

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 37/38 (1901)
Heft: 4

Artikel: Einige Brückenverstärkungen der Gotthardbahn
Autor: Lubini, Emilio
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-22661>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

tigkeit in Verbindung steht und auch eine Anfeuchte-Vorrichtung besitzt (Fig. 4). Der unter Umrühren erhitzte und durch den Einfluss der Vakuumpumpe von etwaiger Feuchtigkeit völlig befreite Sand wird in diesem heissen, trockenen Zustande unter Beigabe von 2—6% des pulverisierten Aetzkalkes gemischt, dem Gemisch das erforderliche Quantum Feuchtigkeit zugeführt und der Kieselsäure-Kalkbildung- bzw. Erhärtungsprozess durch Einwirkung des Heizdampfes im Dampfmantel eingeleitet. Das so vorbereitete Mischgut gelangt sodann in einen zwischen dem

Aussehens kann dies nicht in gleichem Umfange behauptet werden, weil vielfach nicht die richtige Behandlung des Aeusseren stattgefunden hat. Kunststein ist eben kein gewachsener Stein und wird nur schwer eine gute Nachbildung desselben ergeben, die nicht leicht als solche kenntlich ist. Warum soll man auch hier eine Ausnahme von dem jetzigen allgemeinen Bestreben machen, den Stoff als das zu zeigen, was er ist und ihn seinen Eigenschaften entsprechend zu formen? (Schluss folgt.)

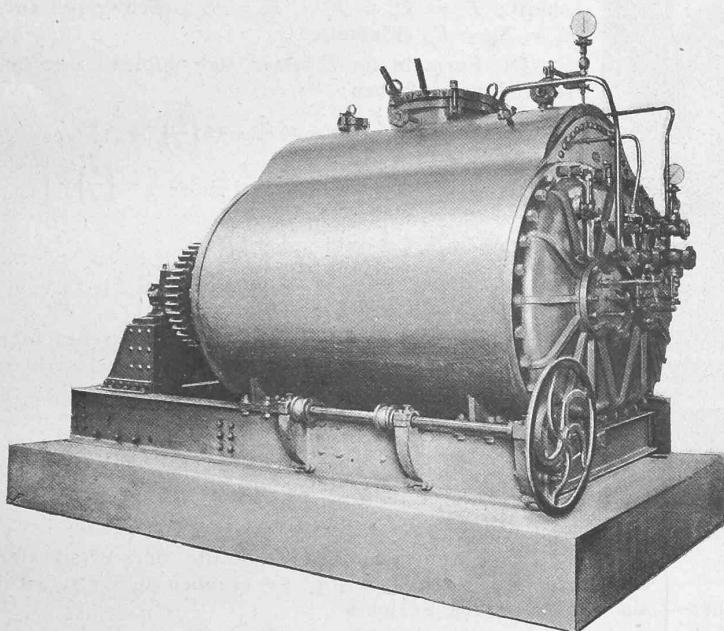


Fig. 3. Mischmaschine, System Schwarz.

Misch-Apparat und der Steinpresse angeordneten, zweiten Silo und von da in die Presse, die es zu Formlingen verarbeitet. Es erübrigत nur noch, diese Formlinge auf besonderen Wagen in den Erhärtungskessel zu bringen, welchen sie nach etwa zehnständiger Einwirkung des Hochdruckdampfes und gleichzeitiger Anfeuchtung mit zerstäubtem Wasser aus den mit einer Hochdruckdampfpumpe in Verbindung stehenden Streudüsens als vermauerungsfähige Steine verlassen. — Im Maschinenhause E sind Dampfkessel und Dampfmaschine, die mittels Riemenvon der Transmission aus angetriebene Vakuumpumpe, Dampfpumpe u. s. w. vereinigt.

Wie man bemerkt, ist die dargestellte Anlage mit drei Schwarz-Gruppen ausgerüstet, d. h. es sind drei Aufbereitungsmaschinen mit den zugehörigen Pressen vorhanden. Jede genügt für eine Produktion von 800 bis 1100 Normalziegeln (25.12.6 cm) in der Stunde. Es können

also in einer Tagschicht von elf Arbeitsstunden mit einer Presse 10 000 Ziegelsteine und mit allen drei Pressen 30 000 Steine hergestellt werden. Die Selbstkosten für 1000 Steine sollen in einer solchen Anlage einschliesslich Amortisation und Verzinsung im Durchschnitt 15 Fr. betragen.

Die übrigen Erzeugnisse der Kunststeinindustrie enthielten keine besonders zu erwähnenden Neuheiten, obwohl sie in Bezug auf Güte des Materials meist befriedigten. Hinsichtlich des

Einige Brückenverstärkungen der Gotthardbahn.

Von Emilio Lubini, Brückingenieur der G.-B.

(Schluss.)

II. Galli- und Torino-Brücke.

Cenere-Linie.

Als zweites Beispiel indirekter Verstärkungen sind die bei der Galli- und der Torino-Brücke auf der Cenere-Linie ausgeführten Entlastungsbogen anzuführen. Diese zwei Brücken sind vollständig gleich konstruiert und wurden deshalb auf gleiche Art verstärkt. Die Fahrbahn liegt oben, die Trägerlänge beträgt 25,44 m, die Stützweite 25,00 m, die Trägerhöhe 2,50 m und der Abstand der Tragwände 2,20 m. Die Tragwände sind Parallelträger mit vierfachem Strebenzug ohne Pfosten. Querverbindungen folgen sich von zwei zu zwei Knoten, d. h. in Entfernung von 2,50 m. Die Brückenholzer liegen direkt auf der oberen Gurtung auf und zwar nicht immer über einem Knotenpunkte. Es treten infolgedessen in den oberen Gurtungen nicht zu vernachlässigende Biegungsspannungen auf. Die vor der Verstärkung ausgeführte Nachrechnung der Brücke ergab folgendes:

	Druck- oder Zugspannungen	Biegungs- spannungen	Zulässige Beanspruchung	Über- schreitungen
Obergurt	- 0,90 t/cm ²	0,29 t/cm ²	0,74 t/cm ²	61%
Druckstreben (Knicken) (für l = 1½ Maschenlänge)	0,75 t/cm ²	—	0,56 t/cm ²	25%
Untergurt	+ 0,95 t/cm ²	—	0,74 t/cm ²	28%

Beide Brücken wurden durch einen umgelegten parabolischen Bogen, der an der untern Gurtung aufgehängt ist (siehe Fig. 10 u. 11), verstärkt und zwar die Torino-Brücke im September und die Galli-Brücke im November 1899.

Bei diesem System wird besonders die Untergurtung entlastet, deren Zugspannungen durch die vom Bogen hervorgerufenen Druckspannungen um ein Bedeutendes reduziert werden.

Den Anschluss des Entlastungsbogens an die untere Gurtung im Brückenende machten die Widerlager unmöglich. Infolgedessen hat die Verbindung der neuen mit der alten Konstruktion im nächsten einwärts gelegenen Knotenpunkte stattfinden müssen.

Auf den Vorschlag des Herrn Kontrollingenieur Mantel ist auch die Fortsetzung der neuen Gurtung nach dem Ende der oberen Gurtung unterblieben. In der That wird die Entlastung bei den alten Gurtungen nur um so vollständiger, wenn die neue nur an eine derselben anschliesst. Die Verstärkung trifft die ausserhalb des Anschlusspunktes liegenden Felder natürlich nicht; eine Verstärkung der Gurtungen ist in diesen Feldern nie nötig, die Streben dagegen müssen meistens besonders verstärkt werden.

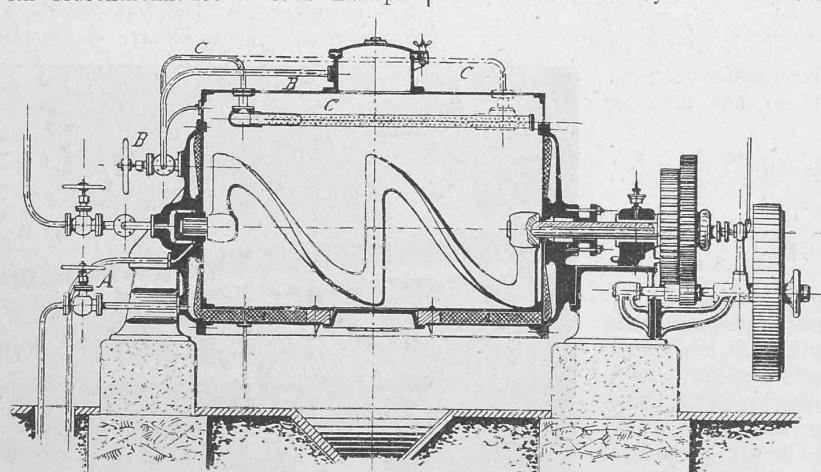


Fig. 4. Mischmaschine, System Schwarz. — Längsschnitt.

In statischer Beziehung haben wir es hier mit einem, durch einen Parallelträger verstieften Bogen zu thun. Ist der Fachwerkträger für sich allein statisch bestimmt, so ist der durch den Bogen verstärkte Träger einfach statisch unbestimmt. Als statisch nicht bestimmbare Grösse führt man hier zweckmässig den Horizontalschub H ein. Auf Grund der für den Gleichgewichtszustand geltenden Arbeitsgleichung:

$$\Sigma K(S_o + H \cdot K) \frac{s}{E \cdot F} = 0.$$

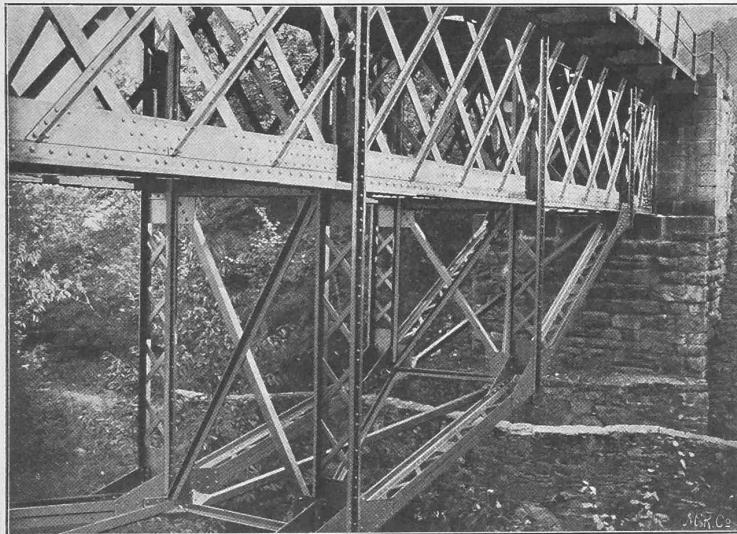


Fig. 11. Verstärkte Galli-Brücke.

kann man für H eine Formel ableiten.

S_o sind die, durch eine Last P im Parallelträger hervorgerufenen Stabkräfte, K sind die Diagrammkräfte, d. h. die im Bogen und Fachwerke für $H = -1$ auftretenden Kräfte, s ist die Länge, F der Bruttoquerschnitt der Stäbe und E der Elasticitätsmodul des Materials.

Für den speciellen Fall eines Parabelbogens haben wir die allgemeine Formel abgeleitet:

$$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{f}{12} \left(\frac{l}{h} \right)^2 \left\{ 5 + 8 \frac{c}{l} - 6 \left(\frac{a}{l} \right)^2 + \left(\frac{a}{l} \right)^4 \right\} \left(\frac{I}{F_o E_o} + \frac{I}{F_u E_u} \right) + \frac{l^2}{2h} \left\{ 1 + 2 \frac{c}{l} - \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right\} \frac{I}{F_u E_u}}{\frac{8}{15} l \left(\frac{f}{h} \right)^2 \left(\frac{I}{E_o F_o} + \frac{I}{F_u E_u} \right) + l \left(1 + \frac{4}{3} \frac{f}{h} \right) \frac{I}{F_u E_u} + \left\{ 1 + 2 \left(\frac{f}{l} \right)^2 \right\} \frac{l}{F_b E_b} + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{l} \right)^3 \frac{\lambda}{F_h E_h}} \cdot P$$

Will man den geringen Einfluss der Streben auch berücksichtigen, so hat man im Zähler das Glied:

$$+ \frac{f h (l-a)}{l \cdot w} \left\{ \left(\frac{s_s}{h} \right)^3 \frac{I}{F_s E_s} + \left(\frac{s_f}{h} \right)^3 \frac{I}{F_f E_f} \right\}$$

und im Nenner das Glied:

$$+ \frac{h \cdot f^2}{l \cdot w} \left\{ \left(\frac{s_s}{h} \right)^3 \frac{I}{F_s E_s} + \left(\frac{s_f}{h} \right)^3 \frac{I}{F_f E_f} \right\}$$

beizufügen. In der obigen Gleichung bedeuten: F_o bzw. F_u den mittleren Querschnitt der oberen bzw. unteren Gurtung, F_b den Bogenquerschnitt, F_h den Hängstangenquerschnitt, F_s und s_s bzw. F_f und s_f den mittleren Querschnitt und die Länge der steigenden bzw. fallenden Streben. Hierbei ist als Querschnitt stets der Bruttoquerschnitt einzuführen. Die Bedeutung der übrigen Buchstaben ergibt sich aus der Fig. 12.

Setzt man $P = 1$, so kann man mittels obiger Formel für verschiedene Laststellungen die entsprechenden Werte von H finden. Trägt man diese H unter den zugehörigen Laststellungen, von einer horizontalen Abscissenachse aus als Ordinaten auf und verbindet ihre Endpunkte miteinander, so erhält man die sogenannte H -Linie, d. h. die Einflusslinie des Horizontalschubes für

$P = 1$. Auf einfache Weise ergibt sich hieraus der einem beliebigen Lastzug entsprechende Horizontalschub.

In unserem speciellen Falle stimmen die Querschnitte von Ober- und Untergurt überein, ebenso sind die Querschnitte und Längen der Zug- und Druckstreben einander gleich. Da die alte Brücke aus Schweißeisen und die neuen Konstruktionsteile aus Flusseisen bestehen, so haben wir auch die entsprechenden Elasticitätsmodule einzuführen. Es ist somit:

$F_o = F_u = F$ = mittl. Gurtquerschnitt; $s_s = s_f = s$ = Strebenlänge; $F_s = F_f = F_{st}$ = mittlerer Strebenquerschnitt; $E_o = E_u = E_s = E_f = E_{sch}$ (Schweißeisen); $E_b = E_h = E_{fl}$ (Flusseisen).

Die Formeln für H lassen sich infolgedessen bedeutend vereinfachen:

$$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{I}{F} \left(\frac{l}{h} \right)^2 \left[\frac{f}{12} \left\{ 10 + 16 \frac{c}{l} - 12 \left(\frac{a}{l} \right)^2 + 2 \left(\frac{a}{l} \right)^4 \right\} + \frac{h}{2} \left\{ 1 + 2 \frac{c}{l} - \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right\} \right]}{\frac{l}{F} \left\{ 1 + \frac{4}{3} \frac{f}{h} + \frac{16}{15} \left(\frac{f}{h} \right)^2 \right\} + \left\{ 1 + 2 \left(\frac{f}{l} \right)^2 \right\} \frac{l}{F_b} \frac{E_{schw}}{E_{fl}} + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{l} \right)^3 \frac{\lambda}{F_h} \cdot \frac{E_{schw}}{E_{fl}}} \cdot P$$

Soll der geringe Einfluss der Hauptstreben auch berücksichtigt werden, so hat man im Zähler das Glied:

$$+ 2 \frac{f}{w} \cdot \frac{l-a}{l} \left(\frac{s}{h} \right)^3 \frac{h}{F_{st}},$$

und im Nenner das Glied:

$$+ 2 \frac{f}{l} \cdot \frac{f}{w} \left(\frac{s}{h} \right)^3 \frac{h}{F_{st}}$$

beizufügen.

Die Momente und Querkräfte der verstärkten Brücke für einen Schnitt x (Fig. 12) ergeben sich jetzt leicht aus den folgenden Formeln:

Für den Obergurtstab O : $M_o = M_{kx} - H y_4$,

Für den Untergurtstab U : $M_u = M_{mx} - H(y_3 + h)$,

Für die Querkraft: $Q = Q_x - H \operatorname{tg} \alpha_4$

und die Kräfte in den Druckstangen und in den Bogenstäben aus den Formeln:

$$Z_3 = H(\operatorname{tg} \alpha_3 - \operatorname{tg} \alpha_4); S_4 = H \sec \alpha_4.$$

Hiebei bedeuten M_{kx} und M_{mx} die Momente und Q_x die Querkraft des einfachen frei aufliegenden Parallelträgers.

Wenn man den Bogen ohne Hebung der alten Brücke einfach an die untere Gurtung angehängt hätte, so würde dieselbe erst beim Darüberfahren eines Zuges in Wirksamkeit getreten sein. Die Verstärkung kann aber erst rationell genannt werden, wenn der Bogen auch das Eigengewicht

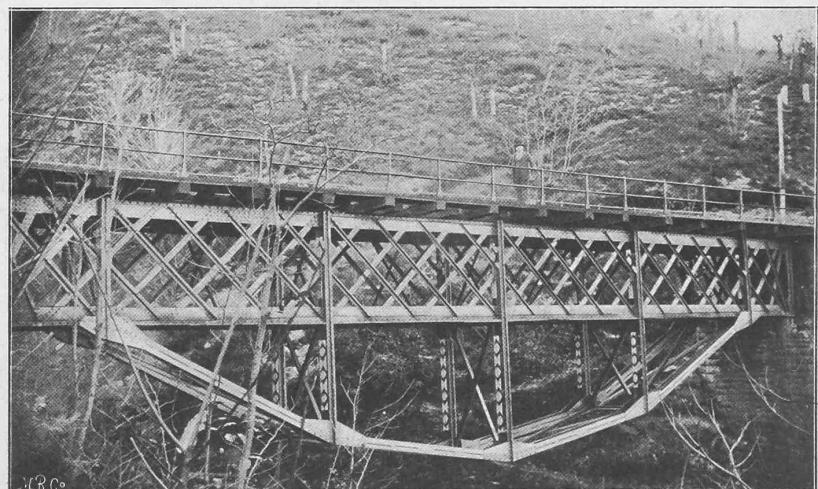


Fig. 10. Verstärkte Torino-Brücke.

mitträgt hilft. Eine direkte Hebung der Brücken, von einem Holzbock aus, war infolge der tief eingeschnittenen Thäler nicht möglich; auf indirektem Weg gelangte man indessen doch zum Ziel. Bei der Montierung des Bogens wurden zunächst die Pfosten $a b$, $c d$ und $e f$ hergestellt

(siehe Fig. 13) und zwar etwas länger als vorgeschrieben. Sodann wurde der Bogen, dem theoretischen Ende der Pfosten folgend montiert, aber nur in den Punkten *g* und *h* mit dem Untergurt vernietet. Mittels der in den Knotenpunkten *b*, *d* und *f* aufgestellten hydraulischen Winden wurden der Parallelträger und der Bogen auseinander gesprengt, d. h. der Parallelträger gehoben und der Bogen hinuntergedrückt und zwar so, dass die Punkte *b*, *d* und *f* stets auf einer Parabel lagen. Als die Spannungsmesser Fränkel und Rabut-Mantel im ersten Stab *g* eine Zugspannung von $0,15 \text{ t/cm}^2$ zeigten, stellte man das Pumpen ein, bohrte die Löcher in die Pfeiler und vernietete sie in dieser Lage mit dem Bogen. In der folgenden Tabelle sind als Beispiel die Ergebnisse dieser Arbeit für die Brückenmitte zusammengestellt.

Die Hebung der Träger um 2 bis 3 mm entspricht sowohl bei der *Galli*- als auch bei der *Torino*-Brücke ungefähr der Hälfte der Einsenkung, hervorgerufen durch das Eigengewicht der Brücke und des Oberbaues.

Vor und nach der

Verstärkung wurden bei der *Galli*-Brücke unter Betriebszügen wiederholt Spannungsmessungen ausgeführt. Die durch eine Schnellzuglokomotive A³ T mit angehängten Wagen erzeugten Spannungen sind in der weiter unten folgenden Tabelle zusammengestellt.

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass die von der zufälligen Last herrührenden Spannungen durch die Verstärkung im Obergurt nahezu auf die Hälfte, im Untergurt nahezu auf Null reduziert wurden. Die elastischen

Durchbiegungen der Brücke, vor und nach der Verstärkung, beobachtet unter den Lokomotivengleicher Serien verhalten sich wie 11 mm zu 6 mm.

Die Konstruktionsdetails sind aus Fig. 14—17 ersichtlich.

Zur Verstärkung jeder dieser Brücken wurden 16,5 t Fluss-eisen verwendet. In diesem Totalgewicht ist auch inbegrieffen das Eisen für den neuen, aus steifen Profilen bestehenden oberen und unteren Windverband, sowie für die ausgewechselten Andreaskreuze.

Die Gesamtkosten der Verstärkung an

Einige Brückenverstärkungen der Gotthardbahn.



Fig. 18. Verstärkte Grotta-Brücke.

	Galli-Brücke		Torino-Brücke	
	Brückenmitte		Brückenmitte	
	Träger links	Träger rechts	Träger links	Träger rechts
	mm	mm	mm	mm
Hebung des Parallelträgers	3,0	2,0	2,0	2,5
Senkung des Bogens . .	3,0	3,5	2,0	3,5
Hebung plus Senkung . .	6,0	5,5	4,0	6,0

Stab	Feld	Vor Verstärkung:	Nach Verstärkung:
Obergurt	9—10	Max. Spannung: $-0,40 \text{ t/cm}^2$	Max. Spannung: $-0,24 \text{ t/cm}^2$
Untergurt	9—10	Gurtplatte max.Spann. $+0,30 \text{ t/cm}^2$ Stahlblech " " $+0,15 \text{ t/cm}^2$	Gurtplatte max.Spann. $+0,06 \text{ t/cm}^2$ Stahlblech " " $-0,06 \text{ t/cm}^2$
Bogen	I		Max. Spannung $+0,33 \text{ t/cm}^2$

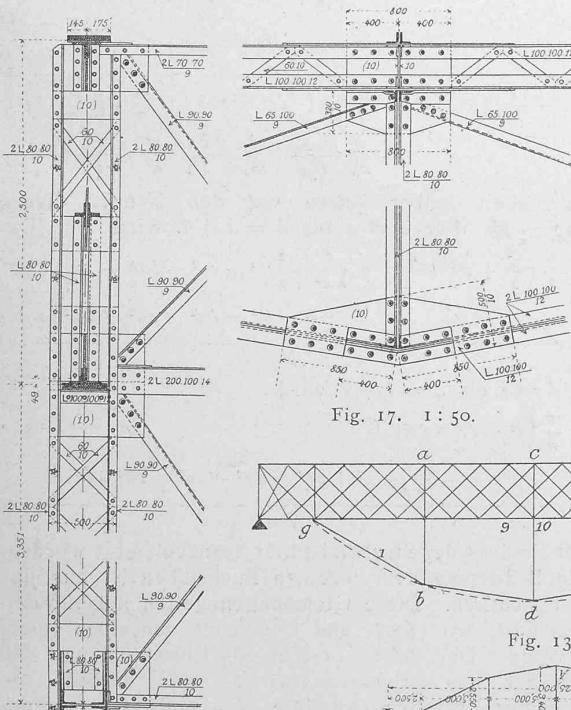


Fig. 17. 1:50.

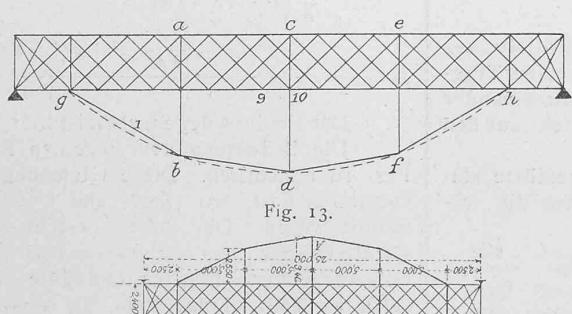


Fig. 13.

Fig. 16.

Masstab 1:50.

Fig. 14.

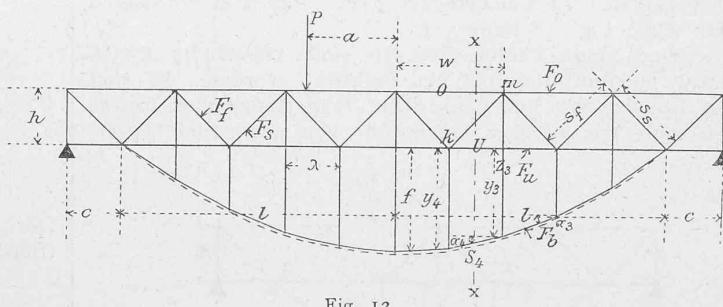


Fig. 12.

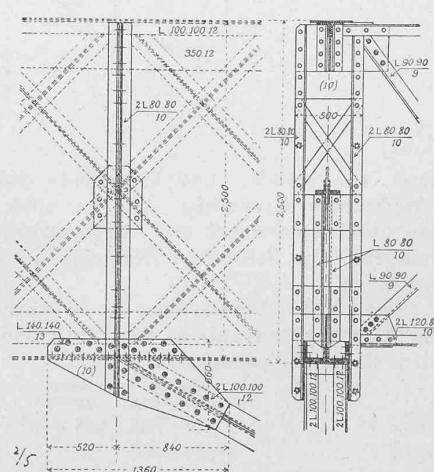
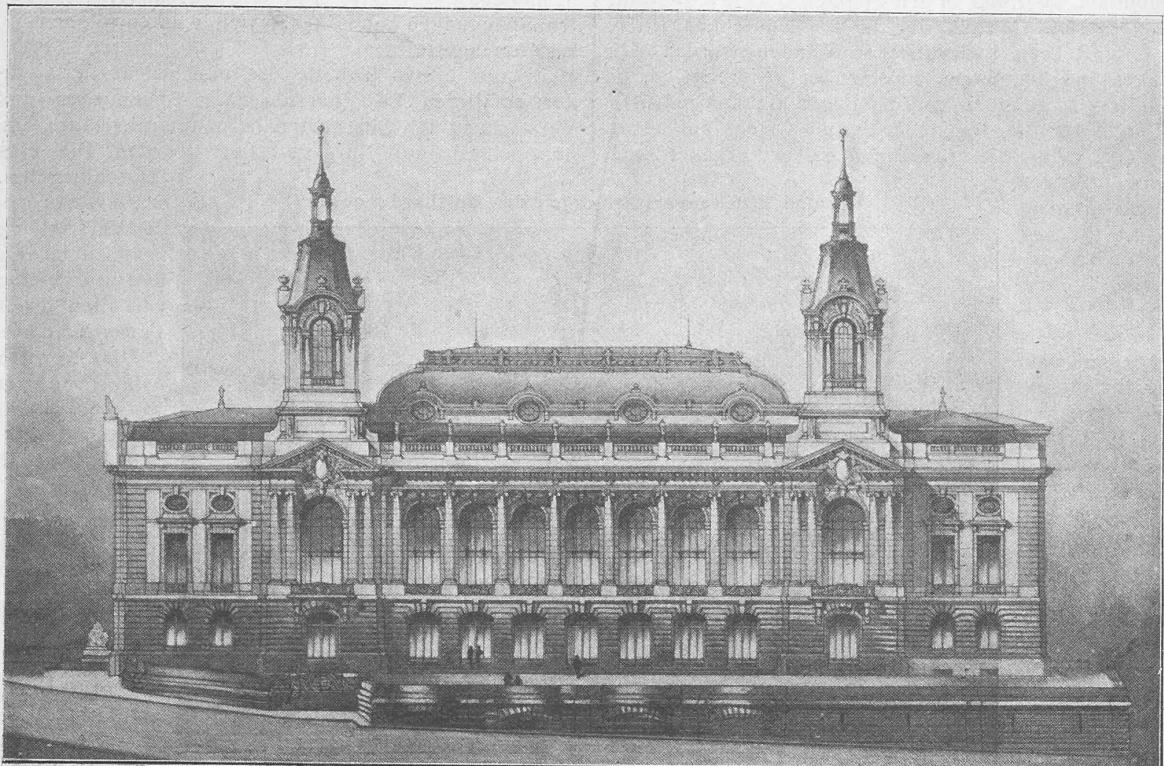


Fig. 15. Masstab 1:50.

Wettbewerb für ein Stadtkasino in Bern.

Entwurf Nr. 1. Motto: «Ad gloriam generis structurae bernensis». Verfasser: Architekt H. v. Fischer in Bern.



Hauptfassade, Maßstab 1:500.

Verstärkungseisen, Materialtransporten, Arbeitslöhnen, Gehalten des Aufsichtspersonals u.s.w. belaufen sich für jede Brücke auf 9900 Fr., also auf 600 Fr. pro Tonne.

III. Grotta- und Ponticello-Brücke. Cenere-Linie.

Diese Verstärkung stimmt dem Prinzip nach mit der vorigen überein. Der Unterschied liegt in der Zahl der Hängestangen, von welchen hier zwei, dort drei vorhanden sind (siehe Fig. 18 Seite 37).

Auch diese beiden Brücken sind vollständig gleich gebaut und auf dieselbe Art verstärkt worden. Es sind dies Brücken mit Fahrbahn oben, Trägerlänge von 20,4 m, Stützweite von 20,00 m, Trägerhöhe von 2,02 m und Träger-

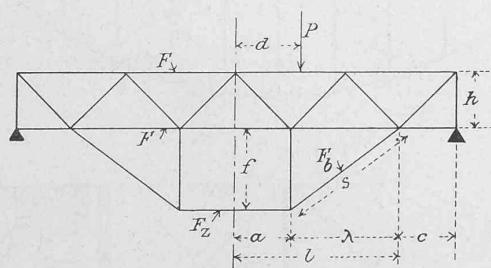


Fig. 19.

abstand von 2,00 m. Die Tragwände sind Parallelträger mit vierfachem Strebengang. Alle 2 m sind die beiden Tragwände durch Querriegel und Andreaskreuze untereinander verbunden. Die Schwellen liegen auch hier direkt auf den Tragwänden.

Eine vor der Verstärkung der Brücken ausgeführte statische Berechnung ergab in den einzelnen Teilen die folgenden Maximalspannungen:

	Druck- oder Zugspannungen	Biegungs- spannungen	Zulässige Spannungen	Über- schreitungen
Obergurt	- 0,76 t/cm ²	0,28 t/cm ²	0,74 t/cm ²	41 %
Untergurt	+ 0,80 t/cm ²	-	0,74 t/cm ²	8 %
Druckstreben (Knicken) (l = 1/2 Maschenlänge)	0,73 t/cm ²	-	0,60 t/cm ²	22 %

Die statische Berechnung des Verstärkungsbogens läuft auch hier auf die Bestimmung des Horizontalschubes H hinaus. Wir haben mittels der für den Gleichheitszustand gelgenden Arbeitsgleichung: $\Sigma K(S_o + HK) \frac{s}{FE} = 0$ für den Horizontalschub H drei Formeln abgeleitet, und zwar für $d = o$ bis $d = a$ (siehe Fig. 19):

$$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{1}{h} \left(\frac{l^2}{2} + cl - \frac{d^2}{2} \right) + \frac{f}{\lambda h^2} \left(\frac{2}{3} l^3 + cl^2 - la^2 - ca^2 + \frac{1}{3} a^3 - ld^2 + ad^2 \right)}{l + \frac{f}{\lambda h} \left(l^2 - a^2 \right) + \frac{f^2}{\lambda^2 h^2} \left(\frac{2}{3} l^3 - 2a^2 l + \frac{4}{3} a^3 \right) + \frac{F}{F_h} \frac{E_{schw}}{E_{fl}} \left(\frac{f^3}{\lambda^2} + \frac{F_h}{F_b} \cdot \frac{s^3}{\lambda^2} + \frac{F_h}{F_z} a \right)} \cdot P$$

Der Einfachheit halber setzen wir den Nenner dieser Gleichung = N . Für $d = a$ bis $d = a + \lambda$ wird

$$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{1}{h} \left(\frac{l^2}{2} + cl - \frac{d^2}{2} \right) + \frac{f}{\lambda h^2} \left(\frac{2}{3} l^3 + cl^2 - ld^2 + \frac{1}{3} d^3 - la^2 - ca^2 + da^2 \right)}{N} \cdot P$$

und für $d = l$ bis $d = l + c$ wird

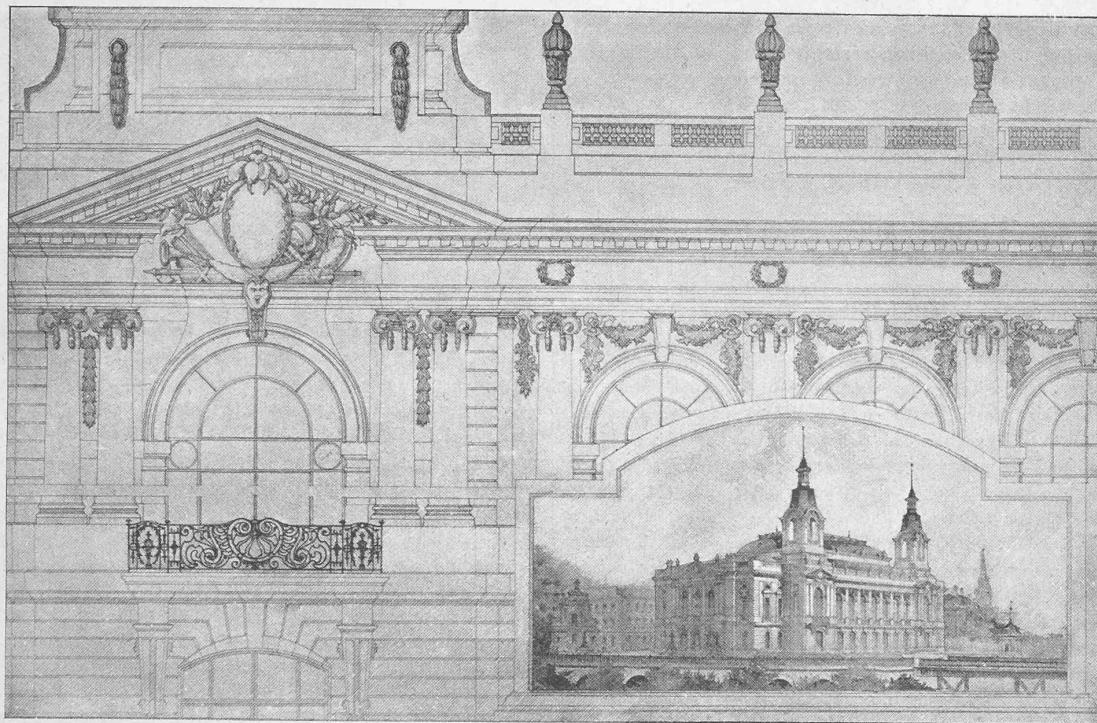
$$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{1}{h} \left(l^2 + lc - ld \right) + \frac{f}{\lambda h^2} \left(l^3 + cl^2 - dl^2 - la^2 - ca^2 + da^2 \right)}{N} \cdot P$$

Der Einfluss der Streben ist hier vernachlässigt worden.

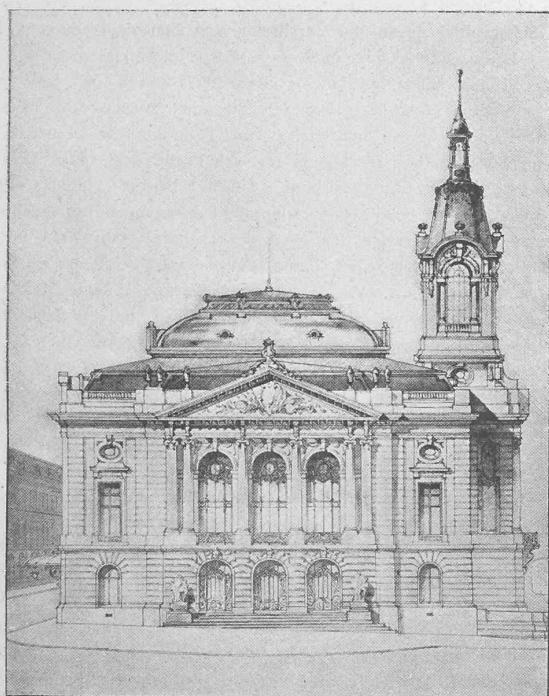
Die Bedeutung der einzelnen Buchstaben ist aus der Fig. 19 ersichtlich. Diese Gleichungen gelten nur für den speziellen Fall, wo Ober- und Untergurt denselben Querschnitt haben. Der Bogen besteht aus Flusseisen und der Parallelträger aus Schweisseisen; es sind deshalb die entsprechenden Elasticitätsmodule E_{fl} und E_{schw} eingesetzt worden. Trägt man die aus dieser Gleichung sich ergebenden Werte von H graphisch auf, so erhält man die Einflusslinie des Horizontalschubs für eine gewisse Last P .

Wettbewerb für ein Stadtkasino in Bern.

Entwurf Nr. 1. Motto: «Ad gloriam generis structuae bernensis». Verfasser: Architekt H. v. Fischer in Bern.



Travée. Maßstab 1:120.



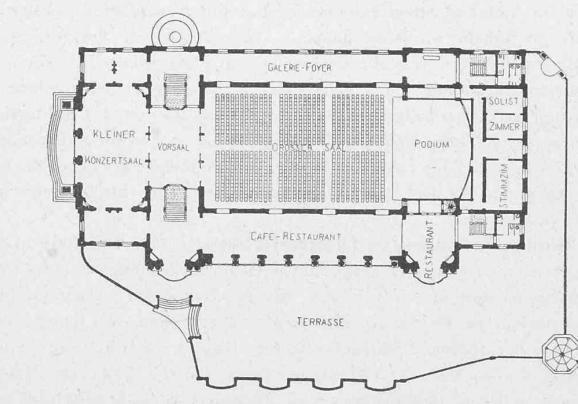
Westfassade 1:500.

Der Bogen besteht aus vier L-Eisen 90.90.11, die Druckstangen aus vier L-Eisen 75.75.10. Die Detailsanordnungen sind ähnlich denjenigen der *Galli-* und *Torino-*Brücken.

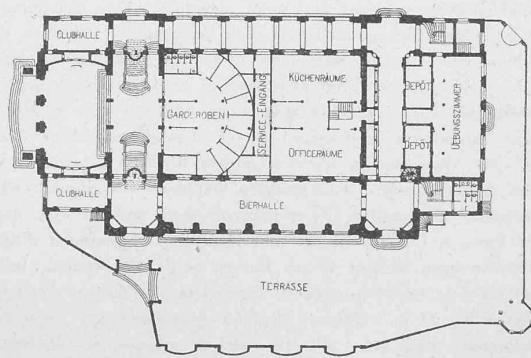
Nach der Verstärkung ausgeführte Messungen ergaben, dass auch hier die Spannungen des Obergurts und die elastischen Durchbiegungen sich ungefähr auf die Hälfte reduziert haben; die Spannungen des Untergurts sind nahezu gleich Null.

Der Bogen trägt, wie bei der *Galli-* und *Torino-*Brücke ungefähr die Hälfte des Eigengewichtes der alten Brückenkonstruktion und des Oberbaues.

Beide Brücken wurden im Jahre 1899 verstärkt und



Hauptgeschoß 1:1000.



Erdgeschoß 1:1000.

zwar die *Grotta-Brücke* im Oktober und die *Ponticello-Brücke* im Dezember.

Für jede Brücke wurden 12,8 t Verstärkungseisen verwendet, worin inbegriffen sind: die neuen oben Windstreben aus L-Eisen, die teilweise ersetzten untern Windstreben und die ausgewechselten zwei Andreaskreuze.

Die Gesamtkosten dieser Verstärkungsarbeiten beliefen sich für eine Brücke auf 7200 Fr., d. h. auf 560 Fr. pro Tonne.