Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 25/26 (1895)

Heft: 17

Artikel: Les épreuves de charge jusqu'à rupture de l'ancien pont sur l'Emme à Wolhusen

Autor: Schüle, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-19254

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: 30.12.2025

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

INHALT: Les épreuves de charge jusqu'à rupture de l'ancien pont sur l'Emme à Wolhusen. III. (Fin.) — Berner Oberland-Bahnen mit besonderer Berücksichtigung der schweiz. Zahnradbahnen mit Reibungsstrecken. VIII. (Schluss.) — Litteratur: Die officielle illustrierte Ausstellungszeitung der Schweiz. Landesausstellung 1896. — Miscellanea: Probefahrten von Accumulatorenwagen auf der Wiener Tramway-Versuchsstrecke. Architekt L. Viollier von Genf. Der diesjährige internationale Eisenbahnkongress. Kgl. technische Hochschule zu Dresden. — Nekrologie: † Georg von Dollmann. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittelung.

Les épreuves de charge jusqu'à rupture de l'ancien pont sur l'Emme à Wolhusen.

Par *F. Schüle*, Ingénieur du contrôle fédéral des ponts à Berne.

III.

Description du pont rompu. Afin de donner au lecteur une représentation aussi complète que possible du pont rompu nous avons reproduit aux fig. 70, 71, 74 à 76 quelques photographies; le nivellement des nœuds inférieurs après rupture est indiqué aux tableaux de la page 116; les déplacements latéraux sont reportés sur la fig. 67, les déformations des barres sur les fig. 52 et 60. Enfin les fig. 72 et 73 indiquent l'élévation extérieure des poutres après la chute, les cotes de nivellement de tous les nœuds et les points où le métal a visiblement souffert. Ces données nous permettront de ne pas nous étendre sur la description des divers nœuds.

Comparaison des forces agissant dans les barres de treillis de la poutre B.

Fig. 68. *Forces avant le flambage de la barre No. 15—16.*

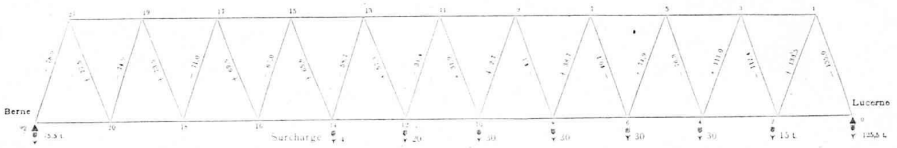
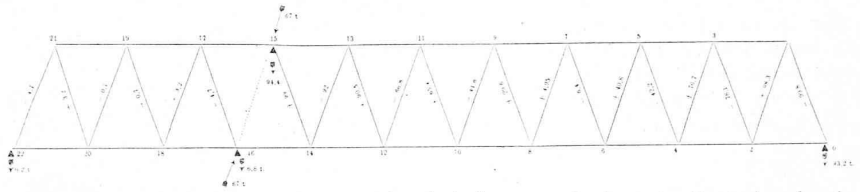


Fig. 69. *Forces supposées après le flambage de la barre No. 15—16.*



Le cadre 17-15-14-16 est supposé déformable par la suppression de la barre 15-16; la poutre B est alors formée de deux poutres dont les appuis fictifs intermédiaires sont les nœuds 16 et 15. Au nœud 16 la force extérieure est plus grande que la réaction; au nœud 15 l'appui momentané est fourni par la membrure supérieure.

Il résulte de l'observation des spectateurs et surtout de ceux qui se trouvaient sur le tablier au moment de la chute que la poutre B s'est rompue la première. C'est la septième barre de treillis depuis le côté Berne qui a provoqué l'effondrement général. Cette barre (15—16), dont la flèche dans le plan de la poutre avait peu à peu augmenté, fut à un moment donné, sans cause apparente, telle que choc ou augmentation subite et sensible de la surcharge, incapable de transmettre la force qui la sollicitait à la compression; elle se déroba soudain en se brisant au milieu, à l'endroit des trous d'attache des moises de renfort enlevées pour l'essai. — La barre 8—9 de la poutre A eut aussitôt à supporter un supplément d'effort de compression qui provoqua son flambage. Dès cet instant, les deux poutres présentent une succession de phénomènes de rupture analogues.

Examinons l'une des poutres: B par exemple. Après le flambage de la barre 15—16, elle peut être considérée comme formée de deux poutres à treillis séparées par un parallélogramme. La partie côté Berne se trouve soumise au nœud 16 à l'action soudaine de la force agissant dans la barre 15—16, c'est-à-dire 67 *t*; cette partie est dans la situation d'une poutre à treillis à l'extrémité (16) de laquelle agit une force extérieure supérieure à la réaction de son propre poids, il s'en suit une rotation autour de l'autre appui (22), la rupture de la membrure inférieure au point 16 et la flexion de la membrure supérieure au nœud 17 dans le panneau 17—19. La partie de la poutre du côté de Lucerne entre les nœuds 15 et 0 subit instantanément une réduction très forte du travail de ses membrures; elle trouve pour un moment un appui au point 15 et les efforts dans les barres extrêmes 15—14, 14—13, 13—12 augmentent jusqu'à la limite de résistance au flambage. Toute la partie pivote en même temps autour de son appui fixe, le point 0, jusqu'à ce qu'elle rencontre le sol. La membrure supérieure 17—15 qui avant la rupture supportait un effort de compression de 159,9 *t*, travaille ensuite comme une barre tendue. La même série de phénomènes se répète à la poutre A. Quant aux barres du milieu, qui ont flambé en dehors du plan des poutres, il faut chercher la cause de ce flambage surtout dans le choc des poutres sur le sol. Il est à remarquer que ces barres formées de 4 cornières reliées par des fers plats horizontaux ont présenté une résistance très faible contre le flambage transversal aux poutres principales. Les fers plats, fixés par un seul rivet à chaque extrémité, n'ont servi qu'à maintenir l'écartement des cornières.

Pour illustrer ces phénomènes, les diagrammes fig. 68 et 69 reproduisent les efforts totaux provoqués par la surcharge dans les barres de treillis de la poutre B immédiatement avant la rupture et les efforts provoqués par la même surcharge dans *l'hypothèse* d'un système formé de deux poutres à treillis séparées par un parallélogramme, en supposant des appuis fictifs aux points 16 et 15.

Les *barres de treillis* qui ont flambé dans le plan des poutres, soit les barres 15—16, 13—14, 11—12 de la poutre B, 8—9, 10—11 de la poutre A forment en leur milieu un coude très-accentué à l'endroit où se trouvent les trous ayant servi à l'attache des moises de renfort appliquées en 1892. On peut se demander si ces trous de 16 *mm* de diamètre ont exercé une influence sensible sur la rupture générale en hâtant celle-ci. Il n'y a pas lieu d'être surpris qu'une fois la limite de la résistance au flambage atteinte, la rupture se soit produite dans la partie la plus faible du milieu de la barre; on peut estimer cependant que l'affaiblissement par les trous de 16 *mm* n'a pas hâté la rupture d'une manière appréciable. Les barres flambées ont une section de 62,2 cm^2; la diminution provenant de quatre trous de 16 *mm* était de 4,9 cm^2, soit 7,9 % de la section. L'effort de compression moyen était de 1,07 *t* par cm^2 sur la section brute, soit, avant que le flambage se produisit, 1,17 *t* sur la section affaiblie; c'est là un effort insuffisant pour produire un re-

foulement local du métal qui aurait hâté la rupture. Du reste, le relevé des flèches de la barre 15—16 indique une augmentation faible, mais très-régulière de la flexion de cette barre jusqu'au moment du flambage. Mais même en admettant que le tablier eût résisté un peu plus longtemps, si les trous n'eussent pas existé, il importe de remarquer que dans la pratique on ne craint point, pour l'attache d'un support de fil ou de signaux, de percer dans les parties essentielles d'une barre des trous d'un diamètre égal à celui des trous existant dans les barres du pont de Wolhusen en sorte qu'un affaiblissement analogue de barres comprimées n'est pas très-rare. Il n'y avait qu'un moyen d'éviter le flambage au milieu des barres, c'était de conserver pour les essais les moises de renfort, mais la conférence de septembre 1893 s'était déclarée d'accord pour les enlever.

Il nous reste avant de donner les conclusions textuelles du rapport à résumer les résultats des essais de fer. Les fers proviennent des laminoirs d'Ars-sur-Moselle; ils ont été essayés en deux séries. La première comprend les éprouvettes découpées dans les parties du pont les plus fatiguées; la seconde, les éprouvettes découpées dans les barres peu fatiguées par les essais de charge. Les résultats ont été consignés dans les procès-verbaux du 30 janvier et du 15 février 1895 du laboratoire d'essais de matériaux de construction de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich. Dans la première série le commencement des grands allongements permanents s'est produit sous des efforts de 2,2 *t* à 2,6 *t* par cm^2, la charge de rupture dans le sens longitudinal du laminage a été de 2,6 *t* à 3,5 *t* dans les âmes des membrures, de 2,2 à 2,9 *t* dans un gousset de renfort du nœud 1 B, de 2,8 à 3,3 *t* dans les cornières des membrures, de 2,8 à 3,5 *t* dans les profils des barres de treillis; le coefficient de qualité très variable a atteint au maximum 0,35 pour une éprouvette d'âme des membrures et 0,32 pour une éprouvette de cornière de membrure et au minimum pour des éprouvettes des mêmes profils 0,05 et 0,06. — Dans la deuxième série le commencement des grands allongements permanents s'est produit pour des efforts de 2,2 à 2,9 *t*; la charge de rupture a varié de 2,6 à 3,6 *t*, le coefffcient de qualité de 0,05 à 0,40.

Bien que la rivure ait laissé à désirer surtout à cause du manque de concordance des trous, il n'a pas été possible de constater au démontage du tablier une fatigue quelconque des rivets.

Ancien pont sur l'Emme à Wolhusen.

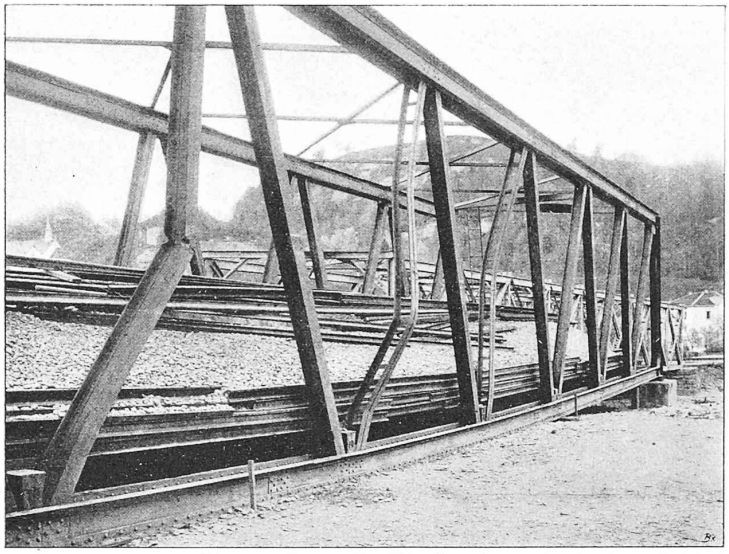


Fig. 70. Poutre B. Nœuds 0 à 12.

Conclusions. Les essais de surcharge jusqu'à rupture du tablier remplacé du pont de Wolhusen n'ont pas révélé de vice caché dans la construction.

L'attache excentrique des barres de treillis a provoqué dans les extrémités des poutres des tensions considérables, qui se sont traduites déjà sous une surcharge de 5,85 *t* par mètre courant, par des déformations permanentes des poutres.

A mesure que la surcharge a augmenté, les efforts secondaires ont crû dans une mesure beaucoup moindre que ne le suppose le calcul, par le fait que la limite d'élasticité du métal était dépassée. Les nœuds supérieurs extrêmes du côté de Lucerne, les plus exposés aux fortes tensions dues à l'excentricité n'ont pas montré de déformations inquiétantes, alors que le calcul hypothétique indiquait une rupture probable.

La rupture a été produite par l'insuffisance de la barre n° 15—16 (poutre B) à résister au flambage; cette rupture soudaine n'a pas été précédée d'une déformation sensible de la barre.

Les deux poutres présentent leurs plus graves avaries dans les parties voisines des barres qui ont flambé les premières.

L'effort qui a produit le flambage de la barre n° 15—16 est de 67 *t*, il correspond à un travail de 1,07 *t* par cm^2 de section brute; en appliquant la formule d'Euler $P = \pi^2 \frac{EI}{l^2}$ nous déduisons pour la valeur de l: 433 *cm*. La longueur théorique de la barre étant de 600 *cm*, elle a résisté comme une barre librement posée aux extrémités et d'une longueur de 0,72 *l*. Ce résultat confirme la méthode usuelle de calcul d'après laquelle les barres d'un treillis simple rivées à leurs extrémités peuvent être considérées comme des barres reposant librement et d'une longueur égale aux $^3/_4$ de la longueur théorique.

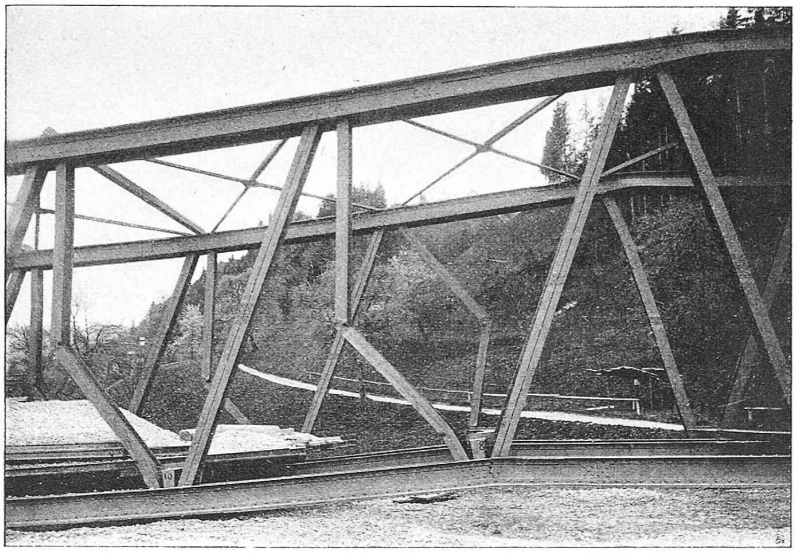


Fig. 71. Poutre A. Nœuds 7 à 11.

La sécurité effective que présentait le pont ne peut être simplement déterminée par le rapport de la surcharge de rupture à la surcharge maximum qu'il a eu à supporter en service normal. Les trains fatiguant, à cause de la courbe, surtout la poutre d'amont, les barres faussées n° 13—14 et n° 11—12 de cette poutre étaient pour les trains venant de Berne appelées à subir des efforts plus rapprochés de leur limite de résistance au flambage que les mêmes barres de la poutre B, aussi peut-on estimer que la sécurité effective devait être de 2,5 environ, par rapport aux surcharges maximum habituelles.

L'expérience n'a pas donné de résultat précis sur la limite de résistance des membrures et des nœuds extrêmes et il est à désirer que des essais d'autres vieux tabliers, où le flambage du treillis ne serait pas à redouter, viennent compléter les résultats acquis par l'essai du pont de Wolhusen.

Berner Oberland-Bahnen mit besonderer Berücksichtigung der schweiz. Zahnradbahnen mit Reibungsstrecken.

Von *E. Strub.*

VIII. (Schluss.)

Die Ergebnisse aus dem Personentransport beruhen keineswegs ausschliesslich auf den Betriebseinrichtungen, sie hangen auch von dem Grade der Vollkommenheit ab, mit welchem die Betriebsleitung das Beförderungsbedürfnis nach seinen verschiedenen Richtungen erfasst und ihm in den Fahrplänen Rechnung zu tragen weiss. Die Hauptschwierigkeit des Betriebes liegt darin, dass der Massenverkehr sich auf wenige Stunden des Tages, d. h. im allgemeinen auf die Zeit von 8—10 Uhr vormittags und von 5—6½ Uhr abends beschränkt und dass alle Einrichtungen für die Bewältigung dieser Massen getroffen werden müssen, ohne dass man die Bahn in den übrigen Tagesstunden auch nur annähernd ausnutzen kann. Beispielsweise beförderte im vergangenen Monat August der schwächste Zug 253 und der stärkste Zug 10376 Reisende. Sodann bedingt das kleine Bahnnetz mit seinem Zweig relativ viele Züge und gestattet keine günstige Ausnutzung der Wagen und Lokomotiven, sowie des Zugbegleitungs- und Zugförderungspersonals, verursacht also hohe Transportkosten. Die Teilung der Züge veranlasst auch längern Aufenthalt. Der Fahrplan muss noch möglichst gute Verbindungen gestatten für die zahlreichen, an die Bahn anschliessenden Verkehrsanstalten: in Interlaken an die Bödelibahn, Thunerseebahn, Schiffe von Brienz und Thun, in Lauterbrunnen an Wengernalp- und Mürrenbahn und in Grindelwald ebenfalls an die Wengernalpbahn. Bei andauernd schöner Witterung ist der Verkehr ein ziemlich gleichmässiger, ungestörter. Klärt sich aber das Wetter nach einigen Regentagen rasch auf, so ist der Andrang kaum zu bewältigen. Im Augenblick sind Haupt- und Folgezug überfüllt und in ganz Interlaken ist keines der sonst zahllosen Fuhrwerke mehr erhältlich. An der Stationskasse in Interlaken-Ost allein geht im August nicht selten in einer Viertelstunde mehr Geld ein, als während eines ganzen Wintermonates. In der Hochsaison muss die Leistungsfähigkeit und Ausnutzung der Betriebsmittel schon deshalb nach Kräften gesteigert werden, weil die Betriebskosten fast immer in weit geringerem Masse zunehmen als die erzielten Leistungen. Sodann zwingt die Konkurrenz soviel Züge wie nur möglich auszuführen. Die Maximalzahl derselben beträgt in der Hochsaison 12 nach Lauterbrunnen und 6 nach Grindel-

Ancien pont sur l'Emme à Wolhusen (Ct. de Lucerne). Elévation extérieure des poutres après la rupture.

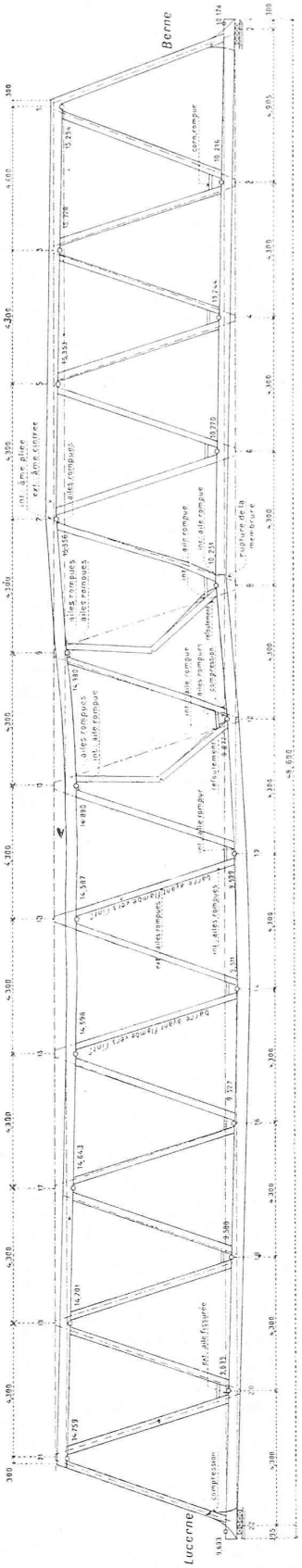


Fig. 72. **Poutre A.**

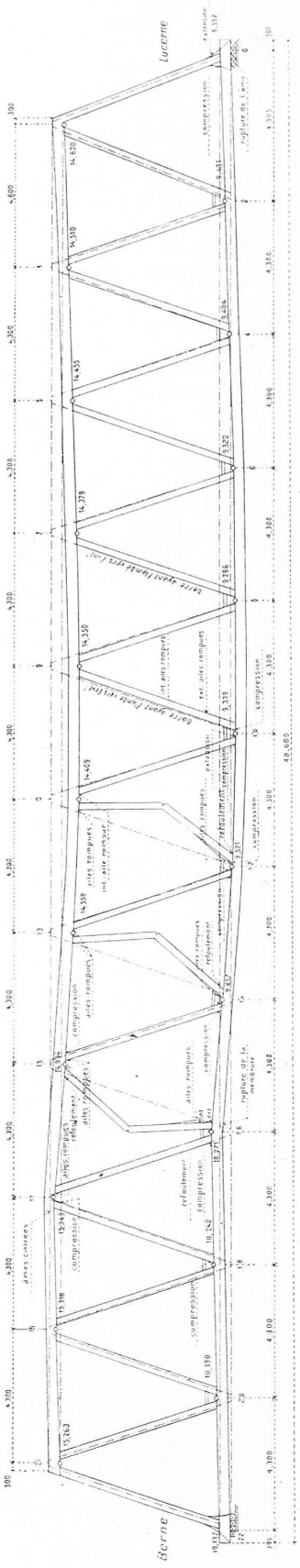


Fig. 73. **Poutre B.**

Echelle 1 : 200.

wird auf der Rorschach-Heiden-Bahn nur ein Wagen hin- und hergeführt, die Leistung der einfach gebauten Lokomotive ist also in dieser Jahreszeit sehr gering und die grösste Steigung liegt nicht weit über der zulässigen Reibungsgrenze, d. h. bei günstigem Schienenzustand genügten gewöhnliche Radreifenbremsen. Der erste Zug fährt zudem thalwärts und die Gestade des Bodensees sind überhaupt nicht schneereich. Gleichwohl werden auch da im Winter die beweglichen Gestänge und Zapfen, namentlich aber die Achsen nicht selten bedenklich angestrengt, wie bei plötzlichem Stillstand des Transmissionsgetriebes infolge Ausfüllung der Zahnhohlräume durch Schnee und Eis. Und dann darf nicht unerwähnt bleiben, dass eben infolge des Winterbetriebes das Aktienkapital dieser Bahn seit 20 Jahren, seit der Bahneröffnung, noch keinen Zins abwarf.

Verträge mit Anschlussbahnen. Zunächst veranlasste der in der Konzession vorgesehene Anschluss der B.-O.-B. an die Bödelibahn in Interlaken-Ost die folgenden wesentlicheren Vertragsbedingungen: Die B.-B. tritt die Grundfläche, welche in das Gebiet der B.-O.-B. fällt, gegen eine Entschädigung von 4000 Fr. an diese ab. Die B.-O.-B. besorgen die Verwaltung, den Unterhalt (soweit es ihr Eigentum betrifft) und die Bewachung der Station und versehen durch ihr Personal den gesamten äussern und innern Stationsdienst, ausgenommen den Fahrdienst der B.-B. für beide Bahnen. Für diese Dienstleistungen vergütet die B.-B. jährlich 350 Fr.

Ancien pont sur l'Emme à Wolhusen.

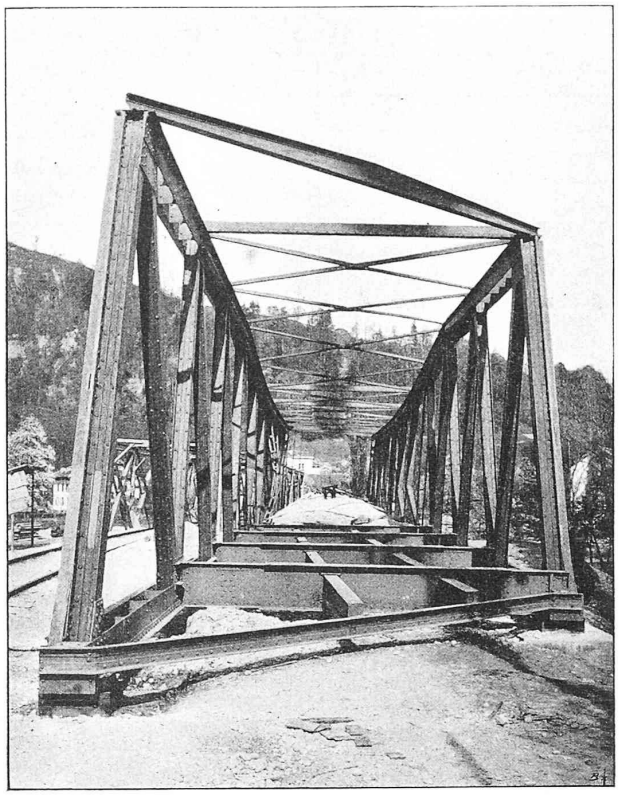


Fig. 74. Vue de bout après la chute.

Fig. 75. Poutre A. Nœud 8.

Als im vergangenen Winter die Jura-Simplon-Bahn die Baufrage einer rechtsufrigen in Interlaken-West anschliessenden Brienzerseebahn ernstlich in Erwägung zog, sah sich die Verwaltung der B.-O.-B. veranlasst, der projektierten neuen Wendung der Verkehrsgestaltung rechtzeitig Rechnung zu tragen. Sie stellte ein Konzessionsgesuch für eine direkte Verbindung Interlaken-West-Wilderswyl unter gleichzeitigem Abbruch der bestehenden Strecke. Die Verwaltung der B.-O.-B. war somit bestrebt, Verkehrserleichterungen zu schaffen, war bereit, ein Opfer zu bringen von nahezu einer halben Million Baukosten und gewillt, durch Abkürzung der Tarifkilometer eine Einbusse an Einnahmen zu tragen. Die Ortsbewohner klagen über die gegenwärtige umständliche und zeitraubende Verbindung in die Lütschinenthäler. Aktionäre aber in ihren Bestrebungen zu unterstützen, dafür ist der Oberländer nicht zu haben — kurz, die interessierten Gemeinden wiesen das Gesuch ab.

Die Bergbahn Lauterbrunnen-Mürren und die Wengernalpbahn werden durch die B.-O.-B. betrieben. Diese haben besonderes Interesse an der Prosperität jener Linien und unterstützen sie durch ihren Fahrplan, Reklame, Materialbeschaffungen nach Kräften. Sie können auch mit grösserer Oekonomie betrieben werden als bei getrennter Betriebsführung, so dass für alle drei Bahngesellschaften das getroffene Abkommen beträchtliche Vorteile bietet.

Nach den Betriebsverträgen besorgen die B.-O.-B. die Betriebe der Wengernalpbahn und der Bergbahn L.-M. zu den Selbstkosten. Infolge hievon werden ihr alle Baarauslagen für die Besorgung des Expeditionsdienstes, des Transportdienstes, des Bahnaufsichts- und Bahnunterhaltungsdienstes, sowie für den Unterhalt des Rollmaterials und des Inventars vergütet. Dagegen übernehmen die B.-O.-B. die Kosten des allgemeinen Dienstes für die W.-A.-B. gegen die Vergütung von 4 % der Bruttoeinnahmen, jedoch im Minimum 12 000 Fr. und für die B.-L.-M. gegen

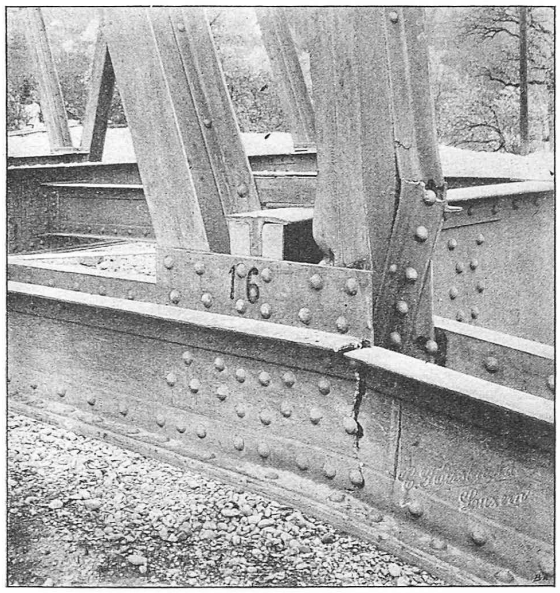


Fig. 76. Poutre B. Nœud 16.