

Die Kuhmattbrücke der Brienz-Rothorn-Bahn: eine demontierbare hölzerne Brücke

Autor(en): **Hübner, Fritz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **74 (1956)**

Heft 14: **Sonderheft zur 40. Schweizer Mustermesse in Basel**

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-62598>

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 Kuhmattbrücke der Brienz-Rothorn-Bahn

Eine demontierbare hölzerne Brücke

Von Prof. Ingenieur Fritz Hübner, Bern DK 624.282:691.11

Vom Holzschnitzerdorf Brienz führt die einzige heute in der Schweiz noch ausschliesslich mit Dampf (Bild 1) betriebene Zahnradbahn auf das Brienzler Rothorn (2349 m ü. M.). Sie wurde 1892 eröffnet und ist somit heute schon 64 Jahre alt. Oberhalb der Planalp, bei der sog. Kuhmatt, überquert sie über einer etwa 45 m zwischen den Widerlagern betragenden Öffnung ein sehr schneereiches und lawinengefährdetes Tobel. Die ursprüngliche eiserne Brücke (Bild 2) besass zwei Zwischenpfeiler; sie wurde seit ihrem Bestehen mehrfach durch niedergehende Lawinen beschädigt. Ein erstes Mal, im Winter 1907/08, wurde die unterste der drei 15 m weiten Öffnungen von ihrem Widerlager abgehoben; sie hing im Frühjahr längs des unteren Pfeilers herunter. Im Winter 1930/31 riss eine Lawine den oberen Pfeiler weg, der Brückenträger blieb indessen in seiner Lage unverändert stehen. Beide Male konnte die Brücke durch Ersatz der beschädigten Teile in ihrer ursprünglichen Form gerettet werden. Im März 1942 jedoch fegte eine Staublawine die ganze Brücke restlos weg. Man fand im Frühjahr nur noch einen abgerissenen Ankerbolzen eines Pfeilers. Die stark verformten Teile der Brücke wurden nach der Schneeschmelze etwa 200 m unterhalb des eigentlichen Standortes aufgefunden (Bild 3).

In dieser Lage musste die Bahngesellschaft nach einer Lösung suchen, welche vor der immer wiederkehrenden Lawinengefahr Schutz bot. Man dachte an etwas ähnliches wie die Steffenbachbrücke der Furka-Oberalp-Bahn. Auf Anraten des Eidg. Amtes für Verkehr studierte man die Möglichkeiten für die Erstellung einer Brücke, die jeden Herbst entfernt und im Frühjahr wieder aufgebaut werden kann. In der damaligen Kriegszeit war die Ausführung einer neuen Stahlkonstruktion unmöglich, weil die notwendigen Differdingerträger gar nicht erhältlich waren. So entstand notgedrungen die hienach beschriebene demontierbare Holzbrücke, welche wahrscheinlich die einzige dieser Art ist. Die Holzbauweise war auch mit Rücksicht auf eine möglichst leichte Ausführbarkeit der sich jährlich wiederholenden Montage- und Demontearbeiten die geeignetste, indem sie allein eine wirtschaftliche Zerlegung in zahlreiche, noch handliche Einzelteile gestattete. Andererseits waren jedoch Bedenken gegen die Verwendung von Holz für eine derartige Bahnbrücke, die notwendigerweise ungedeckt bleiben musste, durchaus gerechtfertigt, wenn nicht den Eigenarten dieses Baustoffes in der Auswahl des Holzes und namentlich der Ausbildung der konstruktiven Einzelheiten die grösste Aufmerksamkeit hätte geschenkt werden können. Es war zu bedenken, dass die Umstände geboten hatten, die Brücke — wenn immer möglich — innert zwei Monaten nach Vergebung zu erstellen.

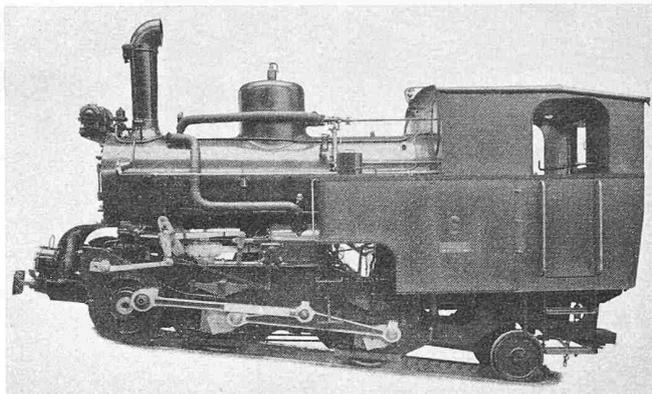


Bild 1. Die Brienz-Rothorn-Zahnrad-Dampflokomotive von 19 t Gewicht

Eine erste eingehende Beschreibung dieses 1942 ausgeführten Bauwerkes war seitens der Schweiz. Bauzeitung schon 1945 in Aussicht genommen worden. Weil aber der Verfasser der Ansicht war, dass eine etwas spätere Mitteilung über das Verhalten dieser ungedeckten Holzbrücke an einem Standort mit naturgemäss wechselvollen Witterungsverhältnissen ebenso wichtig wäre, verschob man die geplante Veröffentlichung. Verschiedener unerwarteter Umstände wegen kann sie erst jetzt erfolgen, mit dem Vorteil, dass man nun eine vierzehnjährige Erfahrung besitzt.

Bestimmend für die Wahl des Bauwerksystems für eine Bahnbrücke waren folgende besondere Erwägungen:

1. möglichst grosse Steifigkeit in senkrechter und waagrechtlicher Richtung, damit die naturgemäss empfindlichen Verbindungen keine Ueberanstrengungen erfahren,

2. tunlichst einfache, baustoffgemässe Verbindungen, die einerseits geringste Verschiebungen und andererseits dennoch eine Anpassung an die Veränderungen des Holzes infolge Schwindens gewährleisten, aber auch gegen Beschädigungen durch das sich wiederholende Ein- und Ausbauen der Brücke ausreichend geschützt sind,

3. dass nur gesundes, lufttrockenes und möglichst astreines Holz verwendet werden darf.

Diesem Vorbedingungen entspricht das Sprengwerk-System (Bild 4), welches auf Grund von Konkurrenzen zur Ausführung gekommen ist. Es wurde von Ing. Prof. M. Cosandey, damals noch Privatassistent des Verfassers, und in enger Zusammenarbeit mit der beauftragten Erstellerin der Brücke, der Firma Fietz und Leuthold in Zürich, bearbeitet. Um eine möglichst rasche Genehmigung seitens des Eidg. Amtes für Verkehr sicherzustellen, wurden zudem alle rechnerischen und konstruktiven Einzelheiten laufend mit dem Verfasser dieses Aufsatzes, welcher zu jener Zeit noch Brückeninspektor beim genannten Amt war, besprochen und festgelegt. Einzig dank dieser ganz ausnahmsweise möglich gewordenen vorzüglichen Zusammenarbeit aller massgebenden



Bild 2. Die alte, eiserne Brücke mit dem 1931 ersetzten oberen Pfeiler



Bild 3. Die Lage im Frühsommer 1942

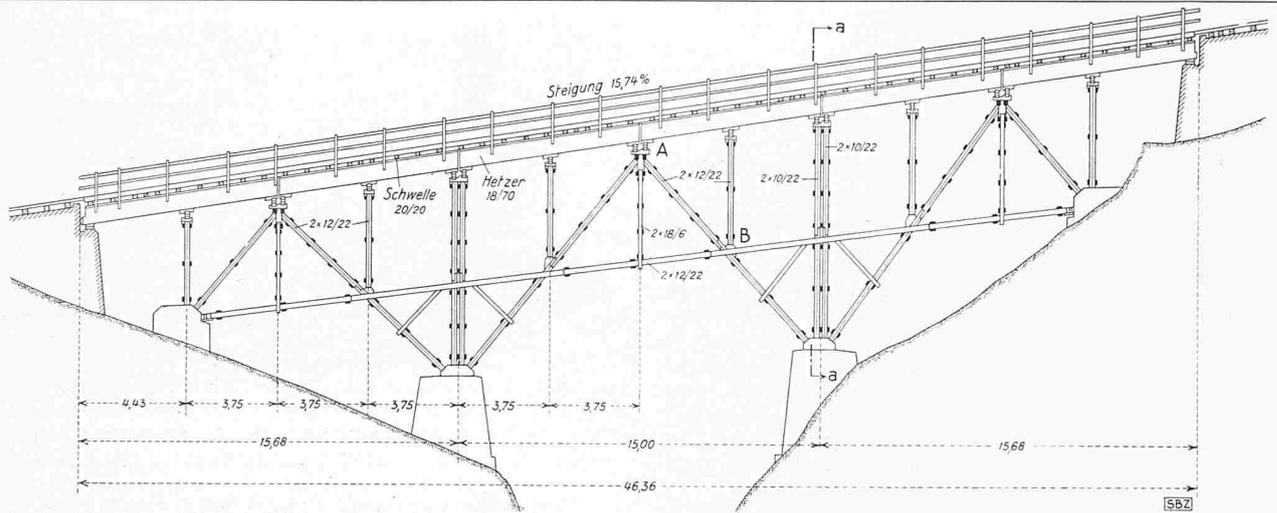


Bild 4. Ansicht der Holzkonstruktion von 1942, Masstab 1:300

Instanzen konnte die Brücke in der Rekordzeit von 1½ Monaten gebaut werden.

Bezeichnend für dieses Bauwerk ist, dass die Schwellenträger, die in Hetzer-Bauweise (mit Melocol-Leim der CIBA) ausgeführt sind, an und für sich schon grösste Steifigkeit aufweisen. Sie sind in 7,7 m lange Einzelstücke aufgelöst, ruhen zur Hauptsache entweder auf den Spitzen der dreieckförmigen Sprengwerke oder auf den senkrechten Hauptjochen über den Pfeilerfundamenten der alten Brücke. Ueber den Zwischenjochen gehen die Schwellenträger kontinuierlich durch. Diese Joche sind, wie jene über den neuen Fundamenten, mehr oder weniger elastisch, indem sie sich auf die unteren Teile der Sprengwerkstreben und auf den normalerweise auf Druck beanspruchten Zwischenriegel in halber Bauwerkshöhe stützen. Dieser wird durch leicht regulierbare Keilverbindungen aus Eichenholz (Bild 8) an den neuen Fundamenten derart unter Druck gesetzt, dass er bei allfällig auf die Zwischenjoche negativ wirkenden Kräften nur entlastet, nicht aber gezogen wird. Die Lagerung der Schwellenträger geschieht ebenfalls mittels Keilverrichtungen (Bild 7).

Um die Brücke gegen Seitenkräfte und entsprechende Seitenschwankungen bestens zu sichern, ist zwischen den Hetzträgern ein Howescher Windverband aus gekreuzten Diagonalen 10/12 und Rundeisenpfosten eingebaut. Die Streben lagern in eichenen Sattelhölzern, welche von diesen Rundeisen gehalten sind und durchwegs gleiche Abmessungen besitzen, so dass sogar eine allfällige Vertauschbarkeit möglich ist.

Da zwecks Erleichterung des Aufstellens und Abbrechens beabsichtigt war, das Gewicht der einzelnen zerlegbaren Elemente möglichst niedrig zu halten, sind die Schrägstreben der Sprengwerke, sowie die Stützpfosten der Schwellenträger auch in der Längsrichtung unterteilt; deshalb sind auch in der Brückenaxe durchwegs die Zwischenstände $2 \times 10/24$ angeordnet, die nicht direkt durch die Bahnlasten belastet sind. Dadurch sind die Verstrebungen mit einfachen Hölzern

(12/12 für die Streben und 10/8 für die Querpfosten) entstanden. Diese Vorsicht erwies sich dann im Verlaufe der Montagen und Demontagen als unnötig, indem der mit diesen jährlichen Arbeiten betraute Zimmermeister Amacher von Brienz einen Montage-Laufkran einrichtete, welcher die genannten Hauptjoche (Bild 10) der Schwellenträger je hälftig (von halber Höhe) in einem Stück, also zusammenbelassen, aufzuziehen gestattet (Bild 9). Auch die Schwellenträger und das Gleis werden von diesem Kran gehoben und wieder eingebracht. Dadurch konnte die für Montage und Demontage der Brücke benötigte Zeit bedeutend verkürzt werden, und auch die Beschädigungen der Hölzer wurden so auf ein Mindestmass gebracht. Am Anfang betrug der Zeitaufwand für diese Operationen mit zehn Mann Bahnpersonal und vier Zimmerleuten je rd. eine Woche, während man heute einschliesslich der Einrichtung der Hebe- und Transportvorrichtungen nur noch vier Tage für das Aufstellen und drei Tage für das Abbrechen benötigt.

Für die Probelastungen dienten zwei der schwersten dreiachsigen Lokomotiven (Bild 1) von je 19 t Gesamtgewicht ($7 + 7 + 5$), einzeln für die Bergfahrt und gekoppelt für die Talfahrt. Die Verformungen wurden im allgemeinen mit Fernröhren, auf mm-Skalen gerichtet, im besonderen aber mit einem Stoppani-Durchbiegungszeichner beobachtet. Die Ergebnisse waren sehr zufriedenstellend, namentlich auch bezüglich des Verhaltens der Stützpunkte für die Träger. An der Spitze eines Hauptpfostens senkte sich der Träger um rund 3 mm bei Belastung mit einer Lokomotive und um max. 4 mm bei der Durchfahrt von beiden zusammen. Die Zwischenpfosten, welche sich auf die unteren Sprengwerkteile und den Zwischenriegel stützen, senkten sich um 5,5 mm bei einer, bzw. um 6 mm bei zwei Lokomotiven. Die Träger links und rechts verhielten sich sozusagen gleich. Die Seitenschwankungen der Schwellenträger erwiesen sich in der Höhe des Howeschen Windverbandes als auffallend klein mit bloss ± 1 bis $1\frac{1}{2}$ mm.

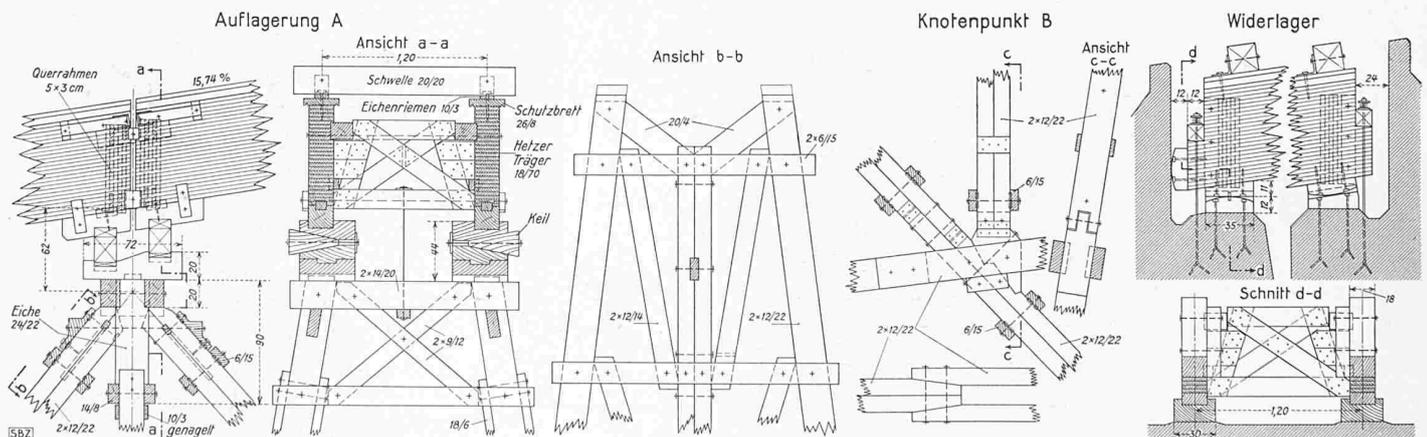


Bild 7. Konstruktive Einzelheiten, Masstab 1:50

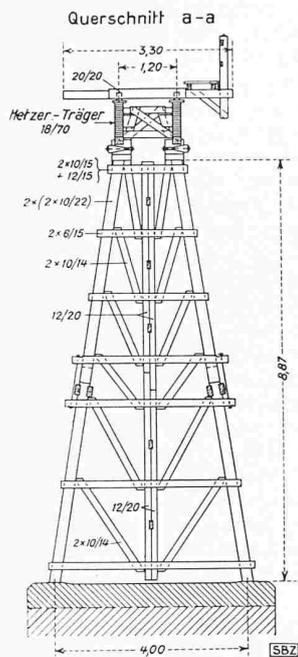


Bild 5. Querschnitt a-a zu Bild 4. Masstab 1:150



Bild 6. Die Brücke, fast fertig montiert

Ausser den üblichen Beobachtungen von Durchbiegungen und Seitenschwankungen hat man auch Spannungsmessungen in die Probelastung einbezogen, z. B. an zwei Sprengwerkstreben, einem Zwischenpfosten und am Zwischenriegel oberhalb und unterhalb eines Stosses sowie das Verhalten des letzteren hinsichtlich des Spiels kontrolliert. Durchwegs waren die Spannungen geringer als die für Punktlasten berechneten, wohl einzig als Folge der mutmasslich durch das Gleis bewirkten grossen Lastverteilung. Die Verschiebungen innerhalb des Stosses im Zwischenriegel erreichten die Beträge von $-0,09$ und $+0,13$ mm, wobei der Wert $+$ einfach eine Lockerung des durch Keile vorgespannten Stosses bedeutet, indem die beidseitig dieses Stosses vorgenommenen Messungen nur ganz unwesentliche «Zugspannungen» im Wert von etwa $0,7$ kg/cm² ergaben.

Die Lagerung der Brückenteile während des Winters erfolgt in einem unterhalb des Brückenstandortes hergerichteten Geländeeinschnitt neben dem Gleis, natürlich ausserhalb des durch Lawinen gefährdeten Bereiches. Der Lagerplatz ist gegen Schneefall und andere Einwirkungen dreiseitig durch Trockenmauern gesichert. Die Decke ist aus Brettern gebildet, welche auf Pfosten und Holzträgern abgestützt sind. Die Vorderseite des Einschnittes ist durch eine Bretterverschalung geschützt. Das Gleis einschliesslich der Zahnstange, welches auf der Brücke in 4,5 m lange Elemente unterteilt

ist, wird zur Ueberwinterung im Bahneinschnitt unterhalb der Brücke, abseits der Lawinengefahr, aufgestapelt gelagert.

Die Baukosten betragen für das gesamte karbolinierte Holzwerk (43 m³ Tannenholz und 9,2 m³ Eichenholz) einschliesslich aller Eisenteile (4460 kg) 41 700 Fr., für das Gleis (Schwellen, Schienen, Zahnstangen) 4400 Fr., für Fundamente, Pfeiler und Widerlager (z. T. Anpassung) 9300 Fr., für Einrichtungen zum Aus- und Einbau 9800 Fr.

Betriebs-Erfahrungen

Das ungedeckte Bauwerk hat im Laufe der Zeit natürlich in verschiedenen Einzelteilen gelitten. Die Hetzerträger glaubte man anfänglich besonders sorgfältig überwintern zu sollen. Die Bahndirektion entschloss sich deshalb, diese Träger während des Winters in der Nähe der Talstation längs einer reichlich besonnten Stützmauer zu lagern, wobei sie noch sorgfältig abgesichert wurden. Trotz dieser Vorsicht entdeckte man nach einem Betriebsjahr an einem Ende eines Teilstücks dieser Schwellenträger einen waagrechten Anriss in etwa halber Trägerhöhe, der sich im darauffolgenden Jahr noch bis gegen die Mitte der betreffenden Stützweite verlängerte. Man mutmasste logischerweise einen Schubriss und ersetzte dieses Balkenstück. Da jedoch im nachfolgenden Jahr noch ein zweiter Balken einen gleichen Anriss zeigte, obwohl die maximale Schubspannung 10 kg/cm² nicht über-

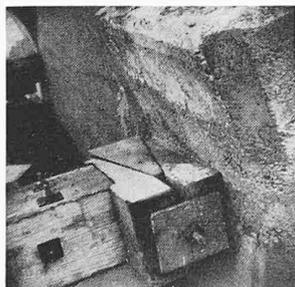


Bild 8. Keil zum Anspannen des Zwischenriegels

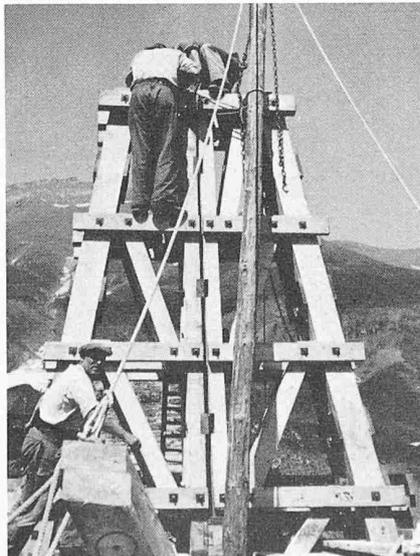
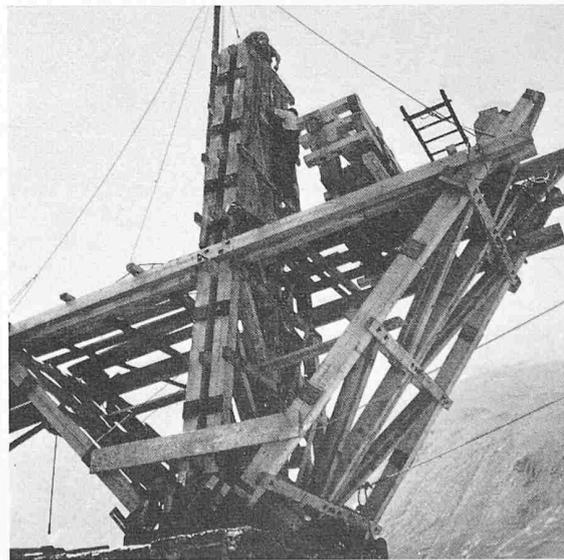


Bild 9 und 10 (rechts). Aufstellen eines Hauptjoches



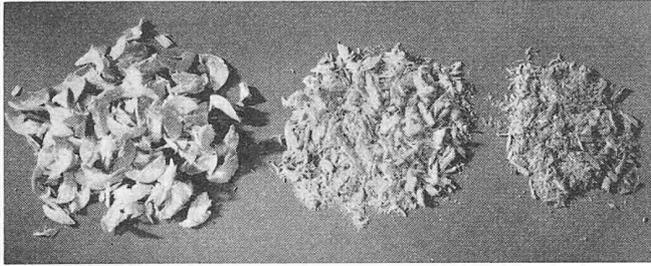


Bild 11. Bohrloch-Proben des Bauholzes nach zehnjährigem Bestand der Brücke

schreitet, musste man einen andern Grund vermuten. Bei näherer Untersuchung der Risstelle des demontierten Trägers erwies sich dann als sehr wahrscheinlichste Ursache eine Unvollkommenheit in der Leimung. Dies verwunderte schliesslich nicht, wenn man bedachte, dass der Melocol-Leim möglichst dünn aufzutragen ist und dass eine gleichmässige Verteilung dieses Leimes Bedingung ist. Da alle übrigen Hetzerstücke keine derartigen Schäden zeigten und sich bis heute sehr gut bewährten, darf die besprochene Ursache in der Tat als die einzige betrachtet werden. Damit ist aber, nebenbei bemerkt, die Wetterbeständigkeit des Melocol-Leimes unter sehr aussergewöhnlichen Verhältnissen bewiesen.

Bei der Demontage im Herbst 1950, also neun Jahre nach der Erstellung des Bauwerkes, beobachtete man an einem Teilstück des Zwischenriegels, welcher aus zwei satt aneinander liegenden Hölzern besteht, in der Kontaktfläche eine erste von einem Schraubenloch ausgehende Fäulniserscheinung. Bei der Zerlegung dieses Riegelstückes stellte sich dann heraus, dass die beiden Hölzer in der Trennfuge, von innen heraus und von aussen her unsichtbar, angefault waren. Anlässlich der Montage 1951 wurde dann auch eine als Knicksicherung senkrecht zur Trägerebene dienende Lasche eines ebenfalls aus Doppelhölzern bestehenden Pfostens entfernt. Weil sich hierbei ganz unerwarteterweise ähnliche Beschädigungen zeigten, wurden noch einige weitere derartige Laschen entfernt und durchwegs ähnliche Veränderungen in unterschiedlichem Ausmass entdeckt.

In der Folge sind deshalb, ungeachtet des äusseren befriedigenden Zustandes der Hölzer, an allen derartigen kritischen Stellen Sondierbohrungen ausgeführt worden. Anhand des jeweils erhaltenen Bohrmehls konnte durch Messung der Bohrtiefen ziemlich genau festgestellt werden, wie weit die Hölzer noch gesund, oder von innen her angefault waren. Bild 11 zeigt das Aussehen des Mehls aus einem Bohrloch, wobei zu beachten ist, dass die ganz feinen Teile aus den angefaulten Partien stammen. Im Augenblick der Entnahme war dies infolge der ihnen anhaftenden Feuchtigkeit auch an der dunkleren Färbung erkennbar. Da diese Fäulnisherde

stets bei den genannten Laschen gefunden wurden, erwiesen sich dieselben vom praktischen Standpunkt aus als kleiner überraschender Konstruktionsfehler, der indessen keine gefährlichen Folgen zeitigt hat. Die auf Druck beanspruchten Hölzer sind vorsichtshalber so stark bemessen worden, dass die eingetretenen Querschnittsreduktionen die Stabilität nicht wesentlich beeinflussen konnten. — Nach Feststellung der geschilderten Schäden sind dann sämtliche Joche und Sprengwerkstreben der Brücke durch Herrn Amacher in seiner eigenen Zimmerei innert zwei Wintern ersetzt worden.

1955 stellte man schliesslich auch noch an den unteren Enden der Hetzer-Swellenträger einen Fäulnisbeginn fest. Das sich hier irgendwie ansammelnde Regenwasser wurde durch die Stirnseiten der Bretter aufgesogen und zu langsam wieder abgegeben, wodurch nun eine gewisse Pilzbildung entstanden ist. Es wurden deshalb sämtliche Hetzerbalken Bohrkontrollen unterworfen. Ausser den unteren Enden zeigten sich nur wenige angegriffene Stellen, welche die Sicherheit nicht beeinträchtigt haben. Gleichwohl wurden vier Hetzerträger noch aufgetrennt, wobei die Schlüsse, die man aus den Bohrproben gezogen hatte, vollständig bestätigt wurden. Gleichzeitig ist aber auch der noch sehr gute Zustand des Holzes (ausserhalb der erwähnten pilzbefallenen Stellen) konstatiert worden.

Man darf somit ruhig behaupten, diese ungedeckte hölzerne und demontierbare Bahnbrücke habe sich nunmehr während 14 Jahren über alles Erwarten gut bewährt. Obwohl sie unter diesen Umständen noch einige Jahre ihren Dienst leisten können, studiert die Bahndirektion bereits die Frage des gelegentlichen Ersatzes, eventuell in Leichtmetall.

Adresse des Verfassers: Prof. F. Hübner, Schlosstr. 90, Bern.

Die Eisenbahnbrücke über die grosse Emme bei Luterbach

DK 624.27

Von H. Gut, Dipl. Bauing. ETH, Zürich

Im Zusammenhang mit dem Bau eines zweiten Gleises auf der Strecke Olten—Solothurn wurde durch die Schweizerischen Bundesbahnen eine einspurige Brücke über die grosse Emme bei Km. 71,215 nahe der Station Luterbach-Attisholz in Auftrag gegeben. Es handelt sich um eine geschweisste Stahlbrücke mit zwei vollwandigen, über drei Felder durchlaufenden Hauptträgern und eingesattelter Fahrbahn. Die Stützweiten betragen 25,1—31,8—22,0 m, und der Hauptträgerabstand misst 3,85 m. Gleis und Schotterbett liegen in einem Eisenbetontrog, der längs der beiden Hauptträger aufgelagert ist und zudem alle 3,14 m durch einen Querträger

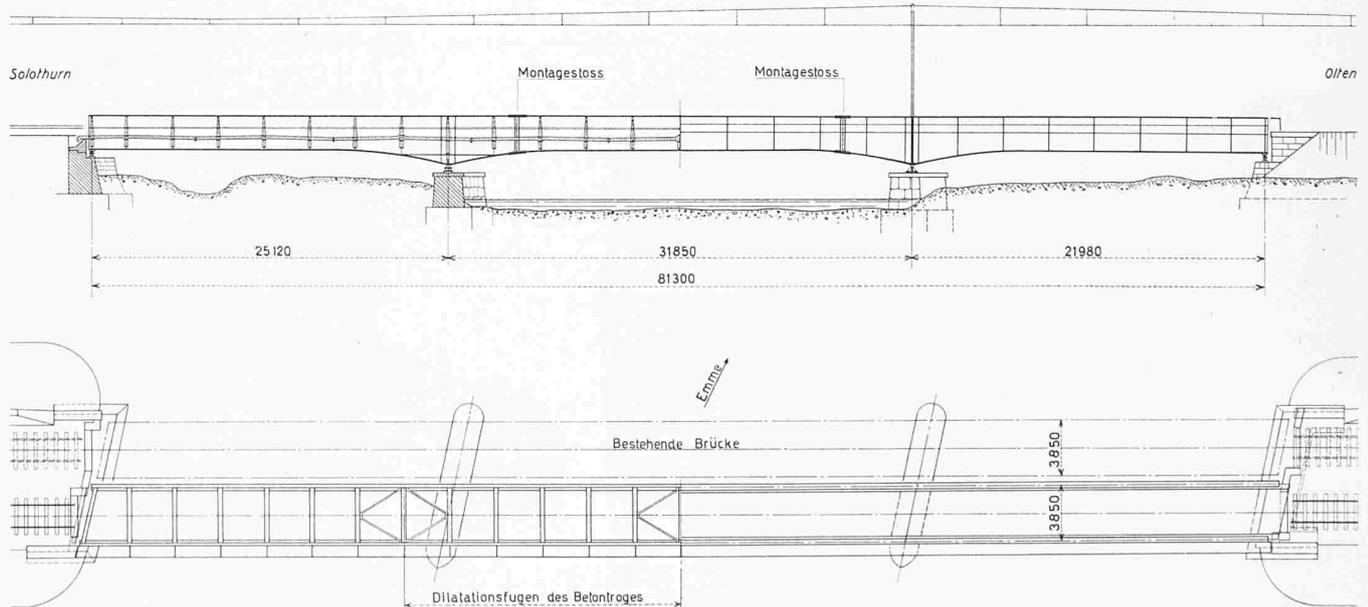


Bild 1. Grund- und Aufriss der Emmebrücke bei Luterbach, Masstab 1:500