Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler am Sitterviadukt der B.T.

Autor(en): **Roš, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83/84 (1924)**

Heft 26

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-82817

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler am Sitterviadukt der Bodensee-Toggenburgbahn. — Wohnkolonie Lerchengarten in Birsfelden bei Basel. — Oelfeuerung bei Dampfkesseln und Zentralheizungen. — Miscellanea: Eisenbetonhochhaus in Düsseldorf. Die Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner. Gewinnbeteiligung der Wagenführer an der Stromersparnis. Unterwasser-Tunnel zwischen Brooklyn und Richmond in New York. Die richtige Bemessung von Dampfrohrleitungen auf Grund der besten Wärme-Oekonomie. Internationale Ausstellung für Binnenschiffahrt, Basel 1926. „Zum Kapitel Ausfuhr elektrischer Energie und Wahrung schweizerischer Interessen." Der Verein für die Schiffahrt auf dem Oberrhein. — Konkurrenzen: „Lory-Spital" in Bern. — Nekrologie: Viktor Charbonnet — Literatur. — Vereinsnachrichten: Basler Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S

Band 83. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur auf Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 26.

Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler am Sitterviadukt der B. T.

Von Ing. M. Roš, Baden.

(Schluss von Seite 289.)

VII. Die mittlern Dehnungszahlen $\alpha = \frac{1}{E} = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\sigma}$ der gesamten Deformationen des Mauerwerkes, als Funktionen der Zeit aufgefasst und aus den Beobachtungen der Verbiegungen abgeleitet,[5]) weisen für eine Zeitdauer der Kraftwirkung von zwei Monaten folgende Mittelwerte auf (Abb. 2): im Jahre 1910, unmittelbar nach Fertigstellung des Viaduktes[6]) 1 : 44 000, im Jahre 1922, nach Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung, also $12^1/_2$ Jahre später, 1 : 72 000.

Die Dehnungszahl der gesamten Deformationen hat somit innerhalb $12^1/_2$ Jahren um rd. 60 % abgenommen.

Die mutmasslichen entsprechenden Dehnungszahlen der rein elastischen Deformationen dürften etwas kleiner sein als 1 : 100 000 bezw. 1 : 185 000. Die im Jahre 1922, bei Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung, durch Messungen angenähert erhobenen mittlern Dehnungszahlen der elastischen Formänderungen betragen: für zweistündige grosse Kraftäusserungen (Schub von 228 t Abb. 15, Seite 302) 1 : 160 000 und für sehr kurze Kraftwirkungen (Verkehrslast Abb. 16 und 17, S. 303) 1 : 220 000.

VIII. *Die Zeitdauer der Wirkung*, die sogenannte elastische Nachwirkung, aus ständiger Belastung,[7]) die *Verminderung der mittlern Dehnungszahl* des Mauerwerkes mit dem Alter und die *Summierung* von sehr vielen sehr *klein bleibenden Verbiegungen* des Pfeilers IV infolge Verkehrslast[8]), sind die Ursache der ganz bedeutenden wagrechten Verbiegungen des Pfeilers IV gegen die Sitter (270 mm im Dezember 1921) und der damit im Zusammenhange stehenden Begleiterscheinungen. Sämtliche Einflüsse erstrecken sich durch Jahre hindurch, in der ersten Zeit stärker, dann mit dem Alter abnehmend wirkend, einem Ruhezustand zustrebend[9])

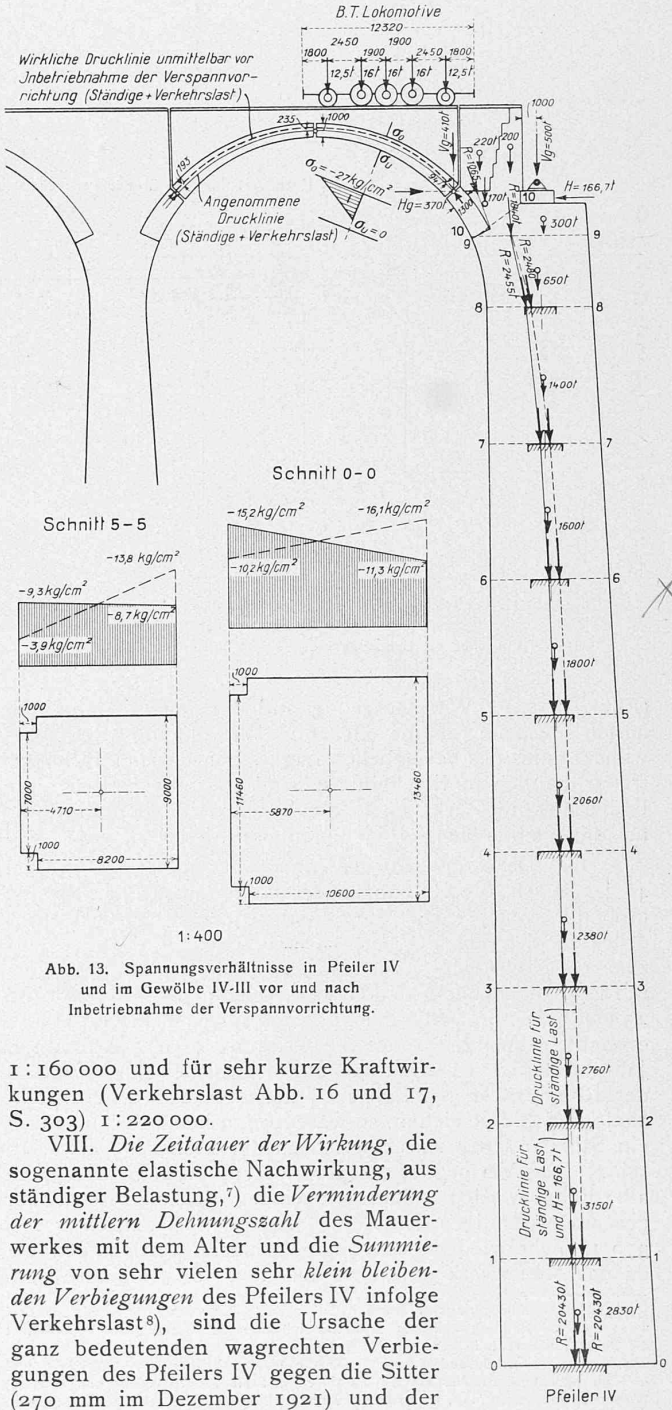


Abb. 13. Spannungsverhältnisse in Pfeiler IV und im Gewölbe IV-III vor und nach Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung.

[5]) Es wird vorausgesetzt, dass der auf Nagelfluh und Mergel fundierte Pfeiler IV keine, oder sehr kleine zu vernachlässigende Drehungen an der Fundamentsohle vollführte. Beobachtungen über lotrechte Zusammendrückungen der Pfeiler wurden nicht gemacht. Höchstwahrscheinlich sind aber solche erfolgt. Bei der Trisannabrücke an der Arlbergbahn wurden bei den rd. 55 m hohen Pfeilern Zusammendrückungen von 33 bis 46 mm festgestellt. (Siehe Anmerkung 6.)

[6]) Prof. Dr. Ing. *L. Oerley*, „Ueber die Bewegungen der Hauptpfeilerköpfe der Trisannabrücke an der Arlbergbahn". Schweiz. Bauzeitung, Band 78, S. 220 (29. Oktober 1921). Oerley gibt für die Trisannabrücke die mittlere Dehnungszahl der gesamten Formänderungen zu 1/30000 an. — Auch die hohen Säulen der gotischen Gewölbe in den Kathedralen von Laon, Amiens und Reims zeigen die gleichen Erscheinungen. Sie haben sich in Höhe der Säulenköpfe bis zu 150 mm nach Innen und in Kämpferhöhe der Spitzbögen des Mittelschiffs bis zu 100 m nach Aussen verbogen, ohne dass die Gewölbe und Mauern wesentliche Risse zeigen (Monuments historiques de France 1876).

[7]) Innerhalb der ersten zwei Stunden nach erfolgter Tätigkeit des Hebels am 17. Oktober 1922, wurden die beiden Flusspfeiler IV und V um 18,41 mm auseinandergedrückt. Wiederholte Ent- und Belastungen zeigten ein annähernd vollkommen elastisches Verhalten innerhalb dieser Zeit, indem die Deformationen bei der Entlastung fast restlos verschwanden und bei voller Wirkung des Hebels immer wieder die Grösse von rund 18 mm erreichten. Tags darauf, am 18. Oktober, war diese Auseinanderdrückung bereits 28 mm, also ganze 10 mm grösser; am 18. Dezember 1922, also zwei Monate später, erreichte sie 38 mm und am 19. November 1923, nach 13 Monaten, betrug die gesamte Auseinanderdrückung der Pfeiler IV und V 51 mm (Abbildung 14).

Ausser diesem Einfluss der Zeit innerhalb grösserer Zeitintervalle (Stunden, Monate und Jahre) kommt auch grosse Bedeutung der Zeit zu, die bei einer Belastung überhaupt erforderlich ist, um voll zur Auswirkung zu gelangen. Bei so grossen Baukörpern, wie sie der Sitterviadukt aufweist (Rauminhalt des Pfeilers IV rd. 10 000 m³) bedarf es zweifellos nicht unerheblicher Zeit, bis eine Last sich auf alle Tragorgane (Gewölbe und Pfeiler) voll ausgewirkt hat. Infolge Verkehrslast werden die Gewölbe zuerst, in verhältnismässig kurzer Zeit, voll beansprucht, die hohen Pfeiler dagegen viel später. Legt man die Durchbiegungsdiagramme aus Verkehrslast einer Untersuchung über die Dehnungszahlen der elastischen Formänderungen des Mauerwerkes zu Grunde, so ergibt sich die Dehnungszahl zu 1 : 220 000. Dieser Wert ist um rund 40 % kleiner, als der für das gleiche Mauerwerk und unter gleichen zeitlichen Umständen, anlässlich der Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung ermittelte Wert von 1 : 160 000. Erklären lässt sich dieser Unterschied nur durch den Umstand dass es den mit etwa 60 km/h über den Viadukt dahinfahrenden Zügen an Zeit fehlt, um sich voll auszuwirken, was in einer Verminderung der Dehnungszahl zum Ausdruck gelangt.

[8]) Da selbst für sehr geringe Spannungsunterschiede Mauerwerkskörper nicht zu vernachlässigende Dehnungszahlen bleibender Dehnung aufweisen, haben zweifellos auch die sich wiederholenden Wirkungen infolge des stets nur in einem Sinne, gegen die Sitter hin sich äussernden Schubes aus Verkehrsbelastung, eine sehr grosse Zahl sehr kleiner Beiträge bleibender Formänderung geliefert, wodurch der Pfeiler IV im Laufe der Zeit noch mehr verbogen wurde.

Seit dem Tage der ersten Belastungsprobe am 15. Juli 1910 bis zum 17. Oktober 1922, dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung, verbog sich der Pfeiler um 257 — 140 = 117 mm (Abbildung 2). Die Brücke wurde in dieser Zeit von $12^1/_2$ Jahren von rund 200 000 Bahnzügen befahren und der Pfeiler IV machte bei jeder Ueberfahrt eine gesamte horizontale Verbiegung von rund 1 mm mit. Setzt man nun als Grenzfall voraus, dass der Einfluss der Zeit infolge ständiger Belastung mit dem 15. Juli 1910 zu Ende gewesen wäre und dass die Dehnungszahl sich nicht verändere, und schreibt man die ganze Verbiegung von 117 mm dem Einfluss der Verkehrslasten zu und nimmt an, dass bei jeder Ueberfahrt nur 1/1700 der gesamten Verbiegungen von jeweils 1 mm, als bleibende Verbiegung zurückgeblieben sei, so würde die Summe dieser bleibenden Beträge in den $12^1/_2$ Jahren bei 200 000 Zugüberfahrten den Wert von 117 mm erreichen. In Wirklichkeit ist der Beitrag der bleibenden Verbiegungen viel kleiner, weil der Einfluss der Zeitwirkung der ständigen Last mit 15. Juli 1910 sicher nicht zu Ende war und die Verminderung der Dehnungszahl mit der Zeit in dieser Betrachtung unberücksichtigt geblieben ist.

[9]) a) Die Zeitdauer der Wirkung der unveränderlichen ständigen Belastung war anfangs von überwiegender Bedeutung, was in stark ansteigendem Verbiegungs-Diagramme zum Ausdruck gelangt. Ihr wirkte entgegen

b) die Verminderung der Dehnungszahl mit dem Alter, was sich im parabelförmigen Verlauf der Ausgleichlinie zeigt, und über diese beiden Einflüsse superponierte sich

c) der Einfluss der Verkehrsbelastung und die Auswirkung der Wärmeschwankungen und der Reibungswiderstände des eisernen Ueberbaues,

von denen die letztgenannten deutlich in der Winter- und Sommerwelle in Erscheinung treten.

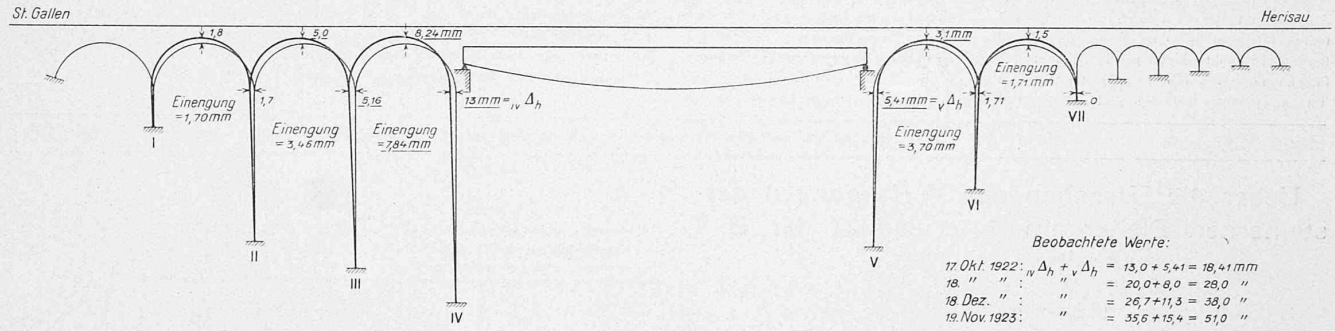


Abb. 14. Gemessene und der Kräfteverteilung zu Grunde liegende Deformationen infolge Wirkung der Verspannvorrichtung, am 17. Oktober 1922.

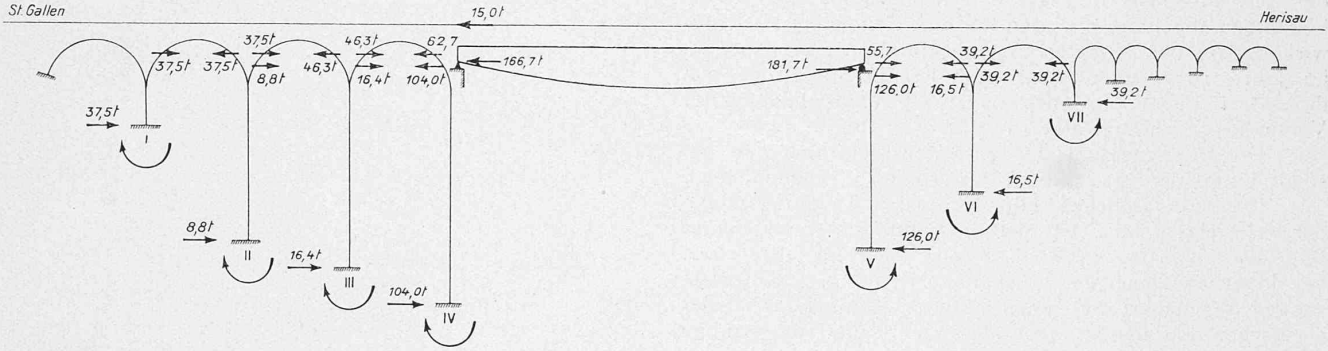


Abb. 15. Verteilung des Schubes der Verspannvorrichtung, ermittelt aus den elastischen Deformationen der ersten zwei Stunden am 17. Oktober 1922. Mittlere Dehnungszahl des Mauerwerks $\alpha = 1 : 160\,000$ durch Wirkung der Verspannvorrichtung (H = 228 t).
[Anlässlich der Belastungsprobe am 15. Juli 1910 war $\alpha = 1 : 44000$, zwei Monate nach Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung $\alpha = 1 : 72\,000$.]

(Abb. 18). Die Wärmewirkung und die damit in unmittelbarem Zusammenhange stehende Wirkung des Reibungswiderstandes des beweglichen Lagers der eisernen Brücke[10]) treten deutlich in Erscheinung, sind aber theoretisch ohne Bedeutung, in Wirklichkeit von untergeordnetem Einflusse für die bleibenden Verbiegungen der Pfeiler.

IX. Der künstliche Gegenschub von 288 t, wovon 46,3 t durch die Reibungswiderstände aufgezehrt wurden und nur 181,7 t auf die Zufahrten sich auswirkten,[11]) drückten den um 257 mm ausgebogenen Pfeiler IV, bis zum 19. November 1923, also innerhalb 13 Monaten, um rund 36 mm zurück, den Gewölbescheitel IV—III um rund 25 mm hebend. Dadurch ist der Zustand vom Jahre 1913/14 erreicht, es wurden somit die Wirkungen der letzten zehn Jahre beseitigt. Dürfte man aus dem bisherigen Verhalten der Rheinbrücke bei Eglisau[12]) auch für den Sitterviadukt analoge Schlüsse ziehen, so wäre in den kommenden Jahren ein Stillstand des Zurückweichens der Pfeiler zu erwarten sein. Die Verbiegungen der ersten zweieinhalb Jahre allerdings werden selbst mit einem gleich grossen, der gesamten ständigen Last entsprechenden Gegenschub von 370 t, nicht wieder rückgängig gemacht werden können, da das Mauerwerk jetzt eine um etwa 60 % kleinere Dehnungszahl aufweist, als anlässlich der Erstellung der Brücke. Immerhin werden nun Pfeiler und Gewölbe durch die Wirkung des künstlich erzeugten Gegenschubes von 228 t günstiger beansprucht. Der jetzige Spannungszustand des Sitterviaduktes kann praktisch als ein einem unveränderlichen Zustande zustrebender betrachtet werden, da für die nächste Zukunft die Dehnungszahl als nur noch wenig veränderlich[13]) und die Deformation als eine praktisch rein elastische angesprochen werden dürfen (Abb. 13).

Die bisherigen Beobachtungen werden weiter geführt und eingehendere Belastungsversuche werden auch in Zukunft von Zeit zu Zeit durchgeführt werden müssen. Werden noch, nachdem sich die Verspannvorrichtung etwa zwei Jahre lang ausgewirkt und die Rückbildung der Deformationen sich zu einem guten Teil vollzogen hat, noch die verwitterten Mauerwerksfugen und die Risse sorgfältig ausgekratzt und durch Zementmörtel-Einpressungen geschlossen, so können die Misstände am Sitterviadukt in der Hauptsache als beseitigt gelten.

Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler am Sitterviadukt der B. T.

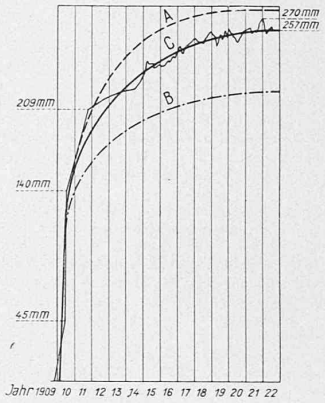


Abb. 18. Auswirkungen der Zeit, der veränderlichen Dehnungszahl und der Verkehrslast, sowie der Reibungswiderstände und des Wärme-Wechsels auf die wagrechte Verbiegung des Pfeilers IV (vergl. Abb. 2).

A Auswirkung der Zeit (Ständige Last).
B Auswirkung der Dehnungszahl α.
C Auswirkung der ständigen Last, der Verkehrslast, der Reibungswiderstände und des Wärmewechsels.

[10]) Schon bei geringen Wärmeschwankungen der Eisenkonstruktion von 5 bis 6° C wirkt sich die Reibung voll aus, während sich unter der Wirkung der Verkehrslast die Reibungswiderstände nur teilweise und entweder nur sperrend oder die Pfeiler IV und V auseinanderdrückend äussern. Da die eiserne Brücke ($\alpha t = 0{,}00001176$ und $\mu = 58$) bedeutend rascher als die Zufahrten in Stein ($\alpha t = 0{,}000003$ und $\mu = 1{,}7$) Wärmeschwankungen folgt, wird sich der Reibungswiderstand des eisernen Ueberbaues stets früher als die Längenänderung der Gewölbe infolge Wärme auswirken.

[11]) Aus dem bekannten Gewichte des Hebels mit Gegengewicht konnte ziemlich einwandfrei der Gegenschub rechnerisch zu 228 t festgesetzt werden. Am Pfeiler IV wurden mit Spannungsmessern Okhuizen die Druckkräfte gemessen und zwar ergaben sich in der wagrechten Pendelstütze der Verspannung 113,9 t Druck
im Untergurt der eisernen Brücke 52,8 t "
in den Schienen über dem festen Lager 15,0 t "
total 181,7 t Druck

Für die Reibungswiderstände am beweglichen Lager verbleiben somit 228 — 181,7 = 46,3 t (Abbildungen 6, 7 und 15).

[12]) Beim Eglisauer Viadukt der SBB scheint schon im zweiten Jahre nach Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung eine periodische Regelmässigkeit im gegenseitigen Verhalten der Endpfeiler 9 und 10 wiederzukehren, was darauf schliessen liesse, dass der Gegenschub der Verspannvorrichtung sich schon im zweiten Jahr voll ausgewirkt hätte und dass somit eine weitere elastische Nachwirkung nicht mehr zu erwarten sei.

[13]) Bei der Trisannabrücke der Arlbergbahn hat sich bei dem sorgfältiger beobachteten Pfeiler der Bregenzerseite dieser Ruhezustand nach 34 Jahren fast vollkommen eingestellt. — Siehe Anmerkung 6.

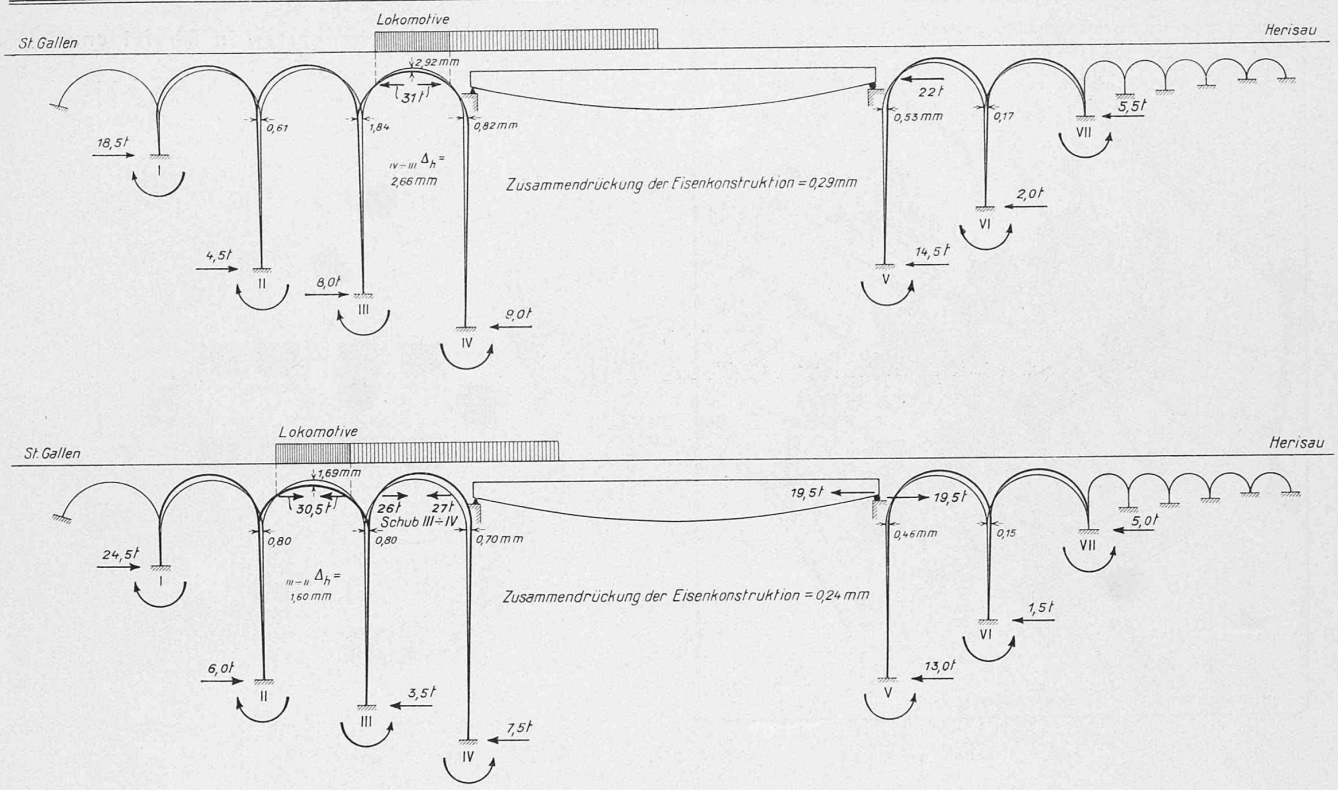


Abb. 16 und 17. Deformationen und Kräfteverteilung infolge Verkehrslast, nach Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung. Personenzüge mit 60 km/h gegen St. Gallen fahrend, am 17. Oktober 1922 bezw. 6. November 1922. Lufttemperatur je + 6 ° C. Mittlere Dehnungszahl des Mauerwerks infolge Wirkung der Verkehrslast $\alpha = 1 : 220\,000$.

wieder rut. 21/8/28

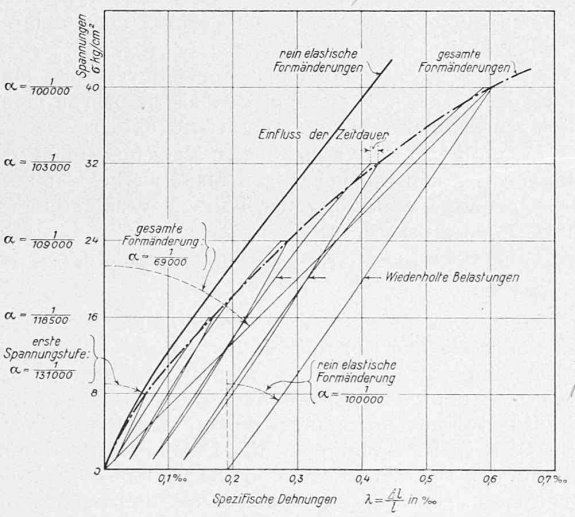


Abb. 19. Werte der Dehnungszahl α bei wiederholten und wachsenden Spannungstufen.

Für die Praxis ergeben sich aus den Beobachtungs- und Versuchsergebnissen folgende wertvolle Schlussfolgerungen für Bauwerke massiver Bauweisen [14]):

1. Der Dehnungszahl α ist in ihrer Auswirkung die ihr zukommende Beachtung beizumessen, als

a) Dehnungszahl der *gesamten Deformationen* und

b) Dehnungszahl der nur *rein elastischen Deformationen.*

Die erste ist wesentlich grösser als die zweite (Abb. 19).

2. Es bedarf einer mehr oder weniger grossen Anzahl wiederholter Beanspruchungen, selbst innerhalb einer als zulässig erkannten Spannungstufe, bis sich ein praktisch vollkommen elastisches Verhalten des Mauerwerkskörpers einstellt. Von der mittlern Dehnungszahl der erstmaligen Spannungstufe bis zur mittlern Dehnungszahl der rein elastischen Formänderung, ergeben sich, entsprechend der jeweiligen Wiederholung der Spannungstufe (Ent- und Belastung), verschiedene Dehnungszahlen, die zwischen den Werten der ursprünglichen Dehnungszahl und jener der rein elastischen Formänderungen liegen.

3. Für den Entwurf und die Ausführung sind von grundlegender Bedeutung:

a) *die Dehnungszahl der gesamten Formänderung* (Sehne des Spannungs-Dehnungs-Diagrammes) ist eine Funktion des Alters des Massivkörpers, der Zeitdauer der Wirkung einer unveränderlichen Last (ständige Last) und der Anzahl von Wechselwirkungen (Verkehrslast, Wärmewirkung, Reibungswiderstände). Mit der Zeit nimmt diese Dehnungszahl der gesamten Formänderungen zu. Sie kann, insbesondere beim Mauerwerkskörper, um ein mehrfaches grösser werden, als die Dehnungszahl der rein elastischen Formänderungen. Betreffen diese gesamten Formänderungen geometrische Grössen in Richtung und im Sinne der statisch unbestimmten Kraftwirkungen, so ist ihnen grösste Beachtung zu schenken, da sie für die Sicherheit des Bauwerkes verhängnisvoll werden können.

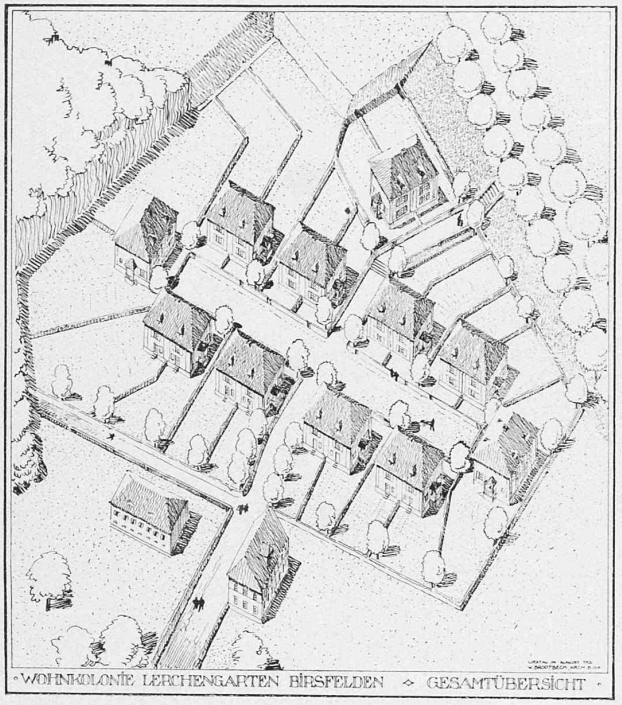
Sehnenausweitungen eingespannter Gewölbe haben Verminderungen des Gewölbeschubes zur Folge und bei Gelenkbögen mit Wälzgelenken können sich bedeutende Verschiebungen der Berührungspunkte einstellen. In beiden Fällen leidet das Mauerwerk infolge wesentlicher Erhöhung der Inanspruchnahme, es wird rissig, fällt der Zerstörung anheim und vermindert, ja gefährdet die Sicherheit des Bauwerkes.

Anderseits ist das massive Tragwerk in der ersten Zeit, unmittelbar nach der Erbauung, gegen Lagerverschiebungen weniger empfindlich, weil die Dehnungszahl der gesamten in Betracht kommenden Formänderung bei dem jungen Massivkörper ganz wesentlich grösser ist, als die endgültige unveränderliche Dehnungszahl der elastischen Formänderungen.

Auch Wärmeschwankungen erzeugen geringere Spannungen, weil die Dehnungszahlen der gesamten, wie der

[14]) Als Beitrag zu den von Prof. A. Dumas aufgeworfenen Fragen in seiner beachtenswerten Abhandlung „L'élasticité du béton" (Bulletin Technique de la Suisse Romande, 1924, S. 49).

Wohnkolonie Lerchengarten in Birsfelden.



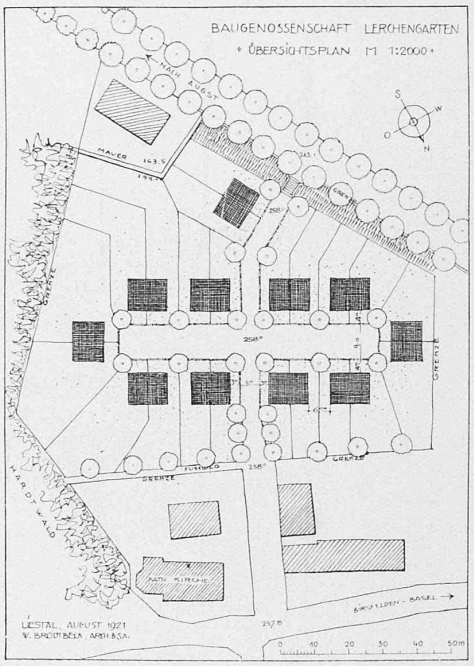


Abb. 1. Fliegerbild aus Norden. — Arch. W. Brodtbeck, Liestal. — Abb. 2. Lageplan 1 : 2000.

rein elastischen Formänderungen der ersten Zeit grösser sind, als im spätern Alter, wo die elastischen Dehnungszahlen einem unveränderlichen Werte zustreben.

Da mit dem Alter die Schwindvorgänge abnehmen, berühren sie die mit dem Alter abnehmende Dehnungsfähigkeit nicht und sind nur für die erste Zeit des grossen gesamten Dehnungsvermögens als spannungserzeugend zu berücksichtigen.

b) *die Dehnungszahl der rein elastischen Formänderungen* (Sehne = Tangente des unveränderlichen Spannungs-Dehnungs-Diagrammes), die erst mit dem Alter des Mauerwerkes und nach einer gewissen Zeitdauer der Auswirkung einer unveränderlichen Belastung (ständige Last), sowie einer gewissen Anzahl von Spannungswechsel-Wiederholungen (Verkehrslast, Wärmewirkung und Reibungswiderstände), einem unveränderlichen Werte zustrebt.

Die endgültige Dehnungszahl der rein elastischen Formänderungen ist für die Grösse der elastischen Deformationen und bei statisch unbestimmten Tragwerken für die Beanspruchungen infolge Wärmewechsel und Nachgiebigkeit der Lagerungen (Pfeiler und Widerlager) massgebend. Der Einfluss der Wärmeschwankungen wirkt sich bis zu einem gewissen Alter zunehmend aus. Dieser zunehmende Einfluss ist aber ohne Belang, weil auch die Festigkeit des Mauerwerkes mit dem Alter zunimmt und höheren Beanspruchungen, ohne Einbusse an Sicherheit, gewachsen ist. Für Lagerverschiebungen gilt das Gleiche, insofern sich solche nach Jahren noch auswirken (Verbiegung von Pfeilern). In der Mehrzahl von Fällen vollziehen sich jedoch die unelastischen Verschiebungen gleich nach der Ausrüstung innerhalb kürzerer Frist, so lange noch die grossen Dehnungszahlen der gesamten Formänderungen in Betracht kommen. Und die sich auf längere Zeit erstreckenden elastischen Verdrückungen sind ihrer Geringfügigkeit wegen ohne Belang.

4. Gewölbe weisen in Wirklichkeit eine viel grössere Widerstandsfähigkeit auf, als man ihnen theoretisch manchmal zumutet:

a) Im Anfange, so lange das Mauerwerk noch jung ist, ist sein Dehnungsvermögen grösser. Allfälligen Verschiebungen der Auflager folgt das Bauwerk, entsprechend dem grossen Werte der gesamten Dehnungen, leichter, und die Wärmewechsel, insbesondere die Abbindewärme (Erhärtung) wirken sich auch weniger spannungserzeugend aus. Später, wenn mit dem zunehmenden Alter das Mauerwerk geringere Werte der Dehnungszahlen annimmt und infolgedessen sich die vorerwähnten Einflüsse stärker auswirken, stellt sich durch die Zunahme der Festigkeit mit dem Alter ein selbsttätiger Ausgleich ein.

b) Bei Ueberwindung der Zugfestigkeit des Mauerwerkes stellen sich Risse ein, die, als natürliche Gelenkstellen wirkend, den Spannungszustand mildern.

c) Infolge der unvermeidlichen Verschiedenheit in der Festigkeit des sonst gleichartigen Mauerwerkes, stellt sich eine selbsttätige Entlastung der Bauteile geringerer Festigkeit mit der grösseren Dehnungszahl ein, zu Lasten der Teile höherer Festigkeit, aber geringerer Dehnungsfähigkeit.

*

Ingenieurtechnisch gesprochen verhalten sich die *massiven Bauwerke wie elastische Körper*[15]), deren Festigkeits- und Dehnungseigenschaften je entsprechend dem Alter des Bauwerkes, dem Grundspannungszustande (ständige Last), und der Anzahl der Spannungswechsel (Verkehrslast, Wärmewechsel), zu berücksichtigen sind. Dabei ist, insbesondere während des Baues und dann in der ersten Zeit nach erfolgter Inbetriebnahme des Bauwerkes, der Grundsatz zu beachten, dass die *statischen Berechnungen von massiven Bauwerken nach der Elastizitäts-Theorie in erster Linie die grossen Gesichtspunkte erkennen lassen sollen, nach denen der Entwurf zu erfolgen hat, die baulichen Vorkehrungen zu treffen sind und der Bau durchzuführen ist.*

Der Grundsatz konstruktiver Klarheit, der nach einer sicheren und klaren Kräfteverteilung strebt und infolgedessen Unklarheiten des Spannungszustandes und Ungewissheiten über den Sicherheitsgrad des massiven Bauwerkes vermeidet, auch auf ein gewisses Alter des Bauwerkes erstreckt, ist unter Beachtung der Eigenheiten der massiven Bauweisen als das *richtige Prinzip* zu begrüssen.

Dem erforderlichen Sicherheitsgrade unter Beachtung der Regeln der Baukunst, muss gegenüber dem Zustande blosser Stabilität, unter Missachtung erwiesener Bauregeln, der Vorrang eingeräumt werden.

Baden, Januar 1924.

[15]) P. Séjourné, „Grandes Voûtes", Tome 1 à 5, 1913. Bourges, Imprimerie Vve. Tardy-Pigelet & Fils. Voir Tome III, page 375.