



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen

Text

Jordan, Hermann

Berlin, 1913

A. Konstruktionsformen des Eisens im Brückenbau

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96352](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96352)

Es ist nicht leicht, grundsätzliche Unterscheidungsmerkmale für diese drei Klassen anzugeben. Unter Balkenbrücken versteht man gewöhnlich solche Brücken, bei welchen lotrechte Belastungen nur lotrechte Kraftwirkungen zwischen den Hauptträgern und ihren Stützpunkten hervorrufen, während bei den Bogen- und Hängebrücken auch wagrechte Kräfte zwischen Hauptträgern und ihren Stützpunkten infolge lotrechter Belastungen entstehen, nämlich bei den Bogenbrücken Druckkräfte, bei den Hängebrücken Zugkräfte.

Es gibt jedoch Brücken, deren Hauptträger nur lotrechte Kräfte auf die Stützpunkte ausüben, und die trotzdem gewöhnlich zu den Bogenbrücken gerechnet werden, weil nämlich die Art und Wirkung der inneren Kräfte im übrigen mehr Verwandtschaft mit den Bogenbrücken als mit den Balkenbrücken aufweist.

Da aber die Frage der Klasseneinteilung in bezug auf die ästhetische Wirkung der Brücken ohne große Bedeutung ist, so wollen wir an den allgemein üblichen Bezeichnungen festhalten.

Im Laufe der geschichtlichen Entwicklung sind eiserne Brücken von größeren Abmessungen zuerst als Hängebrücken gebaut worden, etwas später traten die Bogenbrücken auf, während Balkenbrücken erst von der Mitte des vorigen Jahrhunderts ab für größere Stützweiten angewendet wurden. Von diesem Zeitpunkte ab haben sie jedoch die beiden älteren Arten an allgemeiner Verbreitung bei weitem übertroffen.

Wir wollen die geschichtliche Entwicklung der drei großen Gruppen: Balkenbrücken, Bogenbrücken und Hängebrücken in der durch die Zahlen angedeuteten Reihenfolge betrachten. Bei dieser Anordnung des Stoffes werden wir im allgemeinen von den in technischer Beziehung am weitesten verbreiteten zu den selteneren, und von den in ästhetischer Hinsicht weniger bedeutenden allmählich zu den wirkungsvolleren Arten von eisernen Brücken gelangen. Hiermit soll nicht bestritten werden, dass in einzelnen Fällen Balkenbrücken (Auslegerbrücken) sehr wohl an Schönheit mit Bogen- und Hängebrücken wetteifern können.

A. Konstruktionsformen des Eisens im Brückenbau.

1. Entwicklung der Balkenbrücken.

Wie die ersten Eisenbahnen der Welt, so sind auch die ersten eisernen Balkenbrücken in England gebaut worden. Zu jener Zeit war aber die Herstellung des Puddeleisens noch in ihren Anfängen begriffen. Man bildete daher die Träger von Brücken zunächst aus Gußeisen, freilich nur bei kleineren Stützweiten. Schon frühzeitig erkannte man die zur Aufnahme von Biegungsspannungen ungünstigen Eigenschaften des Gußeisens; als deshalb die Herstellung des Walzeisens einige Fortschritte gemacht hatte, ging man zu gewalzten und genieteten Trägern über. Diese erhielten bei kleinen Stützweiten I-Form, später aber bei wachsenden Stützweiten kastenartige Gurtquerschnitte.

Die Entwicklung der eisernen Balkenbrücken ist, wie bereits angedeutet, auf das innigste mit der Entwicklung der Eisenbahnen verknüpft. So ist denn auch die erste eiserne Balkenbrücke mit grossen Stützweiten eine Eisenbahnbrücke,

nämlich die Britanniabrücke über die Menai-Straße im Zuge der Bahnlinie von Chester nach Holyhead. (Abb. 1)¹⁾ Sie wurde 1846—1850 von Robert Stephenson, dem Sohn des Erfinders der Lokomotive, — erbaut. Die Brücke hat im ganzen vier Öffnungen, zwei von 141,73 und zwei von 71,90 m Stützweite.

Ungefähr gleichzeitig mit der Britanniabrücke entstand die Brücke über den Conway-Fluß im Zuge derselben Bahnlinie, deren Urheber gleichfalls Stephenson war (eine Öffnung von 125,57 m Stützweite).

Vollwandige, oben geschlossene Kastenträger (Röhrenbrücken) von der Bauart der Britannia- und Conway-Brücke sind später nur noch bei der Victoriabrücke über den St. Lorenzstrom in Montreal ausgeführt worden.

Dagegen wurden vollwandige Balkenträger (Blechträger) oben offen und mit tief liegender Fahrbahn, oder gänzlich unter der Fahrbahn liegend, für kleine Stützweiten später noch in großer Zahl angewandt, ja sie bilden in solchen Fällen auch heute noch die Regel.

In Deutschland kam man schon während des Baues der Britannia-Brücke auf den Gedanken, bei weitgespannten Balkenbrücken die Tragwände in einzelne Stäbe aufzulösen. So entstanden die sogenannten „engmaschigen Gitterträger“.

Einige der bedeutendsten Brücken mit engmaschigen Gitterträgern sind in der nachfolgenden Zusammenstellung aufgeführt. (S. 5)

Die Hauptübelstände des engmaschigen Gitterwerkes waren die Unsicherheit der Berechnung und die mangelhafte Versteifung gegenüber den in der Wandgliederung wirkenden Druckkräften. Ein wichtiger Fortschritt der Konstruktion bestand nun darin, dass zur Verbindung der beiden Gurtungen an Stelle der zahlreichen, eng beieinander liegenden Gitterstäbe eine erheblich kleinere Zahl weit auseinander liegender Stäbe angeordnet wurde.²⁾ Man bezeichnet die erstere Gliederung gewöhnlich als „Gitterwerk“, die zweite als „Fachwerk“ (in engerem Sinne). Es ist indessen schwer, diese Begriffe scharf zu trennen, wie auch die Anwendung dieser Bezeichnungen schwankend ist.

Bereits 1845 waren durch den belgischen Ingenieur Néville Parallelträger eingeführt, die nach heutiger Bezeichnung als „einteiliges Strebenfachwerk“ ausgebildet waren; anfänglich bestanden sie aus Gußeisen, später aus Schweißeisen. Sodann wurden sie in England durch den Kapitän Warren verbessert, der hierauf ein Patent erhielt.

Eines der ältesten Beispiele für ein sachgemäß ausgebildetes Strebenfachwerk bildet der 1853 nach Plänen der Ingenieure Little und Gordon erbaute Crumlin-Viadukt bei Newport in Südwaes.³⁾

Eine der ersten in Deutschland erbauten Balkenbrücken mit Ständerfachwerk und doppelter Wandgliederung

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1848, S. 203 und 1849, S. 175. Mehrrens, Eisenbrückenbau I, Seite 218, 523, 550. Dasselbst ist angeführt: Edwin Clark, Resident Engineer, the Britannia and Conway Tubular Bridges Published with the Sanction, and under the Supervision of Robert Stephenson, London 1850.

²⁾ Schon bei den unter Nr. 6 und 7 der Zusammenstellung I S. 16 aufgeführten beiden Talbrücken lagen die Gitterstäbe weiter auseinander als bei den älteren Gitterbrücken.

³⁾ Zeitschrift f. Bauwesen 1858, S. 18.

Zusammenstellung 1. Brücken mit Parallel-Gitterträgern.

	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf—Verfasser		Ausführendes Werk
		Zahl	Stütz- w. (m)	Ingenieur	Architekt	
1. Alte Weichselbrücke bei Dirschau	1850—58	6	130,88	Lentze	Stüler	} Maschinenbauanstalt Dirschau
2. Alte Nogatbrücke bei Marienburg	1850—58	2	103,00	Lentze	Stüler	
3. Boyne-Brücke bei Drogheda	1855	1	81,4	Barton		
		2	43,0			
4. Alte Rheinbrücke bei Cöln	1855—59	4	99,0	Lohse	Strack	Werkstätte Dortmund Gebr. Benkiser, Pforzheim Schneider & Comp. Creusot.
5. Rheinbrücke bei Kehl	1858—61	3	60,0	Keller		
6. Brücke über das Tal der Saane	—62	5	48,8	Schneider		
bei Freiburg in der Schweiz		2	44,92	& Comp.		
7. Guggenloch-Talbrücke bei Lütis- burg in der Schweiz	1869—70	1	57,33	Gubser		
		2	47,24			

Abbildungen im Atlas: Nr. 1. 6 (rechts). Nr. 2. 2. Nr. 5. 12.

Literatur: Zeitschr. f. Bauw. und zwar zu Nr. 1: 1855, S. 446; zu Nr. 2: 1855, S. 454. Zu Nr. 3: 1857, S. 215; zu Nr. 4: 1863, S. 175, und 335; zu Nr. 5: 1860, S. 7. Zu Nr. 6: 1863, S. 169. Zu Nr. 7: 1886, S. 220.

rung ist die Rheinbrücke zwischen Mannheim und Ludwigshafen.¹⁾

Eine weitere Verbesserung der Balkenträger war die Herstellung gekrümmter Gurtungen. Solche waren bei hölzernen Trägern schon 1829 von dem französischen Ingenieur Débia ausgeführt worden. Später baute Laves ähnliche Träger aus Holz und Eisen.

Eine der ältesten Balkenbrücken großer Stützweite mit gekrümmten Gurtungen ist die 1854—59 von Brunel erbaute Saltash-Brücke über den Tamar. Sie enthält zwei Hauptöffnungen von je 139 m Stützweite.²⁾ Jede Öffnung hat nur einen einzigen Obergurt, der als eine riesige Röhre von flachelliptischem Querschnitt ausgebildet ist.

In der geschichtlichen Entwicklung der eisernen Balkenbrücken haben Erörterungen über die zweckmäßigste Form der gekrümmten Gurtungen eine bedeutsame Rolle gespielt. Schwedler (geb. 1823, gest. 1896) ging hierbei von der Forderung aus, dass die Diagonalen nur Zugspannungen erhalten sollten. Dadurch erzielte er den Vorteil, dass die damals aus Flacheisen ausgebildeten Diagonalen in jedem Felde nur in einer Richtung angeordnet zu werden brauchten. Schwedler leitete nun auf mathematischem Wege eine Gurtungsform ab, die der angegebenen Bedingung genügte.

Die ältesten Brücken dieser Bauart sind die 1867 erbaute Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Tangermünde und die 1869—70 erbaute Straßenbrücke über die Brahe in Bromberg.³⁾ Die Entwürfe zu beiden Brücken sind von Schwedler selbst aufgestellt. Die nach ihm als „Schwedler-Träger“ benannte Form ist bei sehr vielen Brücken, namentlich Eisenbahnbrücken von mittleren Stützweiten ausgeführt worden, und auch heute sind solche Brücken noch auf vielen Eisenbahnlinien vorhanden. Der Schwedler-Träger ist eine in der Entwicklungsgeschichte der eisernen Brücken typische Form geworden. Allerdings ist sie in ästhetischer Hinsicht wenig ansprechend. Aber auch in rein technischer Beziehung bietet diese Form heute keinen erheblichen Vorteil mehr, weil man jetzt sämtliche Diagonalen aus steifen Stäben herstellt.

Einen andern Weg zur Bestimmung der Gurtungsform schlug v. Pauli ein. Er stellte die Forderung auf, daß jede der beiden gekrümmten Gurtungen gleich große Grenzwerte der Spannkraft erhalten solle. Da er beide Gurtungen gekrümmt annahm, so erhielt er eine linsenförmige Gestalt für seine Träger. Wohl die bekanntesten Beispiele dieser Art sind die 1857 erbaute Isarbrücke bei Großhesselohe (Stützweite 52 m) und die 1857—60 erbaute Rheinbrücke der Hessischen Ludwigsbahn bei Mainz¹⁾ (größte Stützweite 105,20 m). Die Entwürfe zu beiden Brücken sind von Pauli und Werder aufgestellt; die Ausführung erfolgte durch die Brückenbauanstalt Gustavsborg (Gerber).

Bei den Schwedler- und Pauli-Trägern laufen die beiden Gurtungen über jedem Auflager zu einem einzigen Knotenpunkte zusammen. Derartige Trägerformen sind aber insofern nicht zweckmäßig, als es hier bei untenliegender Fahrbahn nicht möglich ist, einen oberen wagrechten Verband beider Gurtungen (sogenannten Windverband) bis zu den Auflagern durchzuführen. Andererseits ist aber die Durchführung eines derartigen Verbandes besonders bei größeren Stützweiten sehr erwünscht. Da nun in solchen Fällen — wenigstens in Deutschland — wegen der geringen zur Verfügung stehenden Bauhöhe die Fahrbahn gewöhnlich in der Nähe des Untergurtes angeordnet werden mußte, so erschien eine Trägerform mit lotrechten Endabschlüssen besonders zweckmäßig. Die Endabschlüsse beider Hauptträger wurden gewöhnlich zu einem steifen Portal miteinander verbunden. Der Untergurt war in der Regel geradlinig, der Obergurt in einer nach oben schwach gewölbten Krümmung, meist nach einer Parabel, angeordnet. Man nannte diese Trägerform „Halbparabelträger“ im Gegensatz zu dem Parabelträger, bei dem eine Gurtung (oder beide) nach einer Parabel gekrümmt war und die beiden Gurtungen über den Auflagern zusammenliefen, wie bei den Schwedler- und Pauli-Trägern.

Halbparabelträger oder ähnliche Trägerarten sind in Deutschland (aber auch in andern Ländern) von den sech-

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1869, S. 22.

²⁾ Allgem. Bauzeit. 1857.

³⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1868, S. 518 und 1870, S. 21.

¹⁾ Gerber, Die Isarbrücke bei Großhesselohe. Allgem. Bauzeit. 1859. — Die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz. 1863 — Über die Berechnung der Brückenträger nach System Pauli. Zeitschr. d. Ver. Deutscher Ingenieure, 1865.

ziger Jahren ab namentlich für größere Stützweiten sehr zahlreich ausgeführt worden. Als Form der oberen Gurtung wurde statt einer Parabel oft auch ein Kreisbogen oder eine Ellipse verwandt; jedoch hat der Unterschied wegen der verhältnismäßig geringen Pfeilhöhe des Bogens weder auf die Konstruktion und den Materialaufwand, noch auf die ästhetische Wirkung des ganzen Bauwerks einen bedeutenden Einfluss gehabt. In der nachfolgenden Zusammenstellung ist eine Reihe der wichtigsten größeren Brücken mit derartigen Trägern aufgeführt.

parallelen Gurtungen verwendet. Sehr oft wurden hierbei die Enden abgeschrägt, indem der erste und letzte Obergurtstab unmittelbar nach dem Auflager geführt wurde (Trapezträger). Diese Anordnung findet sich auch für grössere Träger mit gekrümmten Obergurten namentlich in Amerika. Beispiele hierfür sind die Ohio-Brücke der Cincinnati-Covington-Eisenbahn (erbaut 1887—1889) und die Merchants-Eisenbahnbrücke über den Mississippi bei St. Louis (1889—1890); Abbildungen s. Mehrrens, Vorlesungen über Ingenieurwissenschaften, II. Teil, 1. Band, Seite 638 und 639.

Zusammenstellung 2. Einfache Balkenträger mit polygonalem Obergurt und lotrechten Endabschlüssen.

	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf—Verfasser	Ausführendes Werk
		Zahl	Stütz w.		
1. Brücke über den Leck bei Kullenburg	1863—68	1	150	v. Diesen u. a.	Harkort
		1	80		
		7	57		
2. Elbbrücke bei Meissen	1867	3	55	Schwedler u. a.	
		3	20		
2. Rheinbrücke der Linie Düsseldorf—Neuss	1868—70	4	105,95	Weishaupt, Pichier, Wittmann	Harkort
4. Weichselbrücke bei Thorn	1870—73	5	97,29	Schwedler, Loeffler, Suche	Gutehoffnungshütte
		1	46,5		
		11	36,0		
5. Memelbrücke bei Tilsit	1872—75	5	96,66	Schwedler, Ramm	Union, Dortmund
6. Brücke über d. Zeglin-Fluß b. Stettin	1874—75	1	92,0	Stein	Harkort
7. Elbbrücke bei Barby	1876—77	6	65	Schwedler	
		10	33		
8. Elbbrücke bei Lauenburg	1876—78	3	103,0	Schwedler, Grüttelien, Wiesner	
		3	51,5		
9. Trisana-Viadukt (Arlbergbahn)	1882—84	1	119,96	Österr. Staatsbahn	Österr. Alp. Mont.-Ges.
10. Neue Weichselbrücke bei Dirschau	1889—91	6	129,00	Schwedler, Mehrrens,	Harkort
11. Neue Nogatbrücke b. Marienburg	1889—91	2	103,20	Mackensen, Mathes	
12. Rheinbrücke bei Roppenheim	1893—94	3	92,0	von Bose	Harkort
		9	31,1		
13. Brücke über die Argen beim Bodensee	1898—99	1	74,0		Maschinenfabrik Eßlingen

Abbildungen im Atlas: Nr. 4: 97. Nr. 10: 9. Nr. 11: 14. Nr. 12: 101. (Vergl. auch Einschlagtafel I am Schluß des Atlas.)

Literatur: Zu Nr. 2: Z. f. B. 1868, S. 13. Zu Nr. 3: desgl. 1872, S. 237, 369. Zu Nr. 4: desgl. 1876, S. 35 und 197. Zu Nr. 5: desgl. 1878, S. 21, 161, 363, 523. Zu Nr. 6: desgl. 1879, S. 365. Zu Nr. 7: desgl. 1883, S. 296. Zu Nr. 8: Z. d. Arch. u. Ing.-Ver. z. Hannover 1884, S. 394. Zu Nr. 9: Z. d. Ö. Ing. u. Arch. Ver. 1882; Z. d. B. 1882, S. 154; 1884, S. 93. Zu Nr. 10: Z. d. B. 1888, S. 87; 1890, S. 323, 333, 345, 350; Z. f. B. 1895, S. 238 u. 399. Zu Nr. 11: Z. f. B. 1895, S. 541. Zu Nr. 12: Südd. Bauztg. 1896, S. 247.

Bei den älteren dieser Brücken (Nr. 1 und 3 der Zusammenstellung 2) haben die Hauptträger der großen Öffnungen dreiteiliges Ständerfachwerk, die späteren (Nr. 2, 4, 7, 8, 9) zweiteiliges Ständerfachwerk. Seit Anfang der neunziger Jahre trat jedoch das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen mehr und mehr hervor, das übrigens schon bei der Überbrückung des Memeltales bei Tilsit angewandt wurde (Nr. 5, 10, 11, 12 und 13).

Alle diese in der Zusammenstellung 2 aufgeführten Brücken sind Eisenbahnbrücken. Gewöhnlich sind nur die Stromöffnungen durch Hauptträger mit gekrümmtem Obergurt überbrückt, während für die kleineren Flutöffnungen Träger mit parallelen Gurtungen verwandt wurden.

Die Hauptträger der Memelbrücke bei Tilsit (Nr. 5), sowie der neuen Brücken über die Weichsel bei Dirschau und die Nogat bei Marienburg (Nr. 10 und 11) haben auch gekrümmte Untergurte, an welchen die Fahrbahn mittels Hängestangen aufgehängt ist. (Abb. 14.)

Für kleinere Stützweiten hat man, soweit nicht vollwandige Träger ausgeführt wurden, meistens Träger mit

Während in Amerika früher den weiter unten zu behandelnden Auslegerträgern vor den einfachen Balkenträgern der Vorzug gegeben wurde, sind in den letzten Jahren auch dort die einfachen Balkenträger wieder mehr in den Vordergrund getreten. Diesem Beispiele ist man auch in Deutschland bei der neuen Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Ruhrort gefolgt. Eine Beschreibung dieses bemerkenswerten, von Schaper entworfenen Bauwerks ist in der Zeitschrift „der Eisenbau“ 1910, S. 474—479 und in der Zeitschr. für Bauwesen 1911, S. 555—576, 1912, S. 71—96 gegeben. An der zuerst genannten Stelle finden sich auch einige Angaben über einige andere neuere Brücken von ähnlichen Stützweiten mit einfachen Balkenträgern, die in der folgenden Zusammenstellung angeführt sind.

Bei den meisten der bis jetzt betrachteten Balkenbrücken war jeder Hauptträger nur an zwei Stellen aufgelagert. Zwar sind schon bei einigen der ältesten Brücken die Hauptträger mit drei oder mehr Stützpunkten, als sogenannte durchgehende Träger angeordnet, z. B. die Britannia-Brücke, die Boyne-Brücke bei Drogheda, die alte Rheinbrücke bei

Cöln und die Kehler Rheinbrücke. Bei diesen Brücken sind aber die Gurtungen überall parallel und wagerecht, so daß

Zusammenstellung 2a.

Neuere Brücken mit einfachen Balkenträgern und großen Stützweiten.

Nr.	Jahr der Eröffnung	Name und Lage der Brücke	Stützweite m
1	1904	Straßenbrücke über den Miami, Nordamerika	178
2	1909	Straßenbrücke über den Monongahela, Nordamerika	157
3	1909	Eisenbahnbrücke über den Susquehanna, Nordamerika	158
4	1911	Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Ruhrort, Deutschland	186
5	1911	Straßen- und Eisenbahnbrücke über den Mississippi bei St. Louis	204

die Lagerung der Träger in keiner Beziehung zur Gurtform steht. Die Anordnung der durchgehenden Träger wurde aber zunächst wieder verlassen, weil die Grundlagen ihrer Berechnung damals noch unsicher waren.

Die Schwierigkeiten, die sich bei der Berechnung der durchgehenden Träger ergaben, führten aber verhältnismäßig früh zu der Anordnung von Gelenken. Diese wurden zuerst von dem bekannten Oberbaurat Gerber, damals in München, angewandt; er erhielt im Jahre 1866 ein Patent auf die erwähnte Anordnung. Derartige Träger sind seitdem als „Gerberträger“, Gelenkträger, Kragträger, Auslegerträger bekannt und in sehr großem Umfange ausgeführt worden. Wohl die ersten Brücken dieser Bauart sind die von Gerber 1867 ausgeführten Straßenbrücken über die Regnitz bei Bamberg und über den Main bei Haßfurt. Bei der ersteren Brücke waren die Gurtungen noch gleichlaufend, bei der zweiten aber so angeordnet, daß ihr Abstand ungefähr den an jeder Stelle auftretenden größten

Zusammenstellung 3. Große Auslegerbrücken mit wenigstens einer Öffnung von über 100 m Stützweite.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1.	Niagara-Brücke	1883	1	143,25	Schneider, Hayes	Zentralbrückenbau-Werke Buffalo
2.	Poughkeepsie-Brücke über den Hudson	1873—78, 1886—87	2	59,49	Dickinson	American- und Union-Brückenwerke Phoenixville-Werke
			2	152,00		
3.	Needles-Brücke über den Colorado	1889—90	1	158,00		
			2	201,00		
4.	Mississippi-Brücke bei Winona	1894—95	1	50,00	Chicagoer Brückenwerke	Chicagoer Brückenwerke
			1	61,00		
			1	109,80		
5.	Brücke über den Firth of Forth	1883—90	2	76,25	Fowler, Baker, Westhofen	Arrol & Comp., London
			2	521,0		
6.	Donaubrücke bei Czernavoda	1892—96	1	190,0	Saligny	Fives-Lille, Paris
			4	140,0		
7.	Franz Josef-Brücke in Budapest	1894—96	1	175,0	Feketehazi, Seefehlner	Staats-Maschinenfabrik Budapest
			2	79,3		
8.	Rheinbrücke zwischen Ruhrort und Homberg	1904—07	1	88,90	Brückenbauanstalt Gustavsburg, Grün & Bilfinger in Mannheim	Brückenbauanstalt Gustavsburg, Grün & Bilfinger in Mannheim
			1	121,60		
			1	203,40		
			1	128,30		
			1	83,60		
9.	Blackwell-Insel-Brücke über den East-River in New York	1902—09	1	143,101	Lindental	Pennsylvania Steel Company
			1	360,267		
			1	192,021		
			1	299,918		
			1	139,900		

Abbildungen im Atlas: Nr. 1: 22. Nr. 2: 18. Nr. 3: 19. Nr. 5: 20. Nr. 7: 23 u. 28. Nr. 8: 41.

Literatur: Zu Nr. 1: American engineer 1883, S. 259; Scientific American 1883, S. 335; Z. d. V. d. Ing. 1884, S. 385; Z. d. Arch. u. Ing. Ver. z. Hann. 1884, S. 341, 505; Z. d. B. 1883, S. 374; 1884, S. 56.

Zu Nr. 2: Engineering 1887, S. 163; Railroad and engineering journal 1887, S. 296. Genie civil 1888, S. 129; Scientific American Suppl. Nr. 646, S. 545 u. 593. Engineer 1888, II S. 240—241. Z. d. B. 1887, S. 271 u. 473.

Zu Nr. 4: Engineering record 1895; Z. d. B. 1895, S. 454.

Zu Nr. 5: Engineer 1884, S. 357 u. 388; Engineering 1884, S. 213, 223, 428, 491, 584, 590. Z. d. V. d. Ing. 1882, S. 585; 1884, S. 792; 1885, S. 364 u. 463; 1887, S. 703; 1888, S. 912, 935, 960, 977; 1891, S. 8, 34, 63. Z. d. Ö. Ing. und Arch.-V. 1884, Heft 6. Z. d. B. 1881, S. 265 u. 275; 1882, S. 12; 1883, S. 401.

Zu Nr. 6: Schweiz. Bauztg. 1888, Bd. XII, S. 126, 127 u. 152; 1895, Bd. XXV, S. 145. Z. d. Ö. Ing.- u. Arch.-V. 1890, S. 32; 1895, S. 517. Z. d. B. 1890, S. 175; 1895, S. 420. Annales des travaux publics 1890, S. 165. Glasers Annalen f. Gewerbe und Bauwesen 1896, S. 34. A. B. 1896, S. 25.

Zu Nr. 7: Z. f. Arch. u. Ing. (Hannover) 1898, S. 194. Z. d. B. 1894, S. 235, 325. Z. d. V. d. Ing. 1894, S. 979, 1035, 1897, S. 325. Z. d. Ö. Ing. u. Arch.-V. 1897, S. 124. Génie civil 1897, Bd. 31, S. 17. Engineer 1897, S. 486.

Zu Nr. 8: Z. d. V. d. Ing. 1904, S. 985, 1608 usw.; 1907, S. 725, 885, 933, 1250. Z. d. B. 1904, S. 347 usw. D. Bauzeitg. 1907, S. 629, 645, 657, 721.

Zu Nr. 9: Eisenbau 1910, S. 269 u. 371.

Biegemomenten entsprach. Eine ähnliche Anordnung der Hauptträger zeigt die

Warthebrücke bei Posen (Bahnlinie Posen—Kreuzberg, 1874—75). Sie kann als typisches Beispiel für die Anordnung von Gelenken bei solchen Trägern angesehen werden, die auf mehreren Stützpunkten aufliegen. Die Art der Kraftwirkung zwischen den einzelnen Trägerteilen ist auch für den Nichtfachmann deutlich erkennbar. — Die Weiten zwischen den Stützpunkten der Träger sind so gewählt, daß die Maximalmomente für die einzelnen Träger annähernd gleich werden und sind abgerundet auf 31 m für die Träger auf freien Stützen, auf 36 m für die Träger auf festen Stützen, auf 7 m für die überstehenden Enden.¹⁾

In Amerika haben die Auslegerträger unter der Bezeichnung „Cantilever-Träger“ bald eine sehr große Verbreitung gefunden. Vermutlich ist dies dem Umstande zuzuschreiben, daß diese Trägerart leichter als die einfachen Balkenträger die Aufstellung ohne feste Gerüste gestattet, und dieser Vorteil war namentlich in Amerika bei vielen reißenden Flüssen und tiefen Schluchten ausschlaggebend für die Verwendung dieser Trägerart. In der Zusammenstellung 3 (vor. S.) sind einige der bedeutendsten in Amerika, England und dem europäischen Festlande ausgeführten Auslegerbrücken angegeben.

Die bei den einfachen Balkenträgern erwähnten verschiedenen Arten der Wandgliederung kommen größtenteils auch bei Auslegerbrücken vor. Besonders bemerkenswert ist die namentlich bei amerikanischen Brücken beliebte Einschaltung besonderer Glieder, durch welche die Entfernung je zweier Hauptträgerknotenpunkte und damit die Stützweite der Zwischen-Längsträger um die Hälfte verringert wurde (Poughkeepie-Brücke und Brücke bei Winona über den Mississippi; Needles-Brücke über den Colorado; Nr. 2, 3, 4 der Zusammenstellung 3, Seite 7). Auch in Deutschland sind derartige Anordnungen später ausgeführt worden,

wie z. B. bei der Saarbrücke bei Saarbrücken. Die Zusammenstellung der damals eingereichten Wettbewerb-Entwürfe gibt ein deutliches Bild über die damals in Deutschland üblichen Formen von Balkenbrücken (Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1893, S. 257 u. Bl. 10).

Auch für mittlere Stützweiten sind die über mehreren Stützen durchlaufenden Träger — mit oder ohne Gelenke — in Deutschland innerhalb der letzten 10 bis 20 Jahre gegenüber den einfachen Balkenbrücken mehr als früher in Aufnahme gekommen. Hierbei haben vermutlich auch ästhetische Rücksichten mitgewirkt. Indem man sich bemühte, diesen Trägern gefällige Formen zu geben, erzielte man auch meist bessere Wirkungen als mit den einfachen Balkenträgern. Namentlich ist hervorzuheben, daß bei Ausbildung dieser Träger mit konkaver Krümmung und nicht zu schroffem Wechsel derselben ein mehr organischer Zusammenhang des eisernen Tragwerkes erzielt wurde.

Als Beispiele solcher Träger sind die in der nachfolgenden Zusammenstellung 4 aufgeführten Brücken zu nennen.

Besondere Beachtung verdienen auch die Ausführungen von Gelenkträgern oder durchgehenden Trägern in Verbindung mit eisernen Stützen (Nr. 6 der Zusammenstellung 4). In einigen solchen Fällen hat man den Untergurt der Balkenträger bogenförmig in die eisernen Stützen übergeführt und so in günstiger Weise einen organischen Zusammenhang beider Teile erzielt. Das bedeutendste Beispiel dieser Art bietet wohl der Viadukt der elektrischen Hochbahn in Berlin. (Abb. 32) Es sind dort im wesentlichen 4 verschiedene Stützweiten, nämlich von 12, 15, 16,5 und 21 m ausgeführt worden. Dieser Viadukt zeigt, wie auch alle sonstigen Bauten der elektrischen Hochbahn, überall das Bestreben, die Anordnungen nicht nur zweckmäßig, sondern auch künstlerisch wirkungsvoll zu gestalten. — Es wäre übrigens m. E. sowohl in praktischer, als auch in ästhetischer Hinsicht besser gewesen, die Viadukt-Träger nicht gegliedert, sondern vollständig auszuführen, etwa wie einige Unterführungen der zu Anfang dieses Jahrhunderts ausgeführten Umgebungsbahn bei

¹⁾ Zeitschr. für Bauwesen 1877, S. 41.

Zusammenstellung 4. Neuere in Deutschland ausgeführte Brücken mit Auslegerträgern und durchgehenden Trägern. Stützweiten unter 100 m.

	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
		Zahl	Stützweite		
1. Straßenüberführung auf dem Bahnhof Dresden	1891	1	46,0	Generaldirektion der Sächs. Staatsbahnen	Klönne in Dortmund
2. Weidendammer Brücke in Berlin	1895—97	1	25,0	Städt. Baudeputation Berlin (Brückenbau-bureau)	
		2	42,73		
3. Straßenbrücke über die Oder in Ohlau	1897—98	1	16,3	Königl. Regierung	Beuchelt & Co. in Grünberg (Schlesien)
		2	63,6		
4. Straßenbrücke über die Oder in Ratibor	1903—04	1	43,0	Beuchelt & Co.	Beuchelt & Co.
		2	60,5		
5. Glienicker Brücke bei Potsdam	1905—07	1	30,25	Ministerium der öffentlichen Arbeiten	Harkort in Duisburg
		2	74,0		
6. Brücke über den Argentobel bei Grünenbach	1905—07	1	37,0	Brückenbauanstalt Gustavsborg	Brückenbauanstalt Gustavsborg
		2	84,0		
		1	48,0		
			24,0		

Abbildungen im Atlas: Nr. 4: 42. Nr. 5: 29. Nr. 6: 40.

Literatur: Zu Nr. 2: Die Straßenbrücken der Stadt Berlin S. 158.

Zu Nr. 5: Z. d. B. 1907, S. 624.

Zu Nr. 6: Z. d. B. 1907, S. 178. D. Bauztg. 1907, S. 179.

Mainz. Ein derartiges Bauwerk wirkt in ästhetischer Hinsicht entschieden günstiger als eine Anordnung mit gegliederten Trägern. Es ist besonders bei verhältnismäßig kleinen Abmessungen sehr schwierig, die Wandgliederung bei dem Anschluß an die Stütze ruhig und regelmäßig zu gestalten.

In ästhetischer Hinsicht ist noch von größerer Bedeutung eine besondere Gruppe von Auslegerbrücken, die eine Art von Mittelglied zwischen den reinen Balkenbrücken und den später noch zu betrachtenden Hängebrücken bildet, nämlich die Auslegerbrücken mit Hängegurt, die man auch wohl „Auslegerbrücken in Form von Hängebrücken“ nennen kann. Diese Trägerart hat mit den bisher betrachteten Auslegerbrücken das Gemeinsame, daß lotrechte Belastungen in beiden Fällen nur lotrechte Kräfte zwischen den Trägern und ihren Stützpunkten hervorrufen, daß die Gelenke grundsätzlich wie bei den Auslegerbrücken angeordnet sind und daß demgemäß auch die Berechnung der Auflagerkräfte genau ebenso wie bei allen übrigen Auslegerbrücken erfolgt. Mit den Hängebrücken hat die genannte Trägerart gemeinsam einen sogenannten „Hängegurt“, nämlich eine Gurtung, an der nur lotrechte Stäbe befestigt sind, also nur lotrechte Kräfte angreifen. Der Hängegurt ist durch diese lotrechten Stäbe mit einem besonderen Balkenträger verbunden, dessen Obergurt im mittleren Teile der Mittelöffnung und in der Nähe der Endauflager sich mit dem Hängegurt vereinigt. (Diese Trägerart wird gewöhnlich für drei Öffnungen ausgeführt). Es sind also in der Nähe der Mittelstützen jeweils drei, in der Mitte der Hauptöffnung und an beiden Enden des Trägers jedoch nur zwei Gurtungen vorhanden.

In der folgenden Zusammenstellung sind einige bemerkenswerte Auslegerbrücken dieser Bauart angeführt.

erbauten Kettenbrücke, die den Mannheimern in der öden Gegend der Neckarvorstadt gleichsam als Wahrzeichen galt, zu gestalten.

Ein Bauwerk von besonders eigenartiger ästhetischer Wirkung ist schließlich der Kaisersteg über die Spree bei Oberschönweide (1897—1898). (Abb. 24—26.) Das System ist von Müller-Breslau für den vorliegenden Zweck eigens erfunden und wird von ihm als „Auslegerbalken mit einem Mittelgelenk und eingefügtem Spannbogen“ bezeichnet. Die Stützweiten betragen 43,0, 86,0 und 43,0 m.¹⁾

2. Entwicklung der Bogenbrücken.

a) Die gußeisernen Bogenbrücken.

Wie die ersten Balkenbrücken, so bestanden auch die ersten Bogenbrücken aus Gußeisen. Während jedoch in der Entwicklung der Balkenbrücken das anfänglich verwendete Gußeisen sehr schnell durch das Schweißeisen (und dieses späterhin durch das Flußeisen) verdrängt wurde, hat die Herstellung gußeiserner Bogenbrücken sich auf einen Zeitraum von über 100 Jahren erstreckt, nämlich vom letzten Viertel des achtzehnten bis gegen das Ende des neunzehnten Jahrhunderts. Freilich sind diejenigen gußeisernen Bogenbrücken, die in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts noch gebaut wurden, nur als vereinzelte Ausläufer jener ersten Entwicklung anzusehen.

Die ersten Bogenbrücken entstanden in der Zeit vor dem allgemeinen Aufschwung der Eisenbahnen. Damals war die Technik des Walzeisens noch in ihrer Entstehung begriffen; zu dem Bau der in jener Zeit vorzugsweise in Betracht kommenden Straßenbrücken verwandte man daher das Gußeisen, dessen Bearbeitung verhältnismäßig ge-

Zusammenstellung 5. Auslegerbrücken mit Hängegurt.

	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
		Zahl	Stützweite		
1. Friedrich-Brücke über den Neckar in Mannheim	1890	1	92,8	Gorber, v. Rieppel, Thiersch ¹⁾	Brückenbauanstalt Gustavsburg
2. Große Weserbrücke in Bremen	1894—95	1	66,1	Rehbock, Billing ¹⁾	Harkort
		2	35,5		
3. Salzachbrücke in Salzburg	1901—02	1	52,0	Melan, Swoboda	Gridl in Wien
		2	26,0		
4. Salzachbrücke zwischen Oberndorf und Laufen	1902	1	78,288	Haberkalk, Lipold, Koch ¹⁾	
		1	39,14		
		1	48,93		
5. Überführung der Swinemünderstraße über den Bahnhof Gesundbrunnen in Berlin	1903—04	1	108,0	Hedde, Möhring ¹⁾	Beuchelt & Co., Grünberg i. Schlesien
		2	60,0		

¹⁾ bezeichnet den Architekten.

Abbildungen im Atlas: Nr. 1: 27. Nr. 2: 21. Nr. 5: 37.

Literatur: Zu Nr. 1: Z. d. B. 1887, S. 430 usw. Z. d. Arch. u. Ing.-V. z. Hann. 1888, S. 142.

Zu Nr. 2: Z. d. B. 1894, S. 119.

Zu Nr. 3: Allgem. Bauzeitg. 1904, S. 1.

Zu Nr. 4: Allgem. Bauztg. 1902, S. 17.

Die älteste Brücke dieser Bauart ist die Friedrichbrücke über den Neckar in Mannheim (Nr. 1 der Zusammenstellung, Abb. 27). Die Anordnung der Hauptträger war aus dem Wunsche hervorgegangen, das Gesamtbild der Brücke ähnlich der alten, 1845 von dem Hannoverschen Baurat Wendelstadt

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

ringere Schwierigkeiten machte. Als aber später der allgemeine Aufschwung der Eisenbahnen begann, hatte schon die Behandlung des Walzeisens erhebliche Fortschritte ge-

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1900, S. 65.

macht. Zu dem Bau der vielen Eisenbahnbrücken verwandte man daher lieber das zähe Schweißeisen als das spröde Gußeisen. Dies hatte wohl zum Teil auch darin seinen Grund, daß bei den Eisenbahnbrücken die durch den Verkehr entstehenden Erschütterungen einen viel größeren Einfluß haben als bei den Straßenbrücken; es erschien deshalb besonders erwünscht, zur Aufnahme dieser Erschütterungen einen möglichst zähen und dehnbaren Baustoff zu verwenden.

Dagegen wurden Straßenbrücken noch längere Zeit in größerer Zahl aus Gußeisen hergestellt, als schon die Technik des Walzeisens bis zu einer ziemlich hohen Stufe vorgeschritten war. Diese Tatsache, die man aus dem Vergleich mit der Entwicklung der Balkenbrücken (Eisenbahnbrücken) erkennt, erklärt sich wohl hauptsächlich aus zwei Gründen. Zunächst sind bei den Straßenbrücken die vom

Verkehr herrührenden Erschütterungen nicht so bedeutend wie bei den Eisenbahnbrücken. Es erschien also bei Straßenbrücken weniger bedenklich, das spröde Gußeisen zu verwenden. Sodann haben auch wohl ästhetische Rücksichten auf die Entwicklung eingewirkt. Bei der Bearbeitung des Gußeisens herrscht nämlich ein höherer Grad von Freiheit in der Gestaltung der Formen als bei der Herstellung des Walzeisens. Und so war man bei den alten gußeisernen Bogenbrücken — unter sonst gleichen Verhältnissen — wohl eher imstande, künstlerische Wirkungen zu erzielen, als bei den neueren schweißeisernen und flußeisernen Brücken. Andererseits kam es nun gerade bei Straßenbrücken, und namentlich bei den in großen Städten erbauten, mehr als bei den Eisenbahnbrücken auf eine künstlerische Wirkung an. Abgesehen von diesem Unterschiede zwischen Straßen-

Zusammenstellung 6. Bemerkenswerte gußeiserne Bogenbrücken.

Nr.	Stadt (Land) — Brücke	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Pfeilhöhe	Pfeilverhältnis	Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Weite				
1.	Coalbrookdale (Engld.), Severnbrücke	1776—79	1	32,0	12,2	1 : 2,6	Reynolds und Darby	Eisenwerk Coalbrookdale
2.	Sunderland (Engld.), Wearbrücke	1793—96	1	72,0	10,4	1 : 6,7	Wilson	Eisenhütte Walkers in Rotherham
3.	Laasan (Schles.), Brücke über das Striegauer Wasser	1794—96	1	13,0	2,9	1 : 4,5		Eisenhütte Malapane
4.	Berlin, Brücke über den Kupfergraben	1796—97	1	6,0	2,0	1 : 3,0	Königl. Bauverw.	Eisenhütte Malapane
5.	Paris, Ponts-des-Arts über die Seine	1801—03	9	17,3	3,25	1 : 5,3	Cessart u. Dillon	Gesellschaft der drei alten Brücken
6.	Paris, Austerlitzbrücke über die Seine	1801—05	5	32,5	3,25	1 : 10	Beaupré u. Lamendé	
7.	Carnarvonshire, Waterloo-Brücke über den Conway-Fluß	1815	1	32,0	3,5	1 : 9,2	Telford, Hazledine	
8.	London, Vauxhallbrücke ü. d. Themse	1811—16	9	23,8	4,3	1 : 5,5	Rennie u. Walker	
9.	Chepstow (Engld.), Brücke über d. Wye	1815—16	2	10,4	1,9	1 : 5,5		Rastrick & Co.
			2	21,4	3,35	1 : 6,4	Hazledine	Shrewsbury & Bridge-
			1	34,0	4,24	1 : 8,0		north
10.	London, Southwarkbrücke über die Themse	1815—19	1	73,0	7,3	1 : 10	Rennie	
			2	64,0	6,4	1 : 10		
11.	Berlin, Friedrichbrücke ü. d. Spree	1822—23	7	6,33—9,21	1 : 4,6	1 : 4,6	Königl. Bauverw.	
12.	Berlin, Weidendammerbrücke	1824—26	5	7,82—9,25	2,75	1 : 2,3 bis 1 : 3,4	desgl.	
13.	Paris, Carousselbrücke ü. d. Seine	1831—34	3	47,7	4,9	1 : 9,7	Polonceau	
14.	Windsor, Victoriabrücke ü. d. Themse	1848—51	1	36,6	6,0	1 : 6,1	Page	
15.	London, Neue Westminster-Brücke über die Themse ¹⁾	1854—65	2	29,0	4,86	1 : 6,0	Page	
			2	31,6	5,35			
			2	35,0	5,90			
			1	36,5	6,10			
16.	Paris, Solferinobrücke über die Seine	1858—59	9	40,0	3,55	1 : 11,2	Romany, Laga,	
					4,02	1 : 10,0	Cisserie, Martin	
					3,55	1 : 11,2		
17.	Paris, St. Louisbrücke ü. d. Seine	1860—62	1	64,0	5,85	1 : 11,0	Savarin, Martin, Romany	
18.	Paris, Sullybrücke über die Seine	1874—76	1	42,3	4,88	1 : 8,7		Joret & Co.
			1	46,0	5,45	1 : 8,4	Brosselin u. Vaudrey	
			1	49,6	5,66	1 : 8,8		
19.	London, Batterseabrücke über die Themse	1886	2	34,5	2,60	1 : 13,2		
			2	42,5	4,00	1 : 10,6	Bazalgette	
			1	49,5	5,50	1 : 9,0		
20.	Belfast (Irland), Albertbrücke über den Lagan	1888—90	3	28,0			Bretland	Andrew Handyside & Co.

Literatur: Mehrtens, Vorlesungen über Ingenieurwissenschaften, II. Teil, I. Band, § 7; ferner:

Zu Nr. 8: Z. f. B. 1856, S. 166.

Zu Nr. 10: desgl. 1856, S. 64.

Zu Nr. 13: A. B. 1838, S. 285 u. f.; 1840, S. 51; 1845, S. 73 u. f.

Zu Nr. 14: A. B. 1854.

Zu Nr. 15: Z. f. B. 1857, S. 221.

¹⁾ Atlas Abb. 47.

und Eisenbahnbrücken hat noch eine Ursache die Verwendung von gußeisernen Bogenbrücken zu einer Zeit begünstigt, als man schon Balkenbrücken aus Schweißeisen baute. Diese Ursache liegt wohl in dem Vorherrschen der Druckspannungen bei den Bogenbrücken. Wenn auch Biegungsspannungen nicht ganz vermieden werden können, so lassen sie sich doch (im Vergleich zu den Balkenbrücken) ohne sehr großen Materialaufwand in mäßigen Grenzen halten. Das beweisen ja auch die steinernen Brücken. Man brauchte also bei den Bogenbrücken die für das Gußeisen gefährlichen Zugspannungen nicht so sehr zu fürchten wie bei den Balkenbrücken.

In der vorstehenden Zusammenstellung 6 ist eine Reihe der geschichtlich und ästhetisch bemerkenswertesten gußeisernen Bogenbrücken aufgeführt.

Die tragenden Bögen waren meistens vollwandig (nicht gegliedert) ausgebildet.

In ästhetischer Beziehung besonders bemerkenswert ist die Ausbildung der Bogenzwikel. Es sind hier namentlich folgende Anordnungen zu erwähnen:

- a) Oberhalb der eigentlich tragenden Bögen wurden noch zwei andere angeordnet. In einigen Fällen, wie z. B. bei der Severbrücke bei Coalbrookdale (Nr. 1) und bei der Austerlitzbrücke in Paris (Nr. 6) sind die oberen Bögen nahezu gleichlaufend (konzentrisch) mit dem unteren Bogen; gewöhnlich jedoch ist jeder obere Bogen etwas flacher als die unteren, wobei im Scheitel sämtliche Bögen unmittelbar aufeinander liegen. Andere kürzere Stäbe sind meist rechtwinklig zu diesen Gliedern zum Zwecke der Versteifung angebracht. Diese Anordnung findet sich bei vielen älteren Bogenbrücken (Nr. 3, 4, 9, 11, 17, 18 der Zusammenstellung).
- b) Gußeiserne Ringe, die nach dem Scheitel zu allmählich kleiner werden. (Nr. 2, 3, 4, 13 der Zusammenstellung.)
- c) Fachwerkartige Ausfüllung der Bogenzwikel, wie z. B. bei der Southwarkbrücke in London (Nr. 10). Nach dem Vorbilde dieses bedeutenden Bauwerks wurden in England noch zahlreiche eiserne Bogenbrücken gebaut.
- d) Ausfüllung der Bogenzwikel durch Gußornament (Nr. 7, 14, 15, 19, 20 der Zusammenstellung).
- e) Einfache Anordnung lotrechter Stäbe zur Übertragung der Lasten von der Fahrbahn auf die tragenden Bögen (Nr. 8, 16, 17, 18).

Verhältnismäßig selten sind Eisenbahnbrücken als gußeiserne Bogenbrücken ausgeführt worden. Am häufigsten findet sich diese Bauart in Frankreich. Ein Beispiel ist die 1851–52 erbaute Rhonebrücke bei Tarascon (7 Öffnungen von 60 m Stützweite. Entwurf von Talabot.¹⁾)

Im Bezirke der Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen befindet sich noch bei Ars eine im Jahre 1849 erbaute gußeiserne Eisenbahnbrücke über die Mosel mit vier Öffnungen von etwa 35 m Stützweite. Die Bogenzwikel sind hier durch eine fachwerkartige, gleichfalls aus Gußeisen bestehende Versteifung ausgefüllt.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1855, S. 67. Annales des ponts et chaussées. 1854, Mai-Juni.

b) Bogenbrücken aus Schweißeisen oder Flußeisen.

Obgleich die gußeisernen Bogenbrücken im neunzehnten Jahrhundert eine weite Verbreitung gefunden haben, mußte doch schließlich die Entwicklung der Technik dahin führen, daß auch bei den Bogenbrücken das Gußeisen durch das Schweißeisen und dieses späterhin durch das Flußeisen verdrängt wurde. Die erste aus Schweißeisen hergestellte Bogenbrücke wurde bereits im Jahre 1808 von Bruyère bei St. Denis über den Crou erbaut. Sie hatte eine Lichtweite von nur 12 m. Es vergingen aber fast 50 Jahre, bis weitere Versuche zur Verwendung des Schweißeisens für Bogenbrücken gemacht wurden.

Von entscheidendem Einflusse auf das Gesamtbild der Brücke ist die Lage der Hauptträger zur Fahrbahn. Wir können hier drei Fälle unterscheiden, nämlich:

1. die Hauptträger liegen gänzlich oder doch nahezu gänzlich unter der Fahrbahn;
2. die Hauptträger liegen teilweise unter, teilweise über der Fahrbahn;
3. die Hauptträger liegen vollständig oder größtenteils über der Fahrbahn.

In der ersten Zeit der Entwicklung war die unter 1 erwähnte Anordnung bei weitem vorherrschend. Bei den gußeisernen Bogenbrücken lagen die Hauptträger meistens unter der Fahrbahn; nur einzelne Brücken machten hiervon eine Ausnahme.¹⁾ Auch bei den aus Schweißeisen erbauten Bogenbrücken waren die Hauptträger zunächst fast regelmäßig unter der Fahrbahn angeordnet. Erst im Laufe der weiteren Entwicklung mehrten sich die oben unter 2 und 3 erwähnten Fälle. Es hat sich somit das Verwendungsgebiet der Bogenträger allmählich erweitert.

Ferner ist von großem Einfluß auf die ästhetische Wirkung die Art der Versteifung zur Aufnahme der namentlich bei einseitiger Belastung entstehenden Biegemomente. Wir haben hier folgende Anordnungen zu unterscheiden:

- a) Vollwandige Bögen. Die Bogenträger sind so ausgebildet, daß sie allein die Biegemomente aufzunehmen vermögen. In den Zwikeln sind nur lotrechte Stäbe zur Übertragung der Lasten von der Fahrbahn nach den Hauptträgern vorhanden. Diese Anordnung findet sich vorwiegend bei kleineren und mittleren Stützweiten, neuerdings auch bei größeren.
- b) Gegliederte Bögen. Auch hier werden die Biegemomente durch den Bogen selbst aufgenommen; dieser ist aber nicht vollwandig, sondern in Gurtungen und Füllungsstäbe gegliedert. Diese Anordnung kommt bei großen Stützweiten am häufigsten vor.
- c) Zwischen der Bogengurtung und der Fahrbahn, in deren Höhe noch eine weitere Gurtung angeordnet ist, befindet sich eine fachwerkartige Versteifung. Diese Bauart war früher längere Zeit sehr beliebt, wird aber jetzt seltener ausgeführt.
- d) Der Bogen nimmt nur Druckkräfte auf; die Versteifung ist durch einen in Höhe der Fahrbahn liegenden,

¹⁾ Solche Beispiele sind dargestellt in dem Werke: Mehrtens, Vorl. über Ing. Wiss. Brückenbau, S. 313, 314, 317, 328, 329.

meist gegliederten Balkenträger bewirkt. Diese Anordnung findet sich vorwiegend bei solchen Brücken, deren Hauptträger oberhalb der Fahrbahn liegen.

Die nachfolgenden Zusammenstellungen geben einen Überblick über einige namentlich in ästhetischer Hinsicht hervorragende Bogenbrücken aus Schweißisen und Flußeisen.

In den ersten Abschnitten der Entwicklung, etwa bis Anfang der neunziger Jahre verwandte man für kleinere Stützweiten entweder vollwandige Bogenträger, oder solche mit Fachwerkaussteifung in den Zwickeln; die letzteren auch namentlich für mittlere Stützweiten. Die vollwandigen kleinen Bogenträger zeigen in ihrer äußeren Erscheinung wenig Abwechselung. Sie haben gewöhnlich zwei Kämpfergelenke, aber kein Scheitgelink. Das Pfeilverhältnis beträgt etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{7}$, doch finden sich auch kleinere und größere Werte. Bei den Bogenträgern mit Fachwerkausstei-

Brücke in Dresden haben nur die mittleren Bögen Fachwerkaussteifung in den Zwickeln, an den äußeren Bögen fehlt diese, und es ist statt ihrer ein besonderer Parallel-Fachwerkträger unter der Fahrbahn angeordnet. Man hat also damals erkannt, daß die Versteifung durch Fachwerk in den Zwickeln in ästhetischer Beziehung nicht besonders günstig wirkt. Diese Anordnung ist daher in neuerer Zeit bei Straßenbrücken seltener ausgeführt worden; und es scheinen die einfachen vollwandigen Bogenträger auch für mittlere und selbst für größere Stützweiten mehr als früher Verbreitung zu finden. Ein Beispiel hierfür ist die neue Neckarbrücke in Mannheim (Zusammenstellung 7, Nr. 12).

Fachwerk-Aussteifung in den Zwickeln ist dagegen auch in neuerer Zeit bei solchen Bogenträgern mehrfach ausgeführt worden, die über mehrere Öffnungen durchlaufen. Wohl das bedeutendste Beispiel für diese Anordnung ist die

Zusammenstellung 7. Brücken mit vollwandigen Bogenträgern unterhalb der Fahrbahn.

Nr.	Stadt — Brücke	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1.	Olten (Schweiz), Brücke über die Aare	1853—54	3	31,5	Stehlin, Etzel, Riggenbach	
2.	London, Blackfriars-Brücke	1867—69	5	54,9		
3.	Berlin, Brücke über den Kupfergraben	1878—80	2	26,4	Dircksen	
4.	Berlin, Marschallbrücke	1881—82	2	15,52	Städtisches Brückenbaubureau, Berlin	
5.	Berlin, Jannowitzbrücke	1881—83	2	18,5	desgl.	
6.	Berlin, Lützowbrücke	1883—84	1	23,2	desgl.	
7.	New York, Washington-Brücke	1886—89	2	155,0	Hutton u. A.	Passaic-Werke
8.	Stuttgart, König-Karls-Brücke	1891—93	2	45,51	Kübler	Maschinenfabrik Eßlingen
			2	48,00		
			1	50,48		
9.	Berlin, Ebertsbrücke	1893—94	1	30,0 ¹⁾		
10.	Berlin, Potsdamer Brücke	1897—98	1	21,85	Städtisches Brückenbaubureau Berlin	
			1	26,68		
11.	Berlin, Lessing-Brücke	1902—04	1	30,0 ²⁾		
12.	Mannheim, Neckarbrücke	1906—08	1	113,0 ³⁾	Werk Gustavsburg	Lucan in Mannheim.

Abbildungen im Atlas: Nr. 4: 53. Nr. 12: 75.

Literatur: Zu Nr. 3—6 und 9—11: Die Straßenbrücken der Stadt Berlin, herausgegeben vom Magistrat.

Zu Nr. 7: Engineering News 1886—88. Z. d. V. d. Ing. 1889, S. 1120. Z. d. B. 1886, S. 136.

Zu Nr. 8: Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 839—843, 1895, S. 153 — 158. Annalen f. Gew. u. Bauw. 1892, II, S. 96. Z. f. B. 1895, S. 61.

Zu Nr. 9: Z. d. B. 1895, S. 376.

Zu Nr. 12: D. B. 1901, S. 249, 261, 269, 273, 285; 1908, S. 266. Z. d. V. d. Ing. 1901, S. 845, 883, 1055, 1129.

¹⁾ Dazu zwei gewölbte Öffnungen von 10,5 m Lichtweite

²⁾ „ „ „ „ „ 10,0 „ „

³⁾ „ „ „ „ „ 59,5 „ „

fung in den Zwickeln kommen hauptsächlich zwei Anordnungen vor, nämlich das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Beispiel: Moselbrücke bei Güls, Zusammenstellung 9, Nr. 5), vorwiegend jedoch das einfache Ständerfachwerk (Nr. 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 der Zusammenstellung 9). Bemerkenswert ist, daß man bei einigen dieser Brücken, auf deren äußere Erscheinung besonderer Wert gelegt wurde, die aussteifenden Diagonalen möglichst zu verdecken suchte. Bei der Kronprinzen-Brücke in Berlin und der oberen Rheinbrücke in Basel hat man die zwischen der Gurtung der Stirnbögen und der Fahrbahn entstehenden Zwickel mit gußeisernen Rahmen verkleidet, deren mittlere Teile durch netzartig angeordnete Stäbe ausgefüllt sind. Bei der Carola-

Viaur-Talbrücke in Frankreich (Zusammenstellung 9, Nr. 10). In viel kleinerem Maßstabe sind derartige Brücken zur Überführung von Straßen oder Eisenbahnen über Kanäle ausgeführt worden, beispielsweise bei dem Bau des Elb-Trave-Kanals und des Teltow-Kanals (Zusammenstellung 9, Nr. 12 Abb. 76). — Eine ähnliche Anordnung, jedoch mit viel kleinerem Pfeilverhältnis, zeigt die Mirabeau-Brücke in Paris (Zusammenstellung 9, Nr. 9).

Die gegliederten Bogenträger (Zusammenstellung 8) sind vorwiegend für große Stützweiten (100 m und darüber) ausgeführt worden. Bei dieser Gattung haben sich im Laufe der Entwicklung keine erhebliche Veränderungen der Bauart gezeigt.

Bei denjenigen Bogenträgern, deren Gurtungsabstand in der Nähe der Kämpfer größer oder ungefähr ebensogroß ist wie im Scheitel, kommen bezüglich der Auflagerung zwei Anordnungen vor. Entweder sind derartige Bogenträger ganz ohne Gelenke ausgeführt (Schwarzwasser-Brücke, Müngstener-Brücke, Kornhausbrücke in Bern), oder es sind Kämpfergelenke angeordnet und die Gurtungen des Bogens sind an dessen Enden nach den Gelenken zusammengeführt. (Neuere Rheinbrücke bei Coblenz). In dem letztgenannten Falle hat man zuweilen mit Rücksicht auf die äußere Erscheinung zu beiden Seiten des durch die zusammenlaufenden Gurtungen gebildeten Dreiecks noch besondere zwickelartige Teile gebildet, welche die kreisförmigen Begrenzungen des Bogens bis zum Mauerwerk fortsetzen (Alte Rheinbrücke bei Coblenz und Hochbrücke bei Levensau.) Hierbei kann der Bogen nach vollendeter Aufstellung bezüglich der Wirkung der Verkehrslast nachträglich in einen Bogen ohne Gelenke umgewandelt werden.

Die Mehrzahl der großen Bogenträger ist jedoch als Zweigelenkbogen ausgebildet. Nur in einzelnen Fällen

finden sich Scheitelgelenke bei Bogen über 100 m Stützweite, z. B. bei der Mirabeau-Brücke in Paris, der Viala-Talbrücke und der neuen Neckarbrücke in Mannheim.

Bei den größeren Bogenbrücken kommen folgende Arten der Wandgliederung vor:

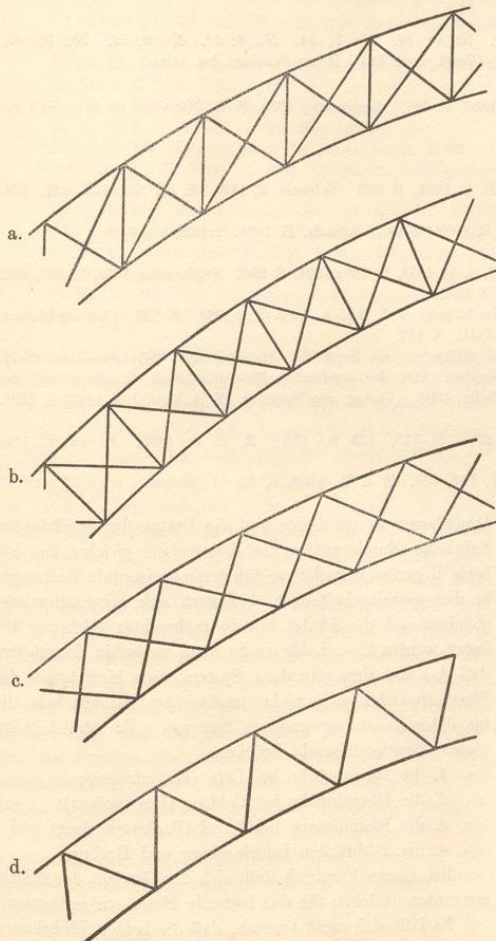
- 1) Das Ständerfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Abb. 1 a oder b) bei der alten Rheinbrücke bei Coblenz, der Douro-Brücke bei Porto, den alten Elbbrücken nach System Lohse (Zusammenstellung 12, Nr. 1 und 2), der Hochbrücke bei Levensau, der Straßenbrücke bei Mainz, der Kornhausbrücke in Bern und anderen.
- 2) Das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Abb. 1 c) bei der neueren Rheinbrücke bei Coblenz, der Grüentaler Hochbrücke, der Straßenbrücke bei Worms und anderen.
- 3) Das Strebenfachwerk mit einfachen Diagonalen, aber ohne zwischengeschaltete Vertikalen (Abb. 1 d) bei der Schwarzwasser-Brücke, der Spreerbrücke am Schiffbauerdamm in Berlin und der neuen Alsenbrücke in Berlin.
- 4) Das Ständerfachwerk mit einfachen Diagonalen bei den Rheinbrücken bei Bonn und Düsseldorf (Zusammenstellung 10, Nr. 4 und 5) sowie bei fast allen neueren Brücken mit hochliegenden Hauptträgern (Zusammenstellung 12, Nr. 3 bis 15, Abb. s. dort.)

Der Unterschied der beiden Anordnungen c und d besteht darin, daß bei der letzteren eine Schar der Füllungsstäbe genau lotrecht gerichtet ist, während bei Anordnung c beide Scharen schräg gerichtet sind und (wenigstens in der Nähe des Scheitels) ungefähr gleiche Winkel mit den Gurtungen bilden.

Diese vier Anordnungen sind im großen und ganzen ungefähr nach der durch die Buchstaben angedeuteten Reihenfolge zeitlich aufeinander gefolgt; indessen werden auch heute noch die älteren Arten zuweilen angewandt.

In der Entwicklung der eisernen, in Deutschland erbauten Bogenbrücken lassen sich etwa folgende Abschnitte unterscheiden. Der erste Abschnitt reicht vom Beginn des neunzehnten Jahrhunderts bis zum Anfang der sechziger Jahre. In diese Zeit fällt die weite Verbreitung der gußeisernen Bogenbrücken und der Beginn der Entwicklung der schweißeisernen Bogenbrücken in den fünfziger Jahren. Es wurden aber nur einige wenige Brücken mit kleineren Stützweiten gebaut.

Der zweite Abschnitt beginnt mit der Erbauung der älteren Coblenzer Rheinbrücke (1862–64), der ersten großen in Deutschland erbauten Bogenbrücke. (Abb. 48.) Es ist sehr lehrreich, die Erwägungen zu verfolgen, die damals zur Wahl einer Bogenbrücke geführt haben und bei denen auf die ästhetische Wirkung, namentlich mit Rücksicht auf das schöne Landschaftsbild bei Coblenz, damals schon ein großes, ja geradezu ausschlaggebendes Gewicht gelegt wurde¹⁾. — Obgleich das fertige Bauwerk den damals gehegten Erwartungen im großen und ganzen vollauf entsprach, wurden doch während der nächsten zwei Jahrzehnte in Deutschland nur sehr wenige Bogenbrücken von ähnlichen Abmessungen ge-



1. Fachwerkgliederungen von Bogenbrücken.

¹⁾ Vergl. Zeitschr. f. Bauwesen 1864, S. 392 und 397.

Zusammenstellung 8. Brücken mit gegliederten Bogenträgern unterhalb der Fahrbahn.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1	Alte Rheinbrücke bei Coblenz	1862—64	3	96,7	Hartwich, Sternberg	Harkort u. Kölnische Maschinenbau-A.-G.
2	Mississippi-Brücke bei St. Louis	1868—74	1	158,50	Eads, Flead, Pfeiffer	Keastone Brückenwerke
			2	153,00		
3	Douro-Brücke bei Porto	1876—78	1	160,0	Seyrig, Lopez	Eiffel, Paris
4	Neuere Rheinbrücke bei Coblenz	1876—79	2	107,0	Hilf, Altenloh, Dörrenberger	Gutehoffnungshütte
5	Sprebrücke am Schiffbauerdamm, Berlin	1879—81	1	49,68	Dirksen, Sarre	
6	Schwarzwasserbrücke bei Bern	1881—82	1	114,0	Röthlisberger, Probst	Ott & Co. in Bern
7	Kirchfeldbrücke bei Bern	1882—83	2	80,7	Röthlisberger, Probst, Simon	Ott & Co. in Bern
8	Straßenbrücke über den Rhein bei Mainz	1882—85	2	86,25	Lauter, Bilfinger, Thiersch	Benkiser, Pforzheim
			2	98,1		
			1	102,08		
9	Garabit-Viadukt	1883—85	1	165,0	Eiffel	Eiffel
10	Adda-Talbrücke bei Paderno	1887—89	1	150,0	Röthlisberger	Savigliano-Werke
11	Talbrücke bei Müngsten	1893—97	1	170,0	v. Rieppel	Gesellschaft Nürnberg
12	Kornhausbrücke in Bern	1895—98	1	114,90	v. Bonstetten, Krohn,	Gutehoffnungshütte
			5	34,40	v. Fischer	
13	Alsen-Brücke in Berlin	1898—99				
14	Straßenbrücke über den Rhein bei Worms	1898—1900	1	105,6	Werk Gustavsborg	Werk Gustavsborg
			2	94,4		

Abbildungen im Atlas: Nr. 1: 48. Nr. 4: 49. Nr. 5: 50. Nr. 6: 54. Nr. 7: 51. Nr. 8: 52. Nr. 9: 56. Nr. 10: 57. Nr. 11: 59. Nr. 12: 60. Nr. 13: 69. Nr. 14: 66. (Vergl. auch Tafel II am Schlusse des Atlas.)

Literatur: Zu Nr. 1: Z. f. B. 1864, S. 386, 529.

Zu Nr. 3: Z. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hann. 1879, S. 539; 1884, S. 603. Engineering 1886, S. 7. Mémoires de la société des ingénieurs civils 1878, S. 38—79. Schweiz. B. 1886, S. 99, 103, 111.

Zu Nr. 4: Z. f. B. 1881, S. 87, 200, 317, 441.

Zu Nr. 5: Z. f. B. 1884, S. 125.

Zu Nr. 6: Z. f. B. 1886, S. 354; Z. d. V. d. Ing. 1885, S. 876. D. B. 1884, S. 512. Schweiz. B. 1884, S. 12, 23, 141, 147, 158. Z. d. B. 1890, S. 407.

Zu Nr. 7: Z. f. B. 1886, S. 360. Z. d. V. d. Ing. 1884, S. 684. D. B. 1883, S. 480. Schweiz. B. 1884, S. 129.

Zu Nr. 8: Z. d. B. 1881, S. 46 usw. Z. d. Ver. d. Ing. 1881.

Zu Nr. 9: Wochenschr. des ö. Ing.- u. Arch. Ver. 1884, S. 159. Z. d. B. 1881, S. 120; 1884, S. 200. Engineering 1885, S. 549, 593. Génie civil 1888, S. 220—221, 230. (Bd. XIII.) Z. d. V. d. Ing. 1886, S. 630.

Zu Nr. 10: Nouvelles annales de la constr. 1888, S. 120—121. Wochenschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 283. (Auszug hiervon in Z. d. Arch. u. Ing.-Ver. z. Hann. 1889, S. 329). Schweiz. B. 1889, Bd. XIII, S. 137.

Zu Nr. 11: Die Kaiser-Wilhelms-Brücke über die Wupper bei Müngsten im Zuge der Eisenbahnlinie Solingen—Remscheid. Mit Genehmigung der Königl. Eisenbahndirektion Elberfeld heraus gegeben von der vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, A.-G. Bearbeitet von Dietz Berlin, 1904. Verlag von Springer. Z. d. V. d. Ing. 1897, S. 1321, 1373, 1421. Z. d. B. 1895, S. 161; 1897, S. 149.

Zu Nr. 12: Schweiz. B. 1894, Bd. 24, S. 101; 1896, Bd. 28, S. 113, 133 u. 135. Z. d. B. 1895, S. 76 u. 116; 1898, S. 397, 412. Z. d. V. d. Ing. 1897, S. 193; 1898, S. 767, 1289.

Zu Nr. 14: Z. d. Ver. d. Ing. 1896, S. 333, 396 usw.; 1897, S. 61, 106, 497. Z. d. B. 1896, S. 38, 51, 56 usw.

baut, wie die neuere Rheinbrücke bei Coblenz (Zusammenstellung 8, Nr. 4) und die älteren Elbbrücken bei Hamburg (Zusammenstellung 12, Nr. 1). Die letzteren bedeuten einen geschichtlich interessanten Versuch Lohses, Bogenträger auch in solchen Fällen auszuführen, wenn sie gänzlich oberhalb der Fahrbahn liegen mußten.

Eine eingehende Begründung des für jene Brücken gewählten Systems findet sich in der Veröffentlichung Zeitschrift f. Bauwesen 1885. Lohse ging, ähnlich wie der Erbauer der ersten Coblenzer Rheinbrücke, Hartwich, von der Erwägung aus, daß die bis zu jener Zeit ausgeführten Balkenbrücken in ästhetischer Hinsicht wenig befriedigten. Eine Konstruktion wie die der Coblenzer Rheinbrücke, deren Wirkung allgemein anerkannt wurde, ließ sich jedoch bei den Hamburger Brücken infolge ihrer besonderen technischen Verhältnisse nicht anwenden. So kam denn Lohse auf den Gedanken, „den Zugbogen einer Hängebrücke mit einem darübergestellten, ebenso konstruierten und tragfähigen

Druckbogen zu verbinden und die Lasten der angehängten Fahrbahn durch senkrechte Hängeisen gleichmäßig auf beide Bögen zu verteilen, so daß deren horizontale Wirkungen in den gemeinschaftlichen Auflagern sich gegenseitig ausgleichen und die Pfeiler nur in senkrechter Richtung belastet werden“. — Lohse sucht dann weiterhin darzulegen, daß das von ihm erfundene System auch hinsichtlich des Eisenaufwandes sich nicht ungünstiger verhalte als die bis dahin sonst verwendeten Systeme. Er vergleicht zu diesem Zwecke folgende Brücken:

1. die Rheinbrücke bei Cöln (Gitterträger);
2. die Rheinbrücke bei Coblenz (Bogenträger);
3. die Rheinbrücke bei Wesel (Fachwerkträger) und
4. die Elbbrücken bei Hamburg und Harburg.

Bei diesem Vergleich stellt sich das Gewicht der zuletzt genannten Brücken für das laufende Meter am geringsten.

Es läßt sich nicht leugnen, daß die beiden Elbbrücken einen eigenartigen Eindruck machen und daß sie in ästhe-

Zusammenstellung 9. Brücken mit Bogenträgern unter der Fahrbahn. Fachwerksausteiung in den Zwickeln.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1	Arcole-Brücke in Paris	1855	1	79,12	Oudry	
2	Theiß-Brücke zu Szegedin	1856—58	8		Cezanne	
3	Brücke über die Lahn in Ems	1863	2	27,0	Schmick	
4	Unterspreetbrücke der Verbindungsbahn Berlin	1864—65	2	12,71		
			1	16,40		
5	Moselbrücke bei Güls	1876—79	3	65,5	Hilf, Altenloh, Dörrenberger	
6	Kronprinzenbrücke in Berlin	1877—79	2	15,48	Städt. Baudeputation	
			1	18,68		
7	Obere Rheinbrücke in Basel	1877—79	1	64,0	Zanter	Holzmann in Frankfurt, Benkiser in Pforzheim
			1	67,0		
			1	58,0		
8	Königin Carola-Brücke in Dresden	1892—95			Pressprith, Pasdirek	Marienhütte Cainsdorf
9	Mirabeau-Brücke über die Seine in Paris	1896—97	1	99,34		
			2	37,05	Résal	
10	Brücke über das Vaur-Tal	1896—1902	2	95,0		
			1	221,3	Bodin	Gesellschaft Batignolles
11	Brücke über den Elb-Travekanal	1899				Union, Dortmund
12	Brücke über den Teltow-Kanal	1907—08	2	16,0	Havestadt & Contag	Steffens & Nölle
			1	48,0		

Abbildungen im Atlas: Nr. 7: 44. Nr. 8: 115. Nr. 12: 76.

- Literatur: Zu Nr. 1: Z. f. B. 1856, S. 126. Génie civil 1889, Bd. XIV. S. 170 u. 171. Wochenschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 113. Z. d. B. 1888, S. 116.
- Zu Nr. 2: Annales des ponts et chaussées 1859. Z. f. B. 1861, S. 654.
- Zu Nr. 3: Z. f. B. 1865, S. 106.
- Zu Nr. 4: Z. f. B. 1866, S. 267. Annalen f. Gew. u. Bauw. 1887, S. 75. D. B. 1887, S. 37 u. 49.
- Zu Nr. 5: Z. f. B. 1881, S. 87, 569; 1882, S. 81.
- Zu Nr. 6: Die Straßenbrücken der Stadt Berlin, S. 63.
- Zu Nr. 7: Z. f. B. 1886, S. 360; Festschrift, herausg. vom Baudepartement der Stadt Basel. (Auszug hieraus in der „Eisenbahn“ Bd. X, 1879, S. 137).
- Zu Nr. 8: Z. f. Arch. u. Ing. (Hannover) 1897, S. 314—338.
- Zu Nr. 9: Ann. d. trav. publ. 1892, S. 184. Eng. news 1896, II., S. 317. Z. d. B. 1897, S. 241 u. 257. Schweiz. B. 1897, Bd. 30, S. 39.
- Zu Nr. 10: Génie civil Bd. XV, S. 514; 1903, Bd. 43. (Auszug in Z. d. Arch. u. Ing.-Ver. z. Hannover, 1890, S. 283). Engineer 1890, I S. 529. Z. d. B. 1891, S. 115.
- Zu Nr. 11: Mehrrens, Brückenbau im 19. Jahrhundert (Denkschrift) S. 30.
- Zu Nr. 12: Z. d. B. 1908, S. 350.

tischer Hinsicht den gleichzeitig erbauten Balkenbrücken entschieden überlegen sind. Jedoch ist dieser Vorzug durch die ziemlich umständliche und nicht gerade einfache Konstruktion erkauft worden. Die Folgezeit hat den Ausführungen Lohses insofern nicht recht gegeben, als das von ihm erfundene System nur noch einmal, nämlich bei der 1884—87 von dem Hamburgischen Staat erbauten Straßenbrücke über die Nordereibe¹⁾ ausgeführt worden ist. Diese neuere Brücke befindet sich 244 m oberhalb der alten Eisenbahnbrücke; es lag somit nahe, das erwähnte System auch bei der neueren Brücke wieder zu verwenden. (Abb. 55)

In dem oben erwähnten zweiten Abschnitte entstanden in anderen Ländern einige Brücken von erheblich größeren Abmessungen als die erwähnten deutschen Brücken²⁾.

Der dritte Abschnitt in der Entwicklung der Bogenbrücken beginnt anfangs der achtziger Jahre etwa mit dem Bau der Straßenbrücke über den Rhein bei Mainz (Zusammenstellung 8, Nr. 8, Abb. 52). Bei diesem Bauwerke läßt sich ein beträchtlicher Fortschritt bemerken in der überaus sorgfältigen Bearbeitung des Entwurfes in allen Abmessungen, Verhältnissen und Einzelheiten, sowohl in technischer als auch in ästhetischer Beziehung. Die übrigen bedeu-

tendsten Bauwerke dieses Zeitraumes waren in Deutschland die beiden Brücken über den Kaiser-Wilhelm-Kanal bei Grünental und Levensau und die Talbrücke bei Münstgen; in der Schweiz die Schwarzwasserbrücke bei Bern und die Kornhausbrücke in Bern. Der wichtigste technische Fortschritt war die Einführung des Flußeisens an Stelle des bis dahin üblichen Schweißeisens. Diese Änderung vollzog sich im wesentlichen zu Anfang der neunziger Jahre.

Der vierte und letzte Abschnitt beginnt mit dem Bau der Bonner und der Düsseldorfer Rheinbrücke (Zusammenstellung 10, Nr. 4 und 5). Namentlich die Bonner Brücke, (Abb. 61) die für eine Reihe anderer Brücken vorbildlich geworden ist, bedeutet einen Markstein in der Geschichte des deutschen Brückenbaues. Besonders beachtenswert sind die bei der Aufstellung des allgemeinen Entwurfes angestellten Erwägungen, die der Verfasser Krohn in einem Vortrage mitgeteilt hat; (vergl. Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1897, S. 193, sowie auch die Seite 16 erwähnte Festschrift). Während bei den Kanalbrücken bei Grünental und Levensau das Durchschneiden des Bogens durch die Fahrbahn nicht sonderlich günstig gewirkt hatte, entschloß man sich bei der Bonner Brücke, den Obergurt des mittleren Bogens gänzlich oberhalb der Fahrbahn, dagegen die Bogenträger der beiden Seitenöffnungen gänzlich unterhalb der Fahrbahn anzuordnen. Diese Bauart ist, wenn auch in

¹⁾ Zusammenstellung 12, Nr. 2.

²⁾ Zusammenstellung 8, Nr. 2 und 3.

Zusammenstellung 10. Brücken, deren Hauptträger teils unterhalb, teils oberhalb der Fahrbahn liegen.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1	Brücke über die Etsch bei Verona	1883—84	1	88,8	Biadego	Werk Gustavsborg (M. A. N.) Gutehoffnungshütte
2	Brücke ü. den Kaiser-Wilh.-Kanal bei Grünental	1891—92	1	156,5	Greve, Eggert	
3	Brücke ü. d. Kaiser-Wilh.-Kanal bei Levensau	1893—94	1	163,4	Lauter, Muthesius	"
4	Rheinbrücke bei Bonn	1897—99	2	93,6	Krohn, Schneider, Möhring	
			1	187,2		
			1	32,5		
5	Rheinbrücke bei Düsseldorf	1896—98	2	181,25	Krohn	"
			1	63,36		
			1	57,02		
			1	50,67		
			1	60,36		
6	Treskowbrücke bei Oberschönweide	1903—04	2	37,50	Bernhard	Beuchelt in Grünberg (Schlesien)
			1	78,00		
7	Stubenrauchbrücke bei Oberschönweide	1907—08	1	60,0	Bernhard	Jucho in Dortmund
8	Baumgartenbrücke bei Potsdam	1908	2	25,20	Jucho in Dortmund	
			1	50,40		
9	Havelbrücke im Zuge der Döberitzer Heerstraße bei Berlin	1909	1	63,00	Bernhard	Steffens & Nölle in Berlin
			1	32,74		
			1	30,26		
			2	18,90		

Abbildungen im Atlas: Nr. 2: 58. Nr. 4: 61. Nr. 6: 82. (Vergl. auch Tafel II am Schlusse des Atlas.)

Literatur: Nr. 1: Engineering 1885. — Z. d. B. 1885, S. 239. Z. d. V. d. Ing. 1886, S. 629.

Zu Nr. 2: Z. f. B. 1898, S. 726. Z. d. B. 1891, S. 214. (Auszug in Z. d. Arch. u. Ing.-V. z. Hannover 1892, S. 83).

Zu Nr. 3: Zeitschr. f. Bauw. 1899, S. 99.

Zu Nr. 4: Die Bonner Rheinbrücke, Festschrift zur Eröffnungsfeier am 17. Dez. 1898, herausgeg. von der Stadt Bonn (Bonn 1898, Emil Strauß). Z. d. V. d. Ing. 1895, S. 361, 393, 457, 527, 685, 710, 794, 883; 1897, S. 190 (Vortrag von Krohn) 1899, S. 309. D. B. 1898 S. 645. Z. d. B. 1895, S. 21, 41, 49, 57, 69, 87, 92, 102, 110, 125; 1898, S. 617, 632.

Zu Nr. 5: Z. d. V. d. Ing. 1897, S. 195; 1898, S. 1311; 1899, S. 320. Z. d. B. 1898, S. 557, 572.

Zu Nr. 6: Z. d. V. d. Ing. 1905, S. 1141, 1243, 1268.

Zu Nr. 7: Z. d. Ver. d. Ing. 1908, S. 1942, 1987. D. B. 1908, S. 470 u. 477. Z. d. B. 1908, S. 365.

Zu Nr. 8: Z. d. V. d. Ing. 1910, S. 1222, 1312, 1361.

etwas anderen Formen, später noch bei einigen kleineren Brücken wieder verwendet worden (Zusammenstellung 10, Nr. 6—8.)

Neu war bei der Bonner Brücke vor allem der Umstand, daß Bogenträger von so bedeutenden Abmessungen nahezu vollständig oberhalb der Fahrbahn lagen. Diese Anordnung wurde in der Folgezeit bei sehr vielen anderen Brücken verwendet.

Bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hatte man in denjenigen Fällen, in welchen die Hauptträger wegen der geringen zur Verfügung stehenden Bauhöhe größtenteils über der Fahrbahn liegen, vorwiegend Balkenträger verwendet. Ausnahmen sind bereits auf Seite 11 und 14 erwähnt worden. Nunmehr wurde aber auch dann, wenn die Hauptträger größtenteils über die Fahrbahn hinausragen, sehr oft Bogenträgern der Vorzug gegeben, und zwar nament-

lich in solchen Fällen, in denen eine besonders eindrucksvolle und monumentale Wirkung erwünscht war. Diese Wandlung haben wohl in erster Linie die ästhetischen Vorzüge der Bogenträger gegenüber den Balkenträgern herbeigeführt.

Da die Aufnahme des Bogenschubes durch die Mauerkörper oft eine erhebliche Verstärkung der letzteren erfordert hätte, und da außerdem bei unsicherem Baugrunde ein Nachgeben der Widerlager und damit eine Änderung der Spannkkräfte gegenüber den Berechnungsannahmen zu befürchten war, so versah man gewöhnlich den Bogen mit einem ungefähr in der Höhe der Fahrbahn liegenden Zugband, welches den Schub des Bogens aufnahm. So erhalten die Widerlager infolge lotrechter Belastungen nur lotrechte Kräfte. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß der Ersparnis an Mauerwerk (und der größeren Sicherheit hinsichtlich des tatsächlichen Verhaltens der Auflagerwirkung) ein

Zusammenstellung 11. Brücken mit Stabbogen oberhalb der Fahrbahn; versteift durch einen in Höhe der Fahrbahn liegenden Balkenträger.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk.
			Zahl	Stützweite		
1	Ferdinandbrücke über die Mur in Graz	1881	1	67,8	Langer	Union in Dortmund
2	Immebrücke Hannover-Linden	1889	1		Müller-Breslau	
3	Überführung des Kurfürstendamms über den Bahnhof Halensee	1892	1		Müller-Breslau	

Zu Nr. 1: Mitt. d. polyt. Klubs in Graz, 1882, S. 1—25. Z. d. Arch. u. Ing. V. z. Hann. 1883, S. 552.

Zusammenstellung 12. Brücken mit gegliederten Bogenträgern oberhalb der Fahrbahn.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1	Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Hamburg	1868—72	7	99,0	Lohse	Harkort in Duisburg
2	Straßenbrücke über die Norderelbe bei Hamburg	1884—87	3	101,0	Meyer, Gleim, Engels	Harkort
3	„ „ „ Süderelbe bei Harburg	1897—99	4	100,96	Gustavsborg	Werk Gustavsborg (M. A. N.)
4	„ „ „ Mosel b. Traben-Trarbach	1898—99	6	31,70	Harkort, Schneider, Möhring	Harkort
5	Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Worms	1898—1901	2	64,35	Harkort, Schneider, Frenzen	Harkort
			2	54,45		
			1	116,80		
			2	102,20		
			17	34,50		
6	Straßenbrücke über die Elbe bei Magdeburg	1899—1901	1	135,00	Union, Eberlein	Union in Dortmund
7	„ „ „ Weser bei Beverungen	1901	2	64,4	Klönne in Dortmund	Klönne in Dortmund
			1	69,0		
8	„ „ „ Havel bei Spandau	1901—03	2	65,87	Harkort, Schneider	Harkort
			1	75,28		
9	Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz (Kaiserbrücke)	1902—03	2	116,80	Gustavsborg und Union	Werk Gustavsborg und Union in Dortmund
			2	107,20		
			1	93,80		
			6	39,20		
10	„ „ über den Main bei Hochheim	1902—03	2	80,0	Harkort	Harkort
			2	57,0		
11	„ „ „ Neckar b. Heidelberg	1904—06	3	49,68		
			1	70,56	Lucas	Klönne
12	Straßenbrücke über die Memel in Tilsit	1904—07	1	27,72		
			3	105,60	Kersjes, Tincauzer, Anderson	Beuchelt & Co., Grünberg
			1	49,28		
13	„ „ „ Fulda in Kassel	1907—08	1	84,40	Eilers in Hannover	Eilers in Hannover
14	Südbrücke über den Rhein bei Cöln (Eisenbahnbrücke)	1906—10	1	165,00	Königl. Eisenbahndirektion Cöln und Geh. Baurat Schwechten	Union in Dortmund
			2	101,50		
			3	56,00		
15	Hohenzollernbrücke über den Rhein bei Cöln (Eisenbahn- u. Straßenbrücke)	1907—11	1	118,88	desgl.	Harkort und Werk Gustavsborg (M. A. N.)
			1	167,75		
			1	122,56		

Abbildungen im Atlas: Nr. 2: 55. Nr. 4: 74. Nr. 5: 67. Nr. 6: 68. Nr. 8: 83. Nr. 9: 73.

Literatur: Zu Nr. 1: Z. f. B. 1885, S. 79 u. 177.

Zu Nr. 2: Z. f. B. 1890, S. 219 u. 333.

Zu Nr. 3: Z. d. B. 1897, S. 134, 142, 158; 1899, S. 477. Z. d. V. d. Ing. 1897, S. 616, 1101, 1185, 1385, 1410, 1439.

Zu Nr. 4: Z. d. B. 1898, S. 71 u. 219.

Zu Nr. 5: Z. d. V. d. Ing. 1900, S. 216. D. B. 1900, S. 585. Z. d. B. 1896, S. 366, 375, 401, 426.

Zu Nr. 6: Z. d. B. 1900, S. 14, 25, 41.

Zu Nr. 8: Z. f. B. 1904, S. 65.

Zu Nr. 9 u. 10: Festschrift über die Umgebungsbahn Mainz mit Überbrückung des Rheines und des Maines; bearbeitet unter Benutzung des amtlichen Materials von dem bauleitenden Beamten Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor Merkel in Mainz. Auszug hieraus Z. d. B. 1904, S. 221. D. B. 1903.

Zu Nr. 11: D. B. 1907, S. 378, 385, 402, 407, 418.

Zu Nr. 12: Z. d. B. 1907, S. 573. D. B. 1907.

Zu Nr. 13: Z. d. B. 1907, S. 65. D. B. 1907, S. 50 u. 70.

Zu Nr. 14 u. 15: Die Rheinbrücken bei Cöln. Nach amtlichen Quellen bearbeitet von Regierungs- und Baurat Beermann.

nicht unerheblicher Mehraufwand an Eisen, nämlich für das Zugband, entgegensteht. — Wie dem auch sein mag, jedenfalls ist der Bogenträger mit aufgehobenem Horizontalschub etwa seit Beginn des neuen Jahrhunderts für den deutschen Brückenbau tonangebend geworden, wenigstens soweit größere Bauwerke in Frage kommen, bei denen man auf eine gewisse ästhetische Wirkung Wert legen zu müssen glaubte. Beispiele der genannten Trägerart sind in der Zusammenstellung 12 aufgeführt (Nr. 3—15).

In einigen Fällen hat man neuerdings derartige Bogenträger über mehrere Öffnungen durchlaufend angeordnet und hierbei an geeigneten Stellen Gelenke eingelegt. Diese Bauart ist zuerst von der Gesellschaft Harkort in Duisburg

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

bei dem Wettbewerb um die neue Neckarbrücke in Mannheim vorgeschlagen worden, ausgeführt dagegen erst bei der Havelbrücke bei Spandau (Zusammenstellung 12, Nr. 8).

3. Entwicklung der Hängebrücken.

Die Bauart der Hängebrücken ist ihrem Grundgedanken nach uralt. Wahrscheinlich sind die ältesten Brücken, die es überhaupt gegeben hat, als Hängebrücken gebaut; wenigstens gehören alle in vorgeschichtlicher Zeit erbauten Brücken, von denen wir Kenntnis haben, zu dieser Klasse. Die ersten Übergänge zwischen weiten und tiefen Schluchten wurden mit Hilfe von Seilen hergestellt, auf denen die Bahn für Fußgänger und Lasttiere unmittelbar befestigt war. Die Seile waren zuerst aus Pflanzenfasern gebildet. Eiserner

Ketten wurden für Brücken zuerst in China und Tibet verwendet.

Wesentliche Fortschritte gegenüber diesen noch sehr kunstlosen Anfängen zeigten die in Nordamerika gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts erbauten Hängebrücken. 1796 stellte James Finley eine Kettenbrücke von etwa 22 m Weite her und erhielt 1801 ein Patent auf die von ihm erfundene Bauart. Nach diesem Patent sollen bis 1808 40 Brücken erbaut sein. Später verwandte man anstatt der Ketten Drahtseile.

Weitere Fortschritte im Bau von Kettenbrücken wurden in England zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts gemacht. Der Ingenieur Samuel Brown führte an Stelle der gewöhnlichen Kettenglieder einfache Stäbe von ovalem oder rechtwinkligem Querschnitt ein, die an ihren Enden Augen hatten und durch Kuppelstücke und Bolzen oder sonstwie miteinander verbunden wurden. Er erhielt 1818 ein Patent auf seine Erfindung. Die größte von ihm ausgeführte Brücke war die im Jahre 1818 erbaute Brücke über den Tweed bei Norhamford, als Verbindungsglied zwischen England und Schottland, „Unionbrücke“ genannt.

In Deutschland wurde die erste Kettenbrücke in den Jahren 1823–24 von dem Ingenieur Schnirch über einen Arm des Marchflusses bei Straßnitz gebaut. Bald darauf folgten die Sophienbrücke über den Donaukanal in Wien (1825) und die Egerbrücke bei Saaz in Böhmen (1827).

Drahtkabel wurden zuerst in Nordamerika für Hängebrücken verwendet. Wohl das erste derartige Bauwerk ist der 1816 von White und Hazard erbaute Hängesteg über den Schuylkillfall bei Philadelphia (124 m Weite).

Die erste europäische Drahtkabelbrücke ist die Brücke von St. Antoine in Genf, die 1822–1823 durch den Oberstleutnant Dufour erbaut wurde. Sie enthält zwei Öffnungen von 40 m Stützweite. Bald darauf erbaute Seguin 1824 bis 1825 die Brücke über die Rhone zwischen Tain und Tournon, die zwei Öffnungen von je 85 m Weite besaß. In wenigen Jahren (bis 1830) entstanden sieben weitere Kabelbrücken über die Rhone. Bei diesen fehlten noch Längs- und Querverbände, obgleich schon Seguin den Zweck und die Wirkung des Versteifungsbalkens richtig erkannt hatte.

Die Drahtkabelbrücken fanden nach diesen Anfängen rasch Verbreitung in Frankreich und der Schweiz.

In Paris entstanden 1833–1842 die ersten Kabelbrücken über die Seine. Die meisten dieser Bauwerke hatten aber nur eine kurze Lebensdauer.

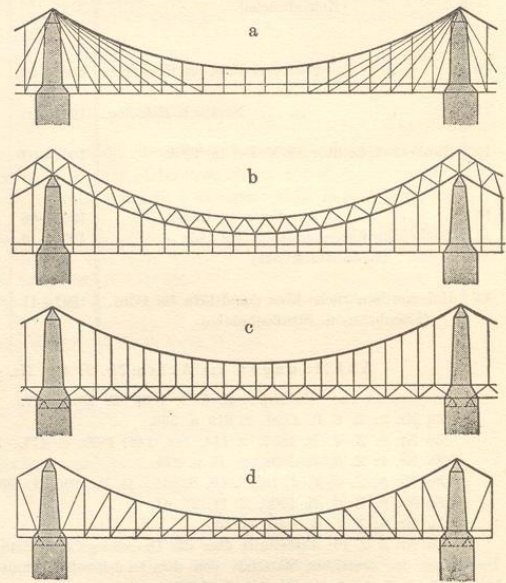
Die älteren, in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts erbauten Ketten- und Drahtkabelbrücken sind vorwiegend sogenannte unverteifte Hängebrücken, während in der zweiten Hälfte fast nur noch versteifte Brücken gebaut wurden. Diese Unterscheidung ist jedoch nicht ganz scharf. Denn bei den besser ausgebildeten und größeren von jenen älteren Brücken waren zum Teil schon Vorkehrungen getroffen, um die bei einseitiger Verkehrsbelastung eintretenden Formänderungen der an biegsamen Kabeln oder Ketten aufgehängten Fahrbahn möglichst zu vermindern und unschädlich zu machen. Solche Mittel waren kräftige, hohe Geländer und starke durchgehende Fahrbahn-Längsträger.

Die nachfolgende Zusammenstellung 13 (S. 19) enthält

einige der bedeutendsten Ketten- und Drahtkabelbrücken aus der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts.

Kettenbrücken sind in diesem Zeitraume hauptsächlich in Großbritannien, Österreich und Rußland gebaut worden, Drahtkabelbrücken dagegen zunächst vorwiegend in Nordamerika. Diese Bauart wurde dann durch Seguin den Älteren in Frankreich eingeführt, wo sie schnell eine sehr weite Verbreitung erhielt. In Deutschland sind Hängebrücken überhaupt nur in sehr geringer Zahl gebaut worden.

Die Mängel, die an den zahlreichen älteren unverteiften oder unzureichend versteiften Hängebrücken sich fast regelmäßig gezeigt hatten, führten allmählich zur Einführung besonderer und nachhaltiger wirksamer Mittel zur Versteifung der Fahrbahn. In der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts wurden zu diesem Zwecke folgende Anordnungen ausgeführt:



2. Versteifte Hängebrücken.

- a) Schrägketten oder Schrägkabel, die von den Pylonen nach einzelnen Punkten der Fahrbahn geführt sind;
- b) Anordnung zweier übereinander liegender Ketten oder Gurtungen, die durch Füllungsstäbe verbunden und so zu mehr oder weniger steifen Fachwerken ausgebildet wurden (Doppelketten oder Versteifungsbalken als Hängegurtung);
- c) Versteifungsträger, die ungefähr in der Höhe der Fahrbahn angeordnet sind;
- d) Hängefachwerk, d. i. eine Bauart, bei der eine Hängegurtung und eine in Höhe der Fahrbahn liegende Gurtung vorhanden ist. Beide sind durch Füllungsstäbe zu fachwerkartigen Scheiben miteinander verbunden.

Die unter a–d genannten Arten der Versteifung sind ungefähr in der durch die Buchstaben angedeuteten Reihenfolge ausgeführt worden; sie sollen auch in dieser Reihen-

Zusammenstellung 13. Ältere „unversteifte“ Ketten- und Drahtkabelbrücken aus der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts.

Nr.	Brücke	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Pfeilverhältnisse	Entwurf-Verfasser
			Zahl	Grösste Stützweite		
1	Brücke über die Menai-Meerenge bei Bangor	1819—26	1	176,5	1 : 13,5	Telford
2	Brücke üb. d. Conway-Fluß bei Schloß Conway	1822—26	1	98,0	1 : 14,6	Telford
3	Hammersmithbrücke üb. die Themse b. London	1824—27	3	128,7	1 : 14,3	Clark
4	Brücke üb. den South-Esk-Fluß bei Montrose in Schottland	1828—29	1	122,0	1 : 7	Buchanan
5	Dordognebrücke bei Cubzac ¹⁾	1827—39	5	109,0	1 : 10	Martin, de Verges, Quénot
6	Brücke über das Saane-Tal bei Freiburg in der Schweiz	1832—34	1	273,0	1 : 14,1	Chaley
7	Brücke über die Gotteron-Schlucht bei Freiburg in der Schweiz	1834—40	1	227,0		Chaley
8	Maria Theresa-Brücke über den Po in Turin	1840	1			Lebaitre
9	Brücke über die Ruhr in Mühlheim	1842—44	3	97,6	1 : 14	Malberg
10	Brücke über die Donau in Budapest	1839—45	3	202,4	1 : 14	Clark
11	Clifton-Brücke über den Avon bei Bristol	1840—64	1	214,0	1 : 14	Brunel und Hawkshaw

Abbildungen im Atlas: Nr. 1: 86. Nr. 10: 87. Nr. 11: 89.

¹⁾ Allgemeine Bauzeitung 1845, S. 91. Nr. 1—4, 9—11 sind Kettenbrücken, Nr. 5—8 Drahtkabelbrücken.

folge besprochen werden, wenn auch in einzelnen Fällen ältere Bauarten noch später angewandt wurden.

Die Anordnung der Schrägketten oder Schrägseile ist ihrem Grundgedanken nach sehr alt; sie war schon 1784 in einer Schrift von Imanuel Löscher in Freiburg vorgeschlagen worden. Ausgeführt ist sie zuerst von Samuel Brown bei der Kings-Meadow-Brücke über den Tees bei Peebles 1817 und bei der von John und William-Smith 1817—18 erbauten Fußgängerbrücke über den Tweed bei Dryburg-Abbey.

In etwas eigenartiger Weise wurde der Grundgedanke der Schrägketten von Ordisch und Lefevre bei der Franz-Josef-Brücke über die Moldau in Prag angewandt. Alle derartigen älteren Ausführungen haben sich jedoch nicht bewährt.

Eine sehr wichtige Rolle spielten schräge, von den Pylonen nach der Fahrbahn gespannte Verbindungen bei den Drahtkabelbrücken Nordamerikas. Dort war nach den ersten oben erwähnten Anfängen im Bau derartiger Brücken ein Stillstand eingetreten. In den vierziger Jahren wurden jedoch die inzwischen bei den vielen französischen Brücken gemachten Erfahrungen durch den Franzosen Charles Ellet nach Amerika übertragen. Sein bedeutendstes Werk war die 1847 erbaute Drahtkabelbrücke über den Ohio bei Wheeling. Sie wurde 1854 durch einen Sturm zerstört, aber 1856 wieder aufgebaut. Die Weite der Mittelloffnung beträgt 308 m. Später baute er die erste Kabelbrücke über die Niagarafälle (1849). Über beide Brücken vergl. allgem. Bauzeitg. 1852, S. 208 und 215.

Eine Reihe der großartigsten Drahtkabelbrücken Nordamerikas stammt von John Röbling (geboren den 12. Juni 1806 in Mühlhausen in Thüringen).

Röblings Brücken unterscheiden sich von dem französischen System in drei Punkten:

1. An Stelle der vielen kleinen, getrennten Kabel vereinigte er diese zu einer möglichst geringen Zahl großer zusammenhängender Kabel.
2. Er sah ein, daß Kabel, welche am Ufer in einer ge-

raden, oder beinahe geraden Linie hergestellt und dann in einer Kurve aufgehängt werden, mangelhaft sein müßten, weil die gleichmäßige Verteilung der Spannungen nicht gewährleistet wurde. Er erfand deshalb das „Luftspinnverfahren“.

3. Er versteifte die Brückenbahn mittelst „stays“ d. h. Tauen, die diagonal von dem oberen Ende der Pfeiler nach verschiedenen Punkten der Brückenbahn gestreckt werden. Die zuletzt erwähnte Anordnung ist jedoch wie oben erwähnt, bereits bei einigen älteren Brücken ausgeführt worden.

Die bedeutendsten Bauwerke Röblings sind in der nachfolgenden Zusammenstellung aufgeführt:

Zusammenstellung 14. Bedeutendste Drahtkabelbrücken Röblings.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Pfeilverhältnisse
			Zahl	Stützweite	
1	Niagarabrücke	1851—55	1	250,0	1 : 15,2
2	Ohio-Brücke in Cincinnati	1856—57	1	322,0	1 : 11,9
3	Erste Eastriverbrücke	1870—83	1	487,7	1 : 10,0
			2	283,7	

Die unter Nr. 1 erwähnte Niagarabrücke war eine der wenigen Eisenbahnbrücken, die als Hängebrücken gebaut sind. Sie besaß zwei Fahrbahnen, die obere für den Eisenbahnverkehr, die untere für den Straßenverkehr. Zwischen beiden lagen Versteifungsträger aus Holz mit eisernen Zugstreben. Trotz einer erheblichen Verstärkung konnte sie auf die Dauer den wachsenden Anforderungen des Eisenbahnbetriebes nicht genügen und wurde deshalb 1897 durch eine eiserne Bogenbrücke ersetzt.

Auch die Ohio-Brücke zwischen Cincinnati und Covington (Nr. 2 der Zusammenstellung) hatte schon ursprünglich Versteifungsträger in der Höhe der Fahrbahn. Sie wurde

1895–99 durch Hildenbrand umgebaut und erhielt hierbei hohe, kräftige Versteifungsträger.

Die alte Eastriverbrücke (Nr. 3 der Zusammenstellung) war z. Zt. ihrer Entstehung die größte Brücke der Erde. Sie dient für den Verkehr von Straßenbahnen, Fußgängern und Straßenfuhrwerken. Auch diese Brücke hat Versteifungsträger in der Höhe der Fahrbahn.

Die Bedeutung der Rölblingschen riesenhaften Bauwerke beruht hauptsächlich in der Kühnheit der Entwürfe, der Tatkraft ihrer Ausführung und den oben Seite 19 unter 1 und 2 erwähnten Neuerungen.

Die Wiedereinführung der schräggespannten Versteifungsteile (stays) erwies sich jedoch als wenig zweckmäßig; diese Anordnung wurde daher später nicht mehr beibehalten.

Das zweite der oben Seite 18 erwähnten Mittel zur Versteifung von Hängebrücken bestand in der Anordnung von sogenannten Doppelketten, die durch Diagonalverbindungen zu einem mehr oder weniger steifen Fachwerk verbunden waren.

Doppelketten sind zuerst 1836–39 bei dem Bau der Kettenbrücke über die Weser bei Hameln durch den Hannoverischen Baurat Wendelstadt ausgeführt worden. Einige andere Brücken, bei denen diese Bauart angewendet wurde, sind: Aspernbrücke über den Donaukanal in Wien (1863–1864), Brücke im Zuge der siebenten Straße in Pittsburg (1884), Brücke im Zuge der Grand Avenue in Pittsburg (1890).

Auch diese Bauart scheint nur noch geschichtliches Interesse zu haben und wird gegenwärtig kaum mehr ausgeführt.

Der bei der Anordnung von Doppelketten zu Grunde liegende Gedanke, die Versteifung in unmittelbare Verbindung mit der Hängegurtung zu bringen, ist jedoch in etwas anderer Form bei der Point-Brücke über den Monongahela in Pittsburg ausgeführt. Diese wurde 1875–77 von Hemberle erbaut. Sie hat eine Öffnung von 244 m Stützweite und 26,84 m Pfeilhöhe; zur Versteifung dienen zwei einfache sichelförmige Balkenträger, die in der Mitte durch ein Gelenk mit einander verbunden sind.¹⁾

Ein Bauwerk, dessen Trägeranordnung auf einem ähnlichen Grundgedanken beruht, das aber in seiner äußeren Erscheinung gleichwohl ein gänzlich anderes Bild bietet, ist die 1886–94 erbaute Tower-Brücke in London. (Abb. 88.) Sie liegt von allen über der Themse erbauten festen Brücken am weitesten unterhalb. Da der Groß-Schiffahrtsweg seit Jahrhunderten an der alten, oberhalb liegenden Londonbrücke erst seine Grenze gefunden hatte, durfte er durch die Towerbrücke nicht gestört werden. Andererseits gestattet die Höhenlage der beiderseits anschließenden Straßen nicht, die Fahrbahn in einer für die Durchfahrt der Seeschiffe geeigneten Höhe anzuordnen. Man entschloß sich daher, für die Mittelöffnung eine bewegliche Brücke auszuführen. Die Seitenöffnungen sind durch statisch bestimmte steife Kettenfachwerke überbrückt, deren Züge durch ein zwischen den Mittelpfeilern angeordnetes Zugband aufgenommen werden. In der Höhe dieses Zugbandes liegt eine feste Brücke für den Fußgängerverkehr. Die Lichtweite der beiden Seiten-

öffnungen beträgt 82,30 m, die der Mittelöffnung 61 m. In den beiden Türmen führen Treppen und Aufzüge für den Fußgängerverkehr hinauf.

Der Entwurf ist von Sir Horace Jones und J. Wolfe Barry aufgestellt.¹⁾

Zweckmäßiger als derartige Ausführungen von versteiften Ketten ist die Anordnung von Versteifungsbalken in der Nähe der Fahrbahn (vergl. oben Seite 18 unter c). Diese Bauart ist bei größeren Kettenbrücken nur einmal ausgeführt, nämlich bei der 1898–1903 erbauten Elisabethbrücke über die Donau in Budapest (Stützweite 290 m).²⁾

Es gibt auch versteifte Hängebrücken, deren obere Gurtung nicht durch gelenkige Ketten, sondern durch gelenklose gekrümmte Stäbe, ähnlich wie die Gurtungen von Balkenbrücken gebildet sind. Als Beispiel hierfür sei erwähnt die Mühlentor-Brücke über den Elb-Trave-Kanal bei Lübeck. (Abb. 90.) Der Entwurf wurde von dem Oberbaudirektor Rehder in Lübeck aufgestellt; das Bauwerk wurde 1899 von der Gesellschaft Harkort in Duisburg ausgeführt. Es enthält drei Öffnungen; die mittlere hat eine Stützweite von 41,79 m, die beiden seitlichen von 19,66 m. Die Versteifungsträger liegen unter der Fahrbahn.

Von Drahtkabelbrücken mit Versteifungsträgern seien zunächst die oben Seite 19 angeführten, von Rölbling erbauten drei Brücken erwähnt. Außer diesen haben noch verschiedene Drahtbrücken Versteifungsträger erhalten. Wohl das bedeutendste unter den neueren Bauwerken dieser Art ist die Williamsburg-Brücke über den East-River in New York. (Abb. 91.) Der Entwurf ist von Buck aufgestellt; die Ausführung erfolgte 1896–1903 unter Leitung von Hildenbrand. Die Brücke enthält eine Hauptöffnung von 487,7 m Stützweite und zwei Seitenöffnungen von 181,1 m Stützweite. Eine Beschreibung findet sich in der Schrift von Hildenbrand „Die Hängebrücken von der ältesten bis zur neuesten Zeit“, New York 1905 (Vortrag). Das bei der Aufstellung angewandte Verfahren ist beschrieben in der Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1901, S. 317. Ein Bauwerk von ähnlichen Abmessungen ist die 1901–1910 gleichfalls nach einem Entwurfe von Buck erbaute Manhattan-Brücke über den East-River in New York. Die Stützweite der Mittelöffnung beträgt hier 448 m, die der beiden Seitenöffnungen 221 m.³⁾

Verhältnismäßig am seltensten von den oben Seite 18 erwähnten Hilfsmitteln zur Versteifung von Hänge-

¹⁾ Engineer 1889, I, S. 511 und 518; II, S. 138, 140, 179, 202, 212, 326, 329, 336. Engineering 1892, II, S. 380; 1894, I, S. 852. Eng. news 1894, I, S. 43. Builder 1894, S. 500. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1894, S. 410, (Aus diesem Artikel sind die vorstehenden Angaben entnommen.) 514 u. 544. Zentralbl. der Bauverw. 1882, S. 400; 1884, S. 505, 1886, S. 57, 73. Stahl und Eisen 1892, S. 1037–1040. Génie civil 1897, Bd. 31, S. 273, 337.

²⁾ Zentralbl. der Bauverw. 1894, S. 234, 295, 305, (322, 325, 342, 357, 361, 377, 436, 445) — Zeitschr. des österr. Ing. und Arch. Ver. 1904, S. 261, 277. — Schweiz. Bauzeitg. 1904, Bd. 44, S. 1. — Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 97. — Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1894, S. 979, 1035, 1119, 1238; 1900, S. 558. — Zeitschr. des ungarischen Ing. u. Arch. Ver. 1895. — Die Eisenkonstruktion der Elisabethbrücke in Budapest. Ausgeführt in den Jahren 1898 bis 1903 von der Maschinenfabrik der Königl. ungarischen Staatsbahnen in Budapest. Budapest 1904.

³⁾ Eisenbau 1911, S. 157 und 205.

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 378.

brücken ist das sogenannte „Hängefachwerk“ ausgeführt worden. Wohl die älteste Ausführung dieser Bauart ist die 1862 von Barlow erbaute Lambethbrücke über die Themse in London. Sie ist als Kabelbrücke ausgebildet und hat drei Öffnungen von je 82 m Stützweite.

Die meisten durch Hängefachwerk versteiften Brücken besitzen keine gelenkigen Ketten oder Kabel, sondern sind mit durchlaufenden steifen Gurtungen versehen, ähnlich denjenigen der Balkenbrücken. Ein in ästhetischer Hinsicht besonders bemerkenswertes Beispiel für diese Bauart ist der 1869 nach dem Entwurf von Schmick ausgeführte Kettensteg zwischen Frankfurt a. M. und Sachsenhausen.

In Deutschland scheint man dem Bau von Hängebrücken in neuester Zeit mehr Aufmerksamkeit als früher zuzuwenden. Ein bemerkenswertes Bauwerk, dessen Abmessungen im Vergleich mit den erwähnten amerikanischen Brücken freilich bescheiden sind, ist die 1908–1910 erbaute Kaiserbrücke in Breslau. (Abb. 94.) Sie hat biegsame Flacheisenketten mit unteren Versteifungsträgern. Die Stützweite der letzteren beträgt 114,00 m, die der Ketten 126,60 m. Der Entwurf ist von Regierungsbaumeister Dr. Ing. Weyrauch und Regierungsbaumeister Mayer aufgestellt. Der eiserne Überbau wurde von der Firma Beuchelt & Co., Grünberg in Schlesien, ausgeführt.¹⁾

Bei dem Wettbewerb für eine feste Straßenbrücke über den Rhein bei Köln im Jahre 1911 zeigte die überwiegende Mehrzahl der preisgekrönten und angekauften Entwürfe die Anordnung von Hängebrücken.²⁾

B. Konstruktionsformen des Eisens im Hochbau.

Die Verwendung des Eisens im Hochbau läßt sich nach verschiedenen Unterscheidungsmerkmalen einteilen, nämlich:

- a) Nach dem Zwecke, den die betreffenden Bauwerke zu erfüllen haben. Es kommen hier in Betracht: Bahnhofshallen, Markthallen, Ausstellungsgebäude, Fabrikgebäude, Pflanzenhäuser, Wassertürme, Aussichtstürme; ferner: Bibliotheken, Museen, Theater, Parlamentsgebäude, Schulen, Kirchen, Warenhäuser, Geschäftshäuser, Badeanstalten, Börsen, gedeckte Räume in Badeorten zur Erholung oder Vergnügung, schließlich neuerdings auch Luftschiffhallen.
- b) Nach der räumlichen Gestaltung teilt Meyer in dem Werke „Eisenbauten“ die Eisenhochbauten ein in 1. Längshallen, ungeteilt oder geteilt; 2. Zentralhallen und 3. den aus beiden zusammengesetzten Hallen-Kuppel-Komplex. Bei den Zentralhallen unterscheidet er wieder

a) Kuppel, β) Zelt und γ) Glocke.

Die Unterscheidungsmerkmale der drei zuletzt genannten Unterarten sind aber nicht sehr stark; namentlich sind die Begriffe „Kuppel“ und „Glocke“ kaum voneinander zu trennen.

- c) Außer diesen Unterscheidungsgrundsätzen fallen aber noch sehr große Verschiedenheiten der unter a ge-

¹⁾ vergl. Eisenbau 1911, S. 45 und 118.

²⁾ Vergl. z. B. Z. d. B. 1911, S. 413, 429 u. f., D. B. 1911, S. 611, 621 u. f.; Eisenbau 1911, S. 399, 455, 500 u. f.; Z. d. V. d. Ing. 1911 u. 1912.

nannten Gebäudegruppen ins Auge hinsichtlich der Art der Verwendung des Eisens. Nicht überall spielt das Eisen dieselbe Rolle. Einige jener Gebäude sind ganz aus Eisen hergestellt; bei anderen wieder ist zwar das Eisen der wichtigste Baustoff, gleichsam das Gerippe, während die den Raum bildenden Flächen aus anderen Stoffen hergestellt sind. Schließlich gibt es zahlreiche Fälle im Hochbau, in denen das Eisen zwar eine konstruktiv nicht unwichtige Rolle spielt, beispielsweise zur Deckenbildung, in denen aber die Eisenteile für die ästhetische Wirkung sehr stark zurücktreten und eigentlich nur für den Fachmann zur Geltung kommen. Es ist also der Grad der ästhetischen Bedeutung, den das Eisen als Baustoff für das ganze Bauwerk bekommt, in den verschiedenen Fällen außerordentlich verschieden. Beispielsweise hat bei sehr vielen Bahnhofshallen auch der Nichtfachmann sofort den Eindruck, daß das ganze Gebäude aus Eisen besteht; andererseits sind viele steinerne Bauwerke mit einem eisernen Dach versehen, wobei durch die Eindeckung von außen und durch die darunter liegende Balkendecke von innen die Eisenteile völlig den Augen entzogen sind. In solchen Fällen ist eben das Eisen nur Mittel zur Konstruktion, ohne Bedeutung für den ästhetischen Eindruck. Dementsprechend ist auch die Art der ästhetischen Behandlung, die dem Eisen seitens der Architekten oder Ingenieure zuteil wurde, sehr verschieden.

Bei der großen Mannigfaltigkeit der zahlreichen in Betracht kommenden Gebäude- und Konstruktionstypen ist es sehr schwierig, eine einzige übersichtliche Einteilung zu finden. Der folgenden Übersicht über die geschichtliche Entwicklung der Eisenhochbauten soll die nachfolgende Einteilung zu Grunde gelegt werden:

1. Längshallen. Zu diesen zählen hauptsächlich die Bahnhofshallen und ähnliche Bauwerke, wie Markthallen und Ausstellungsbauten.
2. Kuppelbauten. Solche Zentralbauten, die durch eine einzige Kuppel gedeckt sind, finden sich verhältnismäßig selten. In der Mehrzahl aller Fälle ist die Kuppel als bekrönender Abschluß auf ein im Grundriß irgendwie gegliedertes Gebäude gesetzt worden. Es soll in diesem Abschnitt vorwiegend die Entwicklung der Konstruktionsformen der Kuppeln an sich unter besonderer Beachtung der ästhetischen Wirkung behandelt werden.
3. Hallen-Komplexe. Hierunter verstehen wir die Vereinigung mehrerer einzelner Längshallen und Zentralbauten zu einer größeren Anlage, und zwar entweder die Vereinigung von Längshallen miteinander oder die Vereinigung von Längshalle und Zentralraum, der durch eine Kuppel gekrönt ist.
4. Türme, im besonderen Wassertürme.

1. Längshallen.

(Bahnhofshallen, Markthallen, Ausstellungshallen.)

Die ersten Decken- und Dachkonstruktionen aus Schmiedeeisen wurden bereits Ende des achtzehnten Jahr-