

## Neubau Versamertobelbrücke New Versam Gorge Bridge

Beat Meier, Oliver Müller



Fig. 1  
Neue Versamertobelbrücke mit bogenförmiger Stahlfachwerkbrücke (Jahr 1897) im Hintergrund.  
New Versam Gorge bridge with arched, steel-truss bridge (built 1897) in the background.

### Einleitung

Die bestehende Versamertobelbrücke – eine bogenförmige Stahlfachwerkbrücke aus dem Jahr 1897 – genügte den Anforderungen an die heutige Nutzung nicht mehr. Es wurde jedoch entschieden, die bestehende Brücke als einen der wenigen Zeugen der Brückenbaukunst dieser Konstruktionsart zu erhalten und für den Langsamverkehr weiterhin zu nutzen. Eine zusätzliche Brücke sollte in einem respektvollen Abstand von ca. 40 m erstellt werden.

### Wesentliche Randbedingungen

Der Ausgestaltung der neuen Versamertobelbrücke kam aufgrund der dramatischen Landschaft, aber auch im Zusammenhang mit der bereits bestehenden Brücke eine grosse Bedeutung zu. Aufgrund der Nähe zur Rheinschlucht

### Introduction

The existing Versam Gorge Bridge – an arched, steel-truss bridge built in 1897 – no longer meets today's traffic requirements. As one of the few remaining examples of this bridge type, the structure should be left intact. Therefore, it was decided that the existing bridge would be used for pedestrians and cyclists and an additional bridge would be built a distance of 40 metres away not to impair the appearance of the old bridge.

### Important boundary conditions

The design of the new Versam Gorge Bridge was of great importance due to the dramatic landscape and the existing bridge that would remain. Due to its close proximity to the Rhine Gorge, which is in the federal inventory

– einem inventarisierten Objekt von nationaler Bedeutung – wurde das generelle Brückenkonzept in Absprache mit den Natur- und Heimatschutzkommissionen festgelegt.

Die Konstruktion sollte generell nach den Regeln des modernen Brückenbaus konzipiert werden und damit eine hohe Dauerhaftigkeit gewährleisten. In der bewaldeten und damit schattigen, feuchten Umgebung war tendenziell eine kompakte, integrale Betonkonstruktion ohne mechanische Bauteile (zumindest ohne Fahrbahnübergänge) anzustreben.

Das unwegsame, steile Gelände forderte eine saubere Beurteilung der Bauausführung. Der Erstellung der neuen Brücke wurde deshalb eine zentrale Bedeutung zugemessen. Die Wirtschaftlichkeit hing in grossem Masse von

of national importance, the bridge design was established in agreement with the Swiss nature conservation and heritage agencies. The construction should generally follow the rules of modern bridge design and therefore guarantee a high durability. In the forested and thus shady, moist environment, a compact, integral concrete construction without mechanical components (at least without expansion joints) was desirable. The rough terrain with steep valley slopes demanded a clear assessment of the construction process. It was therefore given special consideration in the design phase. The cost-effectiveness greatly depended on a reasonable and efficient construction process. For this reason, the questions of installation (space, cranes, approaches, use of the existing bridge during the construction phase) as well as falsework options were already very important during the design phase. In the project perimeter, the Bündner schist forms the bedrock surface. This is partly visible along the edges of the Versam Gorge. The Bündner schist is covered by debris from the Flims rock slide,



**Fig. 2**  
 Untersicht der Brücke mit Übergang vom offenen Plattenbalken zu Hohlkasten.  
 View from below the bridge with transition of T-beam section to box girder.

einem sinnvollen und effizienten Bauvorgang ab. Daher waren die Fragen der Installation (Platzverhältnisse, Hebezeuge, Zufahrten, Einbezug der bestehenden Brücke) sowie der Konzeption der Gerüstung bereits in der Entwurfsphase entscheidend.

Im Bearbeitungsperimeter bildet Bündnerschiefer den Festgesteinsuntergrund. Dieser ist entlang der Flanken des Versamertobels aufgeschlossen. Der Bündnerschiefer wird von umgelagerter Bergsturzmasse des Flimser Bergsturzes, moräneartigen Schottern und Hangschutt überlagert. Die teilweise grosse Mächtigkeit der Überschüttungen führt dazu, dass selbst Abstützungen im (oberen) Flankenbereich nicht zwingend im Fels fundiert werden können.

### Konzept und Gestaltung

Der Entwurf stellt eine grosszügige, kraftvolle Konstruktion dar, die in einem angemessenen Verhältnis zur bestehenden, feingliedrigen Brücke steht. Die Querschnitte des Überbaus und der Stiele sind variabel ausgebildet und haben den Beanspruchungen entsprechend die jeweils grössten Abmessungen im Bereich des Übergangs von Stiel zu Überbau. Der Überbau weist in diesen Zonen einen Hohlkasten auf. Der Feldquerschnitt besteht aus einem

morainic gravel and scree material. The in certain areas considerable thickness of the cover means that even supports in the (upper) area of the slopes cannot necessarily be founded on the bedrock.

### Concept and Design

The design presents a large, generous and forceful looking structure that is suited to the existing slender, almost transparent bridge. The cross-sections of the superstructure and the piers are variable and have the greatest dimensions in the transition zone between the superstructure and the substructure (corresponding to the forces). In this part a box girder is used for the superstructure. The type of section within the span is a T-beam. To visually merge the cross-section of the T-beam with that of the box girder and the piers, the web width of the T-beam section is continued over the entire structure in the shape of a rib (Fig. 2).

The pier shape tapering towards the bottom producing a compact pier base was chosen to fit in with the topographic conditions (with the dip of the slope strongly skewed to the bridge axis) as well as due to geotechnical considerations. The relatively good rock quality (Bonaduz side) allows a concentrated load application.

#### Projektdaten/Project data

##### Bauherr/Owner

Tiefbauamt Graubünden, Abteilung Kunstbauten

Canton Grisons, Civil Engineering Office, Structures Department

##### Projekt und technische Bauleitung/

##### Design and technical supervision

dsp Ingenieure & Planer AG, Greifensee

##### Örtliche Bauleitung/Site supervision

Chitvanni + Wille GmbH, Chur

##### Ausführung/Contractors

Arge Erni AG, Flims (Federführung), Prader AG, Chur

##### Technische Daten

Bauzeit: 2011–2012

Baukosten: ca. CHF 4,5 Mio.

Totale Länge: 112,30 m

Brückenbreite: 8,80 m

Spannweiten: 30,2 m, 47,6 m, 34,5 m

Kämpferspannweite: 80 m

Maximale Höhe über Grund: 70 m

##### Technical Data

Construction period: 2011–2012

Cost: approx. CHF 4.5 million

Total length: 112.30 m

Deck width: 8.80 m

Span lengths: 30.2 m, 47.6 m, 34.5 m

Distance between pier

foundations: 80 m

Maximum height above ground: 70 m

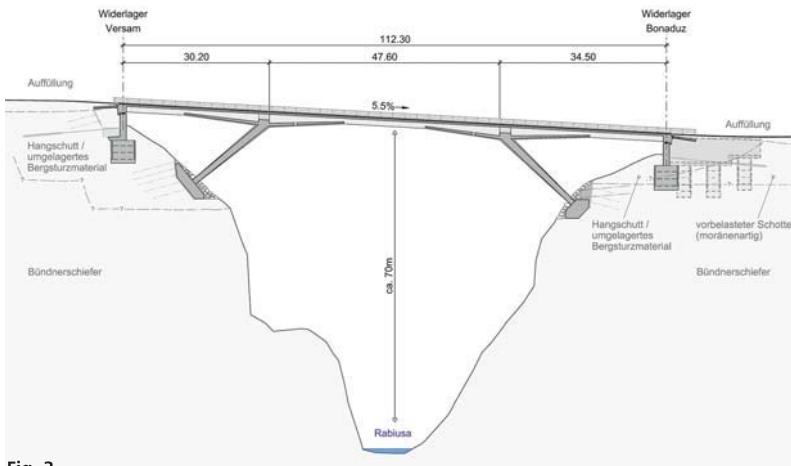


Fig. 3  
Längsschnitt.  
Longitudinal section.

offenen Plattenbalken. Um den Feldquerschnitt des Plattenbalkens optisch mit dem Querschnitt des Hohlkastens und des Stiels zu verbinden, ist die Stegbreite des Plattenbalkenquerschnitts über die gesamte Konstruktion in Form einer Rippe weitergezogen (Fig. 2).

Die Formgebung mit dem sich nach unten verjüngenden Stiel und damit mit einem kompakten Stiefuss bietet sich auch aufgrund der topografischen Verhältnisse (Falllinie des Geländes in stark schieferm Winkel zur Brückenlängsrichtung) sowie aufgrund geotechnischer Überlegungen an. Die relativ gute Felsqualität (Seite Bonaduz) erlaubt einen konzentrierten Lasteintrag. Dies wiederum lässt in diesem

This also has the advantage of a relatively small excavation in the very steep valley slopes.

The detailed dimensions (specifically the design of the piers) were carefully checked using working models. This resulted in a statically balanced, logical structure with a convincing dynamic form.

The total length of the bridge is 112.30 m, with spans of 30.20 m, 47.60 m, and 34.50 m (Fig. 3). The maximum girder depth over the piers is 3.00 m, while the minimum girder depth is 1.50 m (Fig. 4). The piers have lengths, from ground level, of about 18 m. The cross-sections of the piers vary between  $h \times b = 1.10 \dots 2.10 \text{ m} \times 1.90 \text{ m} \dots 3.20 \text{ m}$ .

The two piers are founded on shallow pad foundations right

extrem steilen Gelände eine eher kleine Baugrube zu.

Die Detailabmessungen (insbesondere die Strukturierung der Stiele) wurden mit Arbeitsmodellen sorgfältig überprüft. Es resultiert ein statisch ausgewogenes und selbstverständliches Bauwerk mit einer überzeugenden Formgebung.

Die Gesamtlänge der Brücke beträgt 112,30 m, mit Feldlängen von 30,20 m, 47,60 m und 34,50 m (Fig. 3). Die maximale Trägerhöhe über den Stielen beträgt 3,00 m, die minimale Trägerhöhe im Feld 1,50 m (Fig. 4). Die Stiele weisen Längen ab Geländeoberkante von rund 18 m auf. Ihre Querschnitte variieren zwischen  $h \times b = 1,10 \dots 2,10 \text{ m} \times 1,90 \dots 3,20 \text{ m}$ .

Die beiden Kämpfer sind unmittelbar oberhalb der steilen Flanken des Versamertobels flach fundiert. Auf der Seite Bonaduz liegt die Fundation im kompakten Fels, auf der Seite Versam im Bergsturzmaterial. Entsprechend sind die Fundamentabmessungen auf dieser Seite deutlich grösser. Die Widerlager und die anschliessende Flügelmauer wurden mit Schächten im umgelagerten Bergsturzmaterial bzw. im Hangschutt fundiert.

### Tragwerkskonzept

Die Sprengwerkbrücke wirkt als verschieblicher Rahmen, der durch die Schiefstellung der Stiele in Längsrichtung eine hohe Steifigkeit aufweist.

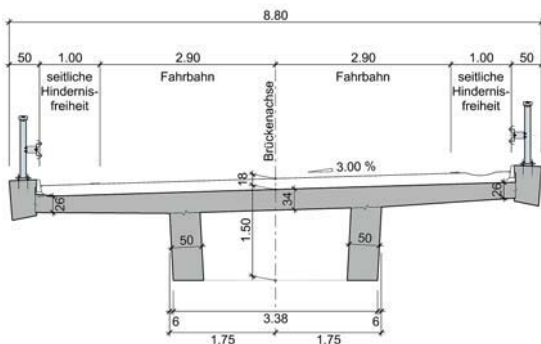
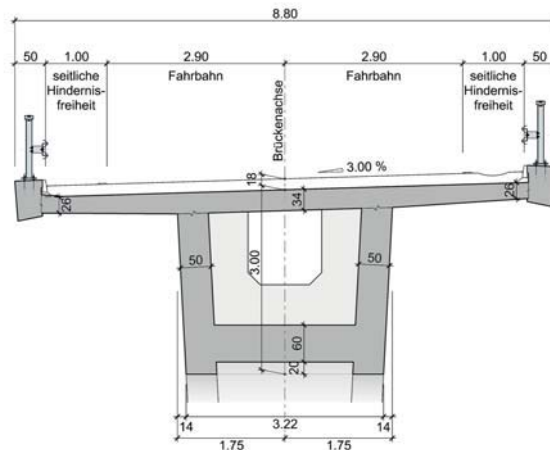


Fig. 4  
Brückenquerschnitt im Feld und über Stiel.  
Bridge cross section in mid span and over a pier.



above the steep sides of the Versam Gorge. On the Bonaduz side, the foundation lies in compact rock and on the Versam side in rock slide material. As a result the foundation dimensions are significantly larger on this side. The abutment and the adjacent wing wall were founded with the aid of shafts in the rock slide material or the scree material.

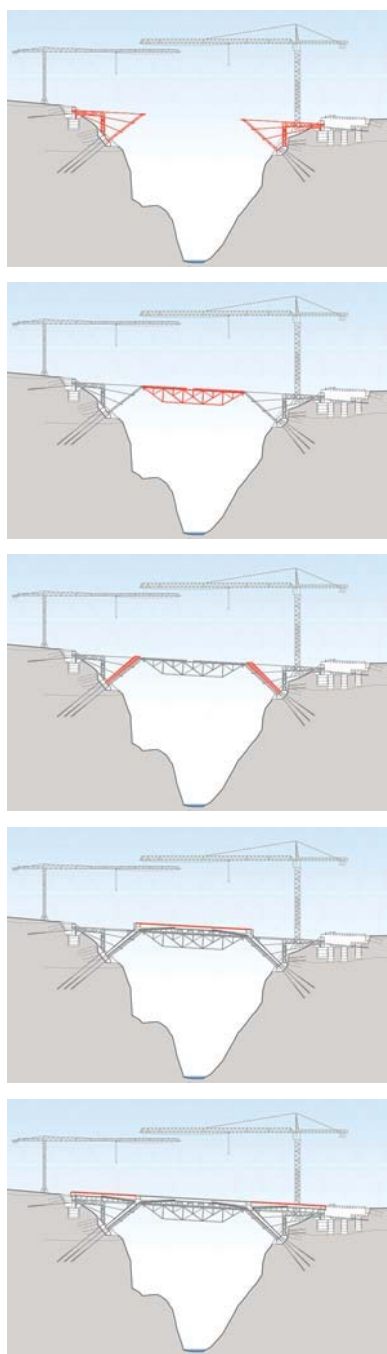


Fig. 5  
Bauablauf.  
Construction process.

Bei den Widerlagern wird die Brücke in Längsrichtung verschieblich ausgebildet. In Querrichtung wird sie von einseitig geführten Topflagern gehalten. Bei den vorhandenen Bewegungslängen kann auf die Ausbildung eines Fahrbahnübergangs und damit auf ein begehrtes Widerlager verzichtet werden. Kleinere Belagsrisse werden mit diesem semi-integralen System akzeptiert.

In Querrichtung werden die Horizontallasten primär über die Fahrbahnplatte zu den Widerlagern geleitet. Torsion aufgrund einseitiger Lastanordnung bzw. aufgrund Windbeanspruchungen kann zu einem substanziellen Anteil über den Hebelarm zwischen Stief fuss und Widerlager aufgenommen werden.

Die Vorspannung ist so konzipiert, dass unter ständigen Lasten keine Zugspannungen auftreten. Die Bruchsicherheit ist damit in allen Querschnitten mit einer vernünftigen schlaffen Bewehrung erfüllt. Pro Steg werden maximal zwei, im Mittelfeld wird aufgrund der systembedingten hohen Normalkraft nur ein Kabel benötigt. Generell werden Kabel der Einheit 22 Litzen  $\varnothing 0,6''$  ( $P_0 = 4297 \text{ kN}$ ) verwendet. Einzig das Randfeldkabel Seite Bonaduz besteht aus 31 Litzen  $\varnothing 0,6''$  ( $P_0 = 6054 \text{ kN}$ ). Diese eher grossen Einheiten erlauben eine entsprechend geringe Anzahl Kabel. Damit können pro Steg alle Kabel in einer vertikalen Ebene geführt werden, was das Betonieren vereinfacht.

### Bauausführung

Die Bauausführung ist im Wesentlichen geprägt von den schwierigen topografischen Verhältnissen und der beschränkten Zugänglichkeit. Grosse Lehrgerüstträger konnten nur in Einzelelementen angeliefert werden, was die Optionen stark einschränkte.

In einem ersten Arbeitsschritt wurden sämtliche Erd- und Ankerarbeiten ausgeführt. Bei den Widerlagern waren Rückhalteanker für die ausragenden Lehrgerüstelemente notwendig. Zusätzlich mussten bei beiden Kämpferfundamenten zur temporären Auf-

### Structural Concept

The strutted frame bridge acts as a movable framework whereby the inclination of the piers provides a high stiffness in longitudinal direction.

At the abutments, the bridge rests on pot bearings that can move freely in the longitudinal direction and are fixed transversely. With the given length of movement, expansion joints and an accessible abutment room are not needed. Small cracks in the pavement will be accepted with this semi-integral system.

The transverse loads will be directed primarily through the deck to the abutments. Torsion due to eccentric live loads and wind will be resisted to a large extent through the lever arm between pier base and abutment.

The post-tensioning system is designed so that no tensile stresses will occur under dead loads. The ultimate resistance is therefore achieved with a reasonable amount of mild steel reinforcement. A maximum of two cables are required per web but in the main span only one cable is required due to the high normal force in the strutted system. Generally, cables with 22 strands  $\varnothing 0.6''$  ( $P_0 = 4,297 \text{ kN}$ ) were used. Only the cable in the side span Bonaduz consists of 31 strands  $\varnothing 0.6''$  ( $P_0 = 6,054 \text{ kN}$ ). These rather large units permit a relatively low number of cables. Therefore, all the cables in each web can be arranged above each other, which is an advantage when pouring concrete.

### Execution

The construction process is mainly influenced by the difficult topographical situation and the limited accessibility. Large falsework girders could only be delivered in individual pieces, which reduced the number of possible systems. First, all the earth and anchor work was carried out. At the abutments, tie-back anchors were necessary for the cantilevering falsework elements. Additional rock anchors were needed for the pier foundations to temporarily



Fig. 6  
Lehrgerüst mit 6 m hohem Fachwerk-Einhängeträger.  
Falsework with 6 m deep truss girder.  
(© P. Vonow)



Fig. 7  
Lehrgerüststiele mit Zugstangen zurückgebunden.  
Falsework with tie-back rods.

nahme der Windlasten quer zur Brücke weitere Felsanker gesetzt werden. Beim Kämpfer Versam dienten diese Anker auch einer Vorverformung des Fundaments. Während des Spannvorgangs konnten im Sinne eines Grossversuchs die Bemessungsannahmen überprüft werden.

Die Rückverankerungen bei den Widerlagern waren primär für die Aufrichtung des Lehrgerüsts und die Rückbindung während des Betonierens der Stiele erforderlich. Danach wurde das Lehrgerüst mit Längsträgern (Druckriegel) zu einem Rahmensystem geschlossen.

Es musste systembedingt darauf geachtet werden, dass das Betonieren des Überbaues möglichst symmetrisch erfolgte. Nach dem Betonieren des Mittelfelds wurden zuerst von den Randfeldern her beide Tröge und anschliessend die Fahrbahnplatten betoniert (Fig. 5).

Die Hauptarbeiten erfolgten während der Bausaison 2011. Nach den Fertigstellungsarbeiten (Konsolkopf, Abdichtung, Belag, Strassenanpassungen etc.) im Frühjahr 2012 konnte das neue Bauwerk im Juli 2012 dem Verkehr übergeben werden.

withstand transverse wind loads. At the pier foundation on the Versam side these anchors were also used to preconsolidate the ground. As in a large-scale test, the settlements during anchoring were measured and verified with the design assumptions. The anchors at the abutments were primarily required as tie-backs for the erection of the falsework and while the piers were concreted. Afterwards, the falsework system was closed with longitudinal beams in the main span (compression members) forming a frame system.

As the superstructure was concreted, careful attention had to be paid to ensure that it was done as symmetrically as possible. After pouring the main span, the lower half of the cross-section in both side spans were poured and subsequently the deck sections were poured (Fig. 5).

The main work was performed during the construction season of 2011. After the final construction work (parapet edge beam, sealing membrane, pavement, road adjustments, etc.) in spring 2012, the new structure was opened to traffic in July 2012.

#### Autoren/Authors

**Beat Meier**  
dipl. Bauing. ETH  
meier@dsp.ch

**Oliver Müller**  
dipl. Bauing. ETH, PE  
mueller@dsp.ch

dsp Ingenieure & Planer AG  
CH-8606 Greifensee