



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen

Text

Jordan, Hermann

Berlin, 1913

c) Hängebrücken

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

auf die amerikanischen hölzernen Bogensehnensträger oder nach anderer Lesart auf einen Vorschlag des Mechanikers Josef Schmidbauer in München (1829) zurück. Ferner haben die ungarischen Ingenieure Hoffmann und Maderspach schon 1833 zu Lugos und 1837 an der Czernabücke bei Mehadia¹⁾ den Schub der gußeisernen Bögen durch eine schmiedeeiserne Stabkette aufgehoben. Von schweißeisernen Brücken ist wohl zuerst die Brooksbrücke in Hamburg (1888) mit Zugbändern ausgestattet worden. Ihr folgte 1892 die Hackerbrücke in München (Abb. 70), deren Zugband 2,2 m über der Mitte der Fahrbahn liegt, damit der Querverkehr nicht behindert und andererseits die Haupttragkonstruktion möglichst gleichmäßig der strahlenden Sonnenwärme ausgesetzt wird²⁾. Hauptsächlich aber fand der Bogen mit Zugband an Flußmetall-Brücken Verbreitung, nämlich 1897–99 an der Moselbrücke in Trarbach³⁾ (64,35 m) (Abb. 74) und an der Straßenbrücke über die Süderelbe bei Harburg⁴⁾ (100,10 m), sowie 1898–1901 an der 116,8 m weit gespannten Eisenbahnbrücke bei Worms⁵⁾ (Abb. 67), wobei letztere sowie die Trarbacher Brücke eine freischwebende Fahrbahn nach Harkort erhielten. Daran schlossen sich, um nur einige der größten Ausführungen dieser Art zu nennen, 1899–1901 die Königs-Straßenbrücke (Abb. 68) über die Elbe in Magdeburg⁶⁾ (135 m), 1902–03 die Kaiser-Brücke über den Rhein bei Mainz⁷⁾ (116,80 m) (Abb. 73), 1904–07 die Königin-Luisen-Straßenbrücke über die Memel in Tilsit⁸⁾ (105,6 m), und 1906–07 eine Straßenbrücke über die Oder bei Beuthen (101,76 m).

In Rußland wurde 1904 die Brücke über die Msta bei Borowitschy⁹⁾ (107 m) und die Wolgabücke bei Kasan (158,4 m)¹⁰⁾, in Tonkin 1908 die Eisenbahnbrücke über den Songma¹¹⁾ (162,40 m) als Bogen mit Zugband ausgeführt¹²⁾.

Schlaffe Bögen mit Versteifungszugbalken (Langer-Träger), also Konstruktionen, die einen ungehinderten Querverkehr und ungestörten seitlichen Ausblick ermöglichen sollen, wurden u. a. an der Ferdinandsbrücke über die Mur in Graz¹³⁾ (1881), an der Ihme Brücke in Hannover¹⁴⁾ und an der Überführung des Kurfürstendamms in Halensee (1892) angewandt.

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1838, S. 403. Atlas Bl. CCXLII.

²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 1441.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1898, S. 248, 257. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 219.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1899, S. 477. Zeitschr. f. Bauwesen 1901.

⁵⁾ Deutsche Bauzeitg. 1900, S. 565. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1642.

⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 833.

⁷⁾ Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 213. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 686. Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 221.

⁸⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1907, S. 573. Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 687.

⁹⁾ Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 136.

¹⁰⁾ Deutsche Bauzeitg. 1911, S. 257.

¹¹⁾ Le Génie Civil 1908, Bd. 55, S. 25.

¹²⁾ Über die 134,3 m weite neue Brücke „Kaiser Peter des Großen“ in Petersburg s. Der Eisenbau 1910, S. 320.

¹³⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. z. Hannover 1883, S. 552. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 559. 1900, S. 579.

¹⁴⁾ Deutsche Bauzeitg. 1890, S. 255.

c) Hängebrücken.

1. Kettenbrücken.¹⁾

Als man anfangs das Schmiedeeisen zu bevorzugen, war es nach dem damaligen Zustand der Industrie fast unmöglich, große Stücke zu fertigen. Andererseits verlangte gerade der Brückenbau die Bewältigung immer größerer Spannweiten. Man mußte sich daher um Lösungen bemühen, die den zu Gebote stehenden technischen Hilfsmitteln entsprachen. Da griffen die Amerikaner die Hängekonstruktion auf und spannten als Brückenträger Ketten aus, die aus einzelnen geschmiedeten Gliedern von Rund- oder Quadrateisen leicht zusammensetzen waren, und an eisernen Stangen die horizontale Brückenbahn trugen. Allerdings war dieser Gedanke nicht neu, denn mit Hängekonstruktionen aus Lianen-tauen u. dergl. hatten schon seit undenklicher Vergangenheit einfache Naturvölker Schluchten und Ströme überbrückt, es sei z. B. nur an die Seilbrücken über den Apurimac in Peru u. a.²⁾ erinnert. Auch hat man, wie erwähnt, bereits in alter Zeit in China, dann in Tibet bei Schloß Dürbi und bei Müirschom, im Jahre 1741 über den Teesfluß³⁾ in England u. dergl. m. Brücken geschlagen, bei welchen die Bahn auf Ketten lag. Selbst die Aufhängung der Bahn an dem ausgespannten Trageseil kann nicht als amerikanische Neuerung betrachtet werden, da sie bereits im Jahre 1617 von Faustus Verantius bildlich dargestellt wurde⁴⁾. Aber das Verdienst der Amerikaner ist, die Hängebrücken sachgemäß ausgestaltet und folgerichtig weiter entwickelt zu haben.

Die erste derartige Brücke wurde von James Finley im Jahre 1796 zwischen Union-Town und Greenburgh über den Jacobs Creek mit 21 m Spannweite erbaut. Weitere Brücken dieser Art folgten sehr rasch, so daß um 1808 deren bereits 40 in Amerika bestanden. Die bedeutendste darunter wurde die 1809 vollendete und erst 100 Jahre später für den Verkehr geschlossene Merrimac-Brücke bei Newburyport in Massachusetts⁵⁾ (62 m Hauptweite). Bald nahm auch England den Bau von Hängebrücken auf, wenn auch mit zeitweiligem Mißerfolg, indem z. B. die 79 m weite Kettenbrücke über den Tweed bei Dryburgh-Abbey⁶⁾ (1817–18) bald wieder einstürzte. Hauptsächlich war hierbei Schuld, daß die nach den Vorschlägen von Löscher (1784) und Poyet (1787) angewandten geraden Schrägbänder nicht genügende Steifigkeit ergaben. Sie wurden daher beim Wiederaufbau fast alle weggelassen und durch Tragketten ersetzt, welche man hier zum erstenmal seitlich ausspreizte, um größere Steifigkeit für die Brücke zu erzielen. Zu gleichem Zweck kamen auch schon festgebaute Holzgeländer, sich kreuzende Ketten an der Unterseite der Bahn, und Rückhaltketten nach den Ufern zur Anwendung.

¹⁾ Zur Übersicht über die wichtigsten Kettenbrücken s. Tabellen bei Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 366, 414, 418.

²⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 227, Fig. 251. Allgem. Bauzeitg. 1840, S. 112. Zeitschr. f. Bauwes. 1857, S. 225. Vergl. auch: K. Weule „Die Urgesellschaft und ihre Lebensfürsorge“, Stuttgart 1912, Verlag Kosmos, S. 104 „Lianenbrücke in Kamerun“, S. 105 „Tarabite (Seilbrücke) in den Cordillern Südamerikas“.

³⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau S. 230, Fig. 255.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1910, S. 645, Abb. 7.

⁵⁾ Engineering News, 3. Aug. 1911, S. 129. Der Eisenbau 1912, S. 48.

⁶⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 241, Fig. 265. Zeitschr. f. Bauwes. 1857, S. 232.

Im Jahre 1814 führte Brown bei einem 32 m weiten Steg in London die Flacheisenkette ein, die aus hochkantigen, durch Bolzen verbundenen Flacheisen bestand, und für die er im Jahre 1818 ein Patent erhielt. Er errichtete damit u. a. 1820 die 136,8 m weite Brücke über den Tweed bei Northamford. Ihren größten Triumph feierte die Brown'sche Bolzenkette bei den von Telford errichteten grossen Brücken, nämlich der 1826 mit 176,5 m größter Stützweite vollendeten Menai-Brücke bei Bangor (Abb. 86), und der gleichzeitigen Conway-Brücke¹⁾ (98,0 m), sowie bei der 1824–27 von Clark errichteten Hammersmithbrücke in London (128,7 m)²⁾. Letztere ließ die Rückhaltketten bereits im Verlauf der Seitenöffnungen unter die Fahrbahn treten, wobei diese teils an die Kette angehängt, teils auf sie mittels gußeiserner Säulen abgestützt wurde. Die Hammersmithbrücke beeinflusste in hohem Maße die ersten Hängebrücken des Festlandes, und stand wohlhalten bis zu ihrer gründlichen Verstärkung im Jahre 1886 (Abb. 95). Endlich wäre auch die 122 m weite Kettenbrücke über den South-Esk-Fluß bei Montrose in Schottland nicht zu vergessen, die von Brown 1828–29 erbaut und von Rendel 1840 durchgreifend verbessert wurde³⁾, sowie die Hungerfordbrücke über die Themse in London (1841–45). Letztere wurde im Jahre 1860 abgebrochen und ihre Ketten dienten 1862–64 zur Vollendung der kühnen Cliftonbrücke⁴⁾ über den Avon bei Bristol, der weitest gespannten Kettenbrücke Englands (214 m) (Abb. 89).

Aus Deutschland und Österreich haben wir über die Errichtung von Hängebrücken schon sehr früh Nachrichten. So soll bereits 1785 bei Weilburg in Nassau eine 30 m lange Kettenbrücke über die Lahn gebaut worden sein. Dann kam in den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts eine ganze Reihe von Ausführungen, darunter die 1827 errichtete, 64 m weite Egerbrücke bei Saaz in Böhmen⁵⁾, welche ein verhältnismäßig hohes Alter erreichte und erst 1895 durch eine eiserne Fachwerkbrücke ersetzt wurde. In Wien entstand u. a. im Jahre 1828 der Karls-Kettensteg (95 m) von v. Mitis, die erste mit Stahl ausgeführte Brücke. Die österreichischen Kettenbrücken⁶⁾ gaben Anregung zu der Bamberger Ludwigsbrücke⁷⁾, welche 1828–29 mit 64,3 m Weite an die Stelle einer Wiebeking'schen Holzbrücke trat, ihrerseits aber 1889–91 durch eine Auslegerbrücke ersetzt wurde.

Verhältnismäßig frühzeitig, 1824–26, erhoben sich unter französischem Einfluß in Rußland Kettenbrücken⁸⁾, während man in Frankreich selbst, von wo die Theorie dieses Brückensystems ausgegangen war, nicht allzu rasch an Ausführungen herantrat. Die von Navier entworfene Invalidenbrücke in Paris mißglückte zunächst (1826), wurde dann aber von de Vergès 1827–29 hauptsächlich nach dem Vorbild der

Hammersmithbrücke in London neu errichtet¹⁾. Zugleich entstand der Arcolesteg über die Seine mit 40 m Stützweite. Beide hielten aber nur bis 1853 und 54 stand und wurden durch einen Steinbau resp. die eiserne Arcolebrücke ersetzt. Die letzte Kettenbrücke in Paris war die Bercybrücke (1832), die bis 1864 gestanden hat²⁾.

Als Hängebrücken besonderer Art wären die Kettenbrücken mit oben liegender Bahn zu nennen, wofür der 1834 von Dufour errichtete Pont des Bergues über die Rhone in Genf³⁾ ein Beispiel gibt, ferner die Brücken mit Ketten aus zusammengelegten Bandisenstreifen, wie sie Flachet 1834 in Abainville (40 m) und 1840 bei Surènes (63 m) anwandte⁴⁾, und endlich die Brücken nach den Bauarten von Hatley und Dredge⁵⁾.

Um den der freien Hängebrücke anhaftenden Mangel allzu geringer Steifigkeit zu beseitigen, ging man auf dem Wiederaufbau der Brücke von Dryburgh-Abbey beschrittenen Weg weiter: man spannte die Ketten sehr flach, z. B. 1 : 18 an der Postbrücke in Petersburg, stellte die Tragwände schräg und brachte Hilfsseile und Gegenketten an. Ferner erprobte man die Schrägbänder, welche sich schon um 1817 an der Kings-Meadow-Brücke und an der Tweedbrücke bei Dryburgh-Abbey, sowie 1824 bei Nienburg⁶⁾ wenig bewährt hatten, aufs neue im System Ordish-Lefevre, nämlich 1868 an der Franz-Josef-Brücke über die Moldau bei Prag⁷⁾ und 1870–73 an der Albert-Kettenbrücke über die Themse (122 m)⁸⁾. Der Erfolg dieser Maßnahmen war indessen gering⁹⁾.

Schon besser war die Sicherung der Hängebrücken durch Doppelketten mit zwischengelegtem, versteifendem Dreieckstabwerk, wie es Wendelstadt 1836–39 an der Kettenbrücke über die Weser bei Hameln (95 m) und 1842–45 an der Neckarbrücke bei Mannheim (86 m) anbrachte. Schnirch übernahm dieses System für Wien¹⁰⁾, auch wurden danach die Brücken der 7. Straße in Pittsburgh¹¹⁾ von Lindenthal (1884) und die Grand-Avenue-Straßenbrücke in St. Louis¹²⁾ von Gayler (1888–90) versteift. Gelegentlich hat man auch sichelförmige Fachwerkträger an die Tragurte angelegt, z. B. 1877 beim Bau der Point-Brücke (244 m) über den Monongahela in Pittsburgh¹³⁾, welche später einer Tiberbrücke in Rom (1889)¹⁴⁾, einer Anzahl Brücken in Frankreich und 1895 der Towerbrücke¹⁵⁾ in London zum Vorbild diente (Abb. 83).

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 401.

²⁾ Ebenda, 1864, S. 152.

³⁾ Ebenda, S. 36.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1843, S. 221.

⁵⁾ Engineering 1892, Bd. 53, S. 4.

⁶⁾ Zeitschr. d. ö. Ing.-Ver. 1867, S. 102.

⁷⁾ Engineer 1868, Bd. 26, S. 343 mit Tafelbeilage. Zeitschr. d. ö. Ing.-Ver. 1868, S. 115, 160.

⁸⁾ Engineering 1872, Bd. 14, S. 206. Engineer 1873, Bd. 36, S. 281, Abb. S. 288.

⁹⁾ Der Eisenbau 1911, S. 188.

¹⁰⁾ Allgem. Bauzeitg. 1860, S. 220, Atlas Bl. 380.

¹¹⁾ Ebenda, S. 400.

¹²⁾ Ebenda, S. 401, Fig. 458.

¹³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1879, S. 157. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 634.

¹⁴⁾ Ebenda, 1900, S. 634.

¹⁵⁾ Engineer 1889, Bd. 68, S. 138, 140, 179, 202, 212, 326, 329, 336. Stahl und Eisen 1892, S. 1037. Engineering 1892, Bd. 54, S. 380. 1894, Bd. 57, S. 852. Engin. News 1894, Bd. 31, S. 43. Builder 1894, Bd. 66, S. 500. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 410.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1857, S. 571. Rickmann, Life of Th. Telford, Atlas Taf. 78.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 406.

³⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 362, Fig. 414. Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 555.

⁴⁾ Engineer 1864, Bd. 18, S. 192. Engineering News 1913, Bd. 69, S. 191.

⁵⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 373, Fig. 429.

⁶⁾ Allgem. Bauzeitg. 1836, S. 121. Atlas Bl. XXIX, XXXII bis XXXIV.

⁷⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1864, S. 34.

⁸⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau S. 376 u. f. Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 560.

Als sehr zweckmäßig erwies sich die schon an den Seilstegen einfacher Völker¹⁾ vorkommende Versteifung der Brückenbahn. Hierzu verwandte man zunächst Holz, z. B. 1825–30 an der Kabelbrücke bei Valence und 1839–45 an der 203 m weiten Kettenbrücke in Budapest²⁾ (Abb. 27). Auch zog man, durch die Erfahrung belehrt, noch nachträglich 1839 an der Menaibrücke und 1840 an der Montrosebrücke hölzerne Längsbalken ein. Bald wurde aber auch für derartige Versteifungen Eisen bevorzugt, ja an der 97,6 m weiten Mühlheimer Kettenbrücke (1842–44) sowie an der von Vignoles 1847–53 errichteten Nicolaibrücke (134 m) über den Dnjepr in Kiew der ursprüngliche hölzerne Längsverband noch nachträglich gegen einen eisernen ausgetauscht.

Eine andere Versteifungs-Konstruktion für Hängebrücken ergab sich in der Anwendung eines Hängefachwerks, indem man in den Zwickel zwischen Hängegurt und Fahrbahn ein Streben- oder Ständerfachwerk einlegte, dessen Obergurt von Tragband und dessen Untergurt vom Fahrbahn-Längsträger gebildet wurde. Das erste Beispiel eines solchen Hängefachwerks bietet eine Kabelbrücke, nämlich die 1833 von Barlow erbaute Lambethbrücke in London³⁾. Ihr Längsträger besitzt Kasten-Querschnitt und die Knotenpunkte am Obergurt werden durch zwei fest um das Kabel zusammengepreßte Lagerschalen gebildet. Als deutsche Kettenbrücke mit Hängefachwerk wurde der Fußgängersteg auf dem Bahnhof zu Gotha (1872) erbaut, während die 1869 von Schmick errichtete Fußgängerbrücke in Frankfurt a. M. (69 m)⁴⁾ und die 1892–93 durch Köpcke ausgeführte Elbebrücke zwischen Loschwitz und Blasewitz⁵⁾ nicht gelenkige Ketten, sondern steife Hängegurte, die mit den Wandstäben vernietet sind, besitzen, und daher als umgekehrte steife Bogenbrücken zu bezeichnen wären.

Eigenartig ist die Augartenbrücke in Wien⁶⁾ (1873), deren flache Hängebänder nach dem System Fives-Lille zwischen parallelen Gurten liegen, so daß man im ersten Augenblick eine Balkenbrücke vermuten könnte. Der obere Gurt hat aber die Endpfosten gegeneinander abzuspreizen und daher mußten diese vor dem Einsetzen des Gurts nach rückwärts verankert werden.

Die eigentlichen Kettenbrücken werden im Laufe der Zeit immer seltener. Es entsteht zwar noch die weitest gespannte Kettenbrücke der Welt, die 290 m weite Schwurplatzbrücke über die Donau in Budapest⁷⁾ (1903) und der 51 m weite Borsigsteg in Berlin (1904–05) (Abb. 92), sowie neuerdings (1910) die 114 m weite Kaiserbrücke⁸⁾ in Breslau (Abb. 94) mit den an die Flachat'schen Ausführungen erinnernden Bandgurten. Im großen und ganzen gewinnt aber doch das Kabel das Übergewicht.

¹⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 19.

²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 99.

³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1866, S. 436, Atlas Bl. 61.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 632, Fig. 54. Im Jahre 1912 durch einen Auslegersteg ersetzt, vergl. Zeitschr. d. Verb. deutsch. Arch.- und Ing.-Vereine 1913, S. 22.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 636.

⁶⁾ Ebenda, S. 635.

⁷⁾ Zeitschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1904, S. 261. Schweiz. Bauzeitg. 1904, Bl. 44, S. 1. Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 99. Über Herstellung der Kettenglieder s. Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwes. 1900, S. 558.

⁸⁾ Der Eisenbau 1911, S. 45.

2. Drahtkabelbrücken.

Der nach der Bauart Finley ausgeführte Kettensteg über den Schuylkill bei Philadelphia war zweimal, 1811 und 1816 eingestürzt. Beim Wiederaufbau machte man sich die Beobachtung zu Nutze, daß gezogener Schmiedeisendraht eine sehr hohe Festigkeit besitzt, und konstruierte die Tragbänder als Drahtkabel¹⁾. Seguin der Ältere übertrug die neue Bauweise nach Europa, wo sie vor allem in Frankreich und in der Schweiz rasche Verbreitung fand, um dann erst in den vierziger Jahren wieder in größerem Umfang nach Nordamerika übernommen zu werden.

Die erste europäische Drahtkabelbrücke errichteten Dufour und Seguin 1822–23, nämlich die Brücke St. Antoine in Genf (2 Öffnungen von je 40 m), welcher im Jahre 1825 die Rhonebrücke zwischen Tain und Tournon mit zwei Öffnungen von je 85 m folgte. Dadurch wurde vor allem in Frankreich der Bau einer großen Anzahl neuer Brücken angeregt, unter denen allerdings die 109 m weite Brücke von Cubzac²⁾ (1827–39) schon in ihrer ersten Anlage, hauptsächlich wegen ihrer komplizierten Seilanordnung äußerst mangelhaft war und infolgedessen 1869 durch Sturm so stark beschädigt wurde, daß sie abgetragen werden mußte. Ähnliches widerfuhr auch der weitest gespannten französischen Kabelbrücke, der 1836 errichteten Vilainebrücke bei la Roche-Bernard (198,27 m)³⁾. Diese war dadurch bemerkenswert, daß Leblanc bei ihr die Tragkabel nicht, wie bisher in Frankreich üblich, in der Fabrik, sondern zum erstenmal am Bau herstellen lassen.

Die Stadt Paris erbaute in den Jahren 1833–42 mehrere Drahtkabelbrücken, doch war diesen nur eine kurze Dauer beschieden.

Die größte Stützweite aller Drahtkabelbrücken Europas, 273 m, wurde von Chaley 1832–34 in Freiburg in der Schweiz erreicht, und zwar mit nur zwei Kabeln von 20 Seilen, welche zusammen 1056 Drähte von je 3,8 mm Stärke enthielten;⁴⁾ allerdings wurde im Jahre 1851 noch eine Verstärkung der Verankerung, und 1881 die Zufügung weiterer Kabel für ratsam erachtet. Chaley führte auch die zweite Freiburger Brücke, die 227 m weite Gotteron-Brücke aus (1834–40), welche im Jahre 1897 noch weitere Kabel bekam.

Wie bei den ersten Kettenbrücken, so war auch bei den Kabelbrücken die Widerstandsfähigkeit gegen Wind und regelmäßige Erschütterungen anfangs sehr gering und es führte dies zu unliebsamen vertikalen und horizontalen Schwankungen, die mit der Zeit große Befürchtungen und allgemeines Mißtrauen hervorriefen.

Zwar hatte sich schon Seguin mit der Frage der Versteifung befaßt und bereits an hölzerne Längs-Parallelträger mit Gegenstreben und eisernen Zugstangen nach Art der späteren Howe'schen Träger gedacht sowie mehrfache guirlandenartig hängende Kabel mit ungleichen Pfeilhöhen vorgeschlagen, wie sie weiterhin an französischen Seilbrücken

¹⁾ Zur Übersicht über die wichtigsten Drahtkabelbrücken vergl. Tabellen bei Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 441, 453, 468, 498, 508.

²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1845, S. 91, Atlas Bl. DCLVIII.

³⁾ Ann. des ponts et chaussées 1859, 3. Serie, 2. Halbjahr, S. 249–329, Taf. 168–170.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1836, S. 341. Atlas Bl. LXXV.

ausgeführt worden sind. Aber zu durchgreifenden Maßnahmen hatte dies noch nicht geführt, obwohl gelegentliche Unfälle und Einstürze den sich mehrenden Warnungen stets neue Nahrung zuführten. Da kam das große Unglück von Angers im Jahre 1851, nämlich der bei Sturm unter einer marschierenden Truppe erfolgte Zusammenbruch der 1835—38 erbauten Mainebrücke (104,50 m). Jetzt trat in Europa, insbesondere in Frankreich eine starke Ernüchterung ein: Neue Brücken wurden in der bisherigen wenig steifen Bauart nicht mehr errichtet und die bestehenden Bauwerke wurden eifrig nachgeprüft und verstärkt, stellenweise sogar anderweitig ersetzt.

Dagegen fand das System der einfachen Kabelbrücken in Amerika Aufnahme. Die schon erwähnte Schuylkillbrücke (1816) wirkte allerdings wenig anregend, auch stand der Holzbrückenbau im Vordergrund. Nachdem aber von Röhling die erste Drahtfabrik gegründet war (1840), wurde die französische Bauart der Kabelbrücken durch Ellet eingeführt, der 1840 eine Brücke über den Schuylkill im Fairmont-Park in Philadelphia, 1847 die 308 m weite Ohio-Brücke bei Wheeling¹⁾, 1849 die erste Kabelbrücke über die Niagara-fälle (231,6 m)²⁾ und 1852 die 146 m weite Brücke über den Elkfluß in Charleston errichtete. Die Ohio-Brücke wurde im Jahre 1854 durch Sturm zerstört. Sie wurde zwar 1856 durch Cormick wieder aufgebaut, war aber so wenig steif, daß im Jahre 1873 ein sichernder Umbau durch Hildenbrand vorgenommen werden mußte. Einen zweiten Drahtsteg (317 m Weite) spannte Serrel über die Niagara-fälle (1850). Besondere Bedeutung gewannen für Amerika aber erst die Kabelbrücken eines geborenen Deutschen, des schon genannten Johann Röhling³⁾. Dieser führte vor allen Dingen das Luftspinnverfahren ein, d. h. er ließ die Kabel an Ort und Stelle aus gespannten Einzeldrähten bündeln, wie dies schon in Frankreich versucht worden war. Ferner vereinfachte Röhling die Seilanordnung, indem er gegenüber der französischen Bauart nur wenige, aber dafür entsprechend starke Kabel anbrachte. Vor allem aber suchte er seinen Brücken die erforderliche Steifigkeit zu geben, und er ließ zu diesem Zweck seine 250 m weite Eisenbahn-Hängebrücke über den Niagara (1851—55)⁴⁾ mit Schrägseilen und Howe'schen Holzträgern ausstatten. Letztere wurden nebst den schadhaft gewordenen Steinpfeilern 1877—86 durch Eisen ersetzt, doch konnte schließlich der Bau der schon erwähnten eisernen Bogenbrücke (1897) an dieser Stelle nicht vermieden werden.

Wie bei den Kettenbrücken, so ging man auch bei den Kabelbrücken bald von der hölzernen zur eisernen Längsversteifung der Fahrbahn über. Mit einer solchen wurde z. B. 1856—57 die 322 m weite Ohio-Brücke zwischen Cincinnati und Covington ausgestattet, welche eine weitere Sicherung dann noch 1895—99 durch Einfügen gegliederter Bogen-sehnenträger erfuhr⁵⁾. Eine größere Weite (387 m) bei ähnlicher Ausführungsweise erhielt 1867—69 die Straßenbrücke

von Keefer über den Niagara bei Cliftonhouse⁶⁾. Mit Fachwerk und Blechträgern wurde die Alleghanybrücke in Pittsburgh⁷⁾ (1860) versteift. Alle diese Brücken übertraf aber die 487,7 m weite erste Eastriverbrücke in New York⁸⁾, welche Röhling Vater und Sohn 1869—83 mit kräftigen gegliederten Längsträgern und in Anbetracht der großen Mittelspannweite mit Kabeln aus Gußstahldraht ausführten⁹⁾.

Eiserne Versteifungsträger erhielten in Amerika auch 1895 die East Liverpoolbrücke (214,4 m) über den Ohio bei Pittsburgh, und 1896—1903 die Williamsburg-Brücke (Abb. 91) über den Eastriver in New York (487,7 m)¹⁰⁾.

Die amerikanische Bauweise steifer Kabelbrücken wurde bald nach Europa, vor allem nach Frankreich übernommen, wobei man jedoch auf die von Vicat 1830 angeregte Austauschbarkeit und damit auf eine größere Zahl von Kabeln Wert legte. Während man ferner in Amerika neben den lotrechten Aufhängebändern noch versteifende Schrägkabel anzubringen pflegte, beschränkten die Franzosen letztere nur auf die den Pfeilern zunächst liegenden Brückenteile, und ließen dort die senkrechten Seile weg. Mit Vorliebe verwandten sie die von Arnodin herrührenden Spiralkabel.

Es entstanden in dieser Weise u. a. 1901 die Aramonbrücke über die Rhone (274,3 m), 1902 die Brücke le Bonhomme über den Blavet (163 m)¹¹⁾ sowie die Hängebrücke über die Rhone zwischen Jons und Niévroz (200 m)¹²⁾. Mit besonders sorgfältiger Rücksichtnahme auf völlige Ersatzmöglichkeit der Kabel ist 1907—1908 nach dem System Giscard die mit Blechträgern versteifte Cassagne-Brücke konstruiert worden (156 m), bei welcher die Schrägseile, um sie geradlinig zu erhalten, ihrerseits wieder an besonderen Entlastungsseilen aufgehängt sind¹³⁾.

Diese Anordnung ist aber umständlich und teuer, und hat daher gelegentlich wieder vor einfacheren Systemen zurücktreten müssen, z. B. an der 162,4 m weiten Brücke von Saint-Martin d'Ardèche¹⁴⁾.

An sonstigen Kabelbrücken mit steifer Fahrbahn wären die 72 m weite Brücke bei Langenargen¹⁵⁾ (1897—98) und die neue Donaubrücke in Passau¹⁶⁾ (128,08 m) zu nennen, sowie die stärkste, wenn auch nicht längste New-Yorker Brücke, die Manhattan-Brücke¹⁷⁾. Letztere ist für Fußgänger, Wagen, Eisenbahn und Straßenbahn bestimmt;

¹⁾ Engineering 1869, Bd. 7, S. 268, Abb. bei S. 289. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1870, S. 126, Taf. V.

²⁾ Scientif. Am. 1879, Bd. 40, S. 335.

³⁾ Zeitschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1877, S. 12. Scientif. Am. 1883, Bd. 48, S. 324. Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 105. Schweiz. Bauzeitg. 1883, Bd. 1, S. 149.

⁴⁾ Herstellung der Kabel s. Scientif. Amer. 1878, Bd. 35, S. 303; Bd. 39, S. 287.

⁵⁾ Le Génie Civil, Bd. 45, 1904, S. 209. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 1213. Deutsch. Bauhandb., Bauk. d. Ing., Der Brückenbau, Bd. I, Eis. Brücken, S. 310.

⁶⁾ Le Génie Civil 1904—05, Bd. 46, S. 217.

⁷⁾ Ebenda, S. 313. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1014.

⁸⁾ Nouv. ann. de la constr. 1909, S. 178. Le Génie Civil 1909, S. 273.

⁹⁾ Nouv. ann. de la constr. 1913, S. 1.

¹⁰⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, S. 11. Deutsch. Bauhandb., Bauk. d. Ing., Der Brückenbau, Bd. I, Eis. Brücken, S. 309.

¹¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1912, S. 6.

¹²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 157. Welt d. Technik 1909, S. 351. Engineering Record 1909. Vol. 60, S. 372. Le Génie Civil Bd. 45, 1904, S. 209.

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1852, S. 208, Atlas Bl. 485. Nouv. annales de la constr. 1865, S. 130, Taf. 42.

²⁾ Allgem. Bauztg., S. 215, Atlas Bl. 485.

³⁾ Über Röhling'sche Hängebrücken vergl. Zeitschr. f. Bauwes. 1862, S. 373. Engineering 1892, Bd. 53, S. 3, Fig. 8.

⁴⁾ Scient. Am. 1879, Bd. 40, S. 335.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1862, S. 377, Atlas Bl. 55.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

ihre Pfeiler sind aus Eisen konstruiert, tragen an ihrer Spitze die Kabel und sind beweglich auf Walzen gelagert, so daß sie in der Längsachse der Brücke pendeln können. Für das Spinnen der Kabel wurden nur 4 Monate gebraucht, während diese Arbeit an der alten, ersten Eastriverbrücke 21 Monate, an der Williamsburgbrücke 7 Monate in Anspruch genommen hatte¹⁾. Das Umschnüren der Kabel geschah durch eine von Robinson erfundene neue Maschine, welche in der Stunde bei drei Mann Bedienung rund 5 m Kabelwerk lieferte, während die früheren Maschinen im Tag bei 5 Mann Bedienung nur rund 6—7 m fertig gebracht hatten.

Die Manhattan-Brücke wird von Bernhard für das hervorragendste Brückenbauwerk Amerikas erklärt, und zwar gegenüber der Williamsburg-Brücke wegen der Schlichtheit der Türme, wegen der Klarheit des Strebe- und Versteifungssystems, und wegen der guten Durchbildung der Einzelheiten²⁾.

Als erste Eisenbrücke in Afghanistan wurde neuerdings eine 132 m weite Hängebrücke über den Kabulfluß in Betrieb genommen³⁾.

d) Vereinigte Systeme.

Mit fortschreitender Erfahrung vereinigte man öfters mehrere Konstruktionssysteme, um ihre Nachteile auszugleichen⁴⁾, andererseits ihre Vorteile zu verschmelzen und damit vor allem größere Spannweiten zu erzielen. Während man z. B. an der vorzüglichen Schönheitswirkung der Bogenbrücken seine Freude hatte, konnte man doch nicht die praktischen Vorzüge vergessen, die der Kragträger in so hohem Maße bot. Es dauerte denn auch nicht lange, bis man die Bogenträger über die Kämpfer-Lotrechte hinaus rückwärts verlängerte, und diese Verlängerungen auf Endpfeiler auflegte, oder sogar als Auflager für kleinere Schleppträger benutzte. In dieser Weise war als Ausleger-Bogenträger anfangs der 90 er Jahre die schweiß-eiserne Hawk-Street-Brücke in Albany (New-York)⁵⁾ entstanden und zwar mit drei Gelenken, einer Mittelöffnung von 109,726 m Weite und zwei auskragenden Enden von 34,2 m Länge, an die sich noch Schleppträger von 20,65 m anschlossen. Ihr folgten aus Flußeisen 1895—96 die Mirabeau-Brücke⁶⁾ in Paris mit einem 93,2 m weiten Dreigelenk-Mittelbogen und zwei seitlichen über den Landpfeilern nach unten verankerten Kragträgern von 32,42 m Länge, und als erste in Deutschland die 1899 mit 32,25 m Mittelweite und 13,69 m Seitenöffnung erbaute Straßenbrücke Mölln—Schwarzenbeck über den Elbe-Trave-Kanal⁷⁾, nebst einigen Brücken über den Teltow-Kanal⁸⁾ (Abb. 76). Mit einem Dreigelenk-Auslegerbogen wurde die größte Bogen-Stützweite Europas, 220 m, erreicht und zwar

¹⁾ Der Eisenbau 1911, S. 455.

²⁾ Deutsch. Bauhandb., Bauk. d. Ing., Der Brückenbau, Bd. I, Eiserne Brücken, S. 314.

³⁾ Scientific American 1910, S. 241.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, S. 1120. Engineering News 1889, Bd. 21, S. 139.

⁵⁾ Vergl. Tabellen bei Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 698, 712.

⁶⁾ Engin. News 1896, Bd. 36, S. 317. Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 241. Schweiz. Bauzeitg. 1897, Bd. 30, S. 39.

⁷⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 766.

⁸⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 350. Zeitschr. f. Bauwes. 1906, S. 642.

beim Viar-Viadukt¹⁾, der 1902 in der Bahnlinie Carmaux—Rodez fertiggestellt wurde, und sich auch durch seine große Höhe von 127 m auszeichnet. In letzterer wird er nur von der Siouletalbrücke bei Vauriat (132,5 m) übertroffen, während ihm die Garabittalbrücke mit 122 m Höhe und die Müngstenerbrücke mit 107 m am nächsten kommen.

Als Auslegerbogen mit drei Gelenken wären schließlich noch die Troitzkybrücke (96,5 m) über die Nawa in Petersburg²⁾ (1897—1903) und die Austerlitzbrücke (140 m) über die Seine in der Stadtbahn von Paris³⁾ (1904—05) zu erwähnen.

Eine weitere System-Vereinigung ist die Anordnung einer Zugband-Bogenbrücke nach dem Gedanken des Ausleger- bzw. kontinuierlichen Trägers wie 1903 an der Havelbrücke bei Spandau—Eiswerder⁴⁾ (Abb. 83) mit 75,28 m Spannweite der Mittelöffnung und 4,705 m Länge der Ausleger, und 1904 an der Treskow-Brücke (82) in Oberschöneweide⁵⁾ bei Berlin (78 m Mittelöffnung und 37,5 m Seitenöffnungen). Die Havelbrücke gab das Vorbild für die im Jahre 1909 fertiggestellte Südbrücke über den Rhein bei Cöln (165 m)⁶⁾. Eine Weiterbildung der Treskowbrücke ist die Havelbrücke (Abb. 107) im Zuge der Döberitzer Heerstraße bei Spandau⁷⁾. Sie besitzt fünf Öffnungen u. zw. kragen die mit Zugband versehenen Zweigelenk-Bogenträger der Mittelöffnung in die beiden Seitenöffnungen hinein, ebenso die Träger der Endöffnungen, und in den Seitenöffnungen sind zwischen die Trägerenden einfache Balken eingehängt.

e) Eisen mit Beton.

Unter den neueren Konstruktionsweisen gewinnen der Eisenbeton und der reine Beton immer mehr an Bedeutung. Es liegt daher der Gedanke sehr nahe, zu besonderen Zwecken die reine Eisenkonstruktion mit dem Eisenbeton oder Beton in tätige Verbindung zu bringen. Ein dahingehender interessanter Versuch wurde vor einigen Jahren in Frankreich bei Errichtung der Brücke über den Guindy gemacht, indem man einen Dreigelenkbogen zwischen Ufer-Ausleger spannte, und diesen Bogen mit zwei Stahlgurtungen und zwei Eisenbeton-Gurten versah, derart, daß der Stahl hauptsächlich zur Aufnahme der Eigenlast, der Eisenbeton zur Aufnahme der Nutzlast berechnet wurde⁸⁾ (Abb. 43).

Beim Neubau der Brücke über den Kanal du Midi in Toulouse⁹⁾ (12 m) war aus örtlichen Gründen nur eine sehr geringe für Eisen nicht ausreichende Bauhöhe möglich. Ferner durften mit Rücksicht auf die Schifffahrt keine Gerüste in

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 115. Le Génie Civil 1903, Bd. 43, S. 1.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 42. Le Génie Civil 1903—04, Bd. 44, S. 177.

³⁾ Le Génie Civil 1904—05, Bd. 46, S. 417.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 66.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1905, S. 1141. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1907, Nr. 54.

⁶⁾ Baugew.-Zeitg. 1910, S. 392. Deutsch. Bauzeitg. 1912, S. 385.

⁷⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 344.

⁸⁾ Handb. f. Eisenbetonbau, III. Bd., 3. Teil, 1908, S. 521. Annales des ponts et chaussées 1907, IV., S. 34. Engineering News 1908, S. 331.

⁹⁾ Zement und Beton 1909, S. 327.