Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83/84 (1924)
Heft: 25

Artikel: Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler am Sittervidukt der Bodensee-Toggenburgbahn
Autor: Roš, M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-82812

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: 29.07.2025

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

INHALT: Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler am Sitterviadukt der Bodensee-Toggenburgbahn. — Zum Thema „Haus und Garten". — Physiognomien von Haus und Garten. — Oelfeuerung bei Dampfkesseln und Zentralheizungen. — Zum Talsperrenbruch im Val Gleno. — Korrespondenzen. — Miscellanea: Eine Eisenbahntechnische Tagung. Was ist Stahl? Verband schweizerischer Sekundärbahnen. Neue Lüftungsanlage für den Severn-Tunnel in London. Ausfuhr elektrischer Energie. Ueber neuere Ausgrabungen bei Babylon. Eine Ausstellung Alt-Zürich. Eine internationale Konferenz von Gesundheits-Ingenieuren. — Konkurrenzen: Bebauungsplan der Stadt Strassburg. „Lory-Spital" in Bern. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Basler Ingenieur- und Architekten-Verein. Sektion Bern des S. I. A. Maschineningenieur-Gruppe Zürich der G. E. P. S. T. S

Band 83. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur auf Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. **Nr. 25.**

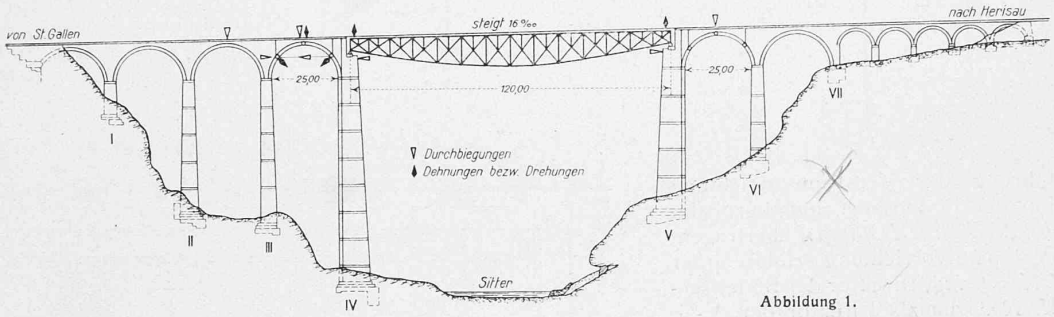

Abbildung 1.

Uebersichtsplan der Messtellen (1 : 2500).

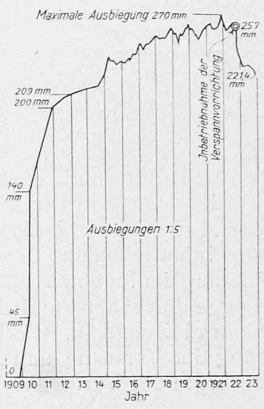

Abb. 2. Wagrechte Verbiegungen des Pfeilerkopfes IV gegen die Brückenmitte, seit der Gewölbe-Ausrüstung.

Die eingehende Darstellung des Bauwerks findet man in Bd. 56 der „S. B. Z.", S. 135 ff. 10. Sept. bis 22. Oktober 1910).

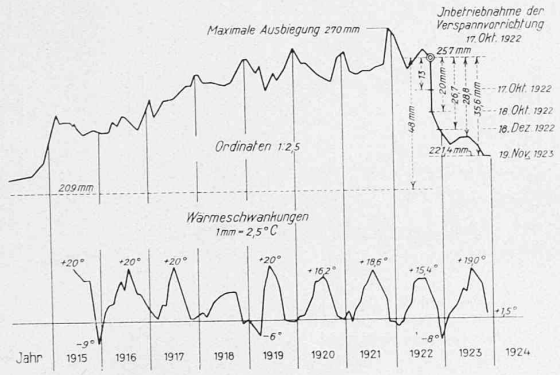

Abb. 3. Bewegungen des Pfeilers IV (vrgl. Abb. 2) u. Wärmeschwankungen.

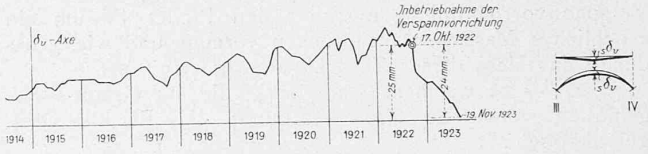

Abb. 4. Lotrechte Senkungen des Gewölbescheitels IV-III.

Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler am Sitterviadukt der Bodensee-Toggenburgbahn.

Von Ing. M. Roš, Baden.

Im Dezember des Jahres 1921 hatte die wagrechte Verbiegung des Pfeilerkopfes IV (Flusspfeiler Seite St. Gallen) der Sitterbrücke der B. T. in Richtung gegen die Sitter das ansehnliche Mass von 270 mm erreicht (Abb. 1 u. 2). Die Scheitel der Gewölbe IV—III und III—II zeigten von freiem Auge deutlich wahrnehmbare Einsenkungen, besonders stark, etwa 171 mm, sackte der Scheitel des flussseitigen Gewölbes IV—III ein (Abb. 4). Das Mauerwerk der Stirnwände, ganz besonders über dem Gewölbe IV—III, Seite St. Gallen, und über dem Gewölbe V—VI, Seite Herisau, mit hydraulischem Kalkmörtel gemauert, zeigte Risse. Die Risse treten am zahlreichsten an den Pfeilern IV und V und an den unmittelbar anschliessenden Gewölben IV—III und V—VI auf, also dort, wo die elastischen Bewegungen am grössten sind; sie verlieren sich immer mehr gegen die als fest anzusehenden Endpfeiler I und VII der Zufahrten.

Die befriedigenden Erfahrungen, die man mit der Verspannvorrichtung der Rheinbrücke der S B B bei Eglisau[1]) gemacht hatte, gaben Veranlassung, auch für die Verbesserung der Besorgnis erregenden Verhältnisse am Sitterviadukt, eine nach den gleichen technischen Grundsätzen durchdachte Hebelvorrichtung in Vorschlag zu bringen (Abb. 6 und 7, Seiten 288/289).

Ehe man aber diesen Vorschlag verwirklichte, hatte man durch sorgfältige *Beobachtungen* und eingehende *Belastungsversuche* das elastische Verhalten der gemauerten Anschlussviadukte näher geprüft. Diese Belastungsversuche wurden bei bedecktem Himmel und Nebelwetter am 2. und 4. Dezember 1921, am 29. Januar und 20. Februar 1922 durchgeführt und am 17. Oktober und 6. November 1922, sowie am 4. Dezember 1923 ergänzt. Sie hatten über eine Reihe von Fragen Aufschluss zu geben, um in näherer Erkenntnis der Arbeitsweise der Brücke für eine zweckmässige Ausführung der Verspannvorrichtung mitbestimmend zu werden.

Die durchgeführten Beobachtungen, betreffend die Senkungen und Hebungen der Gewölbescheitel IV—III, III—II und V—VI (Abb. 8, 9 u. 10) die gegenseitige Drehung der Gelenkquader des Gewölbes IV—III (Abb. 11 und 12), die Sehnenausweitung des Gewölbes IV—III und die fächerartige Einstellung der Pfeiler III, IV und V (Abbildung 5), liessen die grosse elastische Empfindlichkeit des Bauwerkes erkennen. Diese Beobachtungen haben es tatsächlich ermöglicht, die *wirkliche Arbeitsweise des Bauwerkes in ihren Grundzügen zu erfassen*. Sie liessen den Schluss zu, dass der künstlich erzeugte Gegenschub der Verspannvorrichtung wirksam werden müsse, weshalb diese dann auch zur Ausführung kam und am 17. Oktober 1922 in Tätigkeit gesetzt wurde.

Um diesen Vorgang des Zurückdrückens der Pfeiler nicht zu forcieren und auch um der Auswirkung der Zeit nicht vorzugreifen, wurden am 17. Oktober 1922, als wagrechter Gegenschub vorerst 228 t, am Hebel gemessen, durch sanftes Herablassen des Gewichthebels zur Auswirkung gebracht. Sollten sich später Anzeichen einer neu auftretenden Verbiegung der Flusspfeiler nach innen einstellen, so sind schon jetzt die erforderlichen Vorkehrungen für die Erhöhung des Gegenschubes der Verspannvorrichtung von 228 t auf 400 t getroffen.

[1]) *E. Münster*, „Die Pfeilerbewegungen der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Eglisau und die Massnahmen zur Sicherung des Bauwerkes". Schweiz. Bauzeitung Band 79, S. 133 (18. März 1922).

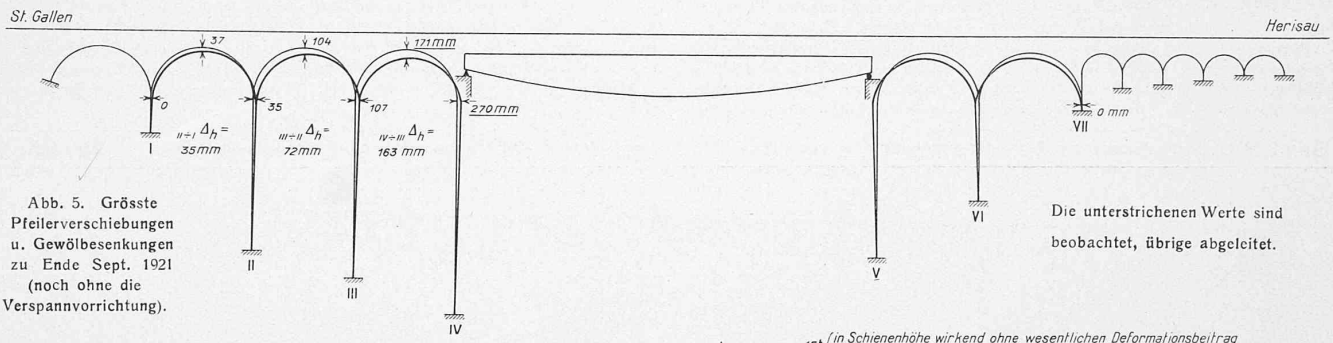

Abb. 5. Grösste Pfeilerverschiebungen u. Gewölbesenkungen zu Ende Sept. 1921 (noch ohne die Verspannvorrichtung).

Die unterstrichenen Werte sind beobachtet, übrige abgeleitet.

Projekt und Ausführung der Verspannvorrichtung wurden von der Direktion der Bodensee-Toggenburgbahn der *A.-G. Conrad Zschokke, Werkstätte Döttingen* übertragen. Die Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung erfolgte unter Leitung der Ingenieure *W. Kesselring,* Direktor der Bodensee-Toggenburgbahn, und *M. Roš*, damals Direktor der A.-G. Conrad Zschokke, Werkstätte Döttingen. Die Durchführung der Versuche und Auswertung der Versuchsergebnisse besorgte der Verfasser.

Die Belastungsversuche sollten über folgende wichtige Fragen Aufschluss geben:

1. Ist die Empfindlichkeit des 93 m hohen, 13 Jahre alten und 270 mm wagrecht gegen die Sitter verbogenen Steinpfeilers IV gegen wagrechte äussere Kräfte eine solche, dass ein maximaler künstlich erzeugter Gegenschub der Verspannvorrichtung von 400 t den Pfeiler IV um ein erhebliches Mass zurückzudrücken vermag und wie gross dürfte das Mass dieser Zurückdrückung sein?

2. Bis zu welchem Grade wirkt die mit Granit-Wälzgelenken versehene Gewölbeöffnung IV– III als Dreigelenkbogen?

3. Wo liegen die Berührungsstellen in den Granit-Wälzgelenken des Gewölbes IV-III und welche Grenzwerte der Beanspruchungen treten demzufolge im Gewölbe auf?

4. Welche durchschnittlichen Werte der Dehnungszahlen, sowohl der gesamten als der rein elastischen Deformationen weist das Mauerwerk des Sitterviaduktes auf?

5. Von welchem Einflusse dürfte beim Sitterviadukte die Zeitdauer der Wirkung von äusseren Kräften sein?

6. Wie gross sind die Reibungswiderstände des beweglichen Rollenlagers der Eisenkonstruktion auf dem Pfeiler V? —

Aus den durchgeführten Beobachtungen und Deformationsmessungen am Sitterviadukt der Bodensee-Toggenburgbahn infolge ständiger Last, Verkehrslast, Wärmewechsel und der Reibungswiderstände, sowie infolge des künstlich erzeugten Gegenschubes von 228 t können folgende Schlüsse gezogen werden[2]):

I. In grossen Umrissen betrachtet, lässt sich seit der Erstellung der Brücke eine regelmässige Arbeitsweise des gesamten Tragsystems aus Stein und Eisen erkennen. Das Verhältnis der Scheitelsenkungen des Gewölbes IV—III zur wagrechten Verbiegung des Pfeilerkopfes IV, infolge der ständigen Last und der Verspannvorrichtung, sowie der nie rastenden Einwirkung der Wärme und der Reibungswiderstände, schwankt zwischen 0,53 bis 0,67 und zwar durch alle Zeitstadien hindurch (Abb. 2, 3, 4 und 5, sowie Abb. 14 in nächster Nummer).

II. Die beiden Zufahrten in Stein sind durch den grossen Mittelträger in Eisen von 120 m Stützweite, durch einen Reibungswiderstand von etwa 46,3 t (ständige Last) bis 55,6 t (ständige Last und Verkehrslast) zu einem durchgehenden Tragsystem verbunden (Abb. 6 und 7, sowie die Abb. 15 bis 17 in nächster Nummer).

[2]) *M. Roš*, „Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler der Sitterbrücke der Bodensee-Toggenburgbahn". Bericht an die Technische Kommission des VSB. März 1924. Interessenten steht dieser ausführliche Bericht mit 11 Tafeln zur Verfügung. Man wende sich an Ing. M. Ros, Baden (Schweiz), Sekretär der Technischen Kommission des VSB.

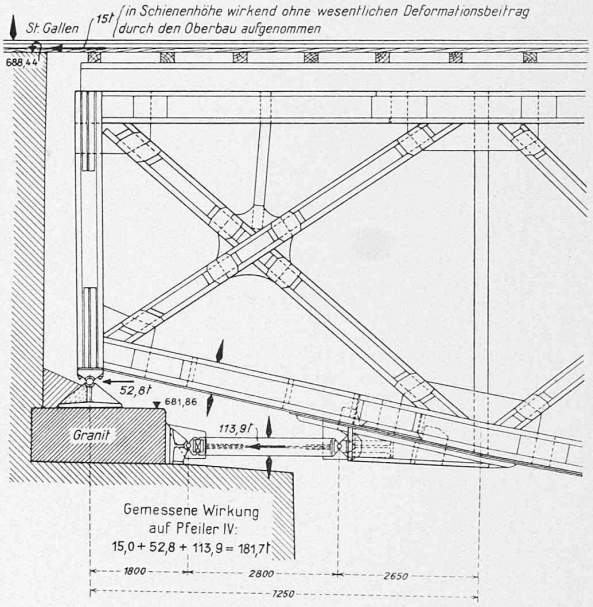

Abb. 6. Verspannvorrichtung auf Pfeiler IV (Seite St. Gallen). — 1 : 125.

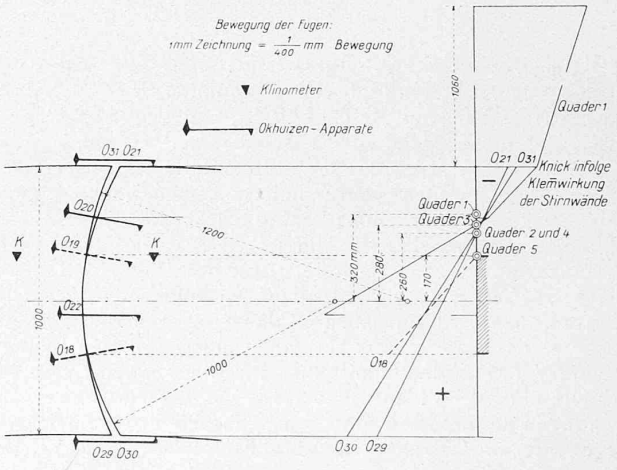

Abb. 12. Berührungsstellen der Quader 1 bis 5 im Scheitelgelenk des Gewölbes IV-III. (Ansicht von der Oberwasserseite.) Masstab 1 : 25.

III. Der Reibungswiderstand der rollenden Reibung des beweglichen Lagers des eisernen Ueberbaues beträgt rd. 9 % des zugeordneten lotrechten Auflagerdruckes. Dieser sehr hohe Betrag ist eine Folge der Ueberlastung der einzelnen Lager-Rollen (Abb. 7).

IV. Die Zufahrten in Stein sind gegen Wirkungen der Verkehrslast empfindlich, wobei für Steinbauten verhältnismässig grosse Scheiteldurchbiegungen und gegenseitige Drehungen der Gelenkquader auftreten, die ihre Ursache vorwiegend in der wagrechten Ausweitung der sich unter der Wirkung der äusseren Kräfte fächerartig einstellenden Steinpfeiler haben (Abb. 8, 9, 10 und 12).

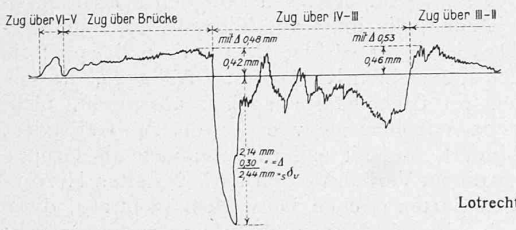

Abb. 8. Gewölbe IV-III (17. Okt. 1922).

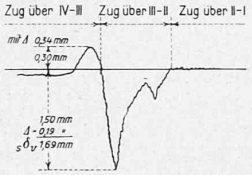

Abb. 9. Gewölbe III-II (6. Nov. 1922).

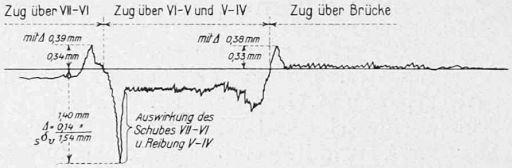

Abb. 10. Gewölbe VI-V (17. Okt. 1922).

Lotrechte Scheiteldurchbiegungen der Gewölbe unter der Last eines mit 60 km/h gegen St. Gallen fahrenden Personenzuges. Lufttemperatur + 6° C.

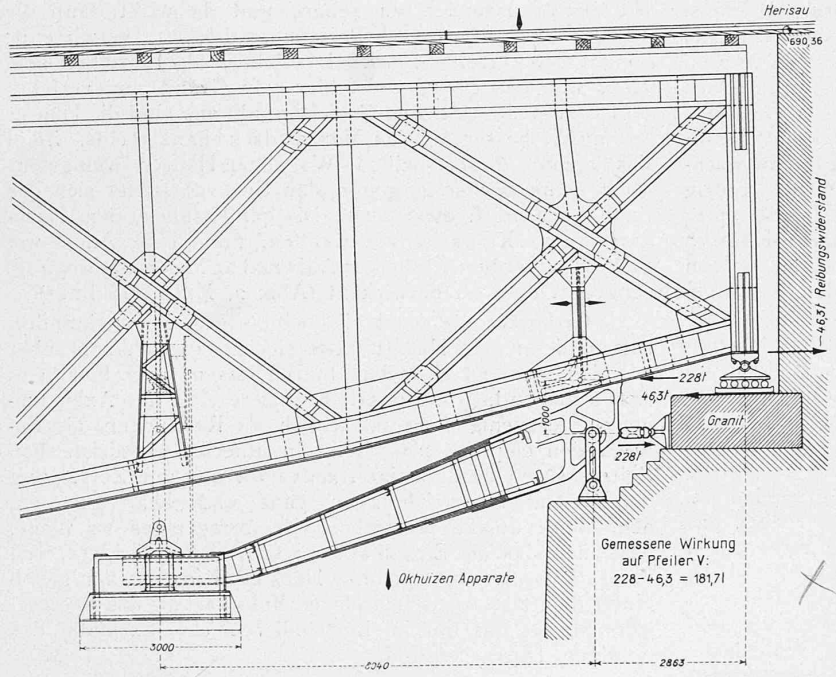

Abb. 7. Verspannvorrichtung auf Pfeiler V (Seite Herisau). — Masstab 1 : 125.

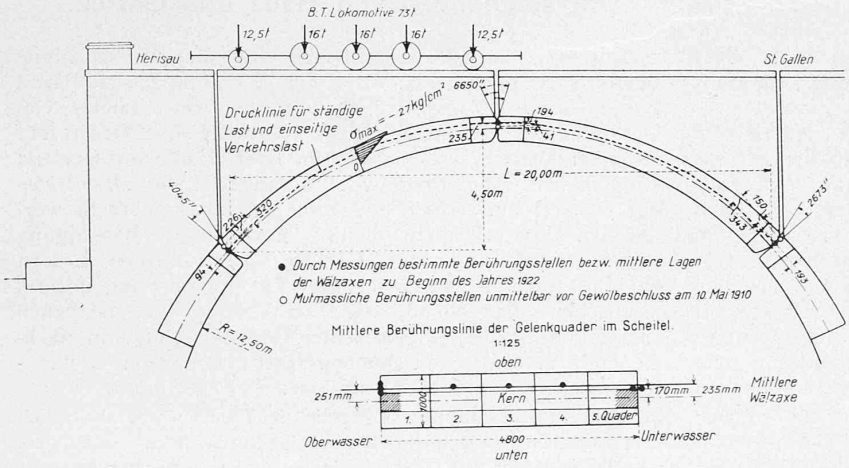

Abb. 11. Bestimmung der Berührungstellen in den Gelenken des Gewölbes IV-III (Oberwasserseite). Masstab 1 : 250. Aus Drehungsmessungen abgeleitet.

V. Die an die Flusspfeiler IV und V anschliessenden Gewölbe IV—III und V—VI, mit Wälzgelenken aus Granit im Scheitel und in den Kämpfern, verhalten sich nicht wie reine Dreigelenk-Bogen. Sie wirken in erheblichem Masse als mehr oder weniger nachgiebig eingespannte Gewölbe und vermögen daher horizontale in Kämpferhöhe wirkende Kräfte (Gegenschub der Verspannvorrichtung, Reibungswiderstände, Schub aus Wärmewirkung) aufzunehmen und weiterzuleiten. Von den 166,7 t des Schubes der Verspannvorrichtung auf Seite St. Gallen wirkend,[3]) gehen nur 104 t direkt in den Pfeiler IV, während 62,7 t über das Gewölbe IV—III, den Gewölben III—II und II—I, sowie den Pfeilern III, II und I zugeführt werden. Auf Seite Herisau werden von den 181,7 t nur 126 t vom Pfeiler V aufgenommen und 55,7 t über das Gewölbe V—VI an das Gewölbe VI—VII und die Pfeiler VI und VII abgegeben. Die Pfeiler IV und V wirken somit nicht als an der Sohle eingespannte und am obern Ende freie Kragträger. Die Pfeilerköpfe IV und V sind oben entsprechend der Nachgiebigkeit der Gewölbe und der übrigen Pfeiler, elastisch nachgiebig gestützt.

VI. Die Berührungsstellen in den Wälzgelenken des Gewölbes IV—III konnten durch Drehungsmessungen festgestellt und die mittlern Wälzaxen der Gelenke ermittelt werden. Es zeigten sich dabei beunruhigende Unregelmässigkeiten, die indessen durch die am 17. Oktober 1922 in Tätigkeit gesetzte Verspannvorrichtung als beseitigt gelten dürften. Die einzelnen Gelenkquader weisen voneinander verschieden hoch liegende Wälzaxen auf, auch bewegen sich einige von ihnen übereck, unabhängig von den Nachbarquadern. Vor Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung am 17. Oktober (Abb. 11) lagen die mittlern Wälzaxen im Scheitel 235 mm über der wagrechten Mittelaxe des Gewölbes und in den Kämpfern betrugen diese Abstände auf der Seite Herisau 94 mm, auf der Seite St. Gallen 193 mm. Die Drucklinie, aus ständiger Last und Verkehrslast in ungünstigster Stellung, liegt in der Bruchfuge ausserhalb des Kerns. Die Kantenpressung überschreitet jedoch 30 kg/cm² nicht (Muschelsandstein in Zementmörtel). [Schluss folgt.]

[3]) Von den 228 t des Gegenschubes der Verspannvorrichtung werden 46,3 t durch die Reibungswiderstände am beweglichen Lager der Eisenkonstruktion aufgezehrt, sodass für die Pfeiler IV und V 228 — 46,3 = 181,7 t als wirksam verbleiben. Diese horizontale Kraft von 181,7 t wirkt voll auf die steinerne Zufahrt der Seite Herisau (Schienenauszug), während auf der Seite St. Gallen 15,0 t direkt vom Schienenoberbau übernommen werden und von zu vernachlässigendem Einfluss für die Verbiegungen der Pfeiler und Gewölbe sind. Auf der Seite St. Gallen wirken sich somit nur 181,7 — 15 = 166,7 t aus (Abbildungen 6 und 7).

[4]) *A. Acatos, J. Lüchinger, F. Ackermann*, „Der Sitterviadukt der Bodensee-Toggenburgbahn". Schweiz. Bauzeitung, Band 56, 1910, S. 135.

Das Mauerwerk des Sitterviaduktes setzt sich folgendermassen zusammen: Die Fundamentklötze sind aus Beton verschiedener Mischungsverhältnisse von 1 : 5 : 10 bis 1 : 2 : 5 ausgeführt. Die Pfeiler und Stirnwände der Gewölbe sind in Bruchsteinmauerwerk erstellt und zwar in Zementmörtel 1 : 3 für Grösstbeanspruchungen über 16 kg/cm² und in hydraulischem Kalkmörtel 1 : 2 für Grösstbeanspruchungen unter 16 kg/cm². Bei den Pfeilern wurden als Steinmaterial für das äussere Mauerwerk bis zu einer Tiefe von 1,0 m Hohenemser Kalkstein, und für das innere Mauerwerk Sandstein von der Bodenseegegend (Druckfestigkeit höher als 1000 kg/m²) verwendet. Zum besseren Druckausgleich erhielten die Pfeiler in Höhenabständen von 10 m ein 30 cm starkes Schichtenmauerwerk aus Kalksandsteinen von Lagen, in Zementmörtel. Die Gewölbe in Spitzstein bestehen aus Muschelsandstein der Meeresmolasse von Staad in Zementmörtel 1 : 3 und weisen an den äussern Sichtflächen eine Verkleidung in Schichtenmauerwerk aus Lägernkalkstein auf. Beim Mauerwerk des Sitterviaduktes kann infolgedessen nur von einer durchschnittlichen mittlern Dehnungszahl des Mauerwerkes die Rede sein. Diese ist in hohem Masse von der Beschaffenheit der Mörtelfugen abhängig.