

# Ein Vierendeel-Träger im Prättigau : die Landquartbrücke Dalvazza der Verbindungsstrasse Küblis - Strahlegg

Autor(en): **Conzett, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bündner Monatsblatt : Zeitschrift für Bündner Geschichte, Landeskunde und Baukultur**

Band (Jahr): - **(2008)**

Heft 1

PDF erstellt am: **13.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-398906>

## **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.

## Baukultur

---

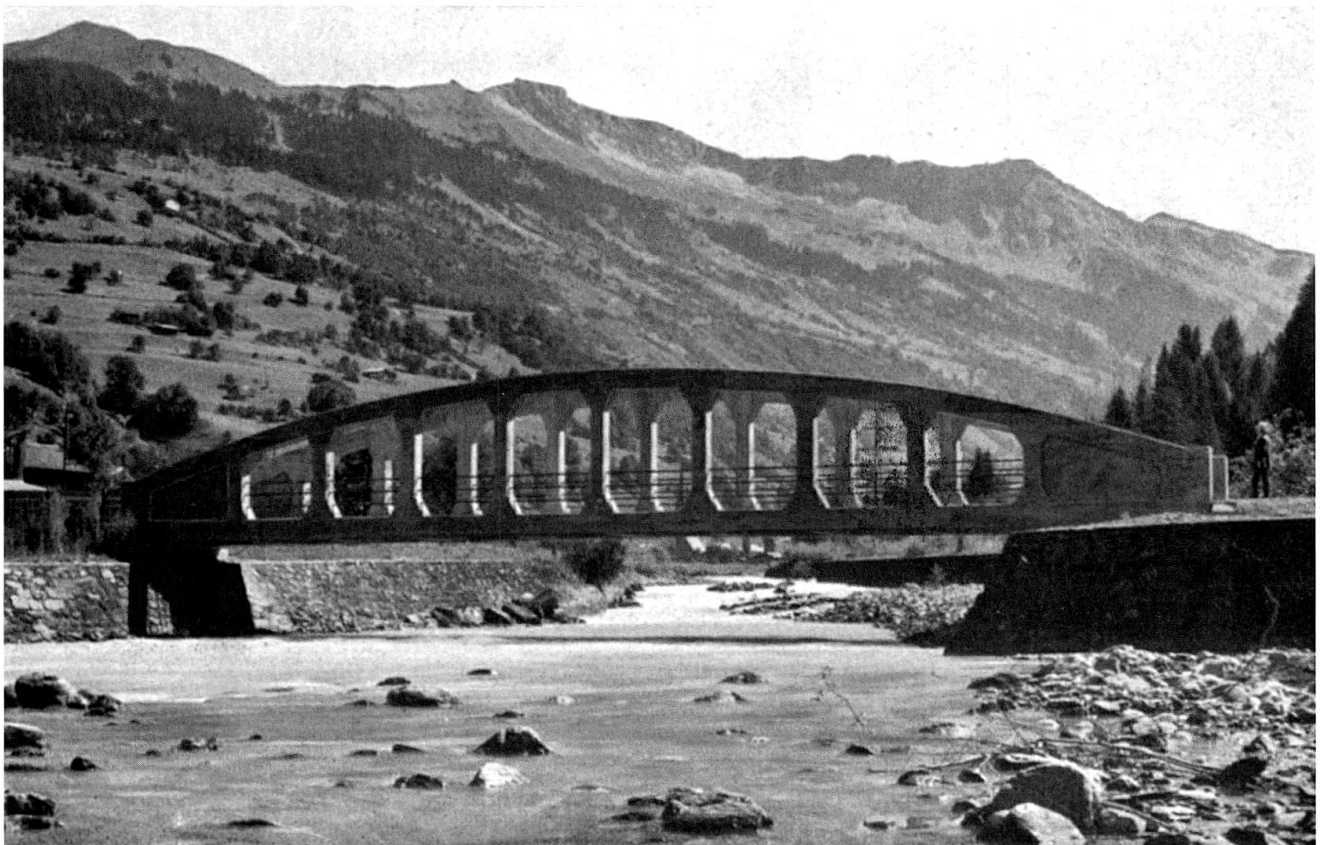
### Ein Vierendeel-Träger im Prättigau

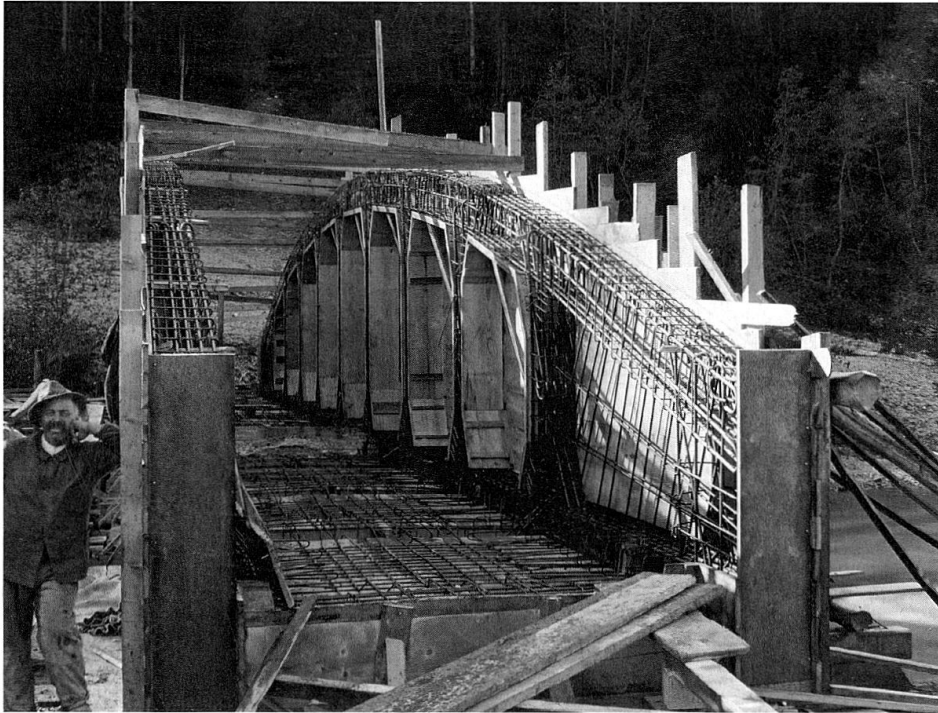
#### Die Landquartbrücke Dalvazza der Verbindungsstrasse Küblis – Strahlegg

Die Landquartbrücke Dalvazza wurde in den Jahren 1924/25 erstellt. Das Projekt und die Ausführung oblagen dem Baugeschäft Nicolaus Hartmann & Cie. aus St. Moritz. Kreisförster Flury und das Ingenieurbüro Solca & Stauber aus Chur und Zürich waren mit der Bauleitung betraut. Die Brücke weist ein in der Schweiz aussergewöhnliches Tragwerk auf – sie ist ein sogenannter Vierendeel-Träger in bewehrtem Beton.<sup>1</sup> Interessant ist diese Konstruktion vor allem deshalb, weil sie aus einer Zeit stammt, die architektonischen Fragen des Brückenbaus eine hohe Bedeutung zumass; sie liegt zeitlich in der Mitte zwischen zwei

Jürg Conzett

Die eben fertig gestellte Dalvazzabrücke 1924 (In: Mirko Ros. Versuche und Erfahrungen an ausgeführten Eisenbeton-Bauwerken in der Schweiz. EMPA Bericht Nr. 99. Zürich, 1937, S. 126).

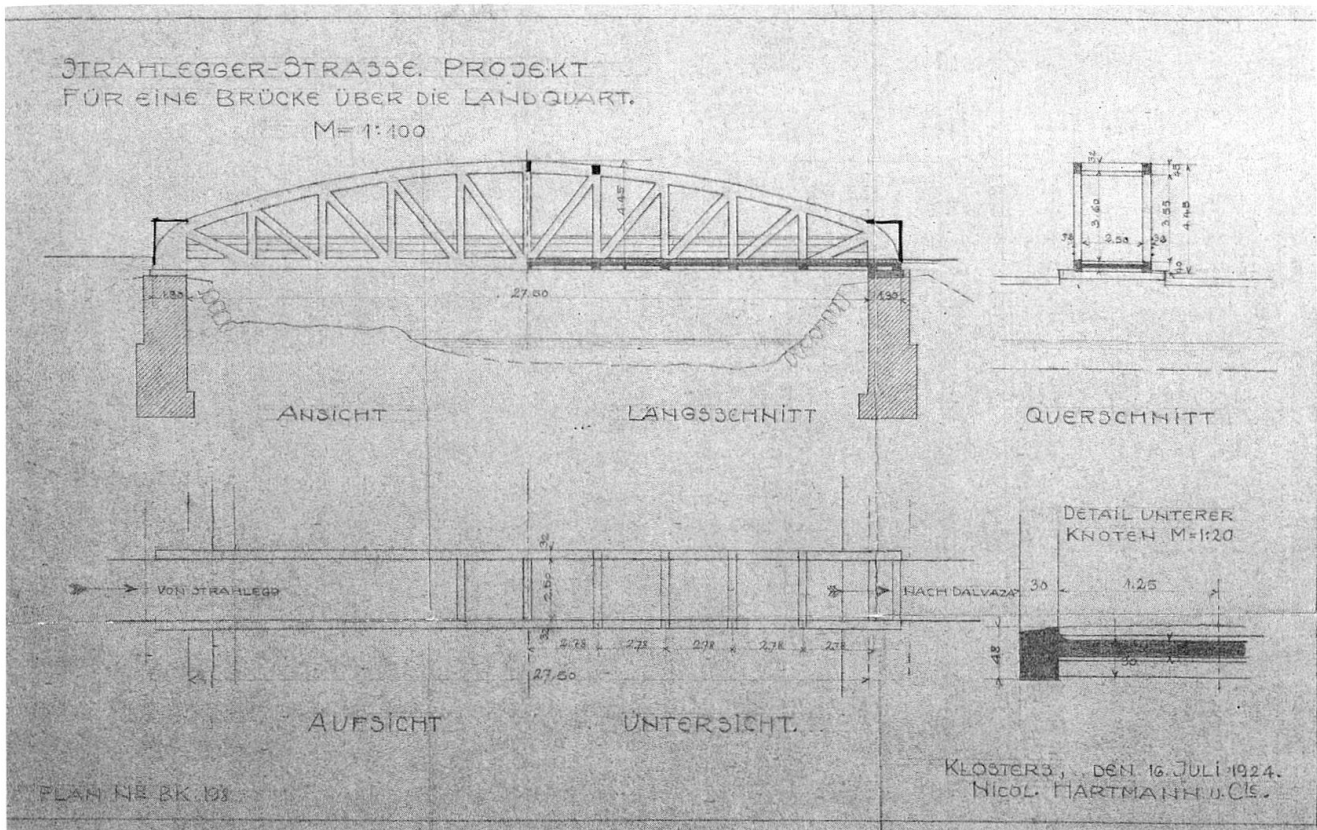




Die Dalvazzabrücke im Bau  
(Tiefbauamt Graubünden, Er-  
haltung Kunstbauten).

schweizerischen Hauptwerken gestalteter Technik, nämlich der Albulabahn, eröffnet 1904, und der Sustenpassstrasse, die 1944 dem Verkehr übergeben wurde. Anfangs des 20. Jahrhunderts haben sich Bauingenieure noch nicht bedingungslos der Doktrin *form follows function* verschrieben, vielmehr erscheint in den zeitgenössischen Bauwerken eine Spannung zwischen technisch und ästhetisch bedingter Form, als hätte ein «Kunstwollen, das sich im Kampfe mit Gebrauchszweck, Rohstoff und Technik durchsetzt»<sup>2</sup> bisweilen auch die Arbeit von Brückenbauern bewegt. Die sich aus technischen Überlegungen ergebende Form wurde oft kritisch betrachtet und ästhetisch korrigiert (wie die Bogenform des Wiesener Viadukts an seinen Fusspunkten) oder man entschied sich unter mehreren gleichwertigen technischen Möglichkeiten für die formal raffiniertere (beispielsweise für *Halbparabelträger* anstelle *parallelgurtiger Fachwerkträger*).

An Bauakten der Dalvazzabrücke der Strahleggerstrasse<sup>3</sup> sind die Schalungs- und Bewehrungspläne erhalten sowie der Vertrag mit der Bauunternehmung. Weiter gibt es im Nachlass Nicolaus Hartmanns (Staatsarchiv Graubünden, Chur) statische Berechnungen und einen Plan zu einer Vorstudie für eine betonierte Fachwerkbrücke. Berichte oder Korrespondenzen fehlen. Über die Gründe, weshalb schliesslich der Vierendeel-Träger zur Ausführung bestimmt wurde, können wir daher nur spekulieren. Dieses Vorgehen erscheint hier gerechtfertigt, denn es ist besser, nicht belegte, aber wahrscheinliche Einflüsse auf den Entwurf



eines Bauwerks zu erwähnen, statt aus lauter Vorsicht darauf zu verzichten und dadurch das Werk banaler erscheinen zu lassen als es ist. Die richtige Wertschätzung der Dalvazzabrücke ist deshalb wichtig, weil ihr Bestand bedroht ist – sie ist in einem schlechten Zustand und muss dringend instand gesetzt werden, sonst bleibt nur Abbruch und Ersatz. Ziel dieses Beitrags ist deshalb, die für manche vielleicht auf den ersten Blick eher unscheinbare Brücke als Baudenkmal zu würdigen.

Vorstudie der Bauunternehmung Nicolaus Hartmann & Cie. für einen betonierten Fachwerkträger (StAGR XX 442 F).

### Nicolaus Hartmann d. J. (1880 – 1956) als Brückenbauer

Das aussergewöhnliche Tragwerk der Brücke lässt darauf schliessen, dass sich Nicolaus Hartmann, seit 1903 Inhaber der projektierenden und ausführenden Bauunternehmung, persönlich mit dem Entwurf der Brücke befasst hat. Der Bauunternehmer war gleichzeitig der bedeutendste Bündner Architekt des frühen 20. Jahrhunderts. Er hatte von 1900 bis 1903 bei Theodor Fischer (1862–1938) an der Universität Stuttgart studiert, wo er mit der nationalromantischen süddeutschen Architekturschule vertraut wurde. Die freie, undogmatische Übernahme und Kombination regionaler Motive und Bautypen war für diese Bewegung typisch,

daneben scheute man sich auch nicht, neuzeitliche Konstruktionsweisen einzusetzen. Nach diesen Grundsätzen verwendete Hartmann beim Museum Engiadinais in St. Moritz (1906) aussen eine dreibogige Laube, die genau derjenigen der historischen Chà Gronda in Scuol entspricht; innen ist der weit gespannte Sulèr mit einem Gewölbe in Eisenbeton überspannt. Ein Hauptwerk Hartmanns ist die Zentrale des Kraftwerks Küblis (1920–22), die laut Kraftwerkgesellschaft die grösste und schönste Anlage ihrer Art werden sollte. In der «kubischen Masse des rätoromanischen Hauses» werden die Turbinen und Schaltanlagen untergebracht und im Innern herrscht eine sakrale Stimmung, hervorgerufen durch die Proportionen, die Lichtführung und die Materialisierung des Maschinensaals.<sup>4</sup> Der Vermerk «BK 198» auf dem Plan des fachwerkartigen Vorentwurfs der Dalvazzabrücke könnte darauf hinweisen, dass Hartmann diesen Flussübergang ursprünglich im Auftrag der Bündner Kraftwerke projektierte; auf den späteren Plänen ist dann die Gemeinde Fideris als Bauherrin aufgeführt.

Für Hartmanns Lehrer Fischer gehörten auch Fragen des Brückenbaus zu den Aufgaben eines Architekten. Zusammen mit der Baufirma Sager & Woerner hatte er in München die grossartigen Bogenbrücken über die Isar erbaut, nachdem deren Vorgängerinnen 1899 durch ein Hochwasser zerstört worden waren. So erstaunt es nicht, dass sich neben Hartmann auch ein anderer Student Fischers, Paul Bonatz (1877–1956), später selbst dessen Assistent, intensiv mit dem Entwurf von Brücken auseinandersetzte; bereits 1907 hatte er das Projekt des flachen Betonbogens der Wallstrassenbrücke in Ulm architektonisch betreut, später wurde ihm die Gestaltung der Brücken der deutschen Reichsautobahnen anvertraut. Im Juni 1924 unternahmen Hartmann und Bonatz eine Studienreise nach Kopenhagen und Stockholm, wo sie besonders das neue Stadthaus von Architekt Ragnar Oestberg stark beeindruckte.<sup>5</sup> Es ist gut möglich, dass Bonatz Hartmann mit dem Trägersystem des Belgiers Arthur Vierendeel bekannt machte. Vielleicht kannte dieser den Vierendeel-Träger aber bereits aus Fritz von Empergers «Handbuch für Betonbau», einem umfassenden Standardwerk, das 1911 erschienen war und in welchem die *Pfostenträger*, wie Vierendeels System auch bezeichnet wurde, eingehend beschrieben sind.<sup>6</sup>

## Die Aufgabe

Der Brückenbau über die Landquart bot eine Problemstellung, die häufig vorkommt: ein oft Hochwasser führender Gebirgsfluss muss in geringer Höhe überquert werden. Die dafür gewählte Lösung gehört zur Gattung der *Brücken mit untenliegender Fahrbahn*, bei denen die beidseits zur Brücke führenden Strassen nur geringfügig angehoben und aufgeschüttet werden müssen. Üblicherweise wurden derartige Brücken als *Trogbrücken* mit seitlichen Stahlfachwerken versehen, wie etwa die Dorfbrücke über den Valser Rhein in Vals Platz. In Dalvazza wählte Hartmann jedoch eine Variante in Beton, und man kann annehmen, dass er damit einerseits dem architektonischen Zeitgeschmack folgte – Beton galt als dem Stein verwandter als Stahl und wurde deshalb für Brückenbauten in Gebirgslandschaften besser akzeptiert, wie etwa die begeisterte Rezeption des Langwieser Viadukts in der Zeitschrift «Heimatschutz» dokumentiert<sup>7</sup> – andererseits entsprach dies auch seinen geschäftlichen Interessen, denn jede Bauunternehmung war in der Lage, bewehrte Betonkonstruktionen herzustellen, während die Konstruktion stählerner Brücken in den Händen einiger spezialisierter Firmen lag.

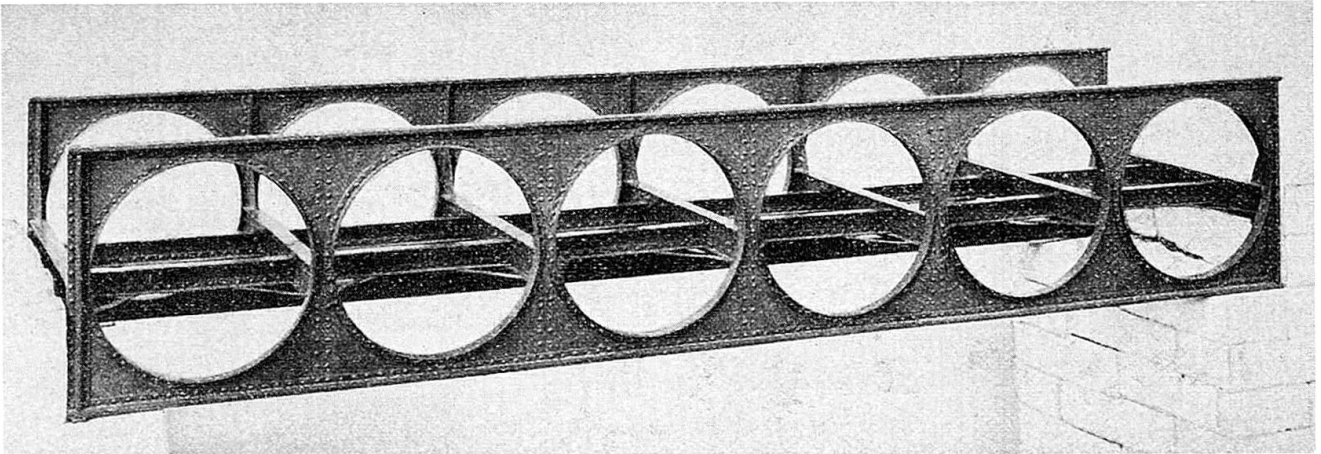
Im Jahr 1924 war die Betonbauweise noch jung und in der Fachwelt hatte sich keine einheitliche Auffassung gebildet, welches System für eine 27 m weit gespannte Balkenbrücke mit untenliegender Fahrbahn zu wählen sei. Entweder bildete man den Trog mit vollen Seitenwänden aus, wie es im gleichen Jahr Alexandre Sarrasin in seiner Rhônebrücke bei Branson tat, oder man hängte die Fahrbahn an zwei hoch liegenden Bogenrippen auf, Beispiele dafür überquerten damals die Rhône in Chippis, die Muota in Hinter-Ibach und die Emme in Gerlafingen. Als weitere Variante zeigt die genannte Vorstudie der Bauunternehmung Hartmann, datiert vom 16. Juli 1924, einen betonierten Fachwerkträger. Erst auf den Ausführungsplänen, die zwischen dem 15. und 26. September 1924 gezeichnet wurden, hat sich der Fachwerkträger – bei gleich bleibenden Umrissen – zu einem Vierendeel-Träger weiterentwickelt. Es erscheint gut möglich, dass Hartmann, von seiner Skandinavienreise mit Bonatz zurückgekehrt, diese Überarbeitung aus konstruktiven wie architektonischen Gründen während der Sommermonate 1924 veranlasst hat.

## Arthur Vierendeel (1852–1940), Verfechter des Rahmenträgers

Arthur Vierendeel stammte aus Leuven in Belgien. Nach seinem Abschluss als Bauingenieur an der Universität Leuven begann er 1874 in den Ateliers der Firma Nicaise et Delcuve in La Louvière an Eisenkonstruktionen zu arbeiten. Aufsehen erregte der Cirque Royale de Bruxelles, dessen Ausschreibung Vierendeel 1876 gewann. Die eiserne Skelettkonstruktion wirkte derart fragil, dass sie, obwohl Vierendeels statische Berechnungen von unabhängigen Experten geprüft und gebilligt wurden, auf Geheiss des zuständigen Ministers von einem Grenadier-Regiment probebelastet werden musste. 1885 wurde er zum technischen Direktor des Ministeriums für öffentliche Arbeiten der Provinz Westflandern ernannt und vier Jahre später übernahm er eine Professur an der Universität Leuven. Er schrieb vielbeachtete Publikationen, darunter das Buch «La construction architecturale en fonte, fer et acier», das 1901 in Leuven erschien.

1897 überraschte Vierendeel die Besucher einer internationalen Ausstellung im Park von Tervueren bei Brüssel mit einem 31.50 m langen eisernen Versuchsträger, der aus zwei Tragebenen mit je einem oberen und unteren Gurt bestand, zwischen die kräftige vertikale Pfosten eingefügt waren. Der *Vierendeel-Träger* war schwierig auf einen Begriff zu bringen: man sprach je nach Sichtweise von einem «gelochten Balken», «Rahmenträger», «Pfosträger» oder «Träger ohne Diagonalen». Vierendeel lobte an seinem Träger die genaue Berechenbarkeit, die einfache Herstellung und das gefällige Aussehen. In diesen Aspekten sei der Vierendeel-Träger den herkömmlichen Fachwerken weit überlegen, behauptete er und löste damit eine über Jahrzehnte anhaltende Kontroverse aus.

Bereits 1857 hatte Ingenieur Nikolaus Riggenbach, Leiter der Werkstätte Olten der Schweizerischen Centralbahn und nachmaliger Erbauer der Rigibahn, das Modell eines «Rahmenträgers» herstellen lassen. Vermutlich suchte Riggenbach nach einer Alternative zu den engmaschigen Gitterträgern, die damals für Eisenbahnbrücken beliebt waren, mit ihren zahllosen Kreuzungs- und Anschlusspunkten aber einen aufwändigen Unterhalt erforderten. Später sei dieses Modell Carl Culmann vorgeführt worden, dem ersten ETH-Professor für Brückenbau und Schöpfer der grafischen Statik; doch dieser hätte sich dazu «nicht günstig» geäussert.<sup>8</sup> So hatte diese Idee keine unmittelbaren Folgen.

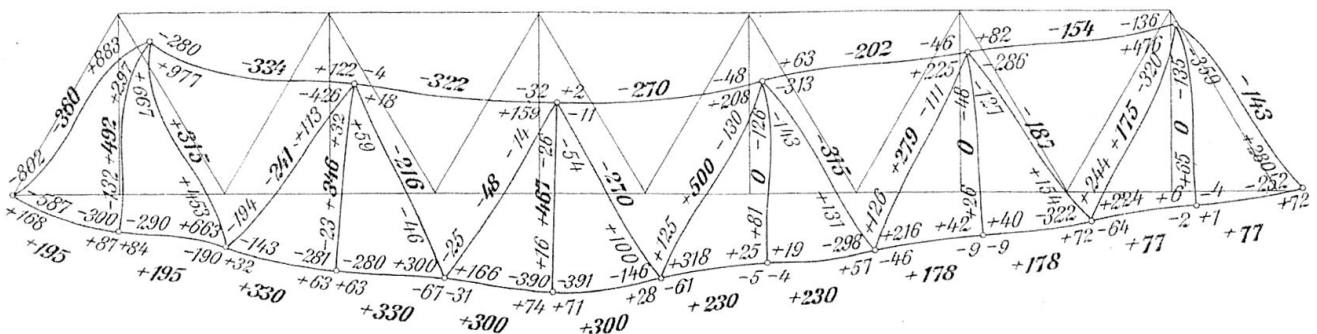


1897 bestand eine andere Situation. Die damals dominierende Brückenbauweise, der Fachwerkbau, wurde von verschiedenen Seiten in Frage gestellt. Zum einen waren technische Probleme mit eisernen Fachwerkträgern aufgetaucht, die nicht einfach zu erklären waren. Zum anderen artikulierte sich mit zunehmender Sensibilität für landschaftliche und städtebauliche Eingriffe von Verkehrsbauten eine wachsende architektonische Kritik an eisernen Fachwerkbrücken und an den «körperlosen» stabförmigen Eisenkonstruktionen. Vierendeel hatte somit einen günstigen Zeitpunkt für die Lancierung seines Trägers gewählt. Zunächst argumentierte er technisch: Die übliche Berechnung der Fachwerke sei unzuverlässig, weil die Stäbe unter der vereinfachenden Annahme dimensioniert würden, sie seien in ihren Knotenpunkten untereinander gelenkig verbunden und erlitten dadurch lediglich Zug- und Druckkräfte. Tatsächlich seien die Stäbe jedoch fest miteinander vernietet und würden dadurch nicht nur gezogen und gestaucht, sondern vor allem auch *gebogen*.

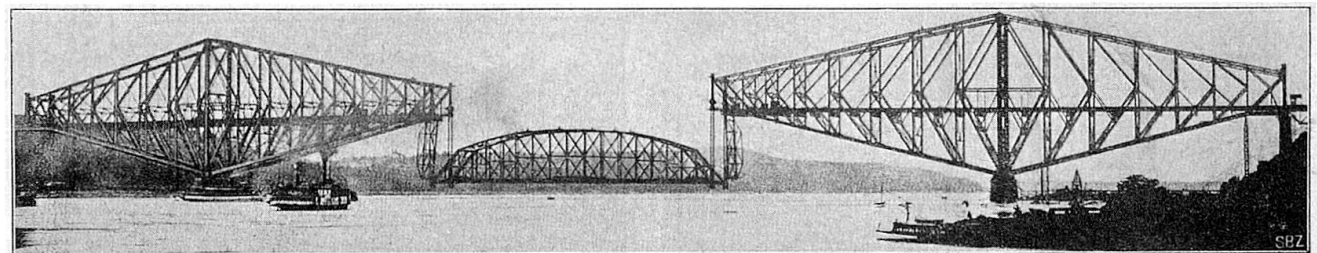
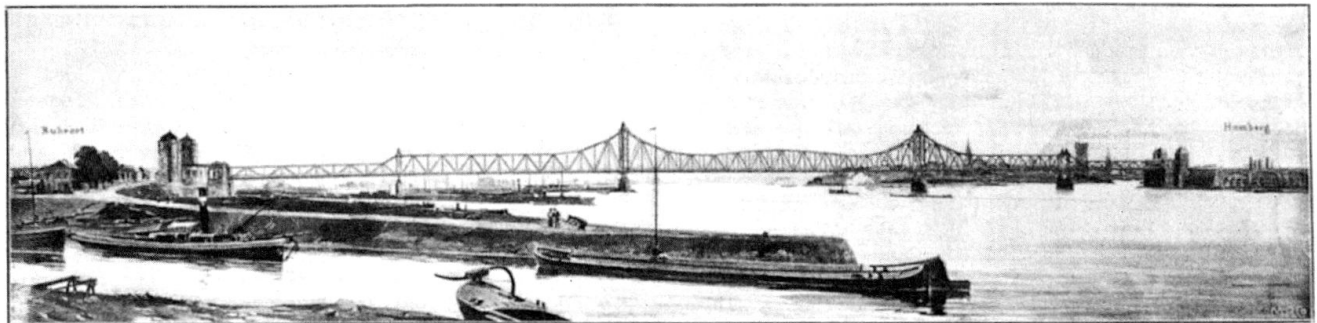
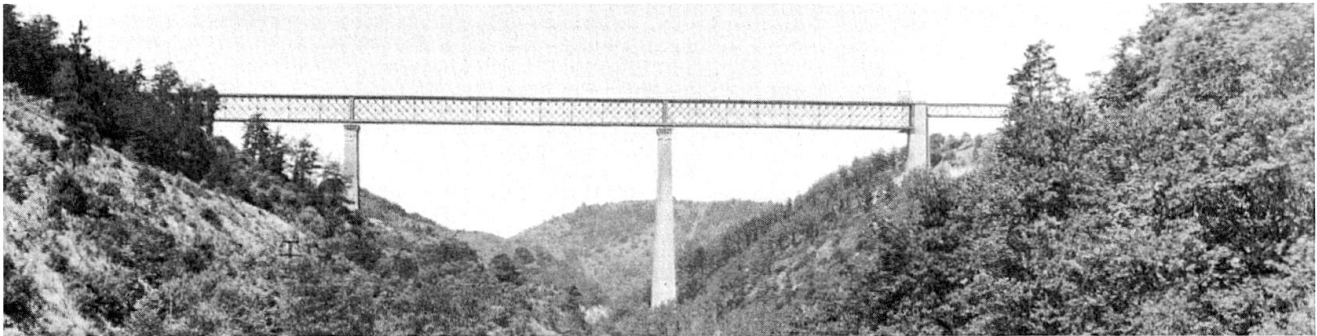
Damit hatte er den wunden Punkt der Fachwerktheorie getroffen, indem die Bestimmung der sogenannten «Nebenspannungen» aus Biegung seit einigen Jahren intensiv diskutiert und erforscht wurde. Die einfache und hoch entwickelte Methodik

Modell eines Rahmenträgers von Nikolaus Riggenschach aus dem Jahr 1857 (In: Schweizerische Bauzeitung. 4.2.1922, S. 62).

Verformungen und Nebenspannungen des Fachwerkträgers der Birsbrücke Münchenstein (In: W. Gehler. Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken. Berlin, 1910, S. 42).





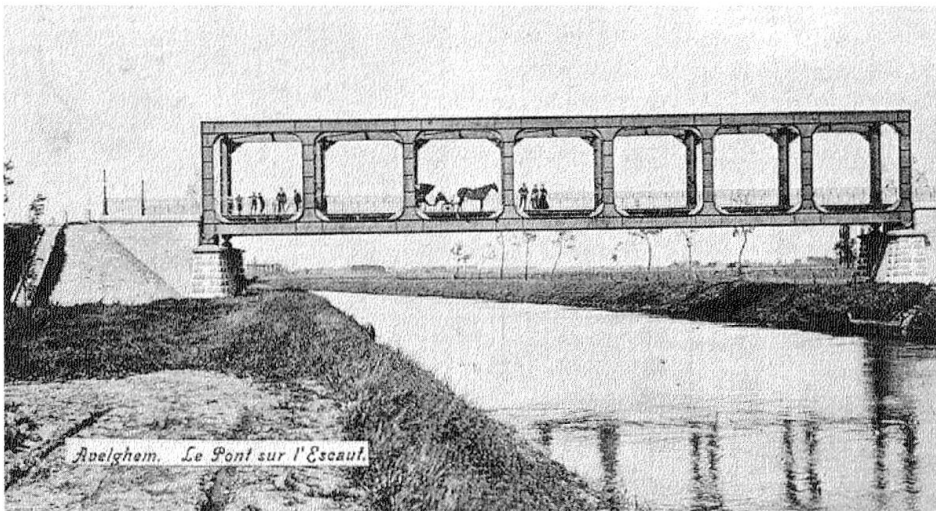


der Bestimmung der Zug- und Druckkräfte (und der daraus entstehenden «Hauptspannungen») in einem Fachwerk erwies sich als von der Wirklichkeit zu sehr abstrahiert, indem die Intensität der bislang vernachlässigten Nebenspannungen in ungünstigen Fällen durchaus hohe Werte erreichen konnte, was vor allem im Hinblick auf den Ermüdungswiderstand der Tragwerke bedeutend war. Die Bestimmung der Nebenspannungen war aber kompliziert und zeitraubend, denn diese waren sowohl von der Konfiguration des Stabwerks, den Stablängen und Stabsteifigkeiten wie auch von der Art der Last (konzentriert oder verteilt) abhängig (es heisst, Schwedler habe sechs Wochen lang an der Bestimmung der Nebenspannungen der zweiten Wechselbrücke in Dirschau gearbeitet<sup>9</sup>). Insbesondere gelang es vorläufig nicht, einfache und allgemeingültige Regeln aufzustellen, wie diese Nebenspannungen gering gehalten werden konnten – zu vielfältig waren die verschiedenen Einflüsse. So bildete sich in Deutschland die Meinung, weitmaschige Strebenfachwerke mit einfachem Stabzug führten zu den geringsten Nebenspannungen,

Nationale Antworten auf das Problem der Nebenspannungen (von oben nach unten): engmaschiges Netzwerk am Viaduc des Fades, Frankreich, Baujahr 1909; einfacher Strebenzug an der Rheinbrücke Homburg, Deutschland, eröffnet 1907; K-Fachwerk an der Quebec-Brücke, fertiggestellt 1918, Kanada (In: Bertrand Lemoine *L'Architecture du fer, France XIXe siècle*. Seyssel, 1986, S.113; Schweizerische Bauzeitung. 18.6.1904, S. 294; Schweizerische Bauzeitung. 4.11.1916, S. 16).

während man sich dasselbe in Frankreich von engmaschigen Netzwerken mit Pfosten erhoffte und amerikanische Ingenieure auf die Vorteile der K-förmigen Ausfachungen hinwiesen.<sup>10</sup> Die belgische Antwort auf diesen Problemkreis lautete: Wenn schon das Fachwerk aufgrund der neueren Erkenntnisse als Spezialfall eines biegesteifen Rahmens betrachtet werden muss, wähle man am besten den Rahmen mit der einfachsten Stabanordnung – und das war der Vierendeel-Träger.<sup>11</sup>

### «Nur das Schöne ist das umfassend Rationale»



Die erste Vierendeel-Brücke über die Schelde bei Avelghem, 1904 (Vlaamse Vereniging voor Industriële Archeologie).

Betrachten wir die Bilder der ersten Vierendeel-Träger-Brücke über die Schelde bei Avelghem, erkennen wir den architektonischen Aspekt, den Vierendeel in Ingenieur-Publikationen bewusst eher beiläufig erwähnte, der aber für die weitere Verbreitung seiner Träger stark mitentscheidend war. Diese Brücke hat irritiert und fasziniert; ein nicht geringer Reiz liegt darin, dass sie zwar statisch «unmöglich», aber gleichzeitig virtuos aussieht, und dass sie gleichzeitig jene elementare Kraft und Körperhaftigkeit ausstrahlt, die die damaligen Architekten an eisernen Konstruktionen so vermissen. In «La construction architecturale» erhellte Vierendeel seine Entwurfshaltung und distanzierte sich gleichzeitig vehement von der «rationalistischen Schule»:

«Es gibt eine gewisse Schule sich wissenschaftlich gebärdender Konstrukteure, für die alles Rationale schön ist. Die hässliche Wirkung von Zugstangen in Dachkonstruktionen reicht aus, diese Annahme zu widerlegen – glücklicherweise – denn wenn sie begründet wäre, müsste man sich

von Inspiration und Gefühl auf dem Gebiet der Architektur verabschieden und es bliebe nichts als die kalte wissenschaftliche Formel. In Wirklichkeit führt das Rationale nicht zwangsläufig zum Schönen, auch wenn das bisweilen der Fall sein kann; hingegen ist das Schöne immer auch rational, ähnlich wie Platon sagte: das Schöne ist der Glanz des Wahren. [...] Das Rationale, das nicht schön ist, kann nicht das umfassend Rationale sein – nur das Schöne ist das umfassend Rationale. [...] Die rationalistische Schule ist unfähig, Kunst hervorzubringen, solange sie streng an ihrem Credo festhält – denn unser Verstand ist dafür zu beschränkt – er kann das Schöne allein nicht erlangen, er braucht dazu die machtvolle Hilfe einer höheren Intuition, einen besonderen Sinn, eine unbewusste Wissenschaft, die in uns enthalten ist wie das entfernte Echo jener grossen göttlichen Wissenschaft». <sup>12</sup>

## Kontroverse im Eisenbau

In der Zeitschrift «Der Eisenbau» von 1912 wurde die Kontroverse um den Vierendeel-Träger auf den Punkt gebracht. Zuerst präsentierte der 77-jährige Otto Mohr, einer der führenden deutscher Theoretiker und Schöpfer der elegantesten Methode zur Nebenspannungs-Berechnung, auf elf Seiten seine eigene Berechnungsmethode des Vierendeel-Trägers (den er «Pfostenträger» nennt), die zeigte, dass auch hier Präzision entsprechende Zeit erforderte. Er schloss seinen Aufsatz mit den prägnanten Worten:

«Die Pfostenträger gehören meines Erachtens zu den Trägerformen, die nur im Notfall angewandt werden sollten. [...] Die Hauptspannungen der Fachwerke lassen sich mit grosser Bestimmtheit ermitteln. Die Berechnung der Nebenspannungen ist zwar weniger zuverlässig, aber bei richtiger Anordnung spielen die Nebenspannungen keine grosse Rolle. Bei Pfostenträgern dagegen spielen die Nebenspannungen, d. h. die Biegungsspannungen die Hauptrolle und ihre Berechnung ist wenig zuverlässig. Man muss daher fordern, dass die rechnermässigen Grenzspannungen für Pfostenträger erheblich niedriger anzusetzen sind als für Fachwerke. Wird diese Bedingung erfüllt, so ist auch der wirtschaftliche Vorteil entschieden auf Seite der Fachwerke». <sup>13</sup>

Dagegen hielt der Stahlbauspezialist Franz Czech in der nächsten Nummer fest, dass nach Vierendeels Theorie die Berechnung der Träger «verblüffend einfach» und damit auch zuverlässig sei. Anhand der in Belgien ausgeführten Brücken mit Vierendeel-Trägern sei bei richtiger, das hiess genauer Dimensionierung eine Materialersparnis gegenüber Fachwerkträgern möglich. Auch gestalte sich die Montage der Vierendeel-Träger sehr einfach. Schliesslich folgen stilistische Argumente:

«[...] die Bewegung des Dreiecksystems, die je nach Geschmack des Konstrukteurs zwischen Unruhe und Rhythmus lag, verschwindet, und an ihre Stelle tritt unter der Vorherrschaft der Horizontalen und Vertikalen die Ruhe ein, ungestört durch die perspektivische Überschneidung, als Vorbedingung einer abgeklärten Schönheit. In der kunstgeschichtlichen Wertung bedeutet der Vierendeelträger einen Stil der Eisenbaukunst, der in der zeitlichen Aufeinanderfolge an vierter Stelle steht [Vollwandstil, Netzwerkstil, Dreieckstil, Vierendeel- oder Rahmenstil] und den derzeitigen Abschluss einer Entwicklung darstellt».<sup>14</sup>

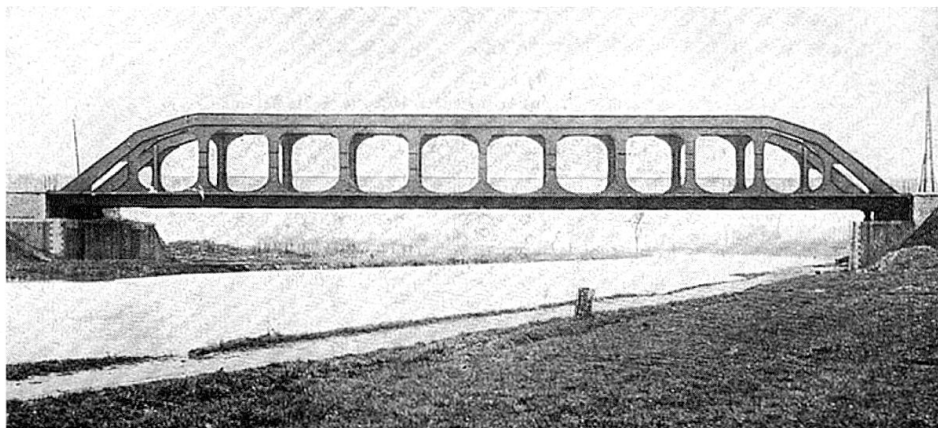
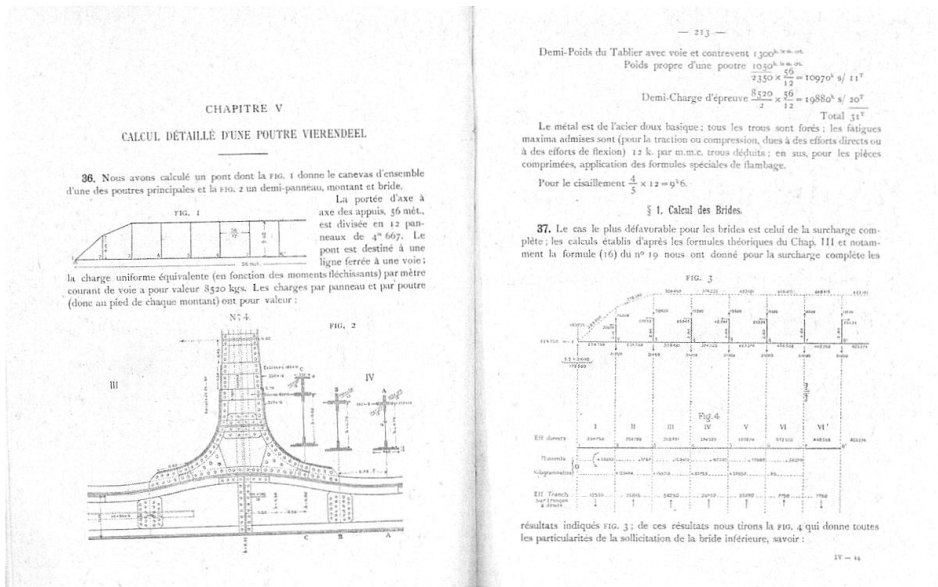
Schliesslich meldete sich Vierendeel selbst zu Wort: Anders als Mohr behauptete, sei die Berechnung der Biegespannungen im Pfostenträger genau, im Fachwerk ungenau. Deshalb müssten die Grenzspannungen des Vierendeel-Trägers höher, nicht tiefer als im Fachwerkbau angesetzt werden. Und über die von Mohr erwähnte «richtige» Anordnung der Stäbe seien sich ja die Anhänger der Fachwerke selbst uneinig. Mohr erwiderte darauf lakonisch, es seien nun genügend Argumente aufgezählt worden, die es jedem ermöglichten, sich eine eigene Meinung zu bilden.<sup>15</sup> Aus heutiger Sicht erscheint Mohrs Kritik am *parallelgurtigen* Vierendeel-Träger gerechtfertigt, zwar nicht so sehr aufgrund der Genauigkeit der Berechnungsergebnisse, sondern wegen der statisch und konstruktiv heiklen Durchbildung der Knotenpunkte. Allerdings zeichneten sich zu dieser Zeit bereits Veränderungen an der Form des Vierendeel-Trägers ab.

### **Transformationen des Vierendeel-Trägers zu vielfältigeren Umrissen**

Häufig treten Neuerungen im Ingenieurbau zuerst in ihrer radikalsten Form auf, die sich von allem Bisherigen absetzt. An-

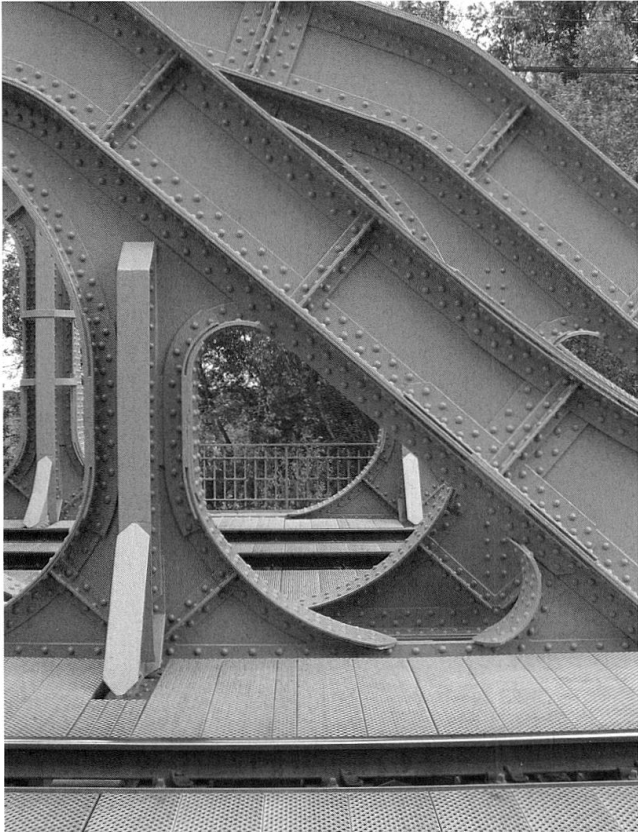
Die Berechnung eines Vierendeel-Trägers mit an den Enden nach unten geführten Obergurten ...

(In: Arthur Vierendeel. Cours de Stabilité des Constructions. Bd. 4. Louvain, 1920, S. 212).



... und ihre Umsetzung: Eisenbahnbrücke über die Leie bei Grammene-Deinze (Belgien), eröffnet 1922 (Patricia Radelet-de Grave, Louvain).

schliessend tritt eine Art Assimilationsprozess ein, der die Reinheit dieser Neuerungen zwar abschwächt, sie dafür aber mit bekannten Elementen kombiniert, wodurch wiederum Neues entsteht, diesmal aber in einer beziehungsreicheren Form. Genau dies geschah in der Folge mit dem Vierendeel-Träger. Bei einigen Brücken wurden die Enden der Obergurte mehrfach geknickt schräg nach unten geführt und mit kürzeren Endpfosten versehen. Manchmal verzichtete man ganz auf die Endpfosten und führte die Obergurte bis zu den Auflagern hinunter, wie dies Schwedler fünfzig Jahre zuvor bei Fachwerkträgern getan hatte. Mit solchen Massnahmen konnte man die Biegebeanspruchung in den Gurten und Pfosten nahe den Auflagern wesentlich verkleinern. Häufig erhielt auch der ganze Obergurt eine parabolische Form, wodurch die Tragstruktur einem Bogen mit Zugband ähnlich wurde. In diesem Fall verschwindet die Biegebeanspruchung für gleichmässig verteilte Belastungen (wie etwa das Eigengewicht) völlig. Diese technisch gut begründbaren Entwicklungen von



Die «Körperhaftigkeit von Eisenkonstruktionen» – Detail der Eisenbahnbrücke über die Leie (Karel Roose, Kortrijk).

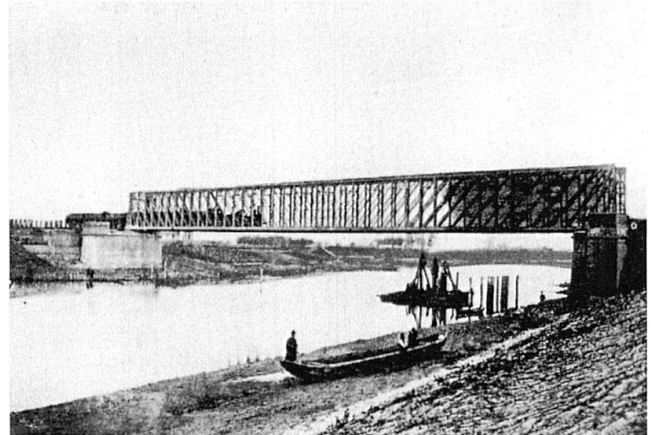


Abb. 3 Eine eiserne Balkenbrücke üblicher Konstruktion bei Griethausen/Rhein

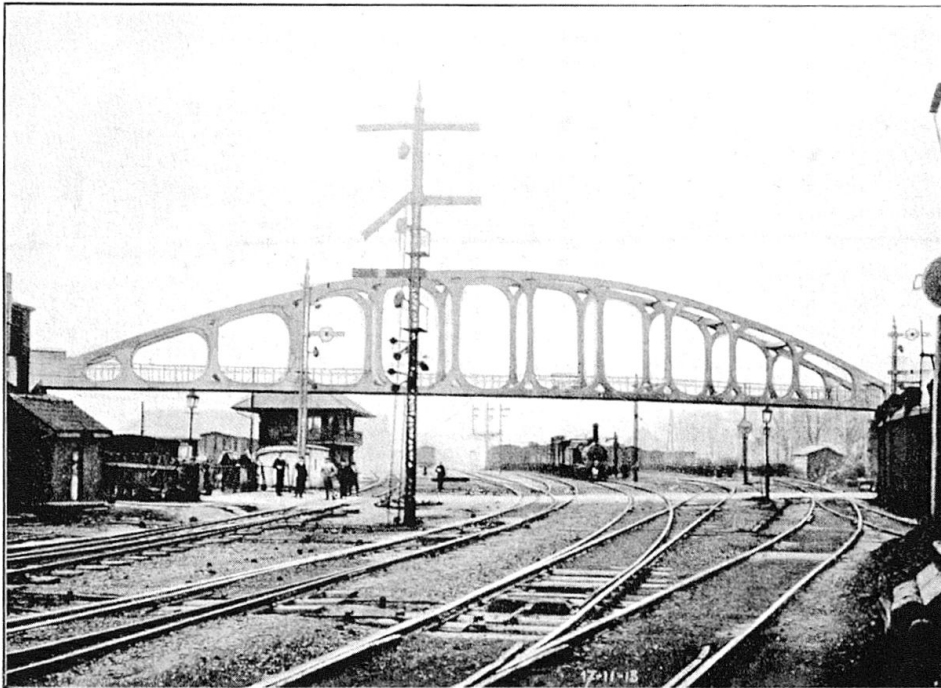
An der rechten Seite ist ein Teil des Eisenwerkes verdeckt, um anzudeuten, wie viel stärker die architektonische Wirkung wäre, wenn der Erbauer eine einfache Verkleidung der Gitterträger vorgenommen hätte. Statt des Netzwerkes von zahllosen Drahtstäben, durch die das Auge hindurchsieht, wäre, ästhetisch genommen, der Eindruck eines einfachen körperlichen Balkens entstanden, und ebenso würde dem Auge eines Passanten räumlicher Halt gewährt werden. Der überraschende Ausblick aus einem Fenster dieser Wand, die vorher ja nicht existierte, könnte nun zu einem wichtigen architektonischen Wirkungsmittel werden. Es kann sich hier nur um eine rein schematische Andeutung handeln.

einem parallelgurtigen zu einem parabolisch geformten Träger lagen auch architektonisch im Trend, denn nach 1900 empfand man selbst im Fachwerkbrückenbau den parallelgurtigen Träger generell als «steif». Der parallelgurtige Balken sei eine «harte Durchquerung der Landschaft» und «eher eintönig». Ihm eigne eine «lastende Schwere der Erscheinung». Dagegen bedeuteten gekrümmte Gurtungen nicht nur einen technischen, sondern auch einen ästhetischen Fortschritt.<sup>16</sup>

### Kontroverse im Stahlbetonbau

Wird der Viereck-Träger in Stahlbeton konstruiert, entfallen einige der an ihm kritisierten Punkte. Die Bewehrungsanschlüsse in den Knoten sind zwischen einem einzigen Pfosten und einem Ober- oder Untergurt tatsächlich viel einfacher auszuführen als bei einem Fachwerkträger, bei dem in den Knoten die Bewehrungsstähle der vier (oder mehr) miteinander zu verbindenden

Kritik von Walter Gropius am Fachwerkträger (In: Hartmut Probst und Christian Schädlich (Hg.). Walter Gropius. Ausgewählte Schriften. Bd. 3. Berlin, 1988, S. 33).

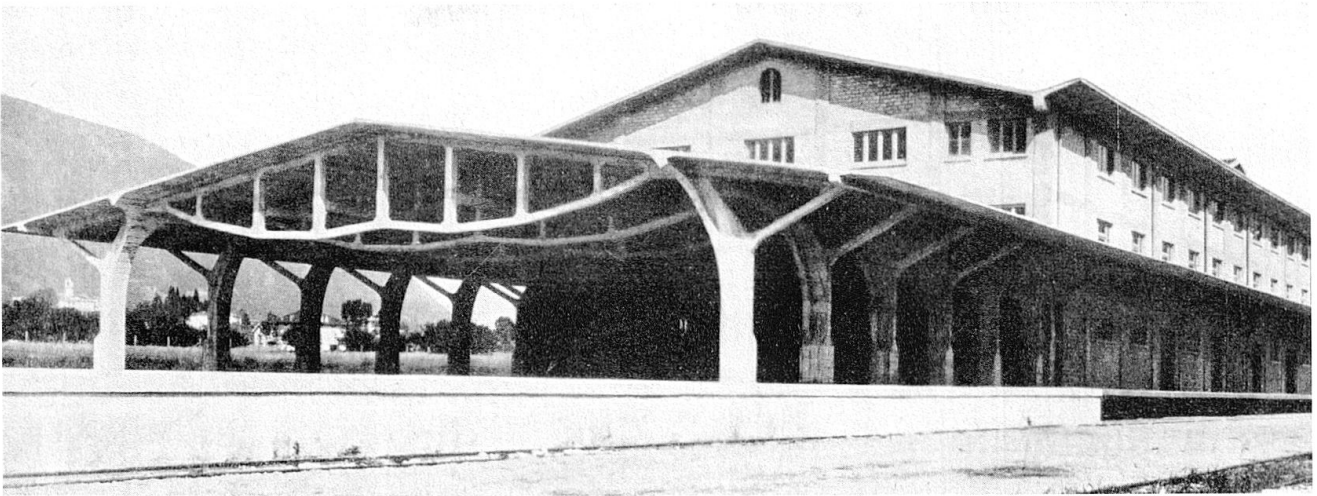


Betonierter Vierendeel-Träger mit parabolischem Obergurt: Passerelle de la Louvière (Belgien), eröffnet 1921 (In: Arthur Vierendeel. Cours de Stabilité des Constructions. Bd. 4, Louvain, 1920, S. 206).

Stäbe auf engem Raum durcheinander geschlungen werden müssen. Auch ist das Betonieren vertikaler Füllstäbe einfacher als das Verfüllen schräg verlaufender enger Schalungen. Auf dem Gebiet des Stahlbetonbaus geriet der Vierendeel-Träger jedoch in Konkurrenz zum System des versteiften Stabbogens, das Robert Maillart anfangs der 1920er Jahre für unterschiedliche Bauaufgaben zu verwenden begann. David Billington, Professor für Eisenbetonbau in Princeton und ausgewiesener Maillart-Forscher, vergleicht die Dalvazzabrücke mit dem unterspannten Tragwerk



Betonierter Vierendeel-Träger mit parabolischem Obergurt: Dalvazza-  
brücke (Foto: Andreas Kessler, Igis).

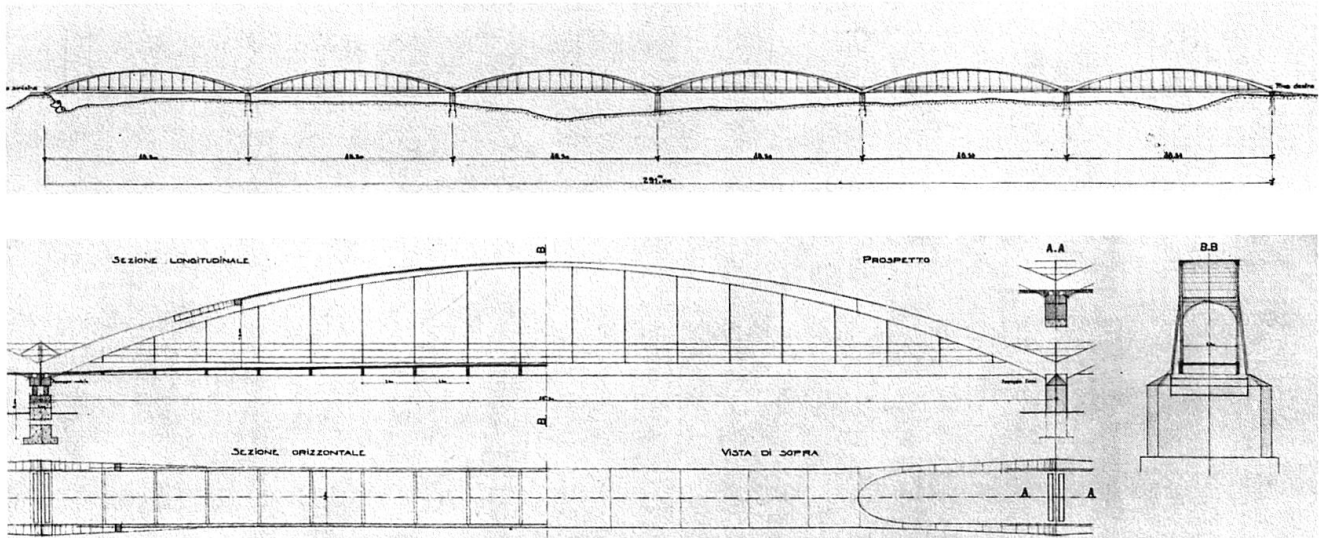


der Magazzini Generali in Chiasso und den ersten Stabbogenbrücken Maillarts, um daraus die Überlegenheit des versteiften Stabbogens abzuleiten.<sup>17</sup> Dem versteiften Stabbogen und dem Vierendeel-Träger mit parabolisch gekrümmtem Obergurt ist gemeinsam, dass sie unter gleichmässig verteilten Lasten praktisch nur Druck- und Zugkräfte aufweisen. Bei asymmetrischer Belastung reagieren sie jedoch unterschiedlich: Maillarts Prinzip basiert auf Arbeitsteilung, indem Pfosten und Bogen (respektive der Untergurt in Chiasso) derart dünn ausgeführt sind, dass sie praktisch nur Zug- und Druckkräfte erhalten, während alle Biegebeanspruchungen einem einzigen Bauteil, nämlich der Fahrbahn (respektive dem Dach) zugewiesen werden. Entsprechend kräftig und biegesteif muss dieses Bauteil sein, wohingegen sich die Anschlüsse der Pfosten an Träger und Bogen äusserst einfach gestalten. Demgegenüber werden im Vierendeel-Träger die Biegebeanspruchungen auf alle Konstruktionsteile verteilt; während für den versteiften Stabbogen der Kontrast zwischen einem einzigen starken und vielen schlanken Bauteilen charakteristisch ist, zeigt der Vierendeel-Träger in allen Teilen ähnliche Abmessungen und die Verbindungen dieser Teile müssen alle eine gewisse Biegesteifigkeit aufweisen.

Wie hätte die Dalvazzabrücke als versteifter Stabbogen ausgesehen? Hauptunterschied zu den Maillart-Stabbogen ist der *über* der Fahrbahn liegende Bogen, der deshalb aus zwei getrennten Teilen bestehen muss, damit man die Brücke überhaupt befahren kann. Zur Aufnahme der Bogen-Druckkräfte benötigten die Obergurte des Stabbogens ähnliche Dimensionen wie in der Vorstudie des betonierten Fachwerks gezeichnet, also einen Querschnitt von 30x45 cm (statt wie ausgeführt 40x50 cm). Die Pfosten hätten als stählerne «Hänger» aus einigen Zugstangen

Robert Maillarts versteifter Stabbogen in Beton für die Magazzini Generali in Chiasso (1924)  
(In: Max Bill, Robert Maillart, Erlenbach, 1949, S.166).





bestehen können (gebaut wurden sie in Beton der Abmessung 40 x 40 cm). Die Fahrbahn hätte etwa 90 cm stark werden müssen (gegenüber 60 cm in der heutigen Brücke). Diese Unterschiede erscheinen nicht allzu schwer wiegend. Der Hauptunterschied zwischen dem Stabbogen und dem Vierendeel-System betrifft jedoch das seitliche Ausknicken des schmalen Obergurts – ein Problem, das sich bei Maillarts breiten, scheibenförmigen Bogenplatten unter der Fahrbahn nicht stellte. Beim über der Fahrbahn liegenden Stabbogen hätten die beiden Obergurte entweder breiter gemacht oder quer über die Fahrbahn hinweg mit aussteifenden Betonriegeln versehen werden müssen. Demgegenüber bilden die kräftigeren Pfosten des Vierendeel-Trägers eine ausgezeichnete seitliche Halterung der Obergurte. Der nach oben offene Brü-

Robert Maillarts Entwurf von 1936 für eine Bogenbrücke mit tief liegender Fahrbahn über die Maggia in Someo. Bogen und Fahrbahn teilen sich in die Aufnahme der Biegebeanspruchungen, die «Hänger» dazwischen bestehen aus Stahlstangen (In: Max Bill. Robert Maillart. Erlenbach, 1949, S.122).



Die «Vereinigungsbrücke» in Feldkirch als weitere Bogenbrücke mit tief liegender Fahrbahn, errichtet 1927/28. Hier übernimmt der Bogen allein die Biegebeanspruchungen, die Hänger bestehen aus einbetonierten Zugstangen. Dieser Brückentyp wurde von Friedrich Hartmann wegen den «Missverhältnissen» der einzelnen Bauteile kritisiert (Foto: Jürg Conzett, Chur).

ckenquerschnitt mit den relativ schmalen Obergurten und Pfosten konnte dank des Vierendeel-Systems realisiert werden. Für eine Brücke mit untenliegender Fahrbahn ist demnach der betonierte Vierendeel-Träger aus Gründen der räumlichen Stabilisierung dem Stabbogen zumindest ebenbürtig. In diesem Zusammenhang interessant ist, dass es von Maillart nur einen einzigen Entwurf für eine Bogenbrücke mit aufgehängter Fahrbahn gibt, nämlich die Maggiabrücke in Someo. Dabei konzipierte Maillart bezeichnenderweise keinen seiner üblichen Stabbogen, sondern löste den Bogen in zwei kräftige Rippen auf. In allen übrigen Fällen von Brücken geringer Höhe wählte er entweder Brücken mit untenliegenden Fahrbahnen als vollwandige Trogbrücken oder baute flache Bogen unter einer buckelförmigen Fahrbahn.

In den massgebenden Büchern zur Ästhetik von Brücken jener Zeit wurden über der Fahrbahn liegende Betonbogen ausnahmslos als hässlich beurteilt.<sup>18</sup> Zu disparat waren die meist massigen Bogenrippen im Verhältnis zu den dünnen zugbeanspruchten Pfosten und der daran hängenden Fahrbahn. Diese Diskrepanz vermochte der Vierendeel-Träger zu vermeiden, indem er das zusammenhängende Rahmensystem Fahrbahn, Pfosten und Bogenrippen wie aus einem Guss erscheinen liess. Zur technischen Leistungsfähigkeit des Systems gesellte sich eine architektonisch überzeugende Erscheinung, ganz im Sinne Vierendeels: in der Schönheit des Rahmensystems spiegelt sich eine umfassende Rationalität.

Jürg Konzett ist Präsident der Gesellschaft für Ingenieurbaukunst und Teilhaber des Ingenieurbüros Konzett, Bronzini, Gartmann AG in Chur, das die Instandsetzung der Dalvazzabrücke projektiert und begleitet.

Adresse des Autors: Jürg Konzett, dipl. Ing. ETH/SIA, Bahnhofstr. 3, 7000 Chur

## Endnoten

- 1** Nach Wissen des Autors handelt es sich um die einzige Vierendeel-Brücke der Schweiz, wenn wir industriell gefertigte Fussgängerbrücken mit stählernen Wabenträgern und einige kleinere Objekte wie die betonierte Fusswegbrücke über die Muota beim Kloster Muotathal, die als Trogbücke mit durchbrochener Brüstung ausgebildet ist, davon ausnehmen.
- 2** Alois Riegl. Spätromische Kunstindustrie. Wien, 1901. Zit. nach: Bruno Reichlin. Die Schönheit der Berechnung. In: Structure as Space. Hrsg. Mohsen Mostafavi. London, 2006, S. 270.
- 3** Die Landquartbrücke Dalvazza der Strasse Küblis – Strahlegg ist nicht zu verwechseln mit der weiter flussabwärts liegenden Landquartbrücke Dalvazza der Prättigauerstrasse, die 1929/30 als Beton-Bogenbrücke erstellt wurde.
- 4** Zu Nicolaus Hartmann vgl. u. a.: Kristiana Hartmann. Zur Entwicklung der Architektur in Graubünden zwischen 1840 und 1940. In: Jahresbericht der Historisch-Antiquarischen Gesellschaft von Graubünden. 1983/113, S. 26–61; Luzi [Leza] Dosch. Die Bauten der Rhätischen Bahn. Geschichte einer Architektur von 1889 bis 1949. Chur, 1984; Conradin Clavuot und Jürg Ragettli. Die Kraftwerkbauten im Kanton Graubünden. Chur, 1991.
- 5** Vortrag von Nicolaus Hartmann, St. Moritz, über «Das Stadthaus in Stockholm». In: Protokoll der IX. Sitzung des Zürcher Ingenieur- und Architektenvereins. Schweizerische Bauzeitung. 7.3.1925, S. 136 und Kristiana Hartmann (wie Anm.4).
- 6** W. Gehler, Th. Gesteschi, O. Colberg. Brückenbau. In: Handbuch für Eisenbetonbau. Hrsg. von Fritz von Emperger. Bd. 6. 1911 (2. Aufl.), S. 36ff.
- 7** Hans Straub. Brücken. In: Heimatschutz. 1929/3, S. 33 – 48.
- 8** Adolf Bühler. Ein Brückenmodell von Nikolaus Riggenschach. In: Schweizerische Bauzeitung. 4.2.1922, S. 62.
- 9** Karl-Eugen Kurrer. Geschichte der Baustatik. Berlin, 2002, S. 412.
- 10** Arthur Vierendeel. Cours de Stabilité des Constructions. Bd. 2. Louvain, 1920 (3. Aufl.), S. 174.
- 11** Als schweizerische Antwort kann man damit Ingenieur Robert Mosers Kampagne für den Steinbrückenbau vergleichen, die zur gleichen Zeit ausgelöst wurde.
- 12** Arthur Vierendeel. La construction architecturale en fonte, fer et acier. Louvain, 1901, S. 790, S. 799, S. 866 (übersetzt vom Autor). Siehe auch: Patricia Radelet-de Grave. Arthur Vierendeel (1852–1940), pour une architecture du fer. In: Towards a history of construction. Hrsg. von A. Becchi [u.a.]. Basel, 2002, S. 417 ff.
- 13** Otto Mohr. Die Berechnung der Pfostenträger (Vierendeelträger). In: Der Eisenbau. 1912, S. 85–96.
- 14** Franz Czech. Der Vierendeelträger in der Geschichte des Eisenbaus. In: Der Eisenbau. 1912, S. 104–113.
- 15** Arthur Vierendeel. Einige Betrachtungen über das Wesen des Vierendeelträgers. Mit Erwiderung von Otto Mohr. In: Der Eisenbau. 1912, S. 242–244.
- 16** Umfassende Angaben zu dieser Diskussion und die angeführten Zitate finden sich in: Lothar Hammer. Köln. die Hohenzollernbrücke und die deutsche Brückenarchitektur der Kaiserzeit. Köln, 1997, S. 167.
- 17** David P. Billington. Robert Maillart's bridges. The Art of Engineering. Princeton, 1979, S. 69.
- 18** z.B. bei: Friedrich Hartmann. Ästhetik im Brückenbau. Leipzig, 1928, S. 46 ff.