

Zivilingenieur Baurat Dr. Ing. e. h. KARL BERNHARD, Berlin:

Vollwand- oder Fachwerkfüllung eiserner Tragwerke vom künstlerischen, konstruktiven und wirtschaftlichen Standpunkt aus

I

Eigentlich wollte ich auf die Anfrage des Kongreßausschusses im Februar dieses Jahres hier nur die Anregung geben, die Vor- und Nachteile in der Ausbildung der Füllung eiserner Tragwerke zu erörtern, einmal wie sie als *Vollwand* in neuester Zeit besonders bei uns in Deutschland im Vordergrund steht oder wie sie als *Fachwerk* in der wissenschaftlichen Entwicklung des Eisenbaues sich ergeben und bewährt hat. Darauf ist mir dann die Aufgabe in den Schoß gefallen, die Frage selbst in einem Referat zu behandeln, das natürlich nur sehr kurz sein und die Sachlage ganz allgemein und skizzenhaft darlegen soll. Ich will mich dieser Aufgabe nicht entziehen und glaube, gegenüber einem auserlesenen Fachauditorium auf jegliches Abbildungsmaterial dabei verzichten zu können.

Allen Fachgenossen ist bekannt, daß der Vollwandbalken zuerst da war. 1844 bis 1850 baute STEPHENSON die Britannia-Brücke mit vier Öffnungen von je 140 m Spannweite, bei der das gesamte eiserne Tragwerk das Eisenbahnprofil tunnelartig umschloß. Gleichzeitig und bald darnach entstanden Riesen-*Vollwandbrücken*, wie die Conway-Brücke in England und die Viktoria-Brücke über den Lorenzstrom in Kanada. In den Vereinigten Staaten entwickelten LONG und HOWE dagegen das erste *Fachwerk in Holz* und auf dem europäischen Festland entstanden *eiserne Gitter- und Fachwerkträger* wie bei Dirschau und Marienburg usw. Die wissenschaftliche Erkenntnis, die Stabkräfte nach ihrer Beanspruchung auf Druck oder Zug zu bemessen und ihre Verbindung in den Knoten durch Gelenkbolzen, in Europa der größeren Steifigkeit wegen durch Nietverbindungen, den angreifenden Kräften entsprechend, auszubilden, förderte die Entwicklung des Fachwerks bis zu der heutigen, in der ganzen Welt anerkannten Bauart großer eiserner Tragwerke. Nur bei kleineren Spannweiten, neuerdings bis 25 und 30 m, erhielt sich die Vollwand-Balkenbrücke — in England noch bei etwas größeren — wogegen bei Bogenbrücken auch für größere Spannweiten die vollwandige Bauart unter der Fahrbahn verwendet wurde. Heute sehen wir jedoch die Blechwandfüllung in erhöhtem Maße an die Stelle des Fachwerkes treten, wozu, wie ich vorweg betonen möchte, die Entwicklung der hochwertigen Stahlarnten mit beigetragen hat. Geschichtlich hat dies aber einen anderen Hintergrund.

II

Viele von Ihnen werden es miterlebt haben, wie schon *vor* der Jahrhundertwende eine Bewegung einsetzte, welche die eisernen Fachwerkbrücken aus künstlerischen Gründen in Mißkredit brachte. Das als großmaschiges Stabnetz aufgelöste Tragwerk von Brücken und Hallenbindern veranlaßte die Kunstkritik dem wissenschaftlich begründeten und ingenieurtechnisch vertretbaren Materialminimum gegenüber zu der Phrase, der Brückenbau sei im XIX. Jahrhundert durch das Eisen „*entmaterialisiert*“. Gleichzeitig entwickelte sich nun der Eisenbetonbau und die Baukünstler befreundeten sich schnell mit dieser Bauart, weil in der massigen Erscheinung, die den statischen Inhalt umkleidete, sie künstlerisch leichter zu verdauen erschien als das eiserne Stabwerk. Die Gewöhnung durch den Steinbau macht das verständlich. So sind unter diesem Druck auf den Bauingenieur Bögen und Balken für Brücken und Hallenbinder aus Eisenbeton mit reichlicher Masse entstanden. Die schmalen, schlanken und durchsichtigen eisernen Fachwerkskonstruktionen kamen wohl auch aus verschiedenen anderen Gründen noch ins Hintertreffen. Wohl tauchten auch die Vierendelträger im Eisenbau dort auf, wo es darauf ankam,

die mißliebigen Diagonalen im Fachwerk zu vermeiden. Aber der Schrei nach Masse fand schließlich doch seine einfachste Befriedigung in der Vollwandfüllung sowohl im Brücken- wie im Hallenbau, und zwar nicht bloß bei kleineren und mittleren Spannweiten, sondern auch bei den allergrößten, wie z. B. bei dem preisgekrönten Entwurf des letzten Kölner Brückenwettbewerbs von Erlinghagen, wo Bögen von über 300 m Weite mit 6,5 m hohen Blechwänden aus der Fahrbahn emporwachsen sollten.

Wer diese Auffassung von der Entwicklung *altmodisch* findet, gibt logischerweise zu, daß die Vollwand im Eisenbau eine *Mode* ist. Eine schärfere Abwehr gegen diese Mode gab auch Herr Prof. HARTMANN in seinem schönen Vortrag über „Ästhetik im Brückenbau“. Er sagte, die Vollwand wirke „*öde, plump und monströs*“. Ich füge noch hinzu, die Riesenkästen, welche die schon bei mittleren Spannweiten nötigen Doppelwände bilden, sind *hohl* und rufen bei den Durchschnittsmenschen den falschen Eindruck hervor, die Entmaterialisierung sei hierdurch überwunden, die Masse sei nun da, folglich auch die Schönheit. Viele, wozu ich selbst gehöre, haben schon solche neugebauten eisernen Brücken von ferne für Eisenbetonbrücken gehalten und allenthalben predigen die Ästhetiker jenseits des Eisenbaues doch *Materialechtheit* und sie sind befriedigt durch solchen Schein, der selbst Fachleute trügt.

Nun, in gewissen Fällen ist die Vollwand trotzdem ästhetisch gerechtfertigt.

Wenn nämlich die Tragwerke unter Geländerhöhe einer Brücke liegen, wie z. B. bei der neuen schönen Mannheimer Friedrich-Ebert-Brücke, so liegt ein ganz anderer Maßstab vor, da die Vollwand nur aus weiterer Entfernung in der Gesamtansicht zu übersehen ist. Auch wenn vollwandige Bögen *über* die Fahrbahn sich erheben und bei 50 bis 60 m Spannweite im Scheitel nur wenig über ein Meter hoch sind und sich nach den Kämpfern sichelförmig verjüngen, kann schönheitlich nur wenig entgegengehalten werden. Die Ausbildung der Blechwand darf jedoch dann nicht ganz glatt sein, sondern muß als Eisenbau durch Versteifungen, Winkeleisen und dergleichen scharf aufgeteilt und gekennzeichnet werden.

Aber wenn sie sich in ihren Bauteilen so dem Beschauer darbietet, daß er die Wände in mehr als zwei Meter Höhe unmittelbar beim Passieren der Brücken streifen muß — was namentlich bei Bögen von mehr als 50 m Spannweite *über* der Fahrbahn einer Straßenbrücke der Fall ist, die im Scheitel niedriger als im Kämpfer sind — so wirkt die hohe Blechwand wirklich plump. Besonders ist das der Fall mit der Luft im Hintergrund im Gegensatz zur durchsichtigen Fachwerkfüllung. Die hohe Blechfüllung bedrückt Auge und Sinne des Beschauers derart, daß er die schöne Linienführung der Gurte als Umriß des Tragwerkes erst in zweiter Linie wahrnimmt. Gerade aber die Linienführung der Gurte bildet den Kern der technischen Schönheit einer großen Eisenkonstruktion. Gleichviel, ob wir beim Betreten einer Straßenbrücke die Bogengurte in starker Verkürzung oder vom Ufer oder Wasser aus in breiterer Ansicht vor uns haben, immer bleibt die Gurtlinie die Dominante des ganzen Bauwerkes. Beim zweigurtigen Bogen mit kurzstäbigem Fachwerk jeder Art, ja selbst bei Überschneidung zweier solcher Fachwerkbögen, treten die unregelmäßig erschienenen Füllungsstäbe völlig zurück gegen die Linien der Gurte. Bei zwei Bogen erscheinen die Linien des hinteren Bogens durch das Fachwerk des vorderen in ihrem weiteren Verlauf hindurch, was den ästhetischen und ruhigen Genuß der perspektivischen Linienführung beider Bogen erhöht und nicht verringert. Die Fachwerkfüllung solcher Bogen wirkt dabei von jedem Standpunkte gleichsam wie eine durchsichtige Schraffur und wird noch zu einem Schönheitseffekt in zweiter Linie gegenüber der aufdringlichen Massenwirkung der vollwandigen Füllung über der Fahrbahn, wo sie den Vordergrund durchschneidet und in *erster* Linie wirkt, eine Rolle, die ihr nie und nimmer zukommen darf. Mir fehlt für hohe Blechfüllungen

— und anderen geht es auch so — eben der Sinn für die viel gepriesene Ruhe und für den dadurch erzeugten ästhetischen Genuß beim Anblick eines hohen eisernen Kastens von primitiver Gestalt in der freien Luft.

Sind die Abmessungen mäßig oder ist der Hintergrund wie bei Hallenbauten eine undurchsichtige Dachhaut, so wird die Gurtlinie nicht mehr im Vordergrund stehen und durch andere Dominanten im Bauwerk ersetzt. Deshalb sind vollwandige Binder von mäßiger Stärke vor undurchsichtiger Dachhaut gut erträglich, namentlich wenn sie in ihrem ganzen Verlauf nur als kräftige Linien wirken.

Man übersehe doch nicht, daß Fachwerk und Knotenpunkte an sich zugleich mit konstruktiver und ästhetischer Sorgfalt auch vom Standpunkte der Überschneidung durchgebildet werden können und unter dieser Voraussetzung, wozu allerdings entsprechend vorgebildete Eisenbauingenieure gehören, wird man *dem hohen Werte des Stahlmaterials echter und besser gerecht* als auf jedem anderen Wege. Das aber ist die höchste Sachlichkeit, — übrigens ein Schlagwort, mit dem vor den Augen und mit den Mitteln des Ingenieurs nie mehr Schwindel getrieben worden ist, als heute in der Zeit der „neuen Sachlichkeit“ in der Baukunst.

### III

Auf die Sachlichkeit, d. h. die konstruktive und wirtschaftliche Seite möge aber nun auch noch kurz eingegangen werden. Schon bei Spannweiten nicht viel über 30 m ergibt sich die Notwendigkeit des *zweiteiligen* Querschnittes. Zwischen den beiden Stehblechwänden der vollwandigen Bauart muß genügend Platz sein, damit ein Mann bequem und sicher wegen der Nietung, des Anstriches und der Überwachung und Prüfung ins Innere des Hohlraumes gelangen kann, sofern die Höhe mehr als 90 cm beträgt. Daher sind 50 bis 60 cm Abstand zwischen den beiden Blechen notwendig. Das ergibt sich bei größeren Spannweiten aus statischen Gründen von selbst. Bei zweispurigen Straßenbrücken selbst bis 100 m Spannweite ist das nicht der Fall, wodurch, falls bei Vollwandbogen diese die Fahrbahn durchdringen, sie übermäßig breit, fast 1 m, werden, eine Breite, welche an der Nutzbreite der Brückenfahrbahn verloren geht. Bei Fachwerkfüllung fällt die Rücksicht auf die innere Zugänglichkeit bei zweiteiligen Querschnitten weg, da alle Teile von außen erreicht werden können. Hier kann man auf das statisch zulässige, niedrigste Maß heruntergehen, sodaß der Breitenverlust geringer wird und mit ihm infolge Verringerung des Hauptträgerabstandes die Länge der Pfeiler. Das beträgt etwa 5% Ersparnis am ganzen Brückenbau.

Wie ferner große Brücken mit hohlen, oben ganz geschlossenen Kasten dauernd von der dazu verpflichteten Verwaltung revidiert und selbst, wenn innere elektrische Beleuchtung vorgesehen ist, unterhalten werden sollen, bleibt ein fraglicher Punkt, dessen erst die Erfahrung klären kann. Jedenfalls werden sich also dickbäuchige Revisoren auf die Berichte schlankerer Gehilfen und Akrobaten verlassen müssen.

Weiter entsteht die Frage, daß die zellenartige Aussteifung großer Blechwände, deren statische Erfordernisse und Durchbildung noch nicht ganz geregelt sind, den Materialbedarf steigert und die Zugänglichkeit erschwert. Zugunsten der Vollwand in statischer Hinsicht spricht andererseits der Umstand, daß die Knickberechnung gedrückter Fachwerkstäbe zu Querschnitten und Anordnungen führt, denen gegenüber die gutausgesteifte Vollwand mit ihrer Druckverteilungsmöglichkeit in Vorteil kommen kann.

Schließlich möge noch darauf hingewiesen werden, daß bei Vollwandkonstruktionen in Kastenform, deren untere Seite der Regel nach offen, während die obere vollgeschlossen ist, eine Ansammlung von schädlichen Gasen des Eisenbahn- und Straßenverkehrs stattfinden kann. Wenn man, was ja nicht unmöglich erscheint, nicht für Durchlüftung sorgt, kann das zu Beschädigungen des Anstriches und

Verrostung führen und jedenfalls die Kosten der Unterhaltung vollwandiger Konstruktionen nicht vermindern. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß das Anstreichen im Innern des Hohlraumes erheblich teurer ist als bei geschlossen konstruierten Fachwerkstäben, wenn auch der äußere Anstrich vielleicht billiger zu stehen kommt.

Zugegeben bleibt, daß sich Vollwandkonstruktionen gegenüber den dynamischen Beanspruchungen bei kleineren Brücken besser bewähren als Fachwerk. Bei großen Spannweiten ist das aber nicht der Fall, da hier der dynamische Einfluß keine so große Rolle spielt.

#### IV

Schließlich noch ein Wort zu den *Herstellungskosten* selbst. Vollwandige Träger sind schwerer als Fachwerkträger. Für eine einfache Straßenbrücke erforderten die Halbparabelträger von 36 m Stützweite 30 t schwere Blechträger gegenüber 18,3 t schweren Fachwerkträgern; bei 25,6 m Stützweite verhalten sich die Gewichte 8,62 t zu 5,7 t und selbst bei 20 m ist der Blechträger noch 59% schwerer. Das Gleiche ergibt sich bei Eisenbahnbrücken aus Si-Stahl bei 29 m mit 70% Mehrgewicht, bei vollwandigen Bogenbindern beträgt in einem Sonderfall für einen Lokomotivschuppen das Mehrgewicht 40% gegenüber einfachen Fachwerkbindern.

Im Straßenbrückenbau namentlich bei Zweigelenkbögen ohne Zugband für etwa 50 m Weite stellen sich die Kosten gleich, darüber hinaus wird an Material bei Fachwerk mehr gespart als durch das Steigen des Einheitspreises für Fachwerk infolge der Verschiedenartigkeit der einzelnen Teile Zusatzkosten entstehen. Auch hier ist das Fachwerk billiger als Vollwandfüllung, und zwar bis 20% der Hauptträger.

#### V

Im allgemeinen kann man also die Rückkehr zur Vollwandfüllung, wie sie bei den ersten großen eisernen Brücken ausgeführt worden ist, sowohl ästhetisch, konstruktiv als auch wirtschaftlich für größere Konstruktionen nicht als ratsam und begründet erachten. Nur in besonderen Fällen können sie ästhetisch zugelassen werden, wenn, was heute wohl selten der Fall ist, Bau- und Unterhaltungskosten in den Hintergrund treten. Ob danach das völlige Verdrängen des Fachwerks durch die Vollwand in der weiteren Entwicklung des Eisenbaues unvermeidlich ist und darin sogar ein Fortschritt gesehen werden muß, überlasse ich meine Herren, nunmehr Ihrer weiteren Kritik.

GEORGES SECKLER, Ingénieur Principal des Chemins de fer A. L., Strasbourg:

#### Couvertures des ponts métalliques sous rails et dispositions spéciales pour ponts biais<sup>1</sup>

Les tabliers avec ballast continu présentent aux points de vue construction et entretien et même au point de vue financier des avantages incontestables sur les tabliers sans ballast. Le ballast formant un matelas élastique entre la voie et le tablier atténue les effets dynamiques des charges roulantes tout en les répartissant sur une plus grande surface. D'autres avantages sont l'étanchéité absolue des tabliers, leur insonorité et leur indépendance de la voie. En cas de déraillement, les conséquences sont moins graves. D'autre part, pour les portées jusqu'à environ 20 m, les tabliers avec ballast continu calculés d'après le Règlement français de 1927 sont moins chers que les tabliers sans ballast. Cette différence dans le prix de revient est en partie la conséquence des bases de calcul imposées par le règlement. Le coefficient de choc à introduire dans les calculs est plus petit pour les tabliers lourds à ballast et permet ainsi de construire ceux-ci, jusqu'à une certaine portée, plus légèrement

<sup>1</sup> Regardez aussi à la page 638.