

<b>Zeitschrift:</b>	Tec21
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
<b>Band:</b>	128 (2002)
<b>Heft:</b>	45: Bernina - Bankok
<b>Artikel:</b>	Die Brücke aus der Kiste: mit einer in Rekordzeit zusammengebauten Militär-Notbrücke wird die Sommersaison der Rhätischen Bahn gerettet
<b>Autor:</b>	Rota, Aldo
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-80502">https://doi.org/10.5169/seals-80502</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

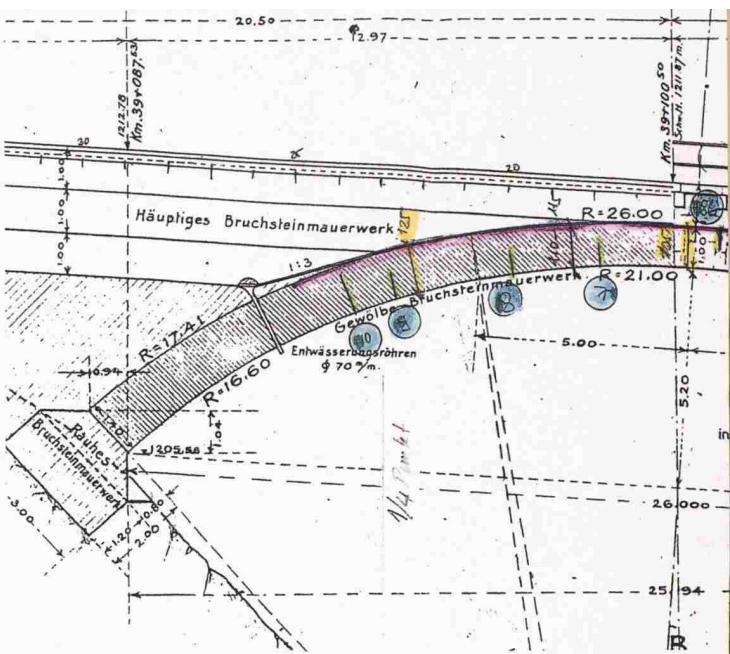
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



## Die Brücke aus der Kiste

Mit einer in Rekordzeit zusammengebauten Militär-Notbrücke wird die Sommersaison der Rhätischen Bahn gerettet

**Die Eisenbahn geniesst in der Schweiz bezüglich Sicherheit und Zuverlässigkeit nach wie vor einen guten Ruf. Die unvorhergesehene Sperrung der wichtigen touristischen Verbindung über den Berninapass, dazu noch zu Beginn der Hauptreisezeit, war zweifellos ein aussergewöhnliches Ereignis mit potenziell gravierenden Folgen für Image und Betriebsergebnis. Wegen der Sperrung einer einsturzgefährdeten Brücke schien ein längerer Betriebsunterbruch zunächst unvermeidlich. Mit einer überraschenden Lösung gelang es jedoch, die Strecke innert kürzester Zeit wieder befahrbar zu machen.**

Im unteren Abschnitt der Bernina-Südrampe stellen Verschiebungen und Schäden an Kunstbauten die Rhätische Bahn (RhB) immer wieder vor Probleme. Der Steilhang zwischen der auf rund 1700 m ü. M. gelegenen Ebene von Cavaglia und dem etwa 650 m tiefer gelegenen Talboden bei San Carlo ist instabil. Die meterspurige Adhäsionsbahn überwindet diese Höhendifferenz mit einer maximalen Neigung von 70 % mit Hilfe von drei Kehrtunnels und einer offenen Wendeschleife sowie weiteren Kunstbauten, die teilweise in instablen Zonen des Hanges liegen.

Vor den beiden Portalen des benachbarten Balbalera-Wendetunnels überquert das Bahntrasse die Cavagliasco-Schlucht in unterschiedlicher Höhe auf zwei Brücken. Das Viadukt Cavagliasco I, ein Steinbogen aus dem Eröffnungsjahr 1909, wurde durch den Hangdruck aufgebogen und 1989 durch eine Stahl/Beton-

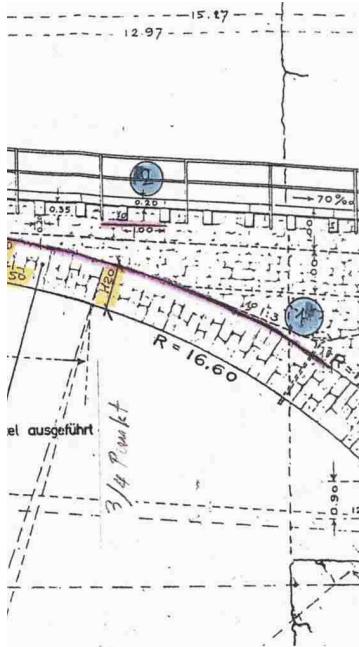
Verbund-Brücke ersetzt. Diese ist an einem Ende beweglich gelagert und kann relative Verschiebungen der Widerlager ohne Deformationen aufnehmen.

### Brücke Cavagliasco II

Auch die weiter unten liegende Brücke Cavagliasco II steht auf instabilem Baugrund. Die 35 m lange, einfeldrige Naturstein-Bogenbrücke wird deshalb seit etwa 30 Jahren mittels geodätischer Messungen überwacht. Die Brücke befindet sich im Stirnbereich einer Rutschungs- und Sackungsmasse von regionalem Ausmass. Die Südwestflanke der Schlucht kriecht in Richtung der steileren nordöstlichen Flanke, die von grossräumigen Hangbewegungen offenbar nicht erfasst ist. Hingegen neigt diese Flanke zu lokalen Instabilitäten, wie verschiedene Felsabbrüche unterhalb dieses Widerlagers in den letzten Jahren gezeigt haben.

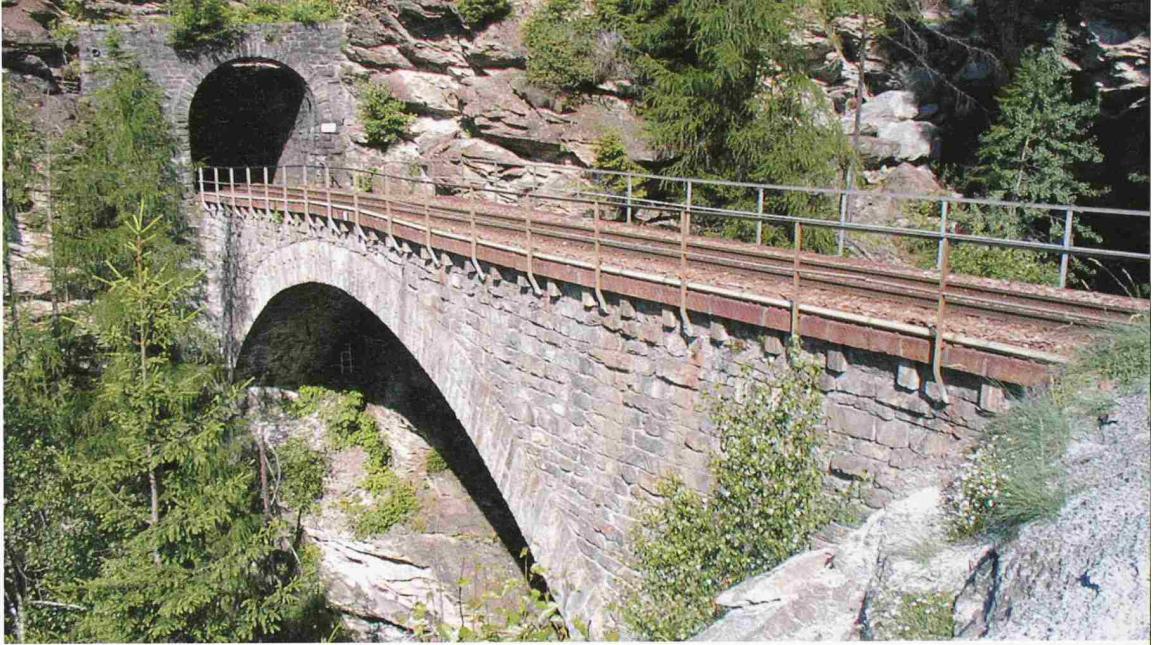
Durch die Relativbewegung der Schluchtflanken ist die Brücke in den letzten 30 Jahren in eine horizontale Krümmung talwärts gezwängt und in Längsrichtung um 20 cm gestaucht worden. Der Bogen mit einer Spannweite von 26 m und einer Pfeilhöhe von 5,2 m wurde dadurch in der Mitte um rund 12 cm angehoben (Bild 2). Als Folge der in den letzten Jahren vermehrten festgestellten Deformationen wird eine vertiefte Untersuchung des Bauwerks angeordnet, deren Ergebnis Mitte 2002 vorliegt.

Wie eine erste Rissaufnahme (Bild 1) zeigt, entstehen als Folge dieser Zwangsverformungen zum Teil klaffende Risse bis zu 10 mm Weite auf der Unter- und Oberseite des Gewölbes zwischen den Viertelpunkten und dem Scheitel. Die dominanten Risse erstrecken sich über bis zu 70 % der Bogenhöhe. Die Druckkraft muss in der verbleibenden Kontaktfläche übertragen werden,



1

**Linke Seite: Rissaufnahme bergseits vom September 2001. Die beobachteten Risse sind auf der Kopie eines Originalplans aus dem Erstellungsjahr 1908 eingetragen (Bilder: Rhätische Bahn)**



2

**Ansicht vom Widerlager Seite Bernina. Die Anhebung des Bogens in Brückenmitte infolge mit dem Hang talwärts rutschender Widerlager ist deutlich erkennbar**

was zu unzulässigen Spannungskonzentrationen führt. Zudem besteht auf beiden Seiten der Brücke ein langer Riss zwischen Gewölbe und Aufmauerung.

Die statische Überprüfung der Natursteinbrücke erfolgt einerseits mit einer Stabstatik und andererseits mit einem Scheibenmodell. Auch mit gegenüber der Norm SIA 160 reduzierten Lastfaktoren für Eigenlasten, Auflasten und Bahnlagen ergeben sich stark exzentrisch wirkende Druckkräfte und entsprechende klaffende Risse auf bis zu 50 % der Bogenhöhe. Eine normgemäße Tragsicherheit wird nicht mehr erreicht, die im Stahl- und Betonbau üblichen Partialsicherheiten auf den Eigen- und Nutzlasten können bei weitem nicht mehr eingehalten werden. Aufgrund der beobachteten Schäden und der durchgeföhrten Überprüfungen steht Mitte 2002 ausser Zweifel, dass die Brücke Cavagliasco II zur Gewährleistung der Betriebssicherheit nach der Sommersaison ersetzt oder verstärkt werden muss.

### Die Situation wird kritisch

Als Sofortmassnahmen (Ausführung am Ende der Sommersaison), die zumindest eine Restnutzungsdauer von etwa fünf Jahren ermöglichen sollen, werden drei Möglichkeiten untersucht:

- Verstärkung der bestehenden Brücke durch einen trogförmigen, mit dem Mauerwerk verdübelten, bewehrten Spritzbetonmantel.
- Abstützung der bestehenden Brücke auf ein Lehrgerüst aus zwei Stahlfachträgern, die direkt vor den Bogenkämpfern fundiert werden. Dieses Lehrgerüst kann bei Versagen der bestehenden Brücke deren Eigenlast, die Auflasten und die Bahnlagen übernehmen.
- Abbruch der bestehenden Brücke und Ersatz durch eine Stahl-Hilfsbrücke.

Als optimale und rasch realisierbare Lösung kristallisiert sich eine einfach gelagerte Stahl-Balkenbrücke mit höhenverstellbaren und auswechselbaren Lagern heraus. Im Hinblick auf die Ausführung im Herbst wird Mitte Jahr mit der Projektierung begonnen. Es ist geplant, durch eine Vergrösserung der Spannweite auf 48 m das Widerlager Seite Bernina in einen stabileren Hangbereich zu legen.

Als Alternative zur Erstellung einer neuen Stahlbrücke wird zu diesem Zeitpunkt von RhB-Mitarbeitern der Einsatz einer Militär-Notbrücke aus dem 2. Weltkrieg ins Spiel gebracht. Man erinnert sich an ein Exemplar, das in einem Lager in Castrisch bei Ilanz eingemottet sein soll.

### Entscheidung in der Krise

Im Rahmen der intensivierten Überwachung der Betriebssicherheit wird in der Nacht vom Donnerstag, 11. Juli 2002, bei einer Risskontrolle eine deutliche Zunahme der Schädigung der Tragkonstruktion gegenüber der im September des Vorjahres durchgeföhrten Zustandsaufnahme festgestellt. Insbesondere wird eine bedeutende Zunahme der Weite der Trennrisse zwischen Bogen und Aufmauerung und eine weitere Auflockerung der Aufmauerung mit Zerstörung einzelner Steine beobachtet. Die Veränderungen werden als so gravierend beurteilt, dass die Applikation von Rissseiegeln und die geodätische Überwachung der Brücke und der angrenzenden Schluchtfanken umgehend angeordnet wird. Zu diesem Zeitpunkt wird erstmals eine Sperrung der Brücke in Erwägung gezogen. In der Nacht von Freitag, 12. Juli, werden an den grössten Rissen Kontrollsiegel angebracht. Am Samstagabend, 13. Juli, ergibt deren Überprüfung den alarmie-

renden Befund, dass im problematischen Bereich der Brücke drei Siegel gerissen sind. Am Sonntag, 14. Juli, ist ein weiteres Siegel gerissen. Bei Zugsauflast von oben werden relevante Querschnittsverformungen unter dynamischer Last beobachtet. Am nächsten Tag beurteilen Projektverfasser und Prüfingenieur das Risiko eines Einsturzes als zu gross. Der Gesamtprojektleiter entscheidet, den Bahnbetrieb am 15. Juli um 17 Uhr einzustellen.

### Die Lösung konkretisiert sich

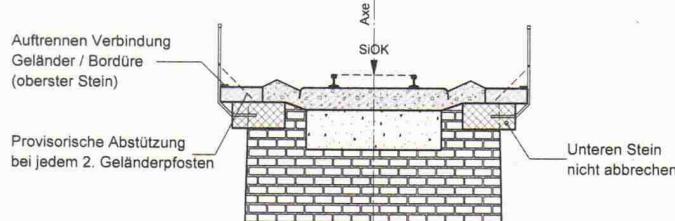
Da Planung und Produktion der vorgesehenen Ersatzbrücke zu viel Zeit in Anspruch nähmen, wird beschlossen, die Variante mit der Militär-Notbrücke zu prüfen. Am 16. Juli wird die in Castrisch eingelagerte Armeebrücke Modell 1936 inspiziert. Das Material ist vollständig vorhanden, vor Korrosion geschützt und in einsatzbereitem Zustand. Als Glücksfall erweist sich, dass bereits im Jahr 1993 eine Brücke dieses Typs in Erstfeld erstellt worden ist. Die entsprechenden Montagepläne und die Tragfähigkeitsberechnungen über die benötigte Spannweite von 48 m sind verfügbar. Da die Tragsicherheit damals für SBB-Normalspurlasten nachgewiesen wurde (siehe weiter unten), ist keine Nachrechnung für die wesentlich geringeren Lasten der RhB-Meterspur erforderlich. Der lokale Verkehr wird nach der Sperrung mit Autobussen aufrechterhalten, die zwischen dem Bahnhof Poschiavo im Süden und einem Niveauübergang unterhalb Cadera im Norden der gesperrten Brücke pendeln. Die Schnellzüge werden durch einen Busbetrieb zwischen Pontresina und Poschiavo oder Tirano ersetzt. Lastwagen wickeln den Güterverkehr ebenfalls über die Bernina-Passstrasse ab.

### Alte Brücke als Lehrgerüst

Am 17. Juli beginnt die Demontage der Gleise und der Fahrleitungen im Brückengewölbe, gefolgt von Rödungs- und Felssicherungsarbeiten bei Widerlagern und Brückenenden. Einen Tag später wird mit dem Felsabbau zur Vergrösserung des Lichtraumprofils für

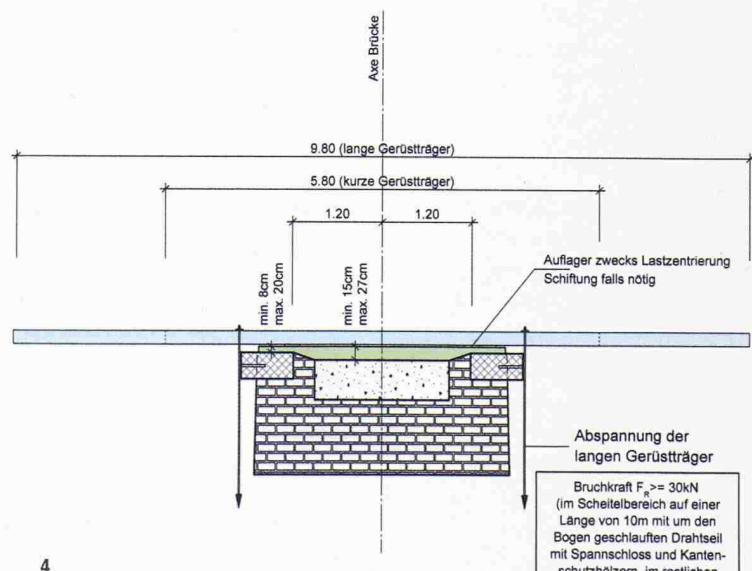
die neue, längere Brücke begonnen. Am 19. Juli erfolgt der probeweise Zusammenbau eines Brückenelements in Castrisch. Am 20. Juli werden als Sicherungsmassnahme und zur Vergrösserung des Lichtraumprofils Felssprengungen vorgenommen. Am 24. Juli beginnt der gestaffelte Transport von rund 130 t Brücken-Einzelteilen von Castrisch zur Baustelle. Da diese für Fahrzeuge nicht zugänglich ist, werden auch alle anderen Material- und Personaltransporte durch die RhB und, in geringerem Ausmass, per Helikopter ausgeführt. Insgesamt werden rund 250 t Material auf dem Schienennetz zur Baustelle transportiert. Am 28. Juli wird die automatische geodätische Überwachung der Bogenbrücke aufgenommen. Von zwei Standorten aus werden mit Hilfe motorisierter Roboter-Tachymetern die Koten von insgesamt 16 Messpunkten im Halbstundenrhythmus mit einer Genauigkeit von 0,1 mm gemessen. Damit ist sichergestellt, dass bei unzulässigen Verformungen der bestehenden Brücke die Bauleitung sofort informiert würde. Während der gesamten Montagezeit tritt jedoch kein derartiger Alarmfall ein. Der Bauablauf sieht vor, die Ersatzbrücke direkt auf der stillgelegten Steinbogenbrücke zusammenzubauen und Letztere anschliessend abzubrechen (Bilder 3 bis 8). Als Unterlage für die Montage der Stahl-Fachwerkbrücke giesst man auf der Steinbogenbrücke vorgängig eine ebene Betonplatte. Darauf wird ein breiterer Stahl-Trägerrost mit Holzbeplankung und seitlichen Arbeitsgerüsten aufgelegt und darauf die neue Brücke aus den Einzelteilen zusammengeschraubt. Parallel dazu werden neue Widerlager betoniert, wobei das nordöstliche in einen Bereich mit stabilem Felsuntergrund zurückverlegt wird (Bild 9). Die Brücke erhöht sich dadurch von ursprünglich 35 m auf rund 42 m.

Während der Montage wird rund um die Uhr gearbeitet, zeitweise sind über 50 Personen gleichzeitig im Einsatz. Es müssen rund 15 000 Schrauben, die Mehrzahl davon Passschrauben, mit einem Gesamtgewicht von rund zehn Tonnen eingesetzt und angezogen werden (Bild 10).



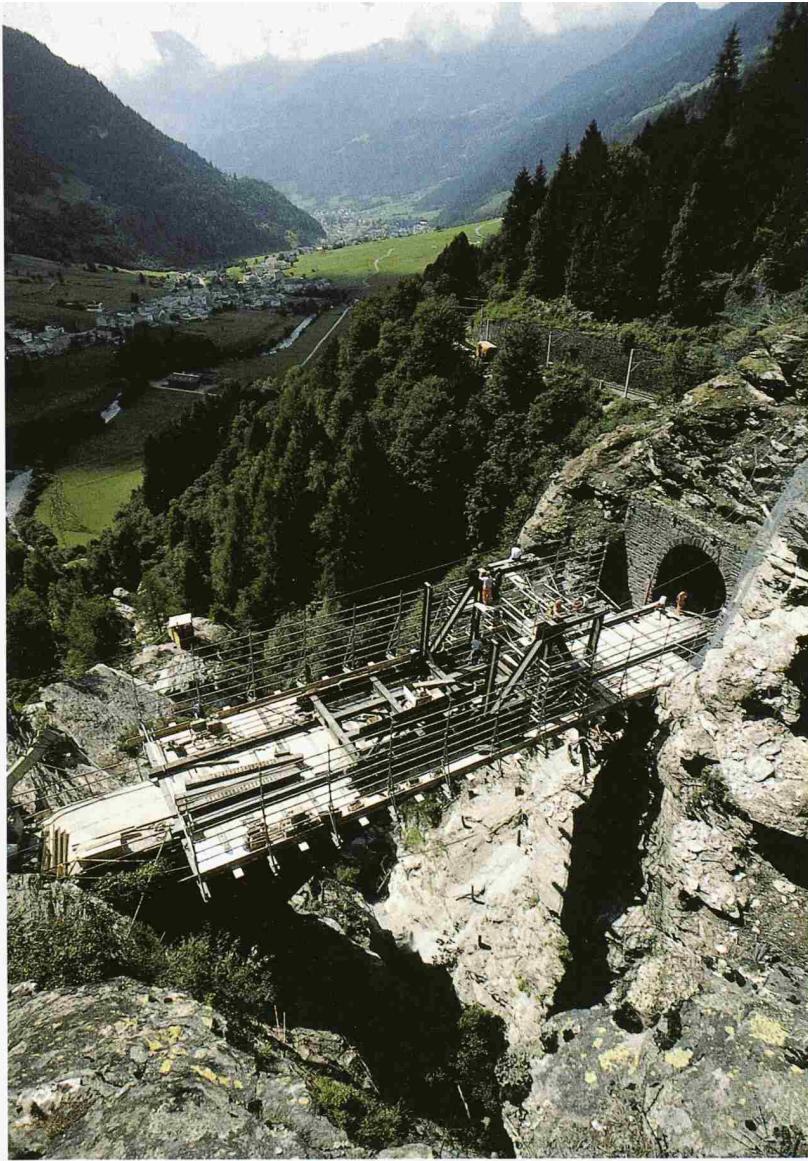
3

Querschnitt im Bogenscheitel. Erste Etappe des Bauablaufs mit Sicherungsmassnahmen. Mst. 1:100



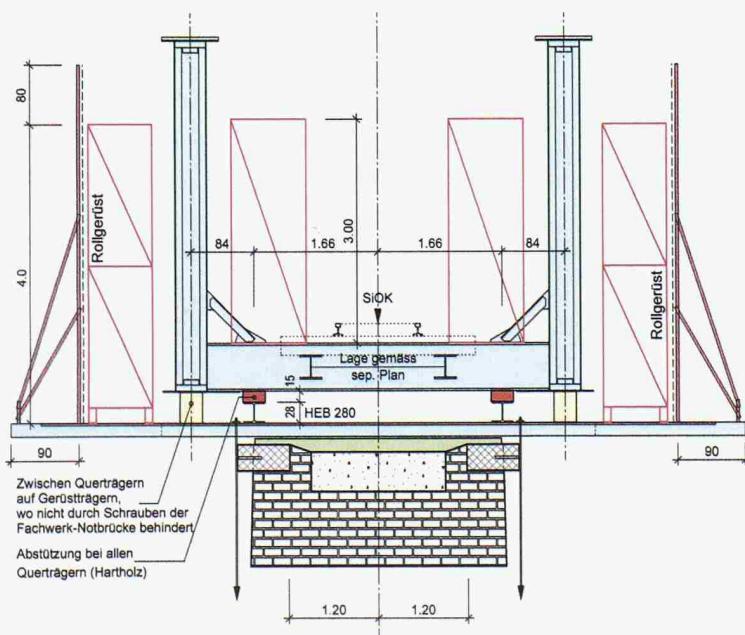
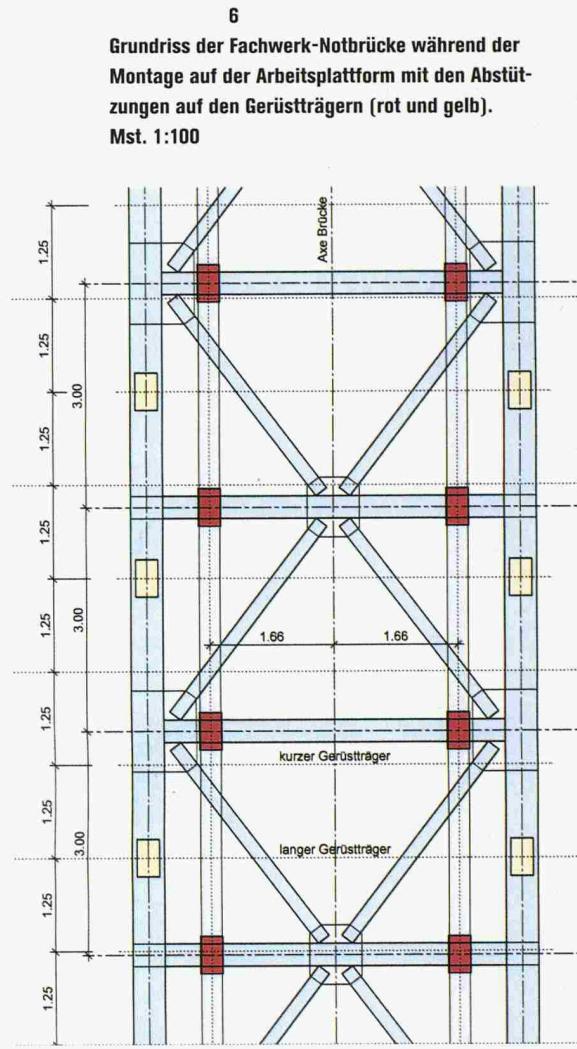
4

Querschnitt im Bogenscheitel: nach Abschluss der zweiten Etappe. Auf der neu erstellten Betonplatte (grün) sind die Gerüsträger (blau) für die Arbeitsplattform aufgelegt. Mst. 1:100



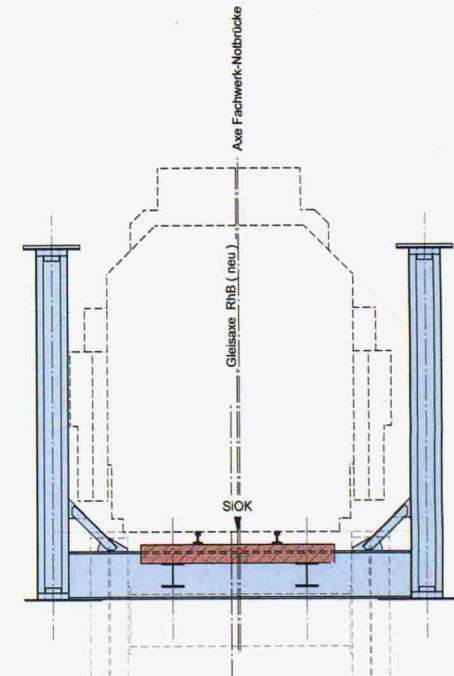
5

Montagebeginn der Notbrücke Modell 1936 auf der Arbeitsplattform. Links ist die vorgängig auf der Natursteinbrücke aufgebrachte Betonplatte erkennbar (Bild: T. Keller)



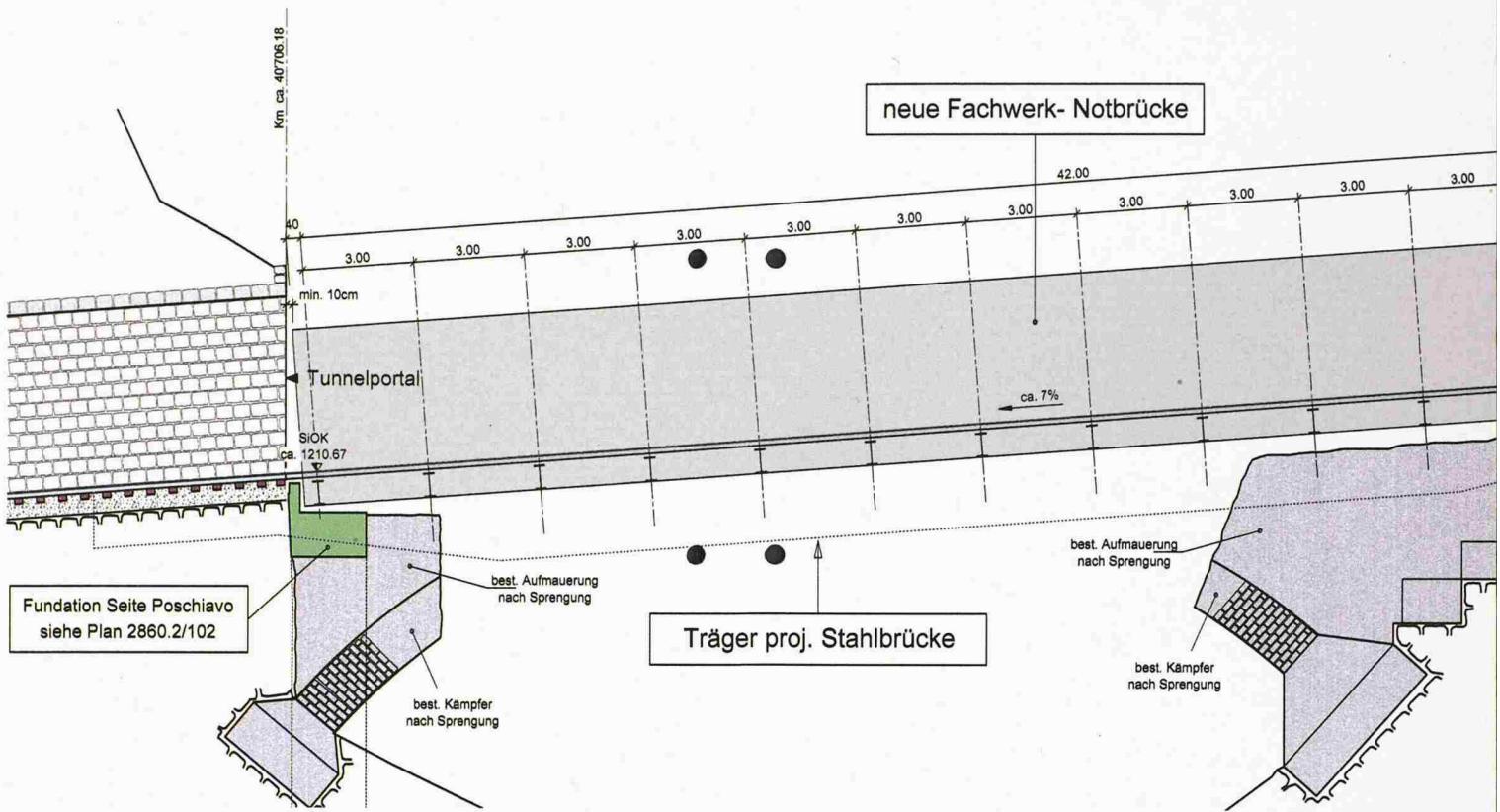
7

Querschnitt im Bogenscheitel: Montage der Fachwerk-Notbrücke. Mst. 1:100



8

Querschnitt der fertig gestellten Fachwerk-Notbrücke. Nach der Sprengung der alten Bogenbrücke auf das endgültige Niveau abgesenkt. Mst. 1:100

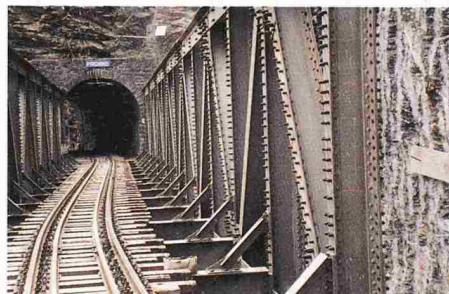


9

Längsschnitt durch die neue Brücke. Links die Tunnel-einfahrt, rechts das nach hinten in einen stabileren Hangbereich verlegte Fundament. Der Mittelteil der alten Bogenbrücke ist weggesprengt, die alten Brückenköpfe werden später entfernt. Mst. 1:200

10

Blick auf die fertige Notbrücke Richtung Poschiavo. Innerhalb weniger Tage wurden 15 000 Schrauben mit einem Gesamtgewicht von 10 Tonnen montiert



### Finale mit Feuerwerk

Nach Abschluss der Montage wird der Trägerrost an der Notbrücke fixiert und zusammen mit dieser mittels hydraulischer Pressen angehoben. Am 7. August wird die alte Steinbogenbrücke mitsamt der Arbeits-Betonplatte mit minimaler Lademenge und ohne Beschädigung der Talflanken gesprengt. Anschliessend wird die neue Brücke auf das Gleisniveau abgesenkt. Die Gleise werden mit direkter Lagerung der Holzschwellen auf zwei sekundären Längsträgern verlegt sowie die Fahrleitungen montiert. Der Stahl-Trägerrost mit der Arbeitsplattform unter der Brücke und den beidseitigen Arbeitsgerüsten wird noch belassen, da diese für die Ausführung des definitiven Korrosionsschutzes der Schrauben nach der Sommersaison noch benötigt werden. Am 5. August um 10 Uhr kann der durchgehende Bahnbetrieb wieder aufgenommen werden.

Die unverhofft aus ihrem Dämmerschlaf geholte Brücke hat sich bisher bewährt. Gegenwärtig wird geprüft, ob sie aus betrieblicher und landschaftspflegerischer Sicht allenfalls sogar als definitive Lösung beibehalten werden könnte.

### AM BAU BETEILIGTE:

#### BAUHERR

Rhätische Bahn (RhB)

#### GESAMTPROJEKTLEITUNG

RhB Geschäftsbereich Infrastruktur

#### PROJEKTVERFASSER

Edy Toscano AG, Pontresina

#### PRÜFINGENIEUR

Dr. M. Grenacher, Brugg

#### GEOLOGE

T. Rüegg Ingenieurgeologie/Hydrogeologie, Chur

#### GEODÄTISCHE ÜBERWACHUNG

Grünenfelder und Partner AG, Domat/Ems

#### UNTERNEHMER

M. Pirovino & Söhne, Le Prese

#### STAHLBAU

Tuchschnid AG, Frauenfeld

#### BRÜCKENLAGER

SBB

#### SPRENGTECHNIK

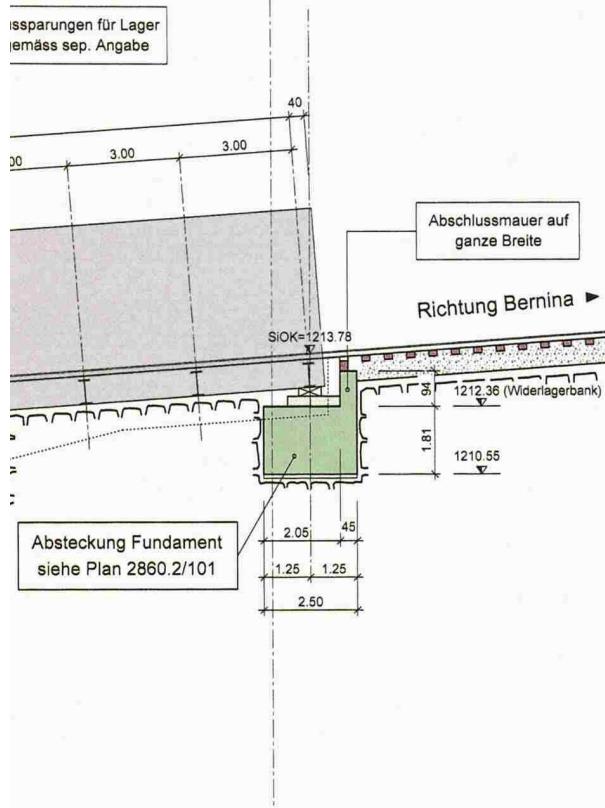
Schwarz Sprengtechnik AG, Silvaplana

#### HELIKOPTERTRANSPORTE

Air Grischa Helikopter AG, Samedan

### Literatur

- 1 P. Püntener, M. Tschumi, W. Meyer und P. Roos: Militär-Notbrücken für Werkgleis. Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 32, 1994.
- 2 Notbrücke auf der Berninalinie. Schweizer Eisenbahn-Revue Nr. 10, 2002.



#### Armee-Notbrücke Modell 1936

Die Produktion der Militär-Notbrücke 1936 wurde kurz vor dem Zweiten Weltkrieg aufgenommen. Von dieser elementweise zusammensetzbaren Fachwerkbrücke wurde bis 1953 eine Totallänge von ca. 425 m beschafft. Von der Armee später als nicht mehr notwendig erachtet, wurde sie zuerst an die SBB und anschließend teilweise an die RhB weitergegeben. Seither lagern die Einzelteile zerlegt, mit einem Korrosionsschutzanstrich versehen, in Ölspapier eingewickelt und in Kisten verpackt einsatzbereit in diversen Lagerplätzen.

Das seinerzeit auch als Fritz-Stüssi-Eisenbahnbrücke bekannte Modell 1936 war für die Überbrückung grösserer Spannweiten von 30 m bis 78 m ohne Zwischenunterstützung bestimmt. Es wurde aus dem im Ersten Weltkrieg häufig verwendeten System Roth/Wagner der ehemaligen Österreichischen Armee entwickelt. Die einfache Tragkonstruktion besteht aus zwei fachwerkförmigen Hauptträgern im Abstand von 5 m, die einen Fahrbaahrrost aus Quer- und Längsträgern tragen, der nach Bedarf unten oder oben angeordnet werden kann. Die Hauptträger können ein- oder zweistöckig, d. h. mit 4,5 m oder 9 m Systemhöhe, gebaut werden, womit für Normalspur maximale Stützweiten von 57 m beziehungsweise 78 m realisiert werden können. Die Streben sind gleich lang und vollständig vertauschbar, die Gurtelelemente sind dagegen in Längen von 3 m und 6 m vorhanden, damit Spannweiten von 30 m bis 78 m in 3-m-Stufen variiert werden können. Die Gurtungen können entsprechend den Gurtkräften mit Lamellen verstärkt werden. Die genormten Elemente haben eine Länge von maximal 6,4 m (langer Endgurt) und eine Masse von maximal 830 kg (Querträger). Die Masse der Stahlkonstruktion beträgt rund 3 t/m. Haupt- und Querträger bestehen aus Stahl St 52 (FeE 355), Längsträger und Verbände aus Stahl St 37 (FeE 235).

Alle Montageverbindungen sind mit Passschrauben und speziellen Hutmuttern geschraubt. Im Mittel sind ca. 300 Schrauben pro Brückenkilometer vorhanden, was einer Schraubenmasse von rund 250 kg/m Brücke entspricht.

Das Brückenmodell 1936 hatte zum Zeitpunkt der Beschaffung den Vorteil, dass die Elemente im Vergleich zu anderen Notbrückenkonstruktionen leicht waren. Es erforderte aber sehr viele Einzelteile und damit sehr viel Arbeit. Ursprünglich ist dieses System vor allem für den Freivorbau konzipiert worden, wozu auf den Obergurten fahrbare leichte Derrickkrane vorhanden waren.

A large globe is shown inside a glowing circular frame, symbolizing global energy savings. Below it, the text '>90%' is displayed in a large, bold, sans-serif font. Underneath this, the slogan 'Die Weltmeister im Energiesparen.' is written in a larger, bold, sans-serif font. Below the slogan is a photograph of a Helios ventilation unit, showing its internal components like the motor and heat exchanger.

Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung von Helios leisten jetzt traumhafte Wirkungsgrade bis über 90%. In Kombination mit dem neuen EC-Motor wird die Type KWL EC 350 sogar zum wahren Weltmeister im Energiesparen und damit zum «Muß» in jedem Niedrigenergie- und Passivhaus.

Verbrauchte Luft wird abgeführt und vorgewärmte, gefilterte Außenluft strömt in Wohn- und Schlafräume. Egal, ob im Einfamilienhaus, der Etagenwohnung oder in Gewerberäumen. Bei Helios finden Sie die passende Systemlösung für jeden Bedarfsfall.

Unsere Helios-Spezialisten beraten Sie gerne vor Ort.  
Worauf warten Sie noch?



Helios Ventilatoren AG · Steinackerstr. 36 · 8902 Urdorf/ZH  
Tel. 01/735 36 36 · Fax 01/735 36 37  
www.helios.ch · E-Mail: info@helios.ch