

# **Nebenspannungen infolge vernieteteter Knotenpunkt-Verbindungen eiserner Fachwerk-Brücken: Bericht der Gruppe V der Techn. Kommiss. des Verbandes Schweiz. Brücken- und Eisenhochbaufabriken (T.K.V.S.B.)**

Autor(en): **Ros, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79/80 (1922)**

Heft 15

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-38162>

## **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.

Wandel um 1800 hineinsehen. Es wird uns klar, wie sehr all die byzantinischen, romanischen, gotischen, renaissanceistischen Werke der letzten hundert Jahre mit dem romantischen Klassizismus verwandt sind, wie sehr moderne holländische Baukuben, neudeutsche Hochhausräume und Nachempfindungen des Orients *Kinder der Romantik* sind. Wir erkennen die sekundäre Bedeutung der Detailformen, da im Klassizismus grundverschiedene Bestrebungen sich in griechisch-römischer Formensprache ausdrücken konnten. Wir erkennen die Gefahren modernster Bauströmungen, die Architektur wie *Plastik* gestaltet. Wir werden bestärkt in der Auffassung, dass „bauen“ heissen muss: *Räume schaffen*.

Ueber dem modernen Architekten scheint ein tragisches Schicksal verhängt. Wenn er in seinen Werken den Charakter seiner Zeit ausdrücken will, schafft er jene gequälten, mit tausend Spannungen bis zum Bersten geladenen Werke, die als trotzig Individuen fremd einander gegenüberstehen; in denen der Mensch von Decken, Wänden und Möbeln wie von unheimlichen Dämonen bedroht und angeschrien wird. Er weiss, dass er statt Räumen Plastiken schafft, die eine nächste Generation hassen wird, glaubt es aber doch nicht verantworten zu können, seiner heimlichen Sehnsucht nach Ruhe, Frieden, nach räumlichem Wohlbehagen nachzugeben.

Zum Glück aber ist der schrankenlose Individualismus nicht das einzige Charakteristikum unserer Zeit. Das Verantwortungsbewusstsein des Menschen gegen den Menschen stärkt sich doch langsam; der *Gemeinschaftsgedanke* wird in öffentlichen Gebäuden, Siedelungen und Parkanlagen sichtbar und ist berufen, Dörfer und Städte unter grossen Gesichtspunkten zu organisieren. Wie der Absolutismus seinen Ausdruck im Barock fand, kann klargerichteter Volkswille in kommender Architektur sinnbildlich werden. Hierin liegt ein hoffnungsvoller Ausblick für die Baukunst.

Hans Naef, Arch.

### Nebenspannungen infolge vernieteter Knotenpunkt-Verbindungen eiserner Fachwerk-Brücken.

Bericht\*) der Gruppe V der Techn. Kommiss. des Verbandes Schweiz. Brücken- und Eisenhochbaufabriken (T. K. V. S. B.)  
erstattet von Ing. M. Ros, Baden,  
Sekretär der Technischen Kommission des V. S. B.

Im Jahre 1916 und schon früher erkannten die schweizerischen Eisenkonstrukteure, deren Daseinskampf, gleich demjenigen der gesamten schweizerischen Industrie, kein leichter ist, dass nur die Kenntnis des wirklichen Spannungszustandes und der wirklichen Arbeitsweise eiserner Tragwerke eine Erhöhung der heutigen zulässigen Beanspruchungen ermöglichen kann.

Zu dieser Frage gehört auch das Gebiet der Nebenspannungen eiserner Tragwerke, das heute, seiner grossen Bedeutung wegen, in allen Ländern Gegenstand eingehender theoretischer Studien und Versuche geworden ist.

Die Rückschläge, die der Blütezeit des eisernen Brückenbaues in der Schweiz (1870–1890) folgten, klingen noch heute im Kampfe um die Berechtigung mit andern Bauweisen nach, und lassen ebenfalls die Wichtigkeit einer vollständigen Abklärung dieser Art von Nebenspannungen erkennen.

Dem vorliegenden Berichte über die Nebenspannungen infolge vernieteter Knotenpunkte eiserner Fachwerkbrücken werden später noch drei weitere folgen, welche die sehr wichtigen, nachstehend genannten Fragen behandeln werden:

1. Die Nebenspannungen von Konstruktionsteilen in Ebenen winkelrecht zur Kraftebene.
2. Die Spannungsverhältnisse in den Trägern und Anschlüssen der Fahrbahnen von Brücken und deren lastverteilende Wirkung.
3. Die Stosswirkung bewegter Lasten auf eiserne Tragwerke.

\*) Auch als erweiterter Sonderabdruck mit 90 Tafeln im Selbstverlag der T. K. V. S. B., erschienen.

Nur Versuche werden auch hier weitere Beiträge zur Erhöhung der zulässigen Spannungen geben können.

Es wird jahrelanger Zusammenarbeit der Brücken-Ingenieure aller Länder bedürfen, um den wirklichen Einfluss der erwähnten Wirkungen für die verschiedenen Systeme im Eisenbau durch Beobachtungen und Versuche festzustellen, um dann, den Fehlern und innern Spannungen des Materials selbst, den Unzulänglichkeiten während der Bearbeitung und Aufstellung,

den Grössenschwankungen der äussern Kräfte, den Wärmespannungen und der Rostgefahr das notwendige Spiel lassend,  
*als zulässige Spannung,*  
das Knicken ausgenommen,  
*die Elastizitätsgrenze des Flusseisens,*  
d. h. rund 2000 kg/cm<sup>2</sup> festsetzen zu können.

Der nachfolgende Bericht, der das Ergebnis einer fünfjährigen Arbeit ist, soll einen Beitrag zu dieser Erkenntnis und damit zur Erhöhung der zulässigen Beanspruchung des Eisens liefern.

#### I. Geschichtlicher Rückblick.

Die ersten Fachwerkbrücken weisen sowohl Knotenpunkte mit Gelenkbolzenverbindungen (Crumlinal-Brücke in England, erbaut 1853), als auch Knotenpunkte mit vernieteter Zusammenführung der Fachwerkstäbe auf (Eisenbahnbrücken über die Weichsel bei Dirschau und über die Nogat bei Marienburg, 1850 bis 1855 erstellt).

Die Schweiz besitzt und besass keine eisernen Fachwerkbrücken mit Bolzenverbindungen. Die ersten eisernen Brücken erhielten entweder hohe vollwandige Blechträger — vorwiegend in der Westschweiz, infolge des französischen Einflusses — oder engmaschige, mehrteilige Netzwerke — insbesondere in der Ostschweiz, der deutschen Beziehungen wegen. Als Beispiele führen wir an, den *Viadukt über die Paudèze* (Abb. 2, S. 171), Linie Lausanne-Villeneuve, und die *Eisenbahnbrücke über den Linthkanal* bei Weesen, der Linie Zürich-Chur (Abb. 3, S. 171).

K. Culmann (1821–1881), Professor am Eidg. Polytechnikum in Zürich, durch seine Studienreise in Amerika und England angeregt, wandte sich gegen den Bau hoher Blechträger und engmaschiger, mehrteiliger Netzwerke. Er trat mit Entschlossenheit für den Bau reiner Fachwerke mit weitmaschiger, klarer Gliederung ein. Als Culmann im Jahre 1852<sup>1)</sup> als erster den Mut hatte, der Berechnung steifknotiger Fachwerkträger ideale gelenkförmige Fachwerke zu Grunde zu legen, setzte die Entwicklung des reinen Fachwerkes mit vernieteten Knotenpunkten ein.

Die Unstimmigkeit zwischen der Berechnung und der Ausführung vollständig vernieteter, eiserner Brücken lag bis zum Jahre 1878 darin, dass, für die theoretische Ermittlung der Stabspannkkräfte, die Stabverbindungen in den Knotenpunkten durch gänzlich reibungslose, frei drehbare Bolzengelenke ersetzt gedacht wurden, während die Ausführung Knotenpunkte mit vernieteter Zusammenführung der Fachwerkstäbe aufweist, welche die freie Drehbarkeit und somit die Winkeländerungen zwischen den einzelnen Stäben hindert und Nebenspannungen zur Folge hat.

Im Jahre 1878 hat Prof. H. Manderla in München die grundlegende theoretische Lösung des Problems dieser Nebenspannungen gegeben.<sup>2)</sup>

Die etwas langwierige Berechnungsmethode der Nebenspannungen fand aber in der Praxis keinen allgemeinen Eingang; sie blieb in ihrer Anwendung auf nur wenige Sonderfälle beschränkt und ist, trotz der inzwischen erfolgten weiteren Vereinfachungen und theoretischen Untersuchungen, auch heute noch nicht üblich.

<sup>1)</sup> A. Rohn, „Beziehungen der Baustatik zum Brückenbau“, Schweiz. Bauzeitung“, Band LXX, 1917, Seite 155.

<sup>2)</sup> Jahresbericht der Technische Hochschule in München, 1878/79, Seite 18. H. Manderla, „Die Berechnung der Sekundärspannungen, welche im einfachen Fachwerk infolge starrer Knotenpunktverbindungen auftreten“. Allgemeine Bauzeitung, 1880.

Deutschen Forschern verdanken wir die weitere Arbeit an der theoretischen Lösung dieser Aufgabe. Neben *Manderla* (1878), boten uns *Engesser*<sup>3)</sup> (1879), *Asimont*<sup>4)</sup> (1880) und *Winkler*<sup>5)</sup> (1881) die grundlegenden Arbeiten und Beiträge. Diesen Forschern folgten *W. Ritter*<sup>6)</sup>, Zürich (1885), *H. Müller-Breslau*<sup>7)</sup> (1885), *Th. Landsberg*<sup>8)</sup> (1886), *O. Mohr*<sup>9)</sup> (1892), *Jacquier*<sup>10)</sup> (1892), *Gehler*<sup>11)</sup> (1905) und *Hartmann*<sup>12)</sup>, Wien (1919).

*Winkler* (1881), *Patton* (1901) und *Hartmann* (1919) bemühten sich, aus rein theoretischen Untersuchungen die für den Konstrukteur wichtigen Folgerungen zu ziehen. Alle drei stellten übereinstimmend für die verschiedenen Fachwerksysteme eine Reihenfolge auf, entsprechend der Grösse der Nebenspannungen. Mit den geringsten Nebenspannungen fanden sie die reinen Netzwerke behaftet und immer grösser werdende Nebenspannungen weisen der

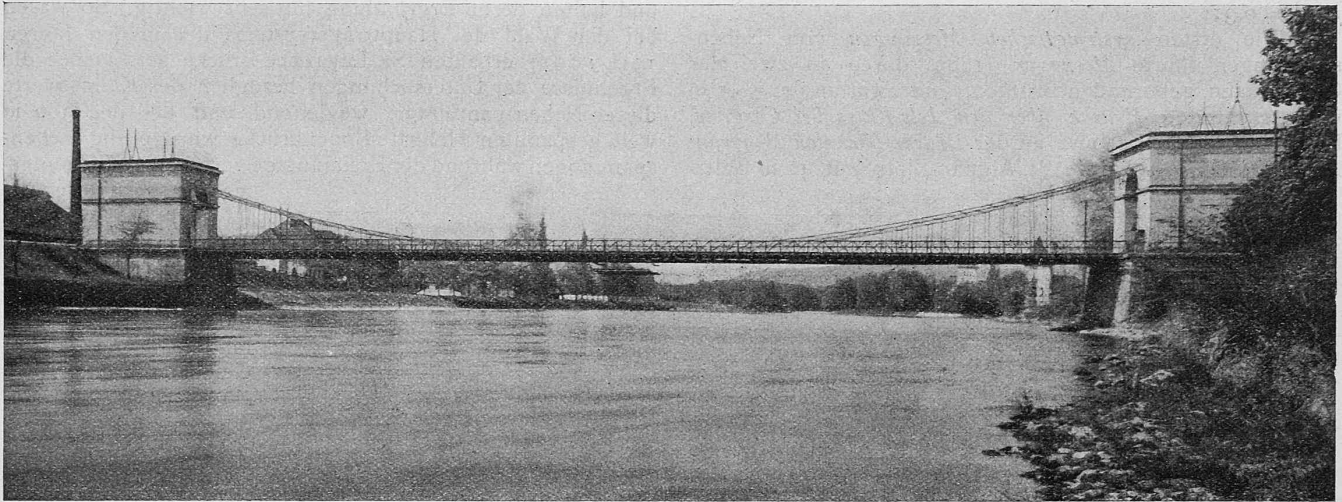


Abb. 1. Städtische Strassenbrücke über die Aare in Aarau. — Kettenbrücke von 100 m Stützweite, erbaut 1850 von Ing. G. Dollfus in Mülhausen im Elsass.

Der Grundgedanke ist, entsprechend der Natur des Problems, bei allen der gleiche: Die Ermittlung des Ablenkungswinkels der Stabaxen der einzelnen Fachwerkstäbe. Sämtliche Forscher, mit Ausnahme Mohr's, bestimmen diesen Ablenkungswinkel aus den Winkeländerungen der einzelnen Dreiecke infolge von Längenänderungen der beanspruchten Fachwerkstäbe. Nur Mohr definiert diesen Ablenkungswinkel als Unterschied zweier Winkelgrössen, des Knotendrehwinkels und des Stabdrehwinkels.

Reine Theoretiker bezeichnen die Theorie Mohr's, die Winkler bereits im Jahre 1881 andeutete, aber nicht verfolgte, nicht als einen Fortschritt. Das Versuchswesen auf diesem Gebiete muss aber der Mohr'schen Methode, die durch die Einführung der Begriffe Stabdrehwinkel und Knotendrehwinkel die Bestimmung der Nebenspannungen ebenfalls löste, die gebührende Beachtung spenden. Der Mohr'sche Gedanke ermöglicht, wie im Abschnitt II — Berechnungsverfahren der T. K. des V. S. B. — gezeigt werden wird, durch die Berechnungen der Stabdrehwinkel und der Knotendrehwinkel, eine Lösung des Problems, die sich theoretisch einfach und übersichtlich gestaltet.

Prof. E. O. Patton<sup>13)</sup> in Moskau hat die Mühe nicht gescheut und im Jahre 1901 für 19 verschiedene Fachwerke die Nebenspannungen für bestimmte Lastgruppen durchgerechnet, wobei er für drei Fachwerke die Einflusslinien der Nebenspannungen sämtlicher Stäbe ableitete.

<sup>3)</sup> Fr. Engesser, „Ueber die Durchbiegungen von Fachwerkträgern und die hierbei auftretenden zusätzlichen Spannungen“, Zeitschrift für Baukunde, 1879, Seite 590. „Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken“, II. Teil, Berlin, J. Springer, 1893. „Ueber die Nebenspannungen der Fachwerkstäbe bei steifen Knotenverbindungen“, Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ing., 1888, S. 813.

<sup>4)</sup> G. Asimont, „Hauptspannung und Sekundärspannung“, Zeitschrift für Baukunde, 1880, Seite 27.

<sup>5)</sup> E. Winkler, „Theorie der Brücken“, Heft II, Kapitel 15. „Einfluss fester Verbindungen“, Seite 276—341.

<sup>6)</sup> W. Ritter, „Die sekundären Spannungen in Fachwerken“, Schweiz. Bauzeitung, Band V, Seite 65, 1885. „Anwendungen der graphischen Statik“, II. Teil, Das Fachwerk, Seite 171—208, Zürich, A. Raustein, 1890.

<sup>7)</sup> H. Müller-Breslau, „Zur Theorie der Biegungsspannung in Fachwerken“, Allgem. Bauzeitung, Seite 85 und 97. „Zur Theorie der Biegungsspannungen in Fachwerkträgern“, Zeitschrift des Arch.- und Ing.-Vereins zu Hannover, 1886, Seite 399. „Die graphische Statik der Baukonstruktionen“, Band II, Abteilung 2, Leipzig 1908, A. Kröner, Seite 269, 308.

<sup>8)</sup> Th. Landsberg, „Beitrag zur Theorie der Fachwerke“, Zeitschrift des Arch.- und Ing.-Vereins zu Hannover, 1885, Seite 362, und 1886, Seite 159. „Zusatzspannungen infolge starrer Knotenverbindungen“, Festschrift H. Müller-Breslau, Seite 121, Verlag Kröner, 1912.

<sup>9)</sup> O. Mohr, „Die Berechnung des Fachwerks mit starren Knotenverbindungen“, Zivil-Ingenieur, 1892, Seite 577, und 1893, Seite 67. „Abhandlungen aus dem Gebiete

Reihenfolge nach auf: a) Fachwerke ohne Hilfsvertikalen, b) Fachwerke mit Hilfsvertikalen, c) Fachwerke mit doppelten und mehrfachen Systemen.

Prof. Patton gebührt das Verdienst noch weiter gegangen zu sein, indem er Diagramme aufstellte, die die Grösse der Nebenspannungen in Prozenten der Grundspannungen ausdrücken, und zwar als Funktion der „Schlankheit der Stäbe“ (Verhältnis der Stablänge  $l$  zum Abstand des Schwerpunktes des Stabquerschnittes von den gefährdeten Randfasern) geben. Es sei aber ausdrücklich bemerkt, dass sich die Diagramme nur auf zentrisch zusammengeführte Stäbe beziehen, sodann nur Parallelträger umfassen und zwei für die Grösse der Nebenspannungen ausschlaggebende Momente, die Belastungsart und die Träger-Netzform, nicht gebührend berücksichtigen.

Die ersten Messungen dieser Nebenspannungen führten *Dupuy*<sup>14)</sup> im Jahre 1878 in Frankreich am *Viaduc de l'Erdre* und *Fränkel*<sup>15)</sup> in den Jahren 1881/87 in Deutschland an verschiedenen eisernen Brücken, insbesondere an der *Eisenbahnbrücke Hainsberg-Schmiedeburg* aus. Beide benutzten Spannungsmesser eigener Konstruktion.

Der durch diese Messungen erbrachte Beweis über das Vorhandensein durchaus nicht zu vernachlässigender Nebenspannungen veranlasste bereits im Jahre 1881 *Gerber*, zu Brücken mit Gelenkbolzenverbindungen zu greifen. Eine der ersten Ausführungen war die 40 m weit gespannte

der technischen Mechanik“, Seite 420 bis 431, Berlin 1906, W. Ernst & Sohn. „Beiträge zur Theorie des Fachwerks“, Eisenbau, 1910, Seite 2 und 93. „Die Berechnung der Nebenspannungen in Fachwerken mit steifen Knotenverbindungen“, Eisenbau, 1912, Seite 181.

<sup>10)</sup> „Annales des Ponts et Chaussées“, 1893.

<sup>11)</sup> W. Gehler, „Die Ermittlung der Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken“, Berlin, 1910, W. Ernst & Sohn.

<sup>12)</sup> F. Hartmann, Wien, „Ueber die Erhöhung der zulässigen Material-Inanspruchnahme eiserner Brücken“, Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereins, 1919, Heft 30, 33, 37, 41, 45, 49.

<sup>13)</sup> E. Patton, „Berechnung von gegliederten Fachwerkträgern mit starren Knotenverbindungen“, Moskau 1901 (in russischer Sprache). „Beitrag zur Berechnung der Nebenspannungen infolge starrer Knotenverbindungen bei Brückenträgern“, Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen, 1901.

<sup>14)</sup> „Annales des Ponts et Chaussées“, Tome 14, page 381. „Annales des Ponts et chaussées“, 1896, Seite 408.

<sup>15)</sup> W. Fraenkel, „Der Dehnungszeichner“, Zivil-Ingenieur, 1881, Seite 250, und 1882, Seite 192. „Ueber einige Versuche mit dem Dehnungszeichner“, Zivil-Ingenieur, 1883, Seite 384. „Der Durchbiegungszeichner und seine Anwendung allein und in Verbindung mit dem Dehnungszeichner“, Zivil-Ingenieur, 1884, Seite 465. „Spannungs- und Formänderungsmessungen an dem eisernen Pendelpeiler-Viadukte über das Oschützthal bei Weida“, Zivil-Ingenieur, 1887, Seite 439.

Eisenbahnbrücke über das Ellhofertobel bei Röttenbach. Als aber Manderla kurz darauf (1883), von Winkler veranlasst, durch Libellenmessungen an der von Gerber im Jahre 1883 erbauten Gelenkbolzenbrücke bei Waltenhofen<sup>16)</sup>, einer Eisenbahnbrücke von 54 m Stützweite, das Vorhandensein von Nebenspannungen ebenfalls nachgewiesen hatte, griff Gerber wieder zu Fachwerken mit ganz vernieteten Knotenpunkten. Manderla leitete aus jenen Versuchen auch den Reibungswert  $\mu$  für solche Gelenkbolzen ab und fand ihn zu  $\mu_{\max} = 0,31$ .

Die ersten systematischen Messungen von Nebenspannungen führte Mesnager (1889) durch an zwei der Orléansbahn gehörenden Brücken, und zwar an der 54,5 m weit gespannten Brücke über den Isle-Fluss bei Cognac, Linie Nontron-Sarlat, und an der Brücke über den Beuvron-Fluss bei Cellettes, Linie St. Aignan-Blois, mit 42 m Stütz-

spannungen des steifknotigen Fachwerkes für das gesamte Eigengewicht aufzuheben.

In Amerika wandte man bei der in den Jahren 1913/1916 nach dem Projekte von Lindenthal erbauten Sciotoville-Brücke ein ähnliches Verfahren zur Verminderung, beziehungsweise zur Ausschaltung der Nebenspannungen steifknotiger Fachwerke an. Die amerikanischen Ingenieure schenken in der letzten Zeit den Nebenspannungen infolge steifer Knotenverbindungen die grösste Aufmerksamkeit, und halten deren Ergründung für sehr wichtig. So waren bei der Wahl des Hauptträgersystems der in den Jahren 1914-1917 erbauten St. Lawrence-Brücke bei Quebec die Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich der Kleinstwerte dieser Nebenspannungen wegleitend und bei der 300 m weit gespannten Hellgate-Bogenbrücke wurden die Nebenspannungen während der Freimontage vermittelst Spannungsmessern sorgfältig verfolgt.<sup>19)</sup> In den letzten Jahren anerkennt man auch in Amerika die grossen Vorteile genieteter Knotenpunktverbindungen gegenüber Gelenkbolzen. Auch sind die Nebenspannungen bei Gelenkbolzen-Verbindungen weit geringer als bei richtig durchgebildeten Fachwerken in ganz vernieteter Ausführung. In der 1850 erbauten Kettenbrücke über die Aare in Aarau von 100 m Stützweite (Abbildung 1) wurden 1922 an den durch Bolzen verbundenen Kettengliedern Spannungsmessungen vorgenommen, die den Nachweis bedeutender Reibungsmomente, von den Gelenkbolzen herrührend, erbrachten.

Die Technische Kommission des V. S. B. hat in der Zeit vom Oktober 1917 bis Juni 1922 durch Spannungsmessungen an den nachstehend aufgeführten 14 Brücken die Grösse der Nebenspannungen der steifknotigen Fachwerk-Hauptträger verfolgt, und nach ihrer eigenen Berechnungsmethode rechnerisch nachgeprüft:

1. Rhonebrücke Brig der Furkabahn, Kt. Wallis (1917).  
 2. Suldbachbrücke der Bern-Lötschberg-Simplonbahn bei Mülenen-Aeschi, Kanton Bern (1918/1920).  
 3. Strassenbrücke über die Aare bei Birrenlauf, Kanton Aargau (1915). (Abbildung 4.)  
 4. Bogenbrücke über die Vanex-Schlucht der Aigle-Sépey-Diableretsbahn, Waadt (1913, 1915, 1920).  
 5. Aarebrücken bei Interlaken der Bern-Lötschberg-Simplonbahn, Kanton Bern (1917).  
 6. Rheinbrücke bei Thusis der Rhätischen Bahn, Kanton Graubünden (1920/1922).  
 7. Strassenbrücke über die Rhone bei Chippis, Kanton Wallis (1917).  
 8. Eisenbahnbrücke der S. B. B. über die Limmat bei Wettingen, Kanton Aargau (1922).  
 9. Eisenbahnbrücke der S. B. B. über die Aare bei Uttigen, Kanton Bern (1921).  
 10. Eisenbahnbrücke der S. B. B. über die Reuss bei der Fluhmühle, Kanton Luzern (1921).  
 11. St. Adriansbrücke der S. B. B. zwischen Walchwil und Arth-Goldau, Kanton Schwyz (1921).

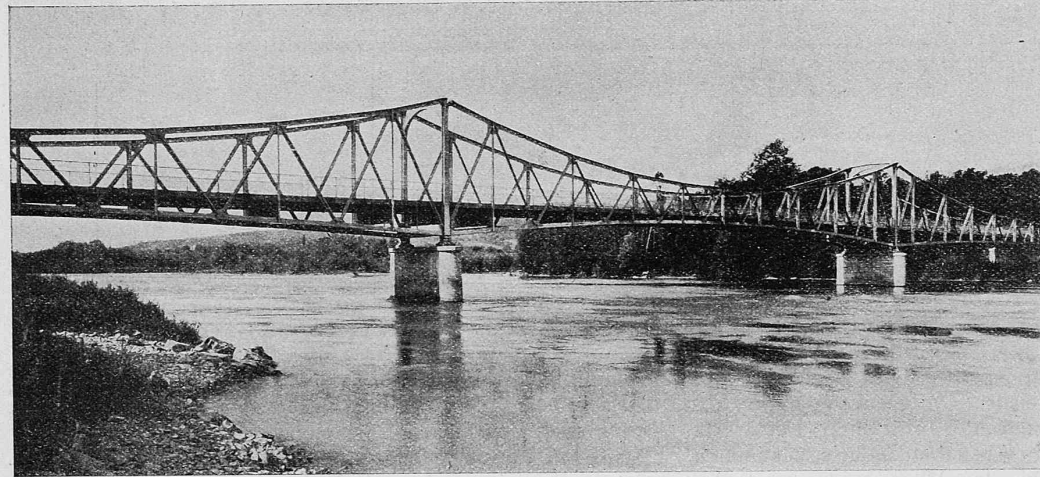


Abb. 4. Strassenbrücke über die Aare bei Birrenlauf (Kanton Aargau). Stützweiten 31,6 m, 48,6 m, 31,6 m. Erbaut 1915 nach dem Entwurf der A.-G. Conrad Zschokke von deren Werkstätte Döttingen mit Wartmann, Vallette & Cie., Brugg.

weite.<sup>17)</sup> Die hohen Beträge der gemessenen Nebenspannungen an der Cognac-Brücke veranlassten Mesnager zur Ausführung von Blatt-Federgelenken bei der Beuvron-Brücke, wodurch, wie die Messungen zeigten, die Nebenspannungen in den Wandgliedern wenn auch nicht verschwanden, so doch gegenüber den Messungsergebnissen von Cognac wesentlich kleiner ausfielen.

Prof. Gehler führte in den Jahren 1905/06 an der Eisenbahnbrücke der Königl. Sächs. Staatseisenbahnen über die Schwarze Elster bei Elsterwerda Messungen von Stab- und Knotendrehwinkeln durch, um durch deren Vergleich mit den berechneten Werten, die Grösse der Nebenspannungen aus steifen Knotenverbindungen ableiten zu können, und zwar ohne Spannungsmessungen vorzunehmen. Diesen Spannungsmessungen glaubte nämlich Gehler kein ausreichendes Vertrauen schenken zu dürfen.

Zur gleichen Zeit als sich Prof. Patton durch seine umfangreichen theoretischen Untersuchungen bemühte, die Nachteile der in Russland beliebten doppelten Fachwerkträger mit gegen die Mitte fallenden Streben ziffernmässig festzustellen, wies Obering. F. Ackermann, Kriens-Luzern, durch eingehende Nachrechnungen und Messungen an der von der A.-G. Th. Bell & Cie. in Kriens-Luzern erbauten Rheinbrücke bei Thusis der Rhätischen Bahn<sup>18)</sup> nach, dass die theoretischen Werte dieser Nebenspannungen durch die lastverteilende Wirkung der Fahrbahn und der sehr steifen Hauptträgergurte ganz wesentlich vermindert werden. Ackermann war auch durch geeignete Massnahmen während des Zusammenbaues jener Brücke bestrebt, die Neben-

<sup>16)</sup> H. Manderla, Ueber die Wirkungsweise gleichförmiger Knotenverbindungen, Allgemeine Bauzeitung, 1886, Seite 9, 20, 32 und 37.

<sup>17)</sup> M. Mesnager, „Note sur les fatigues réelles et les fatigues calculées dans un pont à grandes mailles“, Annales des Ponts et Chaussées, 1899, 2<sup>e</sup> trimestre, page 244-251.

<sup>18)</sup> F. Ackermann, „Die Rheinbrücke der Albulabahn bei Thusis“, Schweizer Bauzeitung, Band XXXIX, 1902, Seite 157 u. ff.

<sup>19)</sup> D. B. Steinnann, „Stress Measurements on the Hell-Gate-Arch-Bridge“, A. S. of C. E., Transaction 1918, Paper-No. 1418, page 1040-1137. Die eingehenden Berechnungen der Nebenspannungen für die Hauptträger als Dreigelenk- und Zweigelenkbogen für die ständige Last und die volle und einseitige Verkehrslast wurden nach der Methode von F. E. Turneure (Engineering News, 5th Sept. 1912) in etwas abgeänderter Form durchgeführt.

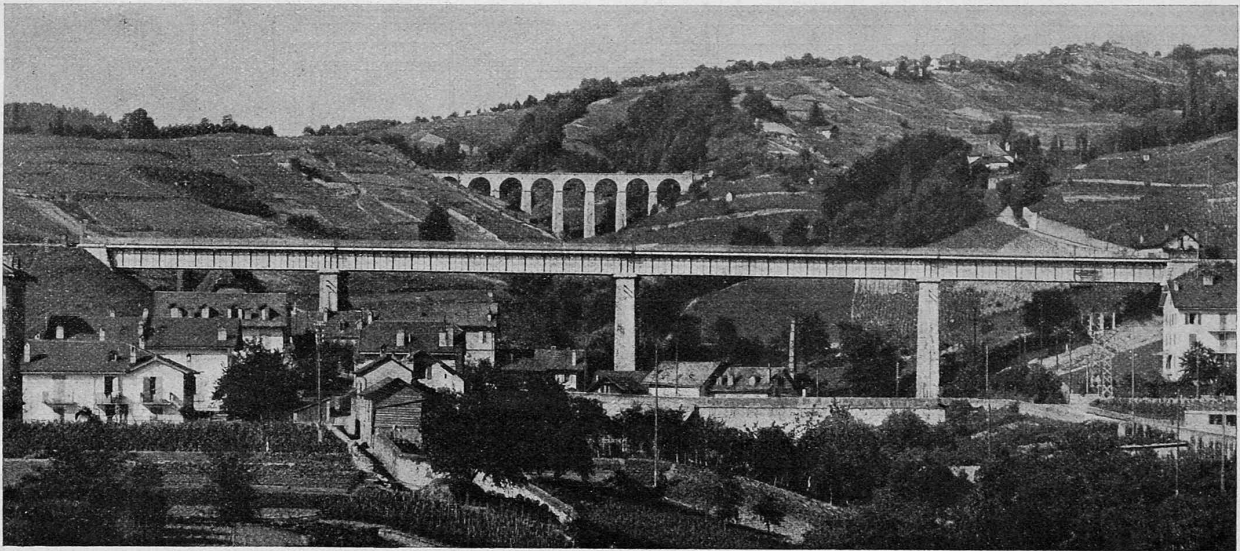


Abb. 2. Brücke der S.B.B.-Linie Lausanne-Villeneuve über die Paudèze bei Lutry (Kanton Waadt). — Stützweiten 35 m, 45,7 m, 45,7 m, 35 m. Nach dem Entwurfe von Bridel in den Jahren 1858/62 von Bonzon & Fils in Yverdon erbaut.

12. Brenno-Brücke der S. B. B. Gotthardlinie, Kanton Tessin (1919/1921).
13. Strassenbrücke über die Rhone bei Sierre, Kanton Wallis (1922).
14. Versuchsträger Wyss, Versuche in der Werkstätte der A.-G. Conrad Zschokke, Döttingen, Kanton Aargau, durchgeführt (1920/1921). (Forts. folgt.)

#### Laufkrane von 80 t Tragkraft in der Lokomotiv-Reparaturwerkstätte der S. B. B. in Bellinzona.

Lokomotiv-Reparaturwerkstätten müssen mit Hebezeugen ausgerüstet sein, die eine äusserst genau regulierbare Bewegung des Hakens gestatten, damit bei der Montage und der Demontage sowohl kleinster als auch schwerster Stücke ein sanftes Anziehen bzw. Aufsetzen derselben möglich ist. Die Reparaturwerkstätte der Schweizerischen Bundesbahnen in Bellinzona, die hauptsächlich für die schweren elektrischen Lokomotiven der Gotthardstrecke

bestimmt ist, besitzt zwei diese Bedingungen erfüllende Laufkrane von 80 t, von denen hier eine kurze Beschreibung gegeben werden soll.

Die Bauart dieser beiden Krane, die von der Maschinenfabrik Oerlikon geliefert worden sind, ist aus den Abbildungen 1 und 2 auf Seite 172 ersichtlich. Jeder Kran hat zwei Laufkatzen zu je 40 t, deren Hub- und Fahrbewegung nach der bekannten Ward-Leonard-Schaltung gemeinsam von je einem Kontroller aus gesteuert wird, sodass die Geschwindigkeiten nicht nur in sehr präziser Weise reguliert werden können, sondern stets für beide Krane genau gleich sind. Auch für die Längsbewegung der Krane kommt die genannte Schaltung in Anwendung, sodass die Möglichkeit geboten ist, auch beide Krane, wie dies zum Heben von Lokomotiven erforderlich ist (vergl. Abb. 3), gemeinsam arbeiten zu lassen. Wird nur eine Laufkatze benötigt, z. B. für den Transport von schweren Einzelstücken bis zu 40 t Gewicht, so kann die andere durch Abschalten stillgesetzt werden. Zum Transport von leichteren Stücken ist eine Hilfslaufkatze von 5 t Tragkraft eingebaut, die mittels Drehstrom nach gewöhnlicher Schaltung betrieben wird.



Abb. 3. Brücke der S. B. B.-Linie Zürich-Chur über den Linth-Kanal bei Weesen. — Stützweite 49,6 m. Im Jahre 1859 von Ing. G. Dollfus in Mülhausen erbaut. (1897 von der A.-G. Th. Bell & Cie. in Kriens durch einen Bogen verstärkt.)