



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen

Text

Jordan, Hermann

Berlin, 1913

D. Wirtschaftlichkeit

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

gebildet, um neue Versuche vorzunehmen¹⁾. Diese sollen sich vor allem auf das Ausknicken von vergitterten Druckstäben, auf die Seitensteifigkeit der Ecken von Querrahmen sowie der oberen Gurtungen von oben offenen Brücken- und Kranträgern, auf Winddruck bei gegliederten Eisenbauwerken, auf die Eigenschaften von Nieten und sonstigen Einzelteilen, und auf Wert und Haltbarkeit der Farbanstriche beziehen, also eine wertvolle Ergänzung zu den Arbeiten der Material-Prüfungs-Anstalten bieten.

Auch letztere sind, soweit sie nicht schon mit dem eben genannten Verein zusammenarbeiten²⁾, fortdauernd mit einschlägigen Arbeiten beschäftigt: So wurde noch kürzlich seitens des preußischen Staats dem Material-Prüfungs-Amt in Groß-Lichterfelde eine Summe von 30 000 M. zu Prüfungen von Brückenkonstruktionen zur Verfügung gestellt.

Für die Ersatz-Brücke in Quebec sind mittlerweile Versuche an großen Druckstäben von $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ der natürlichen Größe vorgenommen worden, um Anhaltspunkte für die richtige Bemessung der einzelnen Konstruktionsteile zu gewinnen³⁾; doch wird hierzu aus Fachkreisen heraus bemerkt, daß solche Einzelversuche der Allgemeinheit weniger Nutzen bringen, als systematische Versuchsreihen⁴⁾, wie sie z. B. die Gutehoffnungshütte als vergleichende Knickversuche mit 4 m langen gegliederten Stäben aus Flußeisen und Nickelstahl ausgeführt hat. Versuche sind auch bei dem im Jahre 1909 eröffneten Laboratorium der United States Steel Corporation im Gang, und zwar zwecks Verbesserung der Stahlbereitung.

D. Wirtschaftlichkeit⁵⁾.

In wirtschaftlicher Beziehung hat sich der Eisenbau mit der Zeit immer vorteilhafter gestaltet. Während man 1853 bei der Gußeisenkuppel der alten Börse zu Antwerpen 460 kg/qm benötigte, konnte man die Schmiedeisenkuppel der Rotunde in Wien (1873) mit nur 336 kg/qm bedeckter Grundfläche konstruieren.

Günstiger als die Kuppeln stellten sich im allgemeinen die Längshallen: Zum Industriepalast in Paris 1853/54 verbrauchte man bei noch starkem Gußeisen-Anteil rund 207 kg/qm, dagegen zur Maschinengalerie vom Jahre 1867 ebenda nur 123 kg/qm überdeckter Fläche. Die Engländer, welche bekanntlich ziemlich schwer konstruieren, bedurften im Jahre 1880 noch einer Eisenmenge von 220 kg/qm für die Halle des Hauptbahnhofes in Manchester, während die Franzosen 1889 für den Maschinenpalast in Paris mit nur 149 kg, für das Palais des Beaux-Arts daselbst mit 133 kg/qm auskamen; indessen waren beide Bauwerke schwerer als die Maschinengalerie von 1867. Von neueren Bahnhofsbauten steht die 1892/93 errichtete Halle des Personenbahnhofs in Köln a. Rh. mit 145 kg/qm überdeckter

Fläche auf annähernd gleicher Stufe mit dem Pariser Maschinenpalast¹⁾.

Vergleichende Berechnungen haben ergeben, daß das Gewicht pro Flächeneinheit bei Bindern desselben Systems oft sehr verschieden ausfällt, während das für die Raumeinheit berechnete Eisengewicht ziemlich gleiche Werte ergibt, weil dann die Höhe des Bauwerks mitbestimmend wirkt. Es ist daher die Austeilung nach cbm ein besserer Kosten-Maßstab als die nach qm, zumal die eine Berechnungsweise oft zu dem umgekehrten Ergebnis führt, als die andere: während der Maschinenpalast von 1889 zu Paris bei 114,3 m Spannweite und 21,5 m Binderweite eine Eisenmenge von 149 kg/qm und 4,16 kg/cbm aufweist, sind zum Palais des Beaux-Arts ebenda bei 52,8 m Spannweite und 18,1 m Binderweite nur 133 kg Eisen f. d. qm verbraucht worden, dagegen auf die Raumeinheit berechnet 5,2 kg, d. h. mehr als beim Maschinenpalast²⁾.

In der Frage, ob bei Bahnbauten eine einzige große Halle oder eine Reihe kleinerer Schiffe vorteilhafter sei, neigt man in Deutschland dazu, letzteren den Vorzug zu geben, wie die Bahnhallen in Wiesbaden und Lübeck (Abb. 144) und die Neubaupläne für den Bahnhof Friedrichstraße in Berlin zeigen; auch in England und Amerika geht man dazu über, anstatt großer Hallen mehrere Satteldächer von kleiner Spannweite und geringer Höhe zu errichten³⁾. Es spricht dafür, daß große Bahnsteighallen höhere Bau- und Unterhaltungskosten beanspruchen, als kleinere Schutzdächer, daß ihre Glasflächen verhältnismäßig schwierig und kostspielig zu reinigen sind, auch leicht undicht werden, und daher andauernd mühselige Ausbesserungsarbeiten verursachen⁴⁾.

Bei Brücken ist die wirtschaftliche Bewertung der einzelnen Systeme je nach der Spannweite oft sehr verschieden, indessen haben sich bei der großen Zahl der bisherigen Ausführungen auf Grund aller einschlägigen technischen und wirtschaftlichen Erwägungen und auf Grund von Erfahrungen mit der Zeit gewisse Gepflogenheiten für die Wahl der Hauptträger herausgebildet:⁵⁾

Was zunächst die Balkenbrücken angeht, so werden im allgemeinen bei kleineren Brücken in Deutschland Walzträger für Eisenbahnen bis 12 m, für Straßen bis 15 m Weite angewandt, in Amerika für Eisenbahnen bis 4 m und bei Straßen bis 8 m Weite. Blechträger besitzen gegenüber Fachwerk den Vorteil einfacher Entwurfsarbeit, Herstellung und Unterhaltung, sowie geringer Empfindlichkeit gegen Überanstrengung, sind aber bei Stützweiten von über 24 m in der Regel teurer. Es kommen daher bis etwa 20 m in Deutschland, bis 33–40 m in Amerika Blechträger, darüber hinaus Fachwerkträger in Betracht und zwar bis 50 m als Parallel- oder Parabelträger, bei mehr als 50 m als Halbparabelträger. Dabei dienen nach Möglichkeit volle Walzeisen zur Herstellung der einzelnen Stäbe, so daß durchlaufende Nietreihen entbehrlich werden. Bei großen Feldweiten

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1909, S. 66. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1912, S. 1101.

²⁾ Über die zu diesen Versuchen beschaffte Materialprüfungs-maschine mit 3000 t Druckkraft s. Der Eisenbau 1912, S. 155.

³⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1911, S. 90. Engin. Record 1910, Bd. 62, S. 564. Engin. News Ed. 65, 1911, S. 526. Der Eisenbau 1911, S. 309.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltung 1911, S. 172.

⁵⁾ Stahl und Eisen 1911, S. 89, 189, Abb. 13.

¹⁾ Der Eisenbau 1910, S. 131; 1911, S. 187.

²⁾ Vierendeel, Constr. arch., S. 227–28.

³⁾ Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 4, S. 329, 330.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltung. 1906, S. 249.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1909, S. 193. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1908, S. 452.

tritt in der Regel eine Unterteilung ein, auch wendet man gelegentlich den statisch bestimmten Häserträger an. Mehrere Öffnungen nebeneinander werden mit durchlaufenden Trägern, Gerberträgern oder mehreren einzelnen Trägern überdeckt. Bei ersteren ist aber darauf zu achten, daß der ungünstige Einfluß von Stützensenkungen durch die Aufstellungsweise des Eisengefüges und durch die Wahl breiter Fundamente, also durch Einschränkung der Bodenpressung ausgeschaltet wird, wie dies an der Treskow-Brücke in Oberschöneweide geschehen ist.

Ein enger konstruktiver Zusammenhang mehrerer aufeinander folgender Überbauten wie an der Havelbrücke Spandau-Eiswerder (Abb. 83) und an der Südbrücke in Cöln hat neben dem praktischen Vorteil, daß die Windverbände über die ganze Brückenlänge durchgeführt werden können, noch den wirtschaftlichen Vorzug, daß sowohl das Eisenwerk wie die Pfeiler leichter und billiger ausfallen, als bei getrennten Überbauten.

Soll eine Bogenkonstruktion gewählt und für diese bei obenliegender Fahrbahn eine geringe Bauhöhe unter der Brückenmitte angestrebt werden, so werden vollwandige oder fachwerkartige Bögen, Bogenfachwerke oder Stabbögen mit oberen Versteifungsträgern gewählt. Bei großen Öffnungen beschränkt man sich gern auf Fachwerkbögen; ist aber dabei der Baugrund mangelhaft, so sind schublose Bögen, steife Bögen mit Zugband und Stabbögen mit steifem Zugband am Platze.

Hängebrücken erfordern geringe Konstruktionshöhe, sind leicht im Aufbau und Aussehen und bedürfen gleich den Kragträgern zur Aufstellung nur geringer oder überhaupt keiner Rüstung. Diesen Vorzügen steht ein beträchtlicher Material-Aufwand für die Spannketten gegenüber, ferner die Notwendigkeit kostspieliger Verankerungen und die Schwierigkeit ständiger Beaufsichtigung. Es haben sich daher Hängebrücken für geringe Abmessungen nicht als vorteilhaft erwiesen, und man wird sie bei kleiner Spannweite nur dort anwenden, wo örtliche Gründe, besonders Rücksicht auf die äußere Erscheinung dafür sprechen. Sie werden jedoch nur in versteifter Form ausgeführt¹⁾.

Dagegen vermag die Hängebrücke von 200 m Weite an mit den Balken- und Bogenbrücken erfolgreich in Wettbewerb zu treten, besonders wenn man Kabel anwendet und damit die hohe Zugfestigkeit des Drahts ausnutzt.

Den Schub der Hängebrücke durch den Überbau anstatt durch die Widerlager aufnehmen zu lassen, kann erwünscht sein und sich auch wirtschaftlich rechtfertigen, wenn die Widerlager, z. B. bei hohen Rampen, verhältnismäßig hoch werden, wenn das Widerlager aus örtlichen Gründen hinten eingeeengt wird, und vorne in der Sohle nicht vorgezogen werden kann, wenn sich noch eine weitere Brückenöffnung unmittelbar anschließt, so daß das Widerlager schmal gehalten werden muß, und wenn das Widerlager mit Rücksicht auf tragfähigen Boden sehr tief gegründet werden muß, so daß eine kippsichere Ausbildung schwierig ist²⁾.

Was den Vergleich zwischen Kette und Kabel angeht, so ist, zunächst technisch betrachtet, die erstere leichter zu

überwachen, und, da in der Werkstatt hergestellt, rascher anzubringen als an Ort und Stelle gesponnene Kabel. Die Kette ist infolge der geringeren Tragfähigkeit ihres Materials schwerer als das Kabel, kommt aber dafür unter sonst übereinstimmenden Verhältnissen mit leichteren Versteifungen aus. Andererseits sieht sie aus gleichem Grunde massiger aus als das Kabel. Zu Gunsten des letzteren spricht, daß sich die Beanspruchung annähernd gleichmäßig über den Querschnitt verteilt, daß also die Tragfähigkeit des Materials voll ausgenutzt wird, während im Gegensatz dazu bei den für Kettengurte in Betracht kommenden Walzprofilen wegen des in der Regel exzentrischen Angriffs der Kraft-Resultierenden die Beanspruchung der einzelnen Fasern im allgemeinen verschieden ausfällt.

In wirtschaftlicher Hinsicht halten sich bis etwa 300 m Weite Ketten und Kabel das Gleichgewicht. Zwar ist an sich das Kabel billiger als eine Kette von gleicher Tragkraft, und würde z. B. für eine große Rheinbrücke von 220 m mittlerer Spannweite der Gewichtsunterschied nach Harkort 25% zu Gunsten von Kabeln betragen³⁾, aber die sonst noch mitsprechenden Umstände bringen die Gesamtkosten der Ausführung bei beiden doch auf gleiche Höhe.

Gelegentlich der Vorarbeiten für die Überbrückung des Hudson in New-York haben die Ermittlungen des Kriegsministeriums ergeben, daß man heute ohne Berücksichtigung der Kostenfrage technisch bis 1320 m Weite gehen kann, und daß bei 975 m Spannweite die Anlagekosten noch durch den Verkehr gedeckt werden. Ferner ergab sich, daß Hängebrücken noch vorteilhaft bleiben, wenn andere Systeme längst aufgehört haben, in Frage zu kommen oder wenn sie nur noch in ganz ungeheurerlicher Form auszuführen wären⁴⁾.

Ein Hauptbedenken gegen die Kabelbrücken dürfte in Wegfall kommen, wenn sich die neueren Anordnungen, welche ein Auswechseln der Kabel während des Betriebs gestatten, auf die Dauer bewähren.

Ein nach Art der Breslauer Kaiserbrücke aus Flacheisen zusammengesetzter Hängegurt ist bei kleineren und mittleren Brücken einer Kette aus gleichem Material infolge des Fortfalls der Augen und Bolzen überlegen. Er hat aber den Nachteil, daß sein Gewicht proportional dem ungeschwächten Querschnitt ist, während für die Querschnitts-ermittlung der Bohrverlust für die Niete zu berücksichtigen ist. Wichtig ist dies vor allem für das Eigengewicht der Gurte bei großen Spannweiten⁵⁾.

Gegenüber den Hängebrücken haben die Bogenbrücken den Vorzug großer Standfestigkeit, was besonders für Eisenbahnen wichtig ist. Sie können ferner durch zeitweilige Rückverankerung gleich den Auslegern gerüstfrei vorgebaut werden. In der Ausführung sind Fachwerkbögen komplizierter als vollwandige Konstruktionen, erfordern also viel Arbeit, wogegen die bei großen Spannweiten mögliche Materialersparnis von etwa 10 bis 15% nicht allzu stark ins Gewicht fällt. Als praktisch recht vorteilhaft haben sich die elastischen Bogenträger ohne Gelenke oder mit nur 2 Gelenken erwiesen; u. a. haben sie den Vorzug größerer Steifigkeit als Dreigelenkbögen. Dagegen sind in der Theorie

¹⁾ Über wirtschaftliche Gesichtspunkte und Vorschläge für den Bau versteifter Hängebrücken s. Der Eisenbau 1911, S. 270.

²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 321.

³⁾ Le Génie Civil, Bd. 45, 1904, S. 209.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1901, S. 638.

⁵⁾ Der Eisenbau 1911, S. 192.

die mit drei Gelenken versehenen unelastischen Bogenträger bequemer zu behandeln. Bei Gelenkbögen mit Zugband machen sich unter starkem Verkehr erhebliche Schwankungen bemerkbar. Dies gab Veranlassung, die Sichelbögen der Röntgenbrücke in Charlottenburg ohne Zugband auszuführen¹⁾.

Den Bogenbrücken sind in der Regel die Balkenbrücken wirtschaftlich überlegen, falls es sich nicht um die Überschreitung tiefer Täler handelt und dafür die Bögen unter die Fahrbahn gebracht und mit ihren Kämpfern auf felsige Hänge gestellt werden können, welche das Pfeilermauerwerk mehr oder weniger ersparen²⁾ (Abb. 57).

Mühsam sind die mit zwei gekrümmten Gurtungen ausgestatteten Balkenträger herzustellen, auch werden bei ihnen besondere gerade Fahrbahngurte notwendig (Abb. 9, 14). Sie sind daher finanziell weniger günstig als Träger mit nur einer gekrümmten Gurtung.

Die Firma Harkort hat auf Grund ihrer neuesten Ausführungen für die nördliche Eisenbahnbrücke in Köln mit Zugband-Zweigelenkbögen von 122,56 m und 167,75 m Stützweite, sowie für die Straßen- und Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Münsterwalde mit Balkenträgern von 130 m Weite eine Berechnung für gleiche Stützweiten und Belastungen vorgenommen und dabei festgestellt, daß für die hauptsächlich in Betracht kommenden Weiten bis 100 m die Bogenträger erheblich schwerer sind, daß sich aber bei zunehmenden Weiten der Gewichtsunterschied vermindert³⁾. Dagegen hat Schaper bei einem Vergleich zwischen Eisenbahnbrücken von Ruhrort und Düsseldorf gefunden, daß bei Stützweiten von rund 100 m die Zweigelenkbögen mit Zugband dadurch, daß man die Höhe des Obergurtes über dem Zugband zu rund 1/5,3 der Stützweite wählt, ebenso leicht auszubilden sind, wie einfache Balkenträger mit der für ihr Gewicht günstigsten Höhe von 1/6,6 der Stützweite⁴⁾. Nach Engesser ist der Bogenträger mit Zugband um das Gewicht der inneren Bogengurtung schwerer als der Parallelträger, und zwar ist das Mehrgewicht um so größer, je mehr der Einfluß der Verkehrslast überwiegt, also namentlich bei Eisenbahnbrücken und bei kleinen Spannweiten, weniger bei weitgespannten Straßenbrücken⁵⁾. Eine für die neue Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Ruhrort durchgeführte vergleichende Berechnung ergab ein im Verhältnis 8 : 9 geringeres Gewicht bei Auslegern gegenüber einfachen Balkenträgern⁶⁾.

Die von Vierendeel vorgeschlagenen diagonallosen Rahmen- oder Pfostenbrücken scheinen abgesehen von ihrer künstlerischen Seite, keine besonderen Vorzüge, vor allem nicht in wirtschaftlicher Hinsicht zu besitzen. Wenigstens wurde von einem 31,5 m langen Träger dieser Art nachgewiesen⁷⁾, daß

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 442.

²⁾ Kostenvergleich zwischen Balken und Bogenträger s. Engineer 1910, II., S. 616.

³⁾ Organ f. d. Fortschritte des Eisenbahnwesens 1909, S. 315.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1912, S. 147.

⁵⁾ Ebenda, 1909, S. 176, 243, 272.

⁶⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 560.

⁷⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1907, S. 558. Vergl. auch die Ausführungen in Der Eisenbau 1912, S. 218, wo ein Mehrgewicht einer Vierendeel-Brücke von 3 t bei 130 t Gesamtgewicht ermittelt aber andererseits eine höhere zulässige Beanspruchung für Pfostenbrücken befürwortet wird. Engesser kommt zu einem für die

man mit demselben Materialaufwand und in gleicher Festigkeit auch einen vollen Blechträger herstellen könne, weil das zur Verstärkung der Lochränder verwandte Material nicht nur die Aussparungen in der Blechwand auszufüllen, sondern sogar noch Wandaussteifungen herzugeben vermöchte. Mohr gibt dem gewöhnlichen Fachwerk den Vorzug: „Die Zuverlässigkeit der Berechnung ist bei Fachwerken, auch bei solchen mit steifen Knotenverbindungen, unzweifelhaft größer, als bei Pfostenträgern. Die Hauptspannungen der Fachwerke lassen sich mit großer Bestimmtheit ermitteln. Die Berechnung der Nebenspannungen ist zwar weniger zuverlässig, aber bei richtiger Anordnung spielen die Nebenspannungen keine große Rolle. Bei Pfostenträgern dagegen spielen die Nebenspannungen, d. h. die Biegungsspannungen die Hauptrolle und ihre Berechnung ist wenig zuverlässig. Man muß daher fordern, daß die rechnungsmäßigen Grenzspannungen für Pfostenbrücken erheblich niedriger anzunehmen sind, als für Fachwerke. Wird diese Bedingung erfüllt, so ist auch der wirtschaftliche Vorzug entschieden auf Seite der Fachwerke“¹⁾.

Auch Bleich kommt für den Pfostenträger zu einem ungünstigen wirtschaftlichen Ergebnis; er vergleicht zwei Entwürfe des Rheinbrücken-Wettbewerbs für Köln miteinander und findet, daß der Pfostenträger im Verhältnis 1,23 : 1, also um 23 v. H. schwerer ist, als ein den gleichen Bauanforderungen entsprechender Dreieck-Fachwerkträger²⁾. Dagegen ermittelt Czech³⁾ in einem überschläglichen Vergleich zwischen einem Dreiecksträger zu Heumen in Holland und einem Pfostenträger zu Tervueren in Belgien einen Gewichtsvorteil für den letzteren. Auch hat sich nach Czech am neuen Kinzua-Viadukt das Vierendeel-System als in jeder Hinsicht einwandfrei erwiesen: es war wirtschaftlicher, starrer und leichter zu montieren als ein Fachwerksystem mit Diagonalfüllungen. Die Ansichten sind demnach noch keineswegs geklärt. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß Vierendeel selbst die Überlegenheit des einen oder anderen Systems festzustellen wünscht und zu diesem Zweck eine Kommission zu berufen gedenkt, welche vergleichende Berechnungen mit zwei belgischen Eisenbahnbrücken von 52 m Stützweite durchführen soll. Vierendeel hofft dabei seinen Grundsatz bestätigt zu finden: „Was schön ist, ist wirtschaftlich“⁴⁾.

Bei Betrachtung der beweglichen Brücken kommt Schaller⁵⁾ zu dem Ergebnis, daß bei Hauptträgern, die unter der Fahrbahn liegen, und bei schlechtem Baugrund eine Klappbrücke mit fester Drehachse der Wiege- oder Rollklappenbrücke vorzuziehen sei, trotz der höheren Kosten des eisernen Tragwerks; dagegen sei bei sehr gutem Baugrund die Wiegebrücke auch dann wirtschaftlicher, wenn die Hauptträger unter der Fahrbahn liegen müßten; ferner komme die bewegliche Drehachse bei Klappbrücken auf Mittelpfeilern, oder bei beschränktem Hinterarm sowie bei großen Klappbrücken in Betracht; endlich seien bei

Rahmenträger ungünstigen Ergebnis, vergl. Zeitschr. f. Archit. u. Ingenieurwesen 1913, S. 84, 85.

¹⁾ Der Eisenbau 1912, S. 96.

²⁾ Ebenda, 1911, S. 501.

³⁾ Ebenda, 1912, S. 110.

⁴⁾ Ebenda, 1912, S. 112.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1911, S. 172.

großen Spannweiten Drehbrücken geboten, wenn es sich um geringen Verkehr mit mäßigen Lasten handle¹⁾.

Im ganzen ist bei der Beurteilung der einzelnen Systeme zu bedenken, daß die Unterschiede in der Wirtschaftlichkeit vielfach sehr klein sind und daher leicht in ungeschicktem Entwerfen untergehen. Rein würden sie nur dann zur Geltung kommen, wenn ein und derselbe Konstrukteur die verschiedenen Systeme mit voller Unparteilichkeit in gleichlaufenden Entwürfen behandelte. Andererseits ist es im Wettbewerb der Praxis, besonders, wenn es sich um bedeutende Eisenbauten handelt, von Wichtigkeit, auch den kleinsten Konstruktionsvorteil auszunutzen, und zweckmäßige Konstruktionen zu wählen, bei welchen besonders die Knotenpunkte einfach und billig hergestellt und die Eisenmengen auf ein mögliches Mindestmaß eingeschränkt werden können. Je mehr dies gelingt, um so stärker werden unter Umständen die Unterschiede in den Preisforderungen ausfallen. So wurden für den Bau der Maria Pia-Brücke über den Douro in Portugal vier Entwürfe eingereicht, von denen der teuerste einen rund dreimal so hohen Betrag forderte, als der billigste. Letzterer wurde ausgeführt und hat sich bis heute bewährt²⁾.

Hinsichtlich der Verwendung von Nickelstahl³⁾ meint Bohny, daß nach den Formeln von Résal einfache Balkenbrücken bei 3% Nickelgehalt und 240 M/t Mehrpreis der fertigen Teile 5% teurer, große Bogenbrücken und Ausleger 10% billiger als bei einfachem Flußeisen werden. Für kleine und mittlere Spannweiten wird Nickelstahl also zunächst nicht in Betracht kommen. Am günstigsten wird er für den Oberbau von Hängebrücken und für die Zugglieder großer Kragträger sein.

Setzt man für das Rohmaterial rund 140 M/t Mehrkosten bei Nickelstahl gegenüber Flußeisen voraus, und nimmt man bei letzterem eine zulässige Beanspruchung von 1200 kg/qcm, bei Nickelstahl eine solche von 2000 kg/qcm an, so sind 0,6 t Nickelstahl an Stelle von 1 t Flußeisen nötig. Es ergibt sich also bei einem Ausführungspreis von 340 M/t in Flußeisen eine Kostenverminderung auf $\frac{480}{340} \cdot 0,6 =$ rund 0,85, d. h. von 15%. Der Anteil für Gerüstkosten und allgemeine Kosten wird dabei zwar höher, aber dies findet seinen Ausgleich im geringeren Eigengewicht und dem dadurch ermöglichten Minderbedarf für den Unterbau.

Nach anderen Berechnungen, die sich hauptsächlich an die von Waddell 1903–06 vorgenommenen Versuche anschließen, ist z. Zt. für Amerika die gemeinsame Verwendung von Nickelstahl für die Hauptkonstruktionsteile und von Kohlenstahl für untergeordnete Teile wie Versteifungswinkel, Futterbleche usw. schon bei mehr als 10 m Spannweite vorteilhaft; der Gewinn wächst mit der Spannweite, beträgt im Mittel 17% und bei großen Auslegern bis 25% der bei Flußeisen entstehenden Kosten. Es würde z. B. eine

Brücke aus Nickelstahl mit 600 m Weite nicht mehr kosten, als eine Flußeisen-Brücke von 530 m Weite.

Bei dieser Berechnung sind neben den höheren Kosten für das Rohmaterial des Nickelstahls auch die höheren Verarbeitungskosten berücksichtigt. Nach der Schätzung von Waddell würde Nickelstahl mit 3,5% Nickelgehalt in den Vereinigten Staaten frei Baustelle geliefert z. Zt. ungefähr 0,14 M/kg mehr kosten als Flußeisen, aber er würde eine um 66% höhere Sicherheit auf Zug besitzen⁴⁾.

In Europa liegen, wenigstens bei festen Brücken, die Verhältnisse für Nickelstahl weniger günstig, vor allem weil hier das Anwendungsgebiet für weit gespannte Konstruktionen vergleichsweise beschränkt ist. Bei kleineren Brücken ist aber eine erhebliche Verminderung des Eigengewichts insofern wieder unvorteilhaft, als dann der Einfluß der beweglichen Last auf die Konstruktion verhältnismäßig stark zunimmt⁵⁾. Immerhin scheint sich die Überzeugung durchzuziehen, daß bei Brücken unseres Festlandes die Verwendung eines Materials von erhöhter Festigkeit wirtschaftlich sei⁶⁾.

In Ergänzung zu allen diesen theoretischen Erörterungen ist aus der noch jungen Nickelstahl-Praxis die Tatsache sehr berechtigt, daß durch Verwendung von Nickelstahl anstatt Flußeisen für den großen Träger der Schwefelfähre in Kiel eine Materialersparnis von 30% und eine Kostenverminderung von rund 5000 M. erreicht werden konnte⁷⁾.

Für den wirtschaftlichen Vergleich von Eisenbrücken mit Steinbrücken ist es interessant, daß im Jahre 1907, als es sich darum handelte, für die Hängebrücke über die Ruhr in Mülheim aus Verkehrsrücksichten eine breitere Ersatzbrücke zu schaffen, den städtischen Behörden empfohlen wurde, einen Steinbau zu errichten, obwohl gegenüber Eisen erhebliche Mehrkosten entstanden. Begründet wurde dies damit, daß der Steinbau geringere Unterhaltungskosten erfordere und eine längere Dauer gewährleiste als ein Eisenbau⁸⁾. Tatsächlich ist auch ein Entwurf für Stein zur Ausführung bestimmt worden⁹⁾. Ferner wurde in Illinois für Brücken von 15 m oder weniger Spannweite auf Grund von Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit die Ausführung in Beton oder Eisenbeton empfohlen. Eine in der Stadt Fergus Falls¹⁰⁾ (Minnesota) errichtete Brücke von 27,5 m Spannweite sollte in Eisenbeton etwa 12 600 M. mehr kosten als in Stahl. Trotzdem wurde sie in Eisenbeton ausgeführt, weil großes Gewicht auf möglichsten Wegfall von Reparatur- und Unterhaltungskosten gelegt wurde. Angeblich sind auch viele Eisenbahnverwaltungen infolge schlechter Erfahrungen dazu übergegangen, Eisenbrücken selbst bei höheren Anlagekosten der Steinbauten nur dort zu verwenden, wo die Ausführung in Stein aus irgend welchen Gründen nicht angebracht erscheint¹¹⁾.

¹⁾ Weitere Wirtschaftlichkeits-Berechnungen s. Der Eisenbau 1911, S. 326.

²⁾ Org. f. d. Fortsch. d. Eisenb. 1910, S. 11.

³⁾ Der Eisenbau 1912, S. 432.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 767.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1907, S. 632.

⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 476.

⁷⁾ Eisenbeton 1910, S. 4.

⁸⁾ Vergl. auch die Ausführungen von Krone in d. Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwesen 1899, S. 263.

¹⁾ Vergl. auch: Der Eisenbau, 1912, S. 137: Zur Bewertung der Klappbrücke mit fester Drehachse gegenüber der Rollklappbrücke mit beweglicher Drehachse.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1901, S. 479.

³⁾ Stahl und Eisen, 1909, S. 741; 1911, S. 89. Le Génie Civil 1909, S. 166. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1909, S. 283; 1910, S. 373.

Da große dekorative Portal- und Pfeilerbauten, wie schon weiter oben angedeutet, vom wirtschaftlichen Standpunkte aus nicht gerechtfertigt erscheinen, ist es sehr zu begrüßen, daß neuerdings auf schlichte, dem Eisenbau sich bescheiden anschließende Architektur Wert gelegt wird. Dies gilt aber nicht nur hinsichtlich der eisernen Brücken, sondern auch von den eisernen Hallen, bei welchen ja in gleichem Sinne maskierende Steinfronten als wirtschaftlich ungerechtfertigt angesehen werden müssen. Große Geldsummen könnten oft erspart werden, wenn man das Eisen selbst wirken ließe, wenn von ihm die künstlerische Gestaltung unmittelbar ausginge.

Wie nun bei kostspieligen Begleitarchitekturen aus Stein die wirtschaftlichen Rücksichten öfters vor schönheitlichen Erwägungen zurücktreten mußten, so wurden sie bei anderer Gelegenheit auch von praktisch-konstruktiven Gründen zurückgedrängt. Für die Moselbrücke bei Bullay (1875–79) z. B. ergab die vorherige vergleichende Berechnung für Schweißisen und Stahl bei letzterem etwa 10% voraussichtliche Ersparnis. Man nahm aber davon Abstand Stahl zu verwenden, weil die von holländischen Eisenbahn-Verwaltungen bei Harkort und bei der Dortmunder Union angestellten Versuche keine günstigen Ergebnisse erzielt hatten.

Besonders wichtig sind heutzutage die Forderungen des Verkehrs. Mit Recht muß daher der wirtschaftliche Standpunkt vielfach vor ihnen in den Hintergrund treten. Man vermeidet vor allem an Brückenbreite zu sparen und dadurch hemmende Verkehrseinschnürungen zu schaffen; man führt vielmehr die volle Straßenbreite

selbst bei so großen Abmessungen, wie sie die Döberitzer Heerstraße bei Berlin aufweist, auch über den Brückenbauten durch.

E. Ergebnis.

Überblicken wir noch einmal die bisherigen Auseinandersetzungen, so lassen sie sich kurz dahin zusammenfassen, daß bei den bisherigen Eisenbauten, wenn man sie als Ganzes betrachtet, gelegentlich schon hohe ästhetische Werte erreicht wurden, und zwar vorwiegend durch schöne Linienführung des Hauptstabwerks, wobei gute Verhältnisse des Baues nebst Klarheit und Einfachheit der Gesamtanordnung eine wertvolle Unterstützung gaben.

Als günstig erwies sich eine gute Bedachtnahme auf die örtlichen Verhältnisse, vor allem ein organisches Einfügen des Bauwerks in das landschaftliche Bild.

Die Einzeldurchbildung dagegen hat ästhetisch mit der Entwicklung des Gesamtgefüges nicht gleichen Schritt gehalten.

Beim Zusammentritt von Eisen mit anderem Material wie Stein oder Beton, erwies es sich als wertvoll, wenn das gegenseitige Abhängigkeitsverhältnis, die konstruktive Aufgabe jedes Stoffes klar zur Aussprache gebracht wurde.

Schließlich zeigte es sich als sehr förderlich, wenn Architekt und Ingenieur sich bemühten, Hand in Hand zu arbeiten, und unter Wahrung vollster Sicherheit und Wirtschaftlichkeit, also bei zweckentsprechender, schneller und billiger Ausführung auch schönheitlichen Ansprüchen nachzukommen, gemeinsam nach höheren Zielen hinzustreben.

III.

Entwicklungsfähigkeit.

A. Allgemeines.

Versuchen wir einen Blick in die Zukunft zu tun, und von den schon gelegten Fundamenten heraus das große Schönheitsgebäude zu konstruieren, welches uns als Idealbild vor der Seele steht, so müssen wir zunächst hervorheben, daß die Ausgestaltung der Eisenbauweise trotz ihrer verhältnismäßig großen Schnelligkeit doch stetig und gesetzmäßig vor sich gegangen ist. Alles, was an ihr scheinbar sprunghaft anmutet, knüpft entsprechend dem Gesetz: „Natura non facit saltus“ doch an frühere, zunächst vielleicht unbeachtet gebliebene Anregungen und Vorgänge an. Mag auch nach Jul. Lessing die Eisenkonstruktion ein umstürzendes Element von ebenso großer Gewalt in sich bergen, wie die Spitzbogenkonstruktion der Gotik, so konnte sie sich doch nur in stetiger hingebender Arbeit, in allmählich immer inniger werdendem Zusammenschluß von Theorie und Praxis zu ihrer jetzigen Machtstellung emporschwingen. Daß aber gerade heute ein besonders wichtiger Abschnitt, ein gewisses Endziel erreicht sei, ist nicht anzunehmen; und selbst wenn es der Fall wäre, könnten wir es jetzt, wo wir noch mitten in der Sache stecken,

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

und nicht wissen, was die nächste Zukunft uns bringt, kaum erkennen, und noch weniger mit abschließendem Urteil überschauen. Erst von der Warte späterer Jahrzehnte und Jahrhunderte wird man unterscheiden können, welche Rolle unserer Zeit für die Entwicklung des Eisenbaues zugeteilt war, und wie weit sie imstande gewesen ist, dieser ihrer Aufgabe gerecht zu werden.

Dem bisher Geleisteten lassen sich aber wenigstens Richtlinien entnehmen, denen die bisherige Entwicklung mit einer gewissen Stetigkeit gefolgt ist, und nach denen in ungefähr gleichen Bahnen, nach gleichen Zielen, der Eisenbau aller Voraussicht nach auch fernerhin weiter arbeiten wird.

B. Entwicklung im Einzelnen.

I. Schönheitliche Gesichtspunkte.

a) Linien und Verhältnisse.

Um zu erkennen, auf welche Umstände bei der Ausgestaltung des einzelnen Bauwerks das Hauptaugenmerk zu richten ist, muß man sich zunächst die bezeichnendste