



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen

Text

Jordan, Hermann

Berlin, 1913

1. Brückenbau

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

Bauwerk zeigt auch die gleichfalls von Schadde entworfene Bahnhofshalle in Brügge in ihren schmiedeeisernen Kunstformen Anklänge an den spätgotischen Stil.¹⁾

Stilgeschichtlich sind ferner besonders bemerkenswert die Gesimse größerer Eisenbauten. Hier sind hauptsächlich zwei Richtungen zu unterscheiden: entweder werden einzelne Konstruktionsglieder, wie z. B. die vorkragende Dachrinne, als Abschluß verwendet, dabei aber nur an

einigen, besonders hervorstechenden Stellen mit Ziergliedern versehen, oder aber es werden die Hausteine-Formen auf das Eisen übertragen. Die erstere Art der Ausbildung findet sich hauptsächlich bei Gesimsen aus Schmiedeeisen (neuerdings Flußeisen), die zweite bei Gesimsen aus Gußeisen. Zahlreiche Beispiele für beide Arten finden sich im Handbuch der Architektur III. Teil, 2. Band, 2. Heft, Kapitel 21, S. 285—343.

II.

Kritische Würdigung.

A. Kritik der Konstruktionsformen.

Es ist uns die Aufgabe gestellt, die in verschiedenen Kulturländern ausgeführten Eisenkonstruktionen, soweit sie in ästhetischer Hinsicht von Bedeutung sind, einer kritischen Würdigung zu unterziehen, d. h. wir sollen sie ihrem künstlerischen Werte nach beurteilen, gleichsam sie wägen, einen Maßstab an sie anlegen. Das ist zunächst möglich auf dem Wege des Vergleichs. Womit sollen wir aber unsere Eisenkonstruktionen vergleichen? Offenbar weichen sie von den aus Holz und Stein errichteten Bauwerken oder Bauteilen so wesentlich ab, daß es sehr schwer, ja fast unmöglich ist, für die ästhetische Bewertung dieser verschiedenen Bauarten gemeinsame Vergleichspunkte zu gewinnen. Es ist daher der beste Weg, wenn wir die verschiedenen Arten von Eisenkonstruktionen unter sich vergleichen. Die übrigen Bauweisen wollen wir nur so weit in Betracht ziehen, als sie irgendwie mit dem Eisen in räumlichen und konstruktiven Zusammenhang gebracht worden sind, und auch nur insoweit, als es sich um die ästhetischen Beziehungen zwischen den Eisenkonstruktionen und den aus anderen Stoffen bestehenden Bauteilen oder Bauwerken handelt.

1. Brückenbau.

a) Allgemeines.

Im Brückenbau haben wir die drei großen Gruppen: Hängebrücken, Bogenbrücken, Balkenbrücken unterschieden. Die beiden erstgenannten Arten von Brücken sind offenbar den Balkenbrücken weit überlegen. Man vergleiche beispielsweise die Rheinbrücken bei Coblenz, Mainz, Bonn, Düsseldorf, Worms mit den etwas älteren Balkenbrücken: Rheinbrücken bei Mannheim und Düsseldorf, Elbbrücken bei Barby und Lauenburg, dann fällt sogleich die große Überlegenheit der Bogenbrücken ins Auge. Es fragt sich nun, aus welchem Grunde wir den Bogenbrücken den Vorzug geben. Ich erblicke diesen Grund darin, daß bei den Bogen- und Hängebrücken ein einziger, sehr einfacher Grundgedanke das ganze Bauwerk gewissermaßen beherrscht, nämlich die mehr oder weniger gekrümmte Linie. Haben wir eine einzige Bogen- oder Hängegurtung, dann ist das Vorherrschen der krummen Linie ohne weiteres klar, denn wir haben außer ihr nur die im wesentlichen gerade Fahrbahn, im übrigen

aber ein System von lotrechten Stäben, das zur Übertragung der Lasten auf die gekrümmte Gurtung dient. Haben wir aber zwei als verschiedene Linien hervortretende Gurtungen, dann ist die krumme Linie erst recht stark betont, indem die beiden Gurtungen in sehr naher räumlicher Beziehung zueinander stehen. In sehr vielen derartigen Fällen läßt sich auch behaupten, daß das bereits in der Einleitung erwähnte Gesetz der Harmonie vielleicht unbewußt angewendet sei, insofern als nämlich eine und dieselbe Art von krummen Linien unter verschiedenen Bedingungen mit wechselndem Abstand der Gurtungen angewendet worden ist. Wir haben also hier eine „Einheit des Mannigfaltigen“. Wie dem auch sei, jedenfalls ist bei den Bogen- und Hängebrücken die krumme Linie der das ganze Bauwerk beherrschende Gedanke, der ihm seinen Charakter verleiht.

Ganz anders liegt die Sache bei den Balkenbrücken. Zwar sind auch bei diesen gekrümmte Gurtungen oft angewandt, aber diese Krümmungen sind nicht derart tonangebend, wie bei den Bogen- und Hängebrücken. Zumeist haben die Gurtungen bei den Balkenbrücken einen großen Abstand voneinander und die so gebildete breite Fläche ist durch ein System von Stäben ausgefüllt, das dem Auge in den meisten Fällen wenig Erfreuliches oder Interessantes bietet. Dieses System, die „Wandgliederung“ überwiegt für die ästhetische Betrachtung so stark, daß ihm gegenüber die gekrümmte Gurtung nicht genügend zur Geltung kommt.

Die Bogen- und Hängebrücken wirken also in ästhetischer Hinsicht deshalb günstiger als die Balkenbrücken, weil bei den ersteren ein sehr einfacher Grundgedanke vorherrscht, der es dem Beschauer ermöglicht, sich leicht in das ganze Bauwerk hineinzudenken, oder besser gesagt — sich hineinzufühlen, sich hineinzuleben. Bei den Balkenbrücken ist ein solches Sichhineinfühlen sehr viel schwieriger.

b) Balkenbrücken.

Trotzdem bietet auch die Entwicklung der Balkenbrücken in ästhetischer Hinsicht manches Beachtenswerte.

Vollwandige Balkenträger von sehr großen Abmessungen wirken zwar ruhiger als gegliederte Träger, aber zugleich auch etwas eintönig, weil den langen und breiten Flächen die Abwechslung fehlt. Die in großen Abständen angebrachten lotrechten Versteifungswinkel treten viel zu wenig in die Erscheinung, als daß sie eine bemerkenswerte Gliederung der Ansichtsflächen hervorbringen könnten.

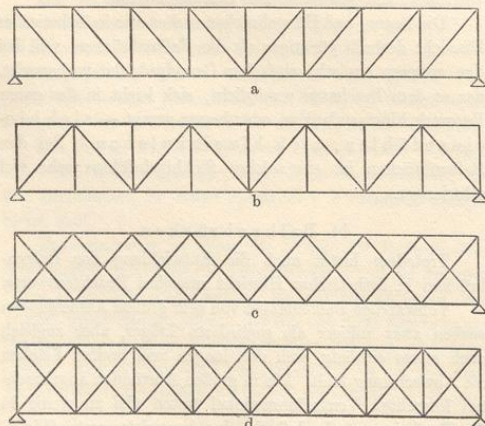
¹⁾ Z. d. Bauverw. 1887, S. 282 und Handb. d. Arch. III, 2, 1891, S. 307.

Vollwandige Träger von so großen Stützweiten wie die der Britanniabridge (Seite 4) werden jedenfalls heute nicht mehr ausgeführt, weil der Mehraufwand an Eisen gegenüber den gegliederten Trägern zu groß wäre. In den letzten 10–20 Jahren machten sich aber Bestrebungen geltend, das Anwendungsgebiet der Blechträger wieder mehr zu erweitern, wobei technische Rücksichten (einfache Herstellung, billige Unterhaltung) wohl in erster Linie maßgebend waren. Aber auch in ästhetischer Hinsicht ist dieser Vorgang nicht ohne Bedeutung. Wenn auch die breiten Flächen der vollwandigen Träger etwas einförmig sind, so wirken sie doch bei größerer Länge des Bauwerkes sehr monumental.

Inwieweit jedoch bei neuen Bauwerken vollwandige Träger den Vorzug verdienen, darüber lassen sich allgemeine Regeln schwer geben. Soweit überhaupt ästhetische Rücksichten in Frage kommen, sind namentlich drei Punkte hier zu beachten, nämlich das Verhältnis des Bauwerkes zu seiner Umgebung, ferner das Verhältnis von Stütze zur Last, von Pfeiler zu Träger und schließlich die farbige Behandlung der Trägerflächen.

In der geschichtlichen Entwicklung bedeutet der Übergang von den vollwandigen Trägern mit großen Stützweiten zu den engmaschigen Gitterträgern zwar in technischer Hinsicht einen Fortschritt, in ästhetischer Beziehung aber eher einen Rückschritt. Während die ganz vollwandigen Träger etwas einförmig aussehen, wirken die eng beieinanderliegenden Diagonalstäbe der Gitterwände namentlich deshalb sehr unruhig, weil die in der perspektivischen Ansicht einander naheliegenden Gitterstäbe beider Hauptträger an verschiedenen Stellen der Brücke verschiedene gegenseitige Lage haben und deshalb ganz verschiedene Bilder zeigen. Es ist mir dieser Umstand namentlich bei der alten Kölner Rheinbrücke aufgefallen.

Im Laufe der weiteren Entwicklung machte sich bekanntlich immer mehr das Bestreben nach einfacher, übersichtlicher Gliederung der Tragwände, sowie nach großen Abständen der einzelnen Glieder geltend. Diese Änderung bedeutet einen großen Fortschritt nicht nur in technischer, sondern auch in ästhetischer Hinsicht.



7. Fachwerkgliederungen einfacher Balkenträger.

Von den neueren Trägeranordnungen verdienen namentlich das Ständer- und Strebenfachwerk mit einfachen und mit gekreuzten Diagonalen Beachtung. Das etwa bis Mitte der neunziger Jahre bei kleineren und mittleren Stützweiten vorzugsweise verwendete einfache Ständerfachwerk (Abb. 7a), wirkt ruhiger als das Strebenfachwerk (Abb. 7b) weil bei dem ersteren und bei parallelen Gurtungen die Richtung der Diagonalen stets dieselbe bleibt. Auch bei den gewöhnlich schwachen Krümmungen der Obergurte einfacher Balkenträger ändert sich die Richtung der Diagonalen eines Ständerfachwerks nur wenig. Bei dem Strebenfachwerk ändert sich dagegen die Richtung der Diagonalen von Feld zu Feld; diese Anordnung wirkt also unruhiger. Es ist aber in vielen Fällen gerade sehr erwünscht, durch die Wandgliederung den Gesamteindruck etwas zu beleben, namentlich bei Parallelträgern und bei Trägern mit schwach gekrümmtem Obergurt, deren Umrißlinien einfach, aber auch etwas eintönig sind. Wohl aus diesem Grunde wird neuerdings dem einfachen Strebenfachwerk zumeist der Vorzug gegeben. Der Materialaufwand ist in beiden Fällen ungefähr gleich groß.

Noch etwas unruhiger und bewegter wirkt das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Abb. 7c), weil hier die beiden Strebenzüge sich in jedem Felde schneiden. Diese Anordnung hat aber den Vorzug, daß jedes Feld für sich eine symmetrische Figur bildet. Ist die Feldweite ungefähr gleich der Trägerhöhe, dann wirken somit die gekreuzten Diagonalen oft günstiger als die einfachen. Ist aber die Feldweite erheblich kleiner, als die Trägerhöhe, dann zeigen die gekreuzten Diagonalen doch ein etwas zu unruhiges Bild. Beispielsweise gilt dieses von den unter Nr. 5, 10, 11 und 12 der Zusammenstellung 2 aufgeführten Bauwerken (Seite 6 und Einschlagtafel I im Atlas). Immerhin ist der Gesamteindruck erheblich günstiger als bei den älteren Wandgliederungen mit doppeltem oder dreifachem Ständerfachwerk (N. 1–4, 7–9 der Zusammenstellung 2, Seite 6).

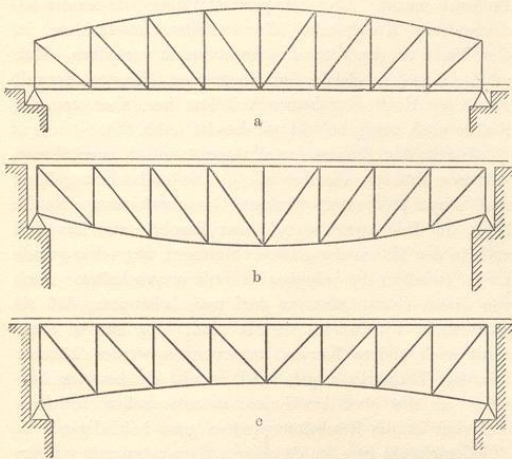
Das Ständerfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Abb. 7d) wurde in neuerer Zeit seltener ausgeführt, als früher, kommt aber doch zuweilen vor. Es wirkt etwas ruhiger, als das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen, weil durch die eingefügten Pfosten zwischen je zwei Feldern eine gewisse Trennung gebildet wird und somit die einzelnen Felder sich mehr als geschlossene Teile des Ganzen voneinander abheben. Diese Anordnung eignet sich namentlich für Träger mit großer Höhe und Feldweite. Nur bei einer sehr großen Zahl von Feldern wirkt sie etwas einförmig.

Bei Trägern mit großen Stützweiten (von etwa 80 m ab) entsteht bekanntlich die Schwierigkeit, daß mit Rücksicht auf die Trägerhöhe eine große, mit Rücksicht auf die Ausbildung der Fahrbahn jedoch eine kleinere Feldweite erwünscht ist. In früherer Zeit (etwa bis Mitte der achtziger Jahre) hat man diese Schwierigkeit gewöhnlich durch die mehrfachen Systeme beseitigt (vergl. Nr. 1–4, 7–9 der Zusammenstellung 2). Diese Anordnung zeigt aber neben technischen Nachteilen ein ungünstiges Aussehen. Die zahlreichen, schiefwinkligen Überschneidungen der Pfosten und Schrägstäbe wirken unruhig und wegen ihrer unsymmetrischen Anordnung nicht vorteilhaft.

Die in neuerer Zeit bei großen Stützweiten und Träger-

höhen vielfach verwendeten Zwischenkonstruktionen verhalten sich sowohl in technischer, wie auch in ästhetischer Hinsicht erheblich günstiger. Dieses Hilfsmittel ist bei dem einfachen Ständerfachwerk wie bei dem einfachen Strebenfachwerk verwendet worden. Die letztere Anordnung zeigt aber mehr Symmetrie und wirkt deshalb entschieden vorteilhafter als die ersteren.

Einen weiteren erheblichen Fortschritt in technischer und zugleich auch in ästhetischer Hinsicht bedeutet die Einführung gekrümmter Gurtungen an Stelle der wagrechten geraden und deshalb eintönigen Begrenzungslinien. Bei den Trägern mit einem geraden und einem gekrümmten Gurt ist in der Regel der ungefähr in gleicher Höhe mit der Fahrbahn liegende Gurt gerade, der andere gekrümmt ausgeführt, so daß bei obenliegender Fahrbahn der Obergurt, bei untenliegender Fahrbahn der Untergurt gerade verläuft. Diese beiden Anordnungen verhalten sich in ästhetischer Hinsicht sehr verschieden.



8. Einfache Balkenträger mit gekrümmten Gurtungen.

Zunächst ist zu beachten, daß im allgemeinen die Bauart mit untenliegenden Hauptträgern und mit hochliegender Fahrbahn in technischer und in ästhetischer Beziehung sich günstiger verhält als die umgekehrte Anordnung. Abgesehen von diesem Umstande ist jedoch bei den oben erwähnten Trägerarten die Wirkung des Trägerbildes an sich vorteilhafter, wenn die Obergurte der Hauptträger nach oben konvex gekrümmt sind. Der Beschauer hat somit den Eindruck, daß der Bogen der Last entgegenwirkt (Abb. 8a). Liegt aber die Fahrbahn oberhalb der Hauptträger und ist der Untergurt gekrümmt, so verläuft diese Krümmung nach unten konvex. Der Beschauer hat alsdann den Eindruck, als ob der Bogen der Last nachgäbe (Abb. 8b). Um diesen Eindruck zu vermeiden, empfiehlt es sich, in derartigen Fällen auf eine Krümmung des Untergurtes zu verzichten, also Parallelträger auszuführen, oder sogar noch dem Untergurt eine geringe eben noch sichtbare Krümmung nach oben zu geben (Abb. 8c). Der Materialaufwand wird dann vielleicht etwas größer, aber die Gesamterscheinung günstiger. Noch besser wirkt natürlich die Anordnung von Bogenträgern.

Ein nach unten durchhängender Untergurt findet sich z. B. bei der 1903–1904 erbauten Eisenbahnbrücke über die Hotzenplotz bei Deutsch-Rasselwitz in Oberschlesien.¹⁾ Die Stützweite der Mittelöffnung beträgt 85 m. Der Gesamteindruck ist wenig befriedigend. Eine bessere Wirkung wäre erzielt worden, wenn man die Untergurte nach unten etwas konkav ausgebildet hätte. Der geringe Mehraufwand an Eisen wäre zum Teil durch die kleinere Pfeilerhöhe wieder ausgeglichen worden.

Unter den Trägerformen mit einem geraden und einem gekrümmten Gurt haben wir die Schwedler-Träger als baugeschichtlich interessante Trägerart kennen gelernt (vergl. oben Seite 5). Ihr Aussehen ist freilich wenig vorteilhaft, ja beinahe unschön. Das soll übrigens Schwedler selbst zugegeben haben (vergl. Mehrtens S. 564).

Träger mit zwei gekrümmten Gurtungen, die über den Auflagern zu einem spitzen Ende zusammenlaufen (Linsen- oder Fischbauchträger), werden heute nur noch selten ausgeführt. Zu ihnen gehören auch die Pauli-Träger (vergl. Seite 5). Derartige Formen wirken gleichfalls wenig befriedigend, obgleich in den meisten Fällen durch die über oder unter den Trägern liegende Fahrbahn der ungünstige Eindruck der Linsenform weniger stark hervortritt, als wenn die Fahrbahn in halber Höhe den Träger durchschneite.

Erheblich günstiger als solche Anordnungen wirken die Linsenträger mit abgestumpften Enden, wie sie z. B. bei den neueren Brücken über die Weichsel bei Dirschau und über die Nogai bei Marienburg verwendet wurden (vergl. Nr. 10 und 11 der Zusammenstellung 2, Seite 6 und Abb. 14). Da im Gesamtbilde dieser Brücken die Fahrbahn den unteren Abschluß der ganzen Konstruktion darstellt, so ist der Gesamteindruck nicht sehr verschieden von den Trägern mit einem gekrümmten Obergurt und einem geraden Untergurt. In derartigen Fällen sind bei großen Stützweiten die sogenannten Halbparabelträger die in praktischer und ästhetischer Beziehung günstigste Bauart, sofern überhaupt einfache Balkenträger in Frage kommen.

Besonders wichtig für die ästhetische Wirkung ist auch das Verhältnis der Höhe zur Stützweite. Nach Schaper (2. Aufl., S. 93) ist die zweckmäßigste Höhe bei Parallel- und Trapezträgern etwa zu $\frac{1}{8}$ der Stützweite, bei Halbparabel- und Parabelträgern zu $\frac{1}{6}$ der Stützweite ermittelt worden. Die Höhen früher ausgeführter Brücken sind hiernach in der Regel zu niedrig gewählt. Hierbei ist aber zu bedenken, daß mit Rücksicht auf das Aussehen eher eine niedrige Trägerhöhe erwünscht ist. Vielleicht haben derartige Erwägungen bei Aufstellung der Entwürfe oft mitgewirkt. Man darf aber behaupten, daß abgesehen von sonstigen Einflüssen, die Wirkung des Trägerbildes um so gefälliger wird, je niedriger die Trägerhöhe gewählt ist.

Es sei hier noch auf eine Frage hingewiesen, die bei einfachen Balkenträgern zwar nicht in erster Linie in Betracht kommt, aber doch nicht ganz ohne Bedeutung ist, nämlich die Wahl der Kurve für die gekrümmte Gurtung. In der Regel wird wohl für diese eine Parabel gewählt, zuweilen auch ein Kreisbogen oder eine Ellipse. Im allgemeinen ist die Wahl der Kurve rein technisch betrachtet ziemlich

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1904, S. 587.

gleichgültig. Ob eine Ellipse, Parabel oder sonstige Kurve gewählt wird, unterliegt im wesentlichen der Willkür des Entwerfenden. Eine theoretische Grundlage für die Berechnung der Kurve gibt es heute nicht mehr, nachdem die von Schwedler und von Pauli eingeschlagenen Wege zur Bestimmung der Gurtungsform schon längst wieder verlassen sind.

Eine besonders wichtige Frage ist schließlich noch die Form des Abschlusses der Träger über den Auflagern. Da jedoch bei den künstlerisch und geschichtlich bedeutungsvollsten Bauwerken diese Frage mit der Beziehung zwischen Eisen und Mauerwerk innig zusammenhängt, so sollen die Endausbildungen in einem späteren Abschnitte behandelt werden.

Die Betrachtungen über die einfachen Balkenträger lassen sich wie folgt zusammenfassen: Im Laufe der Entwicklung haben sich gewisse Trägertypen herausgebildet, die man im großen und ganzen wohl als die zweckmäßigsten bezeichnen kann. Im einzelnen aber — Trägerhöhe, Feldweite, Art der Wandgliederung, Form der gekrümmten Gurtung — ist ein gewisser Spielraum vorhanden, innerhalb dessen der Entwerfende frei verfügen kann.

Außer den einfachen Balkenträgern spielen in der geschichtlichen Entwicklung des Brückenbaues bis heute die auf mehreren Stützen ruhenden Träger eine sehr wichtige Rolle, und zwar namentlich die sogenannten Auslegerträger, auch Kragträger oder Gerberträger genannt. Häufig sind diese Träger mit parallelen Gurtungen ausgebildet; die äußere Erscheinung unterscheidet sich dann kaum von den einfachen Parallelträgern. Uns beschäftigen hier vor allem die Auslegerträger und durchgehenden Träger mit nicht parallelen Gurtungen, wie sie bei größeren Brücken die Regel bilden (vergl. Zusammenstellungen 3—5, Seite 7, 8, 9). Die Umriss dieser Träger zeigen eine große Mannigfaltigkeit der Formen. Es ist für den Brückenbauer lehrreich und wichtig, die Erwägungen sich klarzumachen, die bei der Aufstellung der Entwürfe von derartigen Bauwerken vermutlich angestellt worden sind. Die meisten Veröffentlichungen enthalten hierüber nur vereinzelte Angaben. Wir können im wesentlichen drei verschiedene Anschauungen oder Verfahren unterscheiden:

Erstes Verfahren. Die Form der Gurtungen wird innerhalb gewisser Grenzen willkürlich gewählt. Hierbei ist die Bezeichnung „willkürlich“ selbstverständlich nicht absolut, sondern nur relativ aufzufassen. Es soll nicht behauptet werden, daß die Verfasser der Entwürfe planlos gearbeitet haben, sondern nur daß sie sich begnügten, wenn die Form im großen und ganzen zweckmäßig gewählt war. Beispielsweise ist leicht einzusehen, daß bei der Brücke über den Firth of Forth die Trägerhöhen über den Auflagern der Kragträger viel größer sein mußten, als über den Enden der Kragarme. Auch ist es begreiflich, daß man den Untergurten der Kragarme eine leichte Krümmung nach oben gab, um die lichte Durchflußhöhe auch an den seitlichen Stellen möglichst groß zu erhalten. Daß aber die Obergurte geradlinig ausgeführt wurden, war durchaus nicht unbedingt erforderlich; man hätte sie ebenso gut nach irgend einer konkaven oder konvexen Krümmung ausführen können.

Auch amerikanische Brücken zeigen vielfach geradlinige Umgrenzungen, die nur an einzelnen Punkten einen Knick aufweisen, z. B. die unter Nr. 1—3 der Zusammenstellung 3 aufgeführten Brücken. In den meisten Fällen verdanken wohl diese Formen ihr Entstehen praktischen Erwägungen. Man suchte eine möglichst einfache Form und wählte die geradlinige. Es läßt sich aber keineswegs behaupten, daß die Form nun ganz genau so und durchaus nicht anders hätte ausfallen dürfen. Derartige Formen sehen wohl etwas nüchtern aus, geben aber dem Bauwerk doch ein bestimmtes charakteristisches Aussehen. Immerhin ist das Lob, das wir solchen Bauwerken vom ästhetischen Standpunkte aus spenden können, nur in sehr bedingter Weise gültig. Wir bewundern hauptsächlich die großen Abmessungen, die Tatkraft und den Mut ihrer Erbauer. Aber daß solche Brücken schön seien, wird doch nicht behauptet werden dürfen. Was z. B. die Forth-Brücke betrifft, so läßt sich nicht leugnen, daß sie als Ganzes einen großartigen, ja überwältigenden Eindruck macht. Aber von jener Wirkung, wie sie die bedeutendsten Kunstwerke älterer Zeiten ausstrahlen, ist doch kaum an der Forth-Brücke etwas zu verspüren. Man möchte sagen, sie gleicht dem Werk eines Giganten, der mit gewaltiger Kraft Ungeheures vollführt hat, aber von der Kultur noch wenig beleckt worden ist (Abb. 20).

Die in den Zusammenstellungen 4 und 5 angegebenen kleineren Brücken, die fast alle in Deutschland ausgeführt sind, zeigen größtenteils konkave Gurtungsformen. Häufig liegen die Knotenpunkte auf einer Parabel; zuweilen sind auch in den Mitten der großen Öffnungen wagrechte gerade Linien zwischen die polygonalen Teile eingeschaltet. Auch von diesen Gurtungsformen darf man behaupten, daß sie größtenteils willkürlich gewählt sind. Es hätten ebenso gut auch andere Kurven angenommen werden können. Derartige Bauwerke zeigen wohl zumeist ein besseres Aussehen als die oben erwähnten amerikanischen Brücken; immerhin ist die Erscheinung selten ganz befriedigend.

Gemeinsam ist allen derartigen Bauwerken mit willkürlicher Linienführung das Fehlen einer theoretischen Grundlage für die Bestimmung der Form.

Zweites Verfahren. Die Gurtungsform wird so bestimmt, daß die Trägerhöhe ungefähr proportional dem an jeder Stelle auftretenden größten Biegemoment ist. Offenbar beruht ein solches Verfahren auf der Anschauung, daß die Form eine möglichst zweckmäßige Konstruktion des Bauwerks ergeben solle und daß diese zweckmäßigste Form auf Grund der Rechnung zu finden sei. Es ist bekanntlich für das Entwerfen der Einzelheiten in mehrfacher Beziehung vorteilhaft, wenn die größten Gurtkräfte überall nahezu gleich sind, also die Gurtungen überall gleichen Querschnitt aufweisen.

Ehe wir eine Kritik dieses Verfahrens üben, sei zunächst darauf hingewiesen, daß bei den meisten bis jetzt ausgeführten Trägerarten und Trägerformen die Gurtspannkraft und somit die Gurtquerschnitte voneinander sehr verschieden sind (vergl. z. B. Schaper, 2. Aufl. S. 103). Namentlich gilt dies von den an Zahl weitaus überwiegenden einfachen Balkenträgern. Eine Ausnahme machen hiervon nur die oben erwähnten Pauli-Träger. Aber diese sind doch

nur verhältnismäßig selten ausgeführt und in der heutigen Praxis spielen sie keine Rolle mehr. In den allermeisten Fällen verzichtet man also ohne weiteres auf die Forderung gleicher Gurtquerschnitte. Und es bietet ja auch keine nennenswerten Schwierigkeiten, die Querschnitte den stark wechselnden Spannkraften anzupassen.

Sehr wichtig ist jedoch die Frage, ob man durch das angegebene Verfahren ein vorteilhaftes Aussehen der Trägerform erzielen kann. Und das erscheint zum mindesten sehr zweifelhaft. Bei der Donaubrücke bei Czernavoda sind beispielsweise die Trägerumrisse offenbar so bestimmt worden, daß die Gurtquerschnitte überall möglichst gleich groß sind. Aber die Gesamtformen dieser Brücke wirken geradezu unschön. Dies rührt hauptsächlich von dem scharfen Wechsel der Krümmung an den Gelenkpunkten her. Die Kurve der größten Momente ist nämlich längs des Kragarmes nach oben konkav, für das eingehängte Trägerstück nach oben konvex, und so entsteht jene plötzliche Änderung der Krümmung an den Gelenkpunkten.

Ein anderes, sehr bekanntes Beispiel bildet die Straßenbrücke über den Rhein zwischen Ruhrort und Homberg (Zusammenstellung 3, Nr. 8, Seite 7 und Abb. 41). Die Trägerhöhen wurden so gewählt, daß in der Mitte des 135 m langen eingehängten Trägers der Mittelöffnung nahezu das gleiche Widerstandsmoment, wie über den nächstliegenden Pylonen vorhanden ist. Auch im übrigen wurde die Gestalt des Obergurts tunlichst der Kurve der Maximalmomente angepaßt. Der Entwurf ist im ganzen wie im einzelnen, in theoretischer wie in praktischer Hinsicht mit außerordentlicher Sorgfalt durchgearbeitet und das fertige Bauwerk stellt ein hervorragendes Erzeugnis deutscher Brückenbaukunst dar. In ästhetischer Beziehung kann aber dem Bauwerk ein solches Lob nicht gespendet werden. Wenn auch ein scharfer Knick an den Gelenkstellen (im Gegensatz zu der oben erwähnten Donaubrücke) glücklich vermieden wurde, so wirkt doch der Gesamteindruck recht nüchtern und reizlos — namentlich im Vergleich zu den neueren Bogenbrücken.

Eine in psychologischer Hinsicht interessante Kritik dieses Bauwerks findet sich in einer ausführlichen Beschreibung Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure 1907, S. 731. Es heißt dort unter anderem:

„..... Das Ästhetische der Brückenkonstruktion wird durch ihre statischen Systeme festgelegt; es decken sich Form und Inhalt durch das Wesen des leitenden Konstruktionsgedankens, der fordert: mit einem Kleinstaufwand von Baustoff, d. i. mit dem geringsten Gewicht, die auftretenden Kräfte und Spannungen zu beherrschen. Bei der großen Längenausdehnung fügt sich die Eisenkonstruktion harmonisch in das Landschaftsbild“

Auch abgesehen von der unklaren Ausdrucksweise sind die in jenem Aufsätze geäußerten Anschauungen nach meiner Ansicht durchaus unzutreffend. Wenn die Form der Träger lediglich durch die statischen Erwägungen festgelegt wäre; wenn die statischen Gesetze genau vorschrieben, daß die Form so und nicht anders gewählt werden müsse, dann könnte man vielleicht vermuten, daß das Ergebnis auch in ästhetischem Sinne befriedigen müsse. Die Voraussetzung trifft

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

aber nicht zu, denn es gibt für jede derartige Aufgabe unendlich viele statisch mögliche und statisch richtige Lösungen. Und wenn des weiteren behauptet wird, daß eine ästhetisch günstige Lösung bei einem Kleinstaufwand an Baustoff erzielt wird, so fehlt dafür jeglicher Beweis. Es ist auch gar nicht erwiesen, daß der Materialaufwand tatsächlich am geringsten wird, wenn die Trägerhöhe den Biegemomenten proportional ist. Aber selbst wenn wir diese Behauptung zugeben wollten, dann folgt hieraus noch keineswegs, daß bei dem angegebenen Verfahren ein in künstlerischem Sinne befriedigendes Aussehen erzielt wird. Ja, man darf viel eher umgekehrt behaupten: das wenig befriedigende Aussehen der erwähnten, nach jener Regel entworfenen Bauwerke zeigt, daß der eingeschlagene Weg nicht empfehlenswert ist. Dieser Weg ist vor allem deshalb nicht der richtige, weil man bei der Bestimmung der Gesamtform von einer im Grunde willkürlich gewählten, konstruktiven Einzelforderung ausgegangen ist, ohne auf die ästhetische Wirkung des Gesamtbildes hinreichendes Augenmerk zu richten.

Drittes Verfahren. Die Gurtungsform wird vorwiegend nach ästhetischen Erwägungen angenommen. Einem derartigen Vorgehen liegt die richtige Anschauung zu Grunde, daß es mit Rücksicht auf die Standfestigkeit und auf die sonstigen praktischen Forderungen einigermaßen gleichgültig ist, welche Form gewählt wird, daß also diese innerhalb gewisser Grenzen beliebig gewählt werden darf.

Diese Auffassung war wohl augenscheinlich vertreten bei der Bearbeitung des Entwurfes für die Franz-Joseph-Brücke in Budapest (Zusammenstellung 3, Nr. 7; Abb. 23 u. 28). Die Gesamterscheinung dieser Brücke ist sehr gefällig, ja man darf sie zu den schönsten überhaupt ausgeführten eisernen Bauwerken zählen. Es ist aber nicht ganz leicht, zu sagen, worauf diese Schönheit beruht; hauptsächlich mögen folgende Gründe mitwirken:

1. das stetige Ansteigen der Fahrbahn von beiden Enden nach der Mitte;
2. die im Verhältnis zur Stützweite sehr geringe Trägerhöhe in der Mitte der großen Öffnung; diese Anordnung verleiht dem Bauwerk einen sehr kühnen und leichten Eindruck;
3. der Umstand, daß nicht nur die oberen, sondern auch die unteren Gurtungen gekrümmt sind. Hierdurch wird der die Linien der Hauptträger-Obergurte bestimmende Grundgedanke unterhalb der Fahrbahn, aber hier in schwächerem Grade wiederholt.
4. Die schlanke und nach oben sich allmählich verjüngende Form der Pfosten über den Mittelpfeilern.

Es kann aber andererseits auch nicht geleugnet werden, daß der wichtigste, unter 2 erwähnte Vorzug der ästhetischen Wirkung durch konstruktive Mängel erkaufte worden ist, nämlich durch die verhältnismäßig große Länge der Kragarme und die geringe Trägerhöhe des eingehängten Mittelstücks. Bei den gewählten Abmessungen müssen die elastischen Durchbiegungen und Schwankungen schon recht erheblich ausfallen.

Dieselbe grundsätzliche Anschauung, daß die Form vorwiegend nach ästhetischen Rücksichten zu bestimmen sei, findet sich bei dem von Müller-Breslau erbauten Kaisersteg

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 Jenabrücke¹⁾. 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

¹⁾ 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.¹⁾ 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-

¹⁾ 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 Stabbreiten 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 oberliegender 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.)

d) Hängebrücken.

Der wichtigste Unterschied in der ästhetischen Wirkung von Bogen- und Hängebrücken besteht wohl im allgemeinen darin, daß die ersteren mehr einen energischen und wuchtigen, die letzteren mehr einen leichten und gefälligen Eindruck machen. Gewiß gibt es auch Bogenbrücken, die verhältnismäßig leicht, und Hängebrücken, die verhältnismäßig schwer aussehen, doch dürfte in der Mehrzahl aller Fälle der oben gekennzeichnete Unterschied zutreffen. Während bei den Bogenbrücken die Hauptträger sowohl unter als auch über der Fahrbahn ausgeführt sind, liegen bei den Hängebrücken die wichtigsten Teile des Tragwerkes stets über der Fahrbahn. In den Anfängen der Entwicklung hat es zwar auch Hängebrücken mit oberliegender Fahrbahn gegeben (vergl. Mehrrens, S. 240 und 407 u. ff.). Solche Bauwerke bildeten aber doch nur seltene Ausnahmen.

Liegt das Haupttragwerk über der Fahrbahn, so ist offenbar ein möglichst leichtes Aussehen der Konstruktion erwünscht. Liegen dagegen die Hauptträger ganz oder doch größtenteils unter der Fahrbahn, dann ist ein schweres oder gedrückenes Aussehen der Träger viel eher am Platze. Man darf behaupten, daß die künstlerische Abwägung des Beschauers einen Konstruktionsteil ganz anders bewertet, je nachdem er über oder unter der Fahrbahn liegt. Ist man also durch die örtlichen Verhältnisse gezwungen, die Hauptträger ganz oder größtenteils über der Fahrbahn anzuordnen, dann wird man besser eine Hängebrücke als eine Bogenbrücke wählen, soweit nur die ästhetischen Rücksichten in Frage kommen.

Bei hochliegendem Tragwerk und untenliegender Fahrbahn fällt der Vergleich besonders dann zu Gunsten der Hängebrücken aus, wenn mehrere Hauptöffnungen vorhanden sind. Wie oben Seite 51 hervorgehoben wurde, zeigt in derartigen Fällen die obere Umgrenzungslinie mehrerer aneinander gereihter Bogenträger über den Mittelstützen jeweils eine scharfe Einsenkung, die gar nicht vorteilhaft aussieht. Bei Hängebrücken ist genau das Gegenteil der Fall. Hier bilden die Mittelpfeiler durch ihre Masse und durch ihr statisches und ästhetisches Verhältnis zum ganzen Tragwerk die am meisten und kräftigsten ins Auge fallenden Teile der Brücke. Und das ist offenbar sehr erwünscht. Wir können bei dieser Beurteilung zunächst davon absehen, ob die Pylonen aus Stein oder aus Eisen bestehen. Da die zur Stützung der Tragketten dienenden Pfeiler sehr große Druckkräfte auszuhalten haben, so müssen sie außerordentlich stark ausgebildet werden, und dies kommt ihrer ästhetischen Wirkung auch dann zugute, wenn sie aus Eisen hergestellt sind.

Als ein älteres, bedeutendes Beispiel einer Hängebrücke mit mehreren Öffnungen und eisernen Mittelpfeilern sei die Dordogne-Brücke bei Cubzac (Zusammenstellung 13, Nr. 5) erwähnt, als ein neueres die Williamsburg-Brücke in New York (vergl. oben Seite 20 und Abb. 91). Das letztere Beispiel dürfte genügen, um zu zeigen, wie bei Hängebrücken auch eiserne Mittelpfeiler machtvoll, das ganze Bauwerk gewissermaßen beherrschende Erscheinungen bilden können.

Bei dieser Gelegenheit sei auf eine nicht ganz unwesentliche Verschiedenheit zwischen Hängebrücken und Auslegerbrücken hingewiesen. Bekanntlich haben letztere zu-

weilen eine große Ähnlichkeit mit Hängebrücken, wie z. B. die in der Zusammenstellung 5 aufgeführten Bauwerke. Die oben erwähnten Pylonen dominieren nun bei den Hängebrücken viel mehr in dem Gesamtbilde als bei den Auslegerbrücken, weil bei den ersteren die sonst in Betracht kommenden Stäbe nur auf Zug beansprucht werden, also verhältnismäßig sehr dünn sind, während bei den Auslegerbrücken auch zahlreiche Druckstäbe vorkommen. Zuweilen hat man daher bei Auslegerbrücken die Mittelstützen durch Umkleidung mit Gußeisen oder sonstwie kräftiger erscheinen lassen, als sie nach ihrer konstruktiven Bedeutung sein müßten.

Aus den oben erwähnten Gründen läßt es sich wohl erklären, daß die Hängebrücken allgemein zu den schönsten Brücken der Welt gezählt werden.

In der geschichtlichen Entwicklung traten zuerst die von den oberen Enden der Pfeiler nach einzelnen Punkten der Fahrbahn gespannten Schrägketten oder — Kabel auf. Diese Anordnung hat sich rein technisch nicht bewährt, ist auch aus dem Grunde nicht zu empfehlen, weil sie in hohem Grade statisch unbestimmt ist. Beispielsweise wurde die von Röhling gebaute Ohio-Brücke in Cincinnati, die mit Schrägketten ausgerüstet ist, später durch besondere Versteifungsbalken verstärkt. Aber auch in ästhetischer Hinsicht wirken die Schrägketten nicht günstig. Die vielen Kreuzungen der Schrägketten mit den Hängestangen machen einen sehr unruhigen Eindruck (ähnlich wie das engmaschige Gitterwerk bei Balkenbrücken). Außerdem sieht die ganze mit Schrägketten ausgerüstete Brücke so aus, als wenn sie für vorübergehende Zwecke errichtet sei, nicht als dauerndes, monumentales Bauwerk.

Wesentlich günstiger wirkt schon die zweite der auf Seite 18 erwähnten Versteifungs-Konstruktionen, die Anordnung von Doppelketten. Sie hat aber den Nachteil, daß sie einen verhältnismäßig schwerfälligen Eindruck macht, während sonst gerade Leichtigkeit und Gefälligkeit des Aussehens ein Vorzug der alten unversteiften Hängebrücken, sowie der später noch zu betrachtenden neueren versteiften Hängebrücken (selbst bei großen Abmessungen) ist.

Am günstigsten wirken diejenigen Hängebrücken, die durch einen in Höhe der Fahrbahn liegenden Fachwerkbalken versteift sind (Elisabethbrücke in Budapest).

Das sogenannte Hängefachwerk (Anordnung der Füllungsstäbe zwischen dem Kettengurt und einem in Höhe der Fahrbahn liegenden annähernd wagrechten Gurt) bietet nicht ganz dieselbe günstige Wirkung wie die zuletzt erwähnte Art der Versteifung durch einen besonderen Balken, weil bei dem Hängewerk die Kettenform nicht ganz so deutlich und eindringlich hervortritt.

2. Hochbau.

Die Verwendung des Eisens im Hochbau hat wohl noch mannigfaltigere Formen und Bauarten hervorgebracht, als die Ausführung eiserner Brücken. Aus diesem Grunde ist es noch schwieriger, die Konstruktionsformen des Eisens im Hochbau in einer allgemeinen, nur die Hauptzüge der Entwicklung berührenden Kritik zu besprechen.

Der grundsätzliche Unterschied in der ästhetischen Wirkung von eisernen Brücken und eisernen Hochbauten besteht wohl darin, daß bei den ersteren die Linien- und