2. Theile seiner „Theorie der Brücken“, wobei sowohl Regeln für die Grössenbestimmung als auch Mittel zur Verminderung der Nebenspannungen angegeben sind. Asimont stellte bereits 1877 die Berechnung der Nebenspannungen als Preisaufgabe der Münchener Ingenieur-Fachschule, worauf Manderla 1879 eine vorzügliche Lösung einreichte, in welcher er die hyperbolischen Funktionen verwendete<sup>71)</sup>. Vorher hatte aber Engesser schon ein einfacheres Näherungs-Verfahren zur Ermittlung der Nebenspannungen angegeben<sup>72)</sup>.

Die seit 1877 in Gebrauch gekommenen Spannungsmesser, darunter der sinnreiche Dehnungszeichner von Fränkel<sup>73)</sup>, bestätigten obige Rechnungen zur Genüge, erweckten aber (wohl mit Unrecht) grosse Besorgnisse über die bisherige Vernachlässigung der Nebenspannungen. Gerber griff deshalb in vielen Fällen zu den Gelenkbolzen-Knoten zurück, obwohl ja auch diese, namentlich bei grossen Stützweiten (S. 16) starke Nebenspannungen hervorrufen können, wie dies Winkler zuerst nachgewiesen, und Manderla durch Messungen an der Brücke von Waltenhofen bestätigt hat. —

Nachdem in neuerer Zeit auch andere hervorragende Theoretiker, wie W. Ritter, Landsberg, Müller-Breslau, Mohr<sup>74)</sup> u. A. die Nebenspannungen behandelt haben, stehen zu ihrer Berechnung verschiedene Methoden zur

Verfügung. In den wenigsten praktischen Fällen kommt man aber dazu, bei Herstellung des Entwurfes diese Berechnungen wirklich zu benutzen, weil sie zu langwierig sind und weil sie in einzelnen Fällen auch sehr schwierig, wenn nicht unmöglich genau durchzuführen sind. Dazu kommt noch, dass solche Nebenspannungen, die aus den unvermeidlichen Fehlern bei der Herstellung der Konstruktionen in der Werkstatt und auf der Baustelle herrühren, nur schätzungsweise in die Rechnung einbezogen werden können. Wo man also heute auf Nebenspannungen Rücksicht nimmt (was nicht immer geschieht, aber geschehen sollte), pflegt man entweder die zulässige Spannung für die von Nebenspannungen am meisten heimgesuchten Theile nach Gutdünken zu ermässigen, oder man schätzt die Nebenspannungen in Hundertsteln der Grundspannungen, d. h. derjenigen Spannungen, die unter den bekannten Voraussetzungen reibungsloser Gelenkbolzen-Knoten u. s. w. berechnet worden sind.

Abb. 67. Neue Nogatbrücke in Marienburg. Jacobsthal 1891. Mit der alten Brücke im Hintergrunde.



Nur den Ersten des Faches darf man es heute zumuthen, dass sie bei ihren Entwürfen auch das schwer zugängliche Gebiet der Nebenspannungen rechnerisch durchdringen. Verfasser kann bezeugen, wie Altmeister Schwedler auch in diesem Punkte mit der grössten Gewissenhaftigkeit vorgegangen ist. Als Schwedler im Jahre 1888 die Vorentwürfe zu den eisernen Ueberbauten der neuen Brücken über die Weichsel bei Dirschau und über die Nogat bei Marienburg dem Verfasser mit dem Auftrage übergab, danach die Sonder-Entwürfe anzufertigen, sagte er eines Tages, Anfang des Jahres 1889, das Trägersystem betreffend: „Ich bin nun einmal auf das System hineingefallen, möchte es aber nicht mehr ändern. Die Nebenspannungen habe ich übrigens während meines vorjährigenurlaubes genau durchgerechnet. Wollen Sie die Berechnungen mit nehmen? Hier sind sie, aber 25% thun es auch!“ Es war dem Verfasser erstaunlich und rührend zugleich, zu sehen, wie der Meister ohne die so

lenkige (oder federnde) centrische Lagerung der Querkonstruktionen und der Fahrbahn in den Knoten der Hauptträger, wobei man ausserdem möglichst statisch bestimmte Uebertragung sowohl der senkrechten, als auch der wagenrechten Lasten zu erreichen strebt, wenn auch das Trägersystem selbst statisch unbestimmt ist. Wie diese neueren Konstruktions-Grundsätze und Konstruktions-Einzelheiten an hervorragenden Bauwerken der Neuzeit durchgeführt worden sind, ist weiterhin (unter 22) nachzulesen. Vergleicht man schliesslich die grossen Fortschritte in den Konstruktions-Einzelheiten, zu denen die vertiefte Erkenntniss der Natur und der Wirkungen der Nebenspannungen wesentlich mit Anlass gegeben hat, mit dem für die Konstruktions-Ausbildung verschwindenden Einflusse der aus den Wöhler'schen Versuchen hergeleiteten wissenschaftlichen Formeln für die zulässige Spannung, so könnte es scheinen, als ob diese Formeln wenig Werth besässen. Das wäre aber ein Irrthum. Wenn

Abb. 68. Ostportal der Fordoner Weichselbrücke. Jacobsthal 1898.



notwendige Schonung seiner damals schon nicht mehr ganz festen Gesundheit, einen mehrwöchentlichen Urlaub mit dazu benutzt hatte, um mit Hilfe der Rechnung in die tiefsten Einzelheiten seiner Entwürfe einzudringen. So ernst erfasste er immer seine Aufgaben, fürwahr, ein leuchtendes Vorbild für den jüngeren Nachwuchs des Faches.

Das Aufdecken und Aufhellen des vordem dunklen Gebietes der Nebenspannungen durch deutsche Männer war von bedeutendem Einflusse auf die Weiterentwicklung der Konstruktion. Seitdem die dabei aufgefundenen Wahrheiten im letzten Jahrzehnt des Jahrhunderts allgemeiner bekannt geworden sind, gehen die Bestrebungen immer mehr dahin, durch geeignete Wahl der Konstruktions-Querschnitte und durch zweckmässig gestaltete Knoten-Anschlüsse der einzelnen Glieder die Nebenspannungen zu ermässigen. Dies geschieht heute einerseits durch das Verwenden von symmetrischen Stabquerschnitten mit symmetrischen Querschnitts-Zuwachsen, unter Bevorzugung von sog. centrischen Stab- und Nieten-Anschlüssen in den Knoten der Hauptträger, sowie andererseits durch ge-

auch das Anwendungsgebiet der neuen Formeln zur Zeit noch ein beschränktes und umstrittenes ist, so bleibt doch der Kern der geschilderten wissenschaftlichen Bestrebungen, sobald diese sich auf einwandfreie Versuche gründen, ein durchaus gesunder und es steht zu hoffen, dass im 20. Jahrhundert neben vielen anderen Fragen über Dauer und Sicherheit der Konstruktionen, auch die Frage der zulässigen Spannungen eine allseitig befriedigende Lösung erfahren wird.

#### 17. Ausbildung und Verwendung des Materials.

Die tiefgehenden Wechselwirkungen zwischen Eisenbahnen und Eisenhüttenwesen, wie sie in der Einleitung (S. 1) geschildert wurden, sind auf die Ausbildung des Konstruktions-Materials von maassgebendem Einflusse gewesen. Von den älteren Baustoffen Holz und Stein, die beim Bau der ersten Eisenbahnbrücken noch sehr im Vordergrund standen, ist das Holz bald ganz verdrängt worden, während der Stein in vielen Fällen auch heute noch mit dem Eisen erfolgreich wetteifert. Um die Mitte des Jahrhunderts, als die gegliederten Träger mit Hilfe der Theorie sich auszubilden be-

gannen, hatte auch das Gusseisen seine Bedeutung für eiserne Brücken schon verloren, es war allmählich vom Schweisseisen abgelöst worden. Und im letzten Jahrzehnt des Jahrhunderts, nachdem die Erfindungen von Bessemer, Martin und Thomas das Eisenhüttenwesen der Welt von Grund aus umgestaltet hatten, musste endlich das Schweisseisen weichen, um seinem widerstandsfähigeren, zäheren, gleichartigeren Genossen, dem Flussmetall, das Feld zu räumen. Die basischen Sorten dieses Metalls werden für die Konstruktionen der Jetztzeit bevorzugt und in der Massendarstellung dieser Sorten übertrifft Deutschland alle anderen

her schon bei den Kettengurten der Hängebrücken gebraucht wurden und wie sie später in Amerika typisch wurden. Im amerikanischen Brückenbau hat man deshalb auch länger als in Europa das Gusseisen beibehalten. Erst 1863 erschien die erste amerikanische Balkenbrücke, in deren Trägern sowohl Zug- als auch Druckglieder aus Schweisseisen geformt waren. Aber auch sie besass noch kurze gusseiserne Stossblöcke (joint blocks) in den Obergurtnoten. Seitdem ist man in Amerika langsam vom Gusseisen abgekommen, während man in Europa schon viel früher, besonders nachdem die Gelenkbolzen der Warren-Träger der Trentbrücke bei

Abb. 69. Ostportal der Strassenbrücke über den Rhein in Bonn\*). Mörhing 1898.



\*. Weitere architektonische Einzelheiten der Bonner Brücke vergl. im „Anhang“.

Eisen erzeugenden Staaten der Welt in ausserordentlicher Weise (S. 7).

Das Gusseisen besitzt in der Möglichkeit, es in beliebig gestalteten Stücken und Querschnittsformen verwenden zu können, einen grossen Vorzug gegenüber dem Schweisseisen. Dieser Vorzug war schwerwiegend genug, um dagegen die bekannte Nachtheile des Gusseisens in milderem Lichte erscheinen zu lassen. In dem Maasse aber, wie man in der Entwicklung der gegliederten Träger mehr und mehr die Nothwendigkeit erkannte, die Knoten der Konstruktion durch Vernietung zu sichern, musste das Gusseisen seine frühere Bedeutung verlieren. Bei den älteren, ganz gusseisernen oder aus einer Vereinigung von Gusseisen und Schweisseisenteilen bestehenden Brücken findet man durchweg Bolzenverbindungen. Die Neville-Warren-Träger (S. 15) zeigen wohl zum ersten Male Bolzenknoten in der Art, wie sie vor-

Newark (1851) und der Crumlin-Thalbrücke (1853) wegen ihrer geringen seitlichen Steifigkeit sich nicht bewährt hatten, allgemein zur festen Vernietung der Knoten-Anschlüsse unter Ausschluss von Gusseisen übergegangen war. Inzwischen wird es aber auch in Amerika mehr und mehr Gebrauch, vernietete Konstruktionen nach europäischem Muster auszuführen. So z. B. empfiehlt Waddell (1898) in seiner Schrift „De pontibus“ für Weiten von 85 Fuss (rund 25 m) bis 175 Fuss (52 m) Gelenkbolzen oder vernietete Träger, für grössere Weiten aber nur Gelenkbolzen-Träger aus Gründen, die bereits S. 16 erörtert worden sind.

Wie gesagt, hemmte die Schwierigkeit der Formgebung des Schweisseisens dessen raschere Einführung im Brückenbau, namentlich in Deutschland, wohin die englischen Erfindungen des Puddels und des Walzverfahrens nur langsam

überkamen (S. 5). Das Schienenprofil war Vorläufer aller anderen Querschnittsformen. Nachdem man gelernt hatte, Schienen zu walzen, machte es keine Schwierigkeiten mehr, dem Eisen auch andere Formen zu geben, wie sie die Baukonstruktionen verlangten. Gusseisensträger in den Querschnittsformen eines **I**, **T**, **+** und **⊥** kannte und berechnete

In Deutschland walzte man 1831 in Rasselstein bei Neuwied das erste Winkeleisen, 1839 die ersten **T** Eisen. Das **I** Eisen wurde dort erst 1857 durch die Gesellschaft Phönix eingeführt und 1862 walzte die Burbacher Hütte die ersten deutschen **Z** Eisen für eiserne Brücken der Ruhr-Sieg-Bahn, die von der Kölnischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft

Abb. 70. Portal der Wormser Rhein-Strassenbrücke. Hofmann 1899.



bereits Navier in seinem berühmten Werke<sup>10)</sup>. Von Walzeisenformen aber kannte man im englischen Hüttenwesen vor dem Jahre 1830 (neben Rund-, Vierkant- und Flacheisen) nur Fenstereisen und Winkeleisen. Dazu kam um die Zeit der Eröffnung der ersten Personen-Eisenbahn Manchester—Liverpool (1830) noch das **T** Eisen und später das **Z** Eisen. Die **I** Form kam 1849 auf; sie rührt von Zorès her, der gleichzeitig das **⊥** Eisen und später (1852) auch das sog. Belageisen (Zoreseisen) einführte.

in Bayenthal hergestellt wurden. Erwähnenswerth ist noch, dass von den aus Amerika stammenden sog. Segment-Eisen auf dem europäischen Festlande die Quadrant-Eisen zuerst Verwendung gefunden haben und zwar durch Ruppert beim Bau einer Brücke über den Donaukanal in Wien (1868—70).

Aus Flacheisen, Blechen und Winkeleisen, wozu im 6. Jahrzehnt noch die sog. Universableche kamen, bildete man (und bildet man auch heute noch) die Hauptbestand-

theile aller Konstruktionen des Brückenbaues. Von den übrigen Formen hat das I Eisen am meisten an Bedeutung gewonnen, seit man es neuerdings in sehr hohen Profilen und grossen Längen walzt, so dass die I Träger selbständig als Querträger und Längsträger der Brücken dienen können. Die Verwendung von T Eisen (für Steifen und Wandglieder u. s. w.), ebenso der Z und Belageisen (für Fahrbahnen)

Als man noch allein auf Schweisseisen angewiesen war, schätzte man Flacheisen, Winkel und Bleche besonders ihrer hohen und gleichmässigen Festigkeit wegen. Diese Formen des Walzeisens zeigten durchweg gleiche Zugfestigkeit und Dehnung, während für alle anderen Formen die gleichen Ziffern wohl für die Flansche, nicht immer aber für die Stege gewährleistet werden konnten und Querproben überhaupt aus-

Abb. 71. Portal der Moselbrücke in Trarbach. Möhring 1890.



bleibt eine beschränkte. Viel mannigfaltiger ist das Verwendungsgebiet des U Eisens für selbständige kleinere Träger, als Randträger und dergl., für Wandglieder, Quer- und Windverbände, sowie auch für Hauptträgergurte von wenig wechselnden Querschnitten. Nächsten den Winkeln bilden also I und U Eisen die Hauptbestandteile der Konstruktion und diese würden eine noch ausgedehntere Verwendung finden, als es jetzt erreichbar ist, wenn nicht die schmalen Flanscbreiten einzelner Nummern eine gute Vernietung unmöglich machten.

geschlossen waren. Dies hat sich seit der Einführung des Flusseisens wesentlich zum Bessern gewendet, in sofern, als heute (nach den deutschen Normalbedingungen) sowohl für Flacheisen und Bleche, als auch für Formeisen in Stärken von 7 bis 28 mm Unterschiede in den Anforderungen an die Zugfestigkeit und Dehnung (Lang- und Querproben eingeschlossen) nicht mehr gemacht werden. Das Flusseisen verdient daher in der That die Bezeichnung „Homogeneisen“ mit Recht. Früher scheute man sich, Schweisseisen in grossen Stärken zu verwenden, aus Besorgniss, ungleich-

mässige Waare zu erhalten. Selbst in den Entwürfen für die neuen Weichselbrücken in Dirschau und Marienburg waren aus diesem Grunde alle Platten von 24 und 26 mm Stärke aus 2 Stücken von 12 und 13 mm Dicke gebildet. Beim Flusseisen denkt man heute nicht mehr an eine derartige Theilung starker Platten. Man sucht im Gegentheil zur Vermeidung unnützer Rostflächen möglichst wenig Theilstücke in der Konstruktion zu vereinigen. Dass neben dem Vorzuge seiner Gleichartigkeit die Elasticitäts-Grenze des Flusseisens um mindestens  $1\frac{1}{2}$  mal höher liegt als beim Schweisseisen und seine mindeste Querdehnung 17 Hundertstel beträgt, während diese Dehnung beim besten Schweisseisen selten 3 Hundertstel übersteigt, das hat dem neuen Metall, nachdem es einmal im Brückenbau (S. 6) eingeführt war, so überraschend schnell Bahn gebrochen.

Die heutigen Anforderungen an die Güte des Konstruktions-Materials regeln sich in Deutschland nach den vorgenannten, von den Vereinen der deutschen Architekten, Ingenieure und Eisenhüttenleute im Jahre 1892 vereinbarten Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen des Brücken- und Hochbaues. Mit der allseitigen Anerkennung dieser Normalbedingungen, die auch mehreren ausländischen Staaten als Muster gedient haben, ist eine Reihe von Streitfragen verschwunden, deren Entstehung um viele Jahrzehnte zurück liegt. Das sind alle die schwierigen Fragen, die mit den Bestrebungen zusammen hängen, die verschiedenen Eisengattungen nach ihrem Gebrauchswerthe oder ihrer Güte durch Vergleichung stufenweise zu ordnen und dieser Ordnung eine staatliche oder möglichst allgemeine Anerkennung zu verschaffen. Von Anfang an war man sich darüber einig, dass als Maassstab für den Werth der einen oder anderen Gattung die Festigkeits-Eigenschaften zu dienen haben. Deshalb konnten die erwähnten Bemühungen um die Schaffung einheitlicher Normen auch nicht eher von durchschlagendem Erfolge begleitet sein, bis durch fortdauernde Festigkeits-Versuche die Meinungs-Verschiedenheiten über die untrüglichs-te Art und Weise der Vornahme von Festigkeits-Proben beglichen worden waren, mit anderen Worten, bis das Verfahren der Material-Prüfung in die heutigen Bahnen eingelenkt war.

Wie man bereits im Anfange des Jahrhunderts bestrebt war, die Festigkeits-Eigenschaften der Konstruktionsstoffe durch Versuche zu ergründen, wurde in der Einleitung (S. 5) geschildert. England behielt auch hierbei Anfangs die Führung, im besonderen entstanden dort im 6. Jahrzehnt die ersten öffentlichen Prüfungs-Anstalten für Eisen und Stahl, denen sich später die „Service des recherches statistiques“ benannte französische Anstalt zugesellte. Von geschichtlicher Bedeutung war die von Kirkaldy geleitete Anstalt. Dieser Ingenieur stellte in systematischer Weise Zerreib-Versuche mit über tausend Eisen- und Stahlsorten von mannigfacher Güte und Gestalt an; er ermittelte dabei nicht allein die Festigkeit, sondern beobachtete auch die Zähigkeit jeder Sorte, indem er als deren Maass die Längenänderung oder Dehnung und die Einschnürung an der Bruchstelle (Kontraktion) zu Grunde legte. Aber auch in Deutschland gab es damals schon leistungsfähige und genau arbeitende Prüfungs-Maschinen, sie waren aber meistens Privat-Eigenthum der grösseren Hüttenwerke oder Eisenbahn-Gesellschaften. Im Jahre 1852 bestellte die Königl. Eisenbahnbau-Kommission der bayerischen Staatsbahnen, auf Anregung des Oberbauraths

Mehrrens, Brückenbau.

v. Pauli, bei der Maschinenfabrik von Klett & Co. in Nürnberg — der heutigen Gesellschaft Nürnberg — eine Maschine zur Prüfung der eisernen Zugbolzen von Howe-Trägern, und diese von Werder, dem technischen Direktor der Fabrik, konstruirte Maschine wurde wegen ihrer Vorzüglichkeit bald allgemein bekannt. Sie war für eine Belastung bis 100 t gebaut und ermöglichte es zum ersten Male, grössere Stäbe, wie es die Bedürfnisse der Praxis erforderten, zu zerreißen, und dabei die Festigkeitszahlen mit einer Genauigkeit zu erhalten, wie man es vorher nicht gekonnt hatte. Bereits beim Bau der Grosseßelloher Isarbrücke, die im Herbst 1857, also gleichzeitig mit der alten Dirschauer Weichselbrücke, dem Bahnverkehr übergeben wurde (Tabelle I weiterhin), prüfte man mit der Werder-Maschine das verwendete Eisen nicht nur auf seine Zerreibfestigkeit, sondern man probte auch alle auf Zug in Anspruch genommenen Flacheisen bis 1140 kg f. d. qem unter gleichzeitiger Prellung durch Hammerschläge. Noch weiter ausgebildet wurde dieses Verfahren gegen Ende des 6. Jahrzehnts bei der Eisenbahnbrücke über den Rhein in Mainz (Tabelle I). Im Jahre 1866 beschaffte Culmann die zweite Werder-Maschine für die Züricher technische Hochschule. In den Jahren 1871, 1873, 1875 und 1879 folgten mit ihren Bestellungen die technischen Hochschulen in München, Wien, Pest und Berlin. In dieser Zeit wurden auch die ersten deutschen öffentlichen Prüfungs-Anstalten in München und Berlin ins Leben gerufen.

Mit der Einführung der Werder-Maschine und der S. 42 bereits erwähnten bahnbrechenden Versuche von Wöhler (1867—70) hob sich das Material-Prüfungswesen Deutschlands bedeutend. Unter den Männern, die sich weiter um das Material-Prüfungswesen hoch verdient gemacht haben, ist in erster Linie Bauschinger zu nennen, der frühere Leiter des mechanisch-technischen Laboratoriums der Münchener technischen Hochschule. Bauschinger hat die Wöhler'schen Versuche wesentlich ergänzt (S. 44) und viele Versammlungen von Fachmännern zur Vereinbarung über „einheitliche Prüfungs-Methoden für Bau- und Konstruktions-Materialien“ einberufen und geleitet (1882—93). Nach seinem 1893 erfolgten Tode übernahm es Tetmayer, die bisherigen Bestrebungen im Sinne Bauschinger's fortzuführen. So kam es im September 1895 in Zürich zur Gründung eines „Internationalen Verbandes für die Material-Prüfungen der Technik“, von welchem sich im weiteren Verlaufe der Entwicklung durch die Bemühungen hervorragender deutscher Fachmänner, wie v. Bach, v. Leibbrand und Martens der „Deutsche Verband für die Material-Prüfungen der Technik“ abzweigte (1896), der im Gebiete des Deutschen Reiches sich die nämlichen Aufgaben stellt, wie der Internationale Verband, vornehmlich also die Vereinbarung einheitlicher Prüfungsverfahren zur Ermittlung der technisch wichtigen Eigenschaften der Baustoffe anzustreben. Wie es zu hoffen steht, werden die in den Verhandlungen der genannten Verbände gegebenen dauernden Anregungen dahin führen, die deutschen Normalbedingungen stets auf der Höhe der Zeit zu halten, damit sie, wie es heute schon geschieht, auch fernerhin anderen Ländern als Muster dienen können.

**18. Die ersten eisernen Eisenbahnbrücken Deutschlands.** Weil die Ausbreitung des Eisenbahnbaues sowohl auf die Ausbildung des Materials, als auch auf die Entwicklung der Konstruktion der eisernen Brücken von maassgeben-

dem Einflusse gewesen ist, so scheint es gerechtfertigt, den weiteren Ausführungen eine kurze geschichtliche Betrachtung über die ersten eisernen Eisenbahnbrücken vorauf zu stellen. In der Einleitung (S. 5) wurde bereits begründet, warum im Eisenbahnbau Mitteleuropas die ersten eisernen Brücken von Bedeutung erst um die Mitte des Jahrhunderts, also etwa zwei Jahrzehnte später als in England, entstanden sind. In dieser Zwischenzeit hat man auf den deutschen und öster-

den Widerlagern verbolzten Flanschstücken bestanden. Wie bei dieser Brücke, so waren auch bei allen anderen Systemen die Querverbindungen äusserst mangelhaft, weil fast jeder Kreuzverband fehlte und die Verbindung der Hauptträger unter sich nur durch verstellbare Querbolzen aufrecht erhalten wurde. Es ist dies um so auffälliger, als es damals auf dem Festlande bereits viele musterhaft ausgeführte gusseiserne Strassenbrücken gab, die als Vorbild hätten dienen

Abb. 72. Sprengwerks-Träger der Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Heyrothsberg. 1846 48.

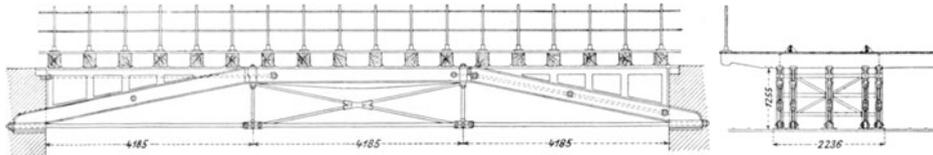
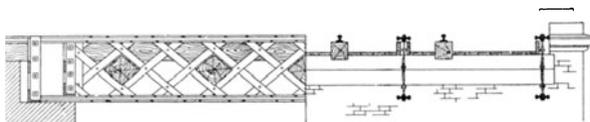


Abb. 73. Eisenbahnbrücke über die Neisse bei Guben. Henz 1846.



reichischen Bahnen meist nur hölzerne und steinerne Brücken gebaut, von denen die Holzkonstruktionen später durch eiserne ersetzt wurden, was auf einigen älteren Linien, z. B. auf der Leipzig-Dresdener Bahn, sogar erst im 8. Jahrzehnt geschehen ist.

Soweit bekannt, baute man auf den badischen Eisenbahnen (1840—45) in Deutschland die ersten eisernen Brücken und zwar aus Gusseisen. Es waren meist Balken-

können, z. B. die 1825 vollendete Havelbrücke bei Potsdam, deren 7 Bogenrippen in jeder ihrer 8 Öffnungen durch vier Queranker mit drei Versteifungskreuzen unverschieblich verbunden waren, oder der Pont des Arts (1803) und die Carrousselbrücke (1836) in Paris, beides französische Erstlingswerke, die heute noch stehen. Gusseiserne Sprengwerke, die unter der Bahn liegen, sind, soweit bekannt, 1846—48 zuerst für die kleine Havelbrücke bei Potsdam und die Ehle-

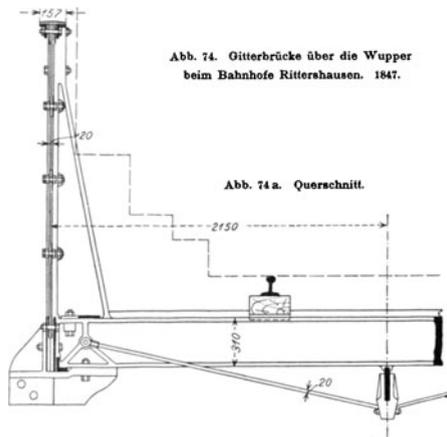


Abb. 74. Gitterbrücke über die Wupper beim Bahnhofe Rittershausen. 1847.

Abb. 74 a. Querschnitt.

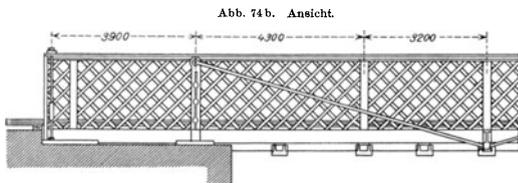


Abb. 74 b. Ansicht.

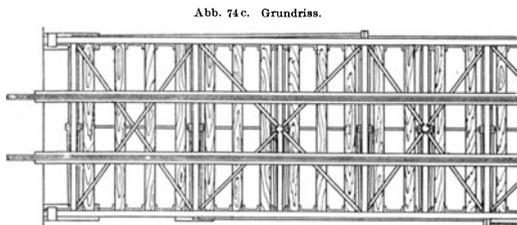


Abb. 74 c. Grundriss.

träger (von etwa 3 bis 5 m Weite) mit T oder U Querschnitten, auf denen Langschwellen-Oberbau verschraubt war. Für die Hauptträger grösserer Weiten verwendete man Trapez- und Bogen-Hängewerke verschiedener Konstruktion oder Bogenbrücken. Bemerkenswerth darunter ist die 1843 bis 1845 erbaute zweigleisige gusseiserne Bogenbrücke über die Kinzig bei Offenburg mit 5 Oeffnungen von 12,7 m Weite, die im Jahre 1851 in Folge von Unterspülung ihrer Pfeiler einstürzte. Ihr Langschwellen-Oberbau wurde von sechs in den Zwickeln durchbrochenen Bogenrippen T förmigen Querschnitts getragen, die je aus drei unter sich und mit

Brücke bei Magdeburg in der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn gebaut worden (Abb. 72).

Schweisseiserne Eisenbahnbrücken kamen in Deutschland erst um die Mitte des 5. Jahrzehnts auf, zuerst wohl auf den Linien der Niederschlesisch-Märkischen und der Berlin-Potsdamer Eisenbahn. Im Jahre 1846 führte Henz nach amerikanischem Vorbilde (S. 13) bei der Neissebrücke in Guben die engmaschigen Parallel-Gitterträger ein, deren aus je zwei zusammen genieteten Schienen gebildete Gurte über einander geflochtene und in ihren Kreuzpunkten vernietete Flachstäbe zwischen sich fasten (Abb. 73). Das Gitterflechtwerk wurde

aber bald aufgegeben. Schon im folgenden Jahre (1847) baute man am Bahnhofe Barmen-Rittershausen in der Strecke Elberfeld—Witten eine Wupperbrücke\*), deren Gitterträger-Wände zwei sich kreuzende Scharen von Flachstäben, ohne Flechtung, zeigten, während die Gurtquerschnitte, ähnlich wie bei Blechträgergurten, aus einer Platte und zwei Winkeln hergestellt waren (Abb. 74). Diese mit durchweg gusseisernen Querkonstruktionen versehene Brücke ist im Jahre 1874

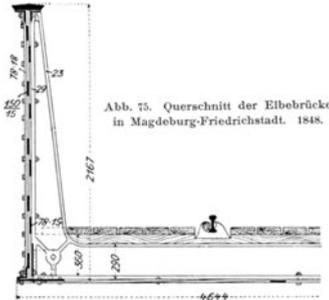


Abb. 75. Querschnitt der Elbebrücke in Magdeburg-Friedrichstadt. 1848.

durch eine Blechträger-Konstruktion ersetzt worden. Aehnliche Ausbildung wie die Wupperbrücke erhielten die 1848 gebauten Gitterbrücken über die alte Elbe, die Mittlelbe und die Stromelbe in Magdeburg (mit Weiten bis zu 21,3 m). Einige ihrer Ueberbauten stehen trotz ihrer gusseisernen Querkonstruktionen sogar heute noch im Betriebe, weil sie sich bisher gut gehalten haben, keinerlei Schwächung durch Rostbildung zeigen und weil sie keine Schnellzüge aufnehmen, sondern nur von höchstens zwei, zwischen Magdeburg und Magdeburg-Friedrichstadt verkehrenden Güterzügen befahren werden (Abb. 75). Zu erwähnen bleibt hier noch, dass auch die Saalebrücke bei Grizehna (1848) ganz schweisseiserne T Gurte besass (Abb. 76 und 77), während bei der kurz vorher gebauten Ruhrbrücke bei Altstaden\*) die Platte des Obergurts noch aus Gusseisen bestand.

verständlich und zeigen, wie man sich in jener Zeit, wo die Theorie noch in den Anfängen lag, praktisch zu helfen wusste. Alle diese kleineren, ursprünglichen eisernen Ueberbauten, ebenso wie die anfänglichen Holzbauten sind einige Jahrzehnte

Abb. 76—77. Saalebrücke bei Grizehna. 1848.

Abb. 76 a. Querschnitt.

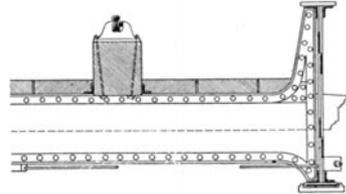


Abb. 76 b. Einzelheiten des Windverband-Anschlusses.

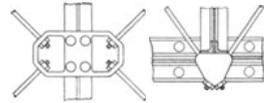
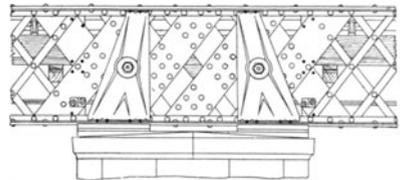


Abb. 77. Abstützung auf den Mittelpfeilern.

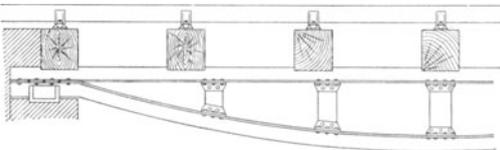


nach ihrer Einlegung nach und nach durch neuere Konstruktionen ersetzt worden. Dabei kamen fast ausschliesslich Blechträger in Anwendung, die bei den deutschen Eisenbahnen im Anfange des 6. Jahrzehnts, zuerst auf den hannoverschen Bahnlinien, eingeführt wurden, von wo aus sie auf die rheinische, westphälische und andere Linien übergingen.

Abb. 78. Fischbauchträger der Magdeburg-Halberstädter Eisenbahn. 1847.

Abb. 78 a. Ansicht.

Abb. 78 b. Querschnitt.



Für die kleinsten Weiten der ersten schweisseisernen Eisenbahnbrücken gebrauchte man auf oben genannten Bahnlinien vom Jahre 1846 ab sog. Schienenträger, aus zwei zusammengenieteten Schienen bestehend, und Fischbauchträger, ebenfalls aus zwei Schienen hergestellt, von denen die untere gekrümmt und mit Hülfe von Gussklötzen gegen die obere abgespreizt war (Abb. 78). In den Abb. 79—81 sind drei weitere Beispiele von älteren Konstruktionen für kleinere Weiten dargestellt: eine Gitterbrücke mit durchgesteckten Holzschwellen von der Ruhr-Sieg-Bahn (1857—61) und zwei Brücken mit Schienen-Bogenträgern von der Thüringer Bahn (1847) und von der Strecke Dortmund-Soest (1855). Die Anordnungen sind nach den Zeichnungen

\*) Ausgeführt von Johann Caspar Harkort in Harkorten, jetzt Gesellschaft Harkort in Duisburg.

Die Blechträger haben in Deutschland eine besonders tüchtige Ausbildung erfahren. Als man in Hannover mit den Entwürfen der eisernen Brücken für die Süd- und Westbahn beschäftigt war (1850), hat man eine Reihe von vergleichenden Belastungs-Versuchen mit Blechträgern und Gitterträgern angestellt<sup>75)</sup>. Man fusste damals auf Navier's Empfehlung und Berechnung des I Querschnittes und auf den Ergebnissen der Versuche von Hodgkinson, wonach die Zugfestigkeit des Schweisseisens sich grösser erwiesen hatte, als dessen Druckfestigkeit. Man versuchte deshalb u. a. festzustellen, einerseits in welcher Art bei den Vollwandbrücken das Material in den Träger-Querschnitten am günstigsten zu vertheilen sei und andererseits ob unter Beibehaltung der Navier'schen Annahmen bei gleichem Material-Aufwande eine volle dünnere Blechwand oder eine stärkere Gitterwand den

grösseren Widerstand leiste. Zu dem Zwecke hatte man verschiedene Modellbrücken in  $\frac{1}{3}$  der wirklichen Grösse gebaut und das schliessliche Ergebniss war die Ueberlegenheit der Blechwände gegenüber den gleich schweren Gitterwänden.

Im weiteren Verlaufe der Entwicklung der Blechträger führte die Nothwendigkeit der Versteifung der Stehbleche bald zu Zweifeln, ob es richtig sei, die Konstruktion nach der Navierschen Theorie zu berechnen. Schwedler wollte (1851) die hohen versteiften Blechträger als Ständerfachwerke aufgefasst und berechnet haben und Culmann schlug (1852) vor, selbst die kleinsten Blechwände bei ihrer Berechnung durch Schrägstreifen in Strebenfachwerke verwandelt zu denken. Andere Theoretiker gaben sich daran, die Schubspannungen in Blechwänden genauer zu ermitteln. Köpcke<sup>76)</sup> gab 1858 ihre erste zeichnerische Darstellung, wobei er betont, wie in Querschnitten, wo gleichzeitig starke Momente und Querkräfte wirken, die Grenzspannungen nicht mehr in den Rändern, son-

der Absteifung die gewöhnlichen praktischen Blechstärken (von mindestens 8 mm ab) vollauf genügen, um die unter der Last eintretenden Biegespannungen sammt den Schubspannungen mit Sicherheit aufzunehmen, rechnet man mit Recht nach möglichst einfachen Formeln. Schwieriger gestaltet sich die genaue Berechnung der Blechträger dort, wo sie als Querträger oder Längsträger Theile der Brückenfahrbahn bilden und in Folge ihrer festen Vernietung mit den Hauptträgern und unter Umständen auch durch Verbindung mit den Quer- und Windverbänden eigenartige Formänderungen zu erleiden haben. Auf diesen Punkt kommt Verfasser weiterhin (unter 22) besonders zurück.

### 19. Uebersicht der gegliederten Balkenbrücken.

Gleichzeitig mit der Einführung der Blechträger entwickelten sich die gegliederten Träger, von denen die ältesten deutschen Beispiele in den Abb. 73—77 bereits dargestellt wurden. Das grossartigste Beispiel, seiner Zeit in der ganzen Welt als ein

Abb. 79 a. Ansicht.

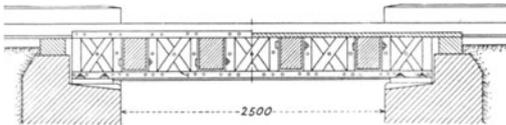


Abb. 79 d. Grundriss.

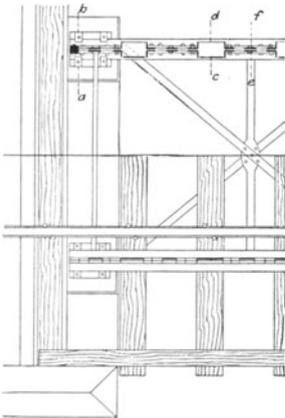


Abb. 79. Gitterbrücke der Ruhr-Sieg-Bahn. 1857.

Abb. 79 b. Querschnitt.

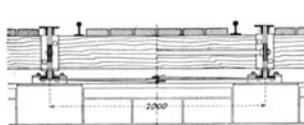


Abb. 79 c. Träger-Querschnitte.

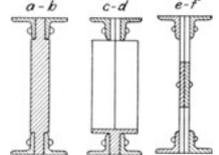


Abb. 80. Schienbogensträger der Thüringischen Eisenbahn. 1847.

Abb. 80 a. Ansicht.

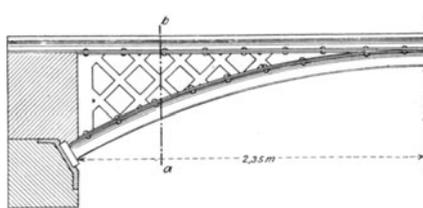
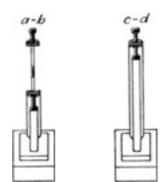


Abb. 80 b. Querschnitte.



dern im Innern dieser Querschnitte auftreten können. Die erste vollständige Berechnung der Blechträger, wobei auch für sämtliche Punkte eines Querschnittes die Hauptspannungen berechnet und dargestellt wurden, gaben (1857 bis 1863) Laissle und Schübler<sup>77)</sup>.

Inzwischen hatten sich auch die Gitterträger entwickelt, so dass man die Blechträger nur noch für kleinere Weiten verwendete. Die Bauten der Yssel-Brücke bei Westerwoort mit Weiten von 50 m (S. 18), der Spey-Brücke auf der Bahnstrecke Inverness — Aberdeen mit 70 m und der Garonnebrücke bei Langon mit 74,4 m (1855) stehen vereinzelt da. Heute verwendet man in Europa Blechträger in der Regel nur für Weiten von 15 m bis 20 m. In Amerika<sup>78)</sup> allerdings benutzt man sie (nach Waddell) regelmässig bis zu Weiten von 85 Fuss (etwa 25 m). Heute also, wo man ausserdem aus Erfahrung weiss, wie bei der gebräuchlichen Art

Wunder der Brückenbaukunst angestaunt, war der Bau der alten Brücken über die Weichsel bei Dirschau (Abb. 16) und über die Nogat bei Marienburg, für welche die Vorarbeiten zu einer Zeit in's Werk gesetzt wurden, als die Britannia-Brücke (Abb. 15) noch nicht eröffnet und wo man also im Balkenbrückenbau über eine Weite von etwa 200 Fuss (63 m) noch nicht hinaus gekommen war. Man plante in Dirschau Anfangs eine Hängebrücke und um die den damaligen Hängebrücken eigene grosse Beweglichkeit zu vermindern, so dass die Brücke, wenn auch nicht mit ganzen Eisenbahnzügen, so doch mit einzelnen Lokomotiven befahren werden konnte, plante man 5 grosse Oeffnungen von je 158 m Weite. Denn man wusste aus Erfahrung, dass sehr weit gespannte Kettenbrücken bedeutend weniger schwanken als geringweilige. Später aber, als Lentze, der Erbauer der Brücken, zusammen mit dem General-Baudirektor Mellin und dem Direktor der in Dirschau eigens für den Bau errichteten Maschinenbau-Anstalt (vergl. unter 23) den Britannia-Brückenbau an Ort und Stelle studirte, sah er die folgenreiche Bedeutung der grossartigen Schöpfung Stephenson's klar vor Augen. Er liess dementsprechend den Entwurf der Hängebrücke fallen und entschied sich für den Bau einer festen Brücke, ohne jedoch die Kastengestalt der Britannia-Brücke nachzuahmen. Lentze wählte eine Gitter-

brücke. Bei ihm bestanden allerdings noch Zweifel darüber, ob die Tragfähigkeit eines Ueberbaues von einer Weite, die noch um 4,4 m grösser war, als diejenige der Oeffnungen der Britannia-Brücke, den Berechnungs-Annahmen voll entsprechen würde. Deshalb befürwortete er Anfangs (wie S. 41 erwähnt), die Erbauung einer Probeöffnung in ganzer Grösse, die im Jahre 1851 auf dem Werkplatze in Dirschau belastet werden sollte.

So kamen die Dirschauer und Marienburger Gitterbrücken zur Ausführung in einer Gedeihenheit, die heute noch die Bewunderung der Fachmänner erregt. Bei diesen Bauten haben Theorie und Praxis der damaligen Zeit Vollendetes geleistet. Ihre Träger zeigen in der Gliederung der Tragwände bemerkenswerthe Fortschritte gegenüber den damaligen Gitterbrücken mit unverteilter Wand, die (wie die Neissebrücke bei Guben, die Ruhrbrücke bei Altstaden und die Saalebrücke bei Grizehna u. A.) durchweg gleichquerschnittige Gurtungen und gleich starke Gitterstäbe zeigten. Die Stärke, sowie auch die Abmessungen der Gitterstäbe sind den betreffenden Spannkraften (nach den Theorien von

ist in erster Linie des Ingenieurs Schinz zu gedenken, der fünf Jahre lang als Vorsteher des technischen Büreaus der Baukommission alle seine Kräfte dem grossen Werke widmete. Die Berechnung und konstruktive Durchführung des Entwurfes für das Eisenwerk war im Wesentlichen seine Arbeit. Auch lag ihm die Sorge ob für die Einrichtung der Arbeitsplätze mit sammt den Maschinen und Hilfsvorrichtungen zur Aufstellung der eisernen Ueberbauten. Wahrhaft tragisch war das frühe Ende des genialen Mannes. Seine tief sinnigen Berechnungen waren fertig; das erste Drittel des Eisenwerks war zusammen gesetzt; er hatte bereits genau berechnet, welche Krümmungen der vom Gerüst frei gemachte Gitterbalken unter dem Eigengewichte annehmen musste und erwartete mit grosser Spannung die Bestätigung seiner Angaben. Da erlag sein durch geistige Anstrengung und manche Bekümmerniss ermatteter Körper am 8. Oktober 1855 plötzlich einem Gehirnschlage. Es war ihm nicht mehr vergönnt, den Triumph seiner Arbeit zu erleben. Wenige Tage darauf und die Gitter schwebten frei von Pfeilern zu Pfeilern, genau in den Linien die seine Berechnungen vorher bestimmt hatten<sup>60</sup>).

Abb. 81. Schienen-Bogenträger der Dortmund-Soester Eisenbahnstrecke. 1855.

Abb. 81 a. Ansicht.

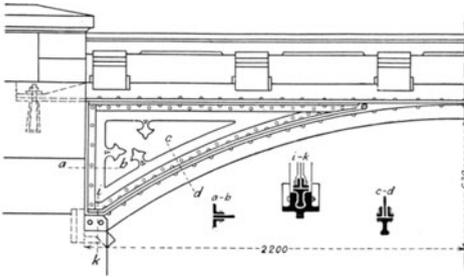
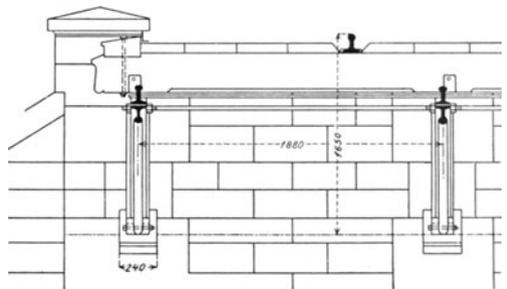


Abb. 81 b. Querschnitt.



Schwedler und Culmann) angepasst worden. Auch wurde die Gitterwand durch Winkeleisen-Ständer versteift und zwar (im Hinblick auf die Veränderlichkeit der Querkraft) derart, dass die Ständer in der Nähe der Lager dichter stehen als in der Trägermitte (Abb. 16). Die Dirschauer Brücke erhielt offene Zellgurte, aus Senkrecht- und Wagerechtplatten mit Hilfe von Winkeln gebildet, ferner gitterartige Querträger und gegliederte Querversteifungen über der Bahn. Ausserdem sind drei Gitter-Windverbände vorhanden, einer unter dem Untergurt und zwei über und unter dem Obergurt. Dagegen besitzt die Marienburger Brücke keine Zellgurte. In ihren beiden Gurten sind eigenthümlicher Weise die Wagerecht- und Senkrechtplatten staffelförmig von einer Gitterwand zur anderen geführt, wodurch die Gurte Dach- und Windverband zugleich bilden.

Lentze gebührt das grosse Verdienst, die bis dahin stets bezweifelte Möglichkeit der Ueberbrückung unserer grossen nordischen Ströme mittels fester Brücken zuerst bewiesen zu haben. Der Muth des hervorragenden Mannes, der mit den vergleichsweise unvollkommenen wissenschaftlichen und technischen Hilfsmitteln seiner Zeit die persönliche Verantwortung für das Gelingen des grossen Werkes zu übernehmen wagte, verdient die volle Anerkennung der Nachwelt. Lentze hatte es auch verstanden, eine grosse Zahl von ausgezeichneten Hilfskräften dauernd um sich zu sammeln, worüber Näheres weiterhin (unter 23) zu vergleichen ist. An dieser Stelle

Schinz liegt auf dem Dirschauer Kirchhofe begraben, im Angesicht der Werke, deren ruhmvolles Gelingen zum grossen Theil auch ihm mit zu verdanken war. Ein Denkmal von poliertem Granit, das die Staatsregierung ihm setzen liess, bezeichnet seine Ruhestätte. Die Inschriften des Denkmals lauten in gothischen Buchstaben:

Vorderseite:  
Rudolph Eduard Schinz  
Ingenieur  
Geboren in Zürich  
am 17. April 1812  
gestorben in Dirschau  
am 8. Oktober 1855.

Rückseite:  
Dem Andenken  
an das verdienstvolle Wirken  
ihres Mitarbeiters  
am Bau der Weichsel- und  
Nogatbrücken.  
Die Königliche Bauverwaltung.

In der folgenden Tabelle, die alle geschichtlich bemerkenswerthen gegliederten Balkenbrücken Deutschlands aus dem 6. Jahrzehnt enthält, folgt unmittelbar auf die Weichsel- und Nogatbrücken eine Brücke der bayerischen Maximiliansbahn, deren Träger als Vorläufer der Pauli-Träger anzusehen sind.

Tabelle I.

## Bemerkenswerthe deutsche Balkenbrücken im 6. Jahrzehnt (1850- 1860).

No.	Zeit der Erbauung	Name und Lage der Brücke	Entwurf-Verfasser. Ausführendes Werk	Oeffnungen		Träger-System
				Zahl	Weite m	
1	1850-57	Alte Brücken 1) über die Weichsel bei Dirschau. 2) über die Nogat bei Marienburg, Linie Berlin-Königsberg.	Lentze. Staatsbau in Regie.	6	130,9	Offene Zellengurte. Engmaschige versteifte Gitterwand. Ueber 2 Oeffnungen durchgehende Träger. Abb. 16, 62 und 67.
				2	101,4	
2	1852	Strassenbrücke über die Enz bei Pforzheim.	Gebrüder Benkiser Pforzheim.	1 1	31,0 28,0	Engmaschige Gitterwände aus Flacheisen.
3	1853	Günzbrücke bei Günzburg auf der bayerischen Maximiliansbahn, Linie Augsburg-Ulm.	Pauli. Klett & Cie., Nürnberg.	1	12,3	Abb. 82 u. 83. Vorläufer der Pauli-Träger.
				1	10,3	
4	1853	Strassenbrücke über den Neckar in Untertürkheim.	Maschinenfabrik Esslingen.	3	29,0	Die erste eiserne Brücke Württembergs. Engm. Gitterwände a. Flacheisen. Obergurt aus Schmied- od. Gusseisen.
5	1854	Eisenbahnbrücke über die Mulde bei Bockau, Linie Chemnitz-Aue.	Königin Marienhütte Cainsdorf bei Zwickau.	3	36,0	Erste eiserne Brücke in Sachsen. Engmaschige durchgehende Gitterwände aus Flacheisen
6	1854	Wiesenbrücke bei Basel. Badische Staatseisenbahn.	Gebr. Benkiser, Pforzheim.	1	44,0	Engmaschige Gitterwände.
7	1855	Lippe-Brücke der Köln-Mindener Bahn.	—	2	27,2	Engmaschige Gitterwände aus Flacheisen.
				2	17,7	
8	1855-59	Eisenbahn- und Strassenbrücke über den Rhein zwischen Köln und Deutz, Linie Köln-Minden.	Lohse. Köln-Mindener Eisenbahn-Gesellschaft in Regie.	4	99,0	Engmaschige Gitterträger, wie beschrieben.
9	1856	Oderbrücke b. Oswitz d. Oberschlesischen Bahn.	—	1	31,4	Engmaschige Gitterwände aus Flacheisen. Mit einer Drehbrücke von 9,4 m Weite.
10	1856	Ockerbrücken der braunschweigischen Südbahn.	—	3	27,4	Engmaschige Gitterwände aus Flacheisen.
				1	14,3	
				1	11,7	
11	1857	Isarbrücke bei Grosshesselohe, Linie München-Salzburg.	Pauli, Werder. Klett & Cie., Nürnberg.	2	52,0	Abb. 26. Wie beschrieben.
12	1857	Erstes Gleis der Rheinbrücke bei Mainz, Hessische Ludwigsbahn.	Pauli, Werder, Gerber. Gesellschaft Nürnberg.	4	105,2	2. Gleis. 1870. Dazu 24 Oeffnungen von 15,8 bis 35,0 m Weite. Pauli-Träger.
13	1857	Flackensee-Brücke bei Erkner, Linie Berlin-Frankfurt a. O.	Schwedler, Malberg.	1	25,7	Parallelträger mit Ständer-Fachwerk und Kreuzstreben in allen Feldern. + Querschnitt der Stäbe.
14	1857-58	Moselbrücke bei Coblenz, linksrheinische Eisenbahn.	Hartwich. Gesellschaft Harkort.	4	41,4	Viertheiliges Streben-Fachwerk mit T-Querschnitten und Ständerversteifung.
15	1858	Eisenbahnbrücke über die Ilmenau bei Bienenbüttel, Strecke Lüneburg-Uelzen.	v. Kaven.	4	16,6	Erstes deutsches eintheiliges Ständerfachwerk mit Gegenstreben.
16	1858	Brücke über die Kinzig bei Offenburg, badische Eisenbahn.	v. Ruppert.	1	62,8	Engmaschige Gitterwände aus Flacheisen, Versteifung des Gitters durch Parallelschienen.
17	1858-60	Alte Eisenbahnbrücke über den Rhein zwischen Kehl und Strassburg, badische Staatseisenbahn.	Keller. Gebr. Benkiser, Pforzheim.	3	60,0	Engmaschige Gitterträger, wie beschrieben, über den drei mittlern Strompfeilern durchgehend. 4 Oeffnungen von je 26 m mit Drehbrücken. Abb. 63.
18	1858-60	Eisenbahn- und Strassenbrücke über die Nahe bei Bingen, linksrheinische Eisenbahn.	Hartwich. Gesellschaft Harkort.	3	34,5	Viertheiliges Strebenfachwerk mit T-Querschnitten und Ständerversteifung.
19	1859	Kinzigbrücke bei Kehl, badische Eisenbahn.	Keller.	1	35,4	Engmaschige Gitterwände aus Flacheisen.
				2	32,4	
20	1859-60	Rheinbrücke der Strecke Waldshut-Coblenz, badische Staatseisenbahn.	Gerwig. Gebr. Benkiser, Pforzheim.	1	55,0	Engmaschige Gitterwände über 3 Oeffnungen durchgehend. Flacheisenstäbe.
				2	37,2	

Die 1853 dem Betriebe übergebene Brücke über die Günz bei Günzburg in der Linie Augsburg—Ulm ist nach dem Entwurfe des Oberbauraths v. Pauli durch die Maschinenfabrik Klett & Cie. in Nürnberg hergestellt worden\*). Ihre eigenartig ausgebildete Konstruktion mit der hölzernen durch Eisen verstärkten Fahrbahntafel, wie sie aus den Abb. 82 u. 83 zu ersehen ist, bewährte sich nicht\*\*). Mitte 1854, während ein Zug die Brücke befuhr, knickten die Obergurte einer Öffnung seitlich aus, aber ohne dass der Ueberbau einstürzte. Die Ueberbauten beider Öffnungen wurden darauf abgetragen, in der Nürnberger Fabrik verbessert und im Mai 1855 dem Betriebe wieder übergeben. Nachdem dann im April 1856, um die seitlichen Ausbiegungen der Obergurte zu vermindern, unter den Fahrschienen starke Holzlangschwellen angebracht worden waren, hielt die Konstruktion sich bis zum Jahre 1868, um welche Zeit sie endgültig

sind, wie vorerwähnt, erst nachträglich eingelegt worden. Aus alle dem geht hervor, dass die Knickfestigkeit des Obergurtes nach unseren heutigen Anschauungen konstruktiv nicht gewährleistet war.

Das zweite der Erstlingswerke Pauli's, die 1857 gebaute\*) Brücke über die Isar bei Grosshesselohe in der Linie München—Rosenheim—Salzburg (Abb. 26) zeigt im Vergleich zur Günzbrücke bedeutende Verbesserungen. Sie entstand gleichzeitig mit der von Schwedler konstruirten Flackenseebrücke der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn und enthält, wie diese, überraschend einfache, wohl durchdachte Konstruktions-Einzelheiten. Die oben liegende Fahrbahn wird von vier Hauptträgern gestützt, deren Obergurt im Querschnitt einen aus 4 Winkeln gebildeten oben und unten offenen Kasten zeigt, während der Untergurt ein durch konische Bolzen zusammen gehaltener Flacheisen-Bandgurt ist.

Abb. 82 und 83. Günzbrücke der Linie Augsburg-Ulm bei Günzburg. 1853.

Abb. 82 a. Ansicht.

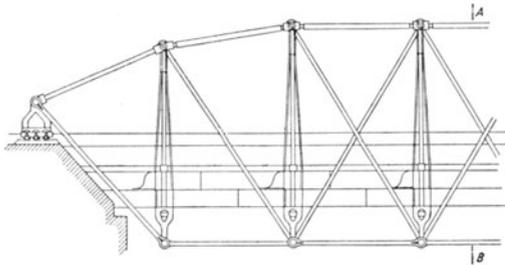


Abb. 82 b. Querschnitt.

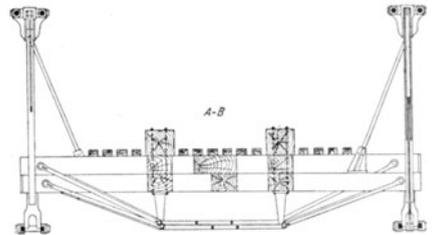
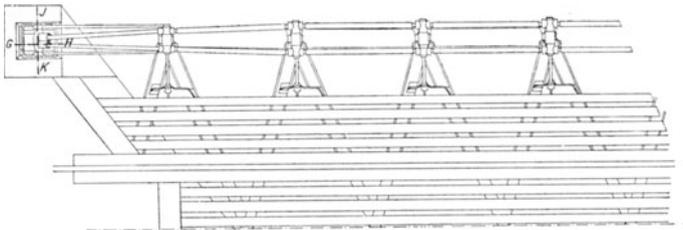


Abb. 82 c. Grundriss.



beseitigt und durch Blechträger-Ueberbauten ersetzt werden musste.

Wenn man die ohne besondere Erläuterungen verständliche Konstruktion der Günzbrücke (in den Abb. 83) betrachtet und ihre Einzelheiten mit den heute gebräuchlichen vergleicht, so lernt man den Standpunkt der damaligen Brückenbauer besser verstehen, als durch viele Beschreibungen. Zuerst ins Auge fallend ist die Abwesenheit aller Formeisen, es kommen allein Rund- und Vierkant-eisen zur Verwendung und demgemäss werden sämtliche Verbindungen durch Bolzen oder Schrauben, mit Hilfe von gusseisernen Muffenstücken bewirkt. Die Gegenstrebe im 2. Trägerfelde fehlt (Abb. 82a); ebenso fehlt ein Windverband zwischen den Gurten, ein solcher wird nur nothdürftig durch den Dreieck-Verband der Querschwellen der Fahrbahn gebildet (Abb. 82c). Die Langschwellen unter den Schienen

Die durch die Obergurt-Öffnungen führenden Ständer bestehen aus Winkeln, die in Abständen von 1 m durch Schraubbolzen mit einander verbunden sind. Die Verbindung der Wandstreben mit den Knotenplatten erfolgt durch Verbolzung. Die zu beiden Seiten mit Auslegern versehenen Querträger, ebenso wie die unter den Schienensträngen liegenden Längsträger zeigen gegliederte Wand, erstere Dreieck-Strebenwerk, letztere Fachwerk mit Gegenstreben. Zwischen den Obergurtnoten liegt ein aus Winkelisenständern und Flacheisen-Gegenstreben hergestellter Windverband, während zwischen den Untergurtnoten Rundeisen eingespannt sind, die zusammen mit in den Ständerebenen liegenden Flacheisenkreuzen die Wirkung des oberen Windverbandes ergänzen. Ausserdem sind in den durch Längs- und Querträger-Obergurte gebildeten Feldern noch wagerechte Windkreuze eingelegt. Beachtet man neben allen diesen bemerkenswerthen Einzelheiten noch die damals noch neuen Berührungs-Kipplager so muss die Isarbrücke, gegenüber dem misslungenen Versuch bei der Günz-

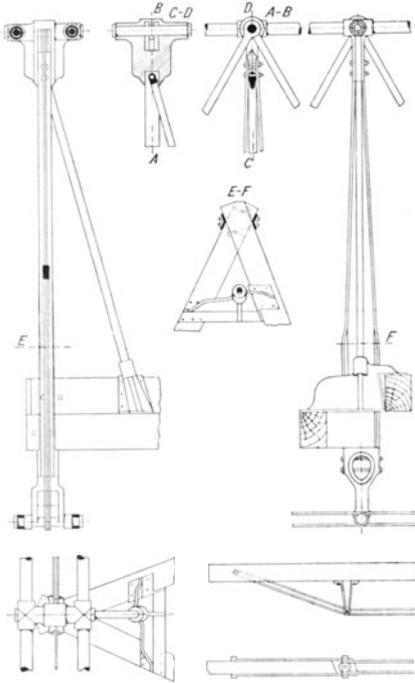
\*) Die spätere Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg.

\*\*) Nach Mittheilung der Königl. Generaldirektion der Bayerischen Staatsbahnen.

\*) Von Klett &amp; Cie., die spätere Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg.

brücke, vollendet erscheinen. In der That bekunden die von Pauli, unter sehr thätiger Mitwirkung der genannten Nürnberger Werkstatt geschaffenen Ueberbauten der Isarbrücke im Ganzen betrachtet für die damalige Zeit, wo ausser den

Abb. 83. Einzelheiten vom Bau der Günzbrücke. 1853.



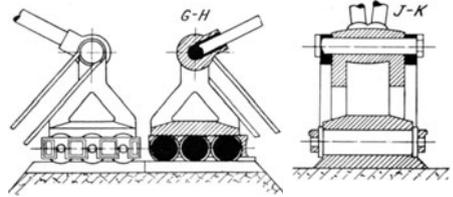
Gitterbrücken über die Ruhr bei Altstaden, über die Saale bei Grizehna (Abb. 76 und 77) und über die Weichsel bei Dirschau (Abb. 16) bedeutendere deutsche Eisenbahnbrücken noch gar nicht vorhanden waren, einen grossen Fortschritt in

prellt wurden. Ein Gleiches geschah bei der Isarbrücke bis zu einem Zuge von 1140 kg/qcm. Auch das Reinigen des Eisens vor dem Anstrich, das Grundiren und das Auftragen der Deckanstriche erfolgte damals bereits in ähnlicher Weise, wie es heute überall geübt und vorgeschrieben wird.

Die Ueberbauten der Isarbrücke dienen heute noch für eingleisigen Betrieb und sind wesentlich unverändert geblieben. Nur die Wandstreben wurden in den letzten Jahren künstlich gespannt, um deren Ausbiegungen unter der Verkehrslast für die Folge zu vermeiden (S. 16). Auch sind die Holzlangschwellen durch Eisen-Längsträger mit darüber liegenden Holzquerschwellen ersetzt worden.

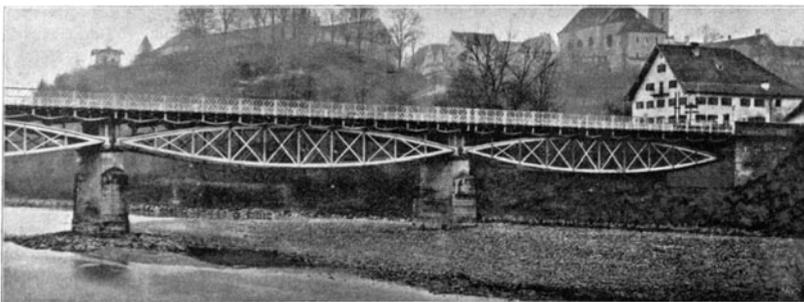
Bis zum Beginn des 7. Jahrzehnts ist das System Pauli bei mehreren kleineren Brücken der Bayerischen

Abb. 83a. Lager der Gönzbrücke. (Schnitte aus Abb. 82c.)



Bahnen wiederholt zur Ausführung gekommen; ausserdem baute das Nürnberger Werk mehrere Strassenbrücken nach dem System. Ein Beispiel bietet die 1866 gebaute Strassenbrücke über den Lech bei Schongau (Abb. 84) mit 3 Öffnungen von je 27 m Weite, deren Fahrbahntafel aus Tonnenblechen gebildet wurde. Weitere Beispiele unter No. 2, 6 und 32 der Tabelle II. Daneben wurden vom Jahre 1858 ab auch verschiedene Gitterbrücken und Blechträgerbrücken, sowie auch Schienen-Sprengwerke gebaut. Die letzte und bedeutendste Anwendung des Systems Pauli war der Bau der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz (1857 bis 1870) in der Hessischen Ludwigsbahn (vergl. No. 12 der Tabelle I).

Abb. 84. Strassenbrücke über den Lech bei Schongau. 1866.



der Entwicklung der gegliederten Konstruktionen. Besonders anerkennenswerth für die damalige Zeit war auch die Sorgfalt, die man in der Werkstatt auf die Prüfung und Behandlung des Materials verwendete. Schon beim Bau der Günzbrücke wurden alle Schweisseisentheile der Konstruktion auf der Werder-Maschine (S. 49) auf Druck und Zug geprüft, wobei die gezogene Stäbe mit Hilfe schwerer Hämmer ge-

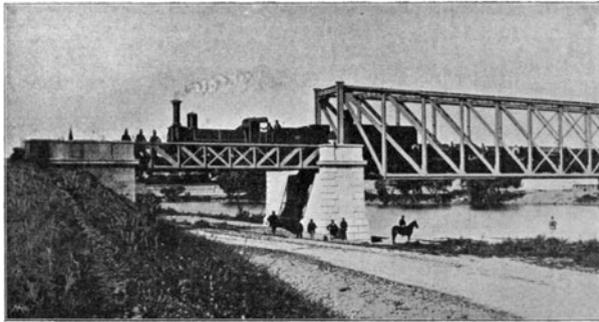
Die in der Tabelle I mit aufgeführten Gitterbrücken sind im Wesentlichen nach dem Vorbilde der alten Weichselbrücke angeordnet worden. Doch weisen die Kölner und Kehler Brücken bereits einige selbständige Verbesserungen auf. Die Kölner Brücke besteht aus zwei für Strasse und Eisenbahn ganz getrennte Ueberbauten und die Hauptträger der Eisenbahnbrücken besitzen Doppel-Gitterwände, deren Ver-

steifung durch zwischen genietete Gitterstäbe erfolgt, während die Hauptträger der Strassenbrücke nur einfache Gitterwände erhalten haben, die durch Ständer (bestehend aus Platten und Winkeln) versteift sind. Die Hauptträger-Gurte erhielten T-Querschnitte, wie sie schon die Saalebrücke bei Grizehna zeigte (Abb. 76). Die Kehler Brücke besitzt für die beiden Eisenbahn-Gleise drei Hauptträger mit einfachen Gitterwänden und auf beiden Brückenseiten liegen die Fusswege auf Auskragungen, die mit den äusseren Gitterwänden vernietet sind. Neu ist bei beiden alten Rheinbrücken auch die Ausbildung der Querträger als Blechträger, im Gegensatz zu den gegliederten Querträgern der älteren Brücken. Die Kehler Brücke besitzt überdies einen oberen Windverband, der aus Winkelisen gebildet ist und dessen Ständer durch Blechecken und Winkelsteifen mit den Gitterwand-Ständern vernietet sind.

Unter den sonst in der Tabelle I verzeichneten Bauwerken sind besonders noch hervorzuheben die Kinzigbrücke von v. Ruppert, die Flackenseebrücke von Schwedler und die Ilmenaubrücke von v. Kaven. In

werk aufzufassen, weshalb auch Winkler ein derartiges Wandsystem (unter Fortlassung der Ständer) als zweifaches Strebenfachwerk berechnete (S. 15). Die Flackenseebrücke zeigt ebenso bemerkenswerthe Neuerungen wie die beschriebene Isarbrücke. Neu sind hier namentlich die Kreuz-Querschnitte der Wandstäbe und die Kreuzgurte, sowie die über den Querträgern liegenden durchgehenden Schienen-Längsträger und die einfachen klaren Verbindungen und Anschlüsse aller Theile, unter Verwendung von Platten und Winkeln. Nicht ganz einwandfrei erscheint der amerikanischer Bauart nachgebildete Windverband in sofern, als zum Anspannen seiner Streben in deren Anschlüssen Keilvorrichtungen angebracht sind. In seinen Berechnungen hatte Schwedler die Spannungen der einzelnen Theile wie folgt ermittelt: Gurte 520 kg; Wandstreben 430 kg; Wandzugbänder 580 kg; Querträger 560 kg; Längsträger 300 kg/qcm. Dabei hatte er gebührend Rücksicht genommen auf die nothwendige Sicherheit gegen Ausknicken der Druckstäbe und auf die erhöhte Beanspruchung der Fahrbahntheile durch die Stösse der Verkehrslast.

Abb. 85. Donaubrücke bei Ingolstadt. 1869.



der Konstruktion Ruppert's, die an Stelle der 1851 eingestürzten gusseisernen Bogenbrücke errichtet wurde (S. 50), war nach keiner Richtung hin ein Fortschritt zu erblicken, obwohl ihre neuen Einzelheiten seiner Zeit nicht geringes Aufsehen erregten<sup>78)</sup>. Die Verwendung von durchweg gleichquerschnittigen Gurten und gleich starken Flacheisen-Gitterstäben, ohne Versteifung durch Ständer, muss sogar als ein Rückschritt gegenüber den oben besprochenen Gitterbrücken bezeichnet werden. Ganz bedenklich aber erscheinen die Querträger Ruppert's, die aus breitbasigen Schienen als Trapez-Sprengwerke gebildet sind, deren Schub durch wagerechte, unter der Fahrbahn liegende Zugstangen aufgehoben wird. Wenn Ruppert bei den gleichzeitig mit der Kinzigbrücke gebauten oberungarischen Gitterbrücken über die Eipel und Gran bei grösserer Maschenweite der Wand die eine der beiden Gitterstabscharen aus drucksicheren sog. Brückenschienen gebildet hat, so war das gewiss zweckmässig, aber nicht mehr neu, denn Schwedler und Malberg hatten dasselbe bereits früher beim Bau der Flackenseebrücke gethan, aber in noch konstruktiverer Weise.

Die Wandgliederung der Flackenseebrücke ist kein reines Ständerfachwerk, weil in allen Ständerfeldern Kreuzstreben eingezogen sind. Sie ist richtiger als weitmaschiges Gitter-

Erst mit dem Bau der Ilmenau-Brücke wurde der Uebergang von der weitmaschigen durch Ständer versteiften Gitterwand zum einfachen Ständerfachwerk mit Gegenstreben bewusst vollzogen, doch konnte diese Konstruktion Anfangs gegenüber den mehr und mehr überhand nehmenden mehrfachen reinen Strebenfachwerken lange nicht aufkommen (S. 15). Die Moselbrücke bei Coblenz (No. 14) und die Nahebrücke bei Bingen (No. 18) mit ihrem viertheiligem versteiftem Streben-Fachwerk fanden zahlreiche Nachahmungen.

In der Tabelle II, die eine weitere Reihe geschichtlich bemerkenswerther Brücken aus dem 7. Jahrzehnt enthält, sind viele Brücken kleinerer Weite nicht aufgenommen, die in ihrer Wand das zweitheilige Strebenfachwerk zeigen, wie es zuerst bei der Brücke No. 3 erschien. Darunter auch einige Brücken Gerber'scher Bauart. Das dreitheilige Streben-Fachwerk ist nur in No. 1 vertreten. Das dreitheilige Ständer-Fachwerk findet sich nur bei No. 4 und 25, das zweitheilige bei No. 5, 10, 21 und 24. Die engmaschigen Gitterwände treten langsam zurück (No. 12, 13, 18), bis schliesslich das eintheilige Ständerfachwerk mit Gegenstreben das Feld zu beherrschen beginnt (No. 19, 20, 26, 29).

Tabelle II\*.)  
Bemerkenswerthe deutsche Balkenbrücken aus dem 7. Jahrzehnt mit Weiten über 35 m.

No.	Zeit der Erbauung	Name und Lage der Brücke	Entwurf—Verfasser. Ausführendes Werk	Oeffnungen		Träger-System
				Zahl	Weite m	
1	1861	Innbrücke bei Passau, Bayerische Ostbahn.	Gesellschaft Nürnberg.	1	90,4	3 theiliges Streben-Fachwerk mit Doppelwänden.
2	1863	Strassenbrücken über die Donau bei Kelheim. bei Deggendorf.	Gerber. Gesellschaft Nürnberg.	5 8	38,0 38,0	Pauli-Träger. Fahrbahn oben, aus Holzbohlen auf hölzernen Längsträgern.
3	1863—64	Brücke bei Oberlahnstein in der Eisenbahnlinie Coblenz-Oberlahnstein.	Hartwich. Gesellschaft Harkort.	1 2	42,4 32,0	Erstes deutsches zweitheiliges Streben-Fachwerk mit Doppelwänden. Streifengurte in den kleinen Oeffnungen.  Gurte.
4	1863—64	Brücke über den alten Rhein bei Griethausen, Eisenbahnlinie Cleve-Zevenaar.	Hartwich. Gesellschaft Harkort.	1 a. 20 kleine	100,4	3 theiliges Ständer-Fachwerk; sog. System Mohnié.  Gurte.
5	1864	Weserbrücke bei Corvey in der Altenbeken-Holzmindener Eisenbahnlinie.	Schwedler. Gutehoffnungshütte.	4	58,3	Schwedler-Träger mit 2 theiligem Ständer-Fachwerk, worin die Endstrebe eines der Fachwerke fehlt. Doppelgurte aus einer Verbindung von Kreuz- und T-Form. 
6	1861	Aurachbrücke bei Euskirchen in der Strecke Würzburg-Nürnberg.	Pauli. Gesellschaft Nürnberg.	3	37,0	Pauli-Träger.
7	1865	Donaubrücke bei Scheer in der Donaubahn. Württemberg. Staats-Eisenbahn.	Königl. Eisenbahnbau-Kommission, Maschinenfabrik Esslingen.	2	38,0	Halbparabelträger. Ausserdem 2 von je 19 m mit Parabelträgern. In einer Krümmung von 458 m.
8	1865	Kinzigbrücke bei Steinach. Badische Staats-Eisenbahn.	Gebr. Benkiser, Pforzheim.	1	62,0	Parabel-Träger mit Gegenstreben-Fachwerk.
9	1865	Tauberbrücke bei Gerlachsheim. Odenwaldbahn.	Keller.	1 2	36,0 18,0	Halbparabel-Träger.
10	1865—67	Eisenbahn- u. Strassenbrücke über den Rhein zwischen Ludwigshafen und Mannheim.	Gebr. Benkiser, Pforzheim.	3	89,0	Parallelträger mit 2 theiligem Ständer-Fachwerk, ohne Vernietung an den Kreuzungs-Punkten.
11	1865—68	Brücke über die Weser in Bremen, in der Bremen-Oldenburger Bahn.	Berg.	3	48,2	Bogensehnen-Träger. Mit einer zweiarmigen Drehbrücke.
12	1865—73	Brücken der Donaubahn der Württemb. Staatsbahnen. 1) bei Sigmaringen } über die 2) bei Rechtenstein } Donau 3) über die Lauchert b. Sigmaringendorf.	Königl. Eisenbahnbau-Kommission, Maschinenfabrik Esslingen.	1 2 1 1	60,0 39,3 25,8 45,3	Engmaschige Parallel-Gitterwände mit T-Stäben.
13	1866	Kocherthal-Brücke bei Tullau. Württemb. Staatsbahn.	Königl. Eisenbahnbau-Kommission, Maschinenfabrik Esslingen.	3	50,2	Engmaschiges Streben-Fachwerk mit Doppelwänden. 4 durchgehende Träger für 2 Gleise.
14	1866	Neckarbrücke bei Neckarhausen. Württemb. Staatseisenbahn.	Gebr. Benkiser, Pforzheim.	3	32,2	Parallel-Fachwerk.
15	1866	Tauberbrücke bei Gerlachsheim. Bad. Staatseisenbahn.	Gebr. Benkiser, Pforzheim.	1 2	37,0 19,0	Parabelträger mit Gegenstreben-Fachwerk.
16	1866—67	Parnitzbrücke bei Stettin in der Berlin-Stettiner Eisenbahn.	Schwedler. Köln. Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft in Bayenthal.	2	37,7	Schwedler-Träger. Dazu Drehbrücke mit 2 Oeffnungen von je 12,6 m Lichtweite.
17	1867—68	Oderbrücke bei Stettin, Berlin-Stettiner Eisenbahn.	Schwedler. Gutehoffnungshütte.	1 1 1	39,5 52,7 44,2	Schwedler-Träger. Dazu Drehbrücke mit 2 Oeffnungen von je 12,6 m Lichtweite.
18	1867	Bühlerthal-Brücke bei Vellberg, Württemb. Staatsbahn.	Königl. Eisenbahnbau-Kommission, Maschinenfabrik Esslingen.	3	62,0	Engmaschiges Streben-Fachwerk mit Doppelwänden. 4 durchgehende Träger für 2 Gleise.

\*) In den Tabellen I bis VI bedeuten die gesperrgedruckten Namen stets die Entwurf-Verfasser. Deren Namen liessen sich aber nicht überall genau ermitteln.

No.	Zeit der Erbauung	Name und Lage der Brücke	Entwurf-Verfasser Ausführendes Werk	Oeffnungen		Träger-System
				Zahl	Weite m	
19	1867	Strassenbrücke über den Main bei Hassfurt.	Gerber. Gesellschaft Nürnberg.	1 2	37,9 23,9	Erster Gerber-Träger. Eintheiliges Ständer-Fachwerk. Holz-Fahrbahn. Abb. 36.
20	1867	Sophienbrücke über die Regnitz in Bamberg.	Desgl.	1 2	42,8 26,6	Gerber-Träger. Eintheiliges Ständer-Fachwerk. Schotter auf Tonnenblechen.
21	1867	Elbebrücke bei Meissen in der Strecke Borsdorf-Meissen.	Gesellschaft Harkort.	3	51,0	Halbparabel-Träger. Zweitheiliges Ständer-Fachwerk.
22	1867—68	Elbebrücke bei Hämerten in der Berlin-Lehrter Eisenbahn.	Schwedler. Gesellschaft Harkort.	5 4 8	63,4 37,7 31,5	Schwedler-Träger m. eintheiligem Ständer-Fachwerk in den kleinen, zweifachem in den grossen Öffnungen. Dazu eine Drehbrücke mit 2 Öffnungen von je 13 m.
23	1868	Tauberbrücken: 1) bei Gamburg. 2) bei Bronbach.	Gebr. Benkiser, Pforzheim.	1 2 1 2	34,8 27,6 30,6 24,0	Parallel-Fachwerk.
24	1868—69	Donaubrücke bei Ingolstadt, Linie München-Gunzenhausen.	Gerber. Gesellschaft Nürnberg.	3	53,9	Parallelträger mit 2 theiligem Ständer-Fachwerk. Einfache Wände. Eigenartige + Gurte der Hauptträger. Abb. 85.
25	1868—70	König-Wilhelms-Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Hamm. Strecke Düsseldorf-Neuss.	Pichler. Gesellschaft Harkort.	4	105,9	Halbparabelträger. 3 theiliges Ständer-Fachwerk. 1 Drehbrücke mit 2 Oeffnungen von je 13,4 m und 15 Steingewölbe von je 18,8 m.
26	1869	Ruhrbrücke bei Hattingen, Bergisch-Märkische Bahn.	Gutehoffnungshütte.	4	40,8	Schwedler-Träger mit eintheiligem Ständer-Fachwerk.
27	1869	Elbebrücke bei Magdeburg in der Eisenbahnlinie Potsdam-Magdeburg.	Schwedler.	5 10	63,0 31,5	Wie No. 22.
28	1869	Strassenbrücke über die Brahe in Bromberg.	Schwedler.	1	36,7	Offene Schwedler-Träger mit eigenartig versteiften Ständern u. Gurten. Abb. 86.
29	1869	Isarbrücke bei München. Linie München-Braunau.	Gerber. Gesellschaft Nürnberg.	3	50,2	Parallel-Träger mit eintheiligem Ständer-Fachwerk und Gegenstreben.
30	1869	Tauberbrücke bei Mergentheim. Württemb. Staatseisenbahn.	Gebr. Benkiser, Pforzheim.	1 2	35,6 15,0	Parallel-Fachwerk.
31	1869	Nagoldbrücken der Württemb. Schwarzwaldbahn.	Maschinenfabrik Esslingen.	9	von 47,0 bis 63,0	Parallel-Fachwerk.
32	1869—70	Strassenbrücke über die Wertach in Kaufbeuren.	Gerber. Gesellschaft Nürnberg.	1	49,0	Pauli-Träger. Schotter auf Wellblech.

Der hervorragendste Konstrukteur der obigen Entwicklungs-Perioden des 6. und 7. Jahrzehnts war Schwedler, der ein weites grosses Schaffensgebiet Jahrzehnte lang im In- und Auslande fast souverain beherrschte. Schwedler (1823 bis 1894), der schon in jungen Jahren als Bauführer den Kölner Preis gewann (S. 12) und etwa um dieselbe Zeit mit seiner ersten bahnbrechenden theoretischen Arbeit hervortrat<sup>79)</sup>, war von seinem im Jahre 1858 erfolgten Eintritte in das preussische Ministerium der öffentlichen Arbeiten bis zu seinem Abgange im Jahre 1891 der geistige Urheber fast aller wichtigen Eisenkonstruktionen der preussischen Bauverwaltungen. Er war ein Konstrukteur und Theoretiker ersten Ranges, der sich nie in unpraktischen Spekulationen verlor. Bezeichnend für seine Denkweise sind die S. 38 bereits mitgetheilten Sätze aus seiner ersten theoretischen Arbeit. Verfasser, der das Glück gehabt hat, mehrere Jahre mit dem Meister in dienstlicher Verbindung zu stehen, erinnert sich

aus dem mündlichen Verkehr mit ihm noch vieler treffender Aussprüche, aus denen zweifellos hervorging, wie Schwedler bis an sein Lebensende der obigen Denkweise getreu handelte und deshalb auch seinen Hilfsarbeitern bei ihren Entwürfen volle Freiheit liess, sobald er deren Befähigung erkannt hatte. Im hohen Maasse war dem Meister das sog. praktische Gefühl eigen, das den Besitzer befähigt, unzweckmässige oder minderwerthige Konstruktions-Einzelheiten als solche auf den ersten Blick zu erkennen (S. 38). Mit dem lakonischen Ausspruche „So etwas macht man nicht!“ wurden derartige Dinge von ihm verworfen, ohne dass er die erlauternden ausführlichen Berechnungen auch nur angesehen hätte. In einem ähnlichen Falle, wo Verfasser eine etwas ungewöhnliche Konstruktion versucht und vorgelegt hatte, lehnte Schwedler diese mit den Worten ab: „Es wäre ja sehr schön, das haben wir ja früher auch schon versucht, es geht aber wirklich nicht.“ Das Verzeichniss der schriftstellerischen

Arbeiten Schwedler's, die sich auf alle Konstruktions-Gebiete der Hoch- und Ingenieurbaukunst erstrecken, findet sich im Schlusse des Nachrufes von Sarrazin<sup>80)</sup>; Zeugen seiner praktischen Thätigkeit als Konstrukteur sind zu Hunderten in der ganzen Welt verstreut.

Der erste deutsche Bogen-schnenträger, die Brahebrücke bei Czernikow in der Eisenbahn Bromberg—Thorn (mit 2 Öffnungen von je 25,4 m Weite) rührt von Schwedler her, ebenso führte er die symmetrischen  $\perp$ - und H-Gurte ein, sowie auch die Verbindungen von Kreuzformen mit T-Formen (No. 5, 22 und 27). Bemerkenswerth ist auch die offene Schwedler-Brücke über die Brahe in Bromberg, deren Gurte und Ständer sehr zweckmässig ausgesteift sind, um die Knickfestigkeit des Obergurtes zu erhöhen (Abb. 86). Auch die Nietanordnungen Schwedler's, die er auf eine eigenartige theoretische Begründung stützte<sup>79)</sup>, sowie seine gediegen konstruirten Drehbrücken waren muster-gültig.

In Süddeutschland stand als Konstrukteur in erster Linie Gerber, dessen hervorragende Leistungen im Vorigen an verschiedenen Stellen (S. 41) bereits gewürdigt sind. Die Tabellen I und II, sowie auch die folgende Tabelle III enthalten eine grosse Zahl von Eisenbrücken, deren Entwurfs-Grundlagen von Gerber herrühren. Darunter sind besonders

Prüfung (No. 12 der Tabelle III) bezeugen dies (Abb. 88). In seiner Stellung als Direktor der Süddeutschen Brückenbauanstalt in Gustavsburg wurde Gerber auch frühe (1867 bis 1868) dazu geführt, die Nietarbeit auf der Baustelle möglichst einzuschränken, um dadurch die Kosten der Herstellung zu vermindern und die Güte der Konstruktion zu erhöhen.

Des-halb führte er die sog. gruppirten (konzentrirten) Stösse ein, die bekanntlich im Gegensatz zu den sog. vertheilten Stössen gestattet, in der Werkstatt grosse Versandstücke ganz fertig zu nieten, so dass sie auf der Baustelle nur noch an den Knoten verbunden zu werden brauchen. Schwedler bevorzugte ebenfalls die gruppirten Stösse, jedoch verwendete er daneben (bei kleineren Brücken) auch vertheilte Stösse, namentlich bei den aus einer Verbindung von vielen Winkeln gebildeten Gurten, wie den einfachen oder mehrfachen Kreuzgurten.

Schliesslich möge noch darauf hingewiesen werden, wie Gerber bereits bei der Herstellung der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz (No. 12, Tab. I) eiserne Rüstungsträger für die Auf-

stellung der Stromöffnungen verwendete und wie Gerber bei dem nämlichen Bau (1860) durch seine Versuche über den Stauchdruck abgedrehter Bolzen schon frühe den Fragen näher getreten ist, die für die Berechnung der Nietanschlüsse von Bedeutung sind. In der Veröffentlichung

Abb. 86. Querschnitt der Strassenbrücke über die Brahe in Bromberg. Schwedler 1869.

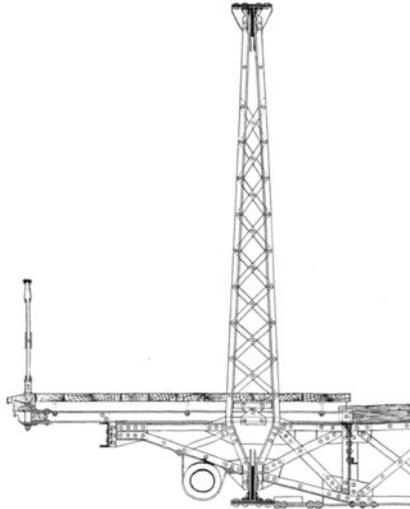
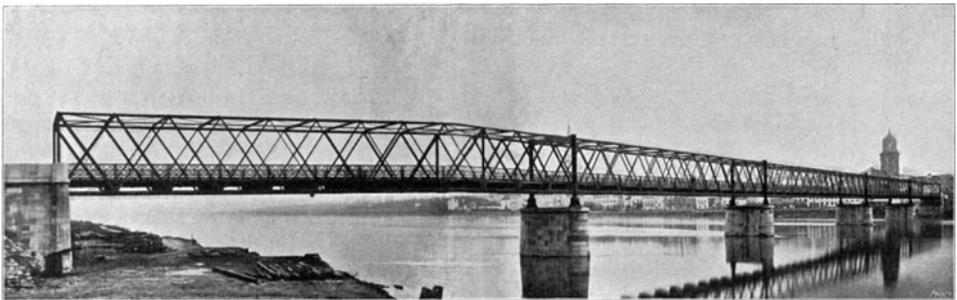


Abb. 87. Strassenbrücke über die Donau bei Vilshofen. Gerber 1872.



bekannt die Balkenträger mit freiliegenden Stützpunkten, auf deren eigenartige Anordnung Gerber 1866 ein bayerisches Patent nahm<sup>81)</sup>. Zur Schaffung dieser Träger wurde Gerber, wie bereits S. 21 erwähnt, durch den Entwurf von Ruppert für die Bosporusbrücke angeregt.

Gerber legte bei allen seinen Konstruktionen hohe Sorgfalt auf den centrischen Anschluss aller Stäbe und auf symmetrische Nietung und that dies bereits zu einer Zeit, als das Feld der Nebenspannungen noch fast unberührt lag. Die Einzelheiten seines Entwurfes für die Donaubrücke bei Gross-

über diese Versuche<sup>82)</sup> hat Gerber nebenbei auch eine Formel angegeben, die er seit 1859 (Isarbrücke bei Grosshesselohe) zur Berechnung der Knickfestigkeit von Stäben verwendet hat. Er ermittelt durch die Formel diejenige Kraft, die an einem gedrückten Stabe in dessen Mitte, quer zu seiner Richtung, angebracht werden muss, um das Ausknicken zu verhüten. Auf Grund einiger Versuche benutzte Gerber später eine andere ähnliche Knickformel, die er bei Gelegenheit einer Notiz über den Einsturz der Mönchensteiner Brücke veröffentlichte<sup>83)</sup>.

Tabelle III.

## Bemerkenswerthe deutsche Balkenbrücken aus dem 8. Jahrzehnt mit Weiten über 50 m.

No.	Zeit der Erbauung	Name und Lage der Brücke	Entwurf-Verfasser. Ausführendes Werk	Oeffnungen		Träger-System
				Zahl	Weite m	
1	1870	Donau-Strassenbrücke bei Sigmaringen.	Esslingen.	2	54,2	Schwedler-Träger.
2	1871	Donaubrücke bei Mariaort, Linie Regensburg-Nürnberg.	Buchler.	3	63,0	Viertheiliges Streben-Fachwerk. $\Pi$ Gurte.
3	1871	Innbrücke bei Simbach, Linie München-Simbach.	Nürnberg.	1 5	60,4 59,2	Parallelträger mit eintheil. Ständer-Fachwerk und Gegenstreben.
4	1871—72	Eisenbahn- und Strassenbrücke über die Weichsel bei Thorn.	Schwedler. Gutehoffnungshütte, Prange (Magdeburg).	5 1 1	97,3 39,0 36,0	Halbparabel-Träger mit zweitheiligem Ständer-Fachwerk und Parallelträger mit Kreuzstreben in allen Feldern.
5	1871—72	Elbebrücke bei Dömitz, Linie Wittenberge-Buchholtz.	Häseler. Harkort.	3 7	67,8 34,0	Schwedler-Träger mit zweitheilig. Ständer-Fachwerk.
6	1871—74	Weserbrücke der Venlo-Hamburger Bahnstrecke bei Wesel. 2000 m lang.	Funk, Mackensen. Harkort und Backhaus.	4 6	98,3 19,2	Halbparabelträger. Dreitheiliges Ständer-Fachwerk. 97 gewölbte Oeffnungen.
7	1872	Lechbrücke bei Kaufering, Linie München-Buchloe.	Nürnberg.	2	55,7	Parallelträger. Viertheiliges Streben-Fachwerk. + Wandstäbe und Gurte.
8	1872	Strassenbrücke über die Donau bei Vilshofen.	Gerber. Nürnberg.	1 4	64,5 51,6	Gerber-Träger. Abb. 87.
9	1872	Weserbrücke bei Dreie, Linie Osnabrück-Bremen.	Harkort.	3 15	60,7 27,2	Halbparabelträger mit zweitheil. Ständer-Fachwerk.
10	1872—73	Brücken über das Laberthal: 1. bei Beratzhausen. 2. bei Deiningen, Linie Nürnberg-Regensburg.	Nürnberg.	3 4 1	58,7 58,6 71,7	Parallelträger. Dreitheiliges Streben-Fachwerk.
11	1872—75	Memel-Brücke bei Tilsit in der Linie Tilsit-Memel mit der Uszlenkis- u. Kurmerszeries-Brücke.	Schwedler, Ramm. Union.	5 2 10	96,7 13,5 68,0	Abb. 25. Abgestumpfter Ellipsenträger mit zweitheiligem Streben-Fachwerk und Mittelturt.
12	1873	Donaubrücke bei Gross-Prüfening, Linie Ingolstadt-Regensburg.	Gerber. Nürnberg.	3	78,0	An den Enden der Träger parabolische Abrundungen. Abb. 88.
13	1873	Donaubrücke bei Poikam, Linie Ingolstadt-Regensburg.	Nürnberg.	4	52,0	Parallelträger. Zweitheiliges Streben-Fachwerk.
14	1873—74	Thalbrücke der Pfälz. Eisenbahnen über das Zellerthal bei Marnheim.	Gebr. Benkiser, Pforzheim.	2 2	60,0 50,0	Eiserne Pfeiler mit gusseisernen Ecksäulen. Parallelträger mit viertheiligem Streben-Fachwerk und Steifen.
15	1874	Kaiser-Strassenbrücke in Bremen.	Schwedler. Gutehoffnungshütte.	2 2 1	50,1 26,3 43,3	Parallelträger mit Kreuzstreben in allen Feldern. Abb. 65.
16	1874	Strassen- u. Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Niederwartha, Linie Berlin-Dresden.	Häseler. Gutehoffnungshütte.	3 13	62,0 21,0	Halbparabelträger mit zweitheilig. und einfaches Parallel-Fachwerk.
17	1874—75	Strassen- u. Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Riesa, Linie Leipzig-Dresden.	Fränkel. Harkort.	2 6 1 3	97,6 30,6 97,6 30,6	Halbparabelträger mit dreitheiligem Ständer-Fachwerk in den Hauptöffnungen. Am 19. 3. 1876 in Folge Pfeiler-Unterwaschung eingestürzt.
18	1874—75	Brücke über den Zeglinstrom bei Stettin, Berlin-Stettiner Bahn.	Harkort.	1	92,0	Halbparabelträger: zweitheil. Ständer-Fachwerk. Fluthöffnungen: einfache Parabelträger.
19	1875—76	1. Remsthal-Brücke bei Neustadt-Waiblingen. 2. Kocherthal-Brücke. Württemb. Staats-Eisenbahn.	Esslingen. ..	4 1	56,0 60,0	Parallelträger mit 4 theiligem Streben-Fachwerk. Länge 240 m, Höhe 45 m.
20	1875—76	Rheinbrücke bei Gernersheim der Pfälzischen Eisenbahn.	Basler, Trau. Gebr. Benkiser.	3	90,0	Parabelträger mit zweitheiligem Ständer-Fachwerk.
21	1875—76	Brücken über den Inn: 1. bei Königswart, 2. bei Jettenbach. Linie Plattling-Rosenheim.	Nürnberg.	3 1 1 3	68,0 28,0 20,0 52,0	Wie No. 13.

No.	Zeit der Erbauung	Name und Lage der Brücke.	Entwurf-Verfasser. Ausführendes Werk	Oeffnungen		Träger-System
				Zahl	Weite	
22	1876	König Albertbrücke über die Elbe bei Schandau. Strassen- und Eisenbahnbrücke.	Königin Marien-Hütte, Cainsdorf.	1 2	80,0 50,0	Halbparabelträger mit zweitheiligem Ständer-Fachwerk.
23	1876	Donaubrücken: 1. bei Deggendorf, Linie Eisenstein-Plattling, 2. bei Donauwörth, Linie Ingolstadt-Neuoffingen.	Nürnberg.	6 4	60,0 60,0	Wie No. 13.
24	1876	Ohethalbrücke, Linie Deggendorf-Eisenstein-Pilsen.	Nürnberg.	1	76,0	Parabelträger. Zweitheiliges Streben-Fachwerk.
25	1876-77	Elbebrücke bei Barby in der Linie Berlin-Güsten, mit der Fluthbrücke bei Flötz.	Gutehoffnungshütte.	6 10 6	65,5 33,8 25,2	Wie No. 16.
26	1876-79	Weichselbrücke bei Graudenz, Linie Thorn-Marien burg.	Union.	11	97,3	Halbparabelträger. Zweifaches Ständer-Fachwerk. Abb. 89. Wie No. 4.
27	1877	Die Rheinbrücken: 1. bei Altbreisach, ReichsbahnElsass-Lothringen. 2. bei Neuenburg. 3. bei Hünigen, Badische Staatsbahn.	Gutehoffnungshütte.	3 4 3 2	72,0 28,0 72,0 36,0	Parallelträger. Zweitheiliges Ständer-Fachwerk.
28	1877	Neckarbrücke bei Marbach. Würtemb. Staats-Eisenbahn.	Gebr. Benkiser.	5	68,0	Parallelträger mit dreitheiligem Streben-Fachwerk u. Ständer-Versteifung.
29	1877	Donaubrücke bei Sigmaringen. Württembergische Staatsbahn.	Esslingen.	1 1	66,0 33,0	Schwedler-Träger mit eintheiligem Ständer-Fachwerk ohne Gegenstreben.
30	1877	Weserbrücke bei Wehrden, Linie Ottbergen-Northeim.	Geck. Harkort.	1 10	89,7 32,5	Halbparabelträger. Zweith. Streben-Fachwerk mit Mittelgurt. Parallel-Fachwerk.
31	1877-78	Eisenbahn- und Strassenbrücke über die Elbe bei Riesa, Linie Dresden-Leipzig.	Köpcke. Königin-Marien-Hütte, Cainsdorf.	3 1	100,0 43,4	Parabelträger. Die Eigengewicht-Spannkkräfte der Untergurte sind künstlich durch Hebelgewichte aufgehoben.
32	1877-78	Elbebrücke bei Lauenburg, Linie Büchen-Lüneburg.	Grüttefien.	3 3	103,0 51,0	Mit Drehbrücke. Wie No. 4. Fluthöffnungen: Parallel-Träger.
33	1878	Ruhrbrücke bei Steele, Rheinische Eisenbahn.	Gutehoffnungshütte.	1 1 10	52,0 31,9 17,3	Parallelträger mit zweitheiligem Ständer-Fachwerk (grosse Oeffnung) und eintheiligem (kleine Oeffnung).
34	1878	Neckarbrücke bei Neckargemünd der Bad. Staats-Eisenbahn.	Gebr. Benkiser.	1 2	76,0 56,0	Parallelträger mit Ständer-Fachwerk und Kreuzstreben in allen Feldern.
35	1878	1. Kübelbachthal-Brücke der Gäubahn, desgl. Stockerbachthal-Brücke. 2. Ettenbachthal-Brücke bei Freudenstadt.	Esslingen.	3 2 1 2	60,0 49,5 60,0 49,5	Durchgehende Parallelträger. Viertheiliges Streben-Fachwerk. 280 m lang, 48 m hoch. Länge 160; hoch 31 m.
36	1878-79	Strassen- u. Eisenbahnbrücke über die Mosel bei Bullay, Linie Coblenz-Trier.	Hilf, Altenloh. Harkort.	1 5 1	88,6 33,5 11,8	Parallelträger mit viertheiligem Streben-Fachwerk und Mittelgurt. Strasse am Untergurt. Bahn oben.
37	1879	Brücke über die Ill und den Rhein-Rhône-Canal in Strassburg, Reichs-Eisenbahnen.	Esslingen.	2	50,5	Halbparabelträger. Zweitheiliges Ständer-Fachwerk.
38	1879-80	Neckarbrücke der Hess. Ludwigsbahn bei Mannheim.	Gebr. Benkiser.	1 2	76,0 56,0	Wie No. 34.
39	1880	Brücke über den Senfelder See, Schweinfurt.	Esslingen.	2	52,0	Schwedler-Träger ohne Gegenstreben.
40	1880	Werderbrücke über die Nagold, Pforzheim.	Gebr. Benkiser.	1	52,0	Trapez-Träger. Eintheiliges Ständer-Fachwerk.
41	1880	Strassenbrücke über die Saale bei Calbe.	Gutehoffnungshütte.	1	106,6	Halbparabelträger. Zweitheiliges Ständer-Fachwerk.

Im Jahrzehnt von 1870—80, die sogenannte Gründerzeit der Eisenbahnen, entwickelte sich in Deutschland eine ungewöhnliche Bauhätigkeit, die auch dem Eisenbahnbrückenbau zu Gute kam. Es sind deshalb in der Tabelle III nur die bemerkenswerthen Weiten über 50 m aufgeführt. Darunter sechs Eisenbahnbrücken über die Donau, drei über die Weser, vier über den Rhein, sieben über die Elbe und zwei über die Weichsel. Von Brücken kleinerer Weite, die in der Tabelle nicht erscheinen, sind aus dem Jahre 1871 zu nennen: Baumeister's Werdersteg über die Murg in Gernsbach im Badischen Schwarzwald, ein Halbparabelträger mit eintheiligem Ständerfachwerk ohne Gegenstreben (36 m weit), sowie auch desselben Erbauers Schwedler-Träger der Dreisam-Brücke in der Bahnlinie Freiburg-Breisach (34,2 m weit); dazu aus dem Jahre 1874 noch Schwedler's Oderbrücken bei Dyhrenfurth, Steinau und Deutsch-Nettkow, Linie Breslau—Freiburg-Schweidnitz mit 31 Oeffnungen von je 36,5 m und Gerber's Trapez-Träger der Strassenbrücke über den Lech bei Füssen (Abb. 90). Während in Norddeutschland der Schwedler- und der Halbparabelträger mit Ständerfachwerk herrschte, bevorzugte man in Süddeutschland mehr den Parallel-Träger mit zweitheiligem

um die Zeit von 1880 nahezu erfolgten Abschlusse des Ausbaues der Haupteisenbahnen Deutschlands, tritt der Bau der grösseren Eisenbahnbrücken naturgemäss zurück, dagegen beginnt der Aufschwung im Bau eiserner Strassenbrücken. Tabelle III enthält unter 41 Brücken 35 Eisenbahnbrücken und nur sechs Strassenbrücken. Für die Strassenbrücken waren Anfangs die überlieferten alten Formen der Balkenbrücken vorbildlich, von deren Systemen im weiteren Verlaufe der Entwicklung namentlich die Auslegerbrücken bevorzugt wurden, bis man in neuester Zeit, unter dem Vortritt unserer bedeutenden deutschen Brückenbau-Anstalten sich sehr entschieden mehr den Bogenbrücken zugewendet hat.

In den ersten beiden Jahren des 9. Jahrzehnts finden sich wenige grössere Eisenbahnbrücken vor. Die 1882—83 von Harkort gebaute Elbebrücke bei Wittenberge mit 2 Hauptöffnungen von je 55 m Weite zeigt die letzten grösseren

in den ersten beiden Jahren des 9. Jahrzehnts finden sich wenige grössere Eisenbahnbrücken vor. Die 1882—83 von Harkort gebaute Elbebrücke bei Wittenberge mit 2 Hauptöffnungen von je 55 m Weite zeigt die letzten grösseren Schwedler-Träger dieser Entwicklungsstufe. Im Uebrigen ist für grössere Weiten die Halbparabel fast zur typischen Form geworden. Ausnahmen davon machen nur die neue Weichselbrücke bei Dirschau und die neue Nogatbrücke bei Marienburg (1888—93), bei deren Herstellung durch die

Abb. 88. Donaubrücke bei Gross-Prüfening. Gerber 1873.

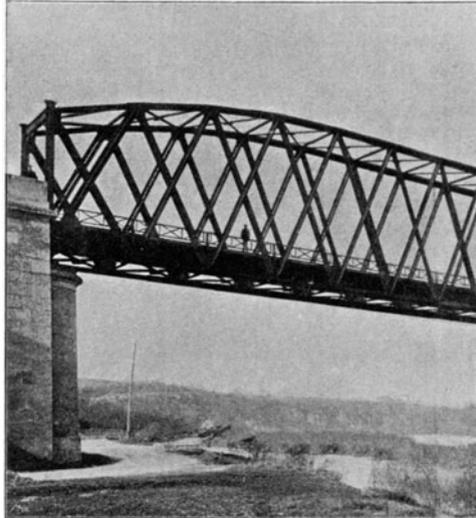
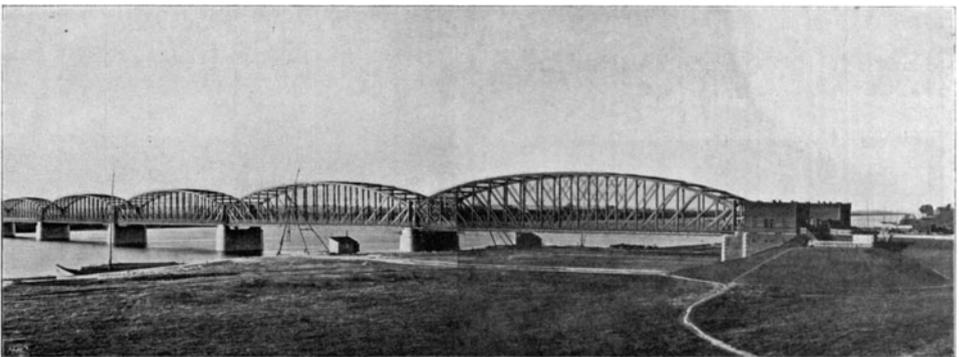


Abb. 89. Weichselbrücke bei Graudenz. Linie Thorn-Marienburg. 1879.



Streifenfachwerk. 1876 erscheint wie ausnahmsweise einmal ein eintheiliges Streifenfachwerk bei der von der Gesellschaft Nürnberg gebauten Mainbrücke unweit Würth in der Linie Aschaffenburg—Milteneberg (44 m weit). Die längste Eisenbahnbrücke Deutschlands ist die Rheinbrücke bei Wesel (No. 6). Ihre Länge von 2000 m steht heute noch unübertroffen.

Nach dem Auslaufe der sog. Gründerzeit und seit dem

S. 7 erwähnten Versuche die Frage der Verwendung des Flusseisens für Deutschland eine entscheidende Wendung genommen hat, so dass die 11 Millionen kg Eisen der Fordoner Ueberbauten ganz aus basischem Metall hergestellt werden konnten. Einzelheiten dieser und anderer neuerer Konstruktionen folgen im Absatz 22, wo die Konstruktions-Grundsätze von heute eingehender erörtert und beurtheilt werden.

Tabelle IV.

Bemerkenswerthe deutsche Balkenbrücken im 9. und 10. Jahrzehnt mit Weiten über 60 m. \*)

No.	Zeit der Erbauung	Name und Lage der Brücke	Entwurf-Verfasser. Ausführendes Werk	Oeffnungen		Träger-System
				Zahl	Weite m	
1	1883	Kinzigbrücke b. Offenburg, Bad. Staatsbahn.	Gutehoffnungshütte.	1	64,5	Parabelträger mit Ständer-Fachwerk.
2	1885	Eiderbrücke bei Friedrichstadt, Holsteinische Marschbahn.	Harkort.	2 4	90,3 41,7	Parallelträger mit zweitheil. Ständer-Fachwerk. Kleine Oeffnungen: Parabelträger. Drehbrücke mit 2 Oeffnungen von je 27,0 m
3	1885	Warnow-Brücke bei Rostock. Deutsch-Nordischer Lloyd, Strecke Waren-Warnemünde.	Harkort.	1 2	67,5 19,3	Auslegerbrücke ohne Widerlager. Abb. 40.
4	1886	Strassenbrücke über die Weser bei Verden.	Beuchelt, Grünberg.	1 2	79,8 29,0	Halbparabelträger. Doppelter Bohlenbelag.
5	1889	Donaubrücke in der Eichhalde, Württembergische Staatsbahn.	Gutehoffnungshütte.	1 1	63,0 31,0	Halbparabelträger mit zweitheil., Parallelträger mit eintheilig. Ständer-Fachwerk.
6	1889—91	1. Neue Weichselbrücke bei Dirschau. 2. Neue Nogatbrücke bei Marienburg, Eisenbahnstrecke Dirschau-Marienburg.	Schwedler, Mehrstens. Harkort. Abb. 62, 67, 91, 92.	6 2	129,0 103,2	Abgestumpfte Linsenträger mit zweitheiligem Streben-Fachwerk und Mittelgurt. Unten anhängende Fahrbahn.
7	1890	Deimebrücke der Eisenbahnstrecke Labiau-Tilsit.	Schnobel. Beuchelt, Grünberg.	2	72,0	Halbparabelträger. Zweith. Streben-Fachwerk mit Mittelgurt. 1 Drehbrücke (20 m).
8	1890—93	Strassen- und Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Fordon, Linie Bromberg-Culmseen.	Mehrstens. Gutehoffnungshütte, Harkort.	5 13	100,0 62,0	Halbparabelträger und Parallelträger mit zweitheiligem Streben-Fachwerk und Mittelgurt. Abb. 32 u. 68.
9	1891	Unterführung der Liesenstrasse in Berlin	Beuchelt, Grünberg.	3	82,1	Halbparabelträger.
10	1892—93	Strassenbrücke über die Lesum bei Burg (Bremen).	Union.	1	68,0	Halbparabelträger. Eintheiliges Ständer-Fachwerk. Schotter auf Buckelplatten.
11	1893—94	Rheinbrücke bei Roppenheim, Reichseisenbahnlinie Rastatt-Röschwoog.	v. Bose. Harkort. Abb. 93.	18 3	31,1 92,0	Halbparabelträger mit zweitheiligem und Parallelträger m. eintheilig. Ständer-Fachw.
12	1894	Feuerbach-Thalbrücke der Württembergischen Staatsbahn.	Gutehoffnungshütte.	3	68,6	Parallelträger mit zweitheiligem Ständer-Fachwerk.
13	1894—95	Strassenbrücke über die Weser in Bremen.	Rehbock. Harkort.	1 2	66,1 35,5	Auslegerbrücke. Abb. 94.
14	1895—96	König Wilhelm-Brücke über das Neckartal bei Cannstatt.	Esslingen.	1 10	67,0 59,1	Parallelträger mit zweitheiligem Streben-Fachwerk.
15	1896	Eisenbahnbrücken über die Zschopau (Sachsen). 1. bei Kriebethal. 2. bei Waldheim.	Lauchhammer.	2 1	65,0 72,0	Parallelträger mit zweitheiligem Ständer-Fachwerk. Parallelträger mit schrägen Endpfosten.
16	1896	Stecknitzthal-Brücke der Linie Altona-Lübeck.	Gutehoffnungshütte.	1 3	70,0 53,0	Hauptöffnung: gekrümmter Untergurt. Kleine Oeffnungen: Parallelträger. Eintheiliges Streben-Fachwerk mit Hilfsständern. Bahn oben.
17	1897—98	Eisenbahnbrücke über die Saale bei Grossheringen.	Union.	1 5	72,1 bis 40,3	Halbparabel wie No. 10 mit schrägen Endpfosten.
18	1897—98	Ueberführung der Köln-Mindener Gleise für die Union in Dortmund.	Union.	2	77,7	Halbparabelträger mit zweitheiligem Streben-Fachwerk.
19	1897—98	Strassenbrücke über den Rhein zwischen Strassburg und Kehl.	von Babo. Harkort.	2 1	88,2 57,3	Paralleltr. zweitheil. Ständer-Fachwerk. Abb. 95.
20	1898—99	Eisenbahnbrücke über die Argen, Bodensee-Gürtelbahn.	Esslingen.	1	74,0	Halbparabelträger mit zweitheiligem Streben-Fachwerk. Abb. 96.
21	1899	Strassenbrücke über die Saale in Halle.	Lauchhammer.	2	70,0	Auslegträger mit Ständer-Fachwerk.

\*) Bogenbrücken mit aufgehobenem Horizontalschub rechnet Verfasser hier nicht zu den Balkenbrücken. Vergl. auch die Anmerk. zur Tab. II.

Abb. 90. Strassenbrücke über den Lech bei Füssen. 1877.

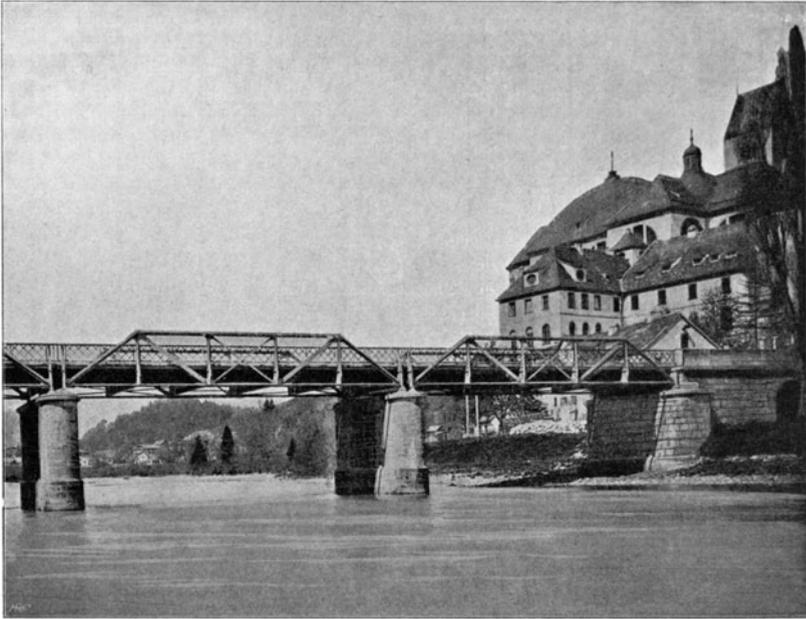


Abb. 91. Neue Weichselbrücke bei Dirschau. Innen-Perspektive. 1889-1891. Mit der alten Brücke im Hintergrunde.



Die in dieser Gelegenheitsschrift gegebenen geschichtlichen Reihen der bemerkenswerthen deutschen Balkenbrücken erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Auch war es leider nicht möglich, in jedem Falle den Entwurfsverfasser der aufgeführten Konstruktion zu nennen, ebenso mussten zahlreiche kleinere tüchtige Konstruktionen unerwähnt bleiben, darunter z. B. diejenigen Thalbrücken (Hochbrücken) neuerer Zeit, deren Oeffnungen nur geringe Weiten haben. Diesen Konstruktionen möchte Verfasser deshalb am Schluss des vorliegenden Absatzes noch einige Worte widmen.

Die eisernen Thalbrücken<sup>64)</sup> haben zu der Ausbildung der eisernen Pfeiler Veranlassung gegeben, durch deren Anwendung man die Bodendrücke ermässigen und in Folge dessen auch an Gründungsmauerwerk sparen kann. Bei der schon erwähnten Crumlin-Thalbrücke (S. 15) wendeten Little und Gordon (1853) zuerst eiserne Pfeiler an, die nach dem

auf der Linie Friedberg—Hanau (1880) ganz schweisseiserne Pfeiler.

Besonders ausgebildet wurden die eisernen Pfeiler auf den sächsischen Staatsbahnen auf Veranlassung von Köpcke und in Anlehnung an ausländische (norwegische und amerikanische) Vorbilder. Das bedeutendste Bauwerk einer mit Pendelpfeilern ausgerüsteten Brücke ist die Oschützbachthal-Brücke auf der Eisenbahnlinie Mehltheuer—Weida (Abb. 97) mit Weiten bis 36,0 m und 20 m Höhe. Auch die von Amerika übernommenen eisernen Gerüstpfeiler-Brücken sind in Sachsen vertreten. Ein hervorragendes Beispiel ist die Brücke im Mittweida-Thal bei Schwarzenberg (Abb. 98). Der Thalübergang bei Müngsten (Abb. 103) zeigt ausserhalb seines grossen Bogens ebenfalls Gerüstpfeiler.

**20. Uebersicht der Bogenbrücken und Hängebrücken.** Nachdem im Jahre 1853 mit der Aare-Brücke

Abb. 92. Neue Weichselbrücke bei Dirschau.

Abb. 92a. Träger-Endfeld.

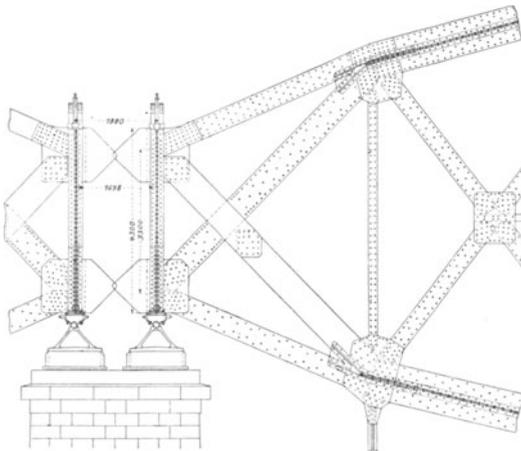
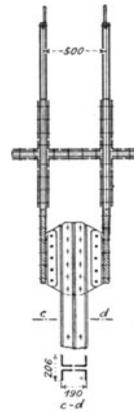


Abb. 92b. Untergurt-Querschnitt mit angehängter Fahrbahn.



Vorbilde der damaligen Stützpfiler (Pilonen) der Hängebrücken ganz aus Gusseisen hergestellt waren. Diese sog. Thurm Pfeiler wurden von Nördling auf der Orléans-Bahn vervollkommen und dessen französische Muster wurden Ende des 7. und Anfang des 8. Jahrzehnts in Spanien, Italien und Oesterreich nachgeahmt. Mittlerweile hatte man auch in Amerika angefangen, eiserne Pfeiler zu bauen, auf deren Konstruktion man dort die eigenthümliche Bauart der Gelenkbolzen-Knoten übertrug. Während aber die europäischen Thurm Pfeiler durchweg noch gusseiserne Eckpfosten von röhrenförmigem Querschnitte zeigten, verwendete man dafür in Amerika sehr bald auch schmiedbares Eisen. Die Pfeiler der im Jahre 1872 zerstörten, 1889 wieder aufgebauten Varrugas-Thalbrücke waren z. B. durchweg aus Schweisseisen hergestellt. In Europa baute man ganz schweisseiserne Thurm Pfeiler erst gegen die Mitte des 8. Jahrzehnt. Die Brücke der pfälzischen Eisenbahn über das Zellerthal bei Marnheim (No. 14 Tab. III) besitzt noch gusseiserne Pfeilerpfosten. Dagegen haben die Thalbrücke bei Angelroda auf der Linie Arnstadt—Ilmenau und die Niddathal-Brücke bei Assenheim\*)

bei Olten (Abb. 41) die Reihe der schweisseisernen Bogenbrücken in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts eröffnet wurde, dauerte es immerhin noch ein Jahrzehnt bis diese Brückenart auch in Deutschland Nachahmung fand. Das lag wohl zum Theil an den Schwierigkeiten, die das genaue Berechnen der Bogenträger immer noch verursachte, zum Theil aber auch an den Schwierigkeiten der Herstellung. Diese wuchsen mit der Spannweite des Bogens und beruhen wesentlich darin, dass es nur bei Aufwendung einer ausserordentlichen Sorgfalt (sowohl in der Werkstatt, als auch auf der Baustelle) möglich wird, die Wirkung der fertigen Bogenträger unter ihrem Eigengewichte und der Verkehrslast derart einzugrenzen, wie dies im Entwurfe vorbestimmt war. Denn sobald die Abmessungen der Bogenträger im Augenblicke ihres Schlusses, wo sie ihre Lasten auf die festen Punkte übertragen, nicht genau der vorhandenen Luftwärme und den im Entwurfe vorbestimmten Maassen entsprechen und sobald nicht beim Bogenschlusse alle Zwangsspannungen vermieden werden, war die Herstellung der Brücke nicht vollkommen. In solchen schwierigen praktischen Dingen mussten die Erbauer und Brückenbau-Anstalten zuerst Erfahrungen sammeln, ehe sie der Verwirklichung von Entwürfen für grössere Bogenbrücken

\*) Ausgeführt von der Gutehoffnungshütte.

Abb. 93. Rheinbrücke bei Roppenheim. Linie Rastatt-Röschwoog. 1893-94.



Abb. 94. Strassenbrücke über die Weser in Bremen. 1894-95.



näher treten durften. Theorie und Praxis mussten dabei (noch mehr als bei den Konstruktionen der Balkenbrücken) Hand in Hand gehen. Bei den in der Tabelle V aufgeführten geschichtlich bemerkenswerten Bogenbrücken des 7. und 8. Jahrzehnts wurden die obigen Schwierigkeiten nicht immer vollkommen gelöst. Auch bei dem seiner Zeit mit

8. Jahrzehnts (Tabelle V) lieferte weitere praktische Hilfsmittel zur bestmöglichen Erfüllung der theoretischen Voraussetzungen. Die Tabelle V enthält bereits 4 Brücken, deren Weiten rund etwa 100 m erreichen, ein für die damalige Zeit also ausserordentlich hohes Maass. Das sind die bekannten Eisenbahnbrücken über den Rhein in Coblenz, bei Rheinhausen und

Abb. 95. Strassenbrücke über den Rhein zwischen Strassburg und Kehl. 1897—98.



Abb. 96. Eisenbahnbrücke über die Argen, Bodensee-Gürtelbahn. 1899.



Recht bewunderten Bau der Mississippi-Brücke bei St. Louis (1868—74) wurde, um den Bogen zu schliessen, nach allen möglichen erfolglosen Versuchen (Einkühlen mit Eis und dergl.) im Scheitel ein Passtück eingeschoben, wodurch die Bogenträger wenigstens für das Eigengewicht der Bogenrippe selbst als ein Mittelding zwischen einem gelenklosen Bogen und einem Eingelenk-Bogen wirkten<sup>4)</sup>.

Der Bau der grossen deutschen Bogenbrücken des 7. und

oberhalb Coblenz und die alte Elbebrücke in Hamburg mit den Lohsträgern (Abb. 46). Verfasser rechnet die Konstruktion der Lohsträger, sowie auch die Bogenträger, deren Horizontalschub durch ein Zugband aufgehoben wird, zu den Bogenträger-Systemen, weil ihre Berechnung nach der Theorie der Bogenträger zu erfolgen hat, wenn auch die Stützdrucke (wie bei den Balkenträgern) senkrechte sind (S. 11).

Abb. 97. Brücke mit Pendelpfeilern über das Oschützbach-Thal bei Weida. 1881.

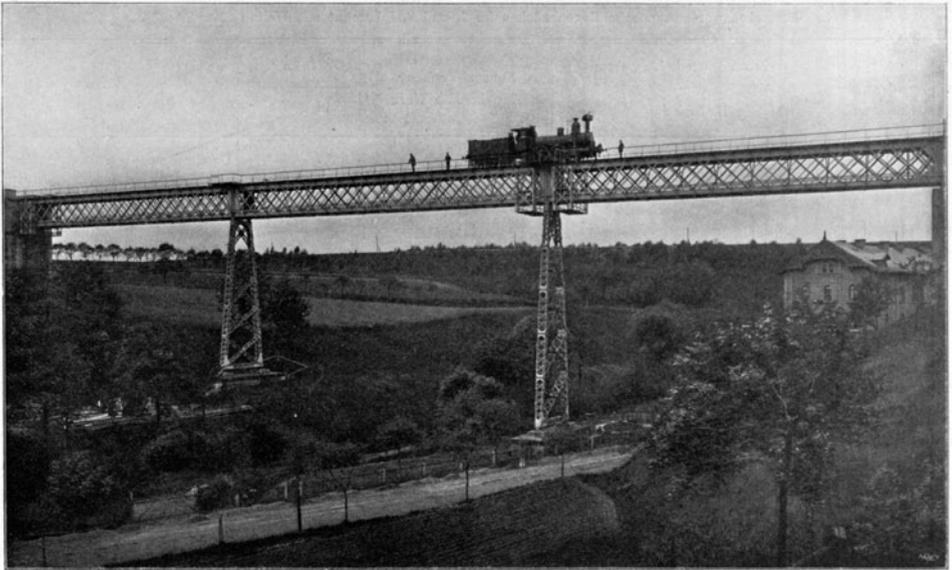


Abb. 98. Brücke mit Gerüstpfeilern im Mittweida-Thal bei Schwarzenberg. 1889.

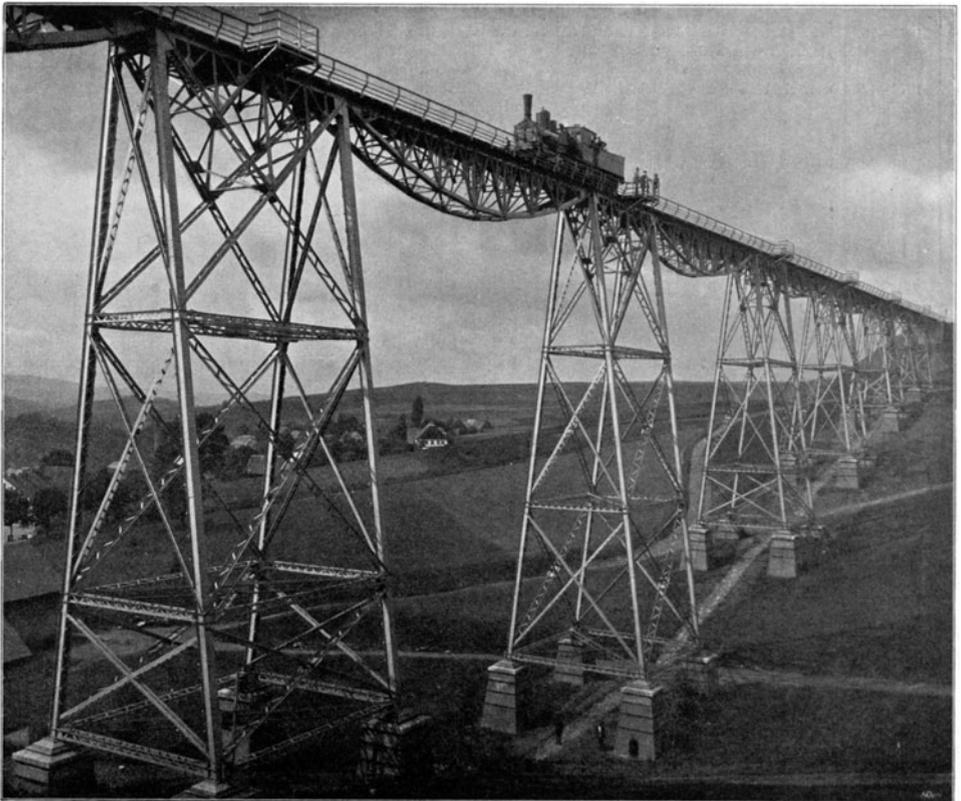


Tabelle V.

## Bemerkenswerthe deutsche Bogenbrücken im 7. und 8. Jahrzehnt mit Weiten über 30 m\*).

No.	Zeit der Erbauung	Name und Lage der Brücke	Entwurf-Verfasser. Ausführendes Werk	Oeffnungen		Träger-System
				Zahl	Weite m	
1	1860—62	Strassen- und Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Constanz. Badische Staatseisenbahn.	Gerwig. Benkiser.	3	42,4	Durchgehende Blechbogen ohne Gelenk mit künstlicher Ausgleichung der Temperatur-Einflüsse. Zweigleisig.
2	1862—63	Alte Rheinbrücke bei Coblenz. Linie Coblenz-Niederlahnstein.	Hartwich. Harkort, Kölnische Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft.	3	96,7	Kreisbogen-Gurte mit zweitheil. Strebenfachwerk. Kämpfergelenke. Zweigleisig. Abb. 42.
3	1865	Ruhrbrücke bei Mülheim in der Strecke Osterrath-Essen.	Hartwich. Kölnische Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft.	3	36,1	Parabel-Bogenfachwerk. Zweigleisig. Mit 7 gewölbten Fluth-Oeffnungen.
4	1866	Fusssteg über den Böllatfall in Hohenschwangau.	Gerber. Nürnberg.	1	35,0	Gelenkloser Bogen. Abb. 99.
5	1867	Neckarbrücke bei Jaxtfeld. Badische Staatseisenbahn.	Becker. Benkiser.	5	36,8	Bogen mit Zwickel-Versteifung und Kämpfergelenken. Zweigleisig.
6	1868—72	Elbebrücke bei Hamburg und Harburg. Linie Venlo-Hamburg.	Lohse. Harkort.	7	99,2	Lintenträger mit Bogengurten und dazwischen liegenden Ständern. Ohne Horizontalschub. Abb. 46.
7	1869	Tauberbrücke bei Weikersheim. Württemberg. Staatseisenbahn.	Morlock. Esslingen.	3	30,5	Bogenfachwerk mit Kämpfergelenken, eingleisig.
8	1873	Rheinbrücke bei Rheinhausen. Strecke M.-Gladbach-Duisburg.	Hartwich. Gutehoffnungshütte.	4	97,0	Wie No. 2 mit Fluthbrücken und Drehbrücke. Abb. 43.
9	1875—76	Strassenbrücke über den Neckar bei Heidelberg-Neuenheim.	Gerstner, Bär. Esslingen.	5	35,0	Bogenfachwerk. Kämpfergelenke.
10	1876—77	Obermainbrücke der Stadt Frankfurt a. M.**)	Schmick. P. Holzmänn & Cie. Benkiser.	1 2 2	36,8 35,0 31,5	Gelenklose Bogen mit versteiften Fachwerk-Zwickeln. Bahn oben.
11	1876—79	Rheinbrücke oberhalb Coblenz. Linie Berlin-Metz.	Hilf, Altenloh, Dörenberger. Gutehoffnungshütte.	2	106,0	Wie No. 2. Abb. 44. Mit 2 gewölbten Oeffnungen.
12	1878	Moselbrücke bei Güls, Linie Coblenz-Trier.		3	65,6	Zweitheiliges Strebenfachwerk mit Kämpfergelenken. Bahn oben.

Einen gewaltigen Aufschwung nahm der deutsche Bogenbrückenbau im 9. und 10. Jahrzehnt (vergl. Tabelle VI). Deutschland übertrifft an Zahl, Güte und Mannigfaltigkeit der Bogenkonstruktionen heute das gesammte Ausland, Amerika nicht ausgenommen, obwohl dies Land, was die Weite der Bogenträger anlangt, in den letzten Jahren oben angekommen ist. Im Uebrigen haben auch die Amerikaner bei ihren neueren Bauten nach deutschen Vorbildern gesehen, im Besonderen waren auch für sie die Aufstellungs-Arbeiten beim Bau der Münstener Thalbrücke (die im „Anhang“ beschrieben sind) ein Muster. Das beweist der Bau der neuen Strassenbrücke über den Niagara-Fluss mit einer Bogenweite von rund 256 m, bei 45,7 m Bogenhöhe, bei deren Aufstellung (nach dem Vorgange bei der Brücke von Münstgen) der Bogen zuerst vorübergehend als Dreigelenk-Träger eingerichtet wurde, um ihn darauf (unter Anwendung von

Wasserdruck-Pressen im Scheitel) den Entwurfs-Berechnungen entsprechend als einen Zweigelenk-Bogen schliessen zu können. Dabei ist es erfreulich zu sehen, wie auch diese neueste bewunderungswerthe Leistung im amerikanischen Bogenbrückenbau dem theoretisch geschulten Geiste deutscher Fachgenossen entstammt. Die deutschen Ingenieure C. C. Schneider, P. L. Wölfel und F. C. Kunz<sup>4)</sup> von den Pencoyd Iron Works bei Philadelphia, haben im Bunde mit amerikanischer zäher Thatkraft das grossartige Werk geschaffen.

Um darzuthun, was ein inniges Zusammenarbeiten von Theorie und Praxis zu leisten vermag, giebt es im Brückenbau kaum bessere Beispiele als die gelungenen Bauten der Brücke von Münstgen und der neuesten Niagara-Brücke. Sie beweisen schlagend, wie es wohl möglich ist, mit Hilfe der neuen Berechnungs-Methoden und unter Anwendung ent-

\* Von geschichtlich bemerkenswerthen Bogenbrücken kleinerer Weite sind hier noch zu nennen die von Harkort nach Hartwich's Plänen 1859, erbauten Konstruktionen der Eisenbahnbrücken über die Trankgasse und den Lupusplatz in Köln. Ferner die von Schmick ausgeführten Strassenbrücken über die Kinzig bei Gelnhäusen und über die Lahn in Ems (1862—63). Auch sind hier noch hervorzuheben die von Lauter Firma Ph. Holzmann in Frankfurt a. M.) herrührenden beiden Rheinbrücken in Basel (1877—82) und die Fuldaerbrücke bei Hannov.-Münden (1879—80)\*\*).

\*\* Hierher gehört auch die gleich gebaute Untermain-Brücke (Schmick 1871—1874).

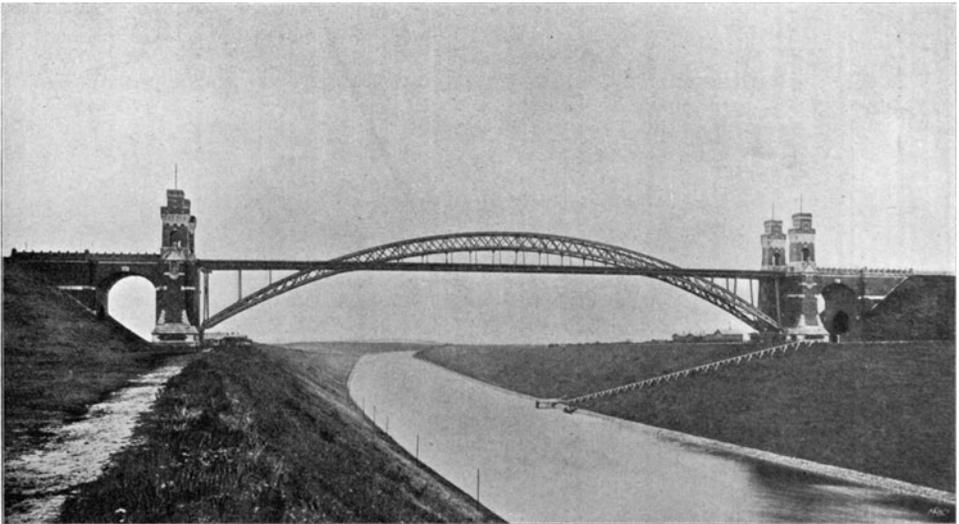
sprechender maschineller Hilfsmittel, auf der Baustelle auch statisch unbestimmte Bogenbrücken den Voraussetzungen des Entwurfes entsprechend mit ausreichender Sicherheit herzustellen. Wenn man dabei, wie es bei der Aufstellung der Müngstener Brücke zuerst geschehen ist, vorübergehend im

mit Zugband neuerdings von der Gesellschaft Harkort zuerst eingeführte Konstruktion der freischwebenden und freigestützten Fahrbahn Tafel, die weiterhin (unter 22) ausführlicher beschrieben ist, macht Verfasser besonders aufmerksam. Abb. 102 veranschaulicht eine Bogenbrücke kleinerer Weite

Abb. 99. Eisenbahnbrücke über den Riffelbach in Münstertal. Gebr. 1898.



Abb. 100. Strassen- und Eisenbahnbrücke über den Nordostsee-Kanal in Grüenthal. 1891-92.



Scheitel ein Gelenk einlegt, so erscheint das vergleichsweise ebenso wirksam, wie die Einschaltung sog. offener Fugen bei der Herstellung weit gespannter Steingewölbe.

Sehr beliebt ist in neuester Zeit der über der Bahn liegende steife Bogen mit Zugband geworden, dessen Vergleich mit dem schlaffen, durch einen Balkenträger versteiften Bogen S. 30 gegeben wurde. Auf die bei den Bogenträgern

mit Zugband, die Fussgängerbrücke über das grosse Gerinne des Mühlenweges am Mühlendamm in Berlin. Sie zeichnet sich besonders durch geschmackvolle dekorative Ausbildung ihrer Eisenkonstruktion aus.

Weitere Einzelheiten von Brücken der Tabelle VI finden sich im Anhang, wo die Ausstellung deutscher Brückenbau-Anstalten in Paris beschrieben ist.

Tabelle VI.

## Bemerkenswerthe deutsche Bogenbrücken im 9. und 10. Jahrzehnt mit Weiten über 50 m.

No.	Zeit der Erbauung	Name und Lage der Brücke	Entwurf-Verfasser. Ausführendes Werk.	Oeffnungen		Träger-System
				Zahl	Weite m	
13	1882—85	Strassenbrücke über den Rhein bei Mainz-Castel.	Lauter, Thiersch, Bilfinger, Benkiser.	1	104,0	Kreishbogen-Gurte mit Fachwerk und Kämpfergelenken. Vergl. die Bemerkungen S. 40.
				2	88,0	
				2	87,0	
14	1884—87	Strassenbrücke über die Norderelbe in Hamburg.	A. Meyer, Gleim, Engels, Harkort.	3	101,0	Lohsträger wie No. 6 und Abb. 46.
15	1889—90	Strassenbrücke über den Main bei Kostheim.	Nürnberg.	1	60,2	Wie No. 13.
16	1890—93	Eisenbahnbrücke über die Norderelbe in Hamburg. Linie Hamburg-Hannover.	Gutehoffnungshütte.	3	99,2	Lohsträger wie No. 6. Zweigleisig.
17	1891—92	Strassen- und Eisenbahnbrücke über den Nordostsee-Kanal bei Grüenthal.	Greve, Eggert, Nürnberg.	1	156,5	Sichelfbogen mit 2 Gelenken. Abb. 100.
18	1891—93	König-Karl-Strassenbrücke über den Neckar in Cannstatt.	Leibbrand, Esslingen.	1	50,5	Zweigelenk-Blechbogen, Bahn oben, durch Ständer abgestützt.
				2	48,0	
				2	45,5	
19	1892—93	Strassen- und Eisenbahnbrücke über den Nordostsee-Kanal bei Levensau.	Lauter, Matthesius, Gutehoffnungshütte.	1	163,4	Kreishbogen-Gurte mit Fachwerk und 2 Gelenken. Abb. 101.
20	1892—95	Carola-Strassen-Brücke über die Elbe in Dresden.	Klette, Königin-Marienhütte.	1	52,9	Dreigelenk-Blechbogen mit ausgesteiften Zwickeln.
				2	50,0	
21	1893—97	Kaiser-Wilhelms-Brücke über das Wupperthal bei Müngsten. Linie Renscheid-Solingen.	K. E. D. Elberfeld, Nürnberg.	1	170,0	Gelenkloser Parabel-Fachwerksbogen. Anschliessend Parallelträger auf Gerüstpfählen. Zweigleisig. Abb. 103.
22	1895—96	Strassenbrücke über die Donau in Straubing.	K. Bauamt Deggendorf, Nürnberg.	1	91,0	Fachwerks-Bogen mit 2 Gelenken. Abb. 104.
23	1895—98	Strassenbrücke über die Aare in Bern.	Gutehoffnungshütte, Bell, v. Bonstetten, Simons, v. Fischer.	1	114,9	Hauptbogen gelenkloses Fachwerk. In den Seitenöffnungen Blechbogen. Abb. 179 im Anhang.
				5	34,4	
24	1897—99	Strassenbrücke über den Rhein in Bonn.	Gutehoffnungshütte, Schneider, Möhring.	1	187,2	Zweigelenk-Fachwerk. Abb. 105 und Abb. 174—178 im Anhang.
				2	93,6	
				1	32,5	
25	1897—99	Strassenbrücke über den Rhein in Düsseldorf.	Gutehoffnungshütte, Ph. Holzmann, Schill.	2	181,3	Wie No. 24. Abb. 106.
				4	57,6	
					bis 63,4	
26	1897—99	Strassenbrücke über die Süderelbe bei Harburg.	Nürnberg, Gleim, Thielen.	4	100,1	Fachwerksbogen mit Zugband. Abb. 47 und 48.
				6	317	
27	1897—99	Strassenbrücke über d. Mosel bei Trarlach.	Harkort.			Desgl. Abb. 107, 108 und 71.
28	1898—1900	Strassenbrücke über den Rhein bei Worms.	Nürnberg, Grün und Bilfinger, Hofmann.	1	105,6	Sichelfachwerk mit 2 Gelenken. Abb. 109, 70 und die Abb. 184 u. 185 im Anhang.
				2	94,4	
29	1898—1900	Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Worms. Linie Worms—Rosengarten.	Harkort, Schneider, Frentzen.	2	102,2	Noch im Bau begriffen. Fachwerkbogen mit Zugband. Abb. 110.
				1	116,8	
				17	34,5	
30	1900	Eisenbahnbrücke über die Elbe in Dresden, Linie Dresden-Leipzig.	Köpecke, Krüger, Klönne.	3	65,8	Durchgehender Träger für 4 Gleise. Zweitheil. Strebenfachw. mit Mittelgurt. Bahn oben. Horizontalschub von etwa 1000 t durch einen künstlich belasteten Dreigelenkbogen-Träger.
				1	37,6	
				1	24,0	
31	1900	Strassenbrücke über die Elbe in Magdeburg. Im Bau.	Union, Ph. Holzmann.	1	135,0	Zweigelenk-Bogen mit 2 gewölbten Oeffnungen. Abb. 111 u. 112, sowie auch die Abb. 194 u. 195 im Anhang.

Abb. 101. Strassen- und Eisenbahnbrücke über den Nordostsee-Kanal bei Levensau. 1892—93.

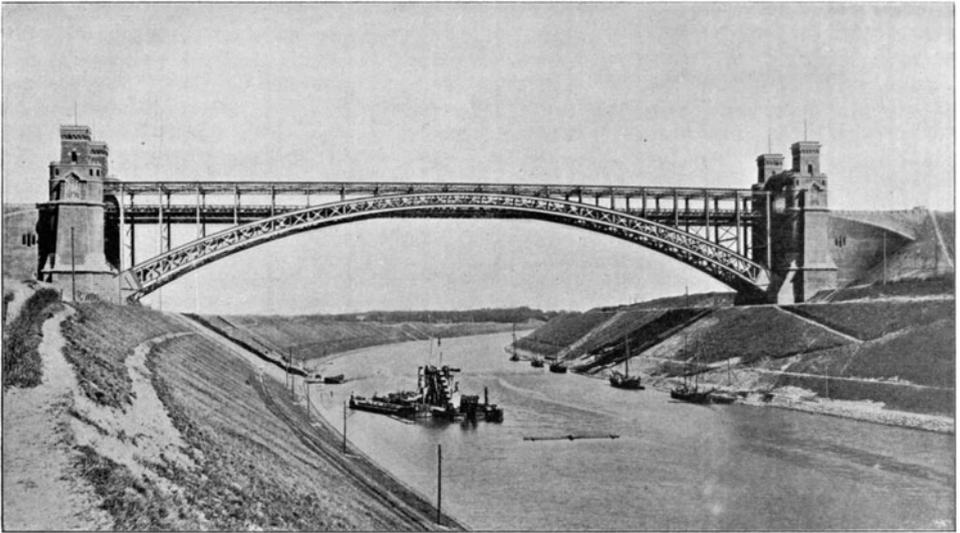


Abb. 102. Fussgängerbrücke am Mühlendamm in Berlin. 27,5 m weit. 1894.



Abb. 108. Kaiser-Wilhelms-Brücke über das Wuppertal bei Müngsten. 1897.



Ganz im Gegensatz zum Bogenbrückenbau ist der Bau der Hängebrücken in Deutschland zu keiner Zeit so recht in Blüthe gekommen. Die ältesten deutschen Hängebrücken von Bedeutung sind die Kettenbrücken: 1. über die Regnitz in Bamberg (1829), mit einer Oeffnung von 64 m; 2. die beiden von Wendelstadt (S. 12) gebauten Brücken über

wobei die Ueberreste der alten Wendelstadt'schen Konstruktion schliesslich noch für den Bau einer anderen Weserbrücke bei Hessisch Oldendorf (Abb. 113) Verwendung gefunden haben.

Der preisgekrönte Entwurf Schwedler's für eine Kettenbrücke in Köln (Abb. 14) und der Entwurf von Lentze für eine

Abb. 104. Strassenbrücke über die Donau in Straubing. 1896.



Abb. 105. Strassenbrücke über den Rhein zwischen Bonn und Beuel. 1897—99.



die Weser in Hameln (1839) und über den Neckar in Mannheim (1845) und 3. die 1850 von Malberg gebaute Kettenbrücke bei Mülheim an der Ruhr. Davon haben ihrer grossen Beweglichkeit halber die drei erstgenannten im 9. Jahrzehnt abgetragen werden müssen. An Stelle der Bamberger und Mannheimer Kettenbrücken wurden 1889—91 durch die Gesellschaft Nürnberg statisch bestimmte Auslegerbrücken gebaut (Abb. 38 u. 39). Die Weserbrücke ist durch eine einer Kettenbrücke ähnlich sehende Auslegerbrücke ersetzt worden,

Kettenbrücke von 5 gleichen Oeffnungen zur Ueberbrückung der Weichsel bei Dirschau wurden schon erwähnt; ebenso ist die geschichtliche Entwicklung der versteiften Hängebrücken-Systeme bereits kurz gegeben worden (S. 30). In Deutschland hat man erst in neuester Zeit angefangen, den Hängebrücken wieder mehr Beachtung zu schenken und das ist hauptsächlich der hohen Anerkennung zu danken, die deutsche Hängebrücken-Entwürfe bei den bekannten Wettbewerben in Budapest, Bonn und Worms davon getragen haben. Kübler's

Donau-Kabelbrücke (Abb. 55), mit einer Hauptöffnung von 310 m Weite, schlug alle anderen mitvorgelegten in- und ausländischen Entwürfe, auch hinsichtlich der Baukosten, und Kübler's Rhein-Kabelbrücke, mit einer Hauptöffnung von 212 m (Abb. 56), hielt nur 3134 t oder rund 7,4 t Metall für einen Meter Brückenlänge, während das Gewicht der mit- wettbewerbenden Kettenbrücke der Gesellschaft Nürnberg (deren

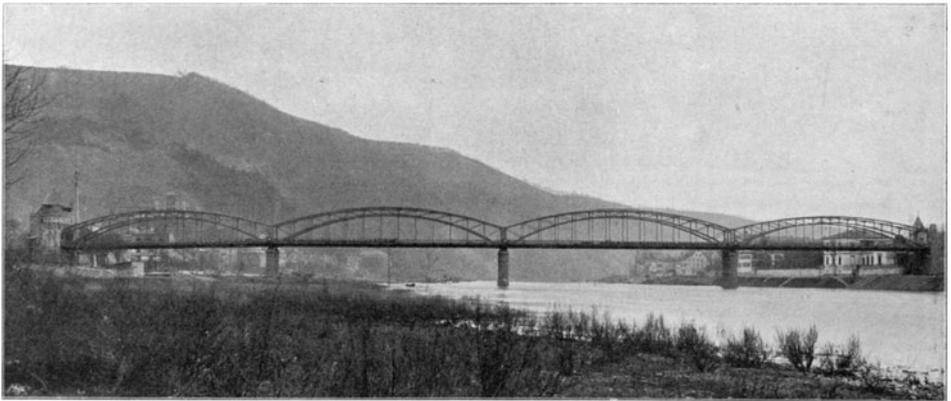
derstiel Dehnung gewährleistet<sup>86)</sup>. Die Gesamt-Ausführungskosten des Entwurfes Abb. 114 stellten sich auf 3 800 000 M., das ist nicht viel höher als die wirklichen Kosten der inzwischen zur Ausführung gekommenen Bogenbrücke (Abb. 109).

Danach leidet es keinen Zweifel, dass bei Weiten zwischen etwa 200 m und 300 m die Hängebrücken gegenüber den Balken-

Abb. 106. Strassenbrücke über den Rhein in Düsseldorf. 1897—99.



Abb. 107. Strassenbrücke über die Mosel bei Trarbach. 1897—99.



Hauptöffnung allerdings 225 m maass) sich auf 5322 t oder rund 11,8 t für einen Meter Länge stellte. Für den Wettbewerb um eine Strassenbrücke in Worms hatte die Gesellschaft Nürnberg im Verein mit der Unternehmung Grün & Bilfinger und dem Baurath Hofmann den Entwurf einer Kettenbrücke bearbeiten lassen, deren Hängegurte aus Nickelstahl in Aussicht genommen worden waren. Krupp hatte für die Nickelstahl-Glieder der Kette 70—85 kg/qmm Zugfestigkeit, bei 48 kg Proportionalitäts-Grenze und 15 Hun-

und den Bogenbrücken mit Aussicht auf Erfolg in Wettbewerb treten könnten, namentlich wenn dabei eine Baustelle in Frage kommt, wo man (wie in Bonn oder Köln) in erster Linie die Schönheitswirkung der Brücke als Bedingung stellt. Bei derartigen Spannweiten werden Kabel und Kette scharf mit einander wetteifern. Zu Gunsten der Kette würde dabei in Anschlag zu bringen sein, dass sie viel schwerer ist als ein Kabel und deshalb unter sonst gleichen Umständen leichtere Versteifungsträger erfordert als das Kabel.

Abb. 108. Strassenbrücke über die Mosel bei Trarbach. Portalansicht.



Abb. 109. Strassenbrücke über den Rhein bei Worms. 1898–1900.



Unter den neueren deutschen Hängebrücken besitzt die Loschwitzer Brücke (Abb. 61), über deren bemerkenswerthe Konstruktion bereits S. 34 das Nöthige gesagt ist, mit etwa 150 m der Mittellöpfung die grösste Weite. Fraglich erscheint es, ob für die Gurte einer so weit gespannten Hängebrücke eine schwere genietete Konstruktion, wie sie die Loschwitzer Brücke aufweist, geeignet ist, wenigstens

Die Langenargener Brücke (Abb. 115 bis 118) zeigt einige bemerkenswerthe Einzelheiten, die nachstehend erläutert werden. Jedes ihrer beiden Kabel hält 132 mm Durchmesser und besteht aus sechs schraubenförmig gewundenen Litzen (aus je 37 Drähten von 6,1 mm Stärke) und einer Seele von ebenfalls 37 Drähten, die 6,3 mm dick sind. Die Seile sind aus verzinktem Gussstahlbraht hergestellt, der bei den äusseren

Abb. 110. Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Worms. Linie Worms—Rosengarten. 1898—1900.



kann eine so ausgerüstete Brücke unter sonst gleichen Umständen, was ihr Gewicht anlangt, mit einer Auslegerbrücke kaum wetteifern, und letztere bietet dazu noch den grossen Vortheil, dass sie nur senkrechte Stützendrücke aufkommen lässt. Für kleine Weiten mag man eine Hängebrücke in den Gurten konstruktiv ausbilden, wie man will, sie kann dann, was ihre Kosten anlangt, mit einem anderen Systeme erfolgreich nicht wetteifern, weil das notwendige Vorhandensein der Verankerung und des Ver-

Litzen 130 kg/qmm Zugfestigkeit und 4 Hundertstel Dehnung hat, während bei der inneren Litze diese Werthe 90 bis 100 kg/qmm und 4,5 Hundertstel sind. Die rechnerische Zugfestigkeit jedes der beiden Seile beträgt rund 890 t. Da zur Zeit keine Vorrichtung zum Zerreißen derartiger Seile vorhanden ist, so wurden von der Materialprüfungs-Anstalt in Stuttgart einzelne dem Kabel entnommene Drähte geprüft.

Die Kabel sind in der Brücke mit einer Pfeilhöhe von 9 m aufgehängt und so gegen einander geneigt, dass sie an

Abb. 111. Strassenbrücke über die Elbe in Magdeburg. Im Bau. 1900.



ankerungs-Mauerwerks den Vortheil der durch den Horizontal-schub verminderten Biegemomente reichlich wieder aufhebt. Deshalb wählt man für kleinere Weiten die Hängebrücken nur dort, wo man der Oertlichkeit wegen auf leichte, angenehme äussere Erscheinung des Bauwerkes grossen Werth legt oder legen muss. Wenn Leibbrand und Kübler aber die Langenargener Strassenbrücke am Bodensee als Kabelbrücke ausbildeten, so hatten beide Erbauer dabei wohl mehr den sehr berechtigten Wunsch, die Gelegenheit, einmal eine neuere Kabelbrücke wirklich ausführen zu können, nicht unbenutzt vorüber gehen zu lassen.

den Pfeilern 10m, in der Mitte 6,82 m Abstand haben (Abb. 116). Zur Lagerung auf den Pfeilern dienen gusseiserne Böcke (Abb. 117), die den Druck durch je 6 Flusstahlrollen von 125 mm Durchmesser und 500 mm Länge auf die Lagerplatte übertragen. Durch ein Zwischenlager, das von zwei T-Eisen getragen wird, erfährt das Kabel in dem Mauerschacht eine Biegung, um schliesslich in dem aus geschmiedetem Stahl hergestellten Seilkopf zu enden, der sich mittels T-Träger und Gurtplatte gegen das Mauerwerk stützt. (Abb. 118).

Das Karlswerk der Firma Felten und Guilleaume in Mülheim a. Rhein, das die obigen Kabel lieferte, verfährt bei der

maschinellen Herstellung seiner sog. patentverschlossenen Kabel (Abb. 120) mit einer ausserordentlichen Sorgfalt, so dass es darin kaum von einem anderen in- und ausländischen Werke übertroffen werden dürfte. Namentlich die Seilkopfbefestigung (Abb. 119) hat sich so fest erwiesen, dass selbst bei Zerreißversuchen die Befestigung im Kopfe völlig unversehrt bleibt. Dabei erfolgt der Bruch des Seiles mitten zwischen den Köpfen. Allerdings lassen sich solche Ergebnisse nur bei sorgfältigster Arbeit erzielen. Nachdem die Drahtenden in der Bohrung des Seilkopfes gespreizt und verzinkt worden sind, wird der ebenfalls verzinnte Kegel des Seilkopfes unter gleichmässiger Erhitzung aller Theile mit einem leichtflüssigen Lagermetall, das beim Erkalten wenig schwindet, vergossen.

Abb. 112. Strassenbrücke über die Elbe in Magdeburg. Portal.



Ein schlagendes Beispiel für die Güte der Kabel der Karlswerke bietet der Bau der Müngstener Thalbrücke. Dort wurden die 90 mm starken Seile, die als Rückhalt für die Aufstellung des grossen Bogens gedient haben, von Felten und Guilleaume geliefert. Ein Stück dieser Seile, im Seilkopfe befestigt, wurde in der Brückenbau-Anstalt Gustavsburg versuchsweise zerrissen. Dabei erfolgte der Bruch in der Mitte zwischen den Seilköpfen, und das Seil zeigte dabei mehr als die gerechnete Zugfestigkeit von 520 t. Das Seil enthielt eine Kernlitze aus 37 je 4,3 mm starken geglähten Stahldrähten (von 100 kg/qmm Zugfestigkeit), sowie weitere sechs Decklitzen aus 37 je 4,2 mm starken Stahldrähten (155 kg Zugfestigkeit).

Der Ende des Jahres 1898 abgehaltene engere Wett-

Abb. 113. Kettenbrücke über die Weser bei Hessisch Oldendorf. Mit den Ketten der alten Hamelner Brücke erbaut. 1899.



bewerb der Stadt Köln zur Erlangung von Vorentwürfen für eine Rhein-Strassenbrücke bot ebenfalls ein deutliches Zeichen dafür, wie das Interesse an den Hängebrücken in Deutsch-

die allgemeinere Einführung von Kabelbrücken spricht, der Boden entzogen, dem Einwande nämlich, dass die bestehenden Kabel und Kabel-Verankerungen entweder gar nicht

Abb. 114. Entwurf einer Nickelstahl-Kettenbrücke für Worms. Gesellschaft Nürnberg.

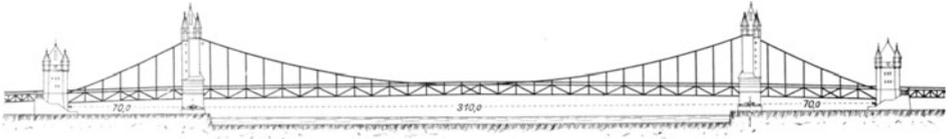
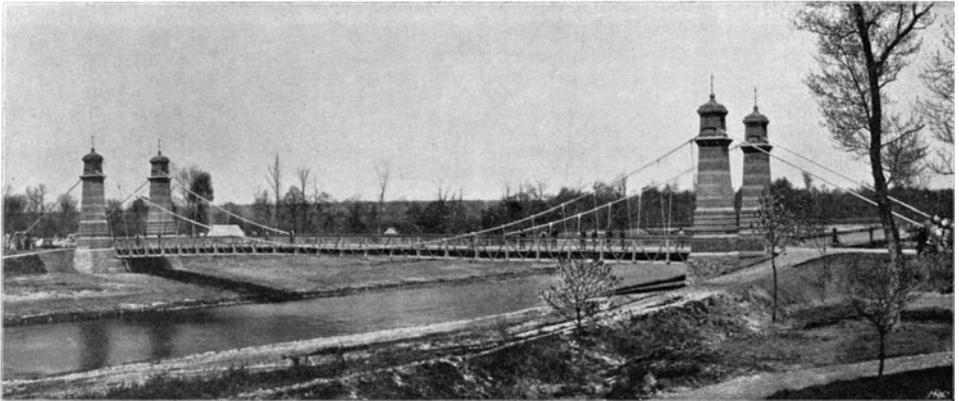


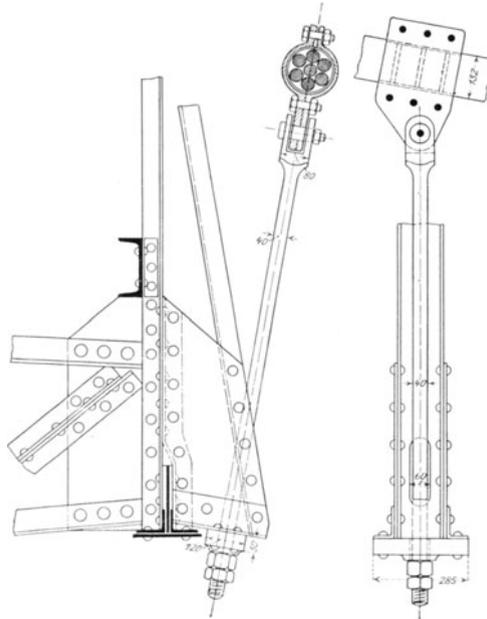
Abb. 115. Strassenbrücke über die Argen bei Langenargen am Bodensee. 1898.



land mehr und mehr zu wachsen beginnt. Denn es kamen in dem Wettbewerb nicht weniger als drei sehr gelungene Entwürfe von Hängebrücken zur Vorlage, nämlich durch die Gesellschaft Harkort eine Kabel- und eine Kettenbrücke und durch die Gesellschaft Nürnberg eine Kabelbrücke. Ein weiteres Anzeichen in dieser Richtung sieht Verfasser in der Tatsache, dass die beiden genannten Gesellschaften sich neuerdings besondere Arten von Kabelherstellungen gesetzlich haben schützen lassen.

Bei der Konstruktion der Gesellschaft Nürnberg ist die Möglichkeit geboten, jedes Seil des Kabels in bequemster Art leicht zu verlegen, und auch in der fertigen Brücke jedes einzelne Seil für sich auszuwechseln und zu erneuern. Sollte diese eigenartige Kabelanordnung sich praktisch bewähren, so wäre damit dem wesentlichsten Einwand, der heute immer noch gegen

Abb. 116. Aufhängung der Querträger an den Kabeln der Brücke von Langenargen.



oder doch nur mit grossen Schwierigkeiten und Kosten während des Brückenbetriebes ausgewechselt werden können.

Die bauliche Eigenthümlichkeit der neuen Nürnberger Konstruktion (Abb. 122 bis 125) beruht (nach der Patentbeschreibung) in erster Linie auf der vollständig unabhängigen Lagerung der Einzelseile eines Kabels derart, dass deren Verbindung erst nachträglich bewirkt wird. Bei einer solchen Gruppierung lassen sich einerseits die zwischen den Einzelseilen bleibenden Leerräume besser dicht und rost-sicher halten, als bei gedrängter Anordnung der Einzelseile (r in Abb. 121). Auch ist es dabei zur Uebertragung der Kräfte P der Hängestäbe auf den Kabelgurt möglich, beliebig viel

während bei der älteren Anordnung (Abb. 121) nur einzelne Punkte p mit der Anschluss-Schelle S in Berührung kommen. Endlich hat eine getrennte Anordnung den Vor-



Abb. 119. Seilkopf-Befestigung.

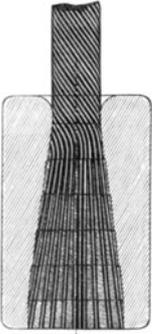


Abb. 120. Patentverschlossene Kabel von Felten & Guillaume in Mülheim a. Rh.

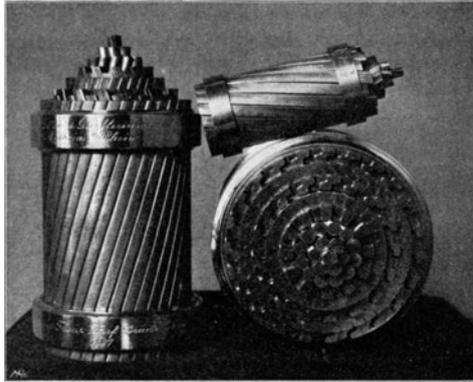


Abb. 121. Ältere Anordnung der Kabelschleifen.

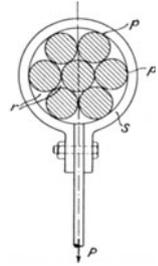


Abb. 122 -125. Kabel-Anordnungen der Gesellschaft Nürnberg für Hängebrücken.

Abb. 122. Befestigung der Hängestäbe am Kabelgurt.

Abb. 123. Keilverschluss.

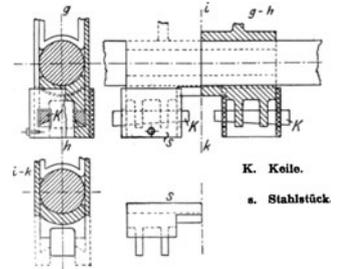
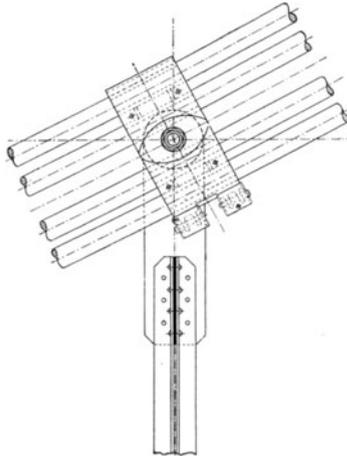
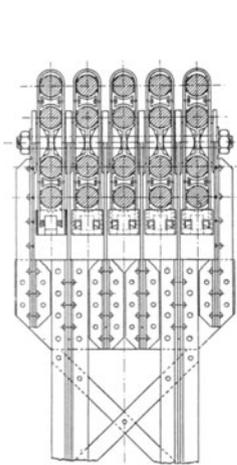


Abb. 124. Befestigung der Hängestäbe am Kabelgurt bei verschobenen senkrechten Reihen.

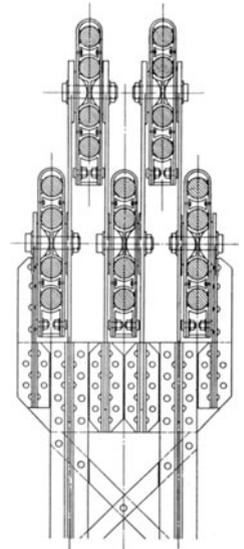
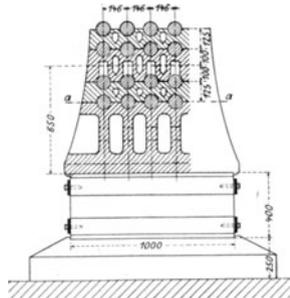
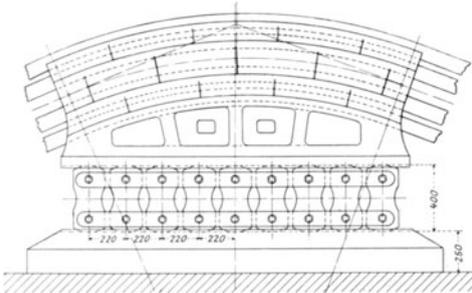


Abb. 125. Stützfeiler-Lager.

Abb. 125 a. Ansicht.

Abb. 125 b. Querschnitt.



sein, um das Abrutschen der Schleife oder der Zwischenkörper von den Seilen ausreichend sicher zu verhindern. Der Verschluss selbst erfolgt durch Verbolzen der Schleifenenden mit dem Schlusskörper oder mittels eingeschobener Keile (Abb. 123). Nachdem die Seile jeder senkrechten Reihe solcher Gestalt zu einer Gruppe vereinigt sind, wird durch die Schleifenaugen der Tragbolzen eingeführt und daran der Hängestab mit Hilfe der senkrechten Bänder befestigt.

Eine Abänderung obiger Gruppierung der Einzelseile zeigt Abb. 124. Darin erscheinen die senkrechten Reihen nach verschiedenen Höhen verschoben, so dass jede Gruppe ihren besonderen kurzen Bolzen erhält. Auch haben dabei die Anhängerbänder des Hängestabes verschiedene Längen.

Beim Auswechseln eines Einzelseiles genügt es, die senkrechte Reihe, in der das schadhafte Seil liegt, auszuschalten, was durch Lösung des Verschlussstückes an der Flacheisen-Schleife geschehen kann. Während dessen ist auf eine entsprechende geringere Belastung der Brücke Bedacht zu nehmen. Das Durchschieben des neuen Seiles ist sowohl bei den Aufhängepunkten (durch Aufspreizen der Schleife) als auch beim Pilonenaufleger (durch die vorhandenen nach oben vergröserten Rillen) gesichert, ebenso ist in den Ankerkammern genügend Raum zum Einfahren neuer Seile und Aufgiessen neuer Köpfe vorgesehen.

Auch die Gesellschaft Harkort hat sich jüngst, wie vorher bereits erwähnt wurde, eine besondere Knotenausbildung für versteifte Kabelbrücken patentieren lassen, bei welcher zweitheilige, mit Dichtungsmasse ausgegossene Klemmschellen verwendet werden, die durch warm aufgezugene Schrumpringe zur Erzeugung der nöthigen Reibung fest gegen das Kabel gepresst werden\*).

**21. Deutsche Bolzen-Brücken.** Zur Zeit als man den grossen Einfluss der Nebenspannungen auf den Sicherheitsgrad der Konstruktion erkannte, glaubte man Anfangs, die Gelenkbolzen-Knoten verursachten im Allgemeinen weniger Nebenspannungen, als die vernieteten Knoten. Gerber führte, wie bereits erwähnt (S. 44), deshalb seine eigenartigen Gelenkbolzen-Brücken ein, von denen ein Beispiel in Abb. 126 gegeben ist. Man befand sich dabei aber in einem Irrthum. Schon nach Manderla's Beobachtungen<sup>81)</sup> zeigte es sich, wie nur unter starken Erschütterungen der Konstruktion zeitweise die Bolzenreibung sich derart vermindert, dass eine Bolzendrehung statt findet. Solches bestätigten im Laufe der Zeit auch amerikanische Erfahrungen, die Verfasser an anderer Stelle (S. 16 u. 23) ausführlicher erörtert

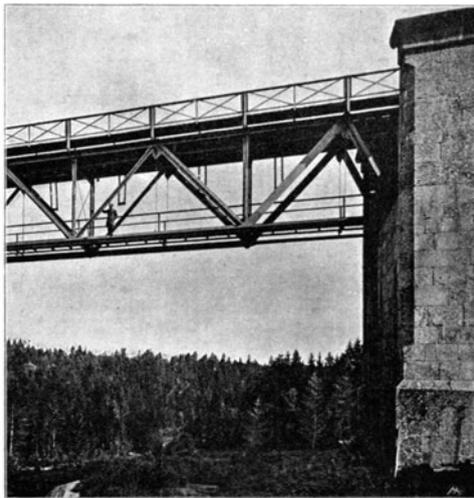
hat. Nur bei kleinen Weiten tritt unter den Stössen der Verkehrslast bei den amerikanischen Bolzenbrücken erfahrungsmässig eine Drehbewegung der Konstruktion um die Knotenbolzen ein. Die Konstruktion erweist sich aber in solchem Falle allzu beweglich, weshalb die meisten amerikanischen Werke Brücken von kleineren Weiten (bis etwa 55 m) nach europäischer Art (mit vernieteten Knoten) herstellen<sup>82)</sup>. In weitgespannten Konstruktionen bieten die scharf eingepassten, starken Bolzen einen ebenso festen Anschluss als Niete und dadurch wird die für derartige Bauten notwendige Steifigkeit der Konstruktion erzielt. Es bleibt für die Bolzenbrücken gegenüber den durchweg vernieteten Brücken aber ein grosser Vortheil bestehen, das ist die Möglichkeit ihrer raschen, bequemen Fertigstellung auf der Baustelle, selbst bei Verwendung von ganz ungebübten Arbeitern. Deshalb haben die Bolzenbrücken auch für deutsche Ver-

hältnisse eine Bedeutung gewonnen, insofern als unsere deutschen Brückenwerke mehr und mehr sich darauf einrichten, auch für das Ausland, besonders für die überseeischen Kolonien, zu liefern. Die grösseren deutschen Werke führen daher seit Jahren ihre eigenen Systeme von Bolzenbrücken, von denen einige derart eingerichtet und mit der Zeit vervollkommen sind, dass bei ihrer Zusammenstellung auf der Baustelle keine Feuerarbeit mehr vorkommt und kein einziger Niet mehr geschlagen zu werden braucht. Verfasser giebt nachstehend eine kurze Beschreibung solcher Bolzenbrücken, wie sie die Gesellschaft Harkort seit Jahren in grosser Zahl in überseeischen Ländern auszuführen pflegt. In einzelnen Fällen hat die Gesellschaft

auch für einheimische Brücken ihr Gelenkbolzen-System gewählt, so geschehen z. B. bei der Strassenbrücke über die Ems bei Münster (1881) und über die Lenne bei Altena (1882).

Die meisten der ins Ausland zu verschickenden und dort aufzustellenden Brücken haben mittlere Spannweiten (bis etwa 80 m). Die Eigenart einer solchen Konstruktion soll nachstehend an einer Brücke von 61,5 m Stützweite erörtert werden, wie sie von der Gesellschaft Harkort für die Deli-Spoorweg-Maatschappij auf Sumatra zur Ausführung gelangte. Für die Hauptträger-Gestalt werden einfache Dreieck-Systeme gewählt, weil diese den theoretischen Anforderungen selbst dann noch genau entsprechen, wenn bei ihrer Ausführung einzelne Stäbe etwa ungenau abgelängt werden sollten. Meistens werden von der Gesellschaft Harkort Parabelträger mit eintheiliger Wandgliederung verwendet, wie sie in der Abb. 130 dargestellt sind. Beim Typ 1 liegen die Gelenkpunkte in jedem zweiten Felde; er kommt zur Anwendung bei kleiner Feldertheilung, bei welcher die zwei Felder langen

Abb. 126. Eisenbahnbrücke über den Ellhofertobel bei Röhrenbach. Gelenknoten. 40 m weit. 1881.



\* ) Deutsches R. P. No. 108 936 vom 15. Nov. 1898 ab. —

Abb. 127. Knotenpunkt der oberen Gurtung.

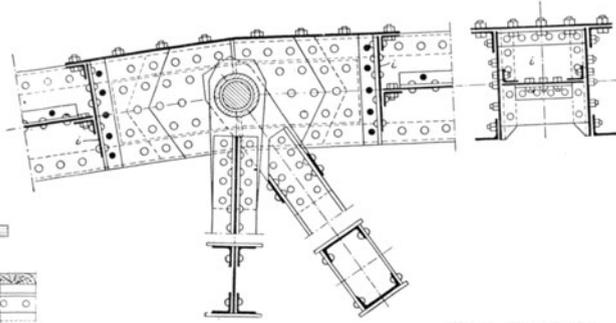


Abb. 128. Ständer- und Querträger-Anschluss.

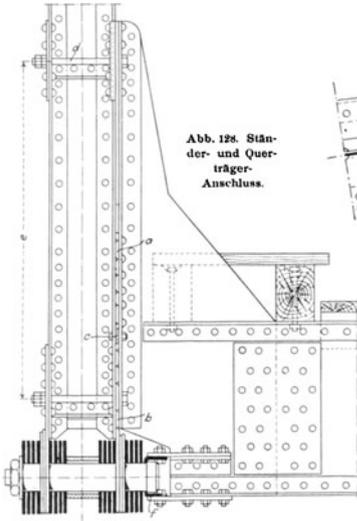


Abb. 180. Träger-Typen.

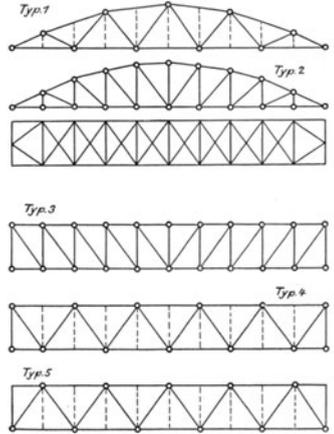


Abb. 129. Windverband.

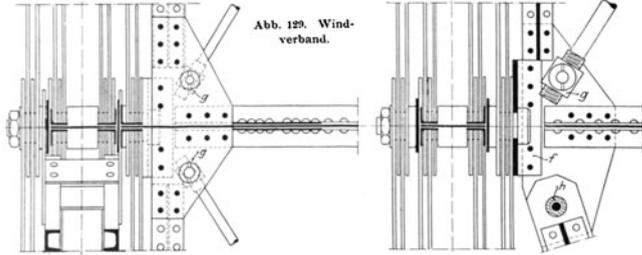


Abb. 131. Endquerträger.

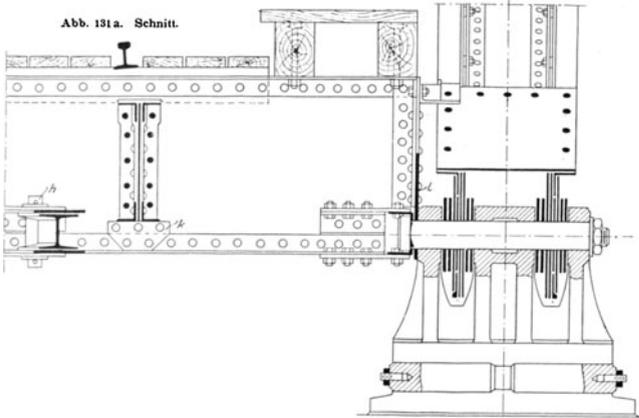


Abb. 132. Bewegliches Lager.

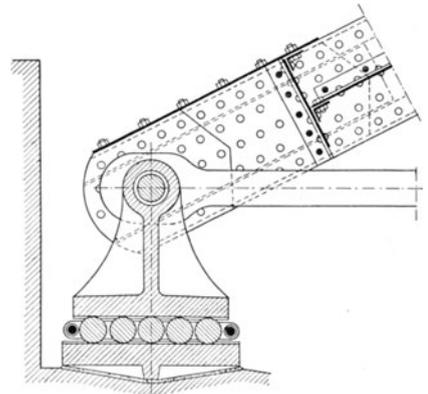


Abb. 131a. Schnitt.

Abb. 131b. Grundriss.

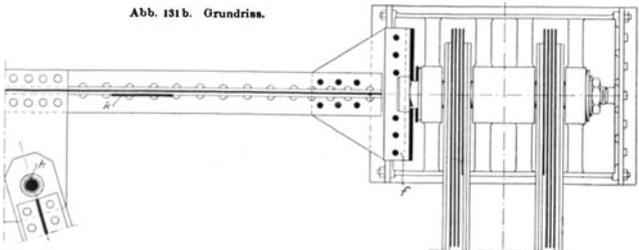


Abb. 127 - 132. Einzelheiten der Gelenkbolzen-Brücken der Gesellschaft Harkort.

Gurtstücke und Augenstäbe noch gut verschiffbare Versandstücke (bis zu 8 m Länge) ergeben. Typ 2, der in allen Knotenpunkten Gelenke erhält, eignet sich für grössere Feldweiten, die an und für sich schon eine Länge von 4 m überschreiten und bis etwa 8 m wachsen können.

Selbstverständlich können auch Parallelträger angewendet werden. Für Brücken grösserer Spannweite passen besonders gut die Typen 3—5, als geschlossene Brücken gedacht, mit hohen Hauptträgern und mit einem durchlaufenden oberen Windverbande. Die Parabelträger haben den Vortheil ziemlich gleich hoher Grenzwerte für die Gurtspannkkräfte und ein weiterer Vortheil besteht darin, dass ihre Wandstreben sehr schwach ausfallen, also eine viel untergeordnetere Rolle spielen, als die Streben von Parallelträgern, auch in ihrer Wirkung auf die Beweglichkeit der Bolzenknoten.

zu Gelenkbolzen. An ihren Endflächen sind sie (dem Gelenkdruck entsprechend) durch Blech-Auflagen verstärkt, abgefräst und mit halbkreisförmigen Ausbohrungen versehen, womit sie den Gelenkbolzen halb umfassen. Es bilden sich also offene Gelenke, wodurch die Aufstellung der Brücke ausserordentlich erleichtert wird. Rechts und links vom Gelenkbolzen sind für den Abschluss der Vergitterung der Gurtstücke volle Querverbindungen *i* (Abb. 127) in die Kastenquerschnitte eingesetzt. Es entsteht so um das Gelenk herum ein unten offener Hohlraum, der mit einem die Gurtfuge deckenden Blech abgeschlossen wird. Das Blech wird nur aufgeschraubt, damit es bei vorkommenden Bewegungen der Konstruktion nachgeben kann. So bietet das Blech doppelten Nutzen: einerseits dient es bei der Aufstellung als Hilfsmittel zur Verbindung zweier Gurtstücke, andererseits schützt

Abb. 133—135. Aufstellung der Gelenkbolzen-Brücken.

Abb. 133. Beginn der Arbeiten.

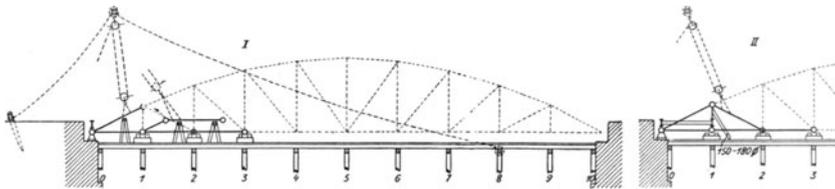


Abb. 134. Fortsetzung der Arbeiten.

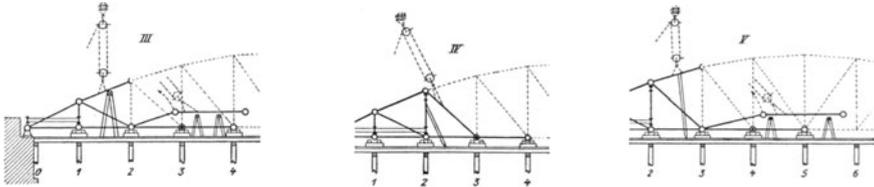
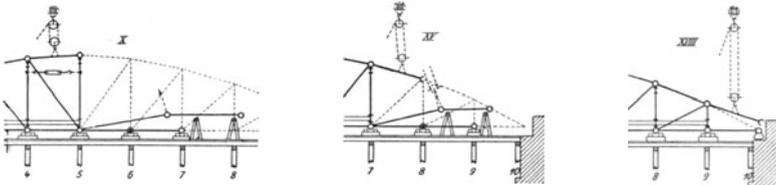


Abb. 135. Schluss der Arbeiten.



Unter den Einzelheiten, die in den Abb. 127—132 veranschaulicht sind, sind besonders die Augenstäbe der unteren Gurtung, die Wandstäbe, die obere Gurtung, die Querträger und Längsträger, sowie der Windverband und die Lager hervorzuheben.

Die Augenstäbe der unteren Gurtung werden in der Regel aus dem vollen Block geschmiedet und an den Augen bearbeitet, ausnahmsweise aus Flacheisen mit angeieteten Augenlaschen hergestellt. Die zweckmässigsten Abmessungen sind durch Versuche ermittelt worden unter der Voraussetzung, dass die Augen mindestens ebenso grosse Zerreihsfestigkeit aufweisen, wie der volle Stab. An die Wandglieder, deren Querschnitte aus den Abb. 127-129 ersichtlich sind, werden die Augen gelascht.

Die Gelenkstücke der oberen Gurtung haben kastenförmigen Querschnitt (Abb. 127) und reichen von Gelenkbolzen

es in der fertigen Brücke die Gelenkstelle vor Regen und Nässe.

Der Anschluss des Querträgers im Ständer erfolgt durch vier Schrauben *d*, zwei Knaggen *a* und *b* und einen Keil *c* (Abb. 128). Die Knagge *a* ist am Kopfe des Querträgers, die Knaggen *b*, zugleich Anschlussaugen des Ständers, sind an diesem befestigt. Zwischen der gehobelten Unterkante von *a* und der ebenfalls gehobelten Oberkante von *b* ist ein Spalt von 60—80 mm (eine Niettheilung) offen gelassen, der nach Beendigung der Aufstellung und nach erfolgter Richtigstellung der Querträger durch einen Keil *c* geschlossen wird. Die Stützendrücke des Querträgers werden durch den Keil oder die Knaggen aufgenommen, während die zwischen Querträger und Ständer (in Folge von Winddruck oder durch die Durchbiegung des Querträgers) verursachten Biegemomente auf die Schrauben *d* übertragen werden, deren

Stärke und Entfernung e danach zu bemessen sind. Die Längsträger stützen sich auf besondere am Querträger angenietete Knaggen k; im Uebrigen werden sie mittels Winkeln und Schrauben an den Querträger geschlossen (Abb. 131).

Die Anordnung des Windverbandes ist in den Abb. 128–129 dargestellt. Auf die inneren Gelenkbolzen-Enden der unteren Augenstab-Gurtung sind  $\square$ -förmige Stücke f geschoben, die oben und unten mit Anschlussblechen versehen sind, zwischen denen die mit bekannter Spannvorrichtung ausgerüsteten Rundeisen-Windstreben zu liegen kommen. Die Anschlussbleche sind mit Hülfe von Winkeln und Schrauben auch mit den Querträgern verbunden, wodurch diese als Ständer des Windträgers wirken können. In den Endfeldern endigt der Windverband in Spitzen und findet seine Stütze in der Mitte der Endquerträger (Abb. 130, Typ. 2). Es werden so die schwierigen Anschlüsse bei den Hauptlagern vermieden. Der Anschluss der Endwindstreben erfolgt durch senkrecht

Keillager verwendet, die man aber möglichst in jedem zweiten oder dritten Knoten durch Kopfschrauben oder Schraubenwinden zu ersetzen sucht. Zum Heben und Einbauen der Brückentheile dient (neben anderen bekannten Geräthen und Werkzeugen) bei grösseren und längeren Brücken am besten ein hölzerner Laufkrahn, der ausserhalb der Hauptträgerläufe und die ganze Brückenbreite zwischen sich fasst. Bei kleineren und kurzen Brücken genügt ein einwandiger Hebebock, der durch seitliche Taue in seiner senkrechten Stellung gehalten wird. Die interessanten weiteren Einzelheiten der Aufstellung können hier Raummangels halber keinen Platz mehr finden, die Abb. 133–135 müssen genügen, um den allgemeinen Verlauf der Arbeiten anzudeuten. Den Zusammenbau von Gelenkbrücken auf dem Werke der Gesellschaft Harkort in Duisburg veranschaulicht die Abb. 136. Ueber weitere Einzelheiten von Gelenkbolzen-Brücken vergl. den Anhang.

Abb. 136. Brücke für Japan (47,25 m weit) in Aufstellung auf dem Harkort'schen Werke in Duisburg. 1890.



stehende Bolzen h. Der Endquerträger wird, wie in der Abb. 131 dargestellt, durch ein Blech l auf den Lagerbolzen gestützt.

Die beschriebene Verbindung des Windverbandes mit den Querträgern könnte zu der irrigen Meinung führen, dass sich der Querträger auch auf den Gelenkbolzen der unteren Hauptträger-Gurtung stütze. Das ist aber nicht der Fall, weil — wie schon gesagt — der Schlusskeil c, der einem Querträger als Stütze dient, erst nach erfolgter Aufstellung und Ausrichtung der Brücke eingetrieben wird, so dass der Querträger sich vom Gelenkbolzen abheben muss.

Die Art und Weise der Aufstellung einer Bolzenbrücke der Gesellschaft Harkort ist in ihren verschiedenen Stufen durch die Abb. 133–135 veranschaulicht. Das dabei verwendete Gerüst ist so anzulegen, dass jeder Gelenkknoten durch Rampaufstütze möglichst unelastisch unterstützt ist und dass auf dem Gerüstflur, der etwa 60–80 cm unter der Konstruktions-Unterkante liegt, zu jeder Seite der Brücke mindestens ein Arbeitsgang von 1,5 m Breite verbleibt. Zur vorübergehenden Stützung der Knoten werden Klötze oder

**22. Neuere Konstruktions-Einzelheiten.** Es kann nicht in der Absicht des Verfassers liegen, hier alle Einzelheiten einer Konstruktion eingehender zu besprechen. Er beschränkt sich darauf, die heute im Allgemeinen geübten Konstruktions-Grundsätze im Grossen und Ganzen darzulegen und diese in einzelnen Fällen durch neuere gute Beispiele zu belegen. Solche Beispiele finden sich auch noch im „Anhang“, worin die Ausstellung deutscher Brückenbau-Anstalten in Paris kurz beschrieben ist. Bei seiner Darlegung der Konstruktions-Grundsätze betrachtet Verfasser, von der geschlossenen Brücke ausgehend, zwei (je ein räumliches Ganze bildende) Theile der Konstruktion. Das sind 1. das Haupttragwerk, also die Hauptträger in Verbindung mit den Quer- und Windverbänden und Lagern; 2. die Fahrbahn, wozu Fahrbahndecke, Fahrbahn tafel, kurz das ganze Bahngerippe, gerechnet werden.

Beginnen wir mit den Lagern der Hauptträger der Balkenbrücken. In deren Entwicklung ist zu beobachten, wie das Streben nach scharfer Markierung und Festhaltung des theoretischen Stützpunktes — unter zwangloser Ermöglichung,

sowohl der Trägerdurchbiegung als auch der beim Wechsel in der Luftwärme eintretenden Längen- und Breitenänderungen der Träger — allmählich von der Verwendung der Flächen- oder Gleitlager zu den Rollenlagern und im weiteren Verlaufe zu den heutigen Berührungs- oder Bolzen-Kipp-lagern oder Pendelstützen geführt hat. Dabei ist ausserdem zu beobachten, wie man obige Zwecke auch durch Verkleinerung der Lagerflächen, sowie auch durch wohl abgewogene, den Kraftstrom von der oberen Stützfläche aus gleichmässig vertheilende Querschnittsformen zu erreichen gesucht hat. Während man aber im 6. Jahrzehnt in einigen Fällen Gleitlager sogar bis etwa 90 m Stützweite der Träger verwendete, hat man (ganz im Gegensatz dazu) in demselben Zeitraume auch schon Berührungs-Kipp-lager versucht, deren Ausbildung von den heute gebräuchlichen Anordnungen nicht wesentlich abweicht. Das ist soweit bekannt zum ersten Male geschehen durch Werder beim Bau der Grosshesseloher Brücke (S. 55). Gerber hat diese Lager immer beibehalten und die Gesellschaft Nürnberg verwendet sie heute noch überall, wo ihr freie Hand gelassen wird<sup>86)</sup>. Solche Berührungs-Lager sind von der Gesellschaft Nürnberg in neuester Zeit auch für die Parallelträger in den Fluthöffnungen der Süderelbe-Brücke in Harburg verwendet worden. Sie sind, für je zwei auf einen Pfeiler zusammen stossende Träger gemeinschaftlich angeordnet, so dass der Pfeiler nur centrisch belastet wird.

Brücke führte Schwedler (1889) die querbeweglichen Stelzen ein, um auch die Längenänderung der Brücke nach der Quer-richtung zu ermöglichen. Dabei legte er den Schwerpunkt des Stelzenquerschnitts sehr tief, um das Wiedereinstellen der aus ihrer normalen Lage gekommenen Stelzen zu erleichtern.

Ein Nachtheil dieser Schwedler'schen Lager mit ihren zwei Reihen von übereinander liegenden Stelzen, von denen die obere Reihe für die Querbeweglichkeit, die untere für die Längsbeweglichkeit dient, ist ihre grosse Höhe, wodurch die Uebertragung der Windkräfte auf die festen Pfeiler unvortheilhaft wird. Deshalb verwendete Köpcke bei der Loschwitzer Hängebrücke zu gleichem Zweck nur eine nach der Diagonale der beiden Bewegungs-Richtungen schräg gestellte Stelzenreihe.

Solche vereinfachte Lager mit Längs- und Querbeweglichkeit hat die Gesellschaft Harkort neuerdings vervollkommen, wie die in den Abb. 137—142 gezeichneten Beispiele von der Trarbacher Moselbrücke und für den Entwurf einer Magdeburger Elbebrücke veranschaulichen. Ihre Anordnung entspricht der Voraussetzung, dass sich die Hauptträger und Querträger einer Brücke unter dem Einflusse der Temperatur gleichmässig ausdehnen, was z. B. zutrifft, wenn Fahrbahn und Träger-Untergurte ganz im Schatten der Fahrbahndecke liegen. Die Lager werden besonders einfach, wenn man die beiden Sattelstücke der Kippvorrichtung mit Kugelflächen ineinander greifen lässt.

Abb. 137—142. Einzelheiten neuerer Lager.

Abb. 137. Festes Lager.

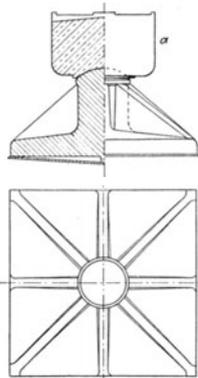


Abb. 139. Querbeweglich.

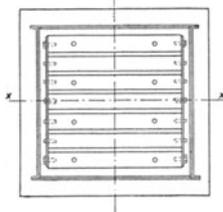


Abb. 138. Längsbewegliches Lager.

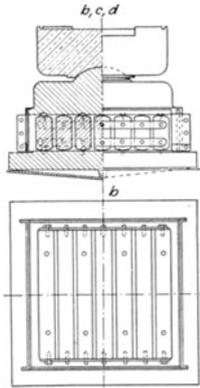


Abb. 140. Schrägbeweglich.

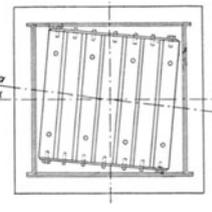


Abb. 141. Aeltere Anordnung.

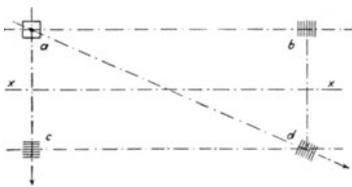
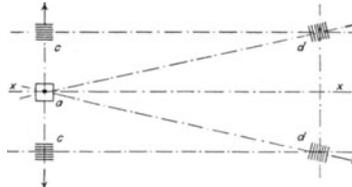


Abb. 142. Anordnung für einen Spitzen-Windverband.



Die beiden auf dem Lager gestützten Träger erscheinen von aussen zwar wie ein durchgehender Träger, sie sind aber nur federnd mit einander verbunden, so dass jeder seinen Lastantheil für sich allein trägt.

Schwedler bevorzugte Bolzen-Lager, obwohl diese den Stützpunkt nicht so scharf markiren und festhalten als Berührungs-Lager, weil die Bolzenreibung unter der veränderlichen Brückenlast eine geringe Verschiebung der Auflager-Mittelkraft veranlasst. Bei den Lagern der neuen Dirschauer

Es sind dann für jede Brückenöffnung nur zwei verschiedene Lagermodelle nothwendig: ein festes Lager a (Abb. 137) und drei bewegliche Lager b, c und d (Abb. 138—140). Letztere bestehen aus ganz gleichen Stücken, während die Lager b und c zwar unter einander ganz gleich, aber um 90° gegen einander verdreht aufgestellt werden. Beim Lager d wird die Stelzenreihe schräg angeordnet. Das querbewegliche Lager c ist in der Brücken-Längsachse als fest zu betrachten, weil die Rollen oder Stelzen mit Bündeln versehen sind.

Die in den Abb. 137—141 dargestellten Lager lassen bei sehr grossen Brücken die unter den senkrechten Lasten entstehenden Verlängerungen der Hauptträger nicht ganz ohne Zwang vor sich gehen, wenn auch in weit geringerem Maasse als bei Brücken ohne querbewegliche Lager. Dieser Zwang kann aber noch erheblich mehr verringert werden, wenn man die Lager im Grundriss der Brücke etwas anders stellt (Abb. 142), wie dies die Gesellschaft Harkort für eine Elbbrücke in Magdeburg vorgeschlagen hatte. Hierbei ist a der einzige feste Punkt der Konstruktion. Er liegt in der Brückenlängsachse und wird durch den in Spitzen (auf der Mitte des Endwindständers) endigenden Windverband gehalten; c, c sind querbewegliche und d, d schrägbewegliche Lager. Die Schrägstellung der Stelzenreihe d, d ist hier nur halb so gross wie bei der Anordnung in Abb. 141, der vorerwähnte Zwang ist also geringer.

Der heutige Konstruktions-Grundsatz, wonach das auf seinen Lagern ruhende Haupttragwerk einer geschlossenen Brücke ein starres räumliches System bilden soll, ist in den ersten Jahrzehnten der Entwicklung des Eisenbaus nicht überall befolgt oder bewusst durchgeführt worden. Man betrachtete das Haupttragwerk in der Regel nicht als ein räum-

gebracht. Denn seit dem Mönchensteiner Falle schenkt man den Fragen über die sog. Quersteifigkeit der eisernen Brücken erhöhte Beachtung. Auch die Gefährlichkeit der sog. offenen Brücken wie es die Mönchensteiner eine war, ist seitdem in eingehender Weise erörtert worden.

Bei einer offenen Brücke sucht man selbstverständlich die gesammte räumliche Konstruktion als ein starres Ganzes auszubilden, was am besten durch eine nieffeste Verbindung der Fahrbahn mit den Hauptträgern zu erreichen ist, um dadurch die Knicksicherheit der Hauptträger-Obergurte zu erhöhen. Anders liegt die Sache bei der geschlossenen Brücke, denn bei dieser sind die Obergurte durch den dort eingelegten Windverband leicht knickfest zu erhalten. Auch wahr der Windverband die senkrechte Stellung der Hauptträger ausreichend, ohne dass man nöthig hätte, ihn deshalb mit starken (zwischen den Hauptträgern eingespannten) Ständern zu versehen, oder gar noch von solchen Ständern aus steife Eckverbindungen nach den Wandstäben der Hauptträger zu führen. Wenn derartige Ständer und Eckverbindungen bei der Fordoner Brücke ausgeführt worden sind (Abb. 32 und 68), so ist dies gegen den Willen des Entwurf-Verfassers geschehen. Steife Endportale und ein

Abb. 143. Lagerung der Querträger der Brücke über die Argen. Längsschnitt der Brücke.

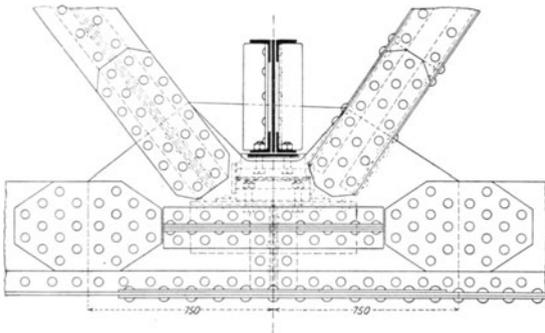
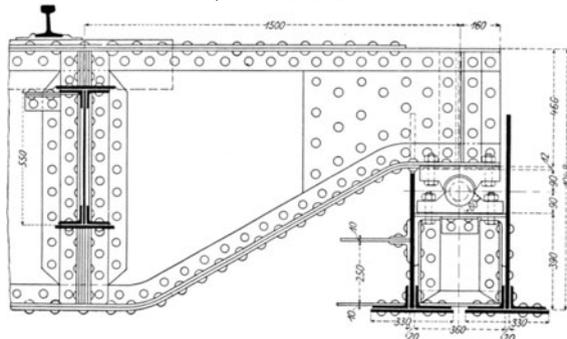


Abb. 144. Lagerung der Querträger der Brücke über die Argen. Querschnitt der Brücke.



liches Ganzes, sondern dachte es sich zerlegt in die Hauptträger, in deren Ebenen die senkrechten Lasten wirken, und in die Quer- und Windverbände, deren Aufgabe es ist, die Seitenkräfte aufzunehmen. In vielen Fällen war man wesentlich nur darauf bedacht, die Hauptträger tüchtig zu berechnen und auszubilden, während man die Konstruktion der Quer- und Windverbände vernachlässigte, indem man diese nach Gutdünken anordnete und dabei sehr oft entweder zu viel oder auch zu wenig that. Als dann (im Jahre 1892) unter so schrecklichen Umständen die Mönchensteiner Brücke einstürzte, erwachte ein allgemeines starkes Misstrauen gegen die Haltbarkeit und Tüchtigkeit der bestehenden eisernen Brücken und unter dem bedrückenden Gefühl des grossen Unglücks kam dies sofort in den politischen Zeitungen Europas zum lauten, zuweilen leider auch zum schreienden Ausdruck. Zweifellos wurden damals die Schäden der europäischen Brücken übertrieben dargestellt, nicht allein von unkundigen Laien, sondern auch von sonst verständigen Technikern. Für die zunächst davon unschuldig Betroffenen war das niederdrückend, im Allgemeinen aber haben die damaligen Aufwallungen der Presse und ihre Nachwirkungen bei den beteiligten Behörden schliesslich auch ihr Gutes

zweifaches zug- und drucksicheres Streben-Fachwerk in den Windverbänden (ohne steife Eckverbindungen) dürften für die Erzielung der nöthigen Quersteifigkeit geschlossener Brücken völlig genügen. Auch eine geeignete bewegliche Lagerung der Querträger auf den Hauptträger-Untergurten wird der Quersteifigkeit des Haupttragwerks keinen Abbruch thun. Solche bewegliche Lagerungen wurden, so weit bekannt, zuerst 1882—83 in den Ueberbauten der Rheinbrücke bei Reenen\*) in der holländischen Staatsbahnstrecke Amersfoort-Nymwegen hergestellt. Später sind sie in ausgedehnter Weise bei den russischen Eisenbahnbrücken eingeführt worden<sup>87</sup>). Bei der Fordoner Brücke waren sie im Entwurfe auch vorgesehen, für die Ausführung aber nicht genehmigt worden. Ein Beispiel aus neuester Zeit vom Bau der Eisenbahnbrücke über die Argen am Bodensee\*\*) veranschaulichen die Abb. 96, 143 und 144.

Neuerdings ist man in der konstruktiven Trennung zwischen Fahrbahn und Haupttragwerk geschlossener Brücken noch einen Schritt weiter gegangen, hauptsächlich um dadurch

\*) Ausgeführt durch die Gutehoffnungshütte.

\*\*) Ausgeführt von der Gesellschaft Esslingen.

die Nebenspannungen (S. 44) der Hauptträger zu vermindern. In Folge eines allzu starren Zusammenhanges der beiden Haupttheile einer Brücke beeinflussen sich beide wechselseitig in unerwünschter Weise, wodurch der Kräfteverlauf verwickelter und unklarer wird. Die richtige Erkenntniss dieser Uebelstände hat in einzelnen Fällen schon früher dahin geführt, die Längsträger an den Querträgern verschieblich zu lagern, oder sie als durchgehende Auslege-träger mit eingeschalteten beweglichen Zwischenstücken auszubilden. Auch die erwähnte bewegliche Lagerung der Quer-träger auf den Hauptträgern verfolgt gleiche Zwecke. Alle genannten Mittel boten aber bisher noch keine vollkommene Lösung der gestellten Aufgabe. Nur durch eine vollständige Loslösung der Fahrbahn von dem räumlichen Haupttragwerk, in Verbindung mit einer passend gewählten Anordnung und Formgebung des Haupttragwerkes scheinen die vorhandenen Schwierigkeiten ausreichend umgangen werden zu können. Eine derartige sogenannte „freischwebende oder frei-gestützte Fahrbahn“ hat zuerst die Gesellschaft Harkort

kräfte in einer gewissen Abhängigkeit von einander gehalten werden, und zwar muss die Fahrbahn in der Querrichtung wie in der Längsrichtung unverschieblich zum Haupttragwerke festgelegt sein, aber in der Art, dass dabei keine Nebenspannungen und gegenseitigen Beeinflussungen erzeugt werden. Das wird von der Gesellschaft Harkort in ähnlicher Weise erreicht wie dies bereits 1884 Winkler in seinen Vor-tragen vorgeschlagen hat<sup>88)</sup>.

Zur Ueberführung der von der Fahrbahn und von den auf dieser befindlichen Fahrzeugen erzeugten Windkräfte in den mit dem Haupttragwerke verbundenen unteren Windverband dienen die Querträger (Abb. 147 u. 148). Zu solchem Zwecke erhalten diese an ihrer Unterseite besondere mit Druckstücken ausgerüstete Ansätze (c), die sich an die entsprechend verstärkten Anschlussbleche (a) des unteren Windverbandes legen, der aus den beiden Zugbändern (z) als Gurtungen und aus zweitheiligem Streben-Fachwerk besteht, in dessen Maschen die am Bogen aufgehängten Querträger frei hineinhängen (Abb. 145 c und 146 c). Die Fahrbahn giebt auf diese Weise

Abb. 145. Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Worms.

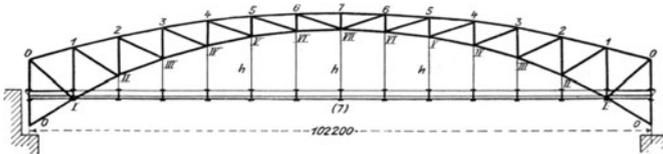


Abb. 145 b. Oberer Windverband.

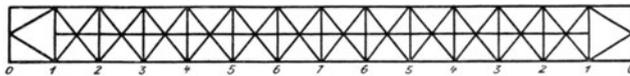


Abb. 145 c. Unterer Windverband.

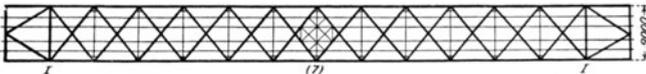
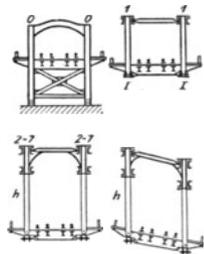


Abb. 145 a. Querschnitte.



Das Haupttragwerk ist durch starke, die bewegliche Fahrbahn durch dünnere Linie unterschieden.

eingeführt, und zwar durch ihren preisgekrönten Entwurf für die Bonner Brücke (1894). Die gleiche Anordnung war enthalten in den preisgekrönten Entwürfen der Firma für die Eisenbahnbrücke in Worms, für die Strassenbrücke über die Süderelbe bei Harburg und für die Moselbrücke bei Trarbach. Seitdem ist die „freischwebende Fahrbahn“ unter Abänderung von Einzelheiten auch von anderen Werken übernommen worden, z. B. von der Gesellschaft Nürnberg bei der Herstellung der Süderelbe-Brücke in Harburg (Abb. 47). Besonders einfach gestaltet sich die Anordnung bei Bogenfachwerken, deren Fahrbahn unten liegt und deren Horizontalschub durch ein Zugband aufgehoben wird, wie dies in den Abb. 145—151 dargestellt ist.

Der eigentliche freischwebende Theil der Fahrbahn erstreckt sich stets auf die Länge des Zugbandes, weil gerade dieses in Folge seiner Längenänderungen die Fahrbahntafel beeinflussen würde, wenn es mit ihr fest verbunden wäre. Dem entsprechend sind bei der Wormser Eisenbahnbrücke (Abb. 145) in den Knotenpunkten I und I, bei der Trarbacher Brücke (Abb. 146) in den Punkten o und o Fahrbahn-Unterbrechungen (Ausdehnungs-Vorrichtungen) angeordnet. Bei der Wormser Brücke ist also die Fahrbahn der Endfelder mit dem Haupttragwerke verbunden.

Bei aller Unabhängigkeit zwischen dem Haupttragwerke und der Fahrbahn müssen beide wegen der Wind- und Brems-

ihren Winddruck an den unteren Windverband centrisch ab, ohne in ihrer Beweglichkeit behindert zu sein. Um die ebenfalls von der Fahrbahn ausgehenden Bremskräfte in der Längsrichtung der Brücke zu übertragen, genügt es, den mittelsten Querträger (oder bei ungleicher Felderzahl die beiden mittelsten) den beiden Zugbändern des Haupttragwerkes gegenüber festzulegen. Dies geschieht am einfachsten durch Knaggen, die jede Verschiebung des Querträgers (oder beider Querträger) in der Brücken-Längsachse ohne Zwang verhindern. Zur Aufnahme der Bremskräfte bei Eisenbahnbrücken ist die Fahrbahntafel gegen die Mittelfelder des Windverbandes besonders zu versteifen, gleichzeitig ist daselbst eine solide Befestigung mit den Zugbändern auszuführen, wie Abb. 145 c bei (7) veranschaulicht. Bei Strassenbrücken können diese Versteifungstheile wegfallen (Abb. 146 c).

Die Zugbänder (z) des Haupttragwerkes liegen unterhalb der Querträgerenden und sind an diesen gelenkartig aufgehängt (Abb. 147 und 148), so dass auf der Strecke innerhalb der festen Punkte in der Brückenmitte und den Brückenenden Relativbewegungen zwischen Fahrbahn und Zugband unbehindert vor sich gehen können.

Zur Verminderung von Biegemomenten an den Aufhängepunkten der Querträger, wie sie sowohl aus der Durchbiegung der Querträger, als auch aus ungleichmässigen Senkungen der Hauptträger hervorgehen können (besonders wichtig bei zwei-



gleisigen Eisenbahnbrücken), müssen die Querträger möglichst beweglich aufgehängt werden. Bei der Wormser Eisenbahnbrücke (Abb. 147) sind für solche Zwecke regelrechte Gelenkbolzen angeordnet; bei Strassenbrücken mit meist gleichvertheiltem Verkehr über die ganze Brückenbreite ist auch feste Vernietung anwendbar, wenn man den Hängestangen  $h$  Querschnitte von nur geringem Trägheitsmoment giebt, wie es z. B. bei der Moselbrücke in Trarbach (Abb. 148) geschehen ist.

Die guten Eigenschaften der beschriebenen freischwebenden Fahrbahn zeigen sich bei zweigleisigen Eisenbahnbrücken besonders wirksam, weil der ganze Querrahmen des Haupttragwerks sich in Folge verschiedener Durchbiegung der Hauptträger rhombisch verschieben kann (Abb. 145a), ohne dass die Hauptträger dabei aus ihrer senkrechten Stellung heraus-

lasten auf das Haupttragwerk durch die unter sich querversteiften Stützen  $h$  übertragen, die an ihren unteren Enden in den oberen Knotenblechen der Hauptträger gelenkig gelagert sind und demnach in der Brücken-Längsachse pendeln können, während ihre mit Kugellagern (Abb. 149) versehenen oberen Enden die Fahrbahn-Querträger aufnehmen. Eine Ausnahme hiervon machen (im vorliegenden Falle) die Stützen  $o$ — $o$  über den Hauptlagern (Abb. 150a), weil diese sehr lang sind und ausserdem für die Schwingungsebene ein sehr geringes Trägheitsmoment des Querschnittes aufweisen, so dass sie trotz ihres grossen Ausschlages nur schwache Verbiegungen erleiden. Im Scheitel der Hauptträgerbögen ist die Fahrbahn mit dem Haupttragwerke vernietet (Abb. 150). Die Relativbewegungen zwischen Fahrbahn und Hauptträgern erfolgen sonach von der Mitte der Öffnung aus nach beiden

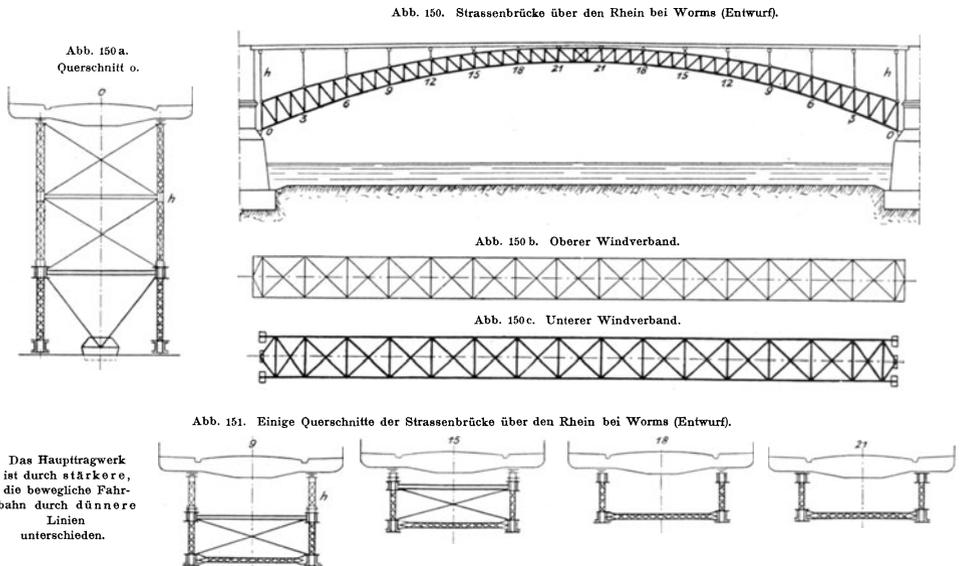


Abb. 150. Strassenbrücke über den Rhein bei Worms (Entwurf).

Abb. 150 a.  
Querschnitt o.

Abb. 150 b. Oberer Windverband.

Abb. 150 c. Unterer Windverband.

Abb. 151. Einige Querschnitte der Strassenbrücke über den Rhein bei Worms (Entwurf).

Das Haupttragwerk ist durch stärkere, die bewegliche Fahrbahn durch dünnere Linien unterschieden.

treten. Um dies zu erreichen, muss die Verbindung der Windverbände mit dem Haupttragwerk nicht zu steif gehalten werden. In den Beispielen (Abb. 147 und 148) sind deshalb die Windverbände durch flachliegende Anschlussbleche (a) angeschlossen, die in der senkrechten Ebene genügend elastisch sind, um ohne Erzeugung nennenswerther Biegemomente kleine Bewegungen zuzulassen. Bei Strassenbrücken mit gleichmässigerem Verkehr und bei eingleisigen Eisenbahnbrücken sind die eben entwickelten Gesichtspunkte nicht so durchschlagend. Eine grosse Verschiedenheit in der Durchbiegung der beiden Hauptträger und eine rhombische Verschiebung des ganzen Brücken-Querschnittes tritt hier gar nicht oder doch nur selten ein. Deshalb können in diesem Falle die oberen Querriegel ( $q$ ) steifer ausgebildet werden, wenn man gleichzeitig darauf bedacht ist, die Hängestangen  $h$  gegen Biegen schwach zu machen, wie dies bei der Trarbacher Brücke (Abb. 148) geschehen ist.

Als Beispiel dafür, wie bei Bahn oben, die freischwebende Fahrbahn sich in eine „frei gestützte“ verwandeln kann, diene der preisgekürnte Entwurf der Strassenbrücke in Worms (1895) mit den Abb. 149—151. Hier werden die Fahrbahn-

Enden zu, ohne dass in den Stützen  $h$  nennenswerthe Verbiegungen oder Nebenspannungen auftreten können.

Der obere zur Fahrbahn gehörige Windverband stützt sich (an den Enden in Spitzen auslaufend) unmittelbar auf die Pfeiler, in denen zu diesem Zwecke besondere Lagerkörper verankert sind, die eine Längsbeweglichkeit des Windverbandes mit der Fahrbahn, aber keine Seitenbewegung zulassen (Abb. 150b). Auch die Querverstrebung der Endstützenwände in  $o$ , sowie der untere bogenförmige Windverband laufen in Spitzen nach den Pfeilern zu aus (Abb. 150c und Abb. 150a) und sind dort unmittelbar auf einem gemeinsamen Lager verankert. Jede metallische Verbindung der Hauptträger-Stützpunkte wurde absichtlich vermieden, um seitlich zwingende Kräfte an den Lagern oder deren Losrütteln vom Mauerwerk zu verhüten (Abb. 149b).

Weitere Konstruktions-Einzelheiten neuerer Brücken finden sich am Schlusse dieser Schrift, wo die Ausstellung deutscher Brückenbau-Anstalten in Paris kurz beschrieben ist. Bemerkenswerthe Erörterungen von Backhaus über Einzelheiten der Gelenke von Bogenbrücken findet man in der angegebenen Quelle<sup>20)</sup>.

#### IV.

### Die Herstellung der Konstruktion durch die Brückenbau-Anstalten.

**23. Die Herstellungsarbeiten im Allgemeinen.** Im Anfange der Entwicklung des Eisenbaues lagen diese Arbeiten, wenn es sich dabei um bedeutende Bauten handelte, meist ganz in den Händen von Organen der Bauverwaltung, die in solchem Falle, wie man sagte, in Regie baute. Brückenbau-Anstalten, im heutigen Sinne des Wortes, gab es in jener Zeit noch nicht. Kleinere Eisenkonstruktionen wurden den damaligen besseren Maschinenfabriken zur Herstellung überlassen und beim Bau grösserer Brücken, wo es sich lohnte, errichteten öfter Private in der Nähe des Bauplatzes besondere Werkstätten, wie z. B. geschehen beim Bau der alten Dirschauer und Kölner Brücken. Der Bau der alten Eisenbahnbrücken über die Weichsel und Nogat bietet ein geschichtlich bemerkenswerthes Beispiel für ein derartiges Herstellungsverfahren in Regie.

Im Juli 1847, als in Folge von politischen und finanziellen Verlegenheiten der königliche Befehl zur Einstellung der Brückenbauarbeiten erging, waren auf den Dirschauer Werkplätzen, und besonders bei den Deichbauten und der Nogatkoupirung an der Montauer Spitze insgesamt bereits 7700 Arbeiter beschäftigt. Für den Bau der grossen Weichselbrücke war, nach Erledigung vieler Grunderwerbsgeschäfte, der erste Spatenstich bereits am 8. September 1845 gethan worden. Deshalb waren zahlreiche Einrichtungen und Baulichkeiten — u. A. auch ein Geschäftsgebäude für die Baukommission, sowie Arbeiterbaracken — theils fertig gestellt, theils noch im Werden begriffen. Auch waren bereits viele Baumaschinen beschafft oder bestellt und über die Lieferung von Steinen, Hölzern und anderen Materialien Verträge abgeschlossen. Auf Rechnung der Verwaltung war beim Dorfe Knieban eine grosse Ziegelei errichtet mit 16 Brennöfen und 9 Trockenschuppen, in der 200 Arbeiter thätig waren und schon 4 Millionen Ziegel, die Hälfte noch ungebrannt, fertig lagen. Die meisten Anlagen zur eigenen Fabrikation von Cement, zur Bereitung des Mörtels und Betons, sowie zur Instandhaltung der Baugeräthe waren fast vollendet. Ferner war, um die rechtzeitige eigene Herstellung der eisernen Ueberbauten möglichst sicher zu stellen, die Errichtung und Inbetriebsetzung einer Maschinenbau-Anstalt nebst Eisengiesserei seitens einer Privatgesellschaft in Dirschau bewerkstelligt, sowie auch der Bau eines Schmiede- und Werkstattgebäudes auf dem künftigen Bahn-

hofs Dirschau in der Ausführung begriffen. Der Befehl zur Einstellung der Bauten traf gerade zur selben Stunde ein, als die Mitglieder der Baukommission in der Maschinenbau-Anstalt versammelt waren, um im Beisein der Techniker der Anstalt den ersten Eisenguss zu vollführen und das Einfließen in den eingeförmten Gruss „Glückauf“ zu erwarten. Welch niederdrückende Gedanken und Stimmungen mögen in den Gemüthern der zum grossen Werke so froh bereiten Männer in jener traurigen Stunde wohl Raum gewonnen haben? Der unfreiwillige Aufschub des Brückenbaues dauerte bis zum Jahre 1850. Im Jahre 1851 (am 27. Juli) fand die feierliche Grundsteinlegung durch den König am Dirschauer Landpfeiler statt und am 20. Oktober 1855 konnte Lentze dem Finanzminister v. d. Heydt auf dem Drahtwege die erste Nachricht von der glücklichen Ausrüstung des eisernen Ueberbaues der ersten beiden Oeffnungen zugehen lassen. Am 12. Oktober 1857 passirte der erste Eisenbahnzug die Brücke<sup>69</sup>.

Des genialen Theoretikers Schinz, dem die Sorge für die theoretische und konstruktive Durchbildung der Konstruktion oblag, ist schon S. 53 gedacht worden. Weiter sind zu nennen der Direktor der erwähnten Maschinenbau-Anstalt H. W. Krüger aus Potsdam (1817—1876), ein Ingenieur von nicht gewöhnlicher Bedeutung, der die Dirschauer Maschinenbau-Anstalt ins Leben rief und in ihr sämtliche für die Brücke erforderlichen grossen Eisenarbeiten mit Einschluss vieler Maschinen ausführte, wobei der Ingenieur Rintelen und der Werkmeister Franck ihm thatkräftig zur Seite standen. Bauinspektor Schwahn (später Direktor der Mecklenburger Friedrich-Franz-Eisenbahn) war der ausführende Baumeister des Platzes. Ausserdem haben noch viele tüchtige jüngere Männer dem Werke ihre Kräfte gewidmet. Darunter seien besonders genannt Baumeister Malberg, der vorher die Kettenbrücke bei Mülheim an der Ruhr gebaut hatte (S. 75), sowie die gleich ihm bereits verstorbenen Ingenieure Rohde, Sternberg, Bendel und Böhrner, von denen die drei ersten sich im Brückenbau später noch einen Namen gemacht haben: Rohde bei den alten Hamburger Elbebrücken, Sternberg als Professor der technischen Hochschule in Karlsruhe und Bendel als Leiter des technischen Bureaus der linksrheinischen Eisenbahn in Köln. Auch unter den bei dem grossen Werke als

Bauführer thätig gewesenen Technikern, wie Niemann, Mellin, A. Wiebe und Dirksen, finden sich Namen von bekanntem Klange. Lohse, der Erbauer der alten Kölner und der alten Hamburger Eisenbahnbrücken war Bauleiter der Marienburger Brücke<sup>60)</sup>.

Auch der Bau der alten Kölner Brücke<sup>60)</sup> ist von den eigenen Organen der Rheinischen Eisenbahn-Gesellschaft geleitet worden. Für die Eisenarbeiten wurden dabei im Winter 1855—1856 besondere Werkstätten errichtet und die nöthigen Werkzeugmaschinen bezog man theils von Dirschau, theils von England. Besonders bemerkenswerth ist es, dass beim Bau der alten Kölner Brücke — soweit bekannt — die ersten Knickfestigkeits-Versuche mit Eisenstäben (durch Lohse) angestellt worden sind, worüber dieser berichtet hat<sup>60)</sup>.

Die um diese Zeit, also um die Mitte des 6. Jahrzehnts, in Deutschland bereits bestehenden grösseren Fabriken befassten sich mit der Herstellung von eisernen Brücken meist nur nebenbei. Der Schwerpunkt ihrer Leistungen lag meist auf anderen Gebieten. Das erste Werk, das sich den Brückenbau zur besonderen Aufgabe stellte, war in Norddeutschland die Fabrik von Joh. Caspar Harkort in Harkorten bei Haspe. Diese Anstalt besteht seit 1846 und aus ihr ist die jetzige Gesellschaft Harkort hervorgegangen. Die älteste Anstalt in Süddeutschland dürften die Eisenwerke der Gebrüder Benkiser in Pforzheim gewesen sein, deren Gründung bis zum Jahre 1752 zurück reicht<sup>61)</sup>. Aug. Benkiser, ein aussergewöhnlich tüchtiger und praktischer Konstrukteur, brachte den Brückenbau bald zu hohem Ansehen. Wie aus den Tab. I bis IV zu ersehen ist, stammt eine grosse Zahl von bedeutenden älteren süddeutschen Eisenbrücken aus dem Pforzheimer Werke, darunter die Rheinbrücken in Kehl, Basel, Mannheim, Germersheim und Mainz, die Obermainbrücke in Frankfurt und viele andere. Dazu kommen noch sehr viele bedeutende ausländische Konstruktionen. Seit dem Jahre 1888 hat die Anstalt den Brückenbau aufgegeben.

Die zweitälteste Brückenbau-Anstalt Süddeutschlands war die Maschinenfabrik von Johann Friedrich Klett in Nürnberg, von diesem im Verein mit drei englischen Ingenieuren im Jahre 1837 gegründet. Aus ihr erwuchsen in mehreren Wandlungen die jetzigen vereinigten Gesellschaften Augsburg und Nürnberg. Es folgten: In Württemberg, um die Mitte des 5. Jahrzehnts, die Fabrik der Gebr. Decker in Kannstatt, jetzt die Maschinenfabrik Esslingen, in Preussen die Brückenbau-Werkstätten der Gutehoffnungshütte in Sterkrade (1864) und die Union in Dortmund (1872), in Sachsen die Königin-Marien-Hütte bei Kainsdorf und das Lauchhammer Werk.

Wie die genannten Brückenbau-Anstalten im Laufe der Zeit das gesammte Feld der Eisenkonstruktionen beackert und befruchtet haben, ist zum Theil schon im Vorhergehenden geschildert, wobei die Tabellen I bis VI eine Uebersicht ihrer Leistungen geben. Es wurde auch bereits darauf hingewiesen, wie neuerdings (in Folge des sich einbürgernden Gebrauches der öffentlichen Ausschreibungen) auch die Ausarbeitung der Konstruktions-Entwürfe ein wohlberechtigtes Monopol der Brückenbau-Anstalten geworden ist (S. 39). Dabei wurde hervorgehoben, wie es den Bauverwaltungen zu rathen sei, sich mit der Aufstellung des Programms oder eines Vorentwurfes, sowie mit der endgültigen Feststellung des aus einem (engeren, öffentlichen oder geheimen) Wettbewerb gewonnenen Bauentwurfes zu begnügen, im Uebrigen aber (unter sorg-

fältigster Beaufsichtigung aller Arbeiten und Lieferungen in der Hütte und Werkstatt, sowie auf der Baustelle) Alles einem vertrauenswürdigen Werke zu überlassen. Die grossen deutschen Brückenbau-Anstalten besitzen heute einen ausgezeichneten Stab von theoretisch und praktisch durchgebildeten Beamten, gegen dessen Leistungen ein Einzelner nur noch schwer aufkommen kann. Das beweisen die neueren Ausschreibungen von Brückenbauten, bei denen die Preise regelmässig den grösseren Firmen zufallen. Diese arbeiten heute Hand in Hand mit einer Unternehmung für die Pfeilerbauten und einem Architekten (S. 40). Die Hauptzweige des Brückenbaues sind eben im Laufe der Zeit zu Sonderunternehmungen ausgewachsen, worunter die auf dem Gebiete der Pfeilergründung arbeitenden Firmen wohl in erster Reihe stehen. Die älteste deutsche Unternehmung dieser Art, die übrigens als Weltfirma ersten Ranges alle Gebiete des Bauingenieurwesens gleichmässig pflegt, ist die Gesellschaft Ph. Holzmann & Cie in Frankfurt a./M., deren Gründung bis auf das Jahr 1856 zurückgeht.

Wie überall, so auch im Brückenbau ist „Theilung der Arbeit“ heute die Losung. Wie Manchem möchte es dabei wohl in den Sinn kommen, sich die „gute alte Zeit“ zurück zu wünschen, wenn er sieht, wie im unaufhörlichen Drängen und Hasten an der Wende des Jahrhunderts, trotz des redlichsten Willens ein liebevolles Versenken in die Tiefen des Entwurfes und der Ausführung über die Kräfte eines Einzelnen geht.

Ueber die besonderen Einrichtungen und Leistungen derjenigen Brückenbau-Anstalten, denen Verfasser den Auftrag zur vorliegenden Gelegenheits-Schrift verdankt, geben nachfolgende Beschreibungen Aufschluss, wobei die alphabetische Reihenfolge inne gehalten worden ist. Angaben über die Ausstellung deutscher Brückenbau-Anstalten in Paris finden sich im Anhange.

**24. Maschinenfabrik Esslingen in Esslingen.** Die Maschinenfabrik Esslingen ist vor mehr als 50 Jahren hauptsächlich für den Bau von Lokomotiven und Eisenbahnwagen gegründet worden und auf diesem Arbeitsfelde liegt auch heute noch das Schwergewicht ihrer Leistungen. Die Fabrik hat bald nach ihrer Gründung auch den Dampfmaschinenbau, sowie den Bau von Brücken und anderen Eisenkonstruktionen aufgenommen, und was besonders den Eisenbrückenbau anlangt, so ist schon aus der Tabelle I zu ersehen, wie das Esslinger Werk beim Bau der ältesten Brücken Deutschlands mitgewirkt hat. Früher, als das Bedürfniss im Württemberger Lande die Fabrik noch nicht vollauf beschäftigen konnte, hat sie für die Eisenbahnen in Oesterreich-Ungarn und in der Schweiz, und nach 1870 besonders auch für die Reichseisenbahnen in Elsass-Lothringen und andere deutsche Bahnen viele Brücken u. dgl. hergestellt (vgl. die Tab. II—VI). 1872 baute Esslingen die Brücken für die Badische Schwarzwaldbahn Hausach-Triberg-Villingen, 1876 die Brücken für die Tessinthalbahnen der Gotthardbahn, 1881 mehrere Brücken und zwei der grössten Bahnhofshallen der Berliner Stadtbahn (am Schlesischen Bahnhof und am Alexanderplatz) und 1883 sogar eine grosse Brücke mit Drehöffnung über den Masnedus in Dänemark. Ausserdem lieferte das Werk viele Drehscheiben, Schiebebühnen, Laufkräne, Bockkranen, Pontons, eiserne Schiffe, Cementsilos, Panoramagebäude, Perrondächer und andere ähnliche Konstruktionen. Im letzten Jahrzehnt ist das Werk — in Folge des regen Eisenbahn- und Werkstättenbaues in Württemberg — im

Bau von Eisenkonstruktionen (mit einer Durchschnittsleistung von etwa 2000 t im Jahre) allein durch die vom Staat, sowie von Gemeinden und Privaten des eigenen Landes erhaltenen Aufträge vollauf beschäftigt gewesen.

Heute beschäftigt die Maschinenfabrik Esslingen in ihren Werkstätten in Esslingen und ihren Zweiganstalten Cannstatt und Saronno über 2600 Arbeiter und Beamte. Die oben erwähnte Durchschnittsleistung ergibt sich aus der bisherigen Gesamt-Erzeugung der Anstalten Cannstatt und Esslingen, wie folgt:

30 000 t Eisenbahnbrücken für Württemberg  
10 000 t desgl. für das Ausland  
15 000 t Strassenbrücken  
15 000 t andere Eisenkonstruktionen

also zusammen 70 000 t, oder etwa 2000 t auf das Jahr.

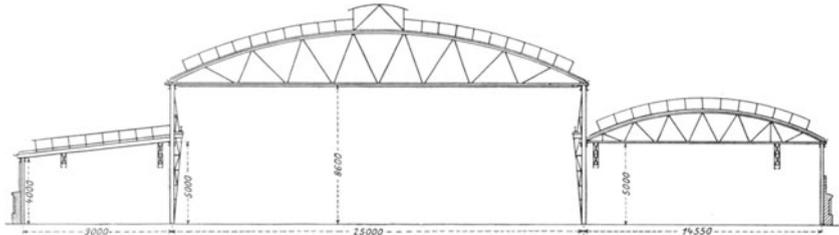
Ausserdem hat die Fabrik seit ihrem Bestehen geliefert: 3100 Lokomotiven; 8000 Stück Eisenbahnwagen; Dampfmaschinen von zusammen 26 200 Pferdestärken, Dampfkessel von zusammen 36 500 qm Heizfläche, ferner Pumpwerke und Eismaschinen; 960 Dynamomaschinen und 1500 Elektromotoren mit zusammen 21 200 Kilo-Watt.

Ausser Seil- und Kabelbahnen bilden Zahnradlokomotiven, von denen schon 90 Stück angefertigt worden sind,

Oberhausen steht zu lesen, wie dies grossartige Unternehmen aus der früheren Gewerkschaft, späteren offenen Handelsgesellschaft Jacobi, Haniel und Huyssen zu Gutehoffnungshütte in Sterkrade hervorgegangen ist. Letzgenannte Gesellschaft ging am 1. Januar 1873 in das Eigentum des Aktienvereins über, der seitdem über Hütten, Eisengiessereien, Walzwerke, Berg- und Kohlenwerke, Kalksteinbrüche, Hammerwerke, eine Ziegelei in Styrum u. s. w. verfügt.

Die älteste Zweiganlage des Werkes ist die aus dem Jahre 1757 stammende Antony-Hütte. Am 3. Mai 1781 erteilte Friedrich der Grosse die Genehmigung zum Bau des eigentlichen Mutterwerkes der heutigen Unternehmung, der Eisengiesserei Gutehoffnungshütte in Sterkrade, die dann am 12. April 1800 in den Besitz der Wittve Krupp, der Grossmutter von Friedrich Krupp, übergang. 8 Jahre später wurde die Gutehoffnungshütte an Heinrich Huyssen in Essen verkauft und inzwischen hatte sich zur Eisengiesserei auch eine Maschinenfabrik gesellt. 1819 erhielt sie die erste Dampfmaschine; 1839 kam dazu die Kesselschmiede, 1853 die Hammerschmiede und 1864 eine besondere Brückenbau-Anstalt (Abb. 152 u. 153). Besonders hervorzuheben ist auch das neue schöne Giesserei-Gebäude (Abb. 154).

Abb. 152. Querschnitt der Brückenbau-Werkstatt der Gutehoffnungshütte in Sterkrade.



eine Specialität des Werkes. In der Ausstellung der deutschen Lokomotivfabriken in Paris-Vincennes wird eine solche Lokomotive zu sehen sein.

Bei den öffentlichen Wettbewerben des letzten Jahrzehnts erhielt die Firma folgende Preise:

1894 für eine Donaubrücke in Budapest (Abb. 55)	I. Preis unter 76 Entwürfen aller Länder.
1895 Rheinbrücke in Bonn, (Kabelbrücke, Abb. 56)	
1895 Pobrücke, Turin	II. Preis.
1896 Rheinbrücken, Worms a) Strassenbrücke b) Eisenbahnbrücke	I. zur Vergebung gekom- mer Preis unter 21 Entwürfen.
1897 Elbebrücke, Harburg	III. Preis.
1897 3 Dreisambrücken in Freiburg i./B.	III. Preis.
1898 Drehbrücke über den Hafen in Libau (Russ- land)	IV. Preis. ein I. Preis und zwei zweite Preise. I. zur Vergebung gekommener Preis.

Technischer Chef der Firma ist der Oberbaurath Professor Gross, während das Brückenbauwerk unter der Leitung des Bauraths Kübler steht.

**25. Die Gutehoffnungshütte.** In dem aus Anlass seines 25jährigen Bestehens herausgegebenen Berichte des Aktienvereins für Bergbau und Hüttenbetrieb in

Zur Zeit besteht das Werk aus folgenden Abtheilungen: Brückenbau-Abtheilung in Sterkrade, über welche weiter unten ausführlicher berichtet wird; Maschinenbau-Abtheilung in Sterkrade, umfassend die eigentlichen Maschinenbau-Werkstätten, in denen vorzugsweise Walzwerks- und Hüttenmaschinen gebaut werden, eine Eisen- und Metallgiesserei, eine Stahlformgiesserei, ein Presswerk, eine Dampfhammerschmiede und eine Dampfkesselschmiede; Walzwerk Oberhausen in Oberhausen mit 18 Puddelöfen, 8 Schweissöfen, 8 Wärmöfen, 11 Walzenstrassen, 58 Dampfmaschinen und 7 Dampfhammern; Stahlwerk Neu-Oberhausen in Oberhausen mit einem Thomas- und Martin-Stahlwerk, 4 Birnen und 4 Siemens-Martin-Oefen enthaltend, einer Achsen-, Radreifen- und Radsatzfabrik, 8 Wärmöfen, 10 Walzenstrassen, 102 Dampfmaschinen und 6 Dampfhammern; Eisenhütte Oberhausen in Oberhausen mit 9 Hochöfen, 26 Cowper-Winderhitzungs-Apparaten, 451 Koaksöfen und 95 Dampfmaschinen; Steinkohlenbergwerk Oberhausen mit den Schächten Oberhausen I und II, in Oberhausen. Schacht Osterfeld in Osterfeld, Schacht Hugo bei Holten und Schacht Sterkrade in Sterkrade; Zeche Ludwig in Rellinghausen bei Essen a. d. Ruhr. Hammer Neu-Essen bei Oberhausen, Fabrik feuerfester Steine.

Die im Besitze des Aktienvereins Gutehoffnungshütte befindlichen Eisensteingruben in Nassau, Siegen, Bayern, Lothringen, Luxemburg u. s. w. umfassen eine Gesamt-

gerechsam von etwa 1900 qkm. Das Grundeigentum des Vereins beträgt etwa 1000 ha. Die ganze Betriebskraft beziffert sich auf etwa 40 000 Pferdekräfte. Die Gutehoffnungshütte beschäftigt z. Z. über 13 000 Beamte und Arbeiter; das Aktienkapital beträgt 18 000 000 Mark.

Die Brückenbau - Abtheilung enthält in ihrer gegenwärtigen Ausdehnung Werkstätten, die eine Fläche von etwa 20 000 qm überdachen, darunter eine im Jahre 1893 erbaute dreischiffige Halle von 225 m Länge und 48 m Breite. (Abb. 152 und 153.)

die dreischiffige ältere Brückenwerkstatt zur Verfügung steht, worin namentlich die Arbeiten für Zechenbauten und sonstige kleineren Eisenkonstruktionen ausgeführt werden. An die ältere Werkstatt schliesst sich ein anderer älterer Bau an, der noch eine Anzahl Arbeitsmaschinen nebst 14 Schmiedefeuern mit einem kleinen Dampfhammer, sowie namentlich auch die Maschinen und Einrichtungen für das Richten und Abgraten der Walzeisen enthält.

Die Walzeisen-Materialien werden fast ausnahmslos von den eigenen Werken in Oberhausen bezogen und (wie die

Abb. 153. Inneres der Brückenbau-Werkstatt der Gutehoffnungshütte in Sterkrade.



In der 25 m breiten Mittelhalle dieses Neubaus, die als Zulageraum dient, laufen zwei elektrisch betriebene Laufkräne von je 10 t Tragfähigkeit, während in den Seitenhallen die (elektrisch betriebenen) Werkzeugmaschinen aufgestellt sind. In den Seitenhallen sind für das Verfahren der Werkstücke ausser Schmalspurbahnen auch noch Hängebahnen vorhanden, die mit Drehscheiben und Querbahnen versehen sind, um das Uebersetzen von einem Gleise in ein Parallelgleis oder das unmittelbare Verbringen auf die Zulage der Mittelhallen jederzeit bequem zu ermöglichen.

Aus dem in der Abb. 155 gegebenen Lageplane ist zu ersehen, wie ausser dem dreischiffigen Neubau auch noch

Abb. 155 näher erläutert) auf den Staatsbahn- und Verbindungsgleisen von Westen her nach dem vor der Richterei befindlichen (mit Schmalspurgleisen durchzogenen) Lagerplatz verbracht. Sämmtliche Normalspur-Gleise in der Umgebung der Brückenbau-Anstalt sind durch eine in der Gleismitte eingelegte Schiene für das Befahren mit kleinen Förderwagen eingerichtet.

Für das Richten sind 12 verschiedene Richtmaschinen und 2 Abgratmaschinen vorhanden, darunter 2 Wasserdruck-Richtpressen. Zum Biegen von Stäben u. dgl. steht ausserdem noch eine grosse Wasserdruck-Pressen von 500 t zur Verfügung. Aus der Richterei gelangt das Material in die anschliessenden Werkstatträume, wo es auf Maass geschnitten,

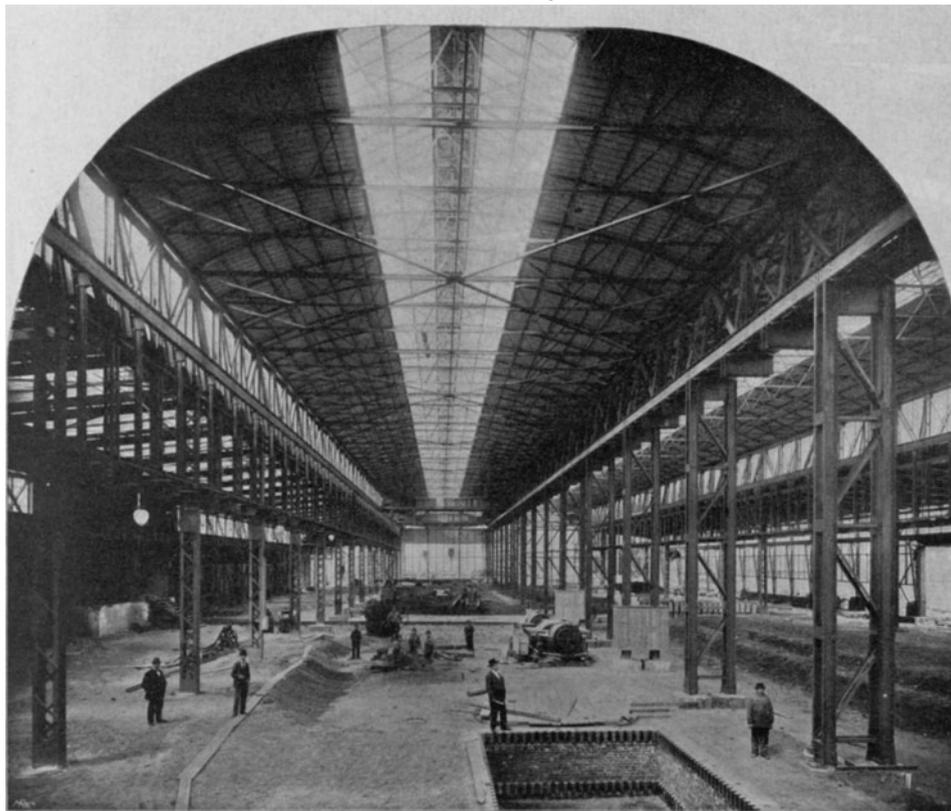
behobelt oder gefraist wird (soweit dies bereits vor dem Anzeichnen auf der Zulage geschehen kann). Erforderlichen Falls wandert das Material in die gleichfalls anschliessende Schmiede.

Nachdem die Mittellinien des Konstruktions-Netzes auf der Zulage angerissen, und danach die Nietlöcher gezeichnet und angeköhrt worden sind, werden die so vorgezeichneten Stücke in den Seitenhallen weiter bearbeitet. Dabei werden die Nietlöcher mit etwas kleinerem als dem Nietdurchmesser gebohrt. Die Theile gelangen darauf wieder zur Zulage zurück, um dort zu vollständigen Konstruktionen zusammen-

auf der Zulage wieder vollständig zusammengesetzt, um zu sehen, wie alle Theile zusammen passen und um nöthigenfalls Nacharbeiten auszuführen und die Nietlöcher gemeinschaftlich aufreiben zu können. Vor dem Zusammensetzen werden die einzelnen Stücke von Rost gereinigt und zwar je nach Vorschrift entweder auf mechanischem Wege oder durch Beizen mit Säure.

Die Brückenbau-Anstalt steht seit dem Jahre 1887 unter der Leitung des Direktors Professor Krohn. Sie hat z. Z. eine Jahreserzeugung von etwa 18000 t und beschäftigt insgesamt etwa 1200 Arbeiter. Die einheimischen Leistungen

Abb. 154. Neuere Giesserei der Gutehoffnungshütte in Sterkrade.



gesetzt und mit einander verschraubt zu werden. Alsdann werden die Löcher derjenigen Niete, die in der Fabrik geschlagen werden, gemeinschaftlich aufgerieben und zwar theils auf maschinellem Wege, theils von Hand, worauf die Nietung (soweit irgend thunlich) auf unmittelbar wirkenden Wasserdruck-Nietpressen erfolgt. Nietlöcher, in welche die Niete erst bei der Aufstellung einzuziehen sind, werden auch erst auf der Baustelle aufgerieben.

Sind die gleichen Konstruktionen wiederholt auszuführen, z. B. die beiden Hauptträger einer Brücke, so werden, nachdem der erste Träger auf der Zulage zusammengesetzt ist, die einzelnen Theile auseinander genommen und als Schablonen für den zweiten Hauptträger verwendet. Aber auch diese nach Schablone gearbeiteten Träger werden

der Gutehoffnungshütte auf dem Gebiete des Eisenbrückenbaues sind in den vorigen Kapiteln an verschiedenen Stellen bereits gebührend hervorgehoben und in den Tabellen II bis VI besonders vermerkt. Kurze Beschreibungen der von der Firma in Paris ausgestellten Brückenausführungen finden sich im Anhang.

Unter den ausländischen Bauten der Firma sind zu bemerken:

Norwegen: die Lo-, Voldoe-, Landwerks-, Moelven-, Kwarsten- und Paulenbrücke der Norwegischen Staatsbahnen; Russland: die Eisenbahnbrücken über den Bug, über die Bystryca, über den Wkra und über den Swider; Finnland: für die Oberverwaltung für Wege- und Wasserbauten in Helsingfors 30 Brücken, darunter eine Dreh-

brücke; ferner 27 Brücken für die Eisenbahnverwaltung dortselbst und 5 Brücken für die Nykarleby-Bahn;

Dänemark: Strassenbrücke in Kopenhagen;

Holland: für die Niederländischen Staatseisenbahnen 7 feste Brücken; 1 Drehbrücke für die Stadtbahn in Rotterdam; 1 Brücke über den Rhein bei Reenen und 2 Brücken über den Merwede-Kanal bei Utrecht; für die Stadt Kampen eine Strassenbrücke über den Yssel;

Schweiz: 1 Bogenbrücke über die Aare für die Stadt Bern; 140 Brücken für das erste Gleis der Gotthard-Bahn; die Langenstrassenbrücke, sowie 2 Sihlbrücken in Zürich; 2 Brücken in Winterthur für die Schweizerische Nordostbahn, sowie eine Brücke für die Südostbahn;

Rumänien: 30 Eisenbahn- und Strassenbrücken für die Ministerien der öffentlichen Arbeiten und des Krieges, sowie für die Rumänischen Staatsbahnen;

Griechenland: etwa 300 Eisenbahn- und Strassenbrücken für die Griechischen Eisenbahnen;

Holländisch-Indien (Java und Sumatra): für die Staatseisenbahnen, sowie für die Verwaltung der öffentlichen Arbeiten auf Java und Sumatra etwa 40 Eisenbahn- und Strassenbrücken, ferner für die Niederländisch-Indische Eisenbahn-Gesellschaft 7 Brücken und für die Kediri - Dampfbahn - Gesellschaft etwa 80 kleinere Brücken;

Japan: 1 Brücke über den Ghitosche;

China: 1 grössere Anzahl von Brücken für die Schantung-Eisenbahn;

Egypten: 12 Eisenbahn- und Strassenbrücken (darunter 1 Drehbrücke) für Ober- und Unteregypten;

Südafrikanische Republik (Transvaal): 12 Brücken für die Niederländisch-Südafrikanische Eisenbahn-Gesellschaft;

Argentinien: 1 Brücke in Tucuman und 1 Strassenbrücke in Rosario;

Venezuela: Etwa 35 verschiedene Brücken für die grosse Venezuela-Bahn, Linie Carracas—Valencia;

Columbien (Südamerika): 1 Eisenbahnbogenbrücke über den Magdalenaestrom;

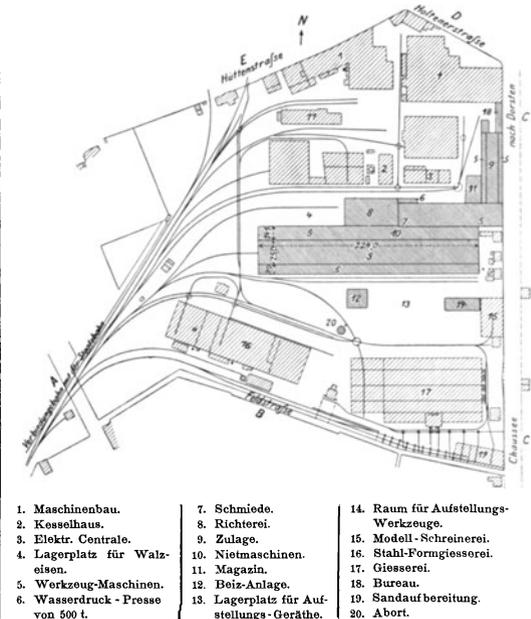
Brasilien: Etwa 75 Eisenbahnbrücken für die Brasilianische Centralbahn, für die Westbahn, die Itapemérin-Bahn, die Nordbahn, die Südbahn de Espirito Santo und Private, sowie 1 Strassenbrücke für die Stadt Cacheiro de Itapemérin und 1 Strassenbrücke bei Lorena.

Die Brückenbau-Abtheilung der Gutehoffnungshütte befasst sich in grossem Maassstabe auch mit der Herstellung von Eisenkonstruktionen auf anderen Baugebieten. Davon sind namentlich zu nennen Bergwerksanlagen, als: Fördergerüste mit zugehörigen Schachtgebäuden; Separations- und Aufbereitungsanlagen; Gebäude für Förder- und Wasserhaltungsmaschinen; Werkstättengebäude, Kesselhäuser, Waschkäuen und Benzolfabriken; Transportbrücken, Aufzuggerüste, Balancier, Pumpengestänge u. s. w. Für alle diese Bauten (von denen als ein Beispiel in Abb. 156 das Schachtgerüst mit dem Gebäude für die Zeche Zollverein dargestellt ist) verwendet die Firma besondere Dachkonstruktionen, die sog. Kalkgypsputz-Dächer, deren Haut aus einer 4—5 cm dicken, sehr tragfähigen Schicht von Kalkgypsputz besteht, die auf das fertige Dachgerippe nach einem eigenartigen (von der Firma ausgebildeten) Verfahren aufgetragen wird. Von solchen Dächern hat die Firma seit 1887 über 190000 qm hergestellt. Andere Ausführungen der Firma betreffen

Eisenhochbauten, unter denen die Hallen der Bahnhöfe in Bonn, Deutz, Düsseldorf, Elberfeld, Frankfurt a. M. und für den Anhalter Bahnhof in Berlin zu nennen sind. Dazu gesellen sich Schwimmdocks (für die Kaiserlichen Werften in Danzig, Wilhelmshaven und Kiel, Blohm und Voss in Hamburg, den Vulkan in Stettin u. a. m.) und auch Schwimmkrähne (für Bremen, Ruhrort von je 40 t, für Kiel von 100 t Tragfähigkeit u. a. m.). Ein solcher Krahn von 80 t Tragfähigkeit für Rio de Janeiro, der im dortigen Hafen betriebsfähig schwimmend von der Firma abgeliefert wurde, ist als Beispiel in Abb. 157 dargestellt.

Auch für das Ausland hat die Brückenbau-Abtheilung der Gutehoffnungshütte umfangreiche Eisenkonstruktionen und

Abb. 155. Lageplan der Brückenbau-Anstalt der Gutehoffnungshütte in Sterkrade. Maassstab 1:5000.



Eisenhochbauten geliefert und aufgestellt, unter denen genannt werden mögen: Magazine, Hangars, Verladehallen für Holland, Java, Kleinasien, Rumänien und Siam. Fabrikgebäude für Schweden, Norwegen, Dänemark, Argentinien und Java; die umfangreichen Gebäude, Hochofengerüste, Transportbrücken und sonstige Eisenkonstruktionen für die Anlage des Kaiserlichen Stahlwerkes in Japan (Yawatamura). Schachtgerüste und Gebäude für Zechenanlagen in China; Kohlenhürme für Dänemark (Kopenhagen). Perronhallen und Lokomotivschuppen für die Schweiz und Egypten; Dachkonstruktionen für den Centralbahnhof in Amsterdam; Eisenkonstruktion für ein Theater in Rotterdam; Ueberdachung für Hellinge in Amsterdam; Ausstellungspavillon der Firma Friedrich Krupp in Chicago; Schleusenthore für Egypten.

**26. Die Gesellschaft Harkort in Duisburg.** Im Jahre 1846 gründete Joh. Caspar Harkort (1816—1896) in Harkorten bei Haspe eine Brückenbau-Anstalt, aus welcher zahlreiche kleinere Brücken des 5. Jahrzehnts (z. B. auch

die S. 51 erwähnte Wupperbrücke bei Rittershausen u. A.) hervorgingen, zu denen sich im 6. Jahrzehnt — wie die Tabelle I. S. 54 nachweist — noch mehrere geschichtlich hervorragende Bauwerke gesellten. Im Anfang des 7. Jahrzehnts baute Harkort, um grössere Aufträge übernehmen zu können, ein neues Werk, dicht am Rheine in Duisburg, das bis zum Jahre 1872 (wo es in die jetzige Gesellschaft Harkort übergang) viele bedeutende deutsche Brückenbauten (Tabelle II)

Gründungen neu eingerichtet, wie sie damals bei anderen deutschen Anstalten noch nicht vorhanden war. Als Vorstand der Gesellschaft wirkte seit 1873 der 1897 verstorbene Otto Offergeld. Seitdem theilen sich die Direktoren L. Seifert und L. Backhaus in die ausgedehnten in- und ausländischen Geschäfte der Firma, von deren Umfang Verfasser Raummangels halber hier nur einen ungefähren Umriss geben kann.

Abb. 156. Gutehoffnungshütte. Schachtgerüst mit dem Gebäude für die Zeche Zollverein. 1895.



geschaffen hat. Dazu kamen im 7. Jahrzehnt von ausländischen Eisenbahnbrücken noch die Ysselbrücke bei Zütphen, die Harkort zusammen mit der Kölnischen Maschinenbau-Anstalt in Köln ausführte, und 1866 die bekannte Leckbrücke bei Kulenburg (Abb. 30), deren Hauptspannweite mit 154,4 m Jahrzehnte lang die grösste in Europa blieb.

Im Jahre 1872 verkaufte Harkort die Duisburger Fabrik an die „Aktiengesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau“, vormals Joh. Caspar Harkort in Duisburg. Diese vergrösserte das Werk bedeutend, namentlich wurden neu angelegt ein Walzwerk und eine Wagenbau-Anstalt und dazu wurde eine Abtheilung für Luftdruck-

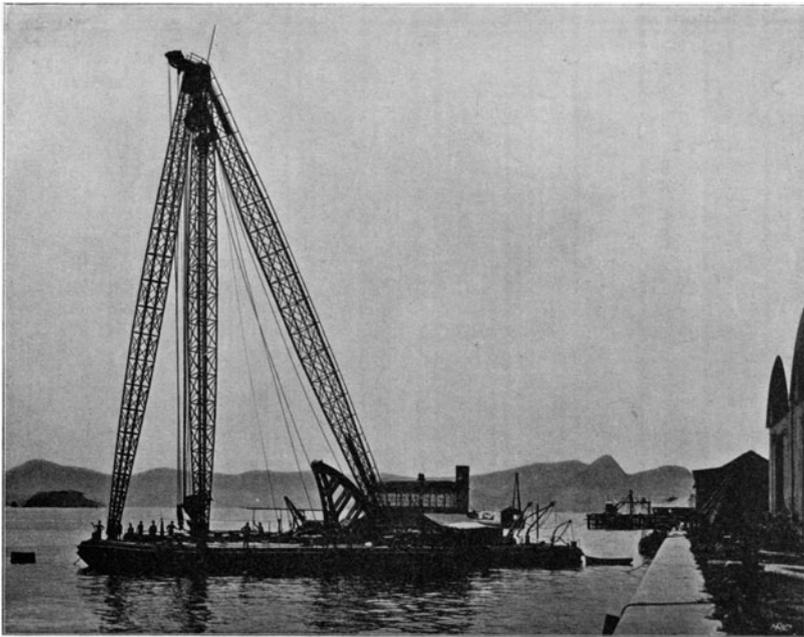
Was die Leistungen der Gesellschaft Harkort innerhalb der deutschen Grenzen anlangt, so geben darüber zum Theil schon die erwähnten geschichtlichen Tabellen Aufschluss. Darin erscheinen 10 Rheinbrücken, 2 Moselbrücken, 4 Weserbrücken, 5 Elbebrücken und 3 Weichselbrücken. Daneben sind auf anderen Konstruktions-Gebieten besonders zu nennen: Der Leuchthurm auf dem Rothensande, ein höchst bedeutendes Werk nach den Ideen von Seifert, dessen Herstellung im „Anhang“ näher erläutert wird. Ferner die sämtlichen Schleusenthore und Drehbrücken für den Nordostsee-Kanal. Endlich noch drei Brücken des Elbe-Trave-Kanals in Lübeck, von denen die Mülhenthorbrücke in Abb. 34 veranschaulicht ist.

Das Absatzgebiet der Gesellschaft dehnt sich heute über alle Erdtheile aus und zu diesem Erfolge haben die (unter 21) beschriebenen Gelenkbolzen-Brücken des Werkes wesentlich beigetragen. Hervorragende ausländische Ausführungen der Gesellschaft sind folgende Brücken:

- Norwegen: über den Minnesund bei Minne (Abb. 158);  
über den Glommen bei Langnaes; die Thalbrücken  
über Solbergdalen und Haabøl-Elf;  
Schweden: über den Göta-Elf bei Trollhättan, über den  
Motalaström und die Velande-Thalbrücke;  
Finnland: über den Uleå-Elf bei Uleåborg, den Wuoksen  
bei Jäskis, über die Aura-Å in Åbo;  
Russland: über die Msta bei Werehja;  
Egypten: über den Süßwasser-Kanal bei Mahalet el Kepir;

- Südafrikanische Republik (Transvaal): Strassen-  
brücken für die Regierung, unter anderm über Wilg-,  
Pinaars- und Krokodil-Rivier, den Vaalrivier bei  
Standerton (Abb. 182 im Anhang), Olifants-Rivier bei  
Middelburg und Eisenbahnbrücken für die Neder-  
landsch - Zuid-Afrikaansche - Spoorweg - Maatschappy  
u. a., über Kaprivier, Linie Delagoabay-Komatiport;  
Oranje-Vrystaat: Strassenbrücken über den Caledon-  
fluss bei Weepener (Jammersbergsdrift) über den  
Valschrievier, Riet, Modder-, Wilg-, Molen- und Kor-  
neliusrivier und Brücken für die Stadt Bloemfontein;  
Argentinien: Eisenbahnbrücken für den Hafen von En-  
senada (La Plata) und die Ensenada-Bahn, die Ferro-  
carril del Oeste u. s. w.;

Abb. 157. Gutehoffnungshütte. 80 t - Schwimm-Krahn für Rio, Janeiro. 1897.



- Rumänien: über die Argesch bei Pitest und Copaceni,  
über die Jalomitza bei Targu-Veste und Pucioasa,  
über die Oltez bei Bals;  
Serbien: über die Morawa bei Tschuprija;  
Spanien: über die Jarama bei Arganda, den Nervion bei  
Bilbao, über Udondo, Luchana, Durango u. a. m.;  
Portugal: über die Ave bei Villa do Conde (Oporto), die  
Leça u. a. m.;  
China: Stromsperre des Cantonflusses bei Whampoa und  
verschiedene Eisenbahnbrücken;  
Java: über den Bekassierivier, den Tjitandoei, den Pe-  
girian bei Batavia, zahlreiche Strassenbrücken und  
Eisenbahnbrücken für die Javanischen Staatsbahnen,  
die Oosterspoorweg Maatschappy u. a. m.;  
Madoera: sämtliche bisher gebauten Brücken für die  
Madoera-Stoom-Tram Maatschappy;

- Nicaragua: verschiedene Eisenbahn- und Strassenbrücken  
u. a. eine Chiquito-Brücke und die Quesalquaque-  
Thalbrücke;

- Guatemala: Eisenbahnbrücken über den Rio Samala und  
für die Ocos-Bahn;

Dazu kommen noch zahlreiche Gelenkbolzen-  
Brücken des beschriebenen Systems der Gesellschaft Harkort  
in Japan, Formosa, Siam, Sumatra, in Brasilien und  
Ecuador.

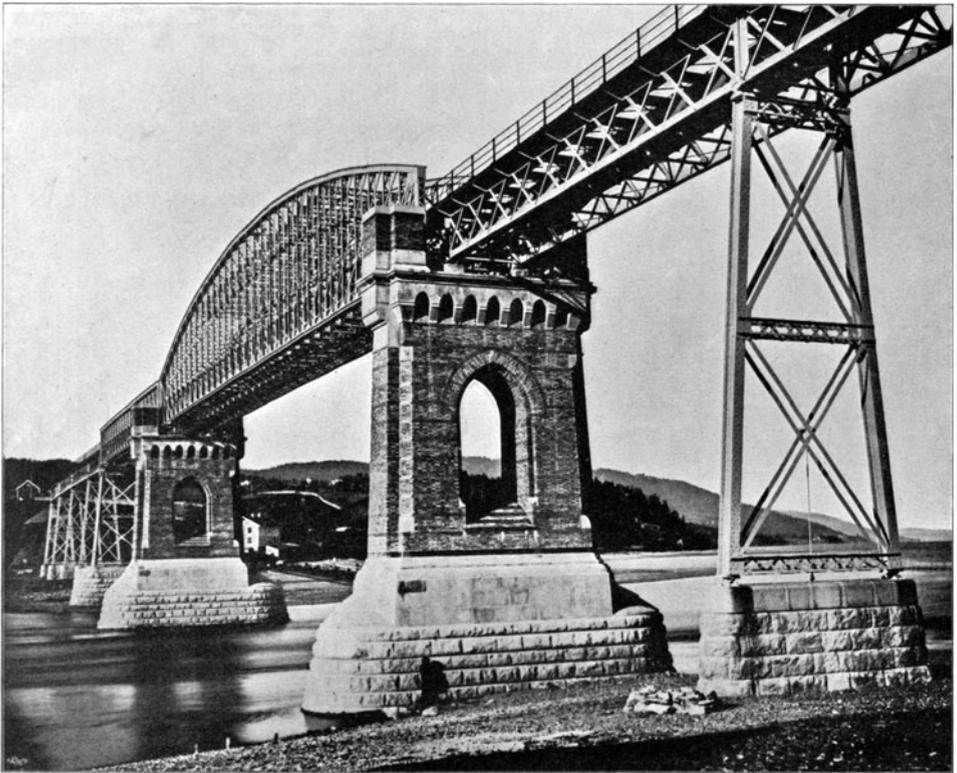
Bei einigen dieser ausländischen Brücken kamen auch  
ganz eiserne, aus hohlen oder massiven Schraubens-  
pfählen gebildete Pfeiler in Anwendung, nach einer von  
der Gesellschaft eigenartig ausgebildeten Konstruktion. Be-  
sondere Erwähnung verdienen die Leistungen der bereits ge-  
nannten Abtheilung des Werkes für Luftdruck-Grün-  
dungen. Durch sie wurden folgende Gründungen ausgeführt:

1876. 3 Rheinbrücken bei Alt-Breisach, Hünigen und Neuenburg.  
 1877. Schleuse bei Neu-Breisach, (Rhein-Rhône-Kanal).  
 1878. Störbrücke bei Itzehoe.  
 1878. Mstabrücke bei Werebia, Russland, Linie Petersburg—Moskau.  
 1879. Griesheimer Sammelbrunnen für das Wasserwerk in Darmstadt.  
 1880/81. Schleibrücke bei Stubbe.  
 1881. Ruhrbrücke bei Witten—Bommern.  
 1882. Weserbrücke bei Bodenwerder.

Auf den Weltausstellungen in Wien, Sydney und Melbourne, sowie auch auf den Industrie-Ausstellungen in Düsseldorf (1880) und Amsterdam (1883) erhielt das Werk erste Preise und Medaillen. Die in den neueren Wett Ausschreibungen mit Preisen bedachten Brücken-Entwürfe der Firma sind in Vorstehendem an betreffender Stelle gebührend hervorgehoben und nach der erfolgten Ausführung in den Abb. 71, 107, 108 u. 110 wieder gegeben.

Die Werke der Gesellschaft Harkort (Brückenbau, Wagenbau und Walzwerk) liegen sämtlich unmittelbar am Rheinufer, in einer sowohl für den unmittelbaren Schiffsverkehr

Abb. 158. Harkort. Eisenbahnbrücke über den Minnesund in Norwegen. 1880. 15 Öffnungen von je 20–62 m Weite, mit 12 eisernen Pfeilern.



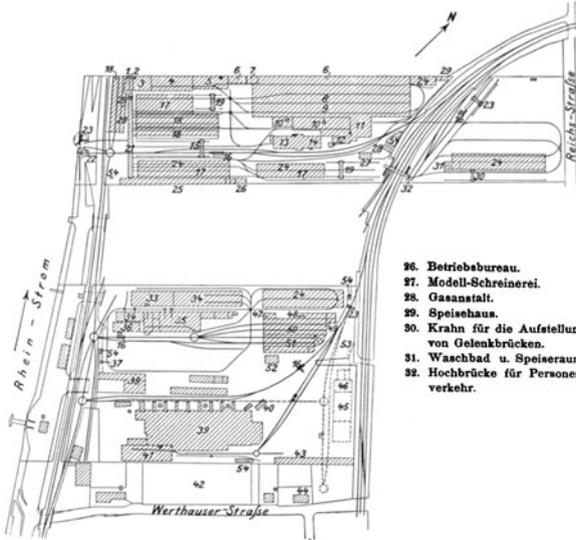
- 1882/85. Leuchtturm auf dem Rothensande in der Nordsee (Abb. 180 u. 180a im Anhang).  
 1883. Brücke über die Jarama bei Arganda in Spanien.  
 1885. Argeschbrücke bei Pitest in Rumänien, Linie Bukarest—Pitest.  
 1885. Warnowbrücke bei Rostock (Abb. 40).  
 1885/86. Eiderbrücke bei Friedrichstadt in Holstein, Linie Heide—Riepe der Holstein'schen Marschbahn.  
 1887—89. Sammelbrunnen und 1 Pumpenkammer für das Wasserwerk zu Düsseldorf.  
 1894. Elbebrücke bei Dresden (Bahnhofsumbau).  
 1895. Saar-Aquädukt bei Oberhammer im Elsass.  
 1898/1900. Rheinbrücke bei Worms, Linie Worms—Rosen-garten (Abb. 110).

mit europäischen Häfen, oder für die Verfrachtung nach Ueberseehäfen, als auch für die Verladungen auf dem Eisenbahnwege vorzüglich günstigen Lage. Die Zufuhr der Rohstoffe und die Abfuhr der Fertigwaare wickelt sich innerhalb der Werke auf Normalspurbahnen von rund 5 km Länge ab, wobei das Bewegen, sowie das Auf- und Abladen vom Wagen wesentlich durch zwei fahrbare, zu gleicher Zeit als Lokomotiven dienende Dampfkräne von 16 und 30 P.S. besorgt wird. Für besonders schwere Theile stehen noch sieben grosse fahrbare Bock- und Drehkräne bis 15 t Tragkraft, ferner drei fahrbare Handlaufkräne und 15 feststehende Drehkräne zur Verfügung. Der innere Verkehr auf dem Werkplatze vollzieht sich auf einem Netz von 650 mm weiten Schmal-spurgleisen.

Abb. 159. Lageplan der Brückenbau-Anstalt der Gesellschaft Harkort in Duisburg. Maasstab 1:5000.

**A. Brückenbau-Werk.**

1. Dampfmaschine und Dynamo.
2. Kessel.
3. Nieterei.
4. Mech. Werkstätte.
5. Beizerei.
6. Anzeichnerei.
7. Zerrois-Maschine.
8. Grosse Zulagen.
9. Bohrerrei und mech. Werkstätte.
- 10a. Kleinschmiede.
- 10b. Hammerschmiede.
11. Richterei.
12. Dampfmaschine u. Kessel.
13. Raum für Werkzeuge.
14. Bureau und Zeichensäle.
15. Verladekrahnen.
16. Waage.
17. Luftdruck-Preße für Nieten und Aufreiben.
18. Geschlossene Arbeitshalle.
19. Aufstellungs-Krahn.
20. Nietmagazin.
- 20a. Comtoir.
21. Schiebebühne.
22. Fahrbarer Verladekrahnen.
23. Fester Verladekrahnen.
24. Offene Arbeitshalle.
25. Raum für Aufstellungs-Geräthe.

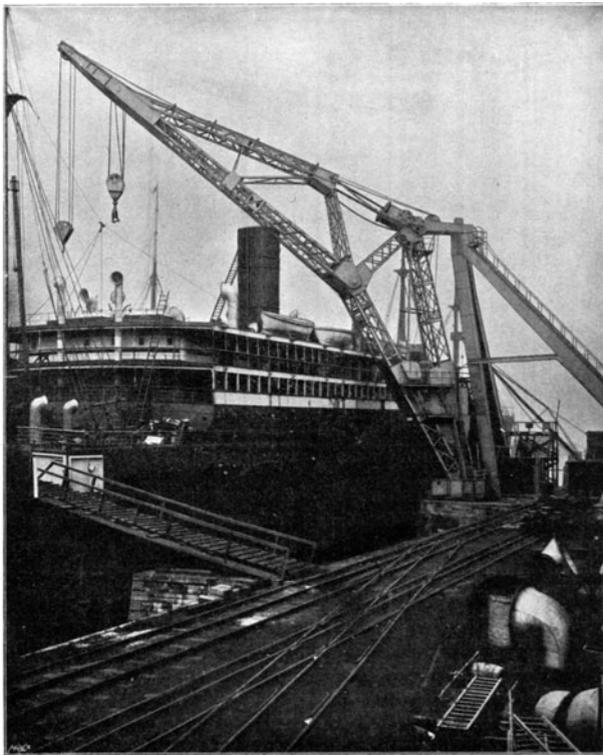


**B. Wagenbau-Anstalt und Walzwerk.**

33. Mech. Schreinerrei.
34. Mech. Werkstätte.
35. Press-Anlage.
  - a) Dynamo.
  - b) Kessel und Schmiede.
36. Dampfmaschine.
37. Magazin.
38. Speisehaus.
39. Holzschuppen.
40. Walzwerk für eigenen Bedarf.
41. Betriebs-Bureau.
42. Walzen-Dreherrei.
43. Zimmerplatz für Gerüstbauten.
44. Walzen-Park.
45. Beamten-Wohnhäuser.
46. Vorgesene Centrale für Kessel und Maschinen.
47. Baderaum.
48. Reparatur-Werkstatt.
49. Wagenbau-Schlosserei.
50. Dampfheizung.
51. Wagenbau-Halle.
52. Lackier-Halle.
53. Kokes-Wäsche.
54. Lagerplatz für Luftschleusen.
55. Fortier.

Die den Werkstätten zugeführten Konstruktionsstoffe durchlaufen den sog. Hauptbau (Abb. 159), wo sie gerichtet, vorgezeichnet, angekörrt, gebohrt und auf der Zulage zusammengebaut werden. Die dreischiffige, 160 m lange und 38 m breite Halle des Hauptbaues dient zur Herstellung der Hauptträger-Schablonen für grosse Bauwerke, während kleinere Schablonen in den Seitenschiffen angefertigt werden, wo die Werkzeug-Maschinen aufgestellt sind. Sechs grosse Radial-Bohrmaschinen, unter denen ganze Gurtungen oder sonstige zusammengesetzte Brückentheile gemeinsam gebohrt werden können, stehen im Mittelschiff, obwohl das Werk im Allgemeinen die Theile einzeln bohrt und nach dem Zusammensetzen aufreibt. Die Richtmaschinen, die Kleinschmiede, die Hammerschmiede, die Beizerei und verschiedene Hilfsmaschinen sind in den Anbauten der Haupthalle untergebracht.

Abb. 160. Harkort. Derrick-Krahn auf der Werft von Blohm & Voss in Hamburg.



Aus der Haupthalle wandern die gebohrten Theile in die Beizerei. Dann gelangen sie nach einander in die Hände der Schlosser und Nieter. Das Aufreiben der Löcher erfolgt zur Zeit zum Theil noch von Hand, in der Hauptsache jedoch mit Hilfe von Pressluft-Werkzeugen. Auch das Nieten wird, wo es angeht, durch Pressluft-Nietmaschinen bewirkt, zu deren Handtierung leichte Fahrkräne dienen. Gegenwärtig ist das Werk damit beschäftigt, das Aufreiben durch elektrisch angetriebene Aufreibemaschinen einzuführen.

Das Bearbeiten der Brückenaufleger, sowie auch der maschinellen Theile für Drehbrücken geschieht in der an die Beizerei grenzenden mechanischen Werkstätte. Das Anstreichen der fertigen Theile (mit Ausnahme des in der Beizerei zu besorgenden Oelens) erfolgt auf allen Theilen des Werkplatzes am Orte der Vernietung. Die erforderlichen Niete stellt die Gesellschaft Harkort

in eigener Fabrik her. Unter den sonstigen Einrichtungen des Werkes sind noch hervorzuheben: eine Grafenstadener Materialprüfungs-Maschine, eine Vorrichtung zum Zerbrechen fertiger Träger und ein sehr grosser Park von Baugeräthen aller Art.

Ausser eisernen Brücken hat das Harkort'sche Werk auch auf den Gebieten des Hochbaues, des Hafens- und Kanalbaues und Bergbaues zahlreiche Eisenkonstruktionen ausgeführt. Darunter sind zu nennen: der St. Petri Kirchturm in Hamburg, Lagerhäuser und Speicher in Hamburg, Magdeburg und Köln, Silos für Stettin, Lüneburg und Bologna, Schacht- und Förderthürme u. dgl., Drehscheiben, Schiebebühnen und Krähne. Das Beispiel eines Derrick-Krahnes auf der Werft von Blohm & Voss zeigt die Abb. 160.

Die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Gesamtleistungen an Brücken und Eisenkonstruktionen der Firma ergeben eine Jahreserzeugung von durchschnittlich 12 170 Tonnen.

bedeutendes Betriebskapital bewältigt werden konnten. So trat am Anfang 1872 die Internationale Baugesellschaft in Frankfurt a. M. an Stelle des Bruders Wilhelm als Kommanditistin mit einem grösseren Kapital in das Baugeschäft ein und dieses wurde seitdem unter der Firma: „Kommanditgesellschaft Philipp Holzmann & Cie“ unter Oberleitung des persönlich haftenden Gesellschafters Philipp Holzmann fortgeführt.

Nachdem der Firma in Folge dieser Verbindung die Betriebsmittel zur Uebernahme jedes grösseren Baugeschäftes zugeführt worden waren, konnte es bei den Kenntnissen und Erfahrungen des Geschäftsleiters Philipp Holzmann, der sowohl die Konstruktionen, wie auch die Ausführungen auf allen Gebieten des Bauwesens beherrscht, nicht fehlen, dass die Firma sehr rasch zu einem der grössten Baugeschäfte Deutschlands emporwuchs.

Um schon zu Lebzeiten des Bauraths Holzmann das Baugeschäft in seinem bisherigen Umfange auch für spätere

Tabelle VII.  
Gesamterzeugung der Brückenbau-Anstalt der Gesellschaft Harkort an Brücken und Eisenkonstruktionen von 1889 bis 1898.

Namen der Länder	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	Zusammen in 10 Jahren
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	
<b>A. Europa.</b>											
Deutschland . . . . .	6 242	11 787	7 571	10 141	11 310	12 083	8 339	9 187	9 552	10 057	96 269
Holland . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 034	1 034
Dänemark . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	8	75	83
Finnland . . . . .	93	—	876	365	62	22	399	338	222	162	2 539
Griechenland . . . . .	248	—	5	—	—	—	—	4	—	—	257
Bulgarien . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	354	—	—	354
Rumänien . . . . .	—	—	1 606	148	19	—	—	—	188	250	2 211
Italien . . . . .	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	20
Spanien . . . . .	—	29	—	22	—	—	2	—	—	—	53
<b>B. Asien.</b>											
China . . . . .	1 455	75	180	223	132	—	—	—	97	—	2 162
Japan . . . . .	1 109	1 354	123	100	43	1 807	269	756	715	19	6 295
Sumatra . . . . .	113	12	207	37	42	—	1	149	—	22	583
Java . . . . .	—	165	175	272	1 072	83	189	555	—	1 795	4 306
Siam . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	288	288
<b>C. Afrika.</b>											
Transvaal . . . . .	—	360	600	95	33	5	—	84	97	—	1 274
Oranje-Vrystaat . . . . .	—	—	30	875	128	—	—	—	60	—	1 093
Capland . . . . .	—	—	503	—	—	—	—	—	—	—	503
Egypten . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	774	—	—	774
<b>D. Amerika.</b>											
Brasilien . . . . .	439	199	124	33	110	—	—	195	—	—	1 100
Argentinien . . . . .	—	—	—	189	—	—	—	—	—	—	189
Mexico . . . . .	—	—	—	—	50	—	—	5	—	—	55
Guatemala . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	261	—	261
Summa . . . . .	9 699	14 001	12 000	12 500	13 001	14 000	9 199	12 401	11 200	13 702	121 703

**27. Philipp Holzmann & Cie, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Frankfurt a. Main.** Die Gründung des Baugeschäftes, aus welchem sich die vorgenannte Firma entwickelte, führt in das Jahr 1856 zurück. Damals liess sich der Vater des jetzigen Königlichen Bauraths Philipp Holzmann, nachdem er bis dahin hauptsächlich Bahnbauten in Süddeutschland ausgeführt hatte, in Frankfurt a. M. nieder und errichtete dort unter der Firma „Philipp Holzmann“ eine Baufabrik mit Dampfsägewerk, in dessen Betrieb Ende der fünfziger Jahre auch seine Söhne Philipp und Wilhelm eintraten. Diese Beiden übernahmen Anfang 1865 das Geschäft unter der Firma „Philipp Holzmann“ als offene Handelsgesellschaft für ihre alleinige Rechnung.

Anfangs der siebziger Jahre sah sich die aufblühende Firma grossen Aufgaben gegenüber gestellt, die nicht ohne

Zeiten zu sichern, wurde die Geschäftsleitung vom 1. Januar 1895 ab, einem aus bisherigen bewährten Mitarbeitern gebildeten kollegialem Direktorium übertragen, welchem ein Aufsichtsrath zur Seite steht. Zugleich wurde die Firma unter Beibehaltung des bisherigen Namens, in eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung umgewandelt und von den Gesellschaftern, zu denen auch die Mitglieder des Direktoriums zählen, mit einem Kapitale von 6 Millionen Mark ausgestattet.

Zur Zeit besteht der Aufsichtsrath aus den Herren:  
Philipp Holzmann, Baurath, Vorsitzender,  
Marcus M. Goldschmidt, Kommerzienrath,  
A. von Kauffmann, Architekt,  
Jacob Lion, Bankdirektor,  
Dr. Kilian von Steiner, Geheim. Kommerzienrath.

Das Direktorium besteht aus den Herren:

Hermann Ritter, Architekt, Vorsitzender,  
Wilhelm Lauter, Ingenieur,  
Karl Sonntag, Ingenieur,  
Adolf Haag, Ingenieur,  
Dr. jur. Felix Reinert.

Die Baugesellschaft befasst sich mit:

Hochbauten,  
Tiefbauten (Eisenbahn-, Wasser- und Strassenbauten),  
Brücken- und Kunstbauten (Kanal- und Wasserleitungen),  
Lieferungen von Steinmetzarbeiten und Ziegeleiwaren,

und zwar sowohl mit Entwürfen als auch mit der Ausführung der Bauten.

Der Sitz der Direktion und damit die Centralleitung des Geschäftes befindet sich in Frankfurt a. M. Ausserhalb Frankfurt's unterhält die Firma zur Zeit Baubureaux in Berlin, München, Hamburg, Strassburg, Karlsruhe, Mannheim, Köln, Düsseldorf, Duisburg und Nürnberg.

Die Firma besitzt:

a) Eigene Ziegeleien

in Hainstadt a. M. und Gehespitz bei Frankfurt a. M. für Verblendziegel; in Saun bei Fürstenwalde a. Spree für Verblend- und Hintermauerungssteine; in Rosenkranz am Nord-Ostsee-Kanal und in Rödelheim bei Frankfurt a. M. für Hintermauerungsziegel. — Die Gesamt-Erzeugung der Ziegeleien beträgt jährlich 60—70 Millionen Steine und das Absatzgebiet erstreckt sich über ganz Deutschland, der Schweiz, Belgien und Holland.

b) Eigene Steinmetzbetriebe und Steinbrüche

im Maintal rothe Sandsteine.

Lauterecken i. d. Pfalz	} graugrüne Sandsteine,
Bayerfeld „	
Olsbrücken „	
Altleinigen „	gelbliche Sandsteine,
Burgpreppach (Unterfranken)	weisser Sandstein,
Cudowa in Schlesien	weisser Sandstein,
Hockenau „	} gelblich weisse Sandsteine,
Deutmannsdorf „	
Kesselsdorf bei Rockwitz	

Brohl a. Rhein Tuffsteine.

c) Eigene Baufabrik mit Schreinerei, Schlosserei und Schmiede.

d) Eigene Sägewerke für Holz und Steine in Frankfurt a. M.

e) Bildhauerwerkstatt in Frankfurt a. M.

Von erfolgten grösseren Bauausführungen sind besonders hervorzuheben:

Hochbauten:

Ihrer Majestät der Kaiserin und Königin Friedrich  
Schloss Friedrichshof in Cronberg,  
Centralbahnhof Frankfurt a. M.,  
Opernhaus „  
Neues Postgebäude „  
Palmengarten „  
Kaiserpalast Strassburg i. E.,  
Kaiser Wilhelm-Universität, Strassburg i. E.,  
Rathhaus Hamburg,

Lagerhäuser Hamburg,  
Niederwald-Denkmal,  
Kaiser Wilhelm-Monument, Koblenz,  
Kasernen in Dienze, Metz und Mainz,  
Fortbauten in Metz,  
Pulverfabrik in Hanau,  
Städtische Elektrizitätswerke in Frankfurt a. M.,  
Mainz, Mannheim,  
Ausstellungsbauten in Chicago, Nürnberg, Leipzig,  
Berlin, Paris,  
Centralbahnhof Amsterdam,  
Lagerhaus in Derindjé (Kleinasien),

ausserdem zahlreiche private und öffentliche Gebäude, Kirchen, Villen, Geschäftshäuser, Bankgebäude, Fabriken etc. in Frankfurt a. M., Berlin, München, Köln, Strassburg, Metz, Basel etc.

Ausser zu vorgenannten Bauten wurden umfangreiche Steinmetzarbeiten geliefert zum

Reichstagsgebäude, Dom u. zur Gnadenkirche in Berlin,  
Justizpalast in München.

Brückenbauten:

Strassenbrücke über den Rhein in Mainz (vergl. S. 40).  
Zwei Strassenbrücken über den Rhein in Basel,  
Brücke über den Rhein in Düsseldorf,  
Brücke über den Rhein in Strassburg,  
Brücke (Carola-) über die Elbe in Dresden,  
Zwei Brücken über die Oder in Frankfurt a. O. und  
Stettin,

Kaiser Wilhelm-Brücke und Moltkebrücke in Berlin,  
Moselbrücke in Longeville bei Metz,  
Sechs Brücken über den Main in Frankfurt, Offenbach und Kostheim,

Quaibrücke in Zürich,  
Goldeburgsundbrücke in Dänemark,  
Zwei Brücken über die Weser und  
Eine Brücke über die Fulda.

Wasserbauten:

Nord-Ostsee-Kanal, Loos IX., XIII und XIV,  
Weichseldurchstich Danzig,  
Oder-Spreekanal,  
Mainkanalisierung Mainz—Frankfurt,  
Fuldakanalisierung,  
Elbe-Trave-Kanal,  
Quaibauten in Zürich,  
Hafenanlagen in Kuxhaven, Hamburg, Mannheim,  
Duisburg, Torgau, Orth, Fehmarin, Köln, Bamberg,  
Schleusenvergrösserungen am Rhein-Rhône-Kanal.  
Dockbauten für die Kaiserl. Marine in Kiel.

Eisenbahnbauten:

Kraichgaubahn (Durlach—Eppingen),  
Strategische Bahn (Weizen—Immendingen),  
Courcelles—Teterchen (Lothringen),  
Wittringen—Kahlhausen (Elsass),  
Umführungsbahn in Karlsruhe,  
Landquart—Davos (Schweiz).

Wasserleitungen in:

Frankfurt a. M., Berlin, München und zahlreichen bayerischen Städten, sowie in Innsbruck.

Kanalisationen, Entwässerungen in:

Frankfurt a. M., München, Stuttgart, Hanau, Mannheim, Karlsruhe, Baden-Baden, Homburg, Krefeld, Düsseldorf, Offenbach, Regensburg, Linz etc.

Von dem Umfang und der Bedeutung des Geschäftes dürften folgende Zahlen ein Bild geben: Die Firma hat in den letzten Jahren durchschnittlich und jährlich einen Umsatz von 20 Millionen Mark erzielt und dabei 7—8 Millionen Mark Löhne bezahlt.

Im Sommer beschäftigt die Firma 12—15 000 Arbeiter.

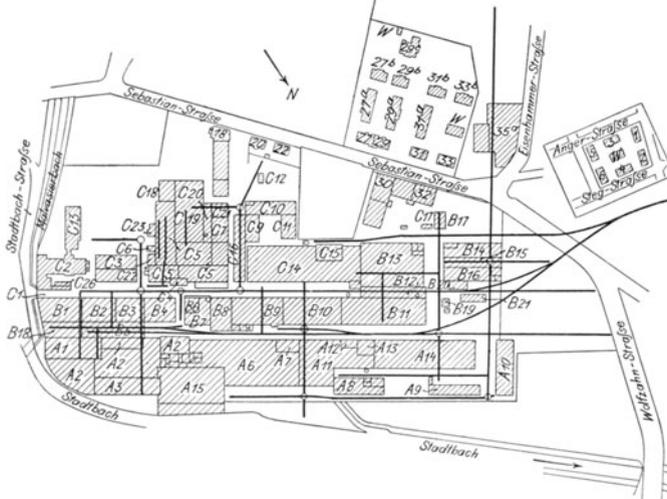
**28. Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg.** Die Gründung der Nürnberger Stammfabrik im Jahre 1837 durch den Nürnberger Grosshändler Johann Friedrich Klett (1778 bis 1847) wurde S. 93 bereits erwähnt. Klett fing seine kleine Maschinenwerkstatt, die mit einer Giesserei verbunden war, mit etwa einem Dutzend Arbeiter an. Im Jahre 1842, als er bereits 50—60 Arbeiter beschäftigte, schaffte er die erste Betriebs-Dampfmaschine an und bei seinem Tode (1847) war die Arbeiterzahl auf 120 Mann gestiegen. Im Anfange der letzten Hälfte des Jahrhunderts wendete sich die Firma Klett & Cie.,

Rheinbrücke erwies sich der Bau einer besonderen Werkstatt in der Nähe der Baustelle bei Gustavsburg als notwendig. Als sich dann — nach der Vollendung der Rheinbrücke (1862) — die Aufträge auf Eisenbahn- und Strassenbrücken häuften, entschloss sich die Firma, die Gustavsburger Hilfswerkstatt als eine ständige Zweigniederlassung des Nürnberger Werkes, unter dem Namen Brückenbau-Anstalt Gustavsburg dauernd beizubehalten. So entstand das Gustavsburger Werk, das in Folge seiner allmählichen Erweiterungen, wozu im Besonderen eine 1894 gebaute grosse Kesselschmiede zu rechnen ist, zu einem mächtigen Rüstplatze für die Unternehmungen der Nürnberger Stammfirma ausgewachsen ist.

Zur Leitung der Brückenbau-Abtheilung wurde 1857 der Kgl. Oberbaurath Heinrich Gerber in München berufen, ein Ingenieur, der (wie im Vorhergehenden ausführlich dargehalten worden ist) durch seine wissenschaftliche Behandlung der Eisenkonstruktionen zur Schaffung einer sicheren Grundlage

Abb. 161. Werk Augsburg der „Ver. Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg“. Maassstab 1:5000.

- Buchstabe A.**
- 1 u. 2. Dreherei-Gebäude.
  3. Aufstellungs-Gebäude.
  6. Schnellpressen - Werkstätte.
  7. Schnellpressen-Magazin.
  8. Sägemühle.
  - 9 u. 10. Holzschuppen.
  11. Schnellpressen - Aufstellungs-Gebäude.
  12. Dampfmaschinen-Gebäude.
  13. Dampfkessel-Gebäude.
  14. Aufstellungs-Gebäude.
  15. Aufrihterei für Eis- u. Buchdruckmaschinen.
- Buchstabe B.**
- 1—4. Aufstellungs-Gebäude.
  5. Hofüberdachung.
  6. Dampfkessel-Gebäude.
  7. Dampfmaschinen-Gebäude.
  - 8—13. Eisen-Giesserei.
  - 14—17. Schuppen.
  18. Versand-Gebäude.
  - 19—21. Schuppen.
- Buchstabe C.**
1. Controll-Gang.
  2. Verwaltungs-Gebäude.



3. Schreinerrei.
4. Dampfmaschinen-Gebäude.
5. Schmiede und Kesselschmiede.
6. Abort-Anlage.
7. Dampfkessel-Gebäude.
9. Schuppen für Sand und Lehm.
10. Schuppen für Formkasten und Modelle.
11. Schuppen f. Giesserei-Stoffe.
12. Schuppen.
13. Verwaltungs-Gebäude.
14. Eisen-Giesserei.
15. Metall-Giesserei.
16. Kohlen-Schmiede.
17. Beslag-Schmiede.
- 18—21. Kessel-Schmieden.
- 22—23. Schuppen f. Bleche.
- 1—6. Arbeiter-Wohnhäuser.
- 22—29. Arbeiter - Wohnhäuser.
- 31—33. Arbeiter - Wohnhäuser.
18. Magazin und Hausmeisterrei.
20. Pflörtner-Haus.
29. Beamten-Wohnhaus.
35. a. Rohr-Werkstätte.
- W. Waschküche.

die seit 1847 durch Theodor Cramer, den Schwiegersohn Klett's fortgeführt wurde, dem Bau von Eisenbahnbedarfs-Gegenständen, namentlich dem Bau von Eisenbahnwagen, Drehscheiben, Schiebepöhlen u. dgl. zu. In den Jahren 1852—1853 gesellte sich dazu der Brückenbau.

Der durch die Firma bewirkte Bau der geschichtlich höchst bemerkenswerthen Günstbrücke auf der Maximiliansbahn wurde bereits ausführlich geschildert (S. 55). Es folgte darauf der bedeutsame Bau des Glaspalastes für die deutsche Industrie-Ausstellung in München (1854). Das war eine ausserordentliche Leistung auf dem Gebiete der Eisenkonstruktionen des Hochbaues, die damals grosses Aufsehen erregte, um so mehr, als sie (den Entwurf eingeschlossen) in der kurzen Zeit von 8 Monaten bewältigt wurde.

Im Brückenbau des 6. Jahrzehnts zeichnete sich die Firma durch hervorragende Ausführungen aus, wie sie in der Tabelle I (S. 54) verzeichnet stehen und im Vorigen bereits eingehender gewürdigt worden sind, darunter die Isarbrücke bei Grosshesselohe und die Rheinbrücke bei Mainz<sup>61)</sup>. Für die Herstellung der 1036 m langen (32 Oeffnungen haltenden)

für deren Ausführung und Anwendung wesentlich beigetragen hat. Die technische Oberleitung der Firma vertrat seit 1848 Ludwig Werder (1808—1885), ein Mann, der sich auf den verschiedensten Gebieten der Technik einen bedeutenden Namen erwarb. Die Werder'sche Material-Prüfungsmaschine (S. 49) ist heute in der ganzen Welt bekannt, sowie das seinen Namen führende Werder-Gewehr, das der bayerischen Armee ihre ruhmvollen Waffenthaten vollbringen half. Unter Werder's Leitung vergrösserte sich das Nürnberger Werk zusehends, so dass es im Laufe der Jahre ein vieltheiliges Stadtviertel umfasste. Dabei wurden der allgemeine Maschinenbau, die Giesserei, die Kesselschmiede, der Eisenhochbau und der Waggonbau weiter ausgebildet und es wurden daneben auch neue Fabrikationszweige, wie 1850 die Drahtstiften-Erzeugung u. s. w. angegliedert.

Im Jahre 1873 wurde das bisher unter der Firma Klett & Cie. betriebene Geschäft (unter Absonderung der Drahtstiften-Fabrikation) in ein Aktien-Unternehmen umgewandelt, wobei zwei besondere Abtheilungen gebildet wurden: in Nürnberg

Abb. 162. Werk Nürnberg bei Gibitzenhof der „Ver. Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg“. Maasstab 1:5000.

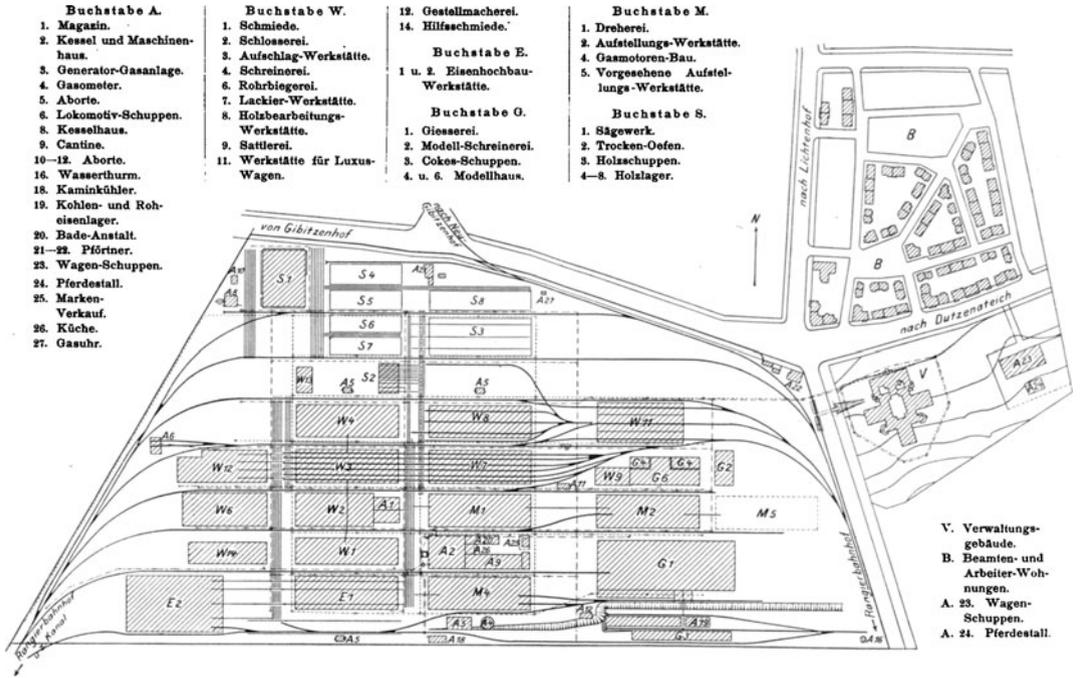
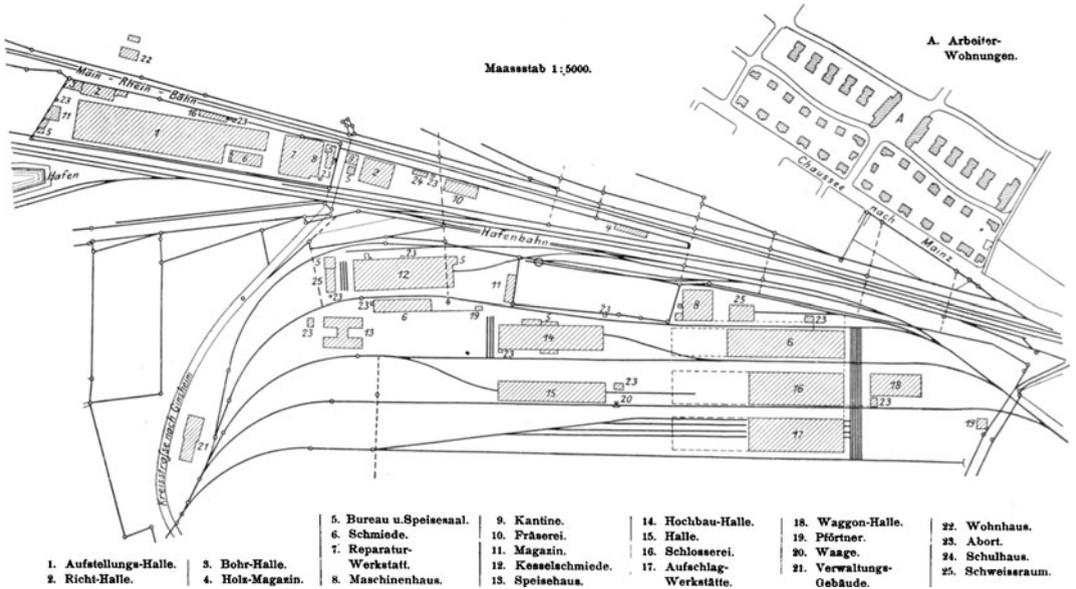


Abb. 163. Werk Gustavsburg der „Ver. Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg“.



die „Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg“ und in Gustavsburg die „Süddeutsche Brückenbau-Anstalt“. Beide Abtheilungen sind aber 1884 wieder vereinigt worden und nach dem Rücktritte Gerber's von der Leitung des Gustavsburger Werkes (1884) stand das gesammte Unternehmen unter der Oberleitung des Kommerzienraths Friedrich Hensolt und des Ingenieurs Anton Rieppel. Seit 1892 liegt die alleinige Leitung des Werkes in den Händen des Direktors Baurath Rieppel, der dieses Amt für das Nürnberger Werk auch nach dessen Vereinigung mit der Maschinenfabrik Augsburg noch behalten hat. Heute besitzt also die Firma 3 Werke, und zwar je eines in Augsburg, in Nürnberg und in Gustavsburg bei Mainz, über deren Einrichtung die 3 Lagepläne (Abb. 161—163) und folgende Erläuterungen Auskunft geben.

In Augsburg wird nur Maschinenbau, in Nürnberg Maschinen- und Wagenbau und in Gustavsburg Brücken-, Kessel- und Wagenbau betrieben. Das alte Nürnberger Werk wurde, weil es den heutigen Anforderungen nicht mehr genügte, zum Abbruch bestimmt und dafür die im Plane dargestellte Neuanlage in Gibitzenhof bei Nürnberg hergestellt. Dafür stand ein im Mittel etwa 740 m langer und 350 m breiter Platz (von etwa 26 ha Grundfläche) zur Verfügung, der seiner ganzen Längenrichtung nach mit parallelen Gleissträngen durchzogen worden ist, die durch geeignete Weichenstrassen im Südwesten an das Zufuhrgleis für die Rohstoffe schliessen und im Südosten zum Abfuhrgleis für den Versand der Fertigwaare führen. Die einzelnen Werkstätten sind (bei einer Breite von etwa 35 m) zweckmässig nicht erheblich länger als 100 m gemacht, so dass die oben erwähnten Parallel-Gleise 40—50 m Abstand erhielten. Zwischen je zwei Werkstatts-Gruppen führt eine mindestens 25 m breite Strasse, auf welcher 2 maschinell angetriebene Schiebebühnen verkehren.

Die Werkstätten zu Gustavsburg und Nürnberg liefern eiserne Brücken, Hallen, Dächer, Fabrik- und Lagerhäuser, Leuchttürme, Hochofengerüste, Masten für elektrische Beleuchtung und andere derartige Konstruktionen, von denen die Brücken- und Hochbau-Konstruktionen grosser Weite und Höhe in Gustavsburg ausgeführt werden. Mustergiltige Beispiele von bedeutenden Hochbau-Konstruktionen sind die Centralbahnhöfe in Zürich, München, Mainz, La Plata und Dresden. Die Hauptthätigkeit der Werke liegt auf dem Gebiete des Eisenbrückenbaues.

Das Haupt-Konstruktionsbureau für Brückenbau befindet sich in Nürnberg, in Gustavsburg werden nur die Zeichnungen ausgearbeitet. Die Firma ist in der Lage Brücken-Unterbau, einschliesslich etwaiger Luftdruck-Gründung der Pfeiler in General-Unternehmung herzustellen. Seit 1886 baut sie nach den bewährten Konstruktionen ihres Direktors auch Brücken mit ganz aus verzinktem Eisen hergestellten Pfeilern und Widerlagern. Unter den zahlreichen Brücken dieser Art sei die 250 m lange über die Temes führende Eisenbahnbrücke in Ungarn hervorgehoben, bei deren Bau nicht ein einziger Stein verwendet worden ist; die Eisenpfähle wurden hierbei bis zu 12 m Tiefe eingerammt.

Bis jetzt baute die Gustavsburger Anstalt etwa 1500 Eisenbrücken, darunter solche von bedeutenden Abmessungen. Hervorragende Beispiele sind aus den Tab. I—VI zu entnehmen, darunter: die Rheinbrücke bei Mainz, die Donau-Brücke bei Prüfening, die Hochbrücke bei Grüenthal

über den Nordostsee-Kanal und viele andere mehr. Weltbekannt ist weiter die Kaiser Wilhelms-Brücke über das Wupperthal bei Müngsten, deren Bau das Gustavsburger Werk nach dem von Rieppel bearbeiteten Plane in den Jahren von 1893—1897 ausgeführt hat und deren Modell auf der diesjährigen Weltausstellung in Paris zu sehen sein wird (vergl. den Anhang).

Der Werth der jährlichen Gesammtzeugung der Firma bezieht sich in den letzten Jahren auf 10—13 Millionen Mark. In den Werken Gustavsburg und Nürnberg wurden an Brücken und Eisenkonstruktionen hergestellt:

in den Jahren:	1894/95	95/96	96/97	97/98	98/99
Tonnen:	10232	11429	13607	13020	17015

Für diese beiden Werke ist seit 1. Januar 1900 eine Arbeiter-Pensions-, Wittwen- und Waisenkasse in Wirksamkeit, deren Mitglieder ohne Beitragspflicht im Falle dauernder Erwerbsunfähigkeit schon nach 5jähriger Dienstleistung pensionsberechtigt werden. Desgleichen haben genannte Werke einen Pensionsverein, der den Beamten sowie deren Wittwen und Waisen Pensionen gewährt. An sonstigen Wohlfahrts-Einrichtungen bestehen: für Unterrichtszwecke neben einer Stiftung, die besonders befähigten Arbeitern den Besuch einer Werkmeisterschule ermöglicht, für das Werk Nürnberg eine Fabriksschule mit erweitertem Volksschul-Lehrprogramm und eine Lehrlings-Fortbildungsschule; für Unterkunft von Arbeiterfamilien in Nürnberg 90, in Gustavsburg 123 Wohnungen. Bei der neuen Fabrikanlage Gibitzenhof des Werkes Nürnberg (Abb. 162) wird eine Arbeiterkolonie errichtet werden; hier sollen mit anderen gemeinnützigen Anstalten an 100 Wohnhäuser mit durchaus mustergiltigen Einrichtungen entstehen, und in denen etwa 410 Familien Unterkunft finden.

Die Brückenbau-Anstalt Gustavsburg nebst Kesselschmiede und Wagenbauanstalt (Abb. 163) umfasst eine Grundfläche von etwa 200000 qm und beschäftigt etwa 2000 Arbeiter. Das Werk besitzt 7 Dampfkessel, insgesamt mit 830 qm Heizfläche; 4 Dampfmaschinen mit einer Gesamtleistung von 800 Pferdestärken; 1 Dampf- und 1 Fallhammer und etwa 400 Arbeitsmaschinen.

Besonders hervorzuheben ist die reiche Ausstattung des Gustavsburger Werkes mit zweckmässig konstruirtem, leichtem eisernen Rüstzeug für die Aufstellung von sehr hohen Brücken. Schon die Innbrücke bei Königswart<sup>99)</sup> (Tabelle III, No. 21), wurde mit solchen eisernen Rüstungen hergestellt. Bei der Aufstellung der Bahnhofshalle in Zürich (1867) kamen bewegliche Rüstungen zur Verwendung und bei der Herstellung der Einsteighallen in München (1878) ganz eiserne Rüstungswagen<sup>99)</sup>. Bei der Ohebrücke (Tabelle III, No. 25), wurden eiserne Pfeiler zur Unterstützung der eisernen Rüstungsträger verwendet (1877). Daneben sind zu nennen die Einrichtungen zur Luftdruck-Gründung von Brückenpfeilern und Brunnenschächten.

Die vereinigten Werke Nürnberg und Gustavsburg unterscheiden drei Gattungen von Konstruktionen. Zur ersten Gattung rechnen die weit gespannten Brücken, namentlich die grossen Bogenbrücken, zweitens folgen ähnliche Brücken aber mit mehreren gleichen Öffnungen und drittens einfachere Konstruktionen des Hochbaues oder andere Eisenbauten mit mehr räumlicher Ausbildung der Tragwände. Diese drei Arten von Konstruktionen werden im Gustavsburger Werk verschieden behandelt. Während bei den Konstruktionen

dritter Gattung in bekannter Art nach Schablonen gearbeitet wird, setzt man für die zweite Gattung eine der Öffnungen als Schablonen-Oeffnung vollständig zusammen und benutzt, nach erfolgtem Auseinandernehmen, die Einzelstücke als Schablonen für die übrigen Öffnungen. Dabei geschieht das Bohren der einzelnen Stäbe und Bleche auf seitlich an Säulen angebrachten Bohrmaschinen und die Löcher der Stossverbindungen werden (in bekannter Weise) mit einem etwas geringeren Durchmesser gebohrt, als in den Zeichnungen angegeben. Sie müssen daher später auf der Zulage aufgerieben werden.

sich ausgezeichnet beim freien Vorbau des grossen Mittelbogens der Müngstener Brücke<sup>34)</sup>, worüber Weiteres im „Anhang“ zu vergleichen ist.

Abb. 164 zeigt den Bogen der Rhein-Strassenbrücke in Worms in Zulage auf dem Gustavsburger Werke. Abb. 186 bis 188 im Anhang veranschaulichen die Konstruktion des eisernen Unter- und Ueberbaues der elektrischen Stadtbahn Barmen-Elberfeld-Vohwinkel, deren Einzelheiten von der Gesellschaft Nürnberg entworfen und im „Anhang“ bei Beschreibung der Ausstellung deutscher Brückenbau-Anstalten in Paris kurz erläutert sind.

Abb. 164. Bogen der Rheinstrassenbrücke in Worms, in Zulage auf dem Werke Gustavsburg.



Auf die Herstellung der Konstruktionen erster Gattung verwendet die Firma besondere Sorgfalt. Die Tragwände werden in ganzer Ausdehnung nach aufgerissenem geometrischem Netze zugelegt, die Bohrlöcher angezeichnet und unmittelbar durch die Konstruktion, also durch Stehblech und Gurtwinkel u. s. w. gleichzeitig gebohrt. Die dazu nothwendigen Bohrmaschinen sind in den grossen fahrbaren Kränen beweglich eingehängt und werden elektrisch vor-, rück- und seitwärts bewegt, so dass sie in kürzester Frist über jeden beliebigen Punkt gebracht werden. Dabei werden die Löcher sofort in vorgeschriebener Grösse gebohrt, jedes spätere Aufreiben entfällt also. Das Verfahren erleichtert ein genaues Aufeinanderpassen aller Bohrungen, und bietet Gewähr dafür, dass in Konstruktionen von innerer statischer Unbestimmtheit alle Stäbe spannungslos eingefügt werden können. Es bewährte

**29. Gesellschaft Union in Dortmund.** Die Union, Aktien-Gesellschaft für Bergbau, Eisen- und Stahl-Industrie entstand 1872 aus der Vereinigung mehrerer getrennter Werke. Das sind, der Reihenfolge ihres Alters nach, folgende Werke: 1. die Aktien-Gesellschaft Henrichshütte in Hattingen (1854), 2. die Dortmunder Hütte (1855), 3. der Aktien-Verein Neuschottland in Horst bei Steele (1857) und 4. die Steinkohlenzeche Glückauf Tiefbau in Barop. Zu diesen Werken gehören Hochöfen, Puddel- und Walzwerke, Giessereien, Mechanische Werkstätten, ein Stahlwerk, eine Weichenfabrik und eine Brückenbau-Anstalt.

Die Brückenbau-Anstalt steht unter der Oberleitung des Direktors Schmermund und der Oberingenieure Bosse (Konstruktionsbureau) und Franzius (Betrieb der Werk-

stätten und Aufstellungsarbeiten). Die Anstalt befasst sich mit der Herstellung aller Arten von Eisenkonstruktionen, Brücken, Dächer, Bahnhofshallen, Hochbahnen, Docks, Schleusenthore, Flusswehre, Speicher u. dgl., sowie auch Drehscheiben, Schachtgerüsten, Schachtgestängen, Streckenbögen u. s. w. mit einer jährlichen Gesamt-Erzeugung bis etwa 15000 t. Unter den aus

1890—92. Eisenbahnbrücken über die Ruhr bei Hohen-syburg und bei Fröndenberg.  
1892—93. Strassenbrücken über die Lesum bei Burg und über die Geeste bei Bremerhaven.  
1895—96. Strassenbrücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Münster.  
1896—97. Strassenbrücke über den Elbe-Trave-Kanal bei

Abb. 165. Union. Eisenbahnbrücke über die Waal bei Nymwegen. 1879.

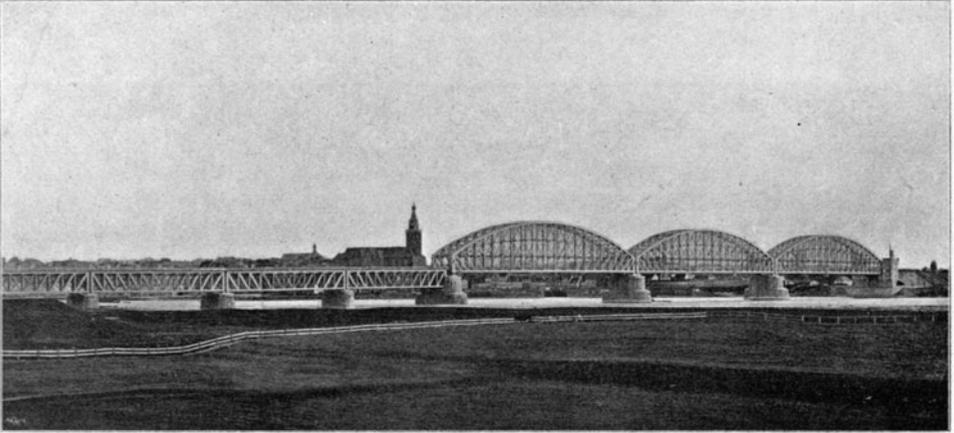


Abb. 166. Union. Portal der Eisenbahnbrücke über die Waal bei Nymwegen. 1879.



der Dortmunder Anstalt hervorgegangenen grösseren deutschen Brücken (über 30 m Weite) sind besonders zu nennen:

1876—79. Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Graudenz (Abb. 89).

1884—85. Strassenbrücke über die Weser bei Holzminden.

1884—85. Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Rosslau.

1885—86. Strassenbrücke über die Ems bei Greven.

1888—89. Strassenbrücke über die Ihme bei Hannover (S. 29).

Mölln-Schwarzenbeck (Abb. 51 und Abb. 192 im Anhang).

1897—99. Eisenbahnbrücke über die Saale bei Grossheringen.

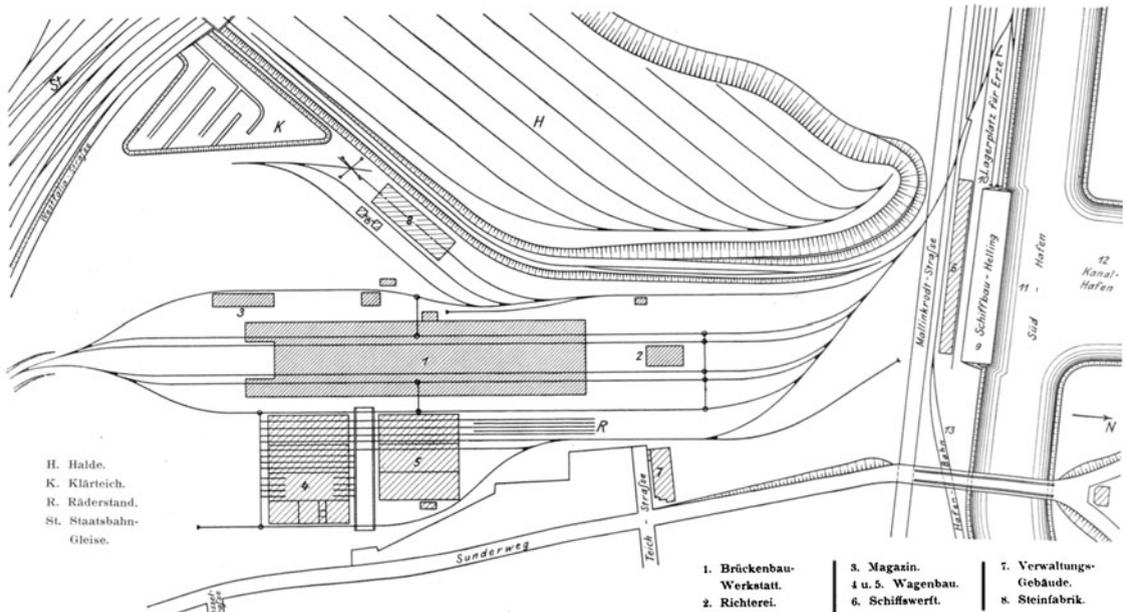
Sehr zahlreich sind die von der Union im Auslande, in allen Theilen der Welt, errichteten eisernen Brücken, worunter auch viele Gelenkbolzen-Brücken eigenen Systemes vorkommen. Hier sind hervorzuheben:

- 1875—76. Eisenbahn- und Strassenbrücke über die Narew bei Warschau. 3 Öffnungen von je 73 m Weite.
1876. Eisenbahnbrücken über die Limmat. Schweizerische Nord-Ost-Bahn. 42 m und 54 m Weite.
- 1876—79. Eisenbahnbrücke über den Waalfluss beim Nymwegen. 3 Öffnungen von je 127 m und 5 desgl. von je 53,5 m Weite (Abb. 165 und 166).
- 1880—81. Keysildere-Brücke der Orientalischen Eisenbahn. 1 Öffng. von 58 m und 1 desgl. von 34 m Weite.
- 1881—83. Eisenbahnbrücken der Staatsbahnen auf Java.
- 1883—84. Drei Strassenbrücken über den Glommen bei Skarnas 2 von je 80 m, 1 von 55 m und 1 von 35 m Weite.
- 1887—1900. Zahlreiche Eisenbahnbrücken der Samarang-Joana-Stoomtram-Maatschappij, der Kiuschiu-Eisen-

plan in Abb. 167 gegeben ist und deren bauliche Einrichtung aus den Abb. 168—171 näher zu ersehen ist.

Der rechteckige Grundriss der (mit Ausnahme der Holzsparren, Holzfetten und Holzschalung des Daches) ganz in Flusseisen ausgeführten neuen dreischiffigen Werkstatt (Abb. 172) fasst bei 276 m Länge und 60 m Breite 16560 qm überdachte Arbeitsräume, in denen 600—700 Mann beschäftigt sind. Mit Rücksicht auf die schlechte Beschaffenheit des Untergrundes sind sämtliche Umfassungswände aus Eisenschalung hergestellt. Das mit Pappe eingedeckte Dach des 28,5 m breiten und (von Schienenoberkante bis zum First gemessen) 16,25 m hohen Mittelschiffes wurde als Satteldach das der niedriger gehaltenen, je 15,75 m breiten Seitenschiffe als Pultdach ausgebildet. Die durch alle drei Schiffe gehenden, von den Grundmauern unmittelbar getragenen Haupt-

Abb. 167. Lageplan der Brückenbau-Anstalt der Gesellschaft Union in Dortmund. Maassstab 1:4000.



bahn-Gesellschaft und für andere Gesellschaften auf Java, bis 82 m Weite.

- 1887—93. Eisenbahnbrücken über den Conchas-Fluss und den Arroyo Arenales in Argentinien, über den San-Pedro, die Quebrada Guanabana und Seca, sowie auch die La Galera-Thalbrücke (Abb. 190 und 191 im Anhang) in Venezuela.
- 1890—94. Brücken über den San Francisco, den Rio Grande, den Parahyba, den Rio Jacaré, den Rio Sant-Anna und den Rio Formiga der Oeste de Minas-Eisenbahngesellschaft, Brasilien.
- 1893—94. Brücke über den Glommen bei Steenviken in der Norwegischen Staatsbahn. 2 Öffng. von je 60 m Weite.

Unter den von der Union in Paris ausgestellten Gegenständen (die im Anhang erläutert sind) ist an dieser Stelle besonders die 1898—99 gebaute neue Brückenbau-Werkstatt in Dortmund zu erwähnen, deren Lage-

binder des Daches liegen 12 m von einander entfernt und dazwischen sind noch je zwei weitere, auf Längsträgern gestützte Binder eingebaut, so dass die Dachfetten alle auf 4 m Weite frei tragen.

Bei der aussergewöhnlichen Länge des Gebäudes ist von der Anordnung eines in das Dachgerippe gelegten Windträgers abgesehen worden. Die Windkräfte werden von den Hauptbindern unmittelbar in die stützenden Grundmauern geleitet, wobei die auf die Zwischenbinder wirkenden Windkräfte mit Hilfe von Sprengwerken auf die Hauptbinder übertragen werden (Abb. 170). Der auf die Giebel der Halle ausgeübte Winddruck wird auf besondere Windträger übertragen, die unmittelbar an der Giebelwand liegen und den Wind durch die Säulenreihen der Halle bis in deren Endfelder leiten, wo die schliessliche Ueberführung der Kräfte in die Grundmauern mit Hilfe von Verstreubungen erfolgt.

Alle Hauptbinder des Mittelschiffes und der Seitenschiffe sind Fachwerksträger mit Kämpfergelenken, und derart mit

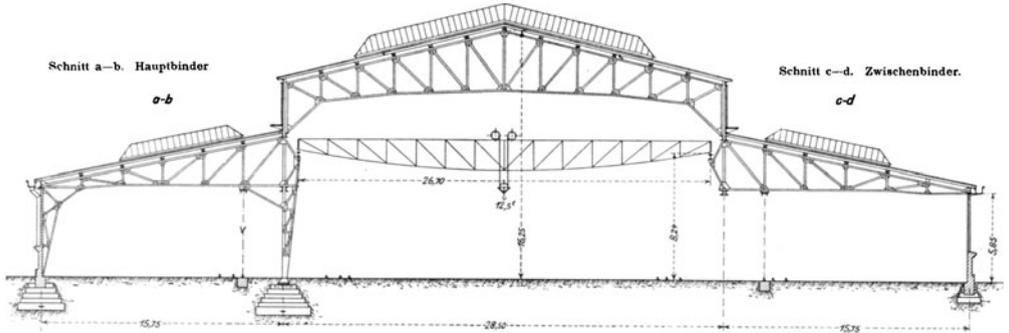
einander in Verbindung gebracht, dass der Horizontalschub des Mittelschiff-Binders durch die Seitenschiff-Binder in die Grundmauern übergeleitet wird. Die Zwischenbinder der Seitenschiffe ruhen in den Aussenwänden auf besonderen Wandsäulen, sie sind aber in den beiden mittleren Säulenreihen, zusammen mit den Zwischenbindern des Mittelschiffes auf fachwerkartig ausgebildeten Längs-Wandträgern gelagert.

Ausserdem sind in den südlichen Giebelwänden verschliessbare Aussparungen vorgesehen, die das Verfahren der Laufkräne ins Freie gestatten.

Für die Tages-Beleuchtung dienen neben den Fenstern der Aussenwände und den durchgehenden Seitenfenstern über den Nebendächern (Abb.169 und 170), auch noch die in allen drei Schiffen quer zur Längsachse aufgesetzten Sattel-Oberlichter

Abb. 168. Neue Brücken-Werkstatt der Gesellschaft Union in Dortmund.

Abb. 168. Querschnitt.



V. Velociped-Krahn.

Abb. 169. Ansicht.

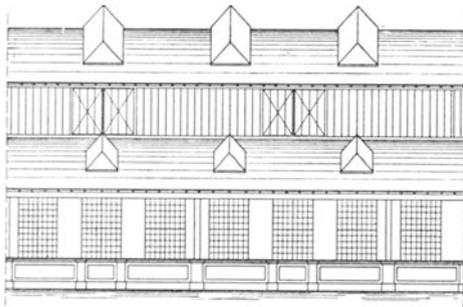


Abb. 170. Längenschnitt e-f.

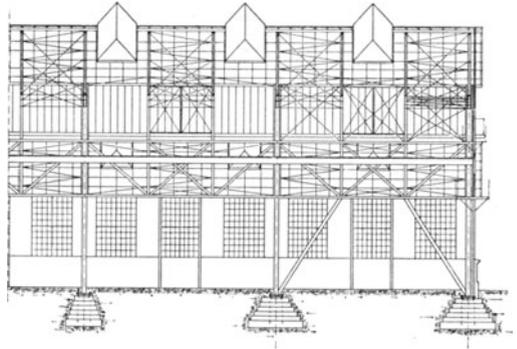
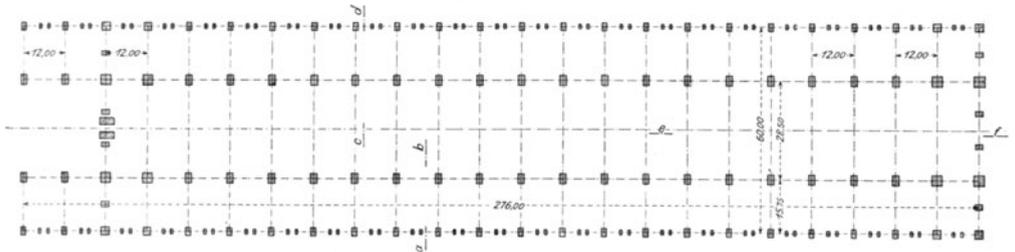


Abb. 171. Grundriss.



An der Innenseite dieser Längs-Wandträger und fest mit ihnen verbunden liegen die Krahnbahn-Träger für den elektrisch betriebenen 12,5 t Laufkahn des Mittelschiffes, dessen Träger dabei eine Stützweite von 26,7 m erhalten haben (Abb. 168).

Jedes Seitenschiff ist mit einem elektrisch betriebenen Velocipedkahn ausgerüstet (bei V in Abb. 168), dessen obere Führungsschiene am Untergurt der Seitenbinder befestigt ist.

(mit zusammen 6600 qm Glasfläche gegenüber der Grundfläche des Gebäudes von 16560 qm). Die Lüftung besorgen ausser den in den Fenstern der Längswände angebrachten Flügeln, die in jedem dritten Fenster auf Rollen längsverschiebbaren Seitenlichter.

Das Eisengewicht der Halle beträgt 1500 t, oder 90 kg für 1 qm der Grundfläche.

## A n h a n g.

**30. Die Ausstellung deutscher Brückenbau-Anstalten in Paris 1900.** Die Ausstellung befindet sich im Hauptgebäude „Palais du Genie Civil et des Moyens de Transport, Champ de Mars“ an der Avenue de Suffren, im ersten Stock. Abb. 172 giebt den Grundriss, Längsschnitt und zwei Querschnitte der Ausstellungs-Räume und deren Vertheilung an die sechs deutschen Aussteller. Nachfolgend sind die ausgestellten Gegenstände im Einzelnen benannt und kurz erläutert, unter Hinweis auf den Ort, wo die betreffenden Zeichnungen u. dergl. aufgehängt oder aufgestellt sind. Die Nennung folgt in alphabetischer Reihenfolge nach den Namen der Aussteller.

### I. Maschinenfabrik Esslingen in Esslingen (Württemberg). Mittelwand und Seitenwände.

1. Preisgekrönter Entwurf einer Kabel-Strassenbrücke in Budapest. Eine Perspektive. — Abb. 55.
2. Kabel-Strassenbrücke über die Argen bei Langenargen am Bodensee. Eine Perspektive. Ansicht und Grundriss 1:60. Querschnitt 1:20. Einzelheiten 1:5. — Abb. 115—120 und S. 80.
3. Ein Stück Kabel der Brücke No. 2, von etwa 50 cm Länge, hergestellt von Felten & Guilleaume in Mülheim am Rhein.

Die von der K. Württ. Ministerial-Abtheilung für Strassen- und Wasserbau entworfene, im Jahre 1897/98 ausgeführte Kabelbrücke über die Argen bei Langenargen am Bodensee ist nach dem Vorbilde der unter 1 genannten Kabelbrücke entworfen worden. Die Argenbrücke ist hiernach eine sogenannte versteifte Kabelbrücke. Die Gusstahldraht-Kabel führen über Rollenlager der Pilonen und ihre Enden sind in den leicht zugänglichen Ankerschächten verankert. Die Brückenbahn mit den zu beiden Seiten der Brücke angeordneten Versteifungsträgern wird von diesen Kabeln mit Hilfe von Hängestangen (die in ihrer Länge verstellbar sind) getragen. Die Versteifungsträger bilden in Verbindung mit den Kabeln die eigentlichen Hauptträger der Brücke. Gleichzeitig dienen sie als Geländer, besonders aber haben sie den Zweck, die Aussteifung der Brücke sowohl im senkrechten als auch im wagrechten Sinne zu bewirken. Die Kabel tragen von Mitte zu Mitte der Pilonen auf 72 m Weite frei, bei 9 m Pfeilhöhe. Die lichte Breite der mit Holzpflaster auf Beton versehenen Brückenstrasse ist 6 m zwischen den Versteifungsträgern.

Die Verankerungskörper und die Landpfeiler mit ihren Pilonen sind von der K. Württ. Strassenbau-Verwaltung in Beton

hergestellt worden. Die beiden je 133 m langen Stahldraht-Kabel, im Gewicht von 20 t sind von Felten und Guilleaume in Mülheim hergestellt und in fertigem Zustand (einschliesslich der Schliessköpfe an den Enden) auf grossen Trommeln zur Baustelle gebracht worden. Ein etwa 50 cm langer Abschnitt des Kabels mit aufgesetztem Schliesskopfe findet sich in der Pariser Ausstellung der Firma Felten & Guilleaume (Gruppe VI).

Das Gewicht der Brücke beträgt:  
an Flusseisen für Versteifungsträger und Brückenbahn . . . . . rund 100 t,  
an Gusseisen und Stahl für Lager und Ankerstühle . . . . . rund 15 t.

4. Eisenbahnbrücke der Bodensee-Gürtelbahn über die Argen. Eine Perspektive. Ansicht und Grundriss 1:60. Querschnitt 1:10. Querträger-Lagerung 1:5. — Abb. 96.

Die Eisenbahnbrücke über die Argen liegt etwa 120 m oberhalb der vorgenannten Strassenbrücke. Sie ist von der K. Württ. Staats-Eisenbahn-Verwaltung entworfen und im Jahre 1898 mit Halbparabel-Trägern von 74,2 m Stützweite und unten liegender Bahn erbaut. Die Trägerwände zeigen (wie die Fordoner Brücke in Abb. 32) zweitheiliges Streben-Fachwerk und einen Mittelgurt. Die Brückenbahn ruht als ein zusammenhängendes Ganzes mit ihren Querträgern in Gelenken freibeweglich auf den Untergeräten der Tragwände, wie das in den Abb. 143—144 veranschaulicht wurde. Die Wandglieder schliessen wenig steif an die Gurte, um Nebenspannungen möglichst zu vermindern. Ausser den portalartig ausgebildeten Querrahmen an den Enden der Brücke sind zwischen den Haupttragewänden keinerlei Querverbindungen vorhanden.

Das Gewicht der Brücke beträgt:  
an Flusseisen für Hauptträger und Brückenbahn . . . . . rund 329 t,  
an Gusseisen und Stahl für Auflager . . . . . rund 13 t.

### II. Gutehoffnungshütte in Sterkrade (Rheinland).

#### a) Mittelwand.

5. Strassenbrücke über den Rhein bei Bonn. 3 Aquarelle und 5 Zeichnungen. — Abb. 69 und 105. Baubehörde: Stadt Bonn \*).

Entwurf: Gutehoffnungshütte, Aktien-Verein für Bergbau und Hüttenbetrieb, Oberhausen (Rheinland). R. Schneider, Baugeschäft, Berlin. Bruno Möhring, Architekt, Berlin.

Ausführung des Unterbaues durch R. Schneider, Baugeschäft, Berlin; des eisernen Ueberbaues durch Gutehoffnungshütte.

Bauzeit: 1896—1898.

## Beschreibung:

- 1 Mittelöffnung von 187,2 m Stützweite, 1800 t,
- 2 Seitenöffnungen von 93,6 m Stützweite, 1275 t,
- 2 Seitenöffnung von 32,5 m Stützweite, 115 t.

Die Brückenbahn ist 14,0 m breit, wovon 7,15 m auf den Fahrgang und je 3,425 m auf die beiden Fusswege entfallen.

Mittelöffnung: Elastischer Bogenträger mit Kämpfergelenken und versteiften Zwickeln.

Der Entwurf der Bonner Rheinbrücke verdankt seine Entstehung dem von der Stadt Bonn im Juli 1894 ausgeschriebenen Wettbewerb, bei welchem der von der Gutehoffnungshütte in Verbindung mit der Bauunternehmung R. Schneider und dem Architekten B. Möhring in Berlin eingereichte Entwurf mit dem ersten Preise ausgezeichnet wurde. Bei diesem Entwurf mündete die Brücke am südlichen Ende der Altstadt von Bonn am so-

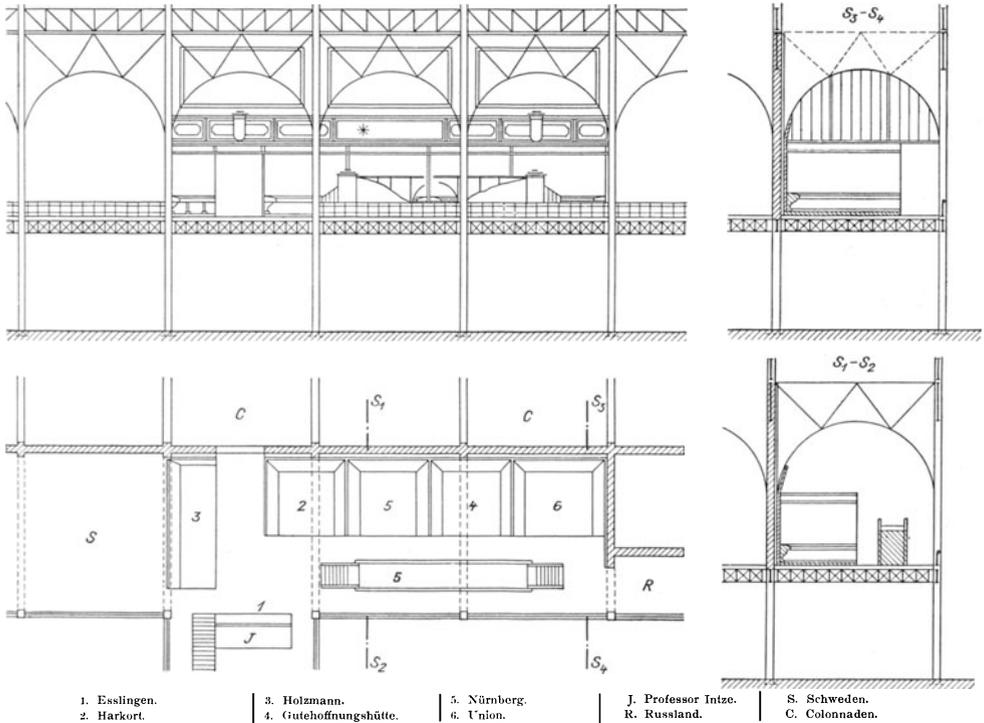
## Die Eisenkonstruktion enthält:

- rund 3000 t Flusseisen,
- 127 - Gusseisen,
- 55 - Flusstahl. —

Die Fahrbahnplatte ist aus Buckelplatten gebildet, die Fahrbahndecke besteht aus Holzpflaster auf Beton. Die Abdeckung der Fusswege wurde durch Belageisen bewirkt, auf welche Betonplatten liegen, die eine Schicht Stampfbeton und darüber eine Lage Gussasphalt tragen. Die Fahrbahn ist in den ersten drei Feldern unmittelbar an die Pfosten der Hauptträger geschlossen, in den übrigen Feldern wird sie durch Hängestangen getragen, die eine Fortsetzung der Ständer des Bogenträgers bilden.

Die Mittelöffnung hat zwei Windverbände, von denen der eine für den Bogenträger, der andere für die Fahrbahn dient. Der erstere ist in den beiden ersten, den Kämpfern zunächst liegenden Feldern im Bogen-Untergurt angebracht, in den übrigen Feldern

Abb. 172. Grundriss und Schnitte der Ausstellungsräume deutscher Brückenbau-Anstalten. Paris 1900.



genannten „Alten Zoll“. Da sich jedoch die Stadtverwaltung für eine Lage der Brücke in der Richtung auf den Vierecksplatz entschied, so war es erforderlich, den Entwurf entsprechend umzuarbeiten.

Im April 1896 wurde durch Inangriffnahme der Gründung der beiden Stropfweiler mit den Bauarbeiten begonnen. Vom Frühjahr 1897 ab bis Ende 1897 bewerkstelligte man die Aufstellung der Eisenkonstruktion der Mittelöffnung. Zur selben Zeit wurden die beiden Landpfeiler gegründet, so dass bis zum Herbst 1898 auch die Aufstellung der Eisenkonstruktion der beiden Seitenöffnungen beendet werden konnte. In den Wintermonaten 1897/98 wurde die Rheinwerft-Ueberbrückung aufgestellt und am 17. December 1898 konnte die Brücke dem Verkehr übergeben werden.

Die Pfeiler wurden auf Beton zwischen (aus I-Trägern gebildeten) Spundwänden gegründet, die bei den Stropfweilern 4 m, bei den Landpfeilern 3 m unter die Sohle der Betonschüttung reichten. Der Beton selbst erstreckte sich bei den Stropfweilern 5 m, bei dem Bonner Landpfeiler 4 m und bei dem Beueler Landpfeiler 3,5 m tief unter die Flusssohle.

liegt er im Obergurt. Die Verbindung dieser Windverbandtheile erfolgt durch das Portal (Abb. 173 und 174), das einen geschlossenen Steifrahmen bildet, der Obergurt und Untergurt umfasst. Der Windverband in der Fahrbahn, der zwischen besonderen Gurten angeordnet ist, durfte nicht ununterbrochen über die ganze Länge des Mittelbogens durchgeführt werden, weil er sonst an der Aufnahme des Horizontalschubes der Bogenträger theilgenommen haben würde. Deshalb wurde dieser Windverband als ein wagrecht liegender Träger mit freischwebenden Stützpunkten angeordnet, dessen seitliche auskragenden Theile in den Portal-Knotenpunkten sich einerseits auf den Windverband des Bogens stützen und andererseits derart auf den Pfeilern lagern, dass sie hier kleine Verschiebungen in der Richtung der Brückenaxe unbehindert ausführen können. Als Wandglieder des Fahrbahn-Windträgers dienen theils die Buckelplatten der Fahrbahn, theils besondere Windstreben, die zwischen den Querträgern in deren Untergurt-Ebenen liegen.

Auch die Bogen der Seitenöffnungen haben zwei Windträger, von denen der obere in der Fahrbahn, der untere in den Unter-

Abb. 173. Ostportal der Bonner Rhein-Brücke.



Abb. 174. Westportal der Bonner Rhein-Brücke.



gurten liegt. Für den oberen Windverband werden die Gurte durch die Obergurte der Hauptträger und die Wandglieder durch die Buckelplatten gebildet. Für den unteren Verband sind Querriegel und Windstreben angeordnet.

sich an die romanische Bauweise halten; ähnlich sind die Einnehmerhäuschen auf den Landpfeilern gestaltet. In wirkungsvoller Weise sind auch die Geländer ausgebildet (Abb. 175 und 176). Ihre rechteckigen Felder sind durch schräge Stäbe mit ranken-

Abb. 175. Geländer-Füllungen der Bonner Rheinbrücke.

Abb. 175 a.

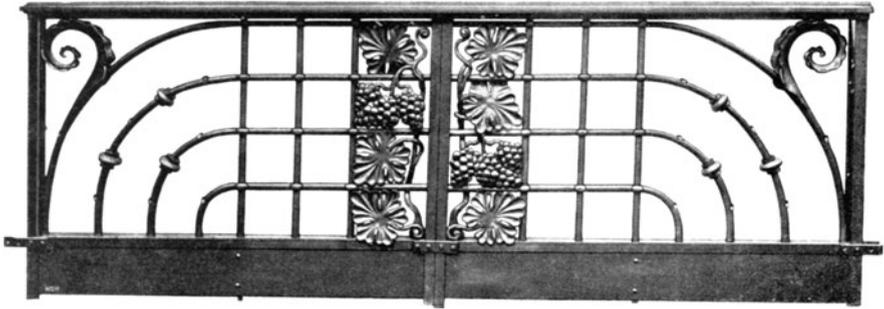


Abb. 175 b.



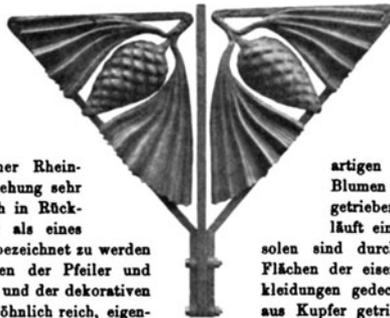
Abb. 176 a.

Abb. 176. Einzelheiten der Geländer-Füllungen.

Abb. 176 b.



Abb. 176 c.



Verfasser bemerkt, dass die Bonner Rheinbrücke nicht nur ein in technischer Beziehung sehr bedeutendes Bauwerk ist, sondern auch in Rücksicht auf ihre künstlerische Gestaltung als eines der hervorragendsten Werke dieser Art bezeichnet zu werden verdient (vergl. S. 41). Die Einzelheiten der Pfeiler und ihrer Aufbauten, der Einnehmerhäuschen und der dekorativen Theile der Eisenkonstruktion sind ungewöhnlich reich, eigenartig und theilweise dem rheinischen Humor Rechnung tragend, künstlerisch durchgebildet (Abb. 69 und 173—178). Die Strompfeiler sind durch Thurmaufbauten gekrönt, deren Formen

artigen Ansätzen gegliedert, die Ecken durch Blumen oder Früchte und Blätter, die in Eisen getrieben sind, ausgefüllt. Unter dem Geländer läuft ein aus Kupfer getriebenes Gesims. Die Konsolen sind durch eiserne Drachensfiguren verdeckt. Die Flächen der eisernen Portale sind mit durchbrochenen Bekleidungen gedeckt, die aus Eisenblech, zum Theil auch aus Kupfer getrieben und mit allegorischen Darstellungen versehen sind. Die Herstellung der dekorativen Eisenarbeiten erfolgte durch die Firma Hillerscheid & Kasbaum in Berlin.

Abb. 177 a.

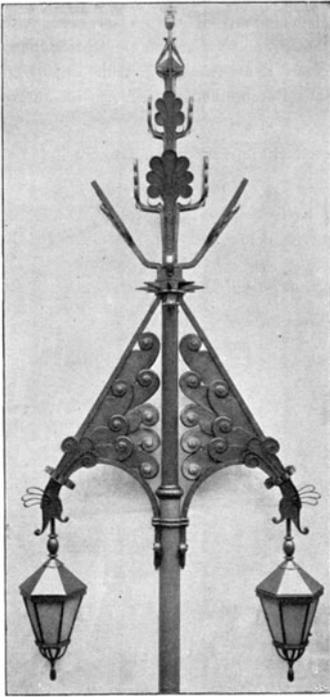


Abb. 177—178. Einzelheiten von Laternen der Bonner Rheinbrücke.

Abb. 177 b.

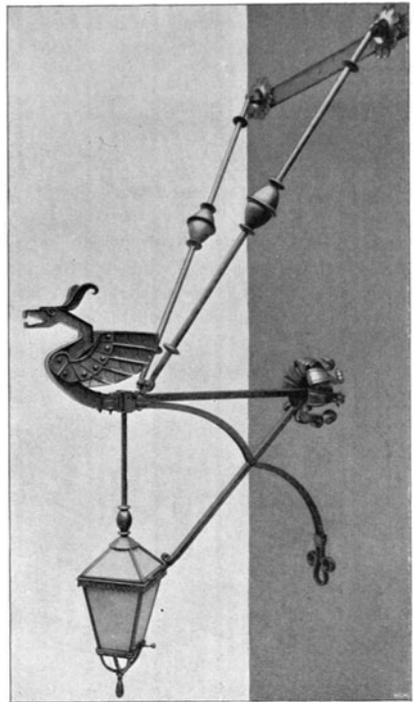


Abb. 178.

## b) Linke Seitenwand.

**6. Strassenbrücke über den Rhein bei Düsseldorf.**  
3 Aquarelle und eine Zeichnung. Abb. 106.

Baubebehörde: Rheinische Bahngesellschaft zu Düsseldorf.

Entwurf: Gutehoffnungshütte.  
Professor A. Schill, Architekt, Düsseldorf.

Ausführung: Unterbau durch Phil. Holzmann & Co. in Frankfurt a. Main. Eiserner Ueberbau durch Gutehoffnungshütte.

Bauzeit: 1896—1898.

Beschreibung:

2 Stromöffnungen von je  
181,25 m Stützweite, 3580 t,  
3 linksseitige Fluthöffnungen  
von 63,36 m, 57,024 m  
und 50,68 m Stützweite, 1005 t,  
1 rechtsseitige Fluthöffnung  
von 60,36 m Stützweite, 380 t.  
Die Brückenbahn ist 14,20 m breit,  
wovon 8,20 m auf den Fahrweg und  
je 3,0 m auf die beiden Fusswege entfallen.

Stromöffnungen: Elastische Bogen-träger mit Kämpfergelenken.

Fluthöffnungen: Elastische Bogen-träger mit Kämpfergelenken und versteiften Zwickeln.



Die Düsseldorfener Rheinbrücke dient dem Strassenverkehr und hat die elektrische Kleinbahn Düsseldorf-Krefeld aufzunehmen. Im Juli 1896 begann man mit der Gründung der Pfeiler. Im Jahre 1897 wurde nach dem Ablaufe des Frühjahrs-Hochwassers mit den Rüstungsbauten für die Aufstellung des eisernen Ueberbaues in der linken Hauptöffnung begonnen und bereits am 1. Oktober desselben Jahres konnte das Ablassen der Bogenträger mit angehängter Fahrbahn auf die Pfeiler erfolgen. Der rechtsseitige Uferpfeiler und der mittlere Strompfeiler wurden nach dem Luftdruckverfahren gegründet, während die Gründung der Landpfeiler (ebenfalls im Jahre 1897) zwischen hölzernen Spundwänden erfolgte. Der milde Winter 1897/98 gestattete weiter den Portalbau des rechten Uferpfeilers zu vollenden und die eisernen Ueberbauten der 3 linken Seitenöffnungen aufzustellen. Im Baujahr 1898 folgte die Vollendung der Aufbauten des Uferpfeilers und Strompfeilers der linken Seite und die Aufstellung des Ueberbaues der rechtsseitigen Haupt- und Seitenöffnung. Daneben wurden die Fahrbahn und die linksseitigen Rampen so frühzeitig vollendet, dass die Brücke bereits am 12. November 1898 dem Verkehr übergeben werden konnte. Die ganze Bauzeit hat demnach noch nicht ganz  $2\frac{1}{2}$  Jahre gedauert.

In der Konstruktion ihrer Ueberbauten (Abb. 106) gleicht die Düsseldorfer Brücke der Bonner Brücke. Nach dem Entwurfe des Prof. Schill von der Königl. Kunstakademie zu Düsseldorf tragen die Uferpfeiler Thorbauten, die in einfachen, würdigen Renaissanceformen gehalten sind; der mittlere Flusspfeiler ist an der stromaufwärts gelegenen Seite von einem mächtigen Löwen, der Anker und Wappenschild hält, bekrönt.

Für den eisernen Ueberbau sind:

rund 4700 t Flusseisen,	
- 190 - Gusseisen,	
- 100 - Gussstahl	

verwendet worden.

#### c) Rechte Seitenwand.

### 7. Strassenbrücke über die Aare bei Bern. 3 Aquarelle und eine Zeichnung. Abb. 179.

Baubehörde: Städtische Baudirektion Bern.

Seitenöffnungen von 34,32 m: Vollwandige Zweigelenk-Bogen-träger.

Seitenöffnungen von 15,50 m: Parallelträger.

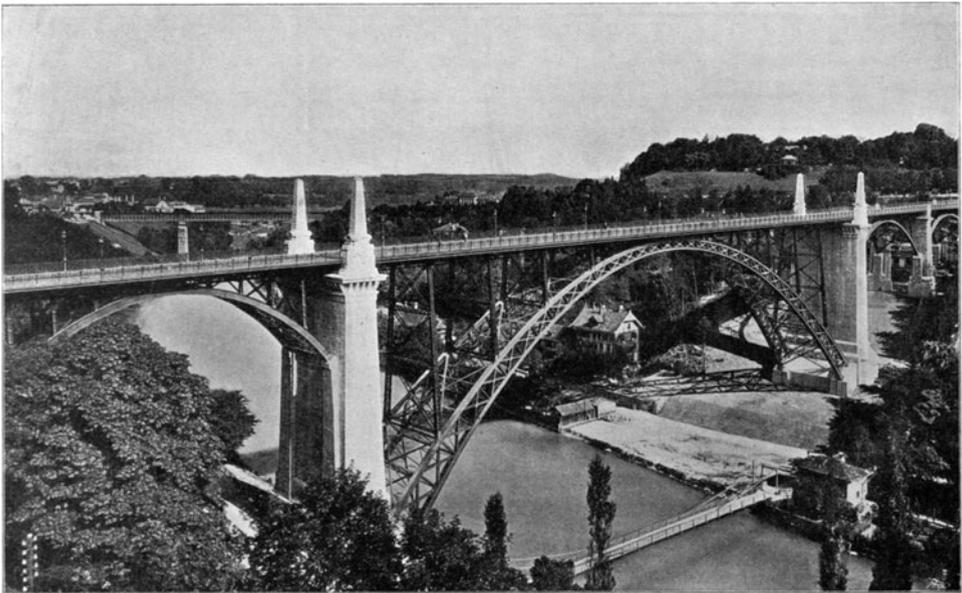
Ausserdem sind an der linken und rechten Seitenwand verschiedene Photographien über von der Gutehoffnungshütte ausgeführte grössere Bauwerke, sowie kleine Photographie-Albums und Pläne mit Beschreibungen der Anstalt ausgestellt. —

### III. Gesellschaft Harkort in Duisburg (Rheinland).

#### a) Mittelwand.

### 8. Leuchthurm auf dem Rothensande in der Nordsee. In offener See, 50 Kilometer von Bremerhaven entfernt, auf der Verbindungslinie zwischen Bremerhaven und der Insel Helgoland. Dargestellt durch: 1 Aquarell des fertigen Thurmes, je 1 Konstruktions-

Abb. 179. Strassenbrücke über die Aare in Bern. 1898.



Entwurf: Gutehoffnungshütte. Th. Bell & Co., Maschinenfabrik, Kriens. P. Simons, Baugeschäft, Bern. A. & H. von Bonstetten, Civilingenieur, Bern. B. H. von Fischer, Architekt, Bern, nach einem Vorentwurf der städtischen Baudirektion Bern.

Ausführung: Unterbau durch P. Simons, Baugeschäft, Bern. Eiserner Ueberbau der grossen Hauptöffnung durch Gutehoffnungshütte. Eiserner Ueberbau der Nebenöffnungen durch Th. Bell & Co., Kriens.

Bauzeit: 1895—1898.

#### Beschreibung:

1 Hauptöffnung von 114,858 m Stützweite,	905 t schwer
5 Seitenöffnungen von je 34,42 m Stützweite,	} 915 t -
2 - - - - 15,50 m -	

Breite der Brückenbahn 12,6 m, wovon 7,2 m auf den Fahrweg und je 2,7 m auf die beiden Fusssteige entfallen.

Hauptöffnung: Bogenträger mit eingespannten Kämpfern.

zeichnung des schwimmenden Gründungs-Senkastens und des fertigen Thurmes. Abb. 180 und 180a.

Bauherr: Die Weseruferstaaten Preussen, Oldenburg und Bremen.

Baubehörde: Der Bremer Staat als Beauftragter der Weseruferstaaten.

Oberleitung des Baues: Baurath Hanckes †, und Regierungs-Baumeister Körte in Bremerhaven.

Entwurf: Aeussere Form, Eintheilung, Einrichtung und Ausstattung des Thurmes von der Baubehörde; Art der Gründung und der ganzen Ausführung im Einzelnen mit allen dazu erforderlichen Vorkehrungen, Einrichtungen und Maschinen von der Gesellschaft Harkort in Duisburg (Oberingenieur Seifert).

Ausführung: Gesellschaft Harkort in Duisburg in Generalentreprise.

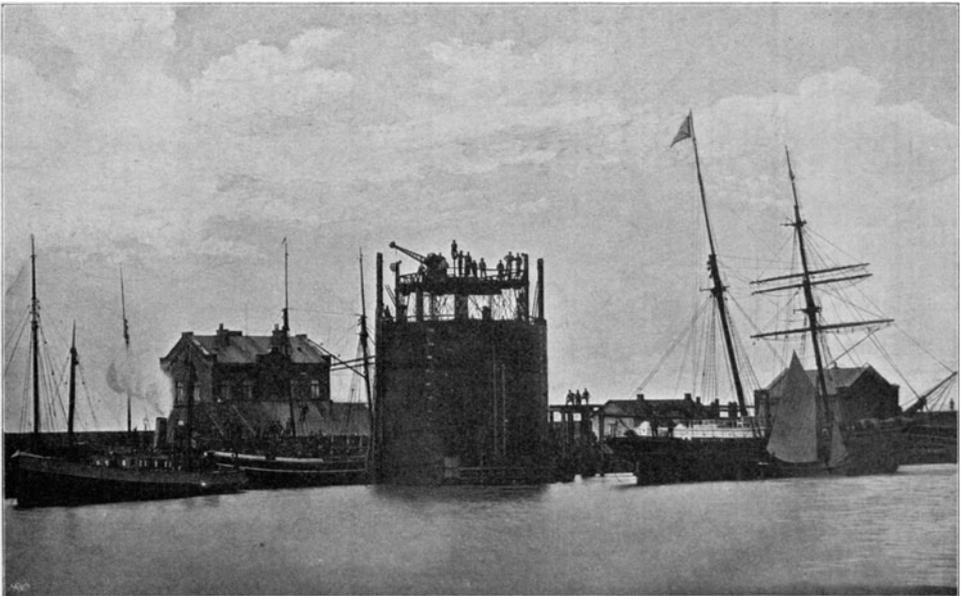
Bauzeit: Herbst 1882 bis Herbst 1885.

Beschreibung: Der Leuchthurm wurde durch Luftdruck gegründet bis zu einer Tiefe von 22 Meter unter Niederwasser oder 25 Meter unter mittlerem Hochwasser. Der eiserne Gründungskasten wurde im Kaiserhafen zu Bremerhaven zusammengesetzt, Pressluft, das Ausbetonieren und Ausmauern des Kastens erfolgte in ähnlicher Weise, wie bei jedem Brückenpfeiler, nur mit dem Unterschiede, dass keinerlei Gerüste zur Anwendung kommen konnten. Hierdurch wurden Einrichtungen erforderlich, die eigens

Abb. 180. Leuchthurm auf dem Rothesand in der Nordsee. 1885.



Abb. 180a. Bugsirung des eisernen Gründungskastens des Rothesand-Leuchthturms.



zu einem schwimmfähigen Schiffskörper ausgebildet, mit allen zur Versenkung erforderlichen Maschinen und Geräthen ausgestattet, dann durch Schleppdampfer nach der Seebaustelle bugsirt (Abb. 180a) und durch Einlass von Wasser auf den Meeresboden abgesetzt. Die Versenkung des Gründungskörpers unter Anwendung von

für diesen Fall ersonnen und konstruiert werden mussten. Der Mangel irgend welchen Lagerplatzes, die Schwierigkeiten beim Herbeischaffen der Baumaterialien, das Unterbringen und Versorgen der zahlreichen Arbeiter auf besonderen Wohnschiffen, der Sicherheitsdienst zur Erhaltung des unfertigen Bauwerkes gegen die

Gefahren einer mehrjährigen Bauperiode an der gefährlichsten Stelle der Nordsee, alles das machte die Ausführung dieses Bauwerkes zu einer Angelegenheit von höchster technischer Bedeutung.

Abmessungen und Massen des Bauwerkes:

Höhe des Gründungskörpers . . . . .	24 m.
Höhe des eigentlichen Thurmes . . . . .	33 m.
Ganze Höhe des Thurmes von Kastenschnaide bis Helmspitze $33 + 24 =$ . . . . .	57 m.
Grundriss der Gründung (lenticulaire) linsenförmig O, Fläche . . . . .	115 qm.
Größerer Durchmesser der Linse . . . . .	14 m.
Kleinerer . . . . .	11 m.
Grundriss des Thurmaufbaues kreisrund, dessen Flanken leicht gekrümmt und kegelförmig.	
Durchmesser am Fusse . . . . .	10,3 m.
- in Höhe des Wohnraumes . . . . .	5,1 m.
- der Laterne . . . . .	3,3 m.
- der 3 Erker . . . . .	2,0 m.

sicht und Grundriss der Hauptträger und Fahrbahntafel; Querschnitte in Brückenmitte bei Knotenpunkt 8 und bei Knotenpunkt 1; Endportal in Knotenpunkt 0. Abb. 110.

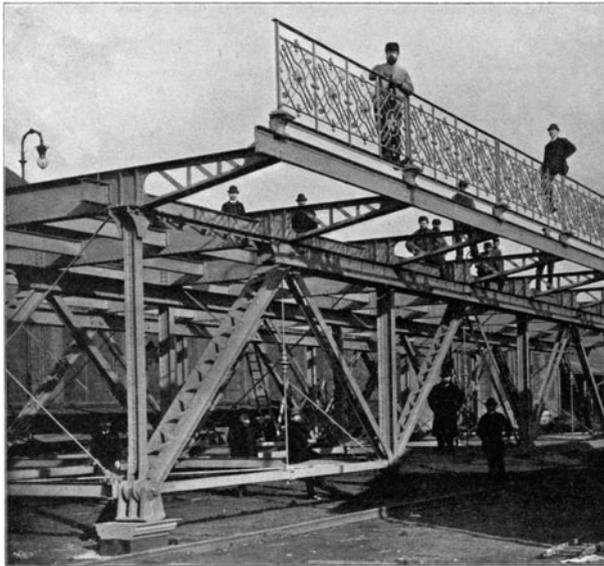
Bauherr und Baubehörde: Königlich Preussische und Grossherzoglich Hessische Eisenbahndirektion in Mainz.

Staatliche Bauleitung: Grossherzoglich Hessischer Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor Geibel in Worms.

Entwurf: Gesellschaft Harkort in Duisburg a. Rh. im Verein mit Architekt G. Frentzen in Aachen und der Baufirma R. Schneider in Berlin. Das Bauwerk ist das Ergebniss eines Wettbewerbes, bei welchem die Gesellschaft Harkort den I. Preis unter 5 Bewerbern erhielt.

Ausführung: Pressluft-Gründung der 2 Strompfeiler und gesammte Eisenkonstruktion von der Gesellschaft Harkort; Pfeileraufbauten und sämtliche Vorlandpfeiler von

Abb. 181. Thalbrücke do Chã für São Paulo (Brasilien) auf dem Harkort'schen Werke in Duisburg. 1890.



Theoretischer Pressluft-Aushub . . . . .	950 cbm.
Mauerwerk und Beton . . . . .	2800 cbm.
Gewicht des bleibend verwendeten Metalles . . . . .	500 Tonnen.
Faschinen zur Befestigung des Meeresbodens in der Umgebung . . . . .	5000 cbm.
Steinschüttung zur Belastung der Faschinen . . . . .	600 cbm.

Broschüren: „Der Leuchthurm auf dem Rothen-sande in der Nordsee“ in deutscher, französischer oder englischer Sprache sind auf schriftliche Anfrage von Interessenten durch die Gesellschaft Harkort in Duisburg am Rhein, oder deren Vertreter auf der Ausstellung kostenlos zu erhalten.

**b) Rechte Seitenwand.**

9. Zweigleisige Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Worms, Linie Worms-Rosengarten-Darmstadt. Dargestellt durch: 1 Aquarell des fertigen Bauwerkes, 3 Konstruktionszeichnungen der mittleren Stromöffnung von 116,2 m Stützweite und zwar: An-

sicht und Grundriss der Hauptträger und Fahrbahntafel; Querschnitte in Brückenmitte bei Knotenpunkt 8 und bei Knotenpunkt 1; Endportal in Knotenpunkt 0. Abb. 110.

Bauzeit: 1898—1900.

Beschreibung: Die 3 Stromöffnungen sind überbrückt durch zweigleisige Bogenfachwerke mit durch Zugband aufgehobenem Horizontalschub und sind versehen mit untenliegender freischwebender Fahrbahntafel nach dem System Gesellschaft Harkort in Duisburg a. Rh., wie es auf S. 89—90 gezeichnet und erläutert ist.

Die 17 Vorlandöffnungen sind überbrückt durch 34 ein-gleisige parallelgurtige Fachwerkbrücken mit obenliegender Fahr-bahn.

Das ganze Bauwerk setzt sich vom linken nach dem rechten Ufer gerechnet zusammen aus:

1 seitliche Stromöffnung von 102,2 m Stützweite =	858,5 Tonnen,
1 mittlere . . . . . 116,8 . . . . . =	1059,0 . . . . .
1 seitliche . . . . . 102,2 . . . . . =	858,5 . . . . .
17 Fluthöffnungen = 34 Brückenkörpern von	
34,5 m Stützweite, im Gewichte von je 78,1 t =	2655,4 . . . . .

Gesamtgewicht 5431,4 Tonnen.

Die beiden mit Hilfe von Pressluft gegründeten Strompfeiler haben Senkkästen von 156 qm Grundfläche und wurden rund 12 Meter unter NW. versenkt. Die Stromuferpfeiler und Vorlandpfeiler wurden zwischen Spundwänden auf Beton gegründet.

c) **Linke Seitenwand.**

- 10. Gelenkbrücken für den Export.** Eigenes System der Gesellschaft Harkort in Duisburg a. Rhein, wie es in den Abb. 127—136 dargestellt und S. 83—86 beschrieben ist. Dargestellt durch: 1 Aquarell Soengei-Oelar-Brücke auf Sumatra, in der Aufstellung begriffen; 1 Originalphotographie, welche dem Aquarell als Vorlage diente; 1 Originalphotographie der Soengei-Oelar-Brücke; 1 Konstruktions-

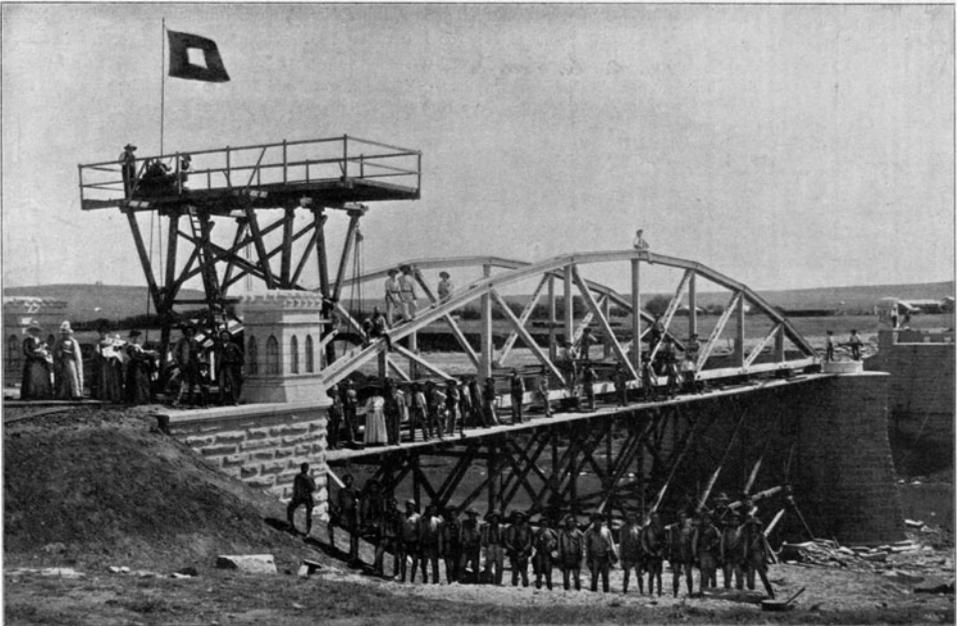
festigungsschrauben und 2 Tragkeile befestigt. Die Längsträger (ebenfalls fertige Versandstücke) sind durch Knaggen auf die Querträger gestützt und mit diesen durch Schrauben verbunden. Die Windverbände bestehen aus Augenstäben oder Gelenkstreben. Auf der Baustelle ist sonach kein einziger Niet zu schlagen, überhaupt keine Feuerarbeit erforderlich. Die betriebsfähige Aufstellung auf der Baustelle erfolgte durch 37 völlig ungeübte Kulis unter Leitung zweier Europäer in 15 Tagen. Die Zahl der zu einer solchen Brücke gehörigen Versandstücke ist denkbar klein. —

b) **Thalbrücke do Châ in São Paulo, Brasilien.** Strassenbrücke mit Holzbelag von 13,6 m Breite. Abb. 181.

Bauherr und Baubehörde: Der Magistrat der Stadt São Paulo.

Entwurf: Gesellschaft Harkort wie oben unter a.

Abb. 182. Brücke über den Vaalrivier bei Standerton in Transvaal. 1890.



zeichnung der Soengei-Oelar-Brücke (Ansicht, Querschnitt, Grundriss und Darstellung der Aufstellung); 1 Konstruktionszeichnung der Thalbrücke do Châ in São Paulo, Brasilien (Ansicht, Querschnitt, Grundriss der grösseren Oeffnungen und Anordnung des Gesamtbauwerkes).

a) Die Soengei-Oelar-Brücke. Eingleisige Eisenbahnbrücke über den Soengei-Oelar auf Sumatra.

Bauherr und Baubehörde: Deli-Spoorweg-Maatschappy auf Sumatra, Direktor M. Tromp in Amsterdam.

Entwurf und Ausführung: Gesellschaft Harkort in Duisburg nach eigenem Gelenksystem.

Beschreibung: Das Bauwerk besteht aus einer Oeffnung von 61,5 m Stützweite, im Gewichte von 135,7 Tonnen. Die Hauptträger sind Parabelträger mit Ständern und einfachen zug- und drucksicheren Streben. Die obere Gurtung besteht aus versandfertigen Druckstücken von Felderlänge, die untere Gurtung aus Augenstäben von Felderlänge. Die Querträger werden als Ganzes versandt und an die Ständer durch je 4 Be-

Beschreibung:

Das Bauwerk besteht aus 1 Oeffnung von 16,5 m	
Stützweite im Gewichte von . . . . .	36,4 Tonnen.
4 Oeffnungen von 33 m Stützweite im Gewichte von	
je 82,3 t = . . . . .	329,2 -
3 eisernen Pfeilern im Gewichte von . . . . .	49,8 -
Gesamtgewicht 415,4 Tonnen.	

Jede Oeffnung hat 3 parallelgurtige mit einfachen zug- und drucksicheren Streben versehene Hauptträger, die von durchgehenden, seitlich auslegerartig vorkragenden Querträgern überdeckt sind. Die Fahrbahn-Längsträger sind aus I Eisen. — Die Fahrstrasse ist aus Eichenholz und besteht aus Querschwellen, einer unteren Längsbohlenlage und einer oberen Querbohlenlage. Die Fusswege bestehen aus einer Längsbohlenlage auf Querschwellen.

Die Ständer der eisernen Pfeiler bestehen aus je 4 Quadrant-eisen; im Uebrigen sind auch sie nur durch Schrauben und Bolzen zusammengefügt, so dass keine Niet- oder sonstige Feuerarbeit auf der Baustelle nöthig wurde. —

Nähere Aufklärungen über das Gelenksystem wird auf schriftliche Anfrage von der Gesellschaft Harkort in Duisburg am Rhein gern ertheilt. —

#### d) Putte an den Kojenwänden.

Auf den an den Kojenwänden eingerichteten Pulten liegen zur Ansicht aus: 15 Photographien unter Glas und 2 Photographie-Albums.

Die Photographien unter Glas stellen von rechts nach links umlaufend dar:

1. Brücke über die Elbe bei Hamburg (Abb. 46) (Deutschland).
2. Brücke über den Rhein bei Coblenz (Abb. 42) (Deutschland).
3. Brücke über den Leck bei Kuilenburg (Abb. 30) (Holland).
4. Die Rotunde (Ausstellungspalast) in Wien 1873 (Oesterreich).
5. Kaiser Franz-Josefbrücke in Wien (Oesterreich).
6. Brücke über die Götha-Elf bei Trollhättan (Schweden).
7. Velanda-Thalbrücke bei Velanda (Schweden).
8. Brücke über den Minnesund bei Minne (Norwegen) (Abb. 158).
9. Brücke über die Msta bei Werebia (Russland).
10. Brücke über die Argesch bei Pitest (Rumänien).
11. Brücke über die Ave bei Villa do Conde (Portugal).
12. Tenjin-bashi in Osaka (Japan).
13. Stromsperre bei Whampoa (China).
14. Brücke über den Vaalrivier bei Standerton (Transvaal) (Abb. 182).
15. Brücke über den Sorocabafluss bei Sorocaba (Brasilien).

pfiler dargestellt. Unterhalb des grossen Aquarells befindet sich ein Längsschnitt der Brücke im Maassstabe 1:150. Dieser stellt die mittleren 700 Meter der im Ganzen 985 m langen Anlage dar. Links und rechts hiervon sind die Einzelheiten der Eisenkonstruktion dargestellt.

**Bauherr:** Das grossherzogliche Ministerium der Finanzen in Darmstadt, vertreten durch Ministerialrath Dr. Th. Schäffer und Oberbaurath Pfarrer, †.

**Entwurf:** Von den Ingenieuren Bernhard Bilfinger †, Pforzheim, W. Lauter, Frankfurt a. Main und dem Architekten F. Thiersch, München. In öffentlichem Wettbewerb preisgekrönt (vergl. S. 40).

**Ausführung:** Der Unterbau durch die ausstellende Firma unter Leitung ihres Oberingenieurs W. Lauter. Die eisernen Ueberbauten der Brücke von der Firma Gebrüder Benkiser, Pforzheim, unter Leitung ihres Ingenieurs Bilfinger. **Bauzeit:** 1881—1885.

**Beschreibung:** Die von Uferpfiler zu Uferpfiler 499 m lange Brücke kreuzt den Rheinstrom mit 5 Oeffnungen von 87,99,

Abb. 183. Brücke über den Bindjey-Fluss auf Sumatra. 1890.



Das Album No. V mit der Aufschrift: „Brücken und andere Eisenkonstruktionen“ enthält Darstellungen von Brücken, Waggonen und sonstigen Bauwerken in Europa. Das Album No. VI mit der Aufschrift: „Gelenkbrücken für den Export“ enthält ausschliesslich Darstellungen von Ueberseebrücken im Gelenksystem der Gesellschaft Harkort und zwar theils Original-Baustellenaufnahmen, theils Werkstatt-Aufnahmen, wo zugänglich in entsprechender Gegenüberstellung. Ein Beispiel aus Sumatra giebt die Abb. 183.

#### IV. Baugesellschaft Ph. Holzmann & Cie., Frankfurt a. Main.

11. Die Rheinbrücke zwischen Mainz und Kastel. Dargestellt auf einem 8 m langen Bilde am Eingang zur Ausstellung der deutschen Ingenieurwerke, durch 3 Aquarelle und 3 Pläne veranschaulicht. Ein Aquarell von 1,10 m Höhe und 4,50 m Länge zeigt eine perspektivische Ansicht der ganzen Brücke mit Blick auf die Stadt Mainz. Links hiervon ist eine Perspektive einer Stromöffnung, rechts die Architektur eines Strom-

103,99 und 87 m Stützweite. Jede Spannweite besteht aus 4 unter der Fahrbahn liegenden, elastischen Bogen mit Auflagergelenken. Die 7,8 m breite Fahrbahn und die 2 je 3 m breiten Gehwege, die in parabolischer Krümmung bis zur Mitte steigen und von da symmetrisch wieder fallen, werden von einem System von Quer- und Längsträgern getragen. Auf dem linken Ufer schliessen sich zwei Nebenöffnungen an, die aus Steingewölben von 10 und 17,5 m Spannweite bestehen, auf dem rechten Ufer eine solche von 10 m Spannweite.

Die 4 Stropfpfeiler, in der Mittelwasserhöhe 8,6 m stark, und der linke Uferpfiler sind auf eisernen Senkkasten von 9,5 m Breite und 24,33 m Länge bez.  $8 \times 18$  m mit Hilfe des Pressluft-Verfahrens gegründet. Die Zwickel der Senkkasten sind ausbetonirt. Die Dichtungshaut liegt innen. Die übrigen Pfeiler und die Widerlager sind auf in Backstein gemauerten Brunnen gegründet. — Die Baukosten betragen in Pauschalverdingung 3 208 000 Mk. —

#### 12. Taucherglocke für das Trockendock in Kiel.

Die zur Herstellung zweier Trockendocks in Kiel von je 30 m Breite, 175 m Länge und 11 m Tiefe bei Mittelwasser verwendete Taucherglocke ist auf zwei Plänen im Längs- und Querschnitt, im Maassstab 1:50, auf der 3 m langen

Wand neben dem Eingang zur Ausstellung der deutschen Ingenieurwerke (Abb. 173) dargestellt.

Bauherr: Die Kaiserliche Marine.

Entwurf: Vom Ingenieur K. Sonntag, in der Firma Philipp Holzmann & Cie.

Ausführung: Die Eisenkonstruktion wurde von der Gutehoffnungshütte, die Hebeanlage von Haniel & Lueg, die elektrische Anlage von der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vorm. W. Lahmeyer & Cie., nach Angabe und unter Leitung von Philipp Holzmann & Cie. geliefert und aufgestellt.

Beschreibung: Die Abmessungen der Taucherglocke sind:  
 Breite . . . . . 14 m,  
 Länge . . . . . 42 m,  
 Höhe des Arbeitsraums . . . 2,5 m.

Die Ausstattung der Glocke besteht aus einem Aufhängerüst, das von 2 eisernen Prähmen getragen wird, ferner 2 Personenschleusen, 1 Betonirschleuse, 2 Material- und Förderschleusen mit elektrischem Aufzug, 3 elektrischen Kranen, 2 Betonmischmaschinen, getrieben durch Elektromotoren zur Herstellung von 400 cbm Beton in der Stunde. — Die zur Fertigstellung der beiden Trockendocks mit Hilfe der Taucherglocke vorgesehene Bauzeit beträgt 3 Jahre, mit Vollendungstermin 1903. — Die Taucherglocke ist zur Zeit fertig und im Betrieb. —

13. Die Pressluft-Gründungen der Firma Philipp Holzmann & Cie., Frankfurt a. Main. Eine schematische Darstellung oberhalb des Bildes „Taucherglocke für das Trockendock Kiel“.

Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin und das Baugeschäft Philipp Holzmann & Cie. in Frankfurt am Main sind und als deren Direktoren: Regierungs- und Baurath Schnebel (†) in Berlin und Oberingenieur Lauter von Philipp Holzmann & Cie. in Frankfurt am Main bestellt sind.

Ausführung: Durchaus in Schwimmsand mit Hilfe von Pressluft und eines Vertriebschildes, dessen Konstruktion der Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen patentirt ist und dessen Form sich anlehnt an die von Baudirektor Mackensen in seinen Patenten — welche die Gesellschaft erworben hat — vorgeschlagenen Formen.

Bauzeit: Einschliesslich aller Vorversuche, Beschaffung des Schildes, Inventares u. s. w. 2 Jahre. 1896—1898.

Beschreibung: In der Schrift „Der Spreetunnel zwischen Stralau und Treptow bei Berlin“. Berlin. Verlag von Julius Springer. 1899. —

V. Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg A.-G. Werk Nürnberg.

a) Mittelwand.

15. Strassenbrücke über den Rhein bei Worms. 2 Aquarelle und Zeichnungen. Abb. 184 und 185, sowie auch die Abb. 70 und 109.

Baubehörde: Grossherzoglich Hessisches Finanzministerium.

Luftdruckgründungen der Firma Philipp Holzmann & Cie., Frankfurt am Main.

No.	Bauwerk	Erbaut im Jahre	Einzelheiten der Senkkasten		Grösster Luftdruck in Atmo-sphären	Gesamt-aushub unter Luftdruck in cbm	Kosten der von Philipp Holzmann & Cie., Frankfurt a. M. am Bauwerk ausgeführten Arbeiten		No.	
			Zahl	Grösste Grund-fläche in qm			Material	Betrag in Mk.		Umfang
1	Wettstein-Brücke über den Rhein bei Basel.	1879	2	163	Eisen	2	1800	1 469 000	Gesamtausführung	1
2	Johanniter-Brücke über den Rhein bei Basel.	1881	6	122	-	2 1/4	6300	1 295 000	-	2
3	Aar-Brücke bei Olten.	1882	2	36	-	2	500	99 000	Unterbau	3
4	Quai-Brücke über die Limmat in Zürich.	1883	1	61	Holz (Taucherglocke)	2	—	700 000	Gesamtausführung	4
5	Rhein-Brücke bei Mainz.	1885	5	207	Eisen	2 1/2	7100	3 208 000	-	5
6	Weser-Brücke bei Holzminden, Braunschweig.	1885	2	33	-	2	500	306 000	-	6
7	Main-Brücke in Kostheim (bei Mainz).	1889	2	84	Holz	2	800	826 000	-	7
8	Dievenow-Brücke bei Wollin, Pommern.	1891	6	54	Eisen und Stein	2 1/2	1700	184 000	Unterbau	8
9	König Karl-Brücke über d. Neckar, Kannstatt.	1892	4	172	Eisen	2	5200	241 000	-	9
10	Carola-Brücke über die Elbe in Dresden.	1892	2	335	-	2 1/2	4100	450 000	-	10
11	3 Drehbrücken über den Nord-Ostsee-Kanal.	1894	6	71	Eisen und Stein	2 1/4	3300	650 000	-	11
12	Schleusenhaupt, Schleuse 85, Rhein-Rhône-Kanal.	1894	1	115	Eisen	1 1/2	500	85 000	-	12
13	Oder-Brücke in Frankfurt.	1895	8	82	Holz	3	6500	994 000	Gesamtausführung	13
14	Spree-Brücke in Treptow (bei Berlin).	1895	2	71	-	2	1100	108 000	Unterbau	14
15	Arda-Brücke bei Adrianopol.	1895	1	26	Eisen	2	200	400 000	-	15
16	Weser-Brücke bei Stolzenau, Hannover.	1896	2	60	Eisen und Stein	2	800	157 000	-	16
17	Weidendammer Brücke über die Spree, Berlin.	1896	1	42	Holz	1 3/4	200	158 000	-	17
18	Rhein-Brücke bei Strassburg im Elsass.	1897	6	96	Eisen	3 1/4	9100	748 000	-	18
19	Inn-Brücke bei Mühldorf in Bayern.	1897	1	74	Holz	2	500	130 000	-	19
20	Alz-Brücke bei Burgkirchen in Bayern.	1897	2	48	Eisen	1 3/4	1100	107 000	-	20
21	Warthe-Brücke bei Landsberg.	1897	4	65	Holz	2 1/4	2100	242 000	-	21
22	Oder-Brücke bei Ohlau in Schlesien.	1898	2	68	Eisen und Stein	2 1/2	900	76 000	-	22
23	Rhein-Brücke in Düsseldorf.	1898	2	434	Eisen	2 1/2	5500	1 629 000	-	23
24	Oder-Brücke in Stettin.	1899	4	170	Holz	2 3/4	3200	610 000	-	24

14. Der Spreetunnel in Berlin auf der Strecke Stralau-Treptow der Berliner Ostbahnen.

Der Tunnel ist auf der 5 m langen Wand am Eingang zur Ausstellung deutscher Ingenieurwerke durch 10 Blatt farbige Zeichnungen dargestellt.

Bauherr: Die Gesellschaft für den Bau von Untergrundbahnen G. m. b. H. in Berlin, deren Gesellschafter die Finanzgruppen der Deutschen Bank in Berlin, die Allgemeine

Mehrrens, Brückenbau.

Entwurf: Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg; Tiefbauunternehmung Grün & Bilfinger in Mannheim; Architekt: Geh. Oberbaurath Hofmann in Darmstadt.

Ausführung: Durch die von der Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg und der Tiefbauunternehmung Grün & Bilfinger zu diesem Zweck besonders gebildete „Bauunternehmung für die Strassenbrücke Worms“.

Bauzeit: 1897—1900.

Beschreibung: 2 Stromöffnungen von je 94,4 m und 1 Stromöffnung von 105,6 m Stützweite. Gewicht 1800 t. Fahrbahn oben. — 9 rechtsseitige und 3 linksseitige gewölbte Fluthöffnungen von 35 m bis 21 m Weite. 1 Uferstrassenüberwölbung von 18 m Weite. Stromöffnungen: Sichelbogen mit je 2 Gelenken. Fluthöffnungen: Betonbogen mit je 3 durch Bleieinlagen gebildeten Gelenken.

#### b) Rechte Seitenwand.

#### 16. Einschienige Schwebebahn Rittershausen-Barmen-Elberfeld-Vohwinkel. (Patent Eugen Langen.) 13,3 km lang, davon 10 km über dem Lauf der Wupper. Abb. 186—188.

Auftraggeber: Continentale Gesellschaft für elektr. Unternehmungen, sowie Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg.

Entwurf des Eisenwerks: Zweiganstalt Gustavsburg der ausstellenden Firma.

Ausführung: Zweiganstalt Gustavsburg der ausstellenden Firma, in Verbindung mit Gutehoffnungshütte in Oberhausen, Harkort in Duisburg, Union in Dortmund.

Bauzeit: 1898—1902.

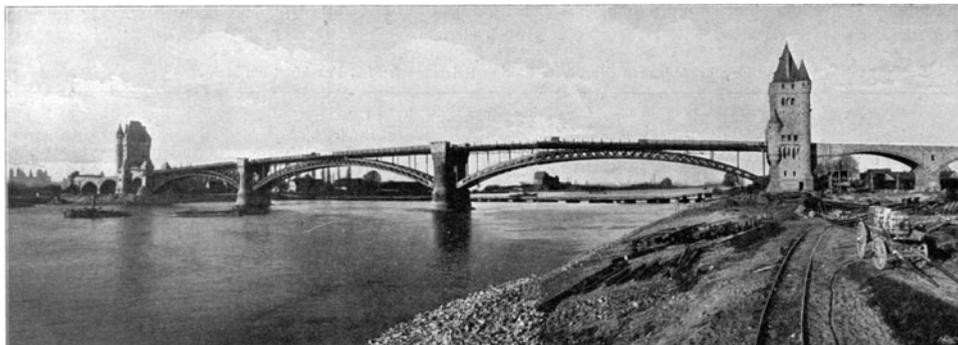
struktion feste Gerüste in die Wupper, während die Gesellschaft Nürnberg mit Rücksicht darauf, dass während der Monate December, Januar und Februar, wegen Hochwassergefahr, Gerüste in der Wupper nicht belassen werden dürfen, die Aufstellung mit Hilfe eines Rüstträgers (Abb. 188) vorgenommen hat, der aus einem 69 Meter langen, mit Winde-Vorrichtungen versehenen Gitterträgergerüst besteht und mittels Laufrollen, die 170 kg/qcm Flächenruck erleiden, verschoben werden kann. Der Rüstträger wird auf der schon vorher aufgestellten Tragkonstruktion der Bahn immer um so viel vorgeschoben, dass er weit genug frei vorragt, um das nächste Joch aufstellen zu können. Dabei wird das Joch mit eigenen Wagen, die auf der fertigen Konstruktion laufen, herbeigeschafft. Ist das Joch mit Hilfe der Flügelkrahnen der Rüstung aufgestellt, so lässt man den Rüstträger auf diesem Joch aufsitzen, fährt die Trägerkonstruktion herbei und setzt diese ebenfalls mit Hilfe der Laufkatzen des Rüstträgers zusammen.

#### c) Linke Seitenwand.

#### 17. Strassenbrücke über die Donau zu Straubing. 1 Aquarell und 1 Zeichnung. Abb. 104.

Baubehörde: Königl. bayer. Strassen- und Flussbauamt Deggendorf.

Abb. 184. Nürnberg. Strassenbrücke über den Rhein bei Worms. 1900.



Beschreibung: Eisenbrücke von 13,3 km Länge, eingeteilt in Öffnungen von 24 m, 27 m, 30 m und 33 m Weite. Längsträger nach besonderem System (D. R. P. 91 642 und 96 200). Stützen: Zweigelenkbogen, der Form nach für die Fluss- und Landstrecke verschieden: Anker- und Pendelpfeiler, die ersteren in Abständen von etwa 200 m von einander. Gesamtgewicht der Eisenkonstruktion 18 000 Tonnen. Zwei Träger dieser Bahn von je 30 m Stützweite sind in Vincennes in natura zur Ausstellung gebracht. Der kleinste Halbmesser der Bahnkrümmungen beträgt 90 Meter, das stärkste Gefälle 45‰. Man glaubt eine Geschwindigkeit von 40 km in der Stunde erreichen zu können. Zieht man in Betracht, dass man vom Anfahren an nur 15 Sekunden braucht, um die volle Geschwindigkeit zu erreichen, so wird man auf der Schwebebahn ungefähr dreimal so rasch fahren können, als auf einer gewöhnlich elektrisch betriebenen Strassenbahn.

Die bedeutendste Schwierigkeit bot die Weichenfrage. Es ist notwendig, auf der 13 Kilometer langen Strecke verschiedene Weichen einzuschalten, einmal um den starken Verkehr, der zwischen Barmen und Elberfeld erforderlich ist, nicht auch bis Vohwinkel erstrecken zu müssen und ein andermal um etwa unbrauchbar werdende Wagen auszuwechseln zu können, damit der regelrechte Betrieb nicht gestört wird. Diese Weichen bestehen aus Rückkehrschleifen, an die sich einige Abstosseisen anschließen.

10 km der Eisenkonstruktion liegen unmittelbar über der Wupper, während 3 km auf Strassen treffen. Harkort, Gutehoffnungshütte und Union bauten für die Aufstellung der Kon-

Entwurf: Königl. bayer. Bauamt und Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg, Zweiganstalt Gustavsburg.

Ausführung: Zweiganstalt Gustavsburg der ausstellenden Firma.

Bauzeit: 1895—1896.

Beschreibung: Stromöffnung: Sichelbogen von 91 m Stützweite mit 2 Gelenken, Fahrbahn unten. Beiderseits je 1 gewölbte Fluthöffnung von 8 m Lichtweite; Gewicht 370 t.

#### 18. Strassenbrücke über die Süder-Elbe in Harburg. 1 Aquarell und 2 Zeichnungen. Abb. 47 und 48.

Bauherr: Stadt Harburg und Gemeinde Wilhelmsburg. Bauleitung: Kgl. Preuss. Wasserbauinspektion, Harburg.

Entwurf: Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg, Zweiganstalt Gustavsburg; Ingenieur C. O. Gleim, Hamburg und Architekt Thielen, Hamburg.

Ausführung: Zweiganstalt Gustavsburg der ausstellenden Firma.

Bauzeit: 1897—1899.

Beschreibung: 4 Stromöffnungen von je 100,96 m Stützweite, Gewicht 2060 t; 6 Fluthöffnungen von je 31,15 m Stützweite, Gewicht 540 t. Stromöffnungen: Bogenfachwerk mit aufgehobenem Horizontalschub, Fahrbahn unten. Fluthöffnungen: Parallelträger, Fahrbahn oben.

**19.** Drehbrücke über den Reiherstieg bei Neuhoft, Hamburg. 1 Aquarell und 1 Zeichnung.  
 Auftraggeber: Aktien-Gesellschaft Neuhoft.  
 Bauaufsicht: Kgl. Preuss. Wasserbau-Inspektion, Harburg.  
 Entwurf und Ausführung: Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg, Zweiganstalt Gustavsburg.  
 Bauzeit: 1898—1899.

Bauleitung: Bauverwaltung der Mindener Kreisbahnen.  
 Entwurf und Ausführung: Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg, Zweiganstalt Gustavsburg.  
 Bauzeit: 1897—1898.

Beschreibung: 1 Stromöffnung von 67 m Stützweite, Gewicht 170 t. 14 Fluthöffnungen von 20 m Stützweite, Gewicht 290 t. Stromöffnung: Sichelbogen mit aufgehobenem Horizontalschub,

Abb. 185. Nürnberg. Portal der Rheinstrassenbrücke bei Worms.



Beschreibung: Durchlaufender Fachwerkträger mit 2 Öffnungen von 24,2 m und 50,8 m Stützweite. Fahrbahn unten. Gewicht einschl. Mechanismus 360 t. Antrieb des Bewegungsmechanismus durch Benzinmotor.

**20.** Eingleisige Eisenbahnbrücke über die Weser bei Minden. 1 Aquarell und 1 Zeichnung.  
 Auftraggeber: Kleinbahnkommission des Kreises Minden (Westfalen).

eingleisige Fahrbahn unten. Fluthöffnungen: Parallelträger, Fahrbahn oben.

**21.** Ein Modell der zweigleisigen Eisenbahnbrücke im Zuge der Linie Solingen-Remscheid über das Wupperthal bei Müngsten (Kaiser Wilhelm-Brücke). Abb. 103.

Behörde: Königl. preussische Eisenbahndirektion Elberfeld.

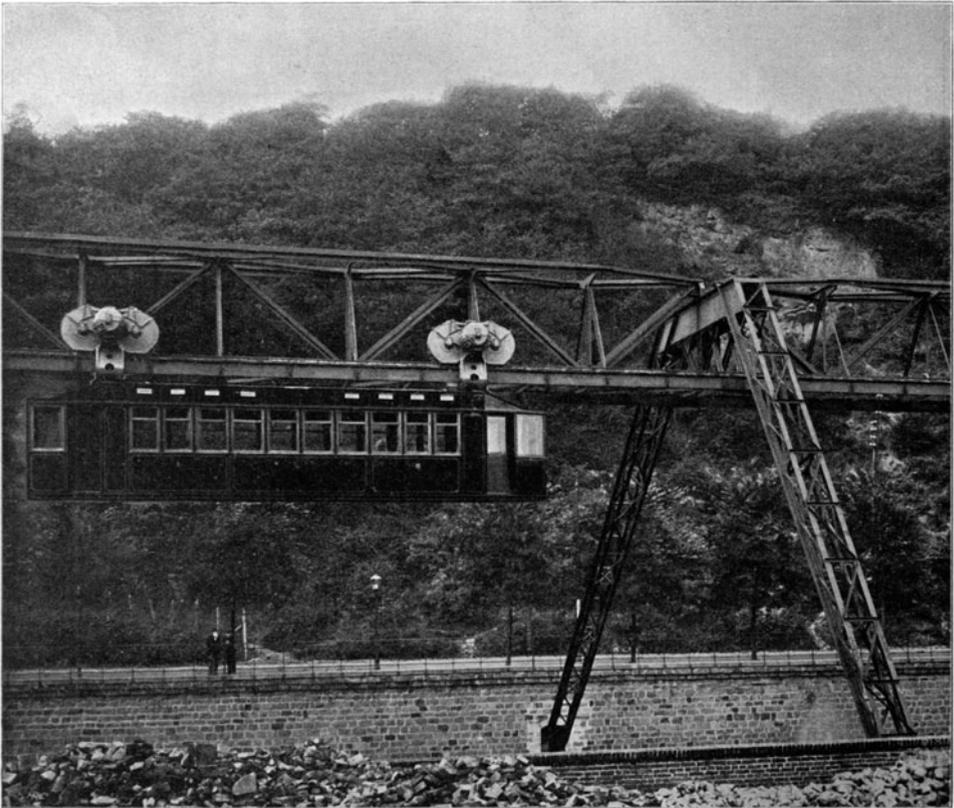
**Entwurf und Ausführung: Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg, Zweiganstalt Gustavsburg.** Die Firma übernahm den gesammten Bau einschl. aller Erd- und Maurerarbeiten.

**Beschreibung:** a) Allgemeine Anordnung und Hauptmaasse. Die Gesamtlänge der Eisenkonstruktion beträgt 465,0 m; Breite zwischen den Geländern 8,5 m; die Höhe der Schienen über dem Spiegel der Wupper rund 107 m. Der Ueberbau setzt sich zusammen aus einer Mittelöffnung von 170 m mittlerer (180 m äusserer) Stützweite und aus den anschliessenden Gerüstbrücken. Letztere bestehen auf der Remscheider Seite aus

knoten ab nach den vier Auflagerpunkten jedes Widerlagers hin getheilt wird. Die Gerüstbrücken haben Windverbände im Ober- und Untergurt und gehen über die ganze Brücke durch, wobei auf allen Pfeilern Rollenlager angebracht sind. Die Längskräfte (Bremskräfte) werden an drei Stellen übertragen: auf den beiden äussersten Gerüstpfeilern (Ankerpfeilern) (Abb. 189), die hierzu besonders ausgebildet sind, und im Bogenscheitel. Ueber den Pfeilern, auf den Bogenenden erfolgt die Verschiebung bei Temperaturwechsel.

Die Fahrbahn besteht aus Quer- und Schwellenträgern (Blechträgern). Seitlich der Letzteren sind sogenannte Entgleisungsträger angeordnet, auf denen die Enden der eisernen Querschwellen

Abb. 186. Elektrische Stadtbahn Barmen Elberfeld-Vohwinkel. 1900.



2 Öffnungen von 45 m und einer Öffnung von 30 m Stützweite, mit zwei zugehörigen Gerüstpfeilern von je 15 m Ansichtslänge. Auf der Solinger Seite sind eine Öffnung von 45 m und 2 Öffnungen von 30 m Stützweite mit 2 Gerüstpfeilern wie vor. Ueber den Bogenwiderlagern sind ebenfalls Gerüstpfeiler von 15 m Breite angeordnet, ferner in 30 m und 15 m Entfernung Pendelstützen (mit Flachgelenken unten und Bolzgelenken oben) zum Tragen der Fortsetzung der Gerüstbrücken.

Der Bogen ist ein Fachwerkbogen ohne Gelenke. Die Gurtentfernung beträgt an den Widerlagern 12,21 m, im Scheitel 4,0 m; der mittlere Pfeil ist rund 66 m. Die Tragwände des Bogens, sowie die Längswände der Pfeiler sind unter 1 : 7 zum Loth geneigt; Die Bogenbreite beträgt dabei oben 5,0 m und am unteren Bogenauflager 25,685 m. Sämmtliche Ständer des Bogens sind durch Querriegel und Andreaskreuze verbunden. Der Windverband liegt im Bogen in der Untergurtfläche, wobei er vom ersten Untergurt-

noch ein Auflager finden. Ein Durchbrechen der Räder ist somit ausgeschlossen. Die unmittelbar unter den Schienen liegenden Schienenträger sind durch einen Wind- und Querverband gegen einander versteift. Ausserhalb des Schienenbettes ist auf Konsolen ein mit Riffelblech abgedecktes Trottoir angebracht.

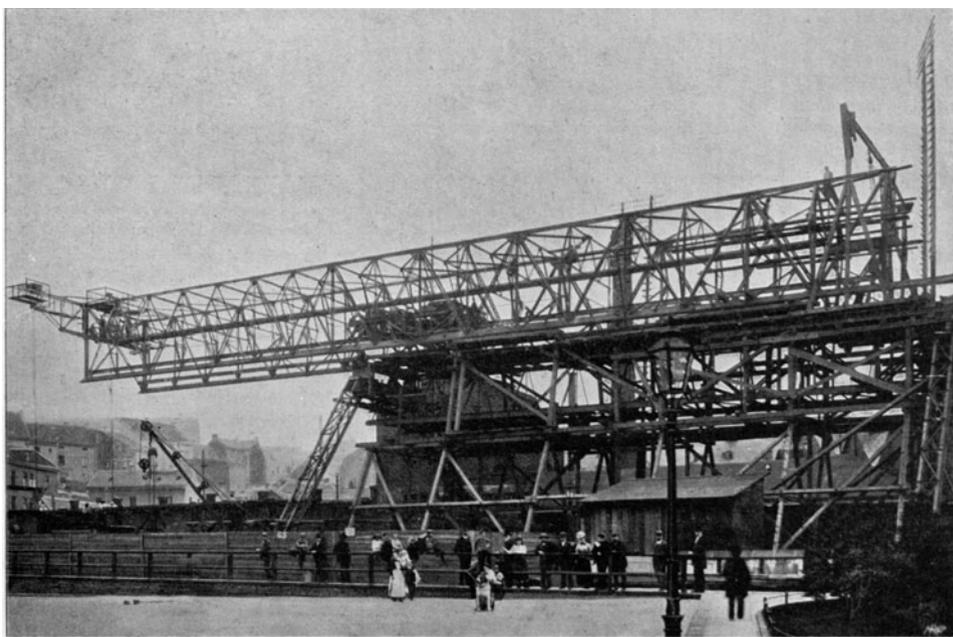
b) Material und Spannungen. Das Material ist basisches Flusseisen von 39 bis 45 kg Zugfestigkeit bei mindestens 20 % Dehnung. Streckgrenze nicht unter 25 kg. — Die zulässige Spannung war für 1 qcm festgesetzt: Fahrbahntheile 700 kg, die den Stössen der Fahrzeuge nicht unmittelbar ausgesetzten Theile 850 kg, die durch ruhende Lasten einschl. Winddruck beanspruchten Theile 1250 kg. Scherfestigkeit der Niete 600 kg, und 1100 kg Stauchdruck.

c) Gründungs- und Maurerarbeiten. Die Thalhänge bestehen in geringer Tiefe unter der Oberfläche aus Thonschieferfels, der an der Luft zwar rasch verwittert, mit der Tiefe aber sehr

Abb. 187. Elektrische Stadtbahn Barmen - Elberfeld - Vohwinkel. Partie über der Wupper. 1900.



Abb. 188. Elektrische Stadtbahn Elberfeld - Barmen - Vohwinkel. Rüstträger. 1900.



fest und tragfähig wird. Seine Beanspruchung wurde auf 6 bis 7 kg für 1 qcm festgesetzt.

Als Mauermaterialien kamen Ruhr-Kohlensandstein und Wasserkalk-Mörtel mit geringem Cementzusatz zur Verwendung. Die Abdeckquader bestehen aus rothem Eiffel-Sandstein, die Auflagerquader aus Fichtelgebirg-Granit.

Sämtliche Lager des Bogens und der Gerüstpfiler sind mit dem Mauerwerk verankert. Die Grundplatte bildet bei den Pfeilern eine kreisrunde Gussstahlscheibe, bei den Bogenauflagern ein grosser Rost aus Blech- und Walzträgern. Sämtliche Anker besitzen künstliche Spannung. Nach erfolgter Berechnung der Auflagerdrücke durch die ausführende Firma wurden die Mauerwerkszeichnungen von der Königl. Eisenbahndirektion Elberfeld festgelegt.

d) Herstellung auf der Baustelle. Bei Beginn des Baues war die Eisenbahnlinie von Solingen bis zur Brückenstelle fertig, so dass die Solinger Höhe durch entsprechende Erdarbeiten (von etwa 10 000 cbm) zum Werkplatz eingerichtet werden konnte.

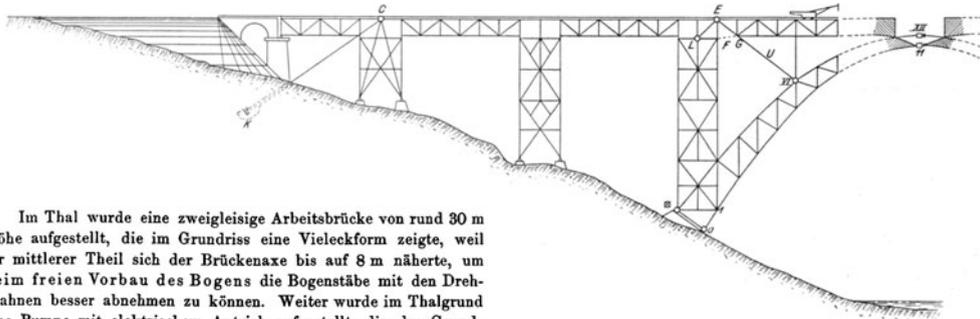
Dort wurden aufgestellt und eingerichtet: Eine Dampfkesselanlage (2 ausziehbare Röhrenkessel), zwei Tandem-Dampfdynamos (von je 30 HP), eine Schmiede und Schlosserei und die Aufzugswinde für den Bremsberg. Dazu kamen noch: Bureau und Magazine, Mörtel- und Kalkhütte, sowie Gleisanlagen und Ladekranne. Zum Verfahren der Bautheile nach den verschiedenen Pfeilern war auf beiden Höhen je eine elektrisch getriebene Winde aufgestellt, die auf einer eingeleigten mit entsprechenden Weichen versehenen und bis zu 57% steigenden Bremsbahn besonders gebaute Wagen von 80 cm Spurweite an einen Drahtseil auf- und abgehen liess.

vier Lagern stehen, bis das Gewicht des Bogens zu gross wurde. Von da ab hoben sich die bergseitigen Pfeiler-Füsse ab, so dass der Pfeiler um seine thalseitigen Lager kantete.

Um das Durchsacken des Bogens nach unten und nach seiner Mitte hin zu verhindern, wurde vor Anschluss der Rückankerung in E der ganze Bogenpfeiler um Punkt  $\chi$  bergwärts gedreht und Punkt O durch entsprechende Unterlagen erhöht. Dabei konnte Stab 0—1 in Punkt O mit Hilfe von Wasserdruck-Winden (zwei Stück für jeden Punkt) in beliebiger Weise ent- oder belastet werden. Beim Vorbau des Bogens wurden die einzelnen Stäbe mit Hilfe von Drehkränen versetzt, die auf den Gurten der (vorher fertig vernieteten) mittleren Parallelträger-Theile liefen. Verschiedene fliegende Gerüste aus Eisen und Holz unterstützten diesen Vorbau, um den Mannschaften das Arbeiten an den gefährlichen Punkten zu ermöglichen und zu sichern. Für den freien Vorbau der mittleren Parallelträger wurde vorübergehend ein kräftiger Druckstab F G eingezogen, der nach erfolgter Aufstellung der ersten Pendelwand (über Knoten VI) und nach bewirktem Einziehen des Zugbandes U fortfallen konnte.

Damit war der erste Abschnitt im Vorbau des Bogens beendet. Beim weiteren Vorbau trat die beschriebene Rückankerung in Wirksamkeit, wobei am Ankerpfeiler die Kraft in den Drahtseilen von den Manometern der Wasserdruck-Pressen abgelesen werden konnte. Nur auf solche Weise wurde es möglich, die Spannkraft in dem nunmehr vorliegenden zweifach statisch unbestimmten Stabgebilde zu verfolgen. Eingehende Rechnungen mussten nebenher gehen; auch wurde es nothwendig, die Elasticitäts-Eigenschaften der verwendeten Drahtseile durch Festigkeitsproben zu ermitteln (vergl. S. 79).

Abb. 189. Aufstellung des Bogens der Brücke von Münstgen.



Im Thal wurde eine zweigleisige Arbeitsbrücke von rund 30 m Höhe aufgestellt, die im Grundriss eine Vieleckform zeigte, weil ihr mittlerer Theil sich der Brückenaxe bis auf 8 m näherte, um beim freien Vorbau des Bogens die Bogenstäbe mit den Drehkränen besser abnehmen zu können. Weiter wurde im Thalgrund eine Pumpe mit elektrischem Antrieb aufgestellt, die das Grundwasser des Wupperthales für die Mörtelbereitung und zum Speisen des Dampfkessels u. s. v. auf beiden Bergseiten in die Höhe schaffte. Zum Druckausgleichen und als Sammelbecken diente dabei ein Behälter auf einer hoch gelegenen Stelle des Werkplatzes.

Eine Telephon-Einrichtung, Kupferleitungen für die elektrische Energie, sowie Wege- und Treppenanlagen vervollständigten die Einrichtung des grossen und ausgedehnten Bauplatzes.

Die Aufstellung des Bogens geschah frei vorkragend unter Anwendung von kräftigen Rückankern. Vorher mussten die auf beiden Bergabhängen vorgesehenen Gerüstpfiler und Parallelträger fertig gestellt sein. Zuerst kamen die beiden mittleren Gerüstpfiler (bei E, Abb. 189) und darauf die Ankerpfiler bei C.

Die Rückankerung des Bogens erfolgte durch den ununterbrochen durchgehenden Obergurt EC der Parallelträger nach dem im felsboden versicherten Anker K. Dabei wurde an der Spitze der beiden mittleren Pfeiler der Stab LE eingebracht und der Ständer bei G fest mit dem Pfeilerpfosten verbunden. Der Zug im Ankerseile — bis zu 125 t gross — zerlegte sich in C also für jede Trägerwand in eine wagerechte Seitenkraft nach der Richtung CE und in zwei nach den Grundmauern des Ankerpfeilers gerichteten Seitenkräften. Länge und Spannkraft der Seile konnten in der Ankerpfeiler-Spitze durch Wasserdruck-Winden geregelt und gemessen werden, deren Druck bis zu 300 t zu steigern war. Beim Bogenvorbau blieb der Ankerpfeiler so lange auf seinen

Der weitere Vorbau des Bogens und der darüber liegenden Parallelträger ging rasch von Statten, weil die zu versetzenden Stücke nach dem Bogenscheitel hin immer leichter wurden. Während nämlich im ersten Vorbau-Abschnitt die Aufstellung des Bogens mit dem drüberliegenden Parallelträger etwa 12 Wochen Zeit kostete, wurde der Gesamtvorbau des Bogens im zweiten Bauabschnitt, einschliesslich des schwierigen Bogenschlusses, in 16 Wochen beendet, so dass für den gesamteten freien Vorbau im Ganzen 7 Monate Arbeitszeit verbraucht worden sind.

Um den Bogenschluss mit Sicherheit derart ausführen zu können, dass der fertige Bogen (wie bei seiner Berechnung voraus bestimmt war) als dreifach statisch unbestimmtes Stabwerk wirken musste (vergl. S. 70), legte man im Scheitel des Bogen-Untergurtes (bei 11 Abb. 189) vorübergehend ein Gelenk an. Dadurch machte man den Bogen, indem man ihn nur in den drei Punkten  $\chi$ , 11 und  $\chi$  (Abb. 189) stützte, vorübergehend zu einem statisch bestimmten Dreigelenk-Bogen. Dies geschah im Einzelnen in folgender Weise: Im Scheitel wurde in beiden Gurten je eine Wasserdruck-Pressen eingesetzt, die beide zusammen im Stande waren, die Stabkraft in den ersten Untergurtstäben 0—1 der Abb. 189 auf weniger als 600 t Druck zu ermässigen. Durch Nachlassen der anderen beiden im Stützpunkte O befindlichen Wasserdruck-Pressen (von zusammen 600 t Leistungsfähigkeit) konnte darauf

der Stab 0—1 vollständig entlastet und also ganz aus dem System ausgeschaltet werden.

Als dann auch ein Nachlassen der Pressen im Scheitel und ebenso der Rückankerungs-Drahtseile bewirkt worden war, erfolgte der Schluss im Untergurtpunkt 11, durch ein in den dortigen Spalt gelegtes Stahl-Pass-Stück. Nunmehr konnte die Presse bei XII sammt der Rückankerung und dem Zugband U ausgeschaltet werden, worauf das Stabsystem des Bogens selbstständig in den beiden Kämpfer-Punkten  $\times$ ,  $\times$  und im Scheitel (bei 11) als ein Dreigelenk-Bogen wirkte.

Grab- und Sprengarbeiten etwa 21 000 cbm.

Maurerarbeiten etwa 11 000 cbm.

Bauzeit. Im Juli 1893 wurde mit der Herrichtung des Werk- und Lagerplatzes, mit dem Aufstellen der Arbeitsbrücke im Thale, der Anlage der Bremsbahn u. s. w. begonnen und bis April 1894 waren alle vorbereitenden Arbeiten vollendet.

Mit dem Erdaushub begannen man Ende Februar, mit dem Mauerwerk am 1. Mai 1894. Sämmtliche Grundmauern mit den zugehörigen Ankeranlagen waren bis Mitte Juli 1895 fertig. Im Frühjahr folgte der Aufbau der Eisenkonstruktion.

Abb. 190. Thalbrücke „La Galera“ in der Grossen Venezuela-Eisenbahn. 1893.

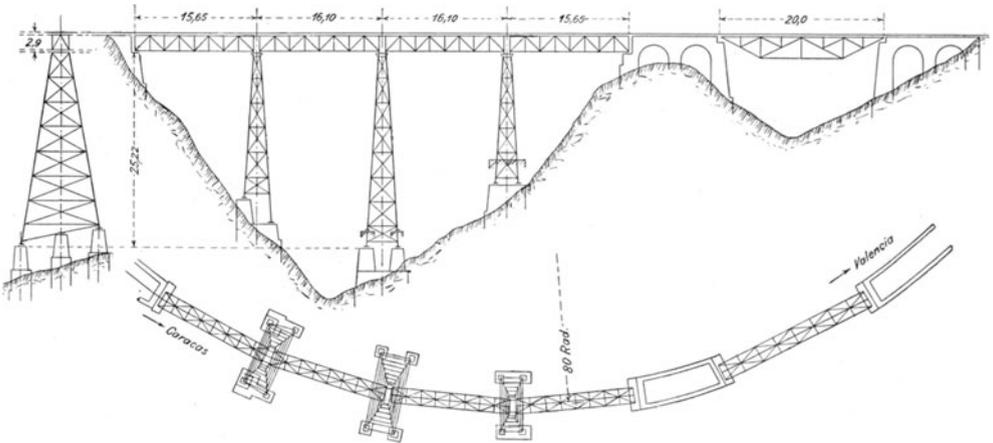
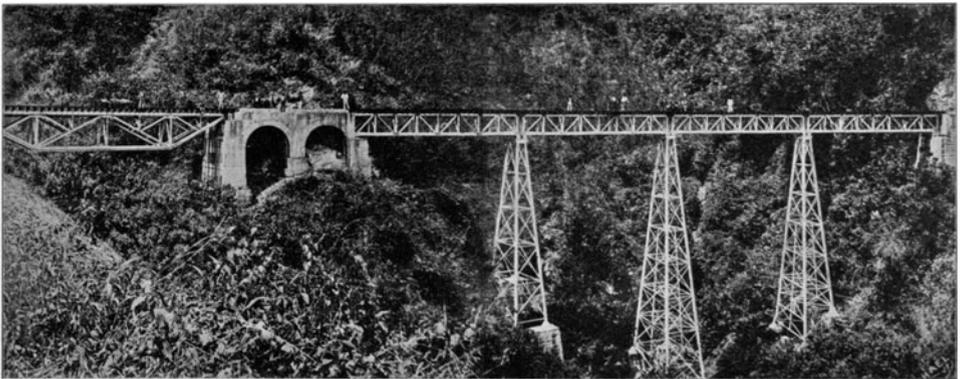


Abb. 191. Thalbrücke „La Galera“ in der Grossen Venezuela-Eisenbahn. 1893.



Zufällig ergab es sich, dass bei der vorhandenen Belastung des Bogens (durch Gerüste, Krane u. dergl.) die Spannkkräfte der Obergurtstäbe eines in den Kämpfer-Punkten  $\times$ ,  $\times$  gestützten Zweigelenk-Bogens nahezu Null betragen würden. Deshalb konnten die dem Knoten 11 gegenüber liegenden Obergurtstäbe des Bogens jetzt spannungslos eingezogen werden.

Man brauchte also, um den endgültigen Bogen ohne Gelenk herzustellen, nur noch die Stäbe 0—1 einzuschalten und diesen die ihnen rechnermässig zukommende Spannung durch Anziehen der Pressen künstlich zu geben. Nachdem dies geschehen und das Unterkeilen der dortigen Kugellager erfolgt war, war die Aufstellung des Bogens im Wesentlichen vollendet. Näheres vergl. in Rieppel's Vortrag<sup>24</sup>).

e) Gewichte und Massen. Das Gewicht der gesammten Eisenkonstruktion, einschl. der Anker und Ankerroste 5100 t.

Der Bogenschluss geschah am 22. März 1897, und zu Ehren dieses Tages (es war der 100jährige Geburtstag des Kaisers Wilhelm I.) erhielt die Brücke den Namen „Kaiser Wilhelm-Brücke“.

Am 15. Juli 1897 wurde der Betrieb auf der Brücke eröffnet, nachdem vorher eine eingehende Probelastung stattgefunden hatte. —

## VI. Gesellschaft Union in Dortmund.

### a) Mittelwand.

22. Neue Brückenbau-Werkstatt der „Union“, Akt.-Ges. für Bergbau, Eisen- und Stahlindustrie in Dortmund. 1 farbige Perspektive, 5 Blatt Zeichnungen und 2 Photographien.

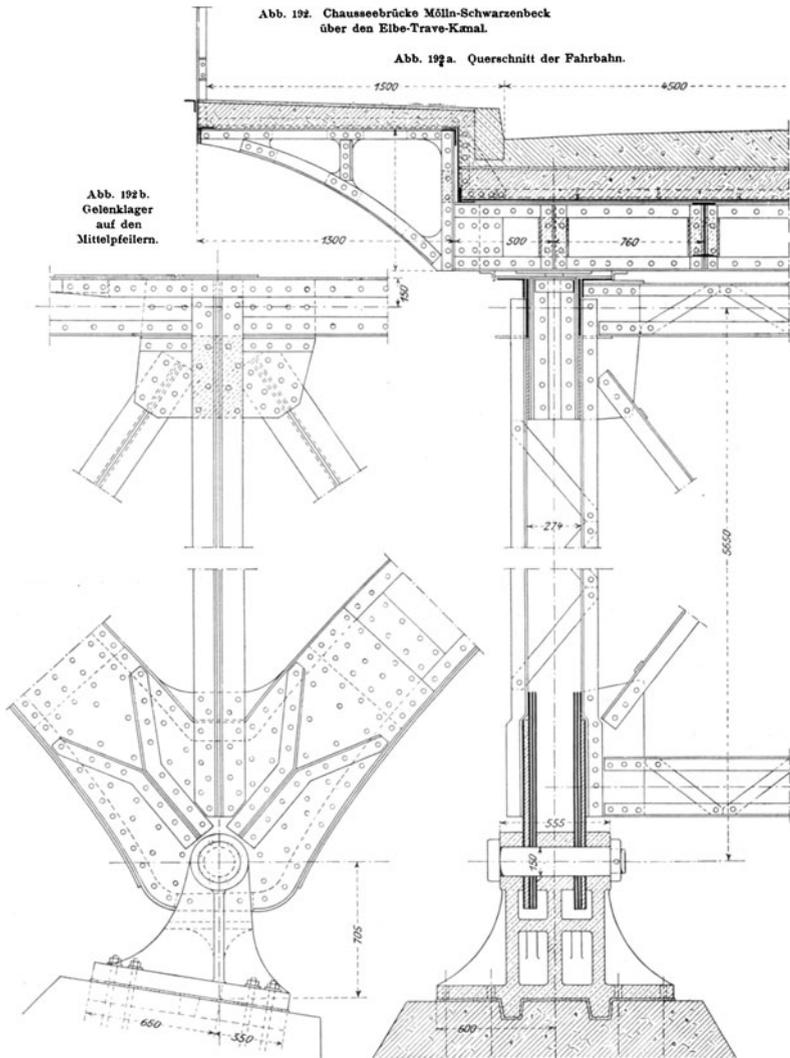
Bauherr, Entwurf und Ausführung der Eisenkonstruktion: Durch die Union in Dortmund.

Beschreibung und ausführliche Zeichnungen vergl. S. 109—110 und Abb. 167—171.

23. Thalbrücke La Galera der Grossen Venezuela-Eisenbahn. 1 Photographie. Abb. 190 und 191.

Baubehörde: Grosse Venezuela-Eisenbahn-Gesellschaft.

Der grössere Theil, die eigentliche Thalbrücke von 64 m Länge, deren Fahrbahn etwa 35 m über der Thalsohle liegt, besteht aus vier eisernen Ueberbauten von je 16 m Stützweite, die an den Brückenenden auf betonirten Widerlags Pfeilern, dazwischen auf drei eisernen Thumpfeilern ruhen. Die kleinere 20 m lange Ueberbrückung, von der Hauptbrücke durch ein breites, bogenförmig ausgespartes Widerlager getrennt, besteht aus zwei Hängewerkträgern, die 2,2 m von einander entfernt liegen und



Entwurf: Dieselbe.

Ausführung der Eisenkonstruktion: Durch die Union.

Bauzeit: 1893.

Beschreibung: Die Brücke liegt in einer Krümmung von 80 m Halbmesser und ist durch einen in die Thalschlucht sich hineinschiebenden Bergücken in zwei Theile geschieden, deren Verschiedenheit auch in der Wahl der Konstruktion zum Ausdruck gekommen ist.

zwischen deren wagerechten Obergurten ein Schwellenträger eingebaut ist.

Den überaus schwierigen Transportverhältnissen Rechnung tragend, sind bei Konstruktion der Thalbrücke (wie bei allen übrigen Brückenbauwerken der genannten Bahn) die einzelnen Brückentheile nicht schwerer als 350 kg bemessen worden. Ferner wurden zur Erleichterung der Aufstellung alle Theile, soweit sie nicht schon von Hause aus mit einander vernietet waren, durch konische Schaftschrauben mit einander verbunden.

Das Gesamtgewicht der Eisenkonstruktion beträgt rund 120 t.

- 24.** Chausseebrücke Mölln-Schwarzenbek über den Elbe-Trave-Kanal. 1 Photographie. Abb. 51 und 192.

Baubehörde und Entwurf: Kanalbau-Behörde zu Lübeck.

Ausführung der Eisenkonstruktion: Durch die Union.  
Bauzeit: 1897.

Beschreibung: Der eiserne Ueberbau ist als Auslegerbrücke mit drei Öffnungen angeordnet. Die Mittelöffnung ist von Mitte bis Mitte Gelenk 32,25 m weit, während jede der Seitenöffnungen 13,7 m Stützweite hat. Die chausseerte Fahrbahn enthält einen 4,5 m breiten Fahrdamm und beiderseits je einen 1,5 m breiten, mit einem Geländer versehenen Fußgängerweg. Das Gewicht der Eisenkonstruktion beträgt 153 t. —

bestehen je aus zwei Fachwerkbogen von 0,8 m Abstand, die in der Ebene der beiden Gurtungen durch Gitterwerk mit einander verbunden sind. Die Binder sind paarweise durch Windkreuze zu einem festen System vereinigt; nur an den Hallen-Enden sind abweichend hiervon die Windkreuze in drei neben einander liegenden Binderfeldern angeordnet. Die Binder der Seitenhallen wurden als vollwandige Zweigelenk-Bogen mit nach oben gesprengter Zugstange ausgebildet. Die Fetten sind gelenkartig und in der Längsrichtung beweglich angeordnet.

Die Beleuchtung der Hallen geschieht durch Sattel-Oberlichter des Mittelschiffes und durch 7 m hohe Glaswände über den Seitenhallen. Für die Lüftung sind etwa 1600 qm offene Dachfläche vorgesehen. Die Hallen-Enden sind mit verglasten Schürzen abgeschlossen. Das Gesamt-Eisengewicht der Halle beträgt einschliesslich der Wellblechdachhaut rund 3200 t oder 145 kg/qm Grundfläche.

Abb. 193. Union. Brücke über den Serajoe auf Java. 1897.



a) Linke Seitenwand.

- 25.** Bahnsteighalle des Personen-Hauptbahnhofes in Köln a. Rhein. 1 farbige Perspektive, 5 Blatt Zeichnungen und 2 Photographien.

Baubehörde: Königl. Eisenbahn-Direktion zu Köln a. Rhein.

Entwurf von der Baubehörde.

Ausführung der Eisenkonstruktion: Durch die Union.

Bauzeit: Die Aufstellung der Halle erfolgte in den Jahren 1892 bis 1893 mittels eines fahrbaren eisernen Gerüstes von etwa 140 t Gewicht ohne Unterbrechung des Eisenbahnverkehrs.

Beschreibung: Die Bahnsteighalle überdeckt bei 92 m Breite und 255 m Länge eine Fläche von rund 22 200 qm. Sie besteht aus 3 mit verzinktem Wellblech eingedeckten Schiffen, einem Mittelschiff von 63,9 m Stützweite und 24 m lichter Höhe und 2 kleineren Seitenhallen von je 13,4 m Stützweite. Die Entfernung der Binderaxen beträgt 8,5 m. Die Binder der Mittelhalle sind Zweigelenk-Bogenträger mit zweitheiligem Streben-Fachwerk und

Mehrten s, Brückenbau.

- 26.** Die Eisenbahn- und Strassenbrücke über die Weichsel bei Graudenz. 1 Photographie. Abb. 89.

Baubehörde: Königl. Eisenbahn-Direktion Bromberg.  
Entwurf von der Baubehörde.

Ausführung der Eisenkonstruktion: Durch die Union.

Bauzeit: 1876—1879.

Beschreibung: Die Brücke besteht aus 11 Öffnungen von je 97,3 m Stützweite, und die Halbparabelträger ihrer Hauptträger liegen von Mitte zu Mitte gemessen, 11,536 m von einander entfernt.

Das Fahrbahngerippe besteht aus Quer- und Längsträgern, auf denen für den Eisenbahnverkehr die Schwellen und Schienen und für den Strassenverkehr die hölzernen Balken mit Bohlenbelag lagern.

Die Windverbände sind in den Ebenen der Ober- und Untergurte der Hauptträger vorgesehen.

Gesamntes Eisengewicht 8240 t.

- 27.** Die Strassenbrücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Münster in Westfalen. 1 Photographie.

Baubehörde: Königl. Kanalkommission in Münster.

Entwurf und Ausführung der Eisenkonstruktion von der Union.

Bauzeit: 1896.

Beschreibung: Die Stützweite des Ueberbaues beträgt 34,72 m. Zwischen den beiden von Mitte bis Mitte 7,95 m entfernten Hauptträgern ist die 6 m breite Fahrbahn und ein 1,2 m breiter Gehweg angeordnet. Ein zweiter Gehweg von 2,5 m Breite ist ausserhalb des dem inneren Gehweg abgewandt liegenden Hauptträgers vorgesehen.

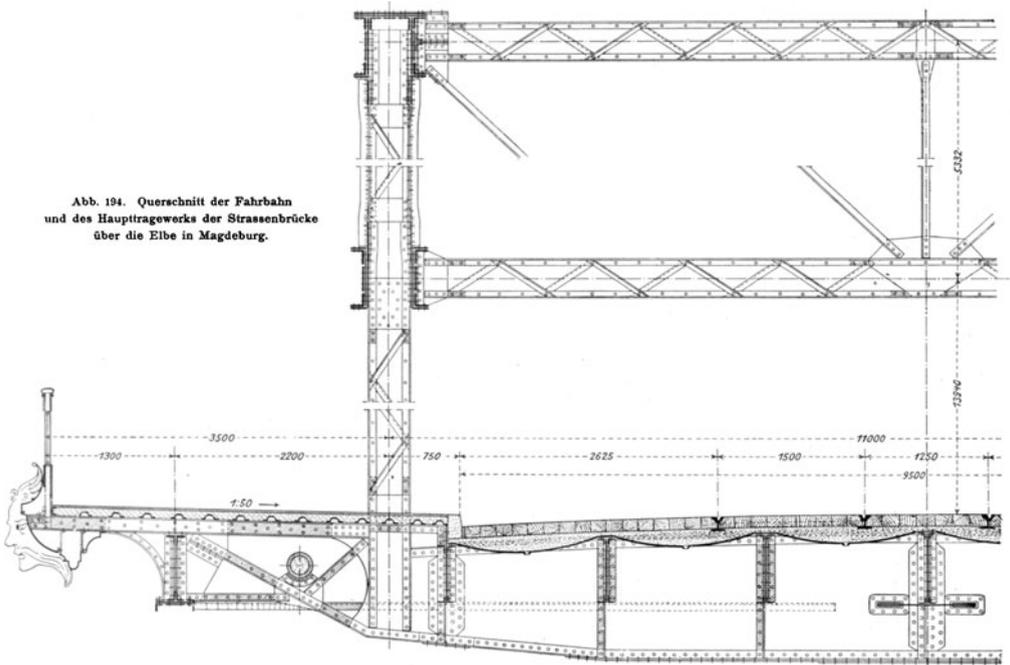
Die Hauptträger bestehen aus einem Zweigelenk-Fachwerkbogen mit aufgehobenem Horizontalschub. Die 6,0 m breite Fahrbahn ist auf Beton und Buckelplatten chassirt. Der innere Gehweg besteht aus einer Asphaltchicht auf Betonunterlage, die durch verzinktes Trägerwellblech unterstützt ist. Den Belag des äusseren Gehweges bilden 6 cm starke Bohlen. Die Quer- und Windverbände bestehen: 1. aus Querrahmen in jedem Felde des

Windverband vorhanden, die beide gleich, als durchgehende Fachwerkträger auf drei Stützen angeordnet worden sind. Dazu kommen Querrahmen in Abständen von 3,333 m.

Weil der plötzlich anschwellende, reissende Strom in seinem Hochwasser in der Regel viele Baumstämme und Steinmassen mitführt, so hätte der übliche feste Gerüstbau im Flussbett eine grosse Gefahr gebildet. Deshalb wurde der eiserne Ueberbau im Wesentlichen auf dem Lande (und zwar in Richtung der Brückenaxe) zusammengebaut und sodann mit Hilfe eines 10 m langen Schnabelstückes in bekannter Weise über den Mittelpfeiler hinweg in die vorgeschriebene Lage geschoben. Für diese Art der Aufstellung eignet sich die gewählte oben liegende Fahrbahn in sofern sehr gut, als das Einbauen der Quer- und Schwellenträger erst nach der Verschiebung der Brücke bewerkstelligt zu werden brauchte.

Das Gewicht der Eisenkonstruktion der Brücke beträgt 140 t.

Abb. 194. Querschnitt der Fahrbahn und des Haupttragwerks der Strassenbrücke über die Elbe in Magdeburg.



Bogen-, 2. aus einem in der oberen Bogen-Gurtung liegenden Windträger, der sich auf die beiden Brückenportale stützt, die als Bogen-Fachwerkträger mit zwei Gelenken angeordnet sind und die Windrücke unmittelbar auf die festen Lagerpunkte übertragen.

Das Gewicht der Eisenkonstruktion beträgt 170 t. —

#### b) Rechte Seitenwand.

28. Eingleisige Eisenbahnbrücke über den Serajoe bei Poerworedjo auf Java. 1 farbige Perspektive, die Brücke während der Aufstellung darstellend und 5 Blatt Zeichnungen. Abb. 193.

Baubehörde: Serajoadal Stoomtram Maatschappij, s Gravenhage.

Entwurf und Ausführung: Durch die „Union“.

Bauzeit: 1897.

Beschreibung: Die Hauptträger des eisernen Ueberbaues der beiden gleich weiten Oeffnungen sind durchgehende Parallelträger von 2 mal 40 = 80 m Länge, mit zweitheiligem Streben-Fachwerk und oben liegender Bahn. Es ist ein oberer und ein unterer

29. Strassenbrücke über die Elbe in Magdeburg. 1 farbige Perspektive und 6 Blatt Zeichnungen. Abb. 111 und 112, sowie 194 und 195.

Baubehörde: Magistrat der Stadt Magdeburg.

Entwurf von der Union, Akt.-Ges. für Bergbau, Eisen- und Stahlindustrie, Dortmund; Philipp Holzmann & Co., Frankfurt a. Main; Architekt Eberlein, Köln a. Rhein.

Ausführung der Pressluft-Gründung, Pfeilerbauten und Pfeileraufbauten durch Philipp Holzmann & Co., Frankfurt a. Main; der Eisenkonstruktion durch die ausstellende Firma.

Bauzeit: 1900—1901.

Beschreibung: Die Brücke besteht aus einer 135 m weiten, mit Eisen überbauten Stromöffnung und den beiderseits anschliessenden überwölbten Uferbrücken von je 28,5 m Lichtweite.

Die 11,0 m von Mitte bis Mitte entfernten Hauptträger der Stromöffnung tragen eine 9,5 m breite (im Gefälle von 1:70 liegende) Fahrbahn, die für zwei normalspurige Strassenbahngleise und daneben auch für den Fuhrwerk-Verkehr Platz bietet. Die ausserhalb der Hauptträger liegenden Gehwege sind je 3,2 m breit.

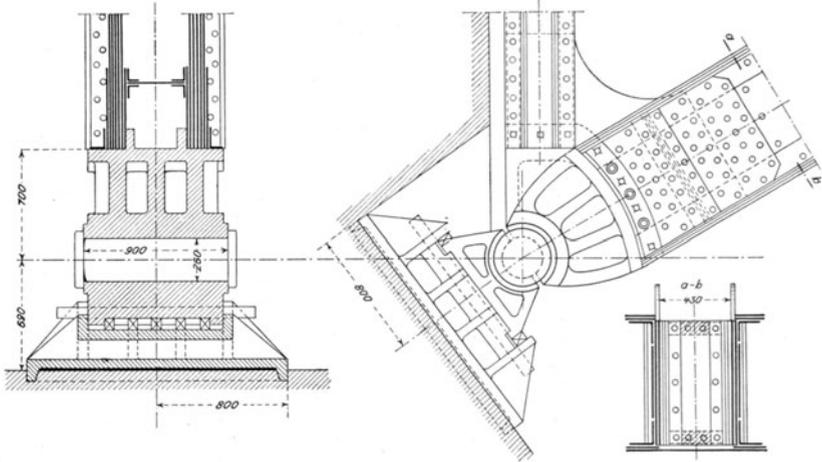
Die Hauptträger der Stromöffnung sind Bogen-Fachwerke mit Kämpfergelenken. Die 7,5 m weit von einander liegenden Querträger der Fahrbahn werden von Hängestangen getragen, die mit Flachgelenken an die untere Bogenuntergurte schliessen. Die übrigen Einzelheiten des Bahngerippes sind aus Abb. 194 ersichtlich. Die Fahrbahnplatte besteht aus Buckelplatten und Beton, die Fahrbahnplatte aus einem 12 cm starken Holzplaster. Bei den Fusswegen ist eine 2 cm dicke Asphaltdecke vorhanden, die durch 8 cm Beton auf Belageisen unterstützt ist.

Zur Ausgleichung der von den Temperatur-Schwankungen verursachten Längenänderungen der Fahrbahn sind alle Längsträger

so dass er hier mit der Fahrbahn zusammen längsbeweglich ist. An den vorletzten Querträgern erfolgt der längsbewegliche Anschluss der Windgurte mit Hilfe von parallel zur Brückenaxe ausgearbeiteten Berührungs-Flächen, die auf entsprechend ausgebildeten Stücken der vorletzten Querträger gleiten. Von diesen Gleit- und Stützpunkten aus laufen endlich die Gurtstäbe in den Endfeldern des Windträgers in einer Spitze zusammen, die längsbeweglich auf den Pfeilern gelagert ist.

Der Windverband zwischen den Bogen-Obergurten stützt sich auf die Portalrahmen, die den Winddruck in die festen Lagerpunkte (Abb. 195) überführen. Dabei sind zur Aussteifung und

Abb. 195. Kämpfer-Gelenke der Strassenbrücke über die Elbe in Magdeburg.



mit Hilfe von Stützpfeilern auf dem vorletzten Querträger längsbeweglich gelagert. Dabei sind die Endquerträger und die vorletzten Querträger fest mit den Hauptträgern vernietet, alle anderen Querträger werden dagegen von den längspendelnd am Bogen-Untergurte befestigten Hängestangen getragen.

Unterhalb der Fahrbahn und auch zwischen den Bogen-Obergurten liegt je ein Windverband, von denen derjenige der Fahrbahn eigenartig angeordnet ist, um die notwendige Unabhängigkeit zwischen seinen und den Bewegungen der Hauptträger zu schaffen. Deshalb ist der untere Windträger auf der mittleren längsbeweglichen Strecke der Fahrbahn mit dieser fest vernietet,

Entlastung der beiden Bogenwände in deren Ständerebenen überall Querverbände eingespannt. Jeder der beiden Portalrahmen erhält einen bogenförmig gekrümmten oberen Querriegel; den unteren Querriegel des Rahmens bildet der Endquerträger.

Das Gewicht der gesamten Eisenkonstruktion der Stromöffnung beträgt 950 t.

**30.** Einige Photographien, darstellend die vorbeschriebene Strassenbrücke über die Elbe in Magdeburg und die Eisenbahnbrücke über den Serajoe auf Java.

## Literatur-Nachweis.

1. Dr. Beck. Die Geschichte des Eisens in technischer und kultur-geschichtlicher Beziehung. IV. Abtheilung. Das 19. Jahrhundert. 1899.
2. Theodor Beck. Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues. 1899.
3. Mehrtens. Eisen und Eisenkonstruktionen in geschichtlicher, technologischer und bautechnischer Beziehung. 1886.
4. Mehrtens. Die ältesten eisernen Brücken der Welt. Stahl und Eisen. 1896. No. 24.
5. Edwin Clark. The Britannia and Conway tubular Bridges. Published with the sanction and under the supervision of Robert Stephenson. 1850. — W. Fairbairn. An account of the construction of the Britannia and Conway tubular bridges etc. 1849.
6. George C. Mehrtens. The Use of Mild Steel for Engineering Structures. International Engineering Congress, Chicago 1893. Part. II. Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. XXX. October—December. 1893. — Deutsche Ausgabe in Stahl und Eisen. 1893. No. 14 und 15.
7. Martini Buys et Kock. Notice sur les Grands Ponts Fixes pour Chemins de Fer dans les Pays-Bas. Avant-Propos de Michaëlis, Directeur pour les Chemins de fer. 1885.
8. Mehrtens. Ueber die beim Bau der neuen Eisenbahnbrücken in Dirschau und Marienburg mit der Verwendung von Flusseisen gemachten Versuche und Erfahrungen. Stahl und Eisen. 1892. No. 4. — Derselbe. Einiges über die Prüfung des Flusseisen-Materials der Forderer Weichselbrücke. Stahl und Eisen. 1892. No. 13. — Derselbe. Zur Prüfung des Flusseisen-Materials der Forderer Brücke. Stahl und Eisen. 1893. No. 7.
9. Krohn. Entwicklungsgeschichte des Baues eiserner Brücken und die neue Rheinbrücke bei Düsseldorf. Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Aerzte. Verhandlungen 1898.
10. Handbuch der Architektur. Band II.
11. Wagner. Die Römerbrücke bei Mainz und der rechtsseitige Brückenkopf. Deutsche Bauzeitung. 1882. No. 46.
12. Culmann. Der Bau der hölzernen Brücken in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Allgemeine Bauzeitung 1851.
13. Cooper. On american railroad bridges. Transactions of the American Society of Civil Engineers. 1889. II.
14. Wiegmann. Ueber die Konstruktion von Kettenbrücken nach dem Dreieckssystem und deren Anwendungen auf Dachverbindungen. 1899.
15. Lang. Zur Entwicklungsgeschichte der Spannwerke des Bauwesens. Ein Anhang zu den Lehrbüchern über allgemeine Baukunde und Brückenbau. 1890.
16. Dr. Ernst Mach. Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. 1897.
17. Mehrtens. Mechanik fester Körper mit Berücksichtigung der Geschichte und Litteratur, für Techniker kurzgefasst bearbeitet. Handbuch der Baukunde. 1885.
18. Die Konkurrenz-Projekte zur Brücke über den Rhein zwischen Köln und Deutz. Zeitschrift für Bauwesen. 1851.
19. Navier. Résumé des Leçons données à l'école des ponts et chaussées sur l'application de la Mécanique à l'établissement des constructions et des machines. I. Aufl. 1826. II. Aufl. 1833. III. Aufl. durch de Saint-Venant 1863. Deutsch von Westphal unter dem Titel: „Mechanik der Baukunst“. I. Aufl. 1851. II. Aufl. 1879. — Weitere Schriften Navier's in: Todhunter & Pearson. A History of the Theory of Elasticity and of the Strength of Materials. Vol. I. 1886. Galilei to Saint-Venant. — Vol. II. 1893. Saint-Venant to Lord Kelvin.
20. Clapeyron. Calcul d'une poutre élastique reposant librement sur des appuis inégalement espacés. Comptes rendus. Tome 45. S. 1076, vom 28. Dec. 1857.
21. Winkler. Theorie der Brücken. I. 1886.
22. Castigliano. Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques. 1879. — Derselbe. Intorno ad una proprietà dei sistemi elastici. Atti delle Scienze di Torino. 1882.
23. Menabrea. Nouveau principe sur la distribution des tensions dans les systèmes élastiques. Comptes rendus. 1858. I.
24. Fränkel. Das Princip der kleinsten Arbeit der innern Kräfte elastischer Systeme und seine Anwendung auf die Lösung baustatischer Aufgaben. Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins in Hannover. 1882.
25. Brücke über die Czerna bei den Herkulesbädern zu Mehadia in Ungarn. Allgemeine Bauzeitung. 1838.
26. Culmann. Der Bau der eisernen Brücken in England und Amerika. Allg. Bauzeitung. 1852. — Henz-Brendel. Mittheilungen über nordamerikanische Brücken. Zeitschrift für Bauwesen. 1861.
27. v. Kaven. Beschreibung des eisernen Oberbaues der Imenau-Brücke bei Bienenbüttel. Zeitschr. des Arch.- und Ing.-Vereins in Hannover. 1865.
28. Malberg. Die Flackensee-Brücke in der Königl. Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn. Zeitschr. für Bauwesen. 1859.
29. Mohr. Beitrag zur Theorie des Fachwerks. Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Vereins in Hannover. 1874. S. 523.
30. Engesser. Umbau der Glasträgerbrücke (Bad. Schwarzwaldbahn). Zeitschr. des Ver. deutscher Ingenieure. 1890. — Mehrtens. Statisch bestimmte mehrtheilige Wandgliederungen der Gitterträger. Wochenausgabe der Zeitschr. für Architektur- u. Ingenieurwesen. 1898.
31. Bemerkungen des Herrn Prosper Dèbia über das System der unterspannten Balken (Ponts sous-tendus). Dingl. Polyt. Journ. 1829. Bd. 34. S. 23. — Aus dem „Bulletin des Sciences technologiques“, Juni 1829.
32. Köpcke. Ueber Träger von gleichem Widerstande, insbesondere die Anwendung derselben zu Brücken durch den Königl. Hannov. Ober-Hof-Baudirektor Laves und den Königl. Baudirektor Pauli. Zeitschr. des Arch.- und Ing.-Vereins in Hannover. 1858.
33. Schwedler. Der eiserne Ueberbau der Brahe-Brücke bei Czersk. Zeitschr. für Bauwesen. 1861. — Derselbe. Der

- eiserne Ueberbau für die grossen Öffnungen der Brücke über die Elbe in der Berlin—Lehrter Eisenbahn. A. o. O. 1868. — Grüttefien. Bemerkungen über die Fachwerksträger nach dem System Schwedler. Deutsche Bauzeitung. 1868.
34. Mohr. Beitrag zur Theorie der Holz- und Eisen-Konstruktionen. Zeitsch. des Arch.- u. Ing.-Ver. in Hannover. 1860 und 1862. — Köpcke. Ueber Dimensionen von Balkenlagen, besonders in Lagerhäusern. Zeitsch. des Arch.- u. Ing.-Ver. in Hannover. 1866.
35. Westhofen. The Forth Bridge. Engineering. 1890. I. S. 217.
36. Müller-Breslau. Der Kaisersteg über die Spree bei Oberschöneweide. Zeitsch. für Bauwesen. 1900.
37. Waddell. De Pontibus. A Pocket-Book for Bridge Engineers. 1898.
38. Die Warnowbrücke bei Rostock. Deutsche Bauz. 1886.
39. Schäffer und Melan. Konstruktion der eisernen Bogenbrücken. Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. II. Band. 4. Abthl. XIV. Kap. II. Aufl. 1890.
40. Köpcke. Ueber die Konstruktion einer steifen Hängebrücke. Zeitsch. des Arch.- und Ing.-Vereins in Hannover. 1860. — Derselbe. Projekt einer steifen Hängebrücke. A. o. O. 1861. — Derselbe. Ueber Hängebrücken mit drei Gelenken. Ueber Gelenk-Bildungen für Brückenträger. A. o. O. 1888.
41. Der eiserne Ueberbau der neuen Unterspree-Brücke bei Berlin im Zuge der Königl. Bahnhofs-Verbindungsbahn. Zeitsch. für Bauw. 1866.
42. Hamburg und seine Bauten. 1890. S. 380 u. 404.
43. Langer. Die Eisenkonstruktionen für Brücken und Dachstühle. 1862. — Derselbe. Festigkeitstheorie der Brückenträger. Technische Blätter. 1871. — Landsberg. Ueber Mittengelenkbalken. Zeitsch. des Arch.- u. Ing.-Vereins in Hannover. 1889.
44. Kunz. Die neue Strassenbrücke über den Niagara-Fluss. Zeitsch. des Oesterr. Ing.- und Arch.-Vereins. 1899. No. 30 und 31.
45. Mehrtens. Weitgespannte Strom- und Thalbrücken der Neuzeit. Centralblatt der Bauverwaltung. 1890.
46. Müller-Breslau. Theorie der durch einen Balken versteiften Kette. Zeitsch. des Arch.- und Ing.-Vereins in Hannover. 1881 und 1883. — Krohn. Berechnung einer durch einen Balken versteiften Hängebrücke auf Grund der Deformationen der einzelnen Fachwerksstäbe. Civilingenieur. 1881.
47. Mehrtens. Hängebrücken der Neuzeit. Stahl und Eisen. 1897. No. 12, 20 und 24.
48. Landsberg. Der Wettbewerb für eine feste Strassenbrücke über den Rhein bei Worms. Desgl. für eine feste Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Worms. Centralbl. der Bauverw. 1896.
49. Clerk Maxwell. On the calculation of the equilibrium and stiffness of frames. On reciprocal figures and diagrams of forces. Philosophical Magazine. Vol. XXVII, 1864. — Derselbe. On Bow's method of drawing diagrams in graphical statics with illustrations from Peaucellier's linkage. Niven. The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. Vol. II. S. 492. 1890. Der letztgenannte Aufsatz enthält Einiges über Maxwell's Vorläufer auf diesem Felde.
50. Cremona. Le figure reciproche nella Statica Grafica. 1872.
51. Mohr. Beitrag zur Theorie der Holz- und Eisenkonstruktionen. Zeitsch. des Arch.- und Ing.-Vereins in Hannover. 1870 und 1877. — Derselbe. Beitrag zur Theorie des Fachwerks. A. o. O. 1874 und 1875 und im Civilingenieur 1885. — Derselbe. Ueber die Bestimmung und die graphische Darstellung von Trägheitsmomenten ebener Flächen. Ueber Geschwindigkeitspläne und Beschleunigungspläne. Civilingenieur. 1887. — Vergl. auch No. 29, 34, 64 u. 74.
52. Williot. Notations pratiques sur la statique graphique. Publications scientifiques industrielles. 1877. — Krohn. Der Satz von der Gegenseitigkeit der Verschiebungen und Anwendung desselben zur Berechnung statisch unbestimmter Fachwerkträger. Zeitsch. des Arch.- und Ing.-Vereins in Hannover. 1884.
53. Müller-Breslau. Die graphische Statik der Baukonstruktionen. I. Aufl. (Elemente) 1881. II. Aufl. 1887. — Derselbe. Die neueren Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen, ausgehend von dem Gesetze der virtuellen Verschiebungen und den Lehrsätzen über die Formänderungsarbeit. 1886. II. Aufl. 1893. In diesen Werken sind auch die übrigen zahlreichen Arbeiten von Müller-Breslau angegeben.
54. Fränkel. Anwendung der Theorie des augenblicklichen Drehpunktes auf die Bestimmung der Formänderung von Fachwerken u. s. w. Civilingenieur. 1875.
55. Föppl. Theorie des Fachwerks. 1880. — Müller-Breslau. Beitrag zur Theorie des ebenen Fachwerks. Schweizerische Bauzeitung. 1887. — Grübler. Beitrag zur Theorie des ebenen einfachen Fachwerks. Rigaische Industrie-Zeitung. 1887. — Derselbe. Einige Sätze über das ebene einfache Fachwerk. A. o. O. 1889. — Land. Kinematische Theorie der statisch bestimmten Träger. Zeitsch. des Oesterr. Ing.- und Arch.-Vereins. 1888.
56. Chronik der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin. 1799—1899. S. 166.
57. Die Konkurrenz für Entwürfe zu einer festen Rheinbrücke bei Mainz. Deutsche Bauzeitung. 1881.
58. Frentzen. Architektur der Brückenbauten. Zeitsch. für Architektur- und Ingenieurwesen. 1899.
59. Ein amerikanisches Urtheil über die Rheinbrücke bei Bonn. Centralblatt der Bauverw. 1899. S. 314. Engineering News. 1899. No. 16.
60. Mehrtens. Zur Baugeschichte der alten Eisenbahnbrücken bei Dirschau und Marienburg. Zeitsch. für Bauwesen. 1893.
61. Gerber. Die Isarbrücke bei Grosseßeslohe. Allgemeine Bauzeitung. 1859. — Die gleichzeitig von Klett & Cie. veröffentlichte Schrift: „Das Paulische Trägersystem“ ist vergriffen. — Gerber. Die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz. 1863. — Vergl. auch No. 82.
62. Wöhler. Resultate der in der Central-Werkstätte der Niederschl.-Märkischen Eisenbahn zu Frankfurt a. O. angestellten Versuche über die relative Festigkeit von Eisen, Stahl und Kupfer. Zeitsch. für Bauwesen. 1867. — Derselbe. Ueber die Festigkeits-Versuche von Eisen und Stahl. A. o. O. 1870. — Spangenberg. Ueber das Verhalten von Metallen bei wiederholten Beanspruchungen. A. o. O. 1874 und 1875.
63. Fairbairn. Experiments to determine the effect of vibratory action and long-continued changes of load upon wrought-iron girders. British Association. Report of Thirtieth Meeting. 1860. — Derselbe. The effect of time on wrought iron girders. The Engineer. 1884. II.
64. Mohr. Ueber die Verwerthung der Wöhler'schen Versuche für die Dimensionirung der Eisenkonstruktionen, insbesondere der eisernen Brücken. Civilingenieur. 1881 und 1882.
65. Gerber. Bestimmung der zulässigen Spannung in Eisenkonstruktionen. Zeitsch. des Bayerischen Arch.- und Ingenieur-Vereins. 1874.
66. Gerber. Ueber zulässige Beanspruchung in Eisenkonstruktionen. Deutsche Bauzeitung. 1896.
67. Launhardt. Die Inanspruchnahme des Eisens. Zeitsch. des Arch.- u. Ing.-Ver. in Hannover. 1873.
68. Schäffer. Zur Bestimmung der zulässigen Spannung für Eisenkonstruktionen. Zeitsch. für Bauwesen. 1874. — Deutsche Bauzeitung. 1876. — Weyrauch. Festigkeit und Dimensionen-Berechnung der Eisen- und Stahlkonstruktionen mit Rücksicht auf die neueren Versuche. 1876. — Winkler. Wahl der zulässigen Inanspruchnahme der Eisenkonstruktionen. 1877. (Nach der Zeitsch. des Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1877.)
69. Laissle und Schüler. Zur Bestimmung der Festigkeits-Koeffizienten für Eisenbauten. Centralbl. der Bauverwaltung. 1885. — Landsberg. Ueber die Bestimmung der Querschnitte von Eisenkonstruktionen. A. o. O. 1885. — Krohn. Ueber Dimensionirung von Eisenkonstruktionen und über Werthziffern. Zeitsch. des Ver. deutscher Ing. 1885. — Weitere Litteratur-Angaben vergl. im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. II. Band, II. Abth. II. Aufl. 1890, S. 84.
70. Winkler. Die Sekundär-Spannungen in Eisenkonstruktionen. Deutsche Bauzeitung. 1881. — Asimont. Haupt-Spannung

- und Sekundär-Spannung. — Zeitschrift für Baukunde. 1880.  
— Manderla. Die Berechnung der Sekundärspannungen im einfachen Fachwerk in Folge starrer Knotenverbindungen. Allg. Bauzeitung. 1880.
71. Manderla's Lösung der Preisauflage: „Welche Spannungen entstehen in den Stäben eines Fachwerksträgers dadurch, dass die Winkel der Fachwerksdreiecke durch die Belastung eine Aenderung erleiden?“ Jahresbericht der Münchener Technischen Hochschule. 1878—79. S. 18.
72. Engesser. Ueber die Durchbiegung von Fachwerkträgern und die hierbei auftretenden zusätzlichen Spannungen. Zeitschrift für Baukunde. 1879.
73. Fränkel. Der Dehnungszeichner. Civil-Ingenieur. 1881. Die neuesten Instrumente dieser Art findet man beschrieben in: Mantel. Zwei Instrumente für Messungen von Formänderungen und Spannungen an Brücken. Schweizerische Bauz. 1900.
74. Landsberg. Beitrag zur Theorie des Fachwerkes. Zeitschr. des Arch- und Ing.-Vereins in Hannover. 1885 und 1886. — Müller-Breslau. Theorie der Biegungsspannungen in Fachwerkträgern. A. o. O. 1886. — Engesser. Ueber die Biegungsspannungen der Fachwerke. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1888. — Ritter. Anwendungen der graphischen Statik. II. 1890. — Mohr. Die Berechnung der Fachwerke mit starren Knotenverbindungen. Civilingenieur. 1891 und 1893.
75. Prüsmann. Ueber schmiedeeiserne Balkenbrücken zu Eisenbahnzwecken. Allgemeine Bauzeitung. 1850.
76. Köpcke. Versuch einer Theorie der sogen. Abscherungs-Festigkeit und Anwendung derselben auf Brückenträger. Zeitschr. des Arch- und Ing.-Vereins. 1858.
77. Laissle und Schübler. Der Bau der Brückenträger. 1. Aufl. 1857. 4. Aufl. 1876.
78. Heinzerling. Die Brücken in Eisen. Baumaterial, technische Entwicklung, Konstruktion und statische Berechnung der eisernen Brücken. 1870.
79. Schwedler. Theorie der Brückenbalken-Systeme. Zeitschr. für Bauwesen. 1851. — Derselbe. Statische Berechnung der festen Hängebrücke. A. o. O. 1861. — Derselbe. Ermittlung der Durchbiegungen einiger der gebräuchlichsten Brückenkonstr.-Systeme. — Zur Berechnung des Einflusses der bewegten Lasten auf die Einbiegung der Eisenbahnbrücken. — Durchbiegung eiserner Träger. A. o. O. 1862. — Derselbe. Ueber Brückenbalken-Systeme von 200 bis 400 Fuss Spannweite. A. o. O. 1863. — Derselbe. Ueber die Anordnung von Nietverbindungen. Deutsche Bauz. 1867 und Zeitschr. f. Bauw. 1868. — Derselbe. Wirkung der Niete bei angenieteten Konsolen. — Die Brücke über die Brahe in Bromberg. A. o. O. 1870. — Derselbe. Mittheilungen über einige Drehbrücken ohne Rollkranz. A. o. O. 1871. — Vergl. auch No. 33, 41 und 80.
80. Sarrazin. Joh. W. Schwedler. Zeitschr. für Bauwesen. 1895.
81. Gerber. Bayerisches Patent vom 6. December 1866. Zeitschr. des Bayerischen Arch- und Ing.-Vereins. 1870. — Vergl. auch Gerber's Deutsches Reichs-Patent vom 10. Februar 1878 und Manderla. Ueber die Wirkungsweise gelenkförmiger Knoten-Verbindungen. Allg. Bauz. 1886.
82. Gerber. Ueber Berechnung der Brückenträger nach System Pauli. Zeitschr. des Vereins deutsch. Ing. 1865.
83. Der Brückeneinsturz bei Mönchenstein. I. Deutsche Bauz. 1891. No. 58.
84. Melan's Artikel „Viadukte“ in Röll's Encyclopädie des gesammten Eisenbahnwesens. Band 7. 1895.
85. Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. Band II. Der Brückenbau. IV. Abtheilung. Litteratur der Kap. XII bis XIV.
86. Rieppel. Konstruktion neuerer deutscher Brückenbauten. Zeitschr. für Architektur- und Ingenieurwesen. 1898.
87. Mehrtens. Freie Auflagerung der Fahrbahn eiserner Balkenbrücken. Stahl und Eisen. 1896. II. — Belebunsky. Aus der Praxis des Baues eiserner Brücken. II. Rigaer Industrie-Zeitung. 1896. No. 4—7.
88. Backhaus. Betrachtungen über die Gelenkkonstruktionen eiserner Bogenbrücken. Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1886.
89. Winkler. Die Querkonstruktionen der eisernen Brücken. II. Aufl. S. 165.
90. Lohse. Die Rhein-Brücke bei Köln. Zeitschr. für Bauw. 1863. — Derselbe. Versuche über das Zerknicken der Eisenstäbe in Gitterträgern. Zeitschr. f. Bauw. 1857.
91. Gebrüder Benckiser, Eisenwerke Pforzheim. Industrie-Warte. 1898. No. 45.
92. Die Bonner Rheinbrücke. Festschrift, den Theilnehmern an der Eröffnungsfeier dargebracht von der Stadt Bonn 1898.
93. Gerber. Bahnbrücke über den Inn bei Königswart. Aufstellung des eisernen Hilfsträgers der Mittelöffnung. Zeitschr. des bayer. Arch- und Ing.-Ver. 1876. — Derselbe. Einsteighallen auf Bahnhof München. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. 1887.
94. Rieppel. Die Thalbrücke bei Müngsten. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1897.