

Zwei vorgespannte Sprengwerkbrücken

Autor(en): **Schubiger, Emil**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **76 (1958)**

Heft 24

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-63991>

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.

Zwei vorgespannte Sprengwerkbrücken

DK 624.282:624.012.47

Von Emil Schubiger, dipl. Ing., Zürich

In landschaftlich entgegengesetzter Umgebung und für verschiedene Zwecke wurden im Jahre 1957 zwei Strassenbrücken erstellt, deren gemeinsames Merkmal, die abgekürzte Formensprache, zur Diskussion steht.

1. Brücke über die Birs in Dornach

Auf einem alten Holzschnitt über die Schlacht bei Dornach (1499) ist durch eine zerfallene Holzbrücke die Stelle bezeichnet, wo die Birs am günstigsten passierbar ist. Die kurz darauf erstellte und 1813 erneuerte Steinbrücke ist von jeher durch eine Heiligenfigur geschmückt und hat bis heute den Namen Nepomukbrücke behalten. Sie führt durch einen Engpass ins Dorf und genügt dem heutigen Verkehr längst nicht mehr. Das Projekt einer Umfahrung des Dorfes wurde lange Zeit von Gewerbekreisen Dornachs bekämpft und dasjenige einer Brückenverbreiterung vom Heimatschutz. Erst die gewaltige Zunahme des Verkehrs in den letzten Jahren entschied den Streit und ermöglichte den Neubau einer modernen Brücke flussabwärts, ohne Antastung des alten Bildes. Dort fliesst die Birs in einem Felseinschnitt, der in einer einzigen Oeffnung überbrückbar ist.

Drei Entwürfe in Spannbeton standen einander gegenüber: Ein durchlaufender Balken auf hohen Säulen, ein Stabhaken mit rippenloser Fahrbahnplatte auf Scheibenständern und ein Sprengwerk. Das letztgenannte stellte sich als die wirtschaftlichste Lösung heraus und wurde auch gerne als neuste Weiterentwicklung des Bogenprinzips neben die alten Massiv-Steinbögen gestellt. Der Kontrast soll durch Aufstellung einer abstrakten Plastik noch unterstrichen werden. Die Spannweite des Sprengwerkes über die Birs beträgt rd. 35 m und über dem Fabrikkanal rd. 15 m, die Gesamtlänge 66 m und die Brückenbreite 13,5 m. Die Fundamente stehen auf gutem Felsgrund in grosser Tiefe eingespannt, und deshalb ist es ökonomisch, wenn sich die Streben nach unten nicht nur in der Dicke, sondern auch in der Breite verjüngen, um ein möglichst konzentriertes Fundament zu ergeben. Das Fussgelenk wird durch Einschnürung des Strebenquerschnittes auf einen Drittel erzielt. Weil die schrägen Scheiben durch Rahmenwirkung grosse Biegemomente erhalten, sind sie vorgespannt.

Die Fahrbahn bildet eine über vier Oeffnungen durchlaufende Platte, zwei Stützpunkte an den Strebenköpfen sind elastisch senkbar und der dritte beim Birskanal ist fix. Beide Endauflager sind durch Betonpendel auf Bleistreifen verschieblich ausgebildet und mit Schleppblech auf Winkelleisen abgedeckt. Bei Temperaturschwankungen bleibt der Mittelquerschnitt am Ort und öffnen oder schliessen sich beide Fugen gleichzeitig. Bei symmetrischer Belastung des Sprengwerkes tritt keine Bewegung in den Fugen auf. Bei Teilbelastung vollzieht die ganze Fahrbahnplatte eine horizontale Bewegung gegen die leere Seite hin. Es entstand hier die Frage, ob nicht das eine Widerlager als unbeweglich ausgebildet und für den entstehenden Schub entsprechend fundiert werden sollte. Der rechnerische Vergleich dieser beiden Lösungen zeigte aber, dass sich die Mehrkosten der Funda-

mente und der Nachteil von erhöhten Temperatur- und Schwindspannungen nicht lohnen.

Die Plattenstärke der Fahrbahn beträgt in den Endfeldern 53 und im Rahmenriegel 63 cm. 18 Vorspannkabel BBRV von 125 t laufen auf ganze Brückenlänge durch. Sieben Kabel von 90 t bilden über den Strebenköpfen die Deckung der auftretenden negativen Momentspitzen. Die Parasitär momente sind durch Wahl der Kabelform so geleitet, dass keine Vouten nötig sind. Die unvermittelten Ecken der Strebeansätze erwecken den Eindruck zusammengesteckter Scheiben und tragen dem Bauwerk den vermeintlichen Spottnamen «Kartenhaus» ein. Das im ersten Augenblick etwas befremdete Formgefühl gewöhnt sich aber bereits an die innere Richtigkeit neuer Gestaltung. Bild 2 zeigt den Kabelverlauf mit vier Wellentälern.

Die Probelast bestand aus sechs Lastwagen von 14 t, von denen drei vorwärts und drei rückwärts fuhren, so dass die Hinterräder ein konzentriertes Gewicht von 70 t ergaben. Einzelne Wagen fuhren mit voller Geschwindigkeit auf die Brücke und bremsten ihren Lauf plötzlich ab. Einer bewegte sich über ein künstliches Hindernis und versetzte der Brücke einen Schlag. Aus der Gleichmässigkeit der Werte für die ganze Breite war zu ersehen, dass der volle Brückenquerschnitt an der Lastaufnahme beteiligt ist. Der Mittelwert der Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen betrug 497 kg/cm²; entsprechend der EMPA-Formel ergibt sich ein Elastizitätsmodul von 391 000 kg/cm². Durch die weitere Verfestigung bis zum Zeitpunkt der Probelastung erhöhte sich dieser auf 430 000 kg/cm². Mit diesem Elastizitätsmodul wurde Uebereinstimmung der Rechnung und Messung für symmetrische Vollast erzielt (Durchbiegung im Scheitel 4,9 mm).

In Bild 4 ist für einseitige Laststellung die Biegefläche isometrisch dargestellt. Daraus ist einmal ersichtlich, dass sich eine exzentrische Belastung nur auf das belastete Feld auswirkt; die Durchbiegungen der Nachbarfelder sind über den Querschnitt nahezu konstant. Im weiteren verlaufen die Durchbiegungen im Querschnitt nahezu linear, d. h. die Quermomente sind verschwindend klein. In der statischen Berechnung ist eine exzentrische Belastung dadurch berücksichtigt, dass die Längsmomente bei zentraler Belastung um 15 %



Bild 1. Untersicht der neuen Birsbrücke in Dornach vom linken Ufer, mit den Streben des Sprengwerkes und der Pendelstütze über den Kanaleinlauf

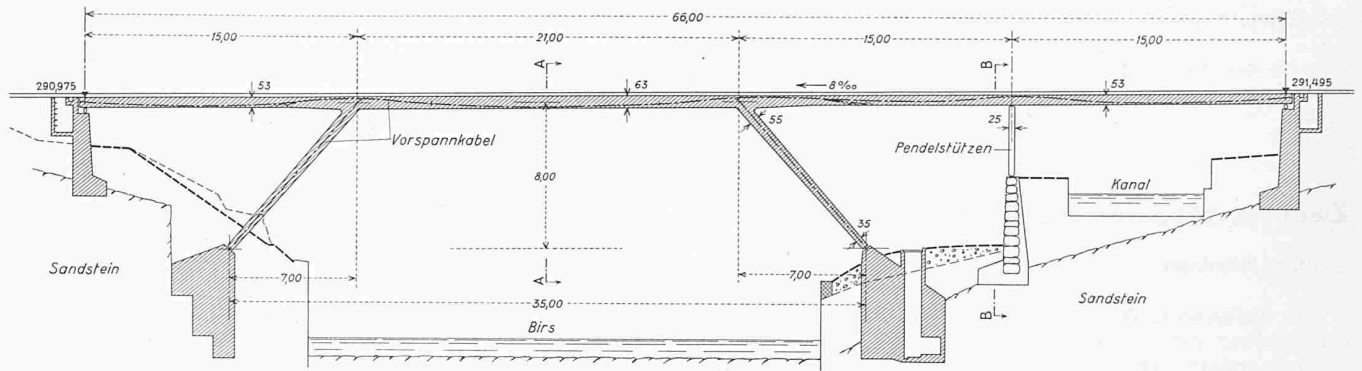


Bild 2. Birsbrücke in Dornach, Längsschnitt in Brückenaxe, 1:400

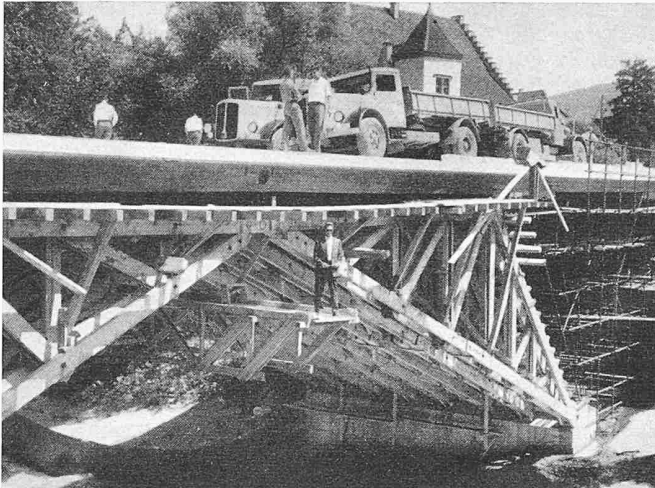


Bild 3. Belastungsprobe mit sechs Lastwagen von 14 Tonnen. Deflektometer auf dem abgesenkten Gerüst montiert

erhöht worden sind. Da die freie Drehung der Fahrbahnplatte durch die Streben nahezu verhindert wird, beträgt der Anteil der Torsion an der Durchbiegung 0,8 mm, der Anteil der Biegung 0,5 mm. Wie später auch im Val Nalps beobachtet wurde, war die horizontale Verschiebung der Brückenplatte unter Belastung des Strebenkopfes geringer als theoretisch berechnet, ebenso die Senkung und Hebung der Knotenpunkte. Zu den dort genannten Zwängungen in den Gelenkeinschnürungen und Beilagern kommt hier die Schiefstellung der Pendelstützen als Versteifung hinzu.

Das Lehrgerüst wird bei Sprengwerken besonders einfach und klar, weil nur gerade Begrenzungslinien vorkommen. Während sich im Val Nalps dessen Konstruktion aus dem Freivorbau ergab, war in Dornach das Einschwenken ganzer Binderhälften möglich. Bei der Submission standen sich Stahl und Holz im Wettstreit gegenüber. Als zulässige Einsenkung im Scheitel waren 10 mm vorgeschrieben. Die günstigste Lösung in Ringdübelbauweise wurde von der ausführenden Unternehmung Renfer & Wetterwald in Dornach der Zimmerei Gebr. Häring in Pratteln übertragen.

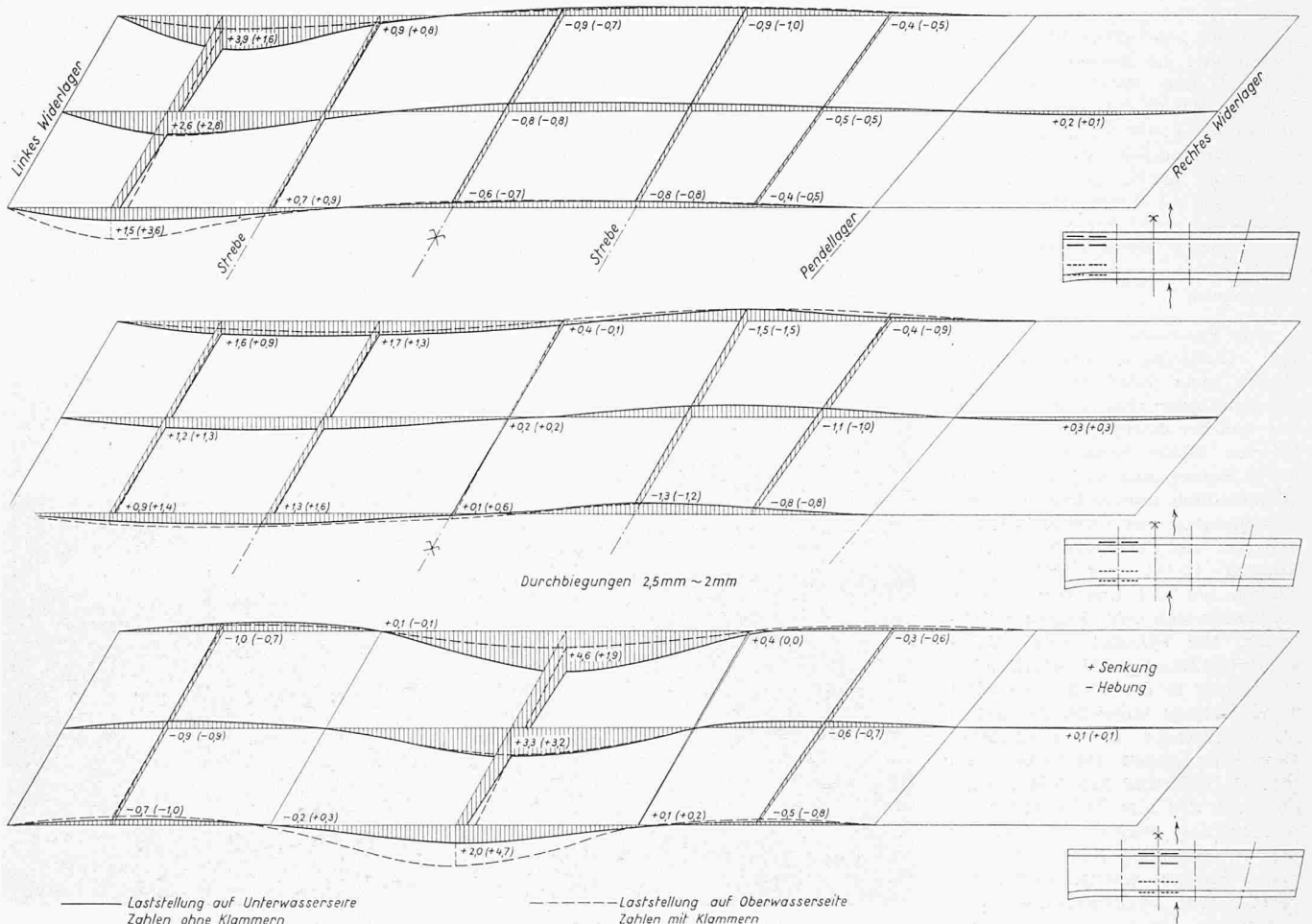


Bild 4. Isometrie der Messergebnisse der elastischen Einsenkungen (für unsymmetrische Belastungen)

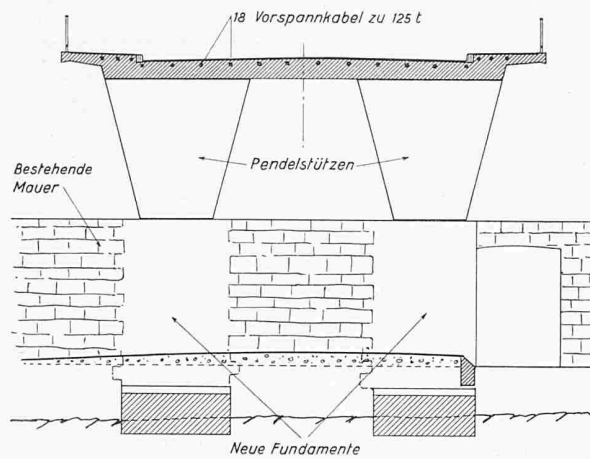


Bild 5. Querschnitt B—B, 1:200

Gemäss der geographischen Lage der Brücke auf der Grenze zwischen Solothurn und Baselland bildeten beide Stände die Bauherrschaft und entstand das Werk durch die Zusammenarbeit von Firmen aus beiden Kantonen.

2. Brücke über den Rhein de Nalps, Kanton Graubünden

Im Zuge der neuangelegten Strasse von Sedrun zum künftigen Stausee im Val Nalps galt es, ein etwa 50 m weites und 30 m tiefes Tobel zu überbrücken. Einem vierbeinigen Sprengwerk mit zweiteiligen, gespreizten Streben wurde auf Grund eines Wettbewerbes, der unter anderem auch Bogenlösungen eingebracht hatte, der Vorzug gegeben.

Auf 1676 m ü. M., wo sich der Nalps-Rhein zwischen zwei schroffen Felsflanken durchzwängt, verbindet die neue Brücke die beiden Talseiten. Die Spannweiten der Fahrbahnplatte sind 14, 19 und 14 m, und die Kämpferpunkte der Streben liegen 35,20 m auseinander. Die mittleren Plattenstärken in der Hauptöffnung betragen 58 cm bei den Strebenansätzen und 54 cm in der Mitte. Die Fahrbahnplatte ist mit sieben Kabeln zu 125 t, System BBRV, längs vorgespannt, während die Streben mit hochwertigem Armierungsstahl schlaff bewehrt sind. Je vier Betonpendel mit Bleistreifen bilden die längsverschieblichen Auflager an beiden Brückenden. Die Gelenke in den Strebenfußpunkten sind durch Einschnürung auf einen Drittel des Querschnittes näherungsweise verwirklicht.

Statisch handelt es sich um einen Rahmen mit verschieblichen Knotenpunkten sowohl in horizontaler als auch vertikaler Richtung. Demzufolge weichen die Momenten-Einfluss-

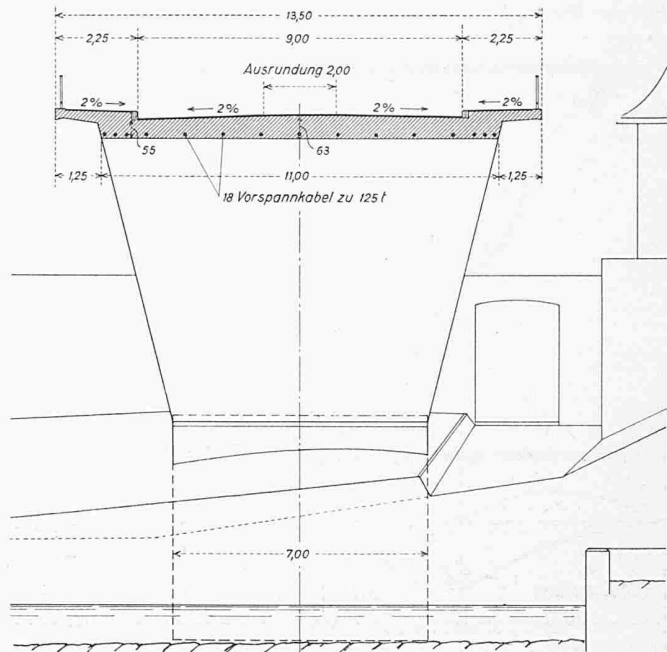
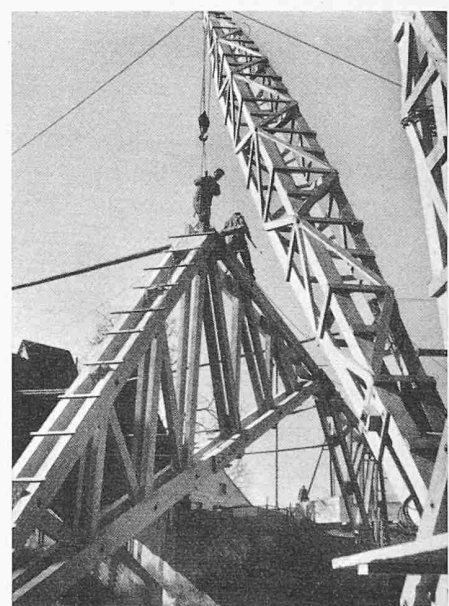


Bild 6. Querschnitt A—A, 1:200

linien wesentlich von den gewohnten Formen bei Systemen mit unverschieblichen Knoten ab. Insbesondere sind die Einfluss-Ordinaten über den Knotenpunkten nicht null, ausgenommen für den Querschnitt in Brückenmitte.

Es war von Interesse, am ausgeführten Bauwerk nachzuprüfen, wie weit das tatsächliche Verhalten der Brücke mit der Berechnung übereinstimmt. Die Belastungsprobe, die sich auf Durchbiegungs- und Verschiebungsmessungen beschränkte, wurde vom projektierenden Ingenieur durchgeführt. Dabei benützte er das um rd. 10 cm abgesenkte Lehrgerüst als feste Messbasis. Unter den aufgebrachten Lasten wies die Brücke ein einwandfreies elastisches Verhalten auf, indem alle Deformationen bei der Entlastung wieder verschwanden. Für die Laststellung über dem linken Strebenansatz ergaben sich die grössten Knotenverschiebungen und zwar Senkung links gleich Hebung rechts. Es war interessant, festzustellen, dass die gemessenen Werte hinter den gerechneten zurückblieben. Diese Versteifung liegt in der Tatsache begründet, dass die konstruktive Anordnung der Auflager nur angenähert der der Berechnung zu Grunde liegenden Idealisierung entspricht. Die Kraft, die notwendig ist, um die Fahrbahnplatte um 1 mm in Längsrichtung zu verschieben, beträgt nur 2,6 t, was besagt,



Bilder 7 und 8. Lehrgerüst in Ringdübelkonstruktion, Dreigelenkfachwerk von 35 m Spannweite; Binderhälften mit Holzderrick eingeschwenkt

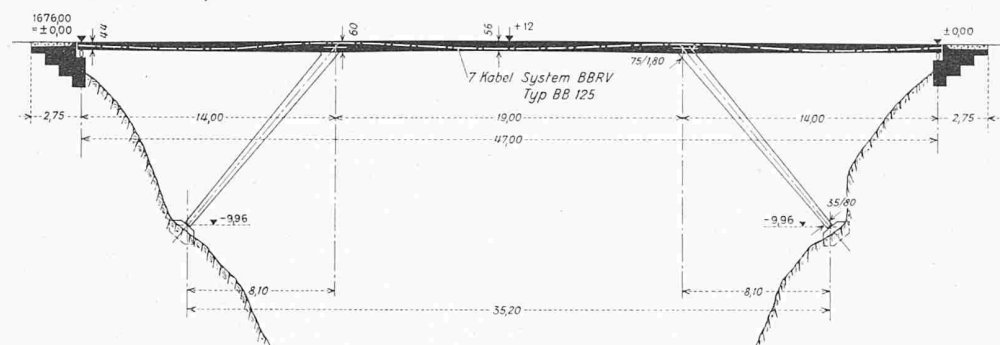
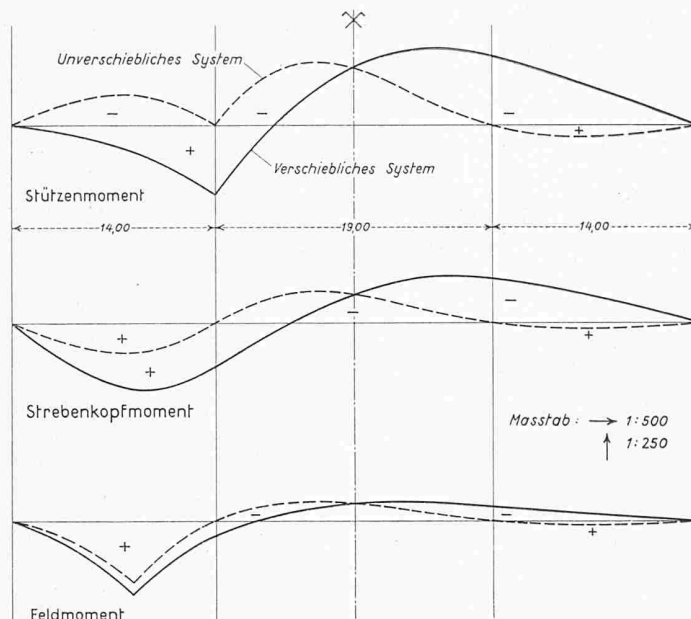

Bild 9. Längsschnitt
1:400


Bild 11. Typische Einflusslinien für das verschiebliche und das unverschiebliche System

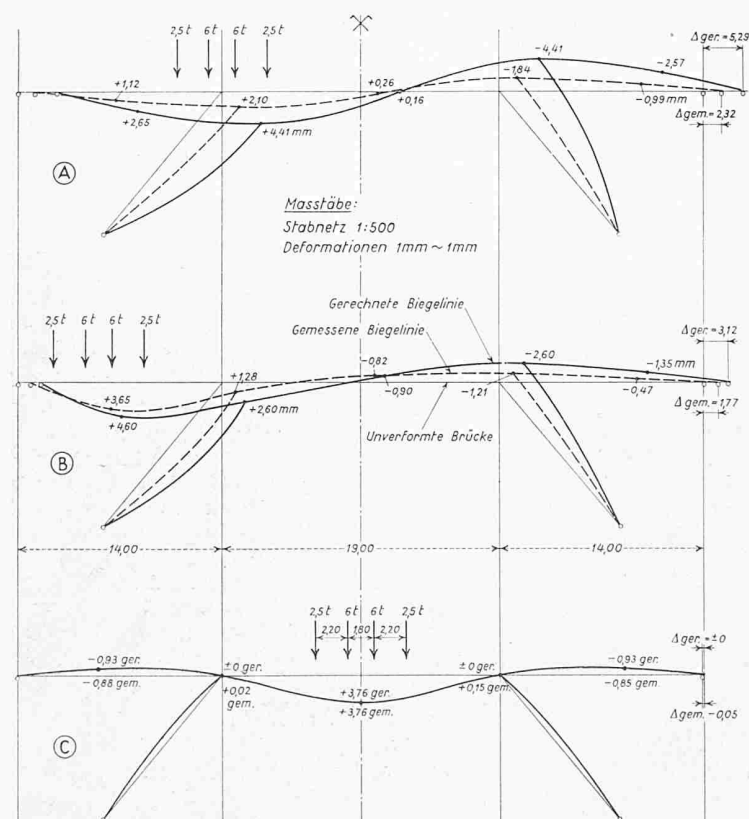


Bild 12. Belastungsprobe: A Last über der Strebe; B Last im Endfeld; C Last im Mittelfeld

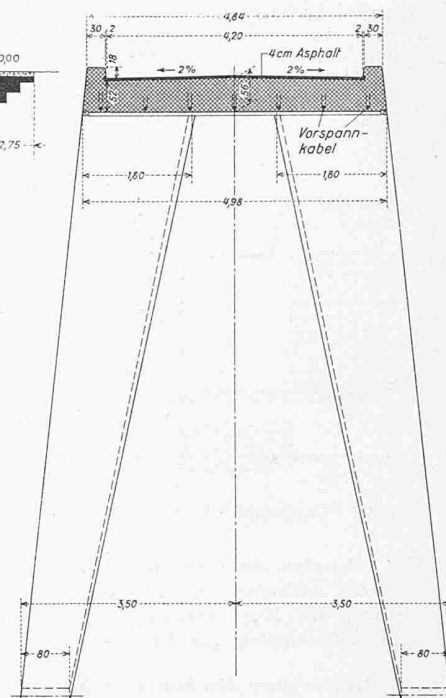


Bild 10. Querschnitt 1:120 in Brückenmitte

das schon relativ geringe Zwängungen in den Betonpendeln und Kämpfergelenken die Verschieblichkeit hemmen und dass der Extremfall freier Beweglichkeit nicht erreicht ist. Die statische Nachprüfung des Systems für unverschiebliche Knoten (anderer Extremfall) ergibt, dass alle Schnittkräfte kleiner ausfallen als bei freier Verschieblichkeit. Das tatsächliche statische Verhalten der Brücke liegt zwischen den genannten zwei Grenzfällen. Die gehemmte Verschieblichkeit wirkt sich für die Brücke günstig, d. h. im Sinne grösserer Steifigkeit aus.

Die Ausführung dieses Bauwerkes im entlegenen Seitental des Vorderrheins ohne normale Zufahrt bot etwelche Schwierigkeiten. So konnte z. B. der Betonkies, welcher aus dem Rhein bei Truns gewonnen wurde, über die letzte Wegstrecke nur noch kubikmeterweise transportiert werden. Die Längsbewehrung der Streben musste in kurzen Stücken geliefert werden, da das Befahren der engen Windungen des Strässchens Mühe bereitete.

Das Bild 15 zeigt die neuerstellte Brücke im Spätherbst 1957, kurz nach dem Entfernen des Gerüsts. Dank den geringen Abmessungen der Konstruktionsteile, wie sie dem vorgespannten Beton eigen sind, wirkt das Bauwerk sehr leicht und fügt sich unauffällig ins Talbild ein. Die Brücke, die ihr Gelände erst 1958 erhalten hat, entbehrt vorläufig noch des Grössenmassstabes. Die Bilder zeigen deshalb sehr anschaulich, dass Sprengwerke in Beton eine neuzeitliche Brückenform sind, die zur Ueber-spannung sowohl kleiner als auch grosser U- und V-Täler in Frage kommen.

Die Brücke wurde im Auftrage der Kraftwerke Vorderrhein AG. erstellt, und die Projektierungsarbeit lag in den Händen des Ingenieurbüros E. Schubiger in Zürich. Die Ausführung erfolgte in den Monaten Mai bis September 1957 durch die Firma Zindel in Chur; das Lehrgerüst erstellte im Freivorbau der bekannte Gerüstbauer R. Coray.

3. Neue Brückenästhetik

Der Schönheitsbegriff in der Baukunst ändert sich im Laufe der Zeit. Früher verpönte Attribute wie spröde, nackt, abstrakt entsprechen neuzeitlichem Geschmack. Dies findet seinen Ausdruck in der einfachen, klaren und kompromisslosen Formen-



Bild 13. Lehrgerüst Val Nalps, im Freivorbau erstellt

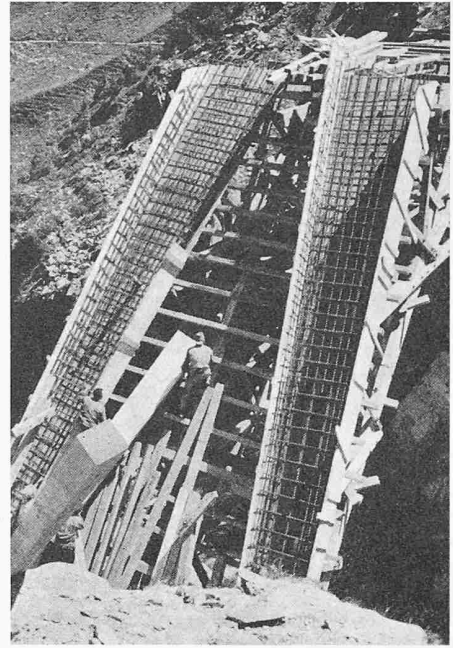


Bild 14. Schalung und Armierung der Streben

sprache moderner Bauwerke sowohl der Architektur wie auch der Ingenieurkunst.

Die zwei dargestellten Beispiele zeigen, dass die konstruktive Entwicklung die selbe allgemeine Tendenz aufweist. Wie die Physik entwickelt sich auch die Baustatik vom visuell Begreiflichen, handwerklich Ausdrückbaren zum verborgenen inneren Kräftespiel. Im alten Steinbogen lagen sichtbare Fugen rechtwinklig zur Drucklinie, und der Schlussstein betonte den Horizontalschub im Scheitel. Schon vor hundert Jahren brachte der Eisenbeton versteckte Formen, nämlich jene der Armierungen im Innern des Betons. Eine weit auskragende Konsole beängstigt den Laien, weil er die Bündel der oberen Zugeisen und deren sukzessive schräge Verankerung in der unteren Druckzone nicht sehen, geschweige denn sie verstehen kann. Die Einführung des vorgespannten Betons steigert das visuelle Geheimnis um die Konstruktion noch mehr. Während die Schubeisen wie das Skelett in gebrochener Linie im Körper eingebettet waren, folgen die Vorspannkabel wie gestreckte Sehnen dem Kräftefluss fast ohne Fleisch. Die im Innern des Balkens gezogenen Stahlseile gleichen einer ganz flach gespannten Hängebrücke, bei der die Kabel im Versteifungsträger drin versteckt sind. Wenn dazu noch absichtlich innere Zwängungen erzeugt werden, um die Momentenverteilung zu beeinflussen, örtliche Kräfte-Spitzen zu ebnen und gar negativ mit positiv zu vertauschen, wird das Fassungsvermögen des Ungeschulten schlechterdings überschritten. Aber im Vertrauen auf die Bildungsfähigkeit des Betrachters bei der Beurteilung neuzeitlicher Bauwerke und im Bewusstsein der Tatsache, dass schon nach kurzer Zeit die Gewöhnung eine anfängliche Abneigung gegen die neue Formensprache ablöst, wurde bei den zwei gezeigten Brücken der Versuchung widerstanden, durch Kompromisse und mildernde Uebergänge der Gewohnheit Konzessionen zu machen.

Adresse des Verfassers: *Emil Schubiger*, dipl. Ing., Universitätsstrasse 86, Zürich 6.

Connecticut Turnpike

DK 625.711.3

Obschon sowohl die deutschen wie auch die amerikanischen Autobahnnetze oft als mustergültig angesehen werden, müssen auch diese zwei Länder um den dauernden Weiterbau ihrer Autobahnen kämpfen. Dieser kann sich z. T. auf den Ausbau von Verlängerungen und Zwischenstrecken beschränken. Ein solches Beispiel bietet die Connecticut Turnpike, welche vom Rande von New York bis nach Rhode Island führt und welcher «Civil Engineering» vom Sept. 1957 mehrere Aufsätze widmet. Der Ablauf der Baugeschichte kann uns beinahe neidisch machen; denn erst 1953 beschloss die Legislative des Staates Connecticut den Bau der Turnpike, worauf die Gutachten über Verkehr und Gebühren-Einnahmen sowie über Bau- und Betriebskosten bereits im Februar 1954 vorlagen und die erste Anleihe im Mai 1954 ausgeschrieben werden konnte. Die Oeffnung für den Verkehr erfolgte Ende 1957. Die Route US 1, die sogenannte «Boston Post Road», welche von New York aus der Küste in nordöstlicher Richtung

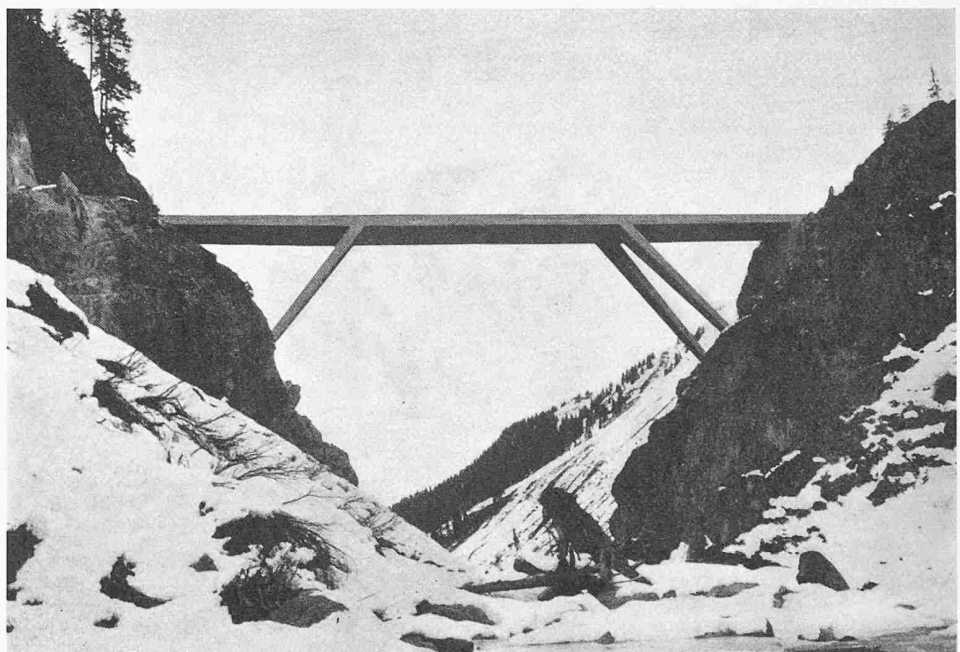


Bild 15. Ausgerüstete Brücke, Blickrichtung flussabwärts