

Einfluss der Stabilität der Stegbleche auf die Gestaltung vollwandiger Balkenbrücken

Autor(en): **Schleicher, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2749>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

VIIa 8

Einfluß der Stabilität der Stegbleche auf die Gestaltung vollwandiger Balkenbrücken.

Influence de la stabilité des âmes sur la disposition des ponts à âme pleine.

The Stability of Web Plates and its Influence on the Designing of Plate Girder Bridges.

Dr. Ing. F. Schleicher,

Professor an der Technischen Hochschule, Hannover.

Die letzte Entwicklung im Bau von Vollwandbrücken ist bekannt. Eine Übersicht über die bemerkenswerten Bauwerke ist im Jahre 1932 von *Karner*¹ gegeben worden. Die für die praktische Anwendung wichtigsten Grundlagen der Stabilitätsberechnung wurden vom Verfasser dargestellt.²

Die früher an kleinen und mittleren Vollwandbalken gesammelten Erfahrungen reichten bei den neueren, immer größer werdenden Bauwerken, immer weniger aus: Die Stegblechdicken folgten nicht den Trägerhöhen, sondern blieben ziemlich ungeändert. Dazu kommen noch die höheren zulässigen Spannungen bei den neuen Baustählen.

Die elastische Ähnlichkeit würde ein gleichmäßiges Anwachsen aller Abmessungen verlangen. Da aber die Stegblechdicke bei den neuen Brücken verhältnismäßig stark hinter der Trägerhöhe zurückbleibt, läßt sich eine ausreichende Sicherheit gegen Ausbeulen der Stegbleche nur erreichen, wenn besondere Maßnahmen zur Erhöhung der Stabilität getroffen werden.

Gewiß ist die Tragfähigkeit von vollwandigen Balkenbrücken noch nicht durch das Ausbeulen einzelner Stegblechfelder begrenzt. Besonders bei der Beulung im elastischen Bereich liegt oft noch ein erheblicher Abstand zwischen Beullast und Traglast. Bei Beulung im unelastischen Bereich sind jedoch oft keine größeren Reserven mehr vorhanden. Es besteht dann die Gefahr, daß die an der Fließgrenze des Baustahles eintretenden großen Formänderungen zum Zusammenbruch führen, mindestens aber das Tragwerk durch erhebliche bleibende Verbiegungen unbrauchbar machen.

Die etwa eintretenden Ausbeulungen des Stegbleches können nicht leicht auf kleine Werte beschränkt werden. Sichtbare Beulen würden die Benutzer der

¹ *Karner*: Weitgespannte vollwandige Balkenbrücken in Stahl. Abh. Internat. Vereinigung für Brückenbau und Hochbau 1 (1932), S. 297.

² *Schleicher*: Stabilitätsprobleme vollwandiger Stahltragwerke. Übersicht und Ausblick. Bauingenieur 15 (1934), S. 505.

Brücke beunruhigen, auch wenn sie keine Gefahr für den Bestand des Tragwerkes darstellen. Die beim Ausbeulen eintretenden Umlagerungen der Kräfte sind schwer rechnerisch zu erfassen, sie können leicht zu örtlichen Überbeanspruchungen und zu erheblichen Schäden führen. Übrigens wurde ihnen meines Wissens bisher im Brückenbau auch dann keine Rechnung getragen, wenn das Stegblech nicht beulsicher ausgebildet und die Pfosten als Druckstäbe für die Querkraft bemessen wurden.

Im Brückenbau ist wohl der allein mögliche Standpunkt, daß man die Stegbleche vollwandiger Tragwerke so aussteift, daß Ausbeulungen ganz vermieden werden. Man gewinnt so den Vorteil, daß die Kräfteverteilung dann für alle Lastgrößen in guter Annäherung dem rechnungsmäßigen Zustande entspricht. Damit ist das Ziel der Stabilitätsuntersuchung gegeben: Die einzelnen Felder des Stegbleches zwischen den Querträgern durch Zwischenpfosten oder durch Längsaussteifungen oder durch diese beiden zusammen oder auch durch schräge Verstärkungen so auszusteifen, daß das Blech unter allen vorkommenden Belastungen zuverlässig eben bleibt und nicht ausbeult. Dabei kann man für die ungünstigsten Belastungsfälle mit einem verhältnismäßig kleinen Grad der tatsächlichen Beulsicherheit zufrieden sein.

Die Gestaltung großer vollwandiger Balkenbrücken hängt in sehr hohem Maße von den Beulspannungen ab. Es ist nicht übertrieben, wenn man feststellt, daß ihre zweckmäßige Gestaltung in erster Linie eine Angelegenheit der Stabilitätsuntersuchung ist.³ Die auftretenden Schwierigkeiten wurden auf sehr verschiedene Weise gemeistert. Die nachstehenden Ausführungen geben einen Überblick über einige für die Beurteilung der Beulsicherheit maßgebende Gesichtspunkte, sie sollen aber auch Hinweise für eine schönheitlich befriedigende Gestaltung liefern. Um Mißverständnisse zu vermeiden, sei noch besonders darauf hingewiesen, daß Nachstehendes keinesfalls als ein Versuch angesehen werden möchte, für alle Verhältnisse passende Rezepte geben zu wollen. Es ist lediglich beabsichtigt, die Aufmerksamkeit auf einige Punkte zu lenken, die nicht immer gebührend beachtet werden.

Die folgenden Bemerkungen beziehen sich ausschließlich auf die Stabilität der einzelnen Felder des Stegblechs. Es wird angenommen, daß die vorhandenen Aussteifungen genügen, um an ihrer Stelle in den Beulflächen Knotenlinien zu erzwingen.

Die vollwandigen Balkenbrücken Fig. 1 und 2 zeigen in der Ansicht keine Stegblechsaussteifung außer den an den Querträgern vorhandenen Pfosten. Die Stegblechfelder sind angenähert quadratisch bzw. wenig länglich, für das Aussehen sind die ausgekragten Fahr- bzw. Gehbahnen wesentlich.

Fig. 3 gibt ein Beispiel der besonders bei geschweißten Trägern viel ausgeführten engen Pfosten und schmalen hochstehenden Blechfelder, Fig. 4 eine Straßenunterführung, bei der das Stegblech in längliche Felder aufgeteilt ist. Bei der Wegeüberführung Fig. 5 ist offensichtlich die quadratische Unterteilung der glatten Blechflächen und das Fehlen einer Auskrägung mit Ursache der im Vergleich zu Fig. 1 bis 4 weniger guten Wirkung.

³ Schleicher: Fünfzehn Jahre deutscher Stahlbrückenbau. Bauingenieur 16 (1935), S. 171. Man vergleiche zu obigem etwa die Abb. 2 und 5.

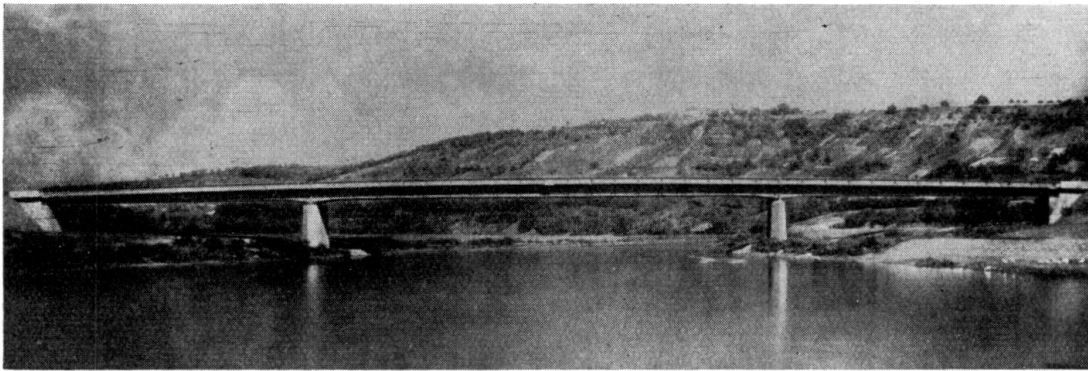


Fig. 1.

Neckarbrücke Obrigheim-Diedesheim (Mittelöffnung 90 m Stützweite, 1936).

In Fig. 1 bis 5 ist die Außenansicht der Träger regelmäßig, der Abstand der Aussteifungen ist überall gleich groß. Bei den nächsten Brücken ist diese Regelmäßigkeit nicht ganz gewahrt. Die früher viel verwendeten Diagonalsteifen

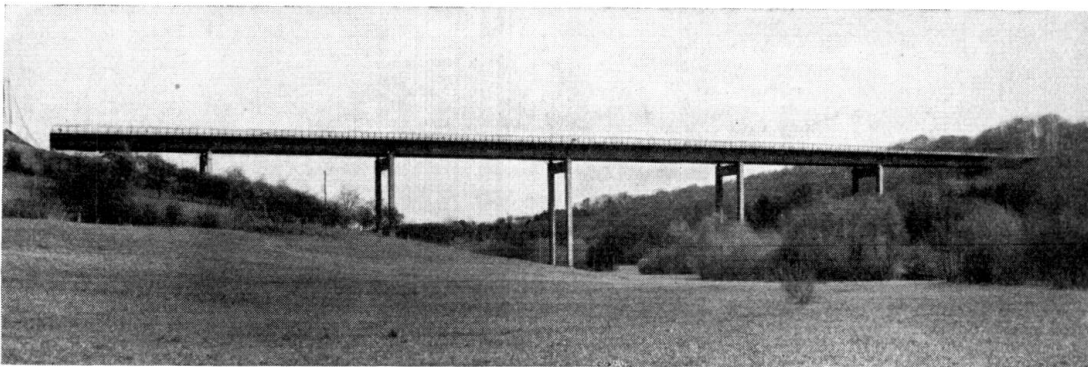


Fig. 2.

Sulzbach-Viadukt bei Denkendorf (größte Stützweite 63,8 m, 1936).

(Fig. 6) bringen erhebliche Unruhe in die Ansicht. Zu ihrer Wirkungsweise muß grundsätzlich folgendes festgestellt werden. Nach Rechnungen meines Mitarbeiters *Burchard* wird z. B. die kritische Schubspannung eines quadratischen Plattenfeldes mit Diagonalsteife (unter der Voraussetzung, daß die Steife bei der Aus-



Fig. 3.

Reichsautobahnbrücke über den Hohenzollernkanal bei Finowfurt.

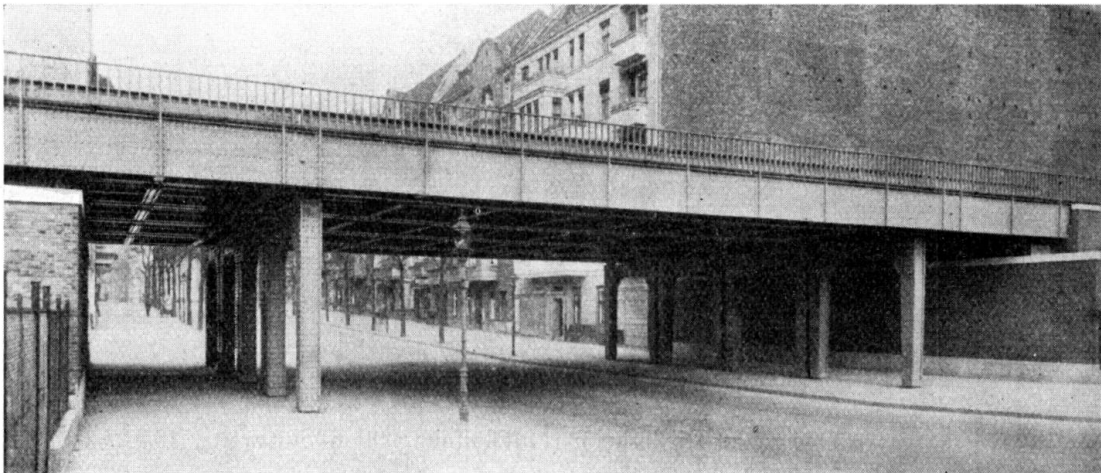


Fig. 4.
Unterführung Schlüterstraße Berlin.

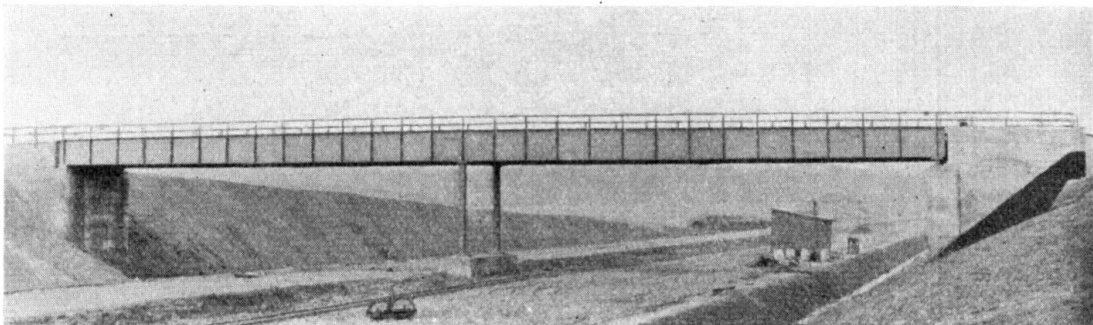


Fig. 5.
Wegeüberführung über die Reichsautobahn.



Fig. 6.
Straßenbrücke über die Donau bei Donauwörth (größte Stützweite 32 m, 1876).

beulung längs der Diagonale eine Knotenlinie erzwingen kann) auf etwa das 4,6-fache des Wertes bei der unversteiften Platte gehoben, wenn die Aussteifung in der Druckrichtung liegt, dagegen nur auf etwa das 1,5-fache, wenn sie in die Zugrichtung fällt. Bei Fig. 6 sind also die kritischen Schubspannungen in den nebeneinanderliegenden Stegblechfeldern stark verschieden.

Unregelmäßigkeiten im Steifenabstand stören unter Umständen beträchtlich. Bei der Eisenbahnbrücke Fig. 7 ergaben sich die engeren Pfosten in der Nähe der geschweißten Stegblechstöße, die auch noch aus größerer Entfernung sichtbar sind. Die Weiterentwicklung der geschweißten Bauweise würde diese Unregelmäßigkeiten heute vermeiden lassen.

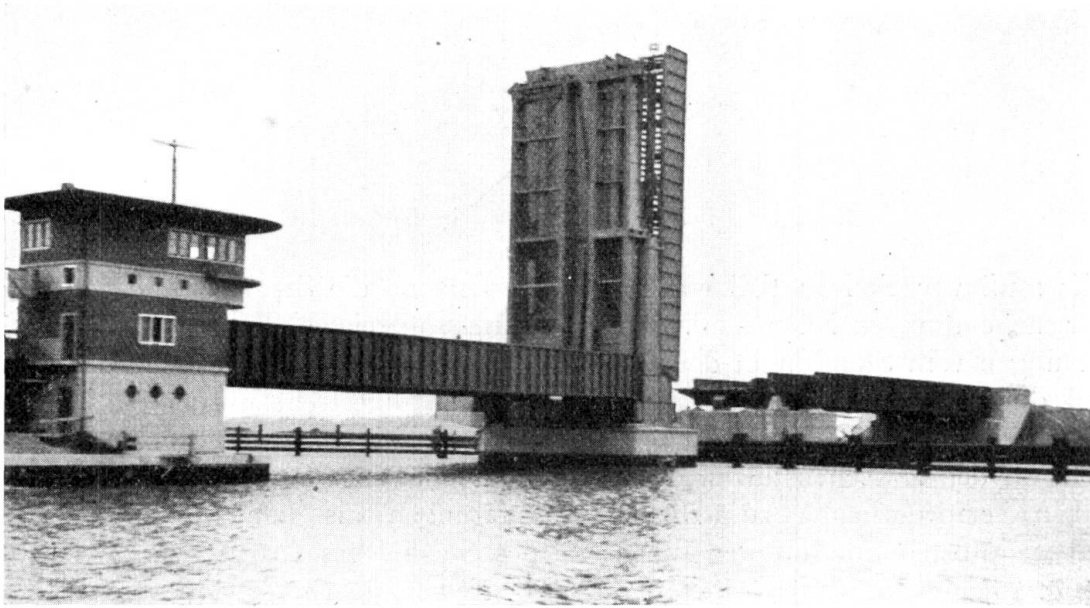


Fig. 7.

Ziegelgrabenbrücke im Zuge des Rügendamms.

Bei dem Zweigelenkrahmen Fig. 8 sind in den äußeren Stegblechfeldern noch Zwischenpfosten vorhanden. Dieser Wechsel zwischen liegenden und stehenden Stegblechfeldern wird in den meisten Fällen besser zu vermeiden sein. Bei der

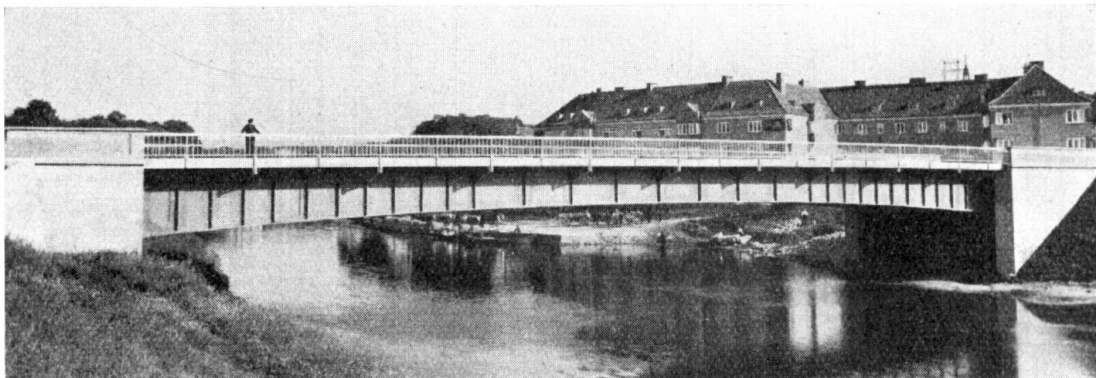


Fig. 8.

Angerappbrücke Insterburg (Zweigelenkrahmen, 1934).

über zwei Öffnungen durchlaufenden geschweißten Straßenbrücke Fig. 9 ist in der Nähe des Mittelpfeilers eine engere Pfostenteilung vorhanden. Derartige, wenn auch auf dem Bild nur schwach in Erscheinung tretende Unregelmäßigkeiten sind entbehrlich.

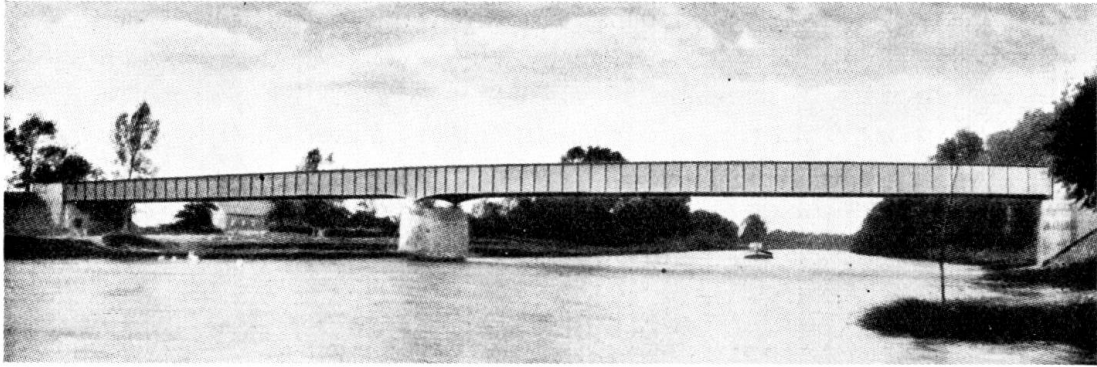


Fig. 9.

Emsbrücke bei Steinbild (Stützweite 57,4 m, 1935).

Es muß von Fall zu Fall entschieden werden, ob die Stegblechfelder länglich oder stehend vorzuziehen sind. Ein sehr aufschlußreicher Vergleich beider Anordnungen vom Standpunkt der Beulsicherheit ist in der untenstehenden Zahlentafel durchgeführt. In allen Fällen sollte m. E. angestrebt werden, das äußere Bild regelmäßig zu halten und demgemäß die in *einzelnen* Stegblechfeldern (z. B. an den Zwischenstützen durchlaufender oder in den Endfeldern einfacher Balken) erforderlichen zusätzlichen Aussteifungen als Längssteifen oder als Zwischenpfosten nur auf der Innenseite des Stegbleches vorzusehen.

Fig. 10 zeigt in der Ansicht nur die an den Querträgern vorhandenen kräftigen Aussteifungen. Dazwischen sind jeweils noch zwei innere Zwischenpfosten ausgeführt, die an den doppelten Nietreihen zu erkennen sind. Die gleiche Art der

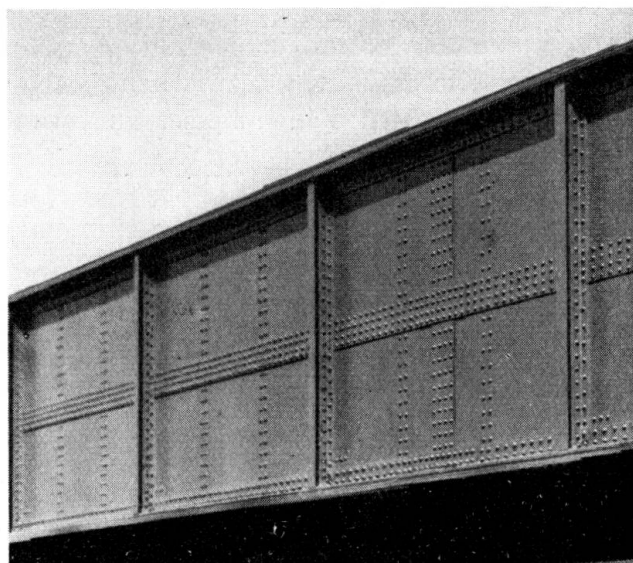


Fig. 10.

Reichsautobahnbrücke am Bahnhof Friedrichsfeld/Baden (Mittelöffnung 61,6 m Stützweite, 1935).

Aussteifung zeigt Fig. 11 bei dem in Fig. 2 dargestellten Bauwerk. Auf dem vorderen Träger sieht man nur die großen Stegblechfelder zwischen den Hauptpfosten an den Querträgern, auf dem hinteren Träger erkennt man die zusätzlichen inneren Zwischenpfosten.

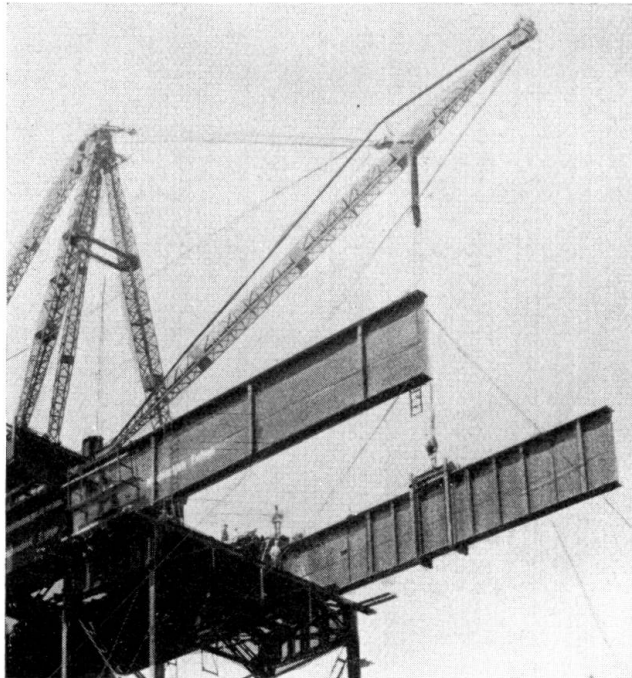


Fig. 11.

Aufstellung des Sulzbachviaduktes bei Denkendorf (vgl. Fig. 2).

Die Unterteilung großer Flächen durch eine äußere Längssteife auf dem mittleren Stegblechstoß kann besonders bei sehr hohen Trägern eine erwünschte Belebung des Bildes geben. Bei Fig. 12 ist außer der mittleren Längsrippe noch eine innere Längsaussteifung in der Druckzone ausgeführt, Zwischenpfosten sind nicht vorhanden. Bei Fig. 13 sind außer den sichtbaren Pfosten an den Querträgern noch Zwischenpfosten auf der Innenseite vorhanden. Die nur auf der Innenseite liegenden Längsaussteifungen erkennt man an den Nietreihen in der Nähe des Obergurtes und beiderseits der Mittelpfeiler auch in der unteren Druckzone.

Besondere Bedeutung kommt der Gestaltung der Träger an den Auflagern zu. Auch mit einer weich geschwungenen Untergurtlinie läßt sich eine gute Wirkung erzielen (Fig. 14). Die Fig. 15 und 16 zeigen, daß die Auflagerpunkte unbedenklich stärker betont werden dürfen als die gewöhnlichen Querträgerpfosten. Sie dürfen aber nicht zu stark betont werden (vgl. Fig. 17). Die bei manchen neueren Brücken ausgeführten *mehrfachen* Pfosten an den Auflagern stören teilweise, weil sie erkennen lassen, daß die dort auftretenden Schwierigkeiten vom Konstrukteur nur durch besondere zusätzliche Bauteile gemeistert werden konnten, die gar zu leicht den Eindruck von Behelfsmaßnahmen machen. Solche mehrfache Pfosten lassen sich übrigens, wie das Beispiel der im Bau befindlichen Straßenbrücke über die Süderelbe in Harburg-Wilhelmsburg beweist, selbst bei den größten Lasten vermeiden.

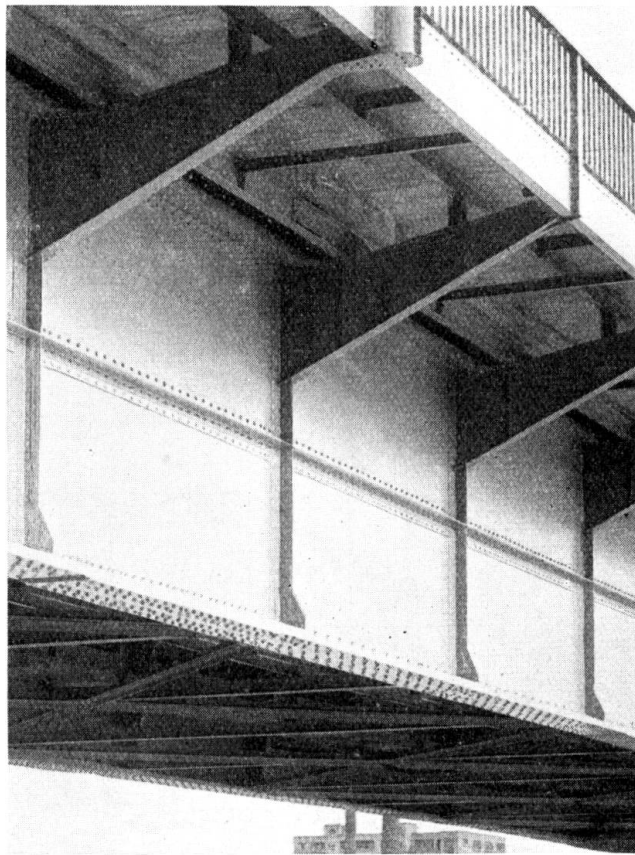


Fig. 12.

Dreirosenbrücke Basel (Mittelöffnung 105 m, 1934).

Wie die letzten Bilder zeigen, ist es wichtig, eine gewisse Vorsicht sogar dann zu üben, wenn zusätzliche Aussteifungen nur an der Innenseite des Stegbleches vorgesehen werden. Der Balken von Fig. 18 ist am Strompfeiler durch Längs-

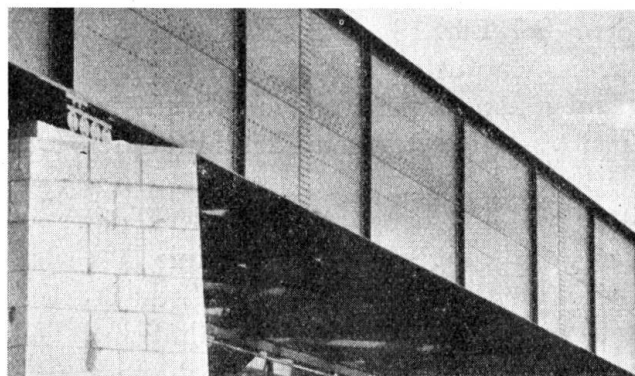


Fig. 13.

Reichsautobahnbrücke über den Main bei Frankfurt-Griesheim
(größte Stützweite 70 m, 1934).

rippen auf der Innenseite des Stegbleches ausgesteift, die wegen der stark veränderlichen Trägerhöhe stufenartig abgesetzt sind. Die zugehörigen Nietreihen fallen sehr in die Augen. Noch stärker ist dies bei Fig. 19 der Fall, wo die

inneren Aussteifungen im Bereich der negativen Momente der Untergurtlinie folgen oder bei Fig. 20, wo die der Linie des Untergurtes folgenden Aussteifungsrippen auf der Außenseite liegen. Der Auflagerpunkt wird dadurch zwar stark unterstrichen, das Aussehen der Brücke würde aber ohne sie wohl noch weiter gewonnen haben.

Bei größeren Balkenbrücken müssen die Stegbleche in der Regel einen Längsstoß erhalten. Auf dem mittleren Längsstoß wird oft mit Vorteil eine einseitige (Fig. 10) oder beiderseitige (Fig. 12) Längsaussteifung angebracht werden. Besondere Aufmerksamkeit ist der Linienführung der Längsstöße zu schenken, wenn der Träger Vouten besitzt (Fig. 14 und 15). Die Querstöße des Stegbleches

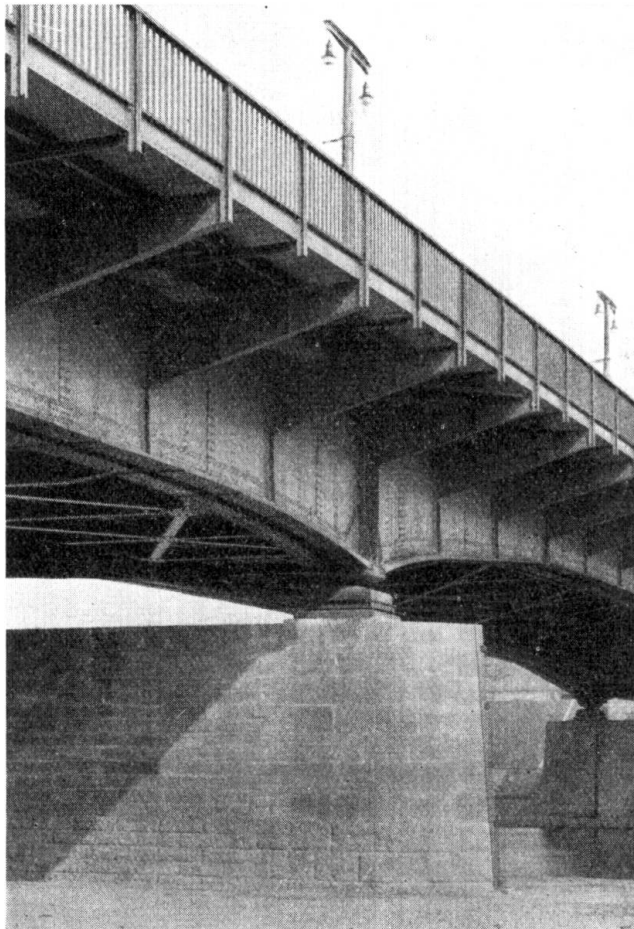


Fig. 14.

Adolf Hitlerbrücke über den Neckar bei Mannheim
(86 m Stützweite, 1926).

kehren meist in Entfernungen von 10 bis 15 m wieder. Bei dem Bauwerk Fig. 12 und 16 liegen die Stegblechstöße in 15 m Entfernung an jedem dritten Querträger. Der Anschluß des Querträgers und der Fußwegkonsole fällt mit den Stegblechlaschen zusammen. Die anderen Querträger erhielten entsprechende Futter, sodaß die Stöße in der Ansicht gar nicht mehr sichtbar sind. Diese Brücke ist über die 105 m weite Mittelöffnung ohne Gerüst frei vorgebaut worden, eine nennenswerte Erschwerung der Aufstellungsarbeiten hat sich infolge dieser Stoßanordnung nicht ergeben. Gleiches gilt für Fig. 15.

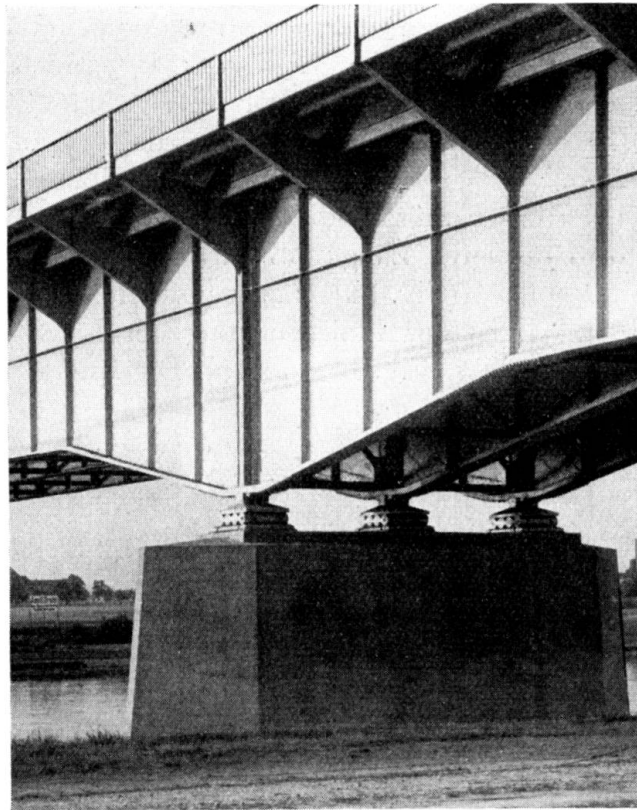


Fig. 15.
Kaditzerbrücke über die Elbe bei Dresden
(115 m Stützweite, 1926).

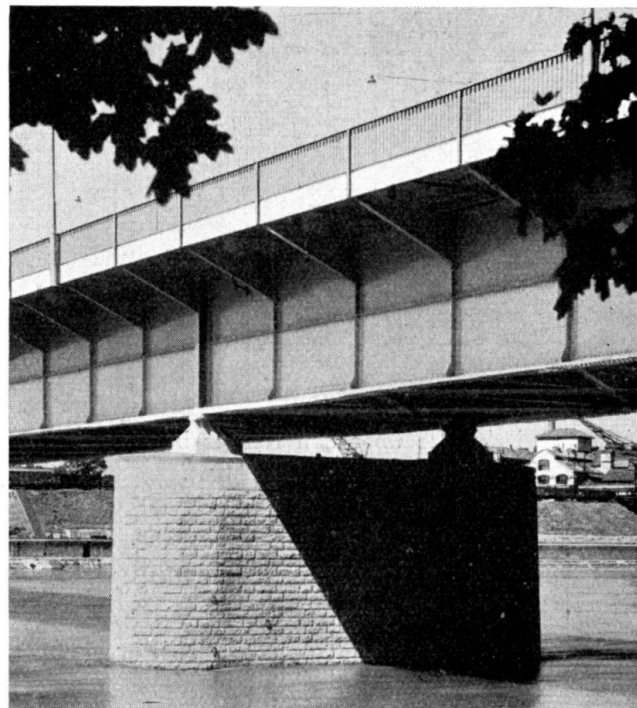


Fig. 16.
Dreirosenbrücke über den Rhein bei Basel
(Mittelstützweite 105 m, 1934).

Dagegen zeigt Fig. 10 lotrechte Laschen in jedem dritten Feld. Die Häufung von lotrechten Nietreihen stört beim Betrachten des Bauwerkes aus geringer Entfernung. Bei Fig. 14 sind die Stegblechstöße in allen Feldern ausgeführt, sodaß sich wieder ein regelmäßiges Bild ergibt. Bei den üblichen Verhältnissen



Fig. 17.
Elbebrücke bei
Festung Dömitz
(Stützweite
153,8 m, 1936).

wird diese Anordnung zwar nicht in Betracht kommen. Die Vermeidung der in den Stoßlaschen liegenden Unregelmäßigkeiten wird aber jedenfalls in vielen Fällen eine erwünschte Verbesserung der Ansicht bringen, die ohne nennenswerte Verteuerung erreichbar ist.

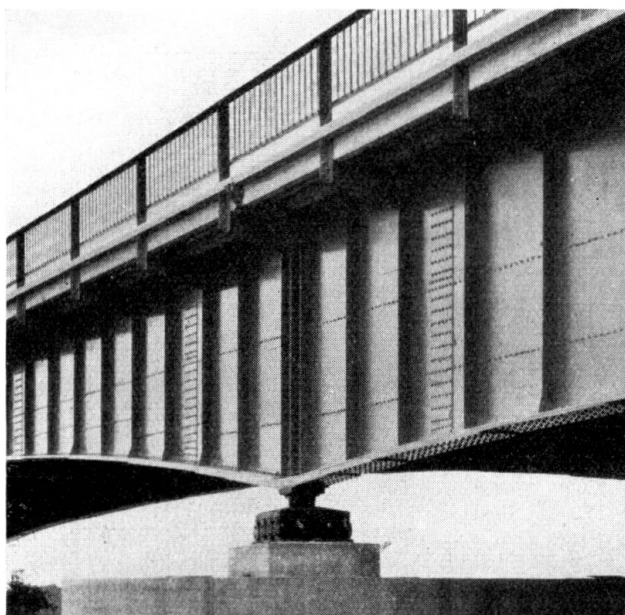


Fig. 18.
Ledabrücke bei
Leer
(Mittelöffnung
63 m, 1933).

Längsaussteifungen brauchen, da sie in der Regel nicht zum tragenden Querschnitt gerechnet werden, an den Querträgern usw. nicht gestoßen zu werden. Sie können auf der Innenseite der Stegbleche gerade abgeschnitten werden, an der Außenseite wird es sich empfehlen, die abstehenden Schenkel mit Hilfe von Schrägschnitten usw. so zu führen, daß ungestört durchlaufende Linien entstehen.

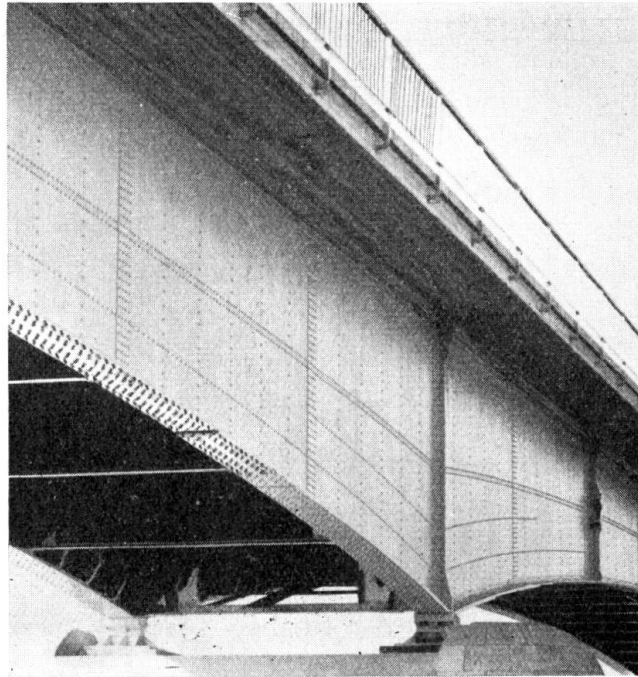


Fig. 19.
Oderbrücke bei Poppelau (Mittelöffnung 79,60 m, 1934).

In der nachstehenden Zahlentafel sind schließlich noch die Beulspannungen für verschiedene Arten der Aussteifung miteinander verglichen. Es werden zwei kennzeichnende Fälle betrachtet:

1. Beispiel: Stegblechfelder von 200 · 200 cm Größe und 14 mm Dicke aus St. 37.
2. Beispiel: Stegblechfelder von 400 · 400 cm Größe und 20 mm Dicke aus St. 52.

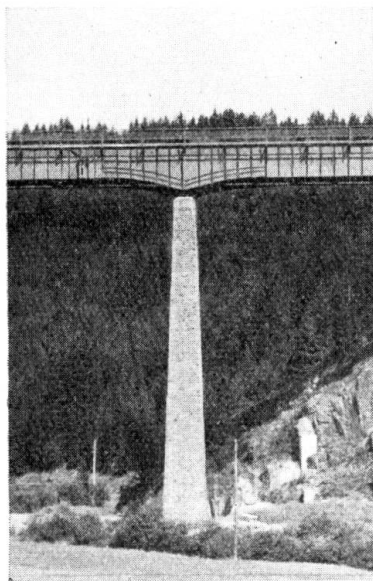


Fig. 20
Wetterabrücke (58,5 m Stützweite, 1929).

	Anordnung der Aussteifungen Disposition des raidisseurs Arrangement of stiffeners	1. Beispiel, St 37 1. Exemple St 37 1 ^{er} Exemple St 37		2. Beispiel, St 52 2. Exemple St 52 2 nd Exemple St 52	
		σ_{ok}	τ_k	σ_{ok}	τ_k
1		2,10	0,87	1,14	0,44
2		2,13	1,33	1,21	1,20
3		2,21	1,39	1,52	1,59
4		2,32	1,39	2,14	2,08
5		2,37	1,25	2,45	0,76
6		2,40	1,33	3,16	1,20
7		2,40	1,39	3,16	2,08

Beulspannungen
bei reiner Biegung bzw. bei reinem Schub
(in t cm²).

In der Zahlentafel ist jeweils die kritische Randspannung σ_{ok} bei reiner Biegung und die kritische Schubspannung τ_k bei reiner Schubbeanspruchung angegeben.⁴ Die Plattenränder sind mit den angegebenen Abmessungen als gelenkig gestützt vorausgesetzt. Soweit die Beulspannungen die Proportionalitätsgrenze übersteigen, wurden sie im gleichen Verhältnis, wie für einen gleichhoch beanspruchten Druckstab abgemindert,⁵ wobei die Knickspannungslinie nach den Vorschriften der Deutschen Reichsbahn zugrunde gelegt wurde. Bei einer anderen Art der Abminderung der Beulspannungen im unelastischen Bereich oder für eine andere Knickspannungslinie des dehnbaren Baustahles würden sich die Ergebnisse nicht grundsätzlich ändern.

Bei der Beurteilung der Wirkung der verschiedenen Aussteifungen ist zu beachten, daß das Stegblech in beiden Beispielen verhältnismäßig dick angenommen ist. Aus der Zahlentafel erkennt man, daß zwar die kritische Schubspannung τ_k durch die lotrechten Zwischenpfosten ausreichend gehoben werden kann, daß jedoch die kritische Biegungsspannung σ_{ok} besonders bei dem zweiten Beispiel ungenügend bleibt. Große Vollwandbalken können eben durch Zwischenpfosten allein kaum in ausreichender Weise ausgesteift werden. Auch starre Einspannung des Stegbleches an den Gurtplatten⁶ würde übrigens in diesen Fällen nicht genügen, um den Fehlbetrag auszugleichen.

Zusammenfassung.

Die früheren Erfahrungen reichen für die neuen großen vollwandigen Brücken nicht mehr aus. Zur Sicherung gegen das im Brückenbau aus verschiedenen Gründen unzulässige Ausbeulen der Stegbleche wurden in der Praxis verschiedene Wege gegangen, die aber zum Teil weder in wirtschaftlicher bzw. statischer noch in schönheitlicher Hinsicht voll befriedigen können.

Für die erfolgreiche Gestaltung der neuzeitlichen stählernen Vollwandtragwerke hat sich die Stabilitätsuntersuchung als in höchstem Maße ausschlaggebend herausgestellt.

Bei höheren Stegblechen ist nicht die Beulung durch Schubspannungen, sondern die durch Biegungsspannungen gefährlicher. Bei größeren Stegblechhöhen ist es daher selbst bei erheblichen Blechdicken fast unmöglich, allein durch lotrechte Aussteifungen genügend hohe Beulspannungen zu erreichen. Nur Längssteifen oder Längs- und Quersteifen ermöglichen es, die günstigste Grenze auf wirtschaftliche Weise zu erreichen.

Für das Aussehen sind Unregelmäßigkeiten an der Außenfläche der Träger meist nachteilig. Aber auch wenn die an gewissen Stellen zusätzlich nötigen Aussteifungen etwa nur auf der Innenseite ausgeführt werden, ist Vorsicht geboten.

⁴ Über den Fall der Beulung bei gleichzeitiger Wirkung von Biegungs- und Schubspannungen vgl. *Chwalla*, Bauingenieur 17 (1936), S. 89, oder *Schleicher*, Bauingenieur 15 (1934), S. 509.

⁵ *Schleicher*: Internat. Vereinigung für Brückenbau und Hochbau. Schlußbericht des ersten Kongresses in Paris 1932, S. 131. Man vergleiche auch ² S. 510.

⁶ *Nölke*: Biegungs-Beulung der Rechteckplatte mit eingespannten Längsrändern. Bauingenieur 17 (1936), S. 111.

Leere Seite
Blank page
Page vide