

# Brücke und Schlucht : vier Beispiele alpiner Ingenieurkunst

Autor(en): **Conzett, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Werk, Bauen + Wohnen**

Band (Jahr): **80 (1993)**

Heft 1/2: **Berg-Werke = Architectures d'altitude = Mountain architecture**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-60821>

## **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.

# Brücke und Schlucht

## Vier Beispiele alpiner Ingenieurkunst

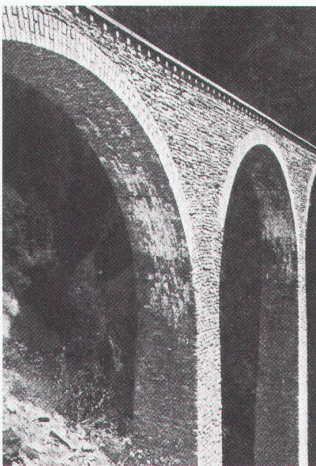
Brücken, die tiefe Schluchten überspannen, direkt in Tunnels übergehen, sich auf senkrechte Felswände abstützen, gehören zu den hervorragenden Bauwerken in der Alpenwelt. An vier Beispielen wenig bekannter Gebirgsbrücken der letzten fünfzig Jahre sollen verschiedene entwerferische und konzeptionelle Antworten auf technische Fragen kommentiert werden.

## Quatre exemples alpins de l'art de l'ingénieur

Les ponts enjambant des ravins profonds, s'enfonçant directement dans des tunnels et s'appuyant sur des parois rocheuses à pic appartiennent aux magnifiques ouvrages ferroviaires du monde alpin. A la lumière de quatre exemples peu connus de ponts en montagne datant des cinquante dernières années, l'article ci-après commente divers projets et conceptions répondant à des problèmes techniques.

## Four Examples of Alpine Engineering

Bridges that span deep gorges, merge directly into tunnels or cling to vertical rock faces for support are among the outstanding engineering works of the alpine world. The four following examples of lesser known mountain bridges constructed within the past fifty years provide the basis of a commentary on various conceptual and architectural answers to technical problems.

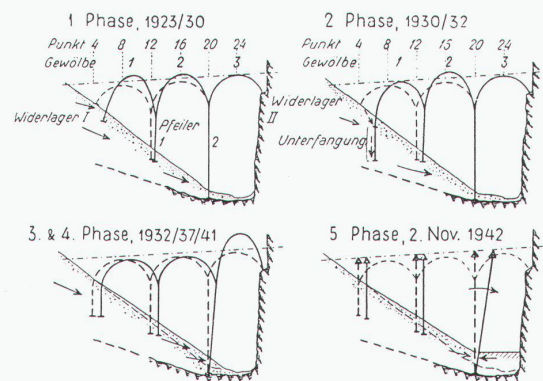


**Der Castieler Viadukt vor dem Umbau**  
Viaduc de Castiel avant transformation  
Castiel Viaduct before renovation



**Castieler Viadukt während des Umbaus**  
Viaduc de Castiel pendant sa transformation  
Castiel Viaduct during renovation

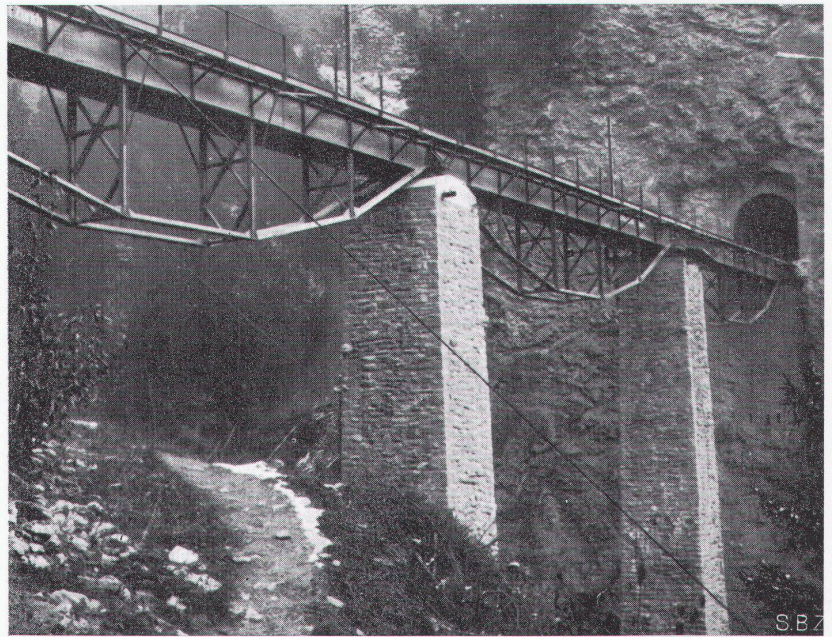
**Schematische Verformungsbilder des Castieler Viadukts**  
Diagrammes de déformation schématiques du viaduc de Castiel  
Diagram of the deformation of the Castiel Viaduct



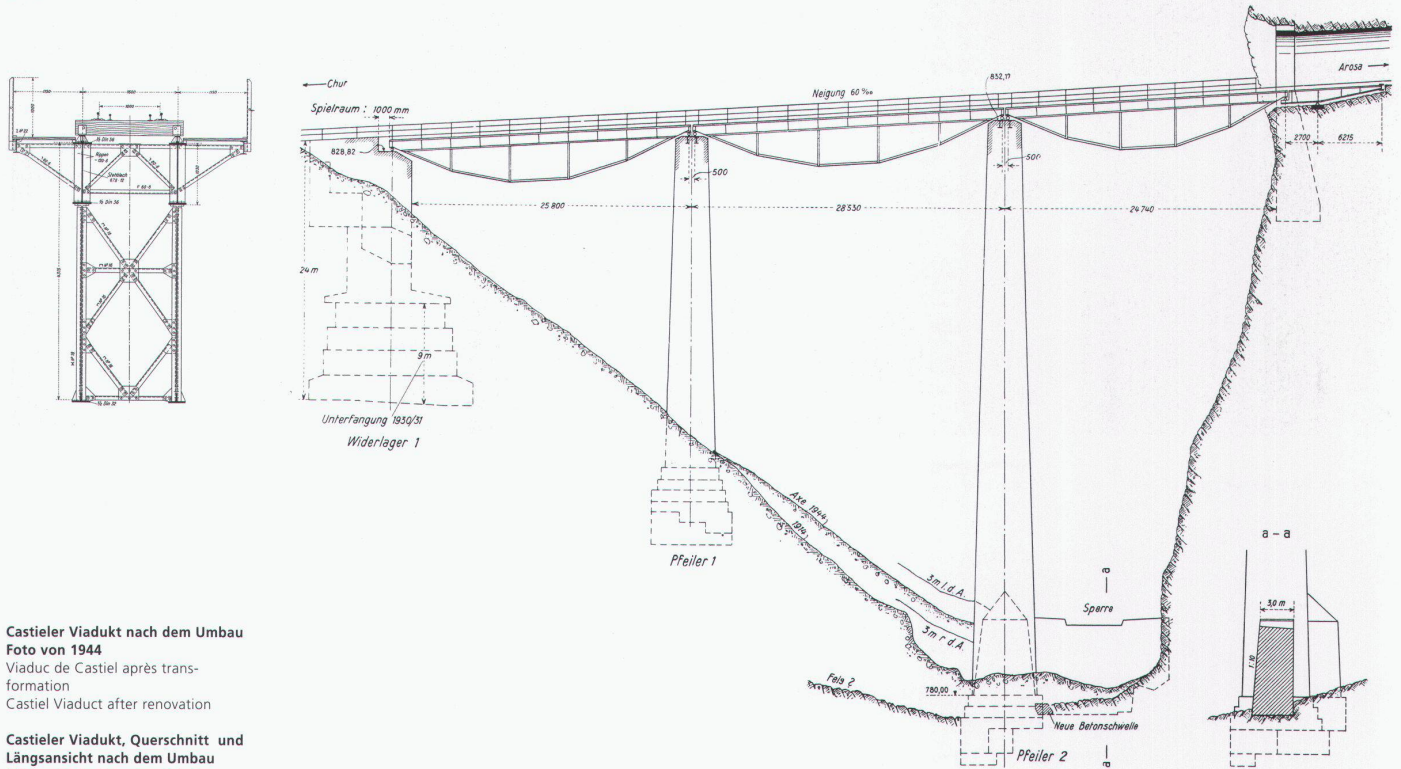
### 1. Die kriechende Brücke

Die Eisenkonstruktion des Castieler Viadukts der Bahnlinie Chur–Arosa ersetzt seit 1943 den Überbau einer gemauerten Brücke, deren Gewölbe wegen geologisch bedingter Geländebewegungen eines *Kriechhangs* derart verformt waren, dass sie aus Sicherheitsgründen abgebrochen werden mussten. Der Umbau erfolgte unter schwierigsten Bedingungen: Nicht allein musste ein statisches Konzept gefunden werden, das den fortwährenden Bewegungen des Untergrunds und damit der Widerlager und Pfeiler Rechnung trug – die Rekonstruktionsarbeiten durften auch den Bahnbetrieb nicht unterbrechen, und wegen der Kriegszeit war nur ein Minimum an Baustahl für die neuen Brückenträger verfügbar.

Der ursprüngliche Castieler Viadukt war von Ingenieur A. Biveroni in den Jahren 1912 bis 1914 erbaut worden.<sup>1</sup> Die Brücke überquert das Castieler Tobel an seiner engsten Stelle. Sie bestand aus drei gemauerten Gewölben von je 25 m Spannweite, deren letztes in rund 50 m Höhe direkt in eine senkrechte, teilweise sogar überhängende Felswand führte. Schon wenige



<sup>1</sup> Schlussbericht der Bauleitung über die Bauarbeiten der Chur–Arosa-Bahn, «SBZ» 19.6.1915, S. 277



Castieler Viadukt nach dem Umbau  
Foto von 1944  
Viaduc de Castiel après transformation  
Castiel Viaduct after renovation

Castieler Viadukt, Querschnitt und Längsansicht nach dem Umbau  
Viaduc de Castiel, coupes transversale et longitudinale après transformation  
Castiel Viaduct, view cross section and longitudinal after renovation

Jahre nach Bauvollendung erkannte man Hebungen und Risse in den ersten beiden Bogen, deren Auftreten nur durch einen starken Erddruck parallel zur Brücke erklärt werden konnte. In der Tat zeigten periodische Messungen, dass sich das Widerlager Seite Chur langsam gegen die Felswand hin bewegte; eine Verformung, die bis heute anhält, etwa 6 mm pro Jahr beträgt, und auf ein tiefgründiges Gleiten der westlichen Talflanke zurückzuführen ist. Anfang der dreissiger Jahre wurden umfangreiche Verstärkungen und Unterfangungen vorgenommen, die aber nur kurzzeitig die Bewegungen des Bauwerks zu bremsen vermochten; letztlich verlagerte man mit diesen Massnahmen den schwächsten Punkt der Konstruktion in das dritte Gewölbe unmittelbar vor der Felswand, das nun je länger je mehr emporgedrückt und zerrissen wurde.

Die noch junge Wissenschaft der Geotechnik fand im Castieler Viadukt ein hochinteressantes Fallbeispiel. Um die Frage zu klären, ob die Kriechverformungen des Hanges nicht doch noch zur Ruhe gebracht werden könnten, stellte der Erddruckexperte Robert Haefeli umfangreiche experimentelle und theoretische Untersuchungen an, die bewiesen, dass eine Stabilisierung der gleitenden Erdmassen mit vernünftigem Aufwand nicht möglich war.<sup>2</sup>

Hans Conrad, Oberingenieur der Rhätischen Bahn, projektierte den nun unvermeidlichen Umbau der Brücke zusammen mit der «Eisenbahngesellschaft Zürich». Die drei Gewölbe wurden mit hölzernen Gerüsten unterfangen, die Seitenwände abgebrochen und das Geleise auf ein provisorisches Stempelgerüst gelegt.

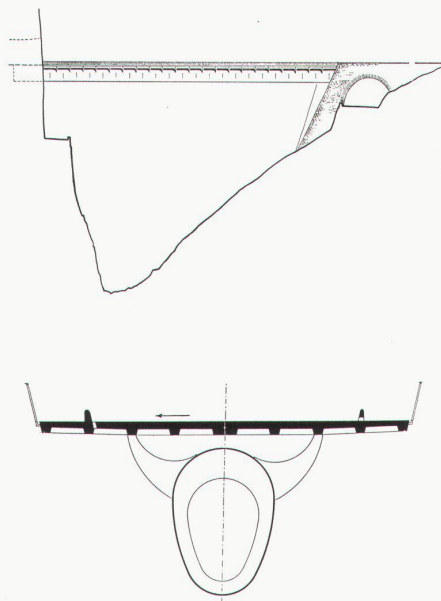
Nach Abbruch der Bogen bis auf ein Reststück von gut einem Meter Breite konnten die neuen Blechbalken seitlich unter die Schienen gehoben werden. Eigentümlich ist die Befestigung der Brücke in der Felswand: Da man sich scheute, den letzten Eisenträger direkt auf die Kante des brüchigen Flyschgesteins zu lagern, setzte man einen Konsolträger in den anschliessenden Tunnel, der das Auflager der Konstruktion ins Innere des Berges verlegt. Die drei *unterspannten Träger* sind wie die Wagen eines Zuges miteinander gekuppelt und liegen auf Rollenlagern, die von Zeit zu Zeit den veränderten Pfeilerstellungen angepasst werden.

Ästhetische Ansprüche haben bei der Gestaltung dieser schwer zugänglichen und kaum einsehbaren Konstruktion sicher keine Rolle gespielt. Technische und bahnbetriebliche Sachzwänge sind für das heutige Erscheinungsbild der Brücke verantwortlich. Das Bauwerk besitzt aber jene formale Überzeugungskraft, die zu Ende gedachten Problemlösungen eigen ist; der unheimliche Eindruck des äusserst leicht und sparsam bemessenen Tragwerks entspricht den prekären Fundationsverhältnissen.

## 2. Der Katapultgedanke

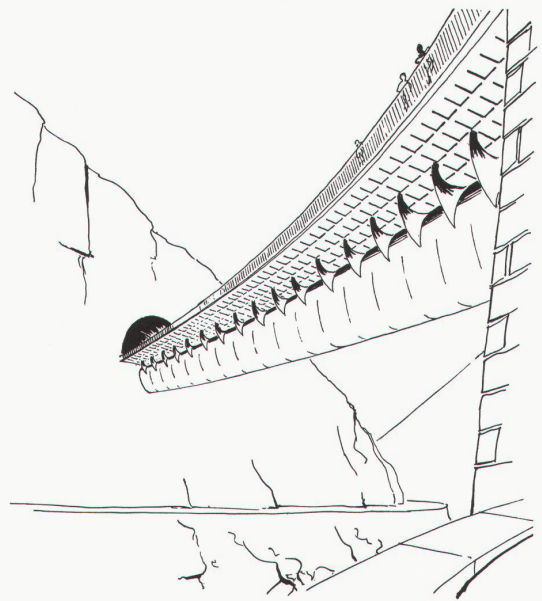
Wie kein anderer Brückenbauer der fünfziger Jahre führte der Neubau der Teufelsbrücke im Zuge der Erweiterung der Gotthardstrasse zu langen und intensiven Diskussionen. Der Entwurf einer granitverkleideten Betonbogenbrücke mit elliptischem Gewölbe, den eine eidgenössische Kommission vorgeschlagen hatte, brachte zahlreiche Einsprecher auf den Plan, die das

<sup>2</sup> Conrad Hans: «Der Umbau des Castieler Viaduktes der Linie Chur-Arosa der Rhätischen Bahn», «SBZ» 11.11.1944, S. 255 ff.



**Teufelsbrücke, Längsansicht**  
Teufelsbrücke (pont du diable),  
coupe longitudinale  
Teufelsbrücke (Devil's Bridge),  
longitudinal view

**Teufelsbrücke, Querschnitt**  
Teufelsbrücke, coupe transversale  
Teufelsbrücke, cross section

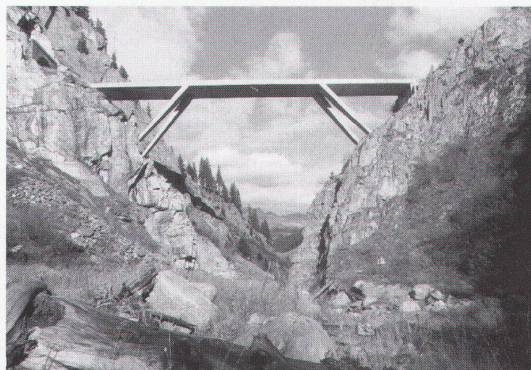


**Teufelsbrücke von H. Hilfiker, Perspektive**  
Teufelsbrücke de H. Hilfiker,  
perspective  
Teufelsbrücke by H. Hilfiker,  
perspective



**Brücke Rein da Nalps**  
Pont Rein da Nalps  
Rein da Nalps Bridge

Foto J. Conzett



offizielle Projekt als allzu konservativ und behäbig einstufen. Unter den zahlreichen Gegenvorschlägen, die in der «Schweizerischen Bauzeitung» publiziert wurden, ist derjenige Hans Hilfikers wohl der kühnste und schönste.

In einem umfangreichen Text schildert Hilfiker seine Idee. Er beginnt mit einer Beschreibung der älteren Teufelsbrücken. Die alte Brücke von 1595 mit ihrem flachen Korbbogen sei von sensibler Einfühlung in die geometrischen und mechanischen Naturgegebenheiten geprägt gewesen; dagegen zeuge der «beruhigte Klassizismus» der Brücke des 19. Jahrhunderts von der erlahmten Kraft, ursprünglich und lebendig aus der Aufgabe heraus zu gestalten. Die ältere, «hinüberspringende» Brücke werde dem Bild einer Teufelsbrücke erheblich gerechter, als der «aus dem Felsenrunde aufsteigende» Bogen des Kommissionsvorschlags. Der Reiz der neuen Strassenführung liege «im *katapultartigen* Austritt des horizontalen Fahrbahnflächenstreifens aus dieser grossflächigen, nahezu senkrechten, granitene Teufelswand». Die Felswand müsse deshalb als Fläche wirken können und von allen vermeidbaren Vorbauten freigehalten werden. Konsequenz sei ein Materialgegensatz zwischen Felswand und Katapult, der dem Flächen- und Raumkontrast (breite Felswand/schmalere Fahrbahnstreifen – vertikale Wand/horizontale Bahn) entspreche. Die Rostschutzfrage der «stiebenden Brücke» und der ästhetische Zusammenklang von Granit und Stahl hingen zusammen, die Granitstruktur enthalte in ihren glitzernden Partikeln geradezu eine Anspielung auf Metall, aber auf *blankes* Metall.

Hilfiker schlägt nun vor, die Schlucht mit einem torsionssteifen, in die Felswand eingespannten Chromstahlrohr zu überbrücken. Der Querschnitt zollt dem Teufel Tribut: Paarweise angeordnete Hörner tragen die Fahrbahnplatte aus vorgefertigten und vorgespannten Betontafeln. Die Montage des Rohrs könnte in freiem Vorbau aus der Felswand heraus erfolgen, mit Hilfe einer provisorischen Kranbahn auf den Hörnerspitzen. Nach hydraulischem Anheben auf das rechtsseitige Widerlager würden anschliessend die Fahrbahntafeln gesetzt.

Allfälligen Einwendungen entgegnet der Ingenieur, es gebe schliesslich nur *eine* Teufelsbrücke, und in diesem Fall gehöre zur Kühnheit ein gutes Stück Erstmaligkeit. «Was hier vorgeschlagen wird, mag viel sein, wenn man bedenkt, wie wenig Raum für Kühnheit in diesem Zeitalter der quasitotalen Schadenversicherung ausser den kriminellen Bezirken geblieben ist.»<sup>3</sup>

Hilfiker beginnt seine Arbeit mit einer Analyse des Ortes. Wichtig sind ihm zunächst Fragen der Form und des Materials, die er aus der Betrachtung der bestehenden Bauten, der Topographie und des Klimas gewinnt.

<sup>3</sup> Hilfiker Hans: «Zum Gespräch um die Schöllenen», «SBZ» 11.7.1953, S. 400 ff.

Erst dann bezieht er Probleme der konstruktiven Gestaltung und des Bauvorgangs mit ein. Das endgültige Projekt ist mehrdeutig, es ist sowohl innovativer Vorschlag neuer technischer Möglichkeiten wie auch Zeugnis des kulturhistorischen Wissens und der bildlichen Vorstellungskraft seines Urhebers.

### 3. Spröde, nackt, abstrakt...

«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 Formensprache moderner Bauwerke sowohl der Architektur wie auch der Ingenieurkunst. (...) Die Einführung des vorgespannten Betons steigert das visuelle Geheimnis um die Konstruktion noch mehr. Die im Innern des Balkens gezogenen Stahlseile gleichen einer ganz flach gespannten Hängebrücke, bei der die Kabel im Versteifungsträger versteckt sind. Wenn dazu noch absichtlich innere Zwängungen erzeugt werden, um die Momentenverteilung zu beeinflussen, örtliche Kräftespitzen 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 der gezeigten Brücke der Versuchung widerstanden, durch Kompromisse und mildernde Übergänge der Gewohnheit Konzessionen zu machen.»<sup>4</sup>

Der so optimistisch auf die Bildungsfähigkeit des Betrachters vertraut, ist Emil Schubiger, Zürcher Ingenieur, der 1957 im Val Nalps südlich von Sedrun im Bündner Oberland eine *vorgespannte Sprengwerksbrücke* baut. Die Brücke dient der Zufahrtsstrasse einer Staumauerbaustelle. Schubiger gewann den Submissionswettbewerb, den die Gesellschaft Kraftwerke Vorderhein ausgeschrieben hatte; sein Sprengwerk überzeugte nicht allein durch die sorgfältige Gestaltung, sondern kostete auch weniger als die Bogenbrücken, die seine Konkurrenten eingegeben hatten.

Hauptmerkmal des Entwurfs ist die «reduzierte Formensprache», rationell zu schalende Flächen, eben und geradlinig begrenzt. Die auf den ersten Blick scheinbar so einfache Konstruktion besitzt einige Feinheiten: So nimmt die Stärke der Fahrbahnplatte vom Widerlager zum Anschlusspunkt der Schrägstützen hin zu, verjüngt sich aber von da an bis zur Feldmitte wieder um vier Zentimeter – eine unauffällige, aber doch spürbare Formung. Bemerkenswert auch, wie die Stirnflächen von Schrägstützen und Fahrbahnplatte in einer Ebene liegen, dadurch den monolithischen Eindruck der Brücke «aus einem Guss» betonend.

<sup>4</sup> Schubiger Emil: «Zwei vorgespannte Sprengwerksbrücken», «SBZ» 14.6.1958

Brücke Rein da Nalps  
Pont Rein da Nalps  
Rein da Nalps Bridge

Foto J. Conzett

Die Rein-da-Nalps-Brücke sucht die Verbindung von Wirtschaftlichkeit und formaler Eleganz. Die gleiche Haltung, die Robert Maillart zu seinen expressiven Formen geführt hatte, verlangt jetzt, vor dem Hintergrund der neuen Vorspanntechnik und der gestiegenen Lohnkosten, einfachste, strenge Gestaltung. Dies kann auch Fachleute vor den Kopf stoßen. Noch zwanzig Jahre später meint Fritz Leonhardt, eine Bogenbrücke hätte besser zur Gebirgslandschaft gepasst.<sup>5</sup>

#### 4. Entwurf und Topographie

Im Gegensatz zu den bisher behandelten Beispielen sind die Felswände der Dala-Schlucht bei Sierre auf beiden Talseiten gleich hoch. Die Brücke mündet hier nicht in einen Tunnel, sondern verlängert die beidseitigen Geländeflächen über die Schlucht hinweg. Der Konstruktion steht mehr Raum zur Verfügung, sie kann mühelos über die Widerlager hinaus ins «Festland» entwickelt werden. Diesen Umstand benützten René Walther wie auch Christian Menn, Hans Rigidinger und Walter Maag für ihre Alternativprojekte von *Schrägseilbrücken*. Das Konzept basiert in beiden Fällen auf dem Auslegerprinzip: Zwei Pylone stehen auf den Hangkanten und tragen die Brückenfahrbahn mit Seilharfen. Der Brückenträger wird über die Auflagerpunkte weitergeführt, nun auf dem Baugrund aufliegend, bildet er gleichzeitig Widerlager und Gegengewicht für die Rückhaltseile der Pylone. Die Tragseile

bestehen aus hochwertigem Stahl, Träger und Pylone dagegen aus Beton. Die Montage erfolgt im freien Vorbau; der Brückenträger wird in Etappen von den Auflagern her betoniert und mit den Schrägkabeln am vorgängig erstellten Pylon befestigt. Besonderer Vorteil dieser Bauweise ist, dass sich die im Bau befindlichen Konstruktionsteile auf Elemente der fertigen Brücke abstützen, so dass Gerüste oder andere Provisorien entfallen.

Die beiden Vorschläge unterscheiden sich in der Ausbildung der Pylone: Das eine Projekt besitzt im Querschnitt A-förmige, gegen die Schlucht hin geneigte Böcke – das andere sieht auf jeder Talseite ein Paar einzeln tragende Scheiben vor, die in Brückenlängsrichtung leicht landwärts geneigt sind.

Beide – leider nicht gebauten – Dala-Projekte bestechen durch ihr präzises Eingehen auf eine besondere topographische Situation. Die über der Fahrbahn angeordneten Schrägseile und Pylone hätten die Konstruktion auch dem darüberfahrenden Benutzer verständlich werden lassen. Schrägseilbrücken werden seit einigen Jahren häufig auch für kleinere Spannweiten vorgeschlagen – die Dala-Brücke wäre ein innovatives, neuzeitlich gestaltetes Ingenieurbauwerk geworden, das an die Tradition der alten, ohne Pfeiler über Abgründe gespannten Hängebrücken erinnert hätte: Clifton Gorge, Niagara Bridge, Grand Pont...

J. C.

<sup>5</sup> Leonhardt Fritz: «Brücken, Ästhetik und Gestaltung», Stuttgart 1982

