

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83/84 (1924)
Heft: 26

Artikel: Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler am Sitterviadukt der B.T.
Autor: Roš, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-82817>

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: 23.02.2026

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

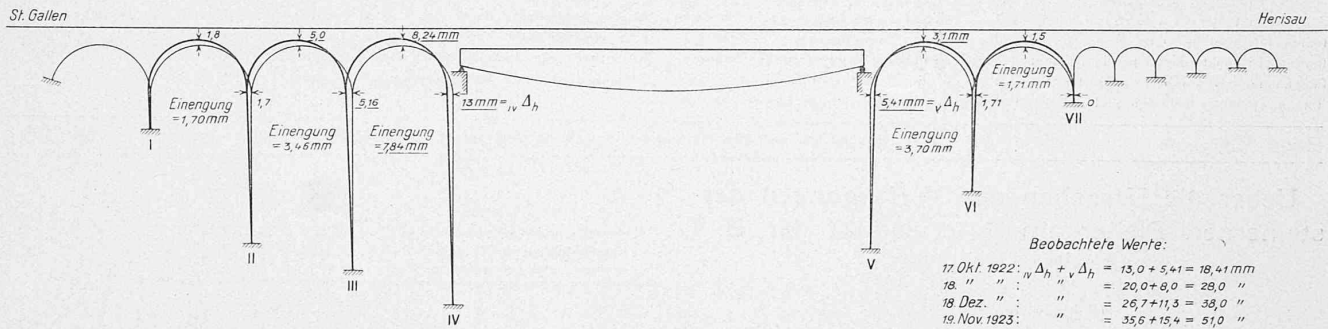


Abb. 14. Gemessene und der Kräfteverteilung zu Grunde liegende Deformationen infolge Wirkung der Verspannvorrichtung, am 17. Oktober 1922.

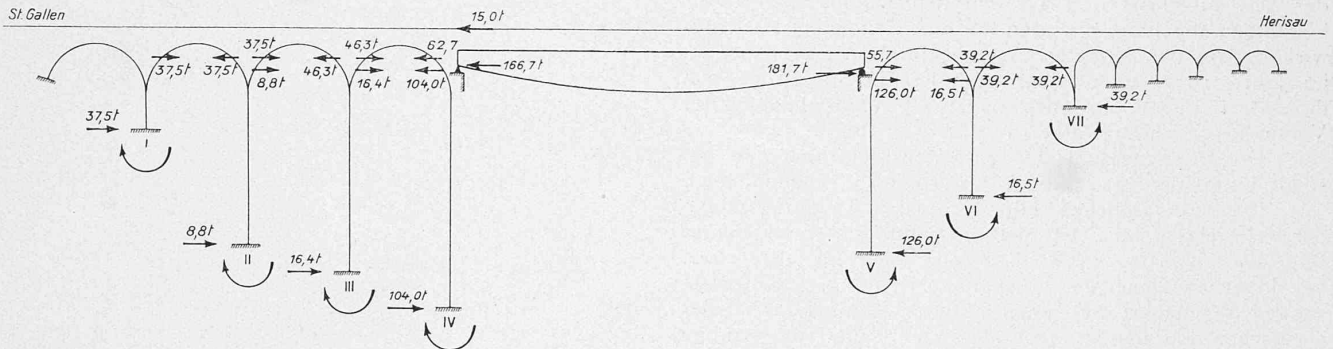


Abb. 15. Verteilung des Schubes der Verspannvorrichtung, ermittelt aus den elastischen Deformationen der ersten zwei Stunden am 17. Oktober 1922.

Mittlere Dehnungszahl des Mauerwerks $\alpha = 1:160\,000$ durch Wirkung der Verspannvorrichtung ($H = 228 \text{ t}$).

[Anlässlich der Belastungsprobe am 15. Juli 1910 war $\alpha = 1:44\,000$, zwei Monate nach Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung $\alpha = 1:72\,000$.]

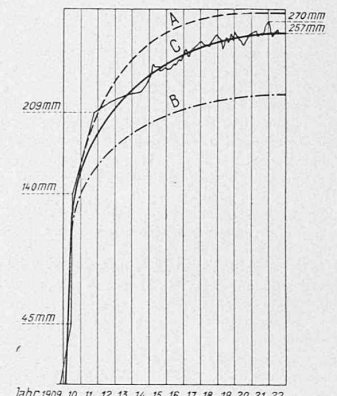
(Abb. 18). Die Wärmewirkung und die damit in unmittelbarem Zusammenhange stehende Wirkung des Reibungswiderstandes des beweglichen Lagers der eisernen Brücke¹⁰⁾ treten deutlich in Erscheinung, sind aber theoretisch ohne Bedeutung, in Wirklichkeit von untergeordnetem Einflusse für die bleibenden Verbiegungen 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 Eglisau¹²⁾ 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 Deh-

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 Wärmewechsels 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.



nungszahl 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 unveränderlichen Zustande zustrebender betrachtet werden, da für die nächste Zukunft die Dehnungszahl als nur noch wenig veränderlich¹³⁾ 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.

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

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 ($\alpha = 0,00001176$ und $\mu = 58$) bedeutend rascher als die Zufahrten in Stein ($\alpha = 0,000003$ 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 Okuluren 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.

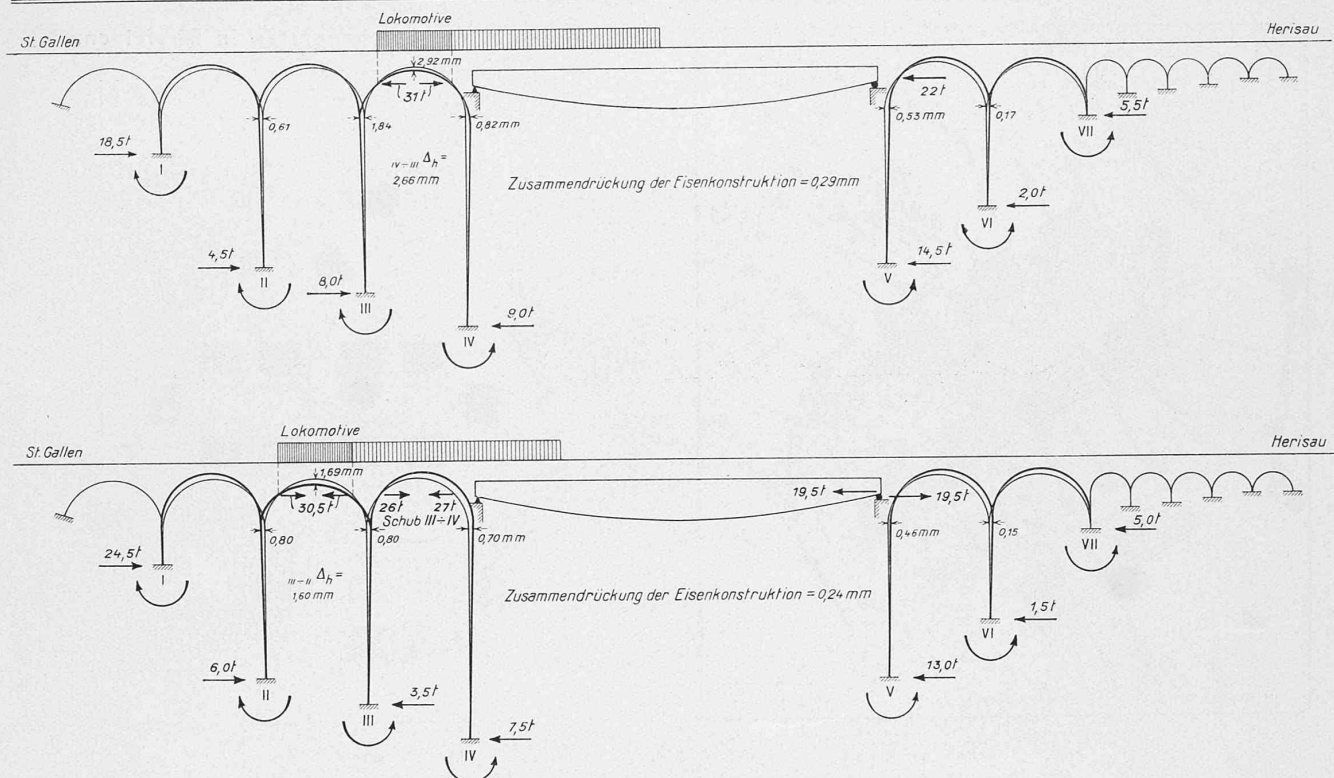


Abb. 16 und 17. Deformationen und Kräfteverteilung infolge Verkehrslast, nach Inbetriebnahme der Verspannvorrichtung. Personenzüge mit 60 km/h gegen St. Gallen fahrend, am 17. Oktober 1922 bzw. 6. November 1922. Lufttemperatur je + 6 ° C. Mittlere Dehnungszahl des Mauerwerks infolge Wirkung der Verkehrslast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

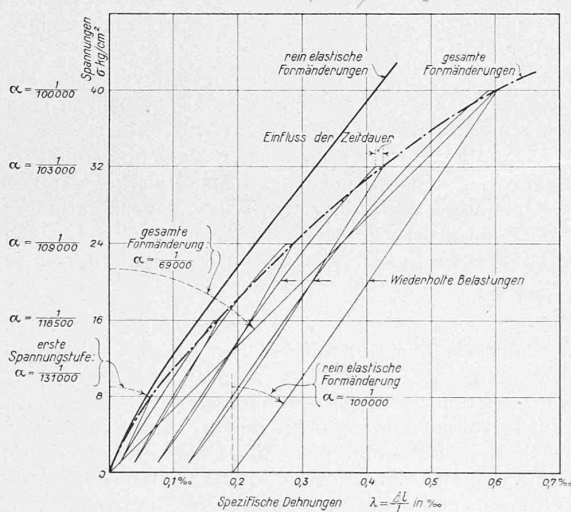


Abb. 19. Werte der Dehnungszahl α bei wiederholten und wachsenden Spannungstufen.

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

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).

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.

Schnenausweitungen eingespannter Gewölbe haben Verminderungen des Gewölbeschubes zur Folge und bei Gelenkbögen mit Wälz Gelenken 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.

Andererseits 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

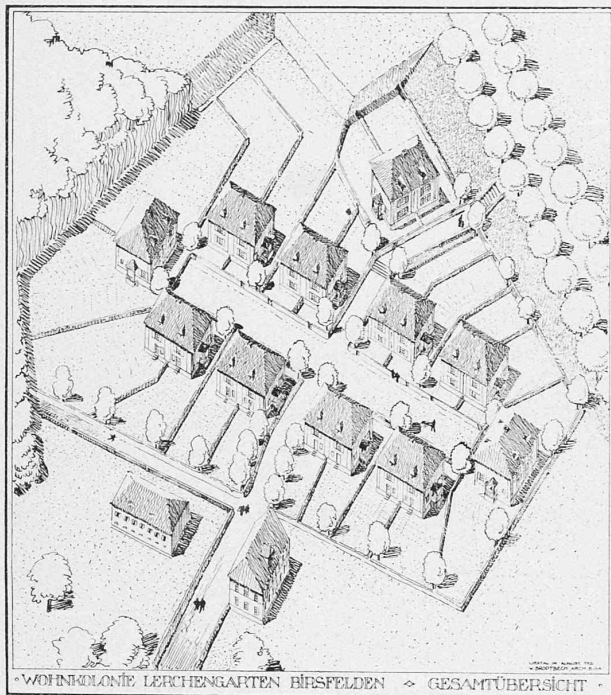


Abb. 1. Fliegerbild aus Norden.

— Arch. W. Brodtbeck, Liestal.

Wohnkolonie Lerchengarten in Birsfelden.

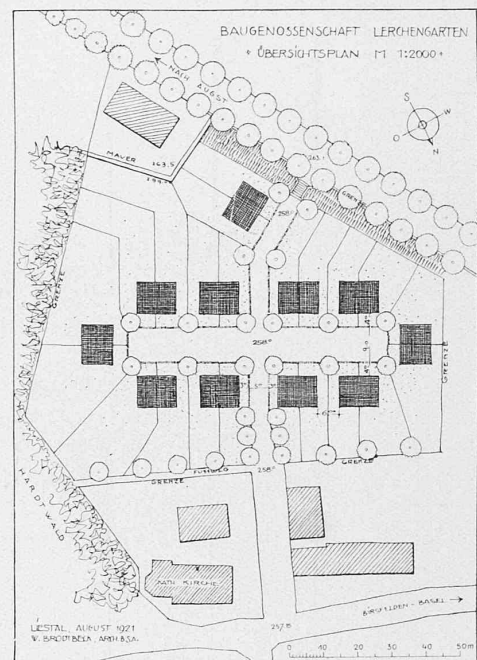


Abb. 2. Lageplan 1:2000.

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 (Erhär-

tung) 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 Körper¹⁵⁾, 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 Elastizitätstheorie 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.