

Die zweite Rhonebrücke der BLS in Brig

Autor(en): **Graber, Urs / Herzog, Max / Schmid, Rolf**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 14

PDF erstellt am: **18.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74458>

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.

Die zweite Rhonebrücke der BLS in Brig

Von Urs Graber, Bern, Max Herzog, Aarau, und Rolf Schmid, Brugg

Es wird Einblick gegeben in die Ausschreibung, Projektierung, Fertigung, Montage und Inbetriebnahme einer 85 m langen, eingleisigen Eisenbahnbrücke in Form eines Stahlfachwerks, die durch neuartige Konstruktionsdetails gekennzeichnet ist.

Insight is given into tendering, design, fabrication, erection, and acceptance of a 85 m long single-track railway bridge in form of a steel truss that is characterized by new details of design.

Im Rahmen des *Doppelspurausbaues der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn* (BLS) war nördlich des Bahnhofs Brig eine zweite 85 m lange Rhonebrücke unmittelbar östlich (Axabstand 7,00 m) der ersten im Jahr 1911 erbauten zu erstellen. Den von der BLS zur Einreichung von Angeboten eingeladenen schweizerischen Stahlbaufirmen war es freigestellt, neben dem Angebotsentwurf, der noch auf den alten Stahlbauvorschriften aus den Jahren 1956 und 1974 basierte, auch eigene Vorschläge auf Grundlage der im Herbst 1978 erst als bereinigter Entwurf vorliegenden, neuen Stahlbauvorschrift (sie wurde am 1. Mai 1979 als Norm SIA 161 in Kraft gesetzt) anzubieten. Da alle fünf Anbieter von dieser Möglichkeit Gebrauch machten, kam die BLS in die glückliche Lage, ihre Wahl unter sehr verschiede-

nen Projekten treffen zu können. In Würdigung der bedeutenden technischen Vorteile des von der Zschokke Wartmann AG in Brugg gemeinsam mit dem Ingenieurbüro Dr. Herzog in Aarau erarbeiteten Entwurfes wurde der Auftrag für die Stahlbauarbeiten dieser Firma, die vor 69 Jahren bereits die erste Rhonebrücke der BLS in Brig erbaut hatte, zugesprochen.

Beschreibung

Mit Rücksicht auf die bestehende Rhonebrücke – einem *parallelgurtigen Fachwerk mit Pfosten und gekreuzten Diagonalen* – hatte die BLS bereits bei der Ausschreibung den Wunsch geäußert, auch die neue Rhonebrücke als paral-

lelgurtiges Fachwerk von annähernd gleicher Höhe zu erstellen.

Unterbau

Schon beim Bau der ersten Rhonebrücke waren die Widerlagerfundamente für die zweite Brücke miterstellt worden. Durch die Witterungseinflüsse der inzwischen verflossenen sieben Jahrzehnte befanden sie sich jedoch in einem schlechten baulichen Zustand. Auf dem Nordufer konnte das bestehende Fundament nach einer Verfestigung mit Zementinjektionen noch benutzt werden. Auf dem Südufer mussten aber neue Betonbohrpfähle von 80 cm Durchmesser erstellt werden. Auf diese sanierten bzw. neuen Fundationen wurden anschliessend die neuen Widerlager betoniert, deren Projektierung dem Ingenieurbüro Schneller, Schmidhalter & Ritz in Brig oblag.

Überbau

Neben der alten genieteten Fachwerkbrücke tritt der Fortschritt der Stahlbautechnik durch verschiedene Konstruktionsdetails sehr augenfällig in Erscheinung. Hervorgehoben seien folgende *Schwerpunkte des Entwurfes*.

- a) *Einfachheit*: einwandige Stabquerschnitte mit konstanter Flanschbreite und Steghöhe, aber mit variabler Flansch- und Stegdicke, ohne Aus-

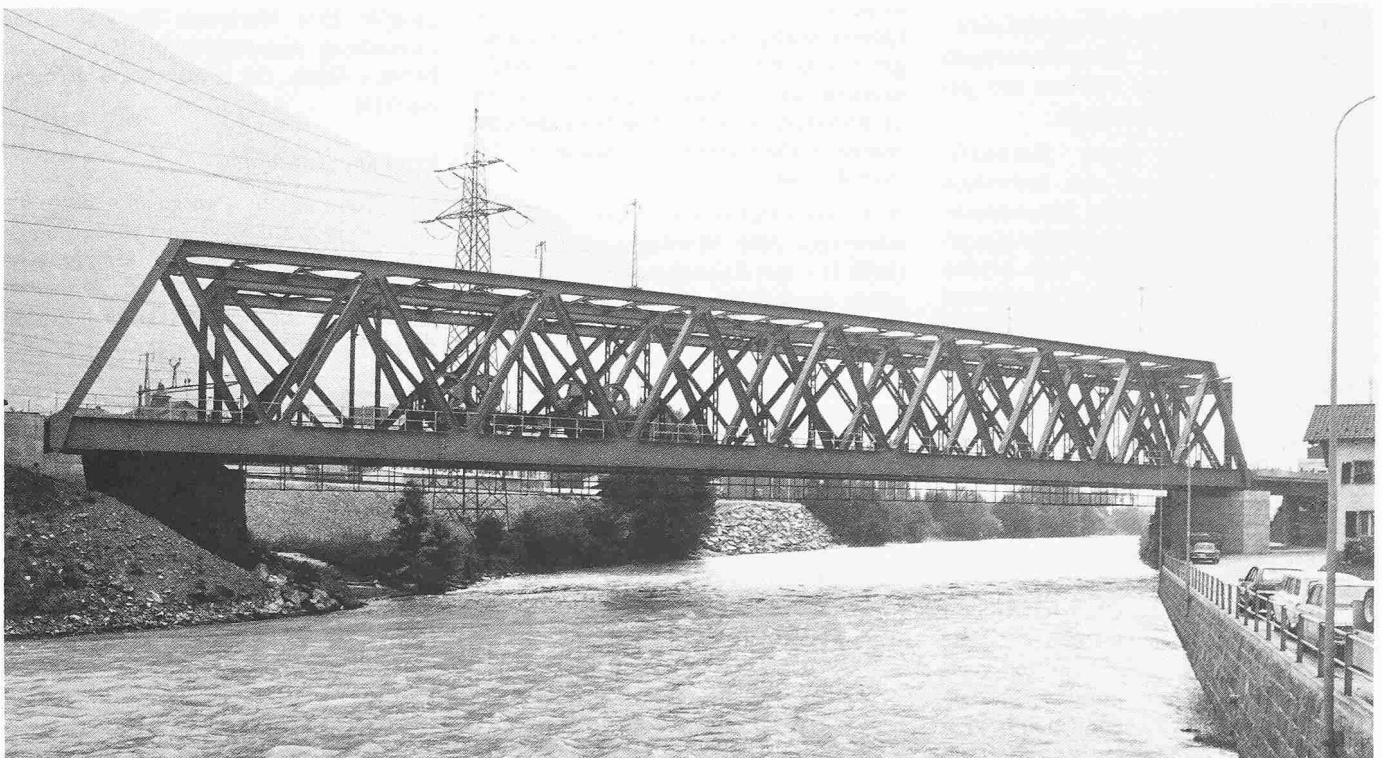


Bild 1. Ansicht der fertigen Brücke

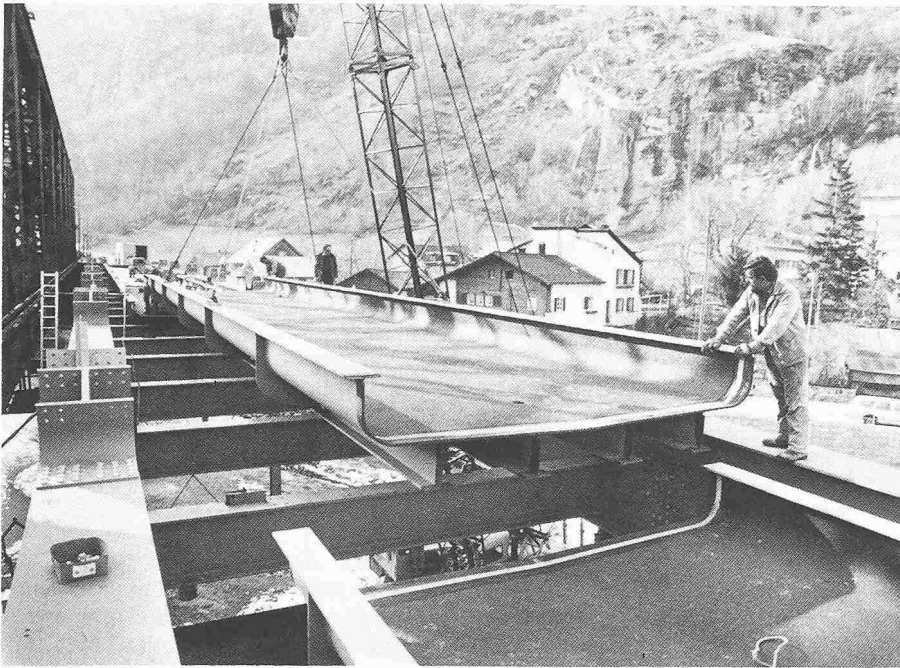


Bild 2. Schottertroge

steifungen, mit allseitiger Zugänglichkeit und Gewähr für besten Korrosionsschutz.

- b) *Sicherheit*: die ermüdungsgerecht durchgebildeten Fachwerkknoten mit ausgerundeten Flanschübergängen wurden im Werk unter optimalen Fertigungsbedingungen in die Gurtstäbe eingeschweisst, so dass eine Konstruktion ohne Spannungsspitzen und von hoher Dauerfestigkeit entstand.
- c) *Schottertroge*: statisch mitwirkend und trotzdem auswechselbar, mit nur vier Quernähten, Schotterbettung des Gleises wirkt lärmdämpfend und erhöht den Fahrkomfort.
- d) *Montage*: witterungsunempfindliches und rasches Zusammenfügen der vorfabrizierten Schüsse mit geschraubten Verbindungen.

Unter Beachtung dieser Entwurfschwerpunkte entstand das ästhetisch ansprechende, *pfostenlose Dreieckfachwerk der 84,5 m weit gespannten Hauptträger* (Bild 1). Zwischen den beiden Hauptträgern mit 5,20 m Axabstand sind in den Mittelpunkten des Fachwerknetzes, also alle 3,13 m, die Querträger angeordnet. Sie tragen den als Zugband statisch mitwirkenden, aber trotzdem *auswechselbaren Schottertroge* (Bild 2). Er wird durch vier Längsrippen ausgesteift. Sein seitlicher Rand wurde durch Abkanten des Trogleches erzeugt. Die Erhaltung der Querschnittsform des Schottertroges wird durch aussen liegende Quersteifen über jedem Querträger gewährleistet. Die Zugbandwirkung des Schottertroges wird durch vier «horizontale» Querträger erreicht, deren Lage auf den beiden Widerlagern zwangsläufig feststand, während die Lage der beiden inneren

«horizontalen» Querträger so gewählt wurde, dass der horizontale Verschiebungsunterschied zwischen dem Schottertroge und den «vertikalen» Querträgern unter 1,0 mm blieb.

Die *Stabilisierung der Hauptträger in Querrichtung* erfolgt in der Untergurtebene durch eine Art Vierendeel-Träger, bestehend aus dem Schottertroge als biegesteifem Zentralriegel, den vier «horizontalen» Querträgern als biegesteifen Pfosten und den beiden Fachwerkuntergurten als Zug- bzw. Druckbänder. Zwischen den Fachwerkobergurten ist ein K-Verband angeordnet. Dieser bei räumlicher Betrachtung gegliederte Obergurt der Brücke wird in Querrichtung durch die beiden schrägen Endportale gestützt. Um ihre Wirksamkeit als Aussteifungselemente zu vergrössern, liegt die Stegebene der einzelnen Stäbe (Riegel und Stiele) in der Portalebene.

Alle *Werkstattverbindungen* sind geschweisst. Alle Montageverbindungen (Bild 3) – mit Ausnahme der vier Quernähte des Schottertroges – sind als HV-Passverbindungen mit 0,2 m Lochspiel ausgebildet. Obwohl die hochfesten Schrauben im Sinne von [1] nur als Passschrauben auf Abscheren und Lochleibungsdruck bemessen wurden, erhielten sie eine «Sicherheits»-Vorspannung von 50 Prozent der Schraubenzugfestigkeit.

Der *Korrosionsschutz* des Tragwerks wurde folgendermassen ausgeführt:

- Sandstrahlen (metallisch blank),
- $2 \times 40 \mu$ Zweikomponenten-Zinkstaubfarbe als Grundanstrich im Werk,
- $2 \times 40 \mu$ Chlorkautschuk-Eisenglimmer-Deckanstrich auf der Baustelle

aufgebracht (inkl. Vorstreichen der feuerverzinkten Schrauben).

Für die *Innenflächen des Schottertroges* gelangte ein verbesserter Korrosionsschutz, der sich bei den Stahlbrücken der SBB gut bewährt hat, zur Ausführung:

- Sandstrahlen (metallisch blank),
- 200μ Spritzverzinkung,
- 150 g/m^2 Grundanstrich mit gefülltem Bitumenlack in 20prozentiger Verdünnung,
- $6,4 \text{ kg/m}^2$ Bitumenschutzbelag mit Asbestfasern verstärkt, so glatt wie möglich aufgespritzt.

Der letztgenannte Schutzbelag verstärkt zusätzlich die Lärmdämpfung des Schottertroges.

Festigkeitsberechnung

Die nach der neuen Stahlbauvorschrift (Norm SIA 161 vom 1. Mai 1979) vorgenommene Festigkeitsberechnung unterscheidet konsequent den statischen Tragfähigkeitsnachweis und den Ermüdungsnachweis.

Tragfähigkeitsnachweis

Die Schnittgrössen infolge der Normlasten wurden *elastisch* berechnet und für die beiden folgenden Lastkombinationen

- a) $G + (1 + \phi)P$
b) $G + 0,9(1 + \phi)P + 0,7W$

mit dem einheitlichen Sicherheitsbeiwert $s = 1,6$ multipliziert den *plastischen* Querschnittswiderständen gegenübergestellt. Der Nachweis für die unter zweiachsig exzentrischem Druck stehenden Stiele der Endportale erfolgte nach [5].

Ermüdungsnachweis

Die Spannungen infolge der *Betriebslast*, die in Abhängigkeit von der massgebenden Stützweite stets kleiner ausfällt als die normengemässe *Verkehrslast* – der Betriebslastfaktor gemäss Norm SIA 161

$$\alpha = 0,44 + \frac{3,3}{L} \leq 0,7$$

(L in m) liegt dabei immer noch erheblich über anderen Abschätzungen (z. B. [4]) –, wurden *elastisch* berechnet und in Abhängigkeit von sechs Kerbfällen (plus drei zusätzliche für die Verbindungsdetails) bestimmten genormten Ermüdungsfestigkeiten gegenübergestellt (vgl. auch [3 und 6]).

Ergebnis

Durch eine ermüdungsgerechte Neukonstruktion, bei der nicht einfach die

bisher übliche Fachwerklösung der neuen Stahlbauvorschrift angepasst wurde, ist es gelungen, die zweite Rhonebrücke der BLS in Brig so auszubilden, dass alle Tragwerksabmessungen – mit Ausnahme des 18 mm dicken Trogbleches – nicht durch den Ermüdungsnachweis, sondern durch den Tragfähigkeitsnachweis bestimmt werden. Im Hinblick auf die teilweise erhebliche Verschärfung der Ermüdungsvorschriften in der neuen Norm SIA 161 (1979) ist das ein sehr bemerkenswertes Ergebnis.

Kontrollen

Das Bundesamt für Verkehr in Bern als Aufsichtsbehörde betraute das *Institut de la Construction Métallique* (Prof. J. C. Badoux) an der *ETH Lausanne* mit der unabhängigen Überprüfung der Festigkeitsberechnung. Auf Wunsch der Prüfinstanz wurden noch die Auswirkungen von aufgezwungenen Formänderungen (wie Auflagerdrehwinkel der Querträger) näher nachgewiesen und einige zusätzliche, nicht normengemässe Ermüdungsnachweise geführt. Beide hatten jedoch keine Änderungen der Tragwerksabmessungen zur Folge. Auch stellte sich heraus, dass die Ermüdungsgefahr im Falle des durch Normalkraft aus der Fachwerkwirkung und durch Biegung aus der Querträgerauflagerung beanspruchten Fachwerkuntergurt zuverlässig beurteilt werden kann, wenn die Spannungen infolge dieser beiden Tragwirkungen mit den zu ihnen gehörenden Betriebslastfaktoren α^N (für $L = 84,53$ m) und α^M (für $L = 9,39$ m) abgemindert werden, wie dies auch in der neuen DV 804 (Ausgabe 1. Januar 1979) der Deutschen Bundesbahn (DB) verlangt wird.

Baustoffe und Kosten

Gemäss bereinigter Stückliste enthält der Überbau der zweiten Rhonebrücke der BLS in Brig 367 t Baustahl (davon 41 t St 52-3, 292 t St 37-3 und 34 t St 37-2). Sämtliches Material wurde von der Deutschen Bundesbahn im Auftrag der BLS im Werk in Deutschland abgenommen. Für die HV-Schrauben wurden Werksatteste verlangt. Zum Konstruktionsstahl kommen noch die vier Linienkipplager (ein festes, zwei einseitig bewegliche und ein allseitig bewegliches), der Kabelkanal, die Gitterroste und das Geländer. Das Stahlgewicht liegt damit trotz beträchtlicher Verschärfung der Ermüdungsvorschriften durchaus im Bereich des Üblichen (vgl. [2]). Die Lieferung und Montage der Stahlkonstruktion, inkl. Lager und Schlosserarbeiten, wurde zum Festpreis

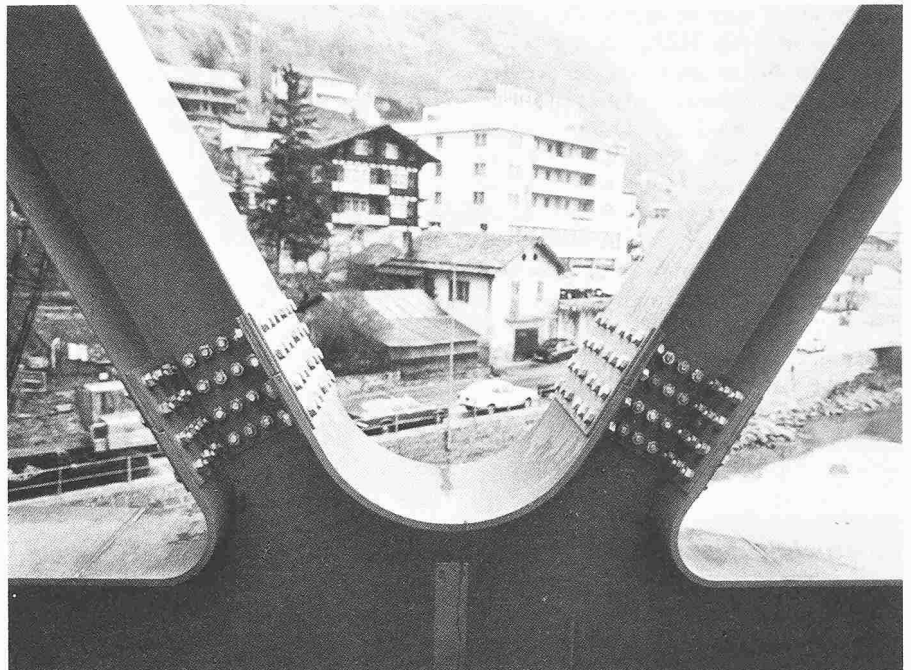


Bild 3. Anschluss der Streben an den Untergurt

von 1,37 Mio Franken vergeben. Dieser Betrag entspricht einem Kilopreis von 3.73 Franken. Die Bestellung und Lieferung des Materials nahm vier Monate in Anspruch.

Fertigung

Die Stahlkonstruktion wurde im Werk Döttingen der Zschokke Wartmann AG in vier Monaten gefertigt. Besondere Vorkehrungen erforderte nur das Schweißen der Fachwerkknoten. Die gekrümmten Flanschen wurden zunächst kalt gebogen und anschliessend

spannungsfrei gegläht. Erst dann wurden sie an die 40 mm dicken Knotenbleche mit K-Nähten angeschweisst. Die Schweißnähte wurden vom Unternehmer mit Röntgenstrahlen, Ultraschall, Magnetpulver und Prüfröten kontrolliert.

Montage

Da die Rhone im Winterhalbjahr Niederwasser führt und dabei das halbe Flussbett trocken liegt, schrieb die BLS auf Wunsch des kantonalen Wasserbauamtes vor, dass die Montage der Stahl-



Bild 4. Montage der Stalkonstruktion (alle Photos: Photodienst der BLS-Werkstätte Böningen)

konstruktion nur in dieser Zeit unter Verwendung von Hilfsjochen erfolgen kann. Mit einem am Rand der Niederwasserrinne stehenden Autokran wurden die in maximal 17,3 m langen Schüssen mit der Bahn angelieferten Konstruktionsteile auf die beiden Widerlager und auf vier gerammte Stahljoche abgestellt (Bild 4), ausgerichtet und verschraubt. Nur die Querstösse des Schottertrog wurden im Schutz von Wetterhäuschen auf Montage geschweisst. Die gesamten Montagearbeiten dauerten acht Wochen. Die theoretische Überhöhung in Brückenmitte betrug 100 mm.

Inbetriebnahme

Nach Ausführung des Deckanstriches wurde die zweite Rhonebrücke am 17. Juli 1980 von der BLS abgenommen. Die Probelastung erfolgte am 9. Oktober 1980 mit drei elektrischen Lokomotiven (2 Ae 6/8 zu 140 t und 1 Ae 8/8

Literatur

- [1] Herzog, M.: «Die optimale Ausnützung hochfester Schraubenverbindungen nach Versuchen». Der Stahlbau 43 (1974) H. 9, S. 267–276, und H. 11, S. 344–347
- [2] Herzog, M.: «Stahlgewichte moderner Eisenbahn- und Strassenbrücken». Der Stahlbau 44 (1975) H. 9, S. 280–282
- [3] Herzog, M.: «Folgerungen aus Ermüdungsversuchen mit gewalzten und geschweissten Trägern für die Bemessung». Der Stahlbau 46 (1977) H. 9, S. 294–296
- [4] Herzog, M.: «Die wahrscheinliche Verkehrslast von Eisenbahnbrücken». Bauingenieur 53 (1978) H. 1, S. 29–32
- [5] Herzog, M.: «Anschauliche Näherung für die Traglast zweiachsig exzentrisch gedrückter, schlanker Stahlstützen». Der Stahlbau 48 (1979) H. 12, S. 377–379
- [6] Hirt, M.: «Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Ermüdung und deren Berücksichtigung bei der Bemessung von Eisenbahnbrücken». Bauingenieur 52 (1977) H. 7, S. 255–262

zu 160 t) im Gesamtgewicht von 440 t und mit einer Gesamtlänge von $2 \times 20,26 + 1 \times 30,23 = 70,75$ m, entsprechend einem mittleren Laufmetergewicht von 6,22 t/m. Die unter der Annahme, dass der Schottertrog nur zu 80 Prozent mitwirkt, vorausberechnete Durchbiegung unter ruhender Last von 52 mm wurde durch die Messung (westlicher Hauptträger 51,5 mm und östlicher 46,5 mm, im Mittel 49,0 mm) recht

gut bestätigt. Der festgestellte Durchbiegungsunterschied lässt den Schluss zu, dass der Schottertrog fast zu 100 Prozent mitwirkt.

Adressen der Verfasser: U. Graber, dipl. Ing., Bauabteilung der Berner Alpenbahngesellschaft BLS, Genfergasse 11, 3011 Bern, Dr. M. Herzog, dipl. Ing., Rohrerstrasse 3, 5000 Aarau, R. Schmid, dipl. Ing., Zschokke Wartmann AG, Stahlrain, 5200 Brugg