



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen**

Text

**Jordan, Hermann**

**Berlin, 1913**

c) Bogenbrücken

---

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



bei Oberschöneweide (vergl. oben Seite 9 und Abb. 25). In dieser Absicht verwandte der Verfasser des Entwurfs zwei Mittel: die Einfügung eines Spannbogens in dem mittleren Teile der Hauptöffnung und eine besondere Art der Linienführung der Hauptgurtungen. In der Nähe der Mittelstützen sind ähnlich wie bei den Trägern der Zusammenstellung 5, Seite 9 besondere, nach oben etwas konkav gekrümmte Gurtungen angeordnet, die den oberen Abschluß des versteifenden Fachwerks bilden und den Zweck haben, eine übermäßige Länge der Diagonalen zu vermeiden. In der Mittelloffnung werden die Linien dieser beiden Gurtungen durch den erwähnten Spannbogen miteinander verbunden. Da dieser nach oben konvex ist, tritt an seinen beiden Enden ein Wechsel der Krümmung ein. Hierdurch erhält das ganze Trägerbild ein bewegtes und lebendiges Aussehen; es gleicht in dieser Hinsicht etwas den Lohse'schen Hängebrücken bei Hamburg, bei denen ebenfalls die aneinander gereihten Bogen- und Hängegurtungen als Wellenlinien erscheinen. Dieser Eindruck ist wohl deshalb besonders beachtenswert, weil die meisten übrigen Auslegerbrücken ziemlich nüchtern aussehen.

Das andere Mittel, dessen sich der Verfasser des Entwurfs bediente, ist die besondere Form des Hängegurtes als Kettenlinie für eine nach den Kämpfern hin allmählich zunehmende Belastung. Offenbar ist diese Form lediglich aus ästhetischen Gründen gewählt, wie auch aus einer Bemerkung desselben Verfassers in seiner „graphischen Statik der Baukonstruktionen“ hervorgeht. (Band 1, 4. Aufl. 1905, S. 427). Allerdings ist der Unterschied zwischen dieser Kettenlinie und einer gewöhnlichen annähernd nach der Parabel geformten Hängegurtung nicht so groß, daß er besonders deutlich in die Augen fiel. Jedenfalls tritt die oben erwähnte, durch den Spannbogen nebst anschließenden Gurtungen gebildete Wellenlinie erheblich stärker in dem Gesamtbilde des Trägers hervor. Gleichwohl verdient der erwähnte Versuch, der Gurtung eine mehr eigenartige und weniger stereotype Form zu geben, besondere Beachtung.

Als Ergebnis dieser Betrachtungen läßt sich folgendes feststellen: Allgemeine Übereinstimmung über die zu wählenden Formen von Auslegerträgern ist bis heute bei den ausführenden Brückenbauern noch nicht erzielt; vielmehr herrscht gerade auf dieser für die künstlerische Wirkung so wichtigen Frage ein hoher Grad von Willkür und Unsicherheit. Wenn auch die eine Autorität mehr diese, die andere mehr jene Ansicht vertritt, so scheint doch keine dieser Anschauungen bis jetzt allgemein durchgedrungen zu sein. Ähnliches gilt auch von den Formen der gelenklosen durchgehenden Träger. Auch für diese gibt es bis jetzt noch keine allgemein anerkannten Regeln.

Bei dieser Sachlage sind wir berechtigt, das zuletzt erwähnte Verfahren — Bestimmung der Form nach ästhetischen Rücksichten — anzuwenden. Namentlich erscheint das von Müller-Breslau empfohlene Mittel geeignet, künstlerisch wirkungsvolle Trägerformen zu erzielen.

Vor einer Reihe von einfachen Balkenträgern haben die Auslegerträger und durchgehenden Träger in ästhetischer Hinsicht den Vorteil, daß bei diesen das ganze Trägerbild mehr als einheitliches Ganzes erscheint. Dagegen stehen sie im Allgemeinen hinter den Bogenträgern an ästhetischer Wirkung zurück.

### c) Bogenbrücken.

Die künstlerischen Vorzüge der Bogenbrücken wurden bereits auf Seite 45 im allgemeinen gewürdigt. Diesen Vorzügen ist wohl hauptsächlich die große Verbreitung der Bogenbrücken in Deutschland zuzuschreiben. So sind z. B. über dem Rhein auf deutschem Gebiete bis jetzt 10 eiserne Bogenbrücken vorhanden, nämlich bei Worms (2), Mainz (2), Coblenz (2), Bonn (1), Köln (2), Düsseldorf (1). Diese verhältnismäßig große Zahl ist gewiß zum Teil darauf zurückzuführen, daß die Erbauer das reizvolle und oftmals romantische Landschaftsbild durch ein häßliches Bauwerk nicht stören, sondern womöglich durch künstlerische Gestaltung noch bereichern wollten. Es zeigt sich hierin unverkennbar ein gewisser Zug des selbst in unserer Zeit noch wirksamen deutschen Idealismus.

Eine weitere Ursache der großen Verbreitung der Bogenbrücken in Deutschland liegt in der bedeutenden Verfeinerung der theoretischen Fachgebiete, namentlich der Elastizitätslehre und der graphischen Statik. Eine stattliche Reihe von bedeutenden und berühmten Fachmännern, unter denen sich auch viele deutsche Namen befinden, haben auf jenen Gebieten Hervorragendes geleistet. In den letzten zwanzig Jahren haben u. a. namentlich auch die Bücher von Müller-Breslau, die in klassischer Form das für den Ingenieur Wissenswerte organisch zusammenfassen, weite Verbreitung gefunden. Diese und ähnliche Werke haben jedenfalls an der Entwicklung der Bogenbrücken in Deutschland einen bedeutenden Anteil gehabt.

In dem ersten Hauptteile dieser Abhandlung haben wir Seite 11—17 einzelne Gruppen von Bogenträgern nach solchen Merkmalen und Eigenschaften unterschieden, die in dem Gesamtbilde der Brücke besonders eindringlich und gleichsam tonangebend wirken. Es sollen jetzt diese Eigenschaften kritisch betrachtet werden.

Die erste und wichtigste Frage betrifft die Höhenlage der Fahrbahn zu den Hauptträgern. Offenbar wirkt die gesamte Anordnung der Brücke am günstigsten, wenn die Hauptträger gänzlich unterhalb der Fahrbahn liegen. Hier ist die Art der Kraftübertragung auch für den Nichtfachmann wohl ohne weiteres klar. Bis zu einem gewissen Grade spielt ja auch das Verständnis für die statischen Wirkungen der Eisenkonstruktionen eine Rolle bei der ästhetischen Beurteilung. Auch werden Bauweisen, die seit Jahrhunderten in Gebrauch sind, weit eher in ästhetischer Hinsicht gewürdigt, als solche die erst in neuester Zeit entstanden. Es beruht dies auf dem ästhetischen Wert des „Typischen“, der zu dem Begriff und Wesen der „Tradition“ in sehr naher Verwandtschaft steht. Merkwürdig ist dabei, daß in der Baukunst ein hohes Alter dazu gehört, damit ein Bauwerk als „typisch“ angesehen zu werden die Berechtigung erhält. Jedenfalls dürfen wir aber behaupten, daß eine gewölbte steinerne Brücke auch für den Nichtfachmann als vollkommen typisch und ihre Bauart als etwas Altherwürdiges gilt. Wenn dies vielleicht nicht unmittelbar von den eisernen Bogenbrücken gilt, so wird doch die Beziehung zu den steinernen gewölbten Brücken in dem Falle sehr erleichtert, daß die Hauptträger gänzlich unterhalb der Fahrbahn liegen.

Wesentlich anders liegt die Sache, wenn die Hauptträger ganz oder größtenteils oberhalb der Fahrbahn liegen.



In diesem Falle ist eine Beziehung zu den als typisch geltenden Steinbrücken nicht gut möglich, weil eben die ganze Anordnung des Bauwerkes eine andere ist als bei jenen. Dagegen gilt das, was oben über den ästhetischen Wert der Bogenträger im allgemeinen gesagt wurde, in vollem Umfange auch für die oberhalb der Fahrbahn liegenden Bogenträger. Es ist deshalb sehr wohl begreiflich, daß in letzter Zeit, etwa seit Beginn des neuen Jahrhunderts, Bogenträger mit Zugband und untenliegender Fahrbahn in Deutschland sehr oft ausgeführt wurden. Wenn nur eine einzige Öffnung vorhanden ist oder die Seitenöffnungen verhältnismäßig sehr klein sind, dann kann eine derartige Anordnung recht günstig wirken. Bei mehreren ungefähr gleichgroßen Öffnungen zeigt jedoch der Umriss des gesamten Trägerbildes gerade über den ästhetisch so wichtigen Mittelpfeilern scharfe Einsenkungen, die einen störenden Eindruck machen und unangenehm empfunden werden (Abb. 66).

Zuweilen findet man auch gegliederte Bogenträger mit Zugband und untenliegender Fahrbahn bei kleineren Stützweiten bis zu 30 m herab. Eine derartige Anwendung dieses Systems muß als durchaus verfehlt bezeichnet werden. Abgesehen davon, daß der Mehraufwand an Material gegenüber einfachen Balkenträgern bei kleinen Stützweiten verhältnismäßig noch bedeutender ist, als bei großen, dürften bei kleineren Brücken auch die ästhetischen Vorzüge der gegliederten Bogenträger wenig mehr ins Gewicht fallen. Da in solchen Fällen die Entfernungen der einzelnen Stäbe verhältnismäßig klein sind, so sehen die Träger oft geradezu plump aus. Man sollte daher Bogenträger von der erwähnten Anordnung nur bei größeren Stützweiten, etwa von 60 m ab, verwenden.

Die am wenigsten günstige Wirkung wird erzielt, wenn die Hauptträger etwa in der Mitte der Pfeilhöhe von der Fahrbahn durchschnitten werden, so daß sie teils unter, teils über der Fahrbahn liegen. Diese Anordnung findet sich beispielsweise bei den beiden Bogenbrücken über den Kaiser-Wilhelm-Kanal, bei der Grüntaler (Abb. 53) und Levensauer. Solche Verhältnisse sind manchmal durch die Höhenlage der Verkehrswege bedingt und lassen sich dann schwer vermeiden. In derartigen Fällen wird man die verhältnismäßig günstigste Wirkung erzielen, wenn man entweder die Pfeilhöhe so klein wählt, daß der größere Teil des Bogens unter der Fahrbahn liegt, oder so groß, daß der größere Teil des Bogens über die Fahrbahn zu liegen kommt. Der erstere Fall findet sich bei der alten Coblenzer Rheinbrücke. Das verhältnismäßig geringe Hinausragen der Hauptträger über die Fahrbahn dürfte die Gesamtwirkung kaum beeinträchtigen (Abb. 48).

Ein älteres Beispiel für den zweiten Fall (Bogenträger größtenteils oberhalb der Fahrbahn) ist die Straßenbrücke über die Etsch bei Verona (Zusammenstellung 10, Nr. 1).

Die günstigste Lösung findet sich jedoch in dem Falle, daß bei drei Öffnungen und symmetrischer Anordnung die Hauptträger der beiden Seitenöffnungen gänzlich unterhalb der Fahrbahn untergebracht werden können, während sie in der Mittelöffnung über die Fahrbahn hinausragen. Das bedeutendste Beispiel hierfür zeigt die Bonner Rheinbrücke (Zusammenstellung 10, Nr. 4 und Abb. 61). Die Gesamtanordnung ist aus mehrfachen Gründen als besonders ge-

lungen zu bezeichnen. Der Grundgedanke des Bogens ist in allen drei Öffnungen unter veränderten Bedingungen angewandt, wobei an den Stropfeilern die Bogenenden der großen und kleineren Öffnungen einander entsprechen. Somit wird trotz der zwischen ihnen liegenden Steinmasse der Mittelpfeiler gewissermaßen ein organischer Zusammenhang zwischen den Bogenträgern der Mittelöffnung und der Seitenöffnungen erzielt. In der Mittelöffnung liegen die Obergurte der Bogenträger gänzlich oberhalb der Fahrbahn; hierdurch wird der ungünstige Eindruck, den eine Durchschneidung der Bogenlinie durch die Fahrbahn machen würde, glücklich vermieden.

Die Gesamtanordnung der Bonner Rheinbrücke, bei der die Hauptträger der Mittelöffnung größtenteils oberhalb der Fahrbahn, die der Seitenöffnungen vollständig unter der Fahrbahn liegen, ist später noch mehrfach bei kleineren Bauwerken angewandt worden, beispielsweise bei einem in Paris 1900 errichteten Fußgängersteg zwischen Alma- und Jenabrücke<sup>1)</sup>. Bernhard hat später denselben Grundgedanken bei der Treskowbrücke in Oberschöneweide verwendet (Zusammenstellung 10, Nr. 6). Jedoch sind dort die Hauptträger der Seitenöffnungen als Balkenträger, nicht als Bogenträger ausgebildet. Die Gesamtanordnung wirkt auch hier nicht ungünstig. Ein Mangel ist jedoch die zu geringe Betonung der Mittelpfeiler als statisch und ästhetisch wichtiger Bauglieder (Abb. 82). Ähnliches gilt auch von der Baumgartenbrücke bei Potsdam (Zusammenstellung 10, Nr. 8).

Eine weitere Frage betrifft die Anordnung von vollwandigen oder gegliederten Bogenträgern. In neuerer Zeit scheint man den vollwandigen Bogenträgern häufiger den Vorzug zu geben. Und dies ist auch wohl zu billigen, weil die vollwandigen Träger wuchtiger aussehen und weil ihre breiten Flächen sich eher in ein ästhetisches Gleichgewicht zu den Mauerkörpern bringen lassen, als gegliederte Hauptträger. Indessen lassen sich allgemeine Regeln hierüber kaum geben, weil die erörterte Frage in hohem Grade von den besonderen Verhältnissen des Bauwerkes abhängt.

Sind die Bogenträger nicht vollwandig, sondern mit Fachwerkgliederung ausgeführt, so lassen sich drei Anordnungen unterscheiden:

1. Die Füllungsstäbe sind zwischen zwei gekrümmten Bogengurtungen angeordnet (Zusammenstellung 8).
2. Es ist eine gekrümmte Bogengurtung und eine gerade, ungefähr in der Höhe der Fahrbahn liegende Gurtung vorhanden; beide sind durch ein Fachwerk verbunden (Zusammenstellung 9).
3. Die an sich gegen Biegemomente nicht hinreichend widerstandsfähige Bogengurtung ist durch einen in Höhe der Fahrbahn liegenden Fachwerkträger mit zwei annähernd parallelen Gurtungen versteift (Zusammenstellung 11).

Die unter 1 beschriebene Anordnung ist wohl bei größeren Bogenbrücken die häufigste und auch die schönste.

Die unter 2 genannte Art von Bogenträgern wurde früher bei kleineren und mittleren Stützweiten häufig, in den letzten Jahren aber nur noch sehr selten ausgeführt. In den Fällen, in welchen sie früher angewandt wurde, gibt

<sup>1)</sup> Bernhard, die Weltausstellung in Paris. Brücken- und Eisenkonstruktionen. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 1043, sowie Mehrtens, S. 721 und 733.



man jetzt vollwandigen Trägern den Vorzug, wie bereits oben erwähnt. In der Tat sehen auch vollwandige Träger bei kleineren und mittleren Stützweiten erheblich ruhiger aus als jene Träger mit Fachwerkgliederung in den Zwickeln.

Die unter 3 erwähnte Anordnung ist zumeist nur dann ausgeführt worden, wenn die Hauptträger über die Fahrbahn hinausragen (vergl. oben Seite 16). Diese Trägerart hat für Straßenbrücken den praktischen Vorteil, daß bei außenliegenden Fußwegen ein Querverkehr zwischen diesen und der Fahrbahn möglich ist. Aber auch in ästhetischer Beziehung wirkt sie meines Erachtens sehr günstig. Hinsichtlich des Abstandes der Gurtungen lassen sich drei Fälle unterscheiden:

1. der Abstand beider Gurtungen ist in der Nähe der Kämpfer größer als im Scheitel;
2. beide Gurtungen haben überall ungefähr gleichen Abstand;
3. der Abstand ist in der Nähe der Kämpfer kleiner als im Scheitel.

Es erscheint vielleicht gewagt, über den Eindruck dieser drei Anordnungen eine allgemeine Kritik auszusprechen, da hierbei einerseits der persönliche Geschmack des Beurteilers von großem Einfluß ist, andererseits die sonstigen Eigenschaften des Bauwerks, wie Pfeilhöhe und Bogenhöhe, eine wichtige Rolle spielen. Viele Ingenieure halten den Sichelbogen für die schönste Form wegen seines gefälligen und dabei besonders leichten Aussehens.<sup>1)</sup> Ich möchte eher der oben Seite 52 unter 1 erwähnten Anordnung, bei welcher die Trägerhöhe in der Nähe der Kämpfer größer ist als im Scheitel, den Vorzug geben und zwar namentlich bei großen Stützweiten. Als Begründung für diese Ansicht läßt sich etwa folgendes ausführen, wobei wir voraussetzen, daß die Hauptträger gänzlich unter der Fahrbahn liegen. Die durch das ganze eiserne Bauwerk im Längenschnitt eingenommene Fläche wird begrenzt durch zwei Linien, nämlich die innere Bogengurtung und die Fahrbahn. Diese Fläche ist nun in der Nähe der Kämpfer bedeutend höher (breiter) als in der Nähe des Scheitels. Ist also die Aufgabe gestellt, die äußere (obere) Bogengurtung anzuordnen, dann wird man ihr tunlichst in der Nähe der Kämpfer einen größeren, in der Nähe des Scheitels aber einen kleineren Abstand von der (als festliegend betrachteten) inneren Bogengurtung geben, entsprechend der zur Verfügung stehenden breiteren Fläche. Demgemäß findet man bei verschiedenen gußeisernen Bogenbrücken aus dem Ende des achtzehnten und dem Anfang des neunzehnten Jahrhunderts mehrere Bogen übereinander angeordnet, von welchen der unterste am steilsten ist, und die oberen allmählich immer flacher werden; im Scheitel berühren sich dann sämtliche Bögen. Als Beispiele seien erwähnt die Brücke über das Striegauer Wasser bei Laasan und die alte Friedrichsbrücke über die Spree in Berlin (Zusammenstellung 6, Nr. 3 und 11). Bei der Southwark-Brücke in London und der Sullybrücke in Paris ist die Höhe der gußeisernen vollwandigen Träger an den Kämpfern erheblich größer als im

Scheitel (Zusammenstellung 6, Nr. 10 und 18). Solche Bogenformen wirken sehr vorteilhaft.

Aber auch bei verschiedenen Brücken aus Schweißisen oder Flußeisen mit oberliegender Fahrbahn haben die Bogenträger an den Kämpfern eine größere Höhe als in der Mitte. Als Beispiele seien erwähnt die Arcole-Brücke in Paris (Zusammenstellung 9, Nr. 1), die Schwarzwasser-Brücke bei Bern, die Adda-Talbrücke bei Paderno, die Talbrücke bei Müngsten und die Kornhausbrücke bei Bern, bei denen die Hauptträger der Mittelöffnung keine Gelenke haben (Abb. 54, 57, 59, 60). Diese Brücken dürften in ihrer Gesamterscheinung sehr wohl den Brücken mit Sichelträgern (Douro-Brücke, Garabit-Viadukt) wenigstens gleichwertig, ja sogar noch etwas überlegen sein (Abb. 56).

Im allgemeinen darf man behaupten, daß der Sichelträger mehr einen leichten und kühnen, der Träger mit großem Abstande der Gurtungen an den Kämpfern eher einen wuchtigen, dafür jedoch standsicheren und besonders energischen Eindruck macht. Hat man daher die eine oder andere Form zu wählen, so wird man jedenfalls auch die Umgebung des Bauwerks und sein Zusammenwirken mit dieser berücksichtigen müssen.

Die oben Seite 52 unter 1 erwähnte Form hat in ästhetischer Beziehung auch den Vorteil, daß sie bei oberliegender Fahrbahn verhältnismäßig große Ähnlichkeit mit den steinernen Brücken aufweist, daher leichter als typische Erscheinung wirken kann, als die gänzlich von den Steinformen abweichenden Sichelträger.

Bogenträger mit zwei gekrümmten Gurtungen, deren Abstand voneinander nach den Widerlagern zu sich vergrößert, sind namentlich bei untenliegender Fahrbahn sehr oft ausgeführt worden. Eine besonders günstige Wirkung wird bei solchen Trägern erreicht, wenn die obere Gurtung desselben unmittelbar über den Auflagern in der Höhe der Fahrbahn liegt, wie bei der Bonner und Düsseldorfer Rheinbrücke. Bei den Bogenträgern mit Zugband ist dieses meistens an den Auflagerknotenpunkten angebracht. Ungefähr in gleicher Höhe liegt auch die Fahrbahn. Eine derartige Anordnung wirkt aber weniger günstig.

Bogenträger, deren Höhe an den verschiedenen Punkten überall ungefähr gleich ist, sind ebenfalls ziemlich häufig ausgeführt, und zwar namentlich bei oberliegender Fahrbahn. Als Beispiele seien angeführt die alte und neuere Rheinbrücke bei Coblenz, die Straßenbrücke zwischen Mainz und Castel, die Spreebrücke am Schiffbauerdamm und die Alsen-Brücke in Berlin (Zusammenstellung 8, Nr. 1, 4, 5, 8, 13 sowie Abb. 48, 49, 52, 50 und 69). Ferner sind auch bei den meisten vollwandigen Bogenträgern mit kleineren Stützweiten die Trägerhöhen an den einzelnen Punkten nicht sehr verschieden voneinander. Derartige Bogenformen empfehlen sich namentlich dann, wenn der Bogen mit zwei Kämpfergelenken, aber ohne Scheitелgelenk ausgeführt werden soll, wie dies bei den meisten flacheren Bogenbrücken der Fall ist.

Nicht unwichtig ist bei solchen Brücken die Ausbildung der Bogenträger an den Kämpfern. Die Zusammenführung der Gurtungen nach dem Kämpfergelenk erscheint als die einfachste, nächstliegende Anordnung, die auch in ästhetischer Hinsicht befriedigt (Neuere Rheinbrücke bei Cob-

<sup>1)</sup> Schaper, eiserne Brücken, 1. Aufl. Seite 157 und 2. Aufl. S. 174.



lenz). Wenn bei einigen Brücken trotz eines Kämpfergelenkes der Bogen seitliche Ansätze erhalten hat, so ist diese Anordnung eigentlich nur dann begründet, wenn der Bogen nach vollendeter Aufstellung nachträglich eine Einspannung an den Kämpfern erhalten soll. Die Anbringung solcher seitlicher Ansätze nur zu ästhetischen Zwecken erscheint verfehlt, weil sie den Beschauer über die tatsächliche Stützungsart des Bogens zu täuschen geeignet ist.

Über die verschiedenen Arten der Wandgliederung wurde bereits bei den einfachen Balkenträgern Seite 46 eine kurze Kritik gegeben, die im wesentlichen auch für Bogenträger gelten dürfte. Es sei hier nur eine kurze Anwendung des oben Gesagten gemacht. Ändert sich der Abstand der beiden Bogengurtungen zwischen Kämpfer und Scheitel nur wenig, dann zeigt der Bogen an sich ein ruhiges, etwas einförmiges Aussehen. In diesem Falle wird man gut tun, durch die Wandgliederung etwas Leben und Bewegung hervorzubringen, also etwa das einfache oder doppelte Strebenfachwerk zu wählen. Ist dagegen der Abstand der Bogengurtungen an den einzelnen Stellen sehr verschieden, so wirkt dieser Umstand schon als eine gewisse Abwechslung. Es empfiehlt sich dann, die Wandgliederung möglichst ruhig anzuordnen. Aus diesem Grunde erscheint es beispielsweise gerechtfertigt, daß bei der Münstener Brücke, der Bonner und Düsseldorfer Rheinbrücke, sowie fast allen Bogenträgern mit Zugband das einfache Ständerfachwerk gewählt wurde.

Abgesehen von diesen Erwägungen empfiehlt es sich im allgemeinen, die Wandgliederung von Bogenbrücken verhältnismäßig engmaschig auszuführen. Hierdurch werden die beiden Bogengurtungen mehr als gemeinsames Ganzes gekennzeichnet, als bei weiter Gliederung; und der Zusammenhang beider Gurtungen tritt deutlicher hervor. Der Gesamteindruck nähert sich in diesem Falle dem eines vollwandigen Bogens, ist aber immer noch erheblich leichter als bei diesem. Das Verhältnis der Stabreiten zu den Abständen der Füllungsstäbe spielt natürlich hierbei eine wichtige Rolle. Eine verhältnismäßig engmaschige Gliederung erhält man bei dem Ständerfachwerk mit gekreuzten Diagonalen, wie es beispielsweise bei einigen älteren großen Bogenbrücken (Zusammenstellung 8, Nr. 1, 3, 8, 12) vorkommt. In diesem Falle ist es sehr zu empfehlen, die Pfosten rechtwinklig zur Gurtung anzuordnen.

Von großer Bedeutung ist ferner der Abstand beider Gurtungen im Verhältnis zu den übrigen Abmessungen des Bogens. Schaper empfiehlt in seinem Werke „Eiserne Brücken“ (2. Aufl., S. 175 und 177) bei Sichelträgern und bei Bogenträgern mit parallelen Gurtungen den Abstand derselben im Scheitel etwa  $\frac{1}{5}l$  zu wählen. Bei Sichelträgern mag dies wohl zutreffen; bei Bogen mit parallelen Gurtungen dürfte jedoch eine etwas geringere Höhe am vorteilhaftesten aussehen. Für die zuletzt genannte Trägerart hat Dr. Ing. Trauer den in wirtschaftlicher Beziehung günstigsten Gurtabstand bei verschiedenen Belastungsverhältnissen und Pfeilhöhen ermittelt (Eisenbau 1910, S. 255–261 und 295–299). Soweit die ästhetischen Rücksichten in Frage kommen, ist im allgemeinen die Wahl eines verhältnismäßig kleinen Abstandes beider Gurtungen zu empfehlen, wobei sich dann von selbst eine verhältnismäßig engmaschige

Gliederung ergibt. Eine solche Anordnung wird sich aber leichter bei einem Bogen mit annähernd parallelen Gurtungen erreichen lassen, als bei einem Sichelbogen, der dann leicht etwas zu zerlich ausfällt. Auch aus diesem Grunde verdient der Bogen mit annähernd parallelen Gurtungen oder mit kleinerem Gurtabstand im Scheitel den Vorzug vor dem Sichelbogen.

Besonders wichtig für die Gesamtwirkung der Bogenbrücken ist das Verhältnis der Pfeilhöhe zur Bogensehne, das sogenannte Pfeilverhältnis. Bei den meisten Bogenbrücken schwankt dieser Wert etwa zwischen  $\frac{1}{10}$  und  $\frac{1}{7}$ , jedoch finden sich auch weit größere und weit kleinere Werte. Am kleinsten ist das Verhältnis bei der Alexanderbrücke in Paris (1 : 17), am größten bei der Münstener Talbrücke (1 : 2,54). Im allgemeinen darf man wohl behaupten, daß ein großes Pfeilverhältnis für den Gesamteindruck günstig wirkt; dieser wird hierdurch bedeutender. Andererseits kann man auch mit ausnahmsweise kleinem Pfeilverhältnis günstige Eindrücke erzielen; das Bauwerk macht dann oft einen besonders kühnen Eindruck, wie z. B. die Arcole-Brücke, die Alexander-Brücke und die Mirabeau-Brücke in Paris.

Da man aus technischen Gründen ohnehin gewöhnlich ein möglichst großes Pfeilverhältnis wählen wird, so ist dieses durch die örtlichen Bedingungen annähernd gegeben. An der Entscheidung werden in den meisten Fällen auch die ästhetischen Erwägungen wenig zu ändern haben, wenigstens soweit eine einzige Öffnung in Betracht kommt.

Hat das Bauwerk mehrere Öffnungen, so ist die Wahl der Pfeilhöhe von besonderer Wichtigkeit. Die günstigste Wirkung wird erzielt, wenn das Pfeilverhältnis in allen Öffnungen gleich ist (Regel der Proportion). Hat man in der Wahl der Stützweiten freie Hand, so empfiehlt es sich, eine ungerade Zahl von Öffnungen anzuordnen und die mittleren Stützweiten merklich größer als die seitlichen zu wählen. Außerdem ist es aus ästhetischen Gründen erwünscht, daß die Kämpfer sämtlicher Bögen in gleicher Höhe liegen, und daß der Höhenunterschied zwischen dem Scheitel des Bogens und der Fahrbahn überall der gleiche ist. Allen diesen Bedingungen kann gleichzeitig nur dann entsprochen werden, wenn die Fahrbahn von beiden Enden der Brücke etwas nach der Mitte zu ansteigt. Dies ist häufig bei Straßenbrücken der Fall (vergl. Schaper, 2. Aufl., S. 166).

Ein bemerkenswertes Beispiel für diese Regeln ist die Straßenbrücke über den Rhein zwischen Mainz und Castel (Abb. 52). Sie enthält fünf Öffnungen, deren Stützweiten und Pfeilhöhen von den beiden Enden nach der Mitte zu allmählich wachsen. Auch steigt die Fahrbahn nach der Mitte zu etwas an. Das ganze Bauwerk macht einen sehr harmonischen Eindruck, auch in den Einzelheiten.

Wesentlich anders liegt die Sache, wenn aus örtlichen Gründen ein symmetrisches Ansteigen der Fahrbahn von beiden Seiten nach der Mitte nicht möglich ist. Einen interessanten Fall unsymmetrischer Anordnung des Brückengefülles zeigt beispielsweise die obere Rheinbrücke in Basel (Wettstein-Brücke, Abb. 44). Die beiden Rheinufer haben dort einen Höhenunterschied von 13 m. Infolge dieses Umstandes waren lange Voruntersuchungen und Verhandlungen darüber geführt worden, ob es mit Rücksicht auf die ästhetische



Wirkung zulässig sei, der Brückenfahrbahn das durch die äußeren Verhältnisse bedingte einseitige Gefälle zu geben. Das ausgeführte Bauwerk hat drei Hauptöffnungen, deren Stützweiten und Pfeilhöhen vom rechten zum linken Ufer etwas zunehmen. Die Brückenfahrbahn liegt über den Stromöffnungen in einer Steigung von 2,67‰ oder 1 : 37,5. Das Pfeilverhältnis ist bei den drei Hauptöffnungen nicht ganz gleich, sondern beträgt bei der kleinsten Öffnung 1 : 9,5, bei der größten 1 : 8,2. Wie in einer Veröffentlichung von Riese (Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 360 u. ff.) mit Recht hervorgehoben wird, bedeutet die gewählte Anordnung in ästhetischer Beziehung eine durchaus glückliche Wahl, während sie in technischer Hinsicht „unbedingt als die natürlichste und zweckmäßigste erscheinen muß“.

Dieses Beispiel ist vielleicht lehrreich für andere Fälle. Man sollte sich also nicht scheuen, die Brückenfahrbahn in ein einseitiges Gefälle zu legen, wenn die örtlichen Verhältnisse dieses verlangen. Eine einseitige und unsymmetrische Anordnung der Steigung der Fahrbahn findet sich übrigens auch bei der Kornhausbrücke in Bern (Zusammenstellung 8, Nr. 12).

Eine weitere, besonders wichtige Frage ist die, ob und wie weit bei Bogenbrücken mit mehreren Öffnungen ein organischer Zusammenhang zwischen diesen besteht. Liegt die Fahrbahn ganz oder größtenteils über den Hauptträgern, dann sind gewöhnlich die Steinpfeiler nahezu bis zur Unterkante der Fahrbahn hinaufgeführt. In diesem Falle treten zwar die Pfeiler als konstruktiv wichtigste Glieder des ganzen Bauwerks besonders deutlich hervor; sie bilden aber zugleich stark betonte Trennungen der einzelnen Öffnungen. Hier ist also der organische Zusammenhang zwischen den Überbauten der einzelnen Öffnungen verhältnismäßig schwach betont, soweit er nicht durch andere Mittel, wie gleiche Ausbildung der Bogenträger, gleiches Pfeilverhältnis usw. doch bemerkbar wird (vergl. die Ausführungen über die Bonner Rheinbrücke oben Seite 218–219). Immerhin hat die geschilderte Anordnung so viele Vorzüge, daß sie bei den meisten Bogenbrücken sich vorfindet und gewissermaßen als typisch bezeichnet werden darf.

Es gibt aber auch verschiedene Bogenbrücken mit obenliegender Fahrbahn, bei denen die Steinpfeiler nur bis zu den Widerlagern der Bogenträger hinaufgeführt sind. Ein bemerkenswertes Beispiel hierfür bietet die Kirchenfeldbrücke in Bern (Zusammenstellung 8, Nr. 7, (Abb. 57)). Auf den steinernen Mittelpfeiler, der den Hauptträgern der beiden großen Öffnungen als Widerlager dient, stützen sich eiserne Pfeiler von derselben Anordnung, wie sie auch an den übrigen Stellen zur Unterstützung der Fahrbahnträger vorhanden sind. Hierdurch wird eine gewisse Gleichmäßigkeit in der Längenentwicklung des ganzen Bauwerkes erzielt. Dies ist im vorliegenden Falle besonders deshalb wichtig, weil zwei Hauptöffnungen vorhanden sind, die den weitaus größten Teil der Gesamtlänge einnehmen. Hätte man den mittleren Pfeiler bis zur Fahrbahnhöhe in Stein ausgeführt, so wäre eine unerwünschte Trennung des Bauwerks in zwei ungefähr gleiche Teile entstanden. Es war also hier durchaus richtig, den organischen Zusammenhang der beiden Hauptöffnungen vorwalten zu lassen.

Etwas anders liegt die Sache, wenn eine einzige Hauptöffnung vorhanden ist, die gegenüber den Seitenöffnungen im Gesamtbilde des Bauwerks bedeutend hervortritt, wie z. B. bei der schon mehrfach erwähnten Kaiser-Wilhelms-Brücke über die Wupper bei Müngsten (Abb. 59). Hier war es am Platze, in der Ausbildung der verschiedenen Öffnungen einen gewissen Gegensatz zu zeigen. Dies geschah einerseits dadurch, daß nur für die Hauptöffnung Bogenträger gewählt wurden, während die Seitenöffnungen durch Parallelträger überspannt sind. Andererseits ist durch die auf den Widerlagern der großen Bogenträger errichteten eisernen Gerüstpfeiler von beträchtlicher Höhe und Breite eine gewisse Trennung zwischen Hauptöffnung und den Seitenöffnungen gebildet. Gleichwohl ist aber ein organischer Zusammenhang zwischen den verschiedenen Teilen des Bauwerks unverkennbar. Dieser Eindruck wird hauptsächlich durch die gleichartige Ausbildung der unter der Fahrbahn liegenden Parallelträger und der sie unterstützenden Gerüstpfeiler hervorgerufen.

Ein interessanter Vergleich bietet sich zwischen der Müngstener Brücke und der Kornhausbrücke in Bern (Abb. 60), die in ihrer Gesamtanordnung eine gewisse Ähnlichkeit, in ihrer Umgebung, in den Abmessungen und in der Ausbildung der Einzelheiten jedoch bedeutende Unterschiede aufweisen. Während die Müngstener Brücke ein im ganzen bewaldetes Gebirgstal übersetzt, befindet sich die Berner Brücke in der Bundeshauptstadt. Die Müngstener Brücke ist lediglich das Werk von Ingenieuren; hier waren technische Erwägungen in erster Linie maßgebend. Und wenn auch künstlerische Rücksichten bei der Aufstellung des Entwurfes gewiß nicht ohne Einfluß gewesen sind, so hat doch die Gesamterscheinung des Bauwerkes etwas Wuchtiges, Gigantisches, Urwüchsiges. Bei der Berner Brücke merkt man deutlich die feilende, verfeinernde Hand des Architekten. Hier sind die Pfeiler aus Stein hergestellt, sie bilden merkbare, deutlich hervortretende Abschnitte in der Längenentwicklung. Der Umstand, daß die an die Hauptöffnung angrenzenden kleineren Bogen ihre Widerlager in wesentlich größerer Höhe haben, als der Hauptbogen, wirkt nicht ganz harmonisch. Ob es allerdings möglich gewesen wäre, bei Anordnung der Kämpfer jedes Pfeilers in gleicher Höhe eine im ganzen befriedigendere Lösung zu erzielen, erscheint fraglich. Die Anordnung des Hauptbogens an sich ist jedenfalls sehr glücklich gewählt. Man darf also behaupten, daß jedes der beiden Bauwerke ein Stimmungsbild von hervorragendem Werte bietet, das mit seiner Umgebung sehr gut harmoniert.

Eine bemerkenswerte Gruppe bilden diejenigen Brücken, bei denen die Bogen je zweier aneinandergrenzenden Öffnungen ein gemeinsames Widerlager haben. Hier ist offenbar der organische Zusammenhang zwischen den einzelnen Öffnungen in weit höherem Maße vorhanden, als bei den Brücken mit getrennten Überbauten. Das bedeutendste Beispiel einer Verbindung von Bogenträgern mit Auslegerträgern ist die Brücke über das Vaur-Tal in Südfrankreich auf der Linie Carmaux-Rodez (Zusammenstellung 9, Nr. 10). Die Gesamtform ist hier sehr glücklich gewählt. Die Bogen- und die Seitenöffnungen sind ähnlich denjenigen der Mittelöffnung, wenn auch etwas kürzer ausgebildet, entsprechend den erheblich kleineren Stützweiten. Durch die Ähnlichkeit



der Bogenlinien wird eine gewisse Harmonie des Gesamtbildes erzeugt. Vor allem ist hervorzuheben, daß hier die Überbrückung eines tief eingeschnittenen Tales in einer durchaus natürlichen, auch für den Nichtfachmann leicht verständlichen Konstruktionsweise gelungen ist, die namentlich in ästhetischer Hinsicht recht günstig wirkt. — Die Fachwerkgliederung ist hier nicht — wie bei den meisten Bogenbrücken von ähnlichen Abmessungen — zwischen zwei gekrümmten Gurtungen, sondern zwischen je einer gekrümmten Bogengurtung und einer geraden, in Höhe der Fahrbahn liegenden Gurtung angeordnet. Hierbei wird allerdings die Bogenlinie weniger stark betont, als bei zwei gekrümmten Gurtungen. Als Gliederung der Tragwände ist das einteilige Ständerfachwerk gewählt. Die Höhe des Fachwerks ist an den einzelnen Stellen sehr verschieden; deshalb ist die gewählte Art der Gliederung als recht günstig zu bezeichnen. Denn es empfiehlt sich offenbar, bei einem starken Wechsel der Fachwerkhöhe eine möglichst ruhige Anordnung der Füllungsstäbe zu wählen (vergl. oben Seite 46). Besondere Beachtung verdient auch der Umstand, daß die Feldweite von den Kämpferpunkten nach dem Scheitel der Mittelöffnung und nach den Enden der Seitenöffnung stetig, nicht sprungweise abnimmt, was gleichfalls in ästhetischer Hinsicht besonders günstig wirkt. Jedenfalls darf man behaupten, daß bei diesem Bauwerk der organische Zusammenhang zwischen den einzelnen Öffnungen in weit höherem Grade gewahrt ist, als bei den früher betrachteten Brücken mit mehreren Öffnungen.

Eine ähnliche Bauart findet sich zuweilen bei kleineren Brücken, die über Kanäle führen, beispielsweise bei einer Brücke über den Elb-Travekanal bei Mölln-Schwarzenbeck (Mehrtens, Der deutsche Brückenbau im 19. Jahrhundert, S. 30), und bei einer Brücke über den Teltowkanal im Süden von Berlin (Zusammenstellung 9, Nr. 11 und 12 Abb. 76). Auch für diese beiden Brücken gilt das oben über die Vaur-Talbrücke Gesagte, obwohl natürlich die Abmessungen miteinander nicht zu vergleichen sind.

Derselbe Grundgedanke findet sich auch bei zwei Pariser Brücken, nämlich bei der Mirabeau-Straßenbrücke (Zusammenstellung 9, Nr. 9) und einer Brücke bei Passy, die zugleich den Viadukt der Stadtbahn (Metropolitain) über die Seine führt. Das Pfeilverhältnis ist hier viel flacher als bei der Vaur-Brücke, doch ist auch hier der Gesamteindruck günstig. Leider hat man es für nötig befunden, die Tragwände über den Mittelpfeilern mit figürlichem Schmuck auszustatten, der bei der letztgenannten Brücke sehr gesucht und wenig harmonisch wirkt.

Am Schlusse dieser Betrachtungen über Bogenbrücken sei noch eine Frage berührt, die gleichfalls für den ästhetischen Eindruck von Bedeutung ist, nämlich die *Linienführung der Gurtungen*. In den weitaus meisten Fällen hat man die Bogenträger nach einem Parabel- oder Kreisbogen geformt, zuweilen aber auch nach anderen Linien, wie z. B. bei der Straßenbrücke über den Rhein bei Worms (Zusammenstellung 8, Nr. 14) als Ellipsen. Diese Tatsache läßt erkennen, daß es auch für Bogenbrücken keine unabänderliche Regel gibt, die unbedingt einzuhalten wäre. Offenbar liegt es wohl am nächsten, die Form einer Parabel zu wählen. Da jedoch wegen der Wirkung einseitiger Ver-

kehrslast der Bogen ohnehin zur Aufnahme von Biegemomenten versteift werden muß, so werden Abweichungen von der Parabelform sehr wohl zulässig sein, falls dies aus praktischen oder ästhetischen Gründen als erwünscht erscheint.

Bei den am häufigsten vorkommenden kleinen Pfeilverhältnissen (etwa von  $\frac{1}{8}$  an abwärts) spielt die Wahl der Bogenform für das Aussehen keine besonders wichtige Rolle. Parabel und Kreisbogen sind in solchen Fällen kaum zu unterscheiden, und auch die Wahl einer anderen statisch oder wirtschaftlich noch möglichen Kurve dürfte keine sehr große Verschiedenheit in dem Gesamteindruck hervorrufen. Bei größerem Pfeilverhältnis ist die Wahl der Linie schon von bedeutenderem Einfluß auf das Aussehen. Im allgemeinen wird man wohl auch in solchen Fällen durch die Anordnung von Parabeln einen günstigen Eindruck erzielen können. Beispielsweise sind bei der Müngstener Talbrücke und bei der Kornhausbrücke in Bern die Gurtungen annähernd nach Parabeln geformt; das Aussehen ist, wie bemerkt, recht vorteilhaft. Man erkennt deutlich, wie die Krümmung im Scheitel am größten ist und nach den Kämpfern allmählich abnimmt. Weniger günstig wirken die als Kreisbogen geformten Gurtungen der (etwas älteren) Kirchenfeldbrücke in Bern.

Ganz anders als bei den Brücken mit Parabel- oder Kreisbogen ist das Aussehen bei solchen Bögen, deren Krümmung in der Nähe der Kämpfer am stärksten ist. Ein Beispiel hierfür bietet die Westminster-Brücke in London (Zusammenstellung 6, Nr. 15, Abb. 47). Die Bogenträger bestehen aus Gußeisen, ihre inneren Gurtungen gehen an den Kämpfern mit einer scharfen Krümmung vollständig in die lotrechte Richtung über. Die Gesamterscheinung ist sehr ausdrucksvoll und dabei doch gefällig, fast möchte man sagen anmutig. Eine solche Form ist jedenfalls bedeutend schöner als eine Parabel, wenn sie auch in statischer Beziehung weniger günstig ist und daher mehr Material erfordert. Bei Steinbrücken findet sich bekanntlich ziemlich häufig eine Überleitung aus dem flachen Bogen in die lotrechte Richtung des Pfeilers durch eine Krümmung mit verhältnismäßig kleinem Halbmesser.

Auch bei der oben Seite 55 erwähnten Bogenbrücke über den Elb-Travekanal ist der Bogen der Mittelöffnung so angeordnet, daß die Krümmung in der Nähe der Kämpfer größer ist als im Scheitel, wenn auch der Unterschied viel weniger ins Auge fällt, als bei der Westminster-Brücke.

Eine bemerkenswerte Bogenform zeigen die vollwandigen Träger einer Straßenunterführung in Metz. Auch hier ist die Krümmung der inneren Gurtung in der Nähe der Kämpfer viel stärker als im Scheitel. Die Anordnung der Träger war dadurch bedingt, daß einerseits unter diesen ein Raum von möglichst großer Breite und Höhe freigehalten werden mußte, andererseits der Bogenschub nicht zu groß ausfallen sollte. Eine Bogenform, wie sie im vorliegenden Falle gewählt ist, dürfte nicht nur praktischen, sondern auch ästhetischen Ansprüchen genügen. (Abb. 71.)