**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
**Band:** 101 (1983)
**Heft:** 29

**Artikel:** Erhaltung eines gemauerten Bogenviadukts: Verbreiterung des Luogelkinviadukts der BLS
**Autor:** Graber, Urs
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-75176

**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:** 15.12.2025

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

stehenden Bauwerken *das Langzeitverhalten* und *die sich verändernden Technologien der Baustoffe* zu berücksichtigen.

Bei *unbewehrtem Beton* in nicht aggressiver Umgebung kann damit gerechnet werden, dass die ursprünglich vorgeschriebene Festigkeit zum mindesten vorhanden ist und sich im Laufe der Zeit erhöht hat. Bei *armiertem Beton* ist in jedem Fall der Zustand der Armierung zu prüfen. Diese kann bei Bauwerken, die über 40 Jahre im Gebrauch stehen, infolge fortschreitender Karbonatisierung des Betons Korrosionserscheinungen aufweisen. Bei *Stahlbauten* stellt die Abschätzung der seit der Erstellung eingetretenen Materialermüdung eine anspruchsvolle Aufgabe.

Zu berücksichtigen sind bei allen Bauten insbesondere *die veränderten Belastungsannahmen*. Diese haben sich im Brückenbau im Laufe der letzten Jahrzehnte stark erhöht. In allen übrigen Fällen ist seit 1970 die Erdbebenwirkung einzubeziehen. Fundamente können in vielen Fällen wiederverwendet werden, sind aber gründlich zu untersuchen.

Gewandelte Sicherheitsvorstellungen erfordern mit dem *Tragfähigkeitsnachweis* neue Rechenverfahren nach der Bruchtheorie. Diese Verfahren ermöglichen neben der besseren Erfassung der Sicherheit eines Bauwerkes die Heranziehung aller vorhandenen statischen Reserven. Sie eignen sich daher in besonderem Masse zur Überprüfung der Tragfähigkeit von bestehenden Bauten, nachdem durch Voruntersuchungen die Grössen sämtlicher Leitvariablen ermittelt worden sind.

Adresse des Verfassers: *A. Wackernagel*, dipl. Bauing. ETH/SIA, c/o Gruner AG, Ingenieurunternehmung, Gellertstr. 55, 4020 Basel.

# Erhaltung eines gemauerten Bogenviadukts

## Verbreiterung des Luogelkinviadukts der BLS

Von Urs Graber, Bern

**Der Doppelspurausbau der Bahnlinie Bern–Lötschberg–Simplon erfordert die Verbreiterung des Luogelkinviaduktes auf der Lötschberg-Südrampe. Die neue Konstruktion wird mit der bestehenden Bogenbrücke aus Naturstein verbunden. Durch Natursteinverkleidung bleibt der ursprüngliche Charakter erhalten. Die Baustelle ist bahnerschlossen und hat eingleisigen Bahnbetrieb zu gewährleisten, was spezielle Ausführungsprobleme stellte.**

*Bild 1. BLS-Luogelkinviadukt mit Rhonetal bei Hohtenn*

## Einleitung

Der 127 m lange *BLS-Luogelkinviadukt bei Hohtenn* aus dem Jahre 1910 beeindruckt durch die Schlankheit der hohen Pfeiler und die gute Eingliederung der groben Mauerwerksstruktur in die Felslandschaft und typische Vegetation der Lötschberg-Südrampe. Er wurde deshalb zum beliebten Fotoobjekt und wirbt auf mancher Plakatwand für die Bern–Lötschberg–Simplon-Bahn (BLS), vgl. Bild 1. Von der Beliebtheit des Bauwerkes zeugt auch die 20-Rp-Werbemarke von 1963 zum 50-Jahr-Jubiläum der BLS.

Im Zuge des Ausbaus der BLS auf Doppelspur sind seit Anfang 1982 Bauarbeiten zur Erweiterung des einspurigen Viaduktes im Gange. Die BLS unternimmt grösste Anstrengungen, das bekannte Bauwek *in seiner bisherigen Gestalt zu erhalten*. Die Vebreiterung wird unter Beibehaltung der alten Form *in Stahlbeton* ausgeführt und *mit Natursteinen verkleidet*. Das Vorhaben in topographisch und bautechnisch schwieriger Lage stellt eine Reihe besonderer Probleme, über die im folgenden berichtet wird.

## Die Pfeiler

### Bauweise

Der höchste Pfeiler ist 47 Meter hoch (Bild 2). Die Hülle der bestehenden Pfeiler ist mit Kalkstein gemauert, das Innere mit Lockergestein gefüllt. Das zweite Gleis kommt im Abstand von 3,60 m talseitig vom bestehenden zu liegen. Die Pfeiler sind dementsprechend um 3,30 m zu verbreitern, und weitere 100 cm können durch leichte seitliche

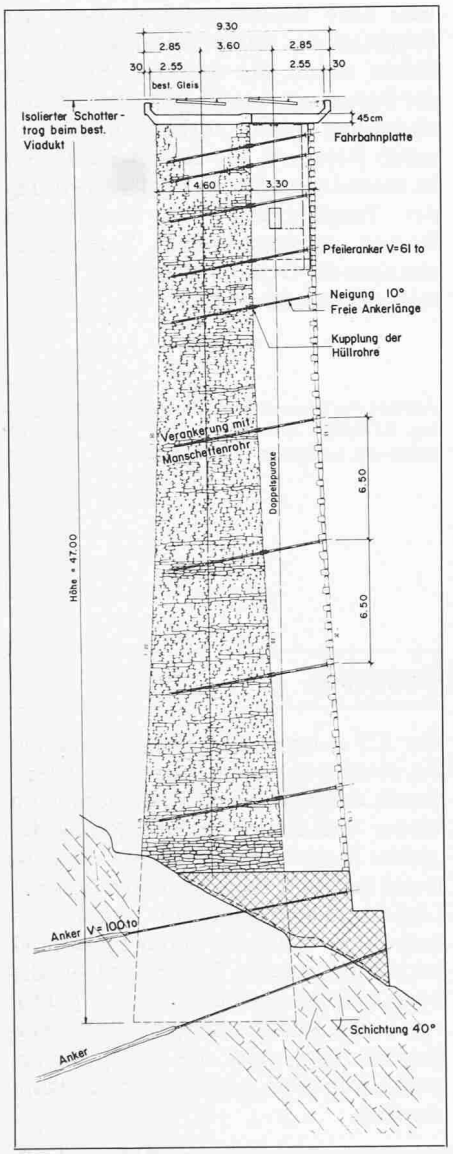



*Bild 2. Pfeiler mit Verbundanker; Fundation. Querschnitt*

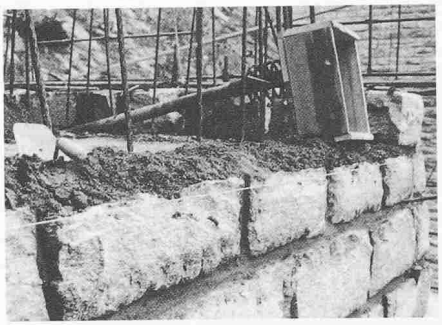


*Bild 3. Detail der Pfeilermauerung*

*Bild 4. Verbreiterung der Pfeiler, Verbindung zu Verbundpfeiler Beton/Mauerwerk*

Auskragung der Bordüren gewonnen werden. Die Verbreiterung wurde in täglichen Etappen von 1–2 Steinreihen *gemauert* und das Pfeilerinnere laufend *ausbetoniert* (Bild 3). Die Mauerwerkshülle diente dem Beton ohne weitere Stützung als Schalung. Durch Verwendung von Fliesszusätzen zum Beton erreichte man mit geringer Wasserzugabe einen flüssigen Beton, der die unterschiedlich starken Mauerwerkssteine gut umhüllte.

### Verbund Beton / Mauerwerk

Wenn gleichzeitig zwei Züge den Viadukt befahren, treten infolge der Gleiskrümmung mit 300 m Radius *so grosse Fliehkräfte* auf, dass weder die alten noch die neuen Pfeiler allein genügend standfest gewesen wären. Alte und neue Pfeiler werden deshalb *mit Ankern zu einem Verbundpfeiler* zusammengespannt. Für die Montage der Anker wurden vor den Mauerungsarbeiten von einem Hängegerüst aus in Abständen von 6,50 m im bestehenden Pfeiler Bohrungen von 105 mm Durchmesser ausgeführt und Manschettenrohre als Verankerungskörper eingesetzt. Bei den Betonarbeiten wurden entsprechende Löcher im neuen Pfeiler ausgespart, in welche vom nachfolgenden Fassadengerüst aus Ankerstangen mit je 60 Tonnen Zugkraft eingesetzt und gespannt werden konnten (Bild 4).

Durch den festen Verbund zwischen bestehendem und neuem Pfeiler wird beim Betonieren die *Schwindverkürzung*, welche bei 47 m Pfeilerhöhe etwa 1 cm betragen würde, *verhindert*. Statt dessen entsteht in der Kontaktfläche eine *innere Zwängungskraft* von etwa 2700 t. Mit der grossen Steifigkeit des Verbundquerschnittes ist diese Beanspruchung jedoch unbedeutend. Für die Berechnung der Beanspruchungen des Verbundpfeilers muss die Elastizität von Beton und Mauerwerk bekannt sein. Um die diesbezüglichen Unsicherheiten auszuschliessen, wurden die *Berechnungen mit zwei Grenzwerten* angenommen:

*Oberer Grenzwert:*
- der gesamte Pfeilerquerschnitt wirkt voll
- der Elastizitätsmodul von Beton betrage $2{,}5 \cdot 10^6$ t/m²
- der Elastizitätsmodul des Mauerwerks betrage 50% davon

*Unterer Grenzwert:*
- der Mauerwerksquerschnitt wirke zu 50% mit
- der Elastizitätsmodul des Betons betrage $2{,}0 \cdot 10^6$ t/m²
- der Elastizitätsmodul des Mauerwerks betrage 30% des Betonmoduls

### Fundationen (Geologie)

Jeder Pfeiler des bestehenden Viaduktes hat ein Gewicht von 3000 t und überträgt einen Gewichtsanteil des Überbaus von 1300 t auf die Fundamente. Die Belastung durch den fahrenden Zug ist demgegenüber mit 240 t recht bescheiden. Durch die Verbreiterung müssen pro Pfeiler zusätzlich 2600 t auf den Baugrund übertragen werden. Dieser muss imstande sein, diese grossen Lasten ohne schädigenden Einfluss auf das bestehende Bauwerk aufzunehmen. Im Falle des Luogelkinviaduktes sind diese Voraussetzungen durch den *an der Oberfläche anstehenden Malmkalk* gegeben. (Beim Kanderviadukt in Frutigen, welcher mit Holzpfählen in Seeton gegründet ist, schied die Verbreiterung in der alten Bauweise aus diesem Grunde aus und es wurde in 15 m Abstand eine neue vorgespannte Betonbrücke erstellt.) Da der Fels mit 40° Neigung relativ steil und hangparallel geschichtet ist, die Scherfestigkeit in der Schichtfläche jedoch nur etwa 30° beträgt, sind 40% der neuen Last *zusätzlich durch vorgespannte Felsanker* zu übernehmen. Die Ankerkraft wurde ferner so ausgelegt, dass die Gesamtstabilität von altem und neuem Pfeiler gegenüber bisher um 20% erhöht wird (Bild 2).

## Überbau

### Tragsystem

Der Überbau des bestehenden Viaduktes besteht *aus fünf gemauerten Gewölben* von je 23 m Spannweite und Mauerungsstärken von 0,90–1,60 m. Seitlich an den Gewölberändern sind Mauern variabler Dicke aufgesetzt, welche im Pfeilerbereich bis 7 m hoch sind. Der Hohlraum zwischen den Mauern ist bis auf Gleishöhe mit Lockergestein aufgefüllt. Die neuen Gewölbe für die Verbreiterung werden *in Stahlbeton* mit 0,90 bis 1,40 m Stärke ausgeführt, und die Fahrbahn besteht aus einer 45 cm starken Betonplatte, welche in Abstän-

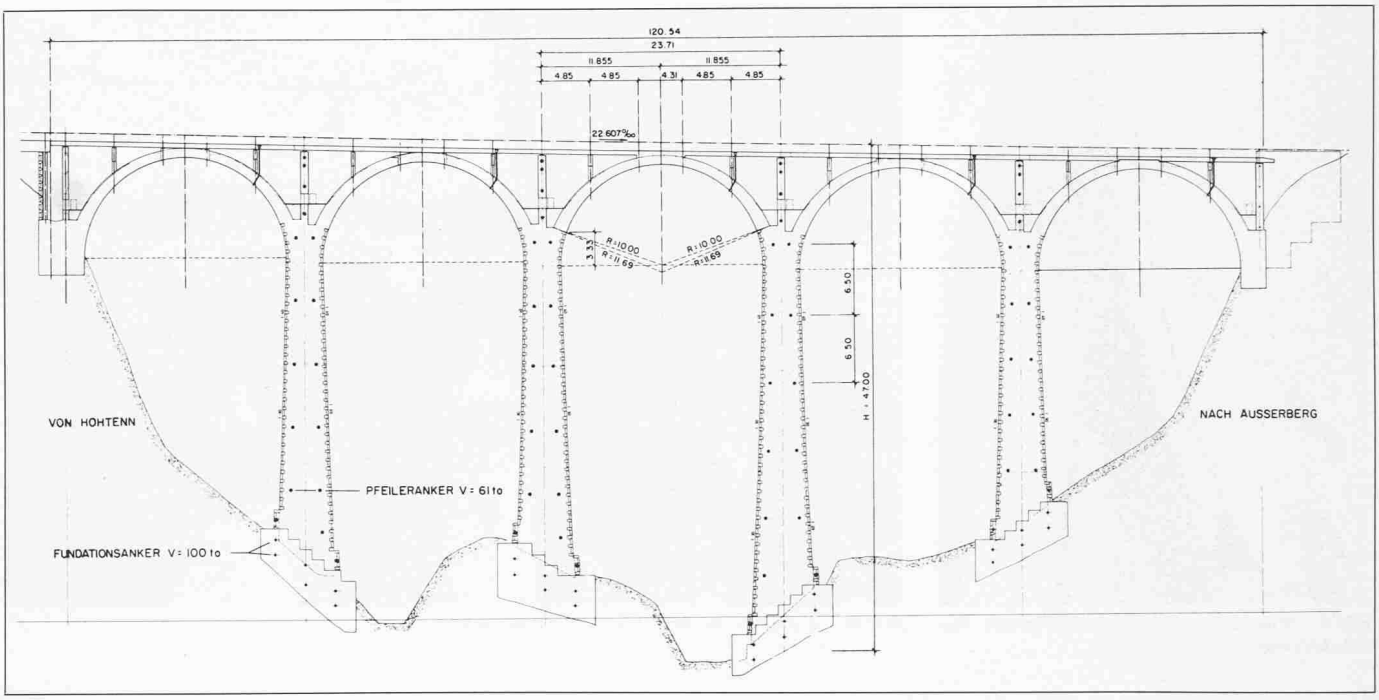



*Bild 5. Längsschnitt durch neuen Viadukt*

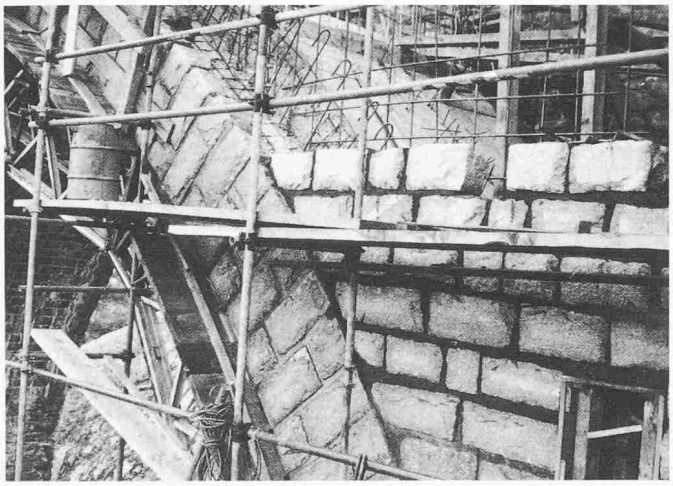


*Bild 6. Mauerung der Bogenstirnseiten und der aufgesetzten Füllscheiben*

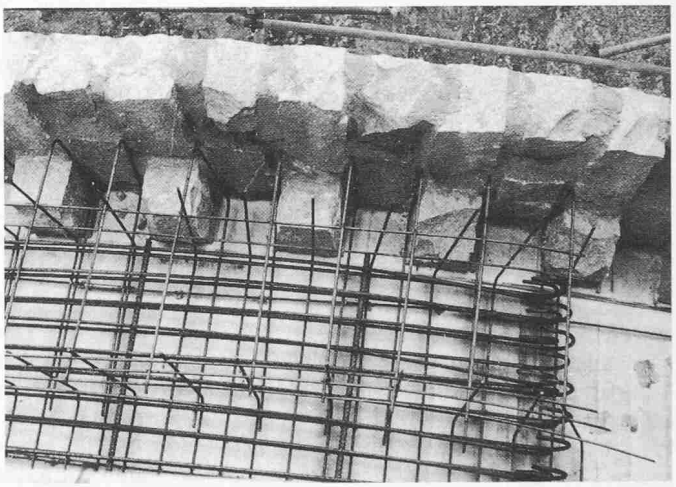
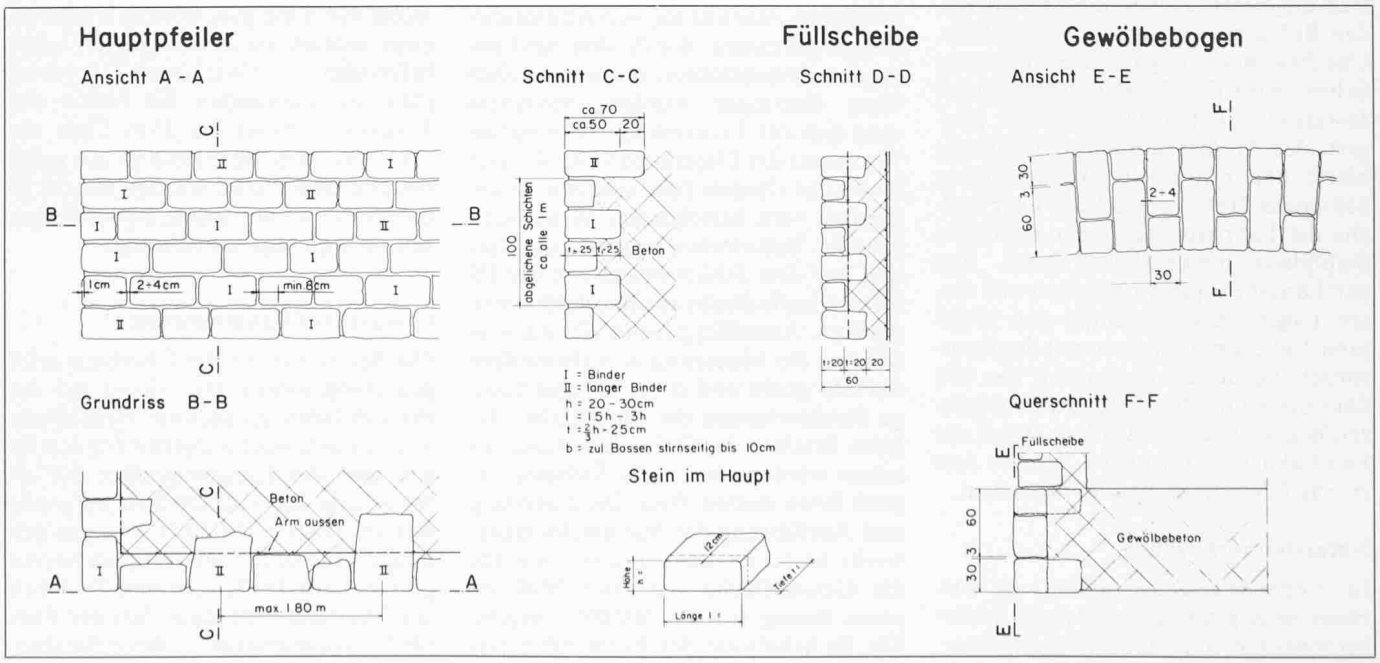


*Bild 7. Mauerung der Bogenstirnseiten mit Schalung und Armierung des Bogens*

*Bild 8. Schema für Natursteinmauerung*



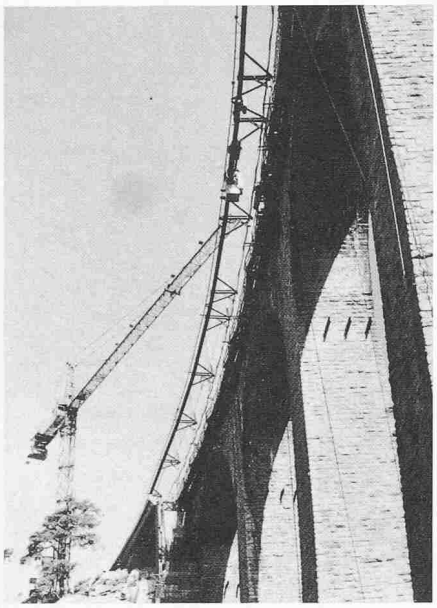


*Bild 9. Monorail, seitlich am bestehenden Viadukt befestigt*

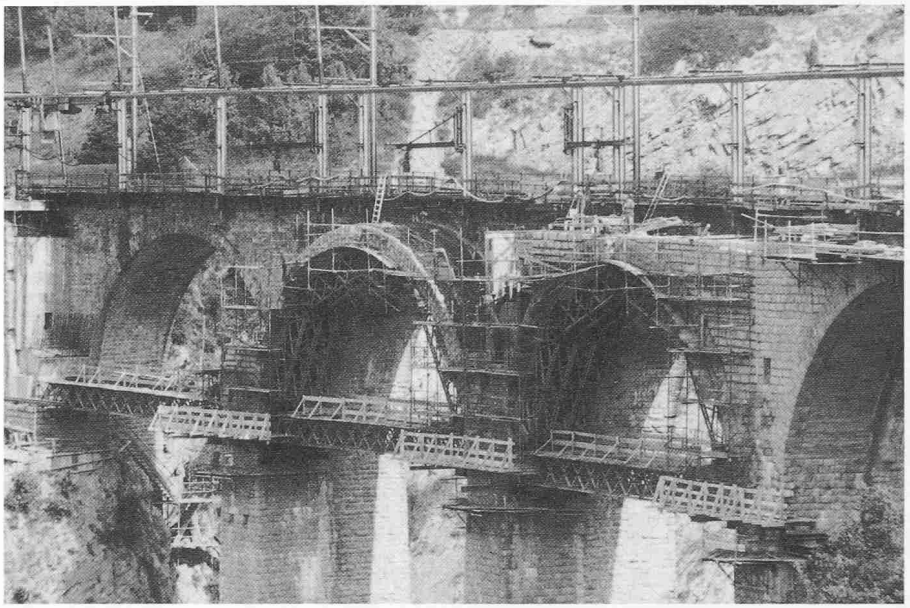


*Bild 10. Lehrgerüst für den Überbau und Bauablauf*

den von etwa 4,85 m mit Betonquerscheiben auf die Gewölbe abgestützt ist (Bild 5). Die Hohlräume zwischen Bogen und Fahrbahn werden mit *gemauerten Füllscheiben* verblendet. Die sichtbaren Stirnseiten der Gewölbe werden kunstvoll in Bogenform gemauert (Bilder 6 und 7). Einzig auf der *Bogenuntersicht bleibt der Beton sichtbar,* damit die volle statische Höhe des Betons genützt werden kann.

Gegenüber der gemauerten Bauweise, welche in der Lage ist, die Verformungen aus Belastung, Temperaturänderung und Bremskräften ohne Bildung sichtbarer Risse aufzunehmen, bietet der fünffeldrige Betonrahmen diesbezüglich *einige Probleme.*

Infolge der Temperaturänderung von −25° aus dem Mittelwert verkürzen sich die Betonfahrbahnen an den beiden Brückenenden um je etwa 1,5 cm. Um diese Bewegung rissefrei zu ermöglichen, wird die *Fahrbahnplatte längsbeweglich* auf den Abstützungen gelagert. Als Auflagerkörper sind einbetonierte und mit Gleitlack überzogene Schienenstücke vorgesehen, über welche die Fahrbahn auf einer rostfreien Stahlplatte hinweggleiten kann. Aus der Längsbewegung entstehen auf diesen Lagern *Reibungskräfte* von insgesamt 100 t, die zusammen mit der Beanspruchung aus der Bremskraft von 80 t über die Fahrbahnplatte in den mittleren Bogen abgeleitet werden. Damit die Fahrbahn rissefrei bleibt, ist eine *zentrische Längsvorspannung* vorgesehen.

### Natursteinverkleidung

In einem *Variantenstudium,* in welchem nebst glasfaserverstärkten Spritzbetonplatten mit Mauerwerksstruktur, mit Strukturplatten geschalter Beton und die *«echte» Natursteinmauerung* in Betracht gezogen wurden, entschied sich die BLS anhand von Mustern, Lieferbedingungen und Preisvergleichen für die letztere Variante. Der Aufbau der Mauerwerksverkleidung basiert auf der Norm SIA 178 sowie Musterausführungen von Brückenbauten der fünfziger Jahre auf der SBB-Gotthardlinie (Bild 8).

Der bestehende Viadukt ist mit dunklem Kalkstein gemauert, der seinerzeit *in Steinbrüchen der Gegend* gewonnen wurde. Die erneute Gewinnung von Natursteinen der näheren Umgebung kam nicht mehr in Frage, da nur etwa 20% die Qualitätsansprüche erfüllt hätten und der «Abfall» beträchtliche Deponieprobleme stellen würde. Da die Pfeiler des alten Viaduktes der nachträglichen Ausführung von Konsolidierungsinjektionen durch den ausfliessenden Zementmörtel mit einer hellen Haut überzogen wurden, entschloss man sich zur *Verwendung von Simplon-Granit* aus der Gegend von Gondo. Die Farbe des Granits hebt sich nur unwesentlich vom bestehenden Mauerwerk ab. Die Natursteine werden palettiert und *auf dem Schienenwege* von der FS Station Iselle direkt zur Baustelle transportiert. Ausschlaggebend für die Gestaltung der Mauerung ist insbesondere die sehr grobe und etwas unregelmässige Strukturierung der Sichtfläche, die beim Brechen der Steine besonders beachtet werden muss. Die Ästhetik hat auch ihren stolzen *Preis.* Die Lieferung und Ausführung des Natursteinmauerwerks kostet Fr. 250.– pro m², was für die Gesamtfläche von etwa 2000 m² einen Betrag von Fr. 500 000.– ergibt. Die Beibehaltung der Form führt ferner zum hohen Betonbedarf von 3800 m³, der rund 1 Mio. Franken kostet. Eine Reduktion des Betonbedarfs durch Ausführung von Hohlpfeilern schied aus preislichen und baupraktischen Gründen aus.

## Probleme der Ausführung

### Installationen / Hebezeuge

Der Luogelkinviadukt überquert einen unzugänglichen Geländeeinschnitt, und das Gleis beschreibt auf die ganze Länge eine Kurve. Die Wahl eines geeigneten Hebezeuges mit genügender Reichweite und unter Berücksichtigung des Lichtraumprofils der Bahn und der Gefahren der Fahrleitung stellte ein zentrales Problem für die Bauunternehmung dar. Eine gute Lösung wurde mit einer seitlich am bestehenden Viadukt befestigten *Einschienen-Hängebahn* (Monorail) gefunden. Sie besitzt eine Tragkraft von 4 t bis 25 m Tiefe und 2,5 t über 25 m Tiefe (Bild 9). An jedem bestehenden Pfeiler wurden zudem für das Versetzen der Steine *Schwenkkrane* mit 500 kg Tragkraft befestigt.

### Lehrgerüst / Bauprogramm

Die Betonarbeiten des Überbaus erfolgen etappenweise von einem auf den Pfeilerköpfen gelagerten *Gerüstboden* aus, auf dem das Lehrgerüst für den Bogen und die Fassadengerüste für die Mauerung der Füllscheiben aufgebaut werden können (Bild 10). Wie aus dem Bauprogramm für den Überbau hervorgeht, dauern die Bauarbeiten für 1 Feld des Überbaus 3 Monate. Mit der Ende 1983 vorgesehenen Bauvollendung

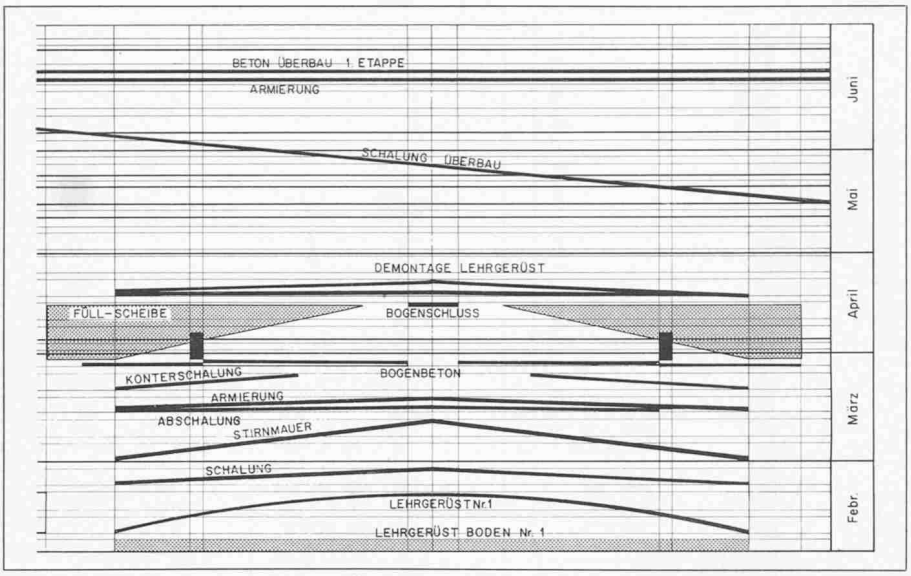



*Bild 11. Bauprogramm für ein Feld des Überbaus*

müssen deshalb gleichzeitig 2 Bogen eingerüstet sein (Bild 11). Die interessanten Arbeiten des Überbaus werden vom Februar–August 1983 ausgeführt und werden sicher manchen Reisenden der BLS beeindrucken oder gar zu einer Wanderung auf dem schönen Wanderweg zwischen Hohtenn und Ausserberg verleiten.

Adresse des Verfassers: *U. Graber*, dipl. Bauing. ETH, BLS Bauabteilung, Genfergasse 11, 3001 Bern.

**Technische Daten:**

| | |
|---|---|
| Viaduktlänge | 127 m |
| Viadukthöhe | 47 m (ab Fundament) |
| Bogenspannweite | 5 × 27,7 m |
| Bogenabmessungen | 3,30 × (0,90–1,40) m |
| Pfeilerabmessungen | 3,30 × (3,50–6,50) m |
| bestehende Pfeiler | Kopf: 4,20 × 4,60 m<br>Fuss: 5,90 × 6,90 m |
| Fahrbahn | 4,00 × 0,45 m |
| Sekundärstützen | |
| im Bogenviertel | 3,15 × 0,40 m |
| über Pfeiler | 3,15 × 0,80 m |
| Pfeileranker | 60 Stk. $V_0$ = 613 kN<br>7 × 99 mm² |
| Fundamentanker | 32 Stk. $V_0$ = 1000 kN |
| Beton | 3800 m³ |
| Mauerwerk | 2000 t |
| Baukosten | 3,5 Mio. Fr. |

**Am Bau Beteiligte:**

| | |
|---|---|
| *Ausführende Firma:* | Konsortium<br>Ed. Züblin & Cie. AG, Sion<br>R. Kalbermatten<br>C. Fux AG |
| *Projektverfasser:* | Ingenieurbüro Bloetzer und Pfammatter, Visp |
| *Bauleitung:* | BLS Bauleitung Südrampe, Brig |

# Sanierung der Maillart-Bogenbrücke über den Rhein in Laufenburg

Von Ernst Woywod und Branislav Lazic, Aarau

**Die aus zwei flachen Bogen von je 41,5 m Spannweite bestehende Brücke ist aus Betonsteinen gemauert. Ihre Sanierung war mit technischen, aber auch zwischenstaatlichen Problemen verbunden. Die Dauerhaftigkeit erforderte eine Fahrbahnplatte aus Stahlbeton, wodurch das statische System geändert wurde. Gleichzeitig wurde der Brückenschmuck erneuert. Die Federführung lag beim Kanton Aargau, die Sanierungskosten wurden mit dem deutschen Partner geteilt.**

## Vorgeschichte

Laufenburg war von jeher eine Brükkenstadt und im Laufe der Geschichte sind an dieser Stelle verschiedene Brükkenkonstruktionen erstellt worden. Die Historiker nennen jeweils Hochwasser oder kriegerische Ereignisse als Gründe der Zerstörung und des Wiederaufbaus. So konnte es vorkommen, dass die Verbindung von Gross- und Kleinlaufenburg oft monatelang unterbrochen war [1, 2, 3].

Mit der Bildung des Kantons Aargau wurde der Rhein zur Grenze und die bisher zu Vorderösterreich gehörende Stadt in eine links- und rechtsufrige Gemeinde *geteilt*. Anlässlich dieser Trennung wurde 1809 in einem Staatsvertrag [4] *Eigentum und Unterhalt* der alten Brücke wie folgt geregelt:

*Art. 2: Rheinbrücken und Brückenzölle*

«An dem Eigenthum der Rheinbrücke zu Lauffenburg und dem Brückenzolle daselbst, hat eine jede der beiden Städte Gross- und Klein-Lauffenburg denjenigen Antheil der ihr unter (Art. 13) an dem vormals unzertheilten Gemeindegute zugeschieden wird.

Die Kosten der Herstellung und Ausbesserung der vorgenannten Rheinbrücken werden verhältnismässig von denjenigen getragen, denen das Eigenthum und der Bezug des Brückenzolls von denselben zusteht, in so fern diesfalls bestehende Verträge oder das Herkommen nichts anders bestimmen.

Da bei einem neuen Brückenbau oder einer Hauptreparation der Rheinbrücke zu Rheinfelden und Lauffenburg die Landesherrschaft auf bittliches Ansuchen dieser Städte einen Beitrag hiezu bewilliget hat, so übernimmt für die Zukunft bei diesem eintretenden Falle nach vorheriger Rücksprache beider Regierungen eine jede Landesherrschaft die Hälfte des Beitrages, der nach mitgetheiltem Bau-Akkord bewilliget wird.»

*Art. 13: Gemeindsvermögen von Lauffenburg*

«Von dem Lauffenburger Rheinbrückenzoll hingegen hat die Grossstadt zwei Drittheile, und die Kleinstadt einen Drittheil zu beziehen. Nach dem nemlichen Maasstabe tragt eine jede zu dem Brückenbau bei.»

Die damalige Konstruktion bestand aus drei massiven Pfeilern und einer Notbrücke, die nach den Wirren der Französischen Revolution erstellt worden war. Eine feste Brücke wurde 1810 von *Blasius Baldischwiler* erbaut. Sie war ihrer Vorgängerin ähnlich, indem die nördliche, grössere Öffnung mit einem *gedeckten Hängewerk* und die drei südlichen, kleineren Öffnungen mit *offenen Sprengwerken* überbrückt waren [5]. Auf dem zweiten Pfeiler wurde im Jahre 1861 eine *Nepomukstatue* enthüllt, von der noch die Rede sein wird.

Im Zuge des Kraftwerkbaus wurde der Rhein durch umfangreiche Sprengungen ausgeweitet und im Auftrag der Kraftwerk Laufenburg AG 1911 eine neue Brücke (Bild 1, 2) durch die Fa. *R. Maillart, Zürich*, projektiert und gebaut. Dabei wurde auf dem Mittelpfeiler eine neue Nepomuksäule (Bild 7) aufgestellt, während die alte Nepomukstatue einen geschützten Platz in der Nähe der Kirche fand. Die Brücke, welche in zwei eleganten, flachen und parabolischen Bögen von 4,45 m Pfeilhöhe über den Rhein gespannt ist, stellt eine interessante Schöpfung im Stil der Steinbrücken aus dem 18. Jh. dar. Neuartig ist, dass die Gewölbe, der 6,00 m