

Beitrag zur Frage steinerner Gelenkbrücken

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **35/36 (1900)**

Heft 16

PDF erstellt am: **19.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-22070>

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.

schläge zur Verbesserung des Gewölbemauerwerkes auf, die in Verbindung mit der Verwendung von Gelenken zur Verminderung der Kosten grosser Brücken führen, dieselben also auch für grosse Spannweiten mit eisernen Brücken wettbewerbfähig machen sollen. Wir wollen hier die Vorschläge und Versuche von Ing. Tavernier¹⁾ kurz wiedergeben.

Das Mauerwerk ist den Bauten in Eisen gegenüber sehr im Nachteil in Hinsicht auf die Grösse des notwendigerweise anzunehmenden Sicherheitsfaktors. Während für Eisenbauten eine Beanspruchung bis auf $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ der Zerreihsfestigkeit allgemein als zulässig erkannt worden ist, wird Gewölb-Mauerwerk nur bis zu $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$, ja $\frac{1}{50}$ der Bruchfestigkeit des verwendeten Steines belastet. Die Ursache liegt z. T. in der Unsicherheit bezüglich der wirklichen Lage der Drucklinie und damit der wirklich auftretenden Beanspruchung, z. T. in der Verwendung von Cement, Cement- oder Kalkmörtel in den Gewölbefugen, wodurch überall Punkte geringerer Widerstandsfähigkeit im Mauerwerk geschaffen werden, dessen Steinmaterial eine grössere Härte als der Mörtel besitzt. — Der erst erwähnte Nachteil lässt sich in der Hauptsache durch die Verwendung von Gelenken heben. Unter diesen — Bleieinlagen im Scheitel und den Kämpfern, Wölbsteine oder Metallgelenke mit verhältnismässig dünnen Bolzen an diesen Punkten — werden von Herrn Tavernier die letztern, als am sichersten in der Wirkung, vorgezogen. Versuche, welche mit Drehbolzen von 70 mm Durchmesser und Belastungen von 29,2—74,0 t angestellt wurden, ergaben Reibungsfestwerte von

0,08—0,087 bei gut eingefetteten Oberflächen
0,12—0,13 bei unvollständig eingefetteten Oberflächen
0,17—0,18 bei vollständig getrockneten Oberflächen,

was Excentricitäten der Kraft von 2,71—6,35 mm entspricht. Es wird aber beigelegt, dass die Reibung zweifellos bei den Witterungseinflüssen ausgesetzten Gelenken viel höhere Werte werde erreichen können, und dass der Vorteil dieser Bolzenlager nur voll ausgenutzt werden könne, wenn man sie nach dem Vorschlag von M. Bourdelles mit einem dichten Gehäuse umgibt, welches mit Oel gefüllt ist. In diesem Fall hätte man Bolzen von etwa 70 mm Durchmesser, die einem Druck von 5—15 kg/mm² ausgesetzt sind, im Scheitel um 4—5 mm unter die Mittellinie und im Kämpfer um ebensoviel über dieselbe zu legen, um zu erreichen, dass die Drucklinie in dem Moment, in welchem die Drehung der Bolzen in Folge der Reibung aufhört, in diesen Punkten wirklich durch die Mitte der Gewölbequerschnitte geht.

Was den zweiten schwachen Punkt des Gewölbemauerwerkes betrifft, die mit einem Verbindungsmittel auszufüllende Fuge zwischen den einzelnen Steinen (es handelt sich hier ausschliesslich um Quadermauerwerk) so zieht der Verfasser aus den Versuchen, die er selbst und andere angestellt haben, die folgenden Schlüsse:

1. Mauerwerk, genauer gesprochen Versuchswürfel, die mit einer Normalfuge (als welche man solche von 1 cm Stärke betrachten kann) hergestellt sind, besitzen eine Festigkeit, die weit über derjenigen des verwendeten Bindemittels, aber weit unter derjenigen des verwendeten Steines liegt.
2. Mauerwerk, bzw. Versuchswürfel, deren Normalfugen mit Kalkmörtel ausgefüllt sind, besitzen ziemlich die nämliche Festigkeit, wie solche, deren Normalfugen mit Cementmörtel ausgefüllt sind, obgleich der erstere für sich eine wesentlich kleinere Festigkeit als der letztere aufweist.
3. Die Festigkeit von Mauerwerk mit Fugen von nur 1 mm in reinem Cement ist sehr viel grösser als diejenige des Cementes, aber erheblich geringer als diejenige des Steines.

Das Mauerwerk der letztern Gattung kann man allerdings noch so verbessern, dass man nahe oder ganz die Festigkeit des Steines erreicht, wenn man, nach dem Vorschlag von Ing. Tourtay, anstatt die Fugen einfach zu ver-

giessen, den Cement auf die beiden Steinflächen getrennt aufträgt und die Steine nach ihrer Berührung rasch aneinander hin und herbewegt, um alle Luftblasen auszutreiben und um die Fuge möglichst dünn zu erhalten. Dies ist allerdings ein Verfahren, das für die Praxis sehr umständlich und teuer ausfallen würde.

Einen andern Weg, die Nachteile der Mörtelfugen in Bezug auf die Verringerung der Festigkeit des Mauerwerkes zu umgehen, glaubt der Verfasser in der Ausgiessung derselben mit gewissen Metallen zu finden. Es wäre das kein durchaus neuer Vorgang, denn man hat schon bei Brücken des Altertums das Vorhandensein von Bleieinlagen zwischen den Wölbsteinen festgestellt und die ersten Gelenke v. Leibbrands bestanden aus Bleitafeln, welche allerdings nicht die ganze Querschnittshöhe einnahmen. — Von den Metallen können nur diejenigen mit niedrigem Schmelzpunkt in Frage kommen, weil eine hohe Temperatur die äussere Steinschicht, namentlich bei Kalksteinen, in schädlicher Weise verändern würde. Es beträgt der Schmelzpunkt von Zink 450°, von Blei 335°, von Zinn 235°. Die Versuche wurden mit Kalksteinen und Zinkeingüssen gemacht, wobei sich herausstellte, dass jetzt die Festigkeit von durch eine Fuge getrennten Steinprismen nicht mehr wesentlich unter derjenigen des Steines selbst blieb, im Mittel sogar höher werden konnte.

Man fand:	Erste Risse	Bruch
Mittlere Belastung eines Steinprismas	839,5	1044,7 kg/cm ²
Mittlere Belastung zweier durch eine Zinkfuge getrennten Prismen	839,0	1088,2 „

Die Grösse der Prismen war in allen Fällen die nämliche: rund 6/6/11 cm. — Wenn die Ausgiessung der Fuge mit Zink also den Stein nicht merkbar schädigte, so muss dasselbe in noch höherem Grade für Blei und Zinn und für andere Steinsorten als Kalkstein der Fall sein. — Ueber die Möglichkeit der Erreichung tadelloser Gussfugen, sowohl lotrechter wie wagrechter, gaben die Versuche befriedigenden Aufschluss. Die lotrechten Fugen konnten eine Dicke von 5 mm bis höchstens 1 cm haben, die wagrechten mussten etwas dicker, aber nicht über 1 cm sein. Als wesentlich ergab sich völlige Trockenheit der Steinoberflächen und Einbringung des Metalls (Blei) in einem Guss. Fugen bis 2 m Länge fielen tadellos aus: alle Unebenheiten der Werksteine waren vollkommen ausgefüllt. Behufs Kontrolle der an Prismen erhaltenen Ergebnisse wurde ein Versuchsbogen mit drei Gelenken, Spannweite 15 m, Pfeilhöhe 0,9 m, bestehend aus zwei getrennten, durch Riegel verbundenen Rippen, erstellt und bis zum Bruch belastet. Diese Rippen hatten bei 15 cm Breite an den Gelenken 18 cm Höhe, welche bis in die Mitte der Bogenhälften auf 25 cm anwuchs. Jede Bogenhälfte bestand aus vier Steinprismen, die in drei Metallfugen aneinander stiessen. Da ein widerstandsfähiges Fundament nicht erstellt werden konnte, so wurden die Drehzapfen an den Fussenden durch eiserne Zugstangen mit einander verbunden. Die Augen waren aber nicht genügend genau gearbeitet, was zur Folge hatte, dass die Fussenden zu stark seitlich ausweichen konnten und der Bogenscheitel bei der Belastung sich um volle 18 cm senken musste. Aus diesen und andern Gründen war das Ergebnis nicht ganz das erhoffte, indem der Bruch schon bei 500 kg/cm² eintrat, zwar an und für sich ein sehr hoher Wert, der aber doch noch erheblich unter der Bruchfestigkeit der Probekörper aus Stein im Betrag von 1532 bis 1970 kg/cm² blieb, während selbst die ersten Risse erst bei 1212 kg/cm² auftraten. — Wir gehen daher nicht näher auf diesen Versuch ein, der, eben als ein vereinzelter, wenig Beweiskraft weder für noch gegen des Verfassers Ansichten besitzt; wir wollen vielmehr noch einige seiner Vorschläge für die zukünftige Weiterentwicklung des Baues gewölbter Brücken, wie sie ihm vorschwebt, wiedergeben, soweit sie beachtenswert erscheinen.

Wenn bei grossen Brücken durch das Einlegen von Gelenken Ersparnisse gemacht werden sollen, so entspricht diesem Streben die Ausfüllung der Bogenwickel mit Spar-

¹⁾ Maçonneries avec joints métalliques coulés. Par M. H. Tavernier, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, Annales des ponts et chaussées 1899, III^{me} trimestre.

bögen. Laufen deren Achsen parallel zu derjenigen des Hauptgewölbes, so ist der letzte Pfeiler am Widerlager als Gruppenpfeiler auszubilden und zwischen ihm und dem Widerlager eine kleine Lücke zu lassen für die durch die Verdrehungen des Endquerschnittes des Hauptbogens bedingten Bewegungen. — Um die durch die Gelenke ermöglichte Materialersparnis voll auszunützen, kann es zweckmässig sein, das Gewölbe in einzelne Rippen aufzulösen, die entweder mit gleicher Breite durchlaufen oder gegen Scheitel und Fuss hin wieder zusammenlaufen und sich an diesen Stellen vereinigen. Die Lücken wären mit leichten Versteifungsgewölben, vorteilhaft aus armiertem Beton auszufüllen, die im Scheitel — event. unmittelbar — die Fahrbahn zu tragen hätten. Auch die Entlastungsgewölbe selbst und ihre Pfeiler könnten mit Vorteil aus Eisenbeton hergestellt werden, da sie sehr leicht und widerstandsfähig würden.

Bei der Ausfüllung des Hauptgewölbes mit Metall wird man die Quadersteine so lang wie möglich machen (bis 3 m und mehr) und wie gewöhnlich die Quersfugen senkrecht zu einer mittlern Drucklinie legen. Nur diese Fugen werden mit Metall ausgegossen, die Längsfugen dagegen mit Cement oder aber mit einem Cementmörtel ausgestampft. Was das zu verwendende Metall betrifft, so wäre Zink zwar sehr zuverlässig, aber teuer. Blei verteilt in zu dünner Schicht den Druck zu wenig und wird in gewissen Fällen durch eine härtere Legierung zu ersetzen sein. Eine solche aus $\frac{2}{3}$ Blei und $\frac{1}{3}$ Zinn ist viel härter als Blei und gab sehr gute Resultate. Auch Clichémetall und Letternmetall wären geeignet, sind aber ebenfalls teuer.

Um Anhaltspunkte für Vergleichen zu haben, hat der Verfasser die Kosten für Brücken verschiedener Bauweise von 50 und 100 m Spannweite berechnet. Es wurde jeweils eine Strassenbrücke von 20 m und eine Eisenbahnbrücke von 8 m Breite berücksichtigt. Für Gelenkbrücken wurde ein Druck von 100 kg/cm² im Scheitel und am Fuss, für Brücken ohne Gelenke ein solcher von 40 kg/cm² zugelassen; in der Mitte der Schenkel durfte er nur $\frac{2}{3}$ dieses Betrages erreichen. Die Fugen wurden vorausgesetzt: 1. mit Metall ausgegossen, 2. mit Cement ausgefüllt, nach der früher erwähnten Methode mit Aufeinanderbewegen der Fugenflächen, wobei der gleiche Druck wie für Metallfugen zugelassen, die Kosten aber pro m² Fuge um 10 Frs. höher angesetzt wurden oder 3. ausgestampft mit Cementmörtel. Als Belastungen wurden die in Frankreich vom Staate vorgeschriebenen gewählt und die Entlastungsgewölbe in den Bogenwickeln samt ihren Pfeilern aus Ziegelsteinen angenommen. Die Entfernung der Pfeilermitten betrug 3,15 m beim Bogen von 50 m, 5 m bei demjenigen von 100 m. Die Stärke der Entlastungsgewölbe hatte man für Drücke von Wagenachsen von 11 t oder Lokomotivachsen von 14 t, die über einen Steifen von 2,25 m Breite verteilt angenommen wurden, bestimmt. — Bei 50 m Spannweite konnte die nämliche Pfeilhöhe für die Brücken mit und ohne Gelenke angenommen werden, nämlich 5 m für die Strassen- und 6 m für die Eisenbahnbrücken. Bei 100 m Spannweite wäre das nicht mehr möglich gewesen, weil der Einfachheit halber Gelenkbrücken mit getrennten Tragrippen unberücksichtigt blieben; die Pfeilhöhe der allein untersuchten Gelenkbrücken wurde zu 15 m gewählt. Endlich wurden noch die Kosten eiserner Brücken zum Vergleich beigezogen mit Annahme eines Grundpreises von 500 Fr. Für den Ueberbau, Fahrbahn, Geleise, Geländer u. s. w. wurden in allen Fällen die nämlichen Preise eingesetzt.

Wenn nun auch den Werten nachfolgender Tabelle keine absolute Genauigkeit und keine allgemeine Gültigkeit zukommen kann, da die Material- und Arbeitspreise von Land zu Land wechseln, so gestattet die Vergleichung doch, einige Schlüsse zu ziehen. Vor allem zeigt sich der günstige Einfluss der Verfüllung mit Blei; die so hergestellten Steinbrücken werden wesentlich billiger, selbst als die eisernen. Die nach dem Tourtay'schen Verfahren mit Cement gefüllten Fugen erhöhen den Preis ungefähr auf denjenigen von v. Leibbrands

Gelenkbrücken, von denen eine von 43,5 m auf 131 Fr., eine von 45 m auf 172,50 Fr. pro m² zu stehen kam, im Mittel also auf 151,75 Fr., was nicht weit von dem für die Brücke von 50 m gefundenen Preis von 144 Fr. abliegt.

Strassenbrücken					Eisenbahnbrücken				
Gewölbe in Mauerwerk				Eiserne Brü- cken	Gewölbe in Mauerwerk			Eiserne Brü- cken	
mit drei Gelenken			ohne Ge- lenke		mit drei Gelenken		ohne Ge- lenke		
Fugen mit Metall ausgegossen (Blei)	Fugen mit Cement ausgefüllt	Fugen mit Mörtel ausgefüllt			Fugen mit Metall ausgegossen (Blei)	Fugen mit Cement ausgefüllt			Fugen mit Mörtel ausgefüllt
1. Brücken von 50 m Spannweite.									
Vergleichswert der Ausgaben.									
1,0	1,42	1,76	2,77	1,57	1	1,33	1,38	1,64	1,39
Ausgabensummen in Franken.									
101 333	143 800	178 903	280 552	159 000	67 403	89 800	92 808	110 231	93 800
Ausgaben auf den m ² überdeckter Grundfläche.									
101	144	179	281	159	100	224	232	276	234
2. Brücken von 100 m Spannweite.									
Vergleichswert der Ausgaben.									
1,0	1,57	1,94	—	1,69	1	1,59	2,18	—	1,59
Ausgaben in Franken.									
365 409	573 000	707 944	—	817 000	219 941	349 900	479 608	—	349 900
Ausgaben auf den m ² überdeckter Grundfläche.									
183	287	354	—	309	275	439	600	—	439

1) Die abgerundeten Summen sind aus den Vergleichswerten rückwärts berechnet. Die Einzelposten, aus denen sich die gesamten Ausgaben zusammensetzen, können im Anhang zum erwähnten Aufsatz nachgesehen werden.

¹⁾ Die abgerundeten Summen sind aus den Vergleichswerten rückwärts berechnet. Die Einzelkosten, aus denen sich die gesamten Ausgaben zusammensetzen, können im Anhang zum erwähnten Aufsatz nachgesehen werden.

Von den weiteren Anwendungen der Metalleingüsse in Mauerwerksfugen, die der Verfasser bespricht, wollen wir nur diejenige zum Abdichten von Staumauern erwähnen. Man würde die Vorderfläche derselben aus möglichst grossen Hausteiplatten bilden, den Mörtel der Fugen auf die Tiefe von einigen cm auskratzen und sie darauf mit einem Metall ausgiessen, welches völlige Dichtung verbürgt.

Zum Schluss kann man die Vorteile des Vorschlags des Herrn Tavernier nach demselben wie folgt zusammenfassen:

Da der zulässige Druck im Mauerwerk sowohl von der Widerstandsfähigkeit des Steins als von derjenigen des Mörtels abhängt, welcher letztere immer die Punkte geringster Festigkeit bilden wird, die Verwendung von Metallfugen aber die Unterdrückung dieser schwachen Punkte erlaubt, so gestattet diese Bauart wesentliche Ersparnisse trotz der höheren Kosten des Metalls, wenn und weil man nur die Druckfugen mit demselben ausgiess und die Wölbsteine möglichst gross macht, wie die Durchrechnung der in der Tabelle zusammengestellten Beispiele ergeben hat. Neben der Ersparnis gewährt dieselbe Bauart grössere Zuverlässigkeit, da man keine unvollkommen ausgeführten Fugen zu befürchten hat, wie das bei der gewöhnlichen Bauweise der Fall. Die gleichzeitige Verwendung von Metallfugen und von Fuss- und Scheitelgelenken ermöglicht die Ausführung grosser gewölbter Brücken in Stein zu billigerem Preis, als in jeder andern Bauart in Stein und billiger selbst als in Eisen. Herr Tavernier hat allerdings die Eisenpreise etwas hoch angesetzt; aber selbst wenn wir die für die eisernen Brücken gefundenen Kosten auf $\frac{4}{5}$ verringern und dazu noch annehmen, es sei für die steinernen Brücken eher zu günstig gerechnet worden, so bleibt doch als Resultat der ganzen, rechnerisch jedenfalls sorgfältig durchgeführten Untersuchung die Thatsache bestehen, dass die steinernen Brücken bezgl. der Kosten auch bei grossen Spannweiten mit den eisernen konkurrenzfähig gemacht werden können, vorausgesetzt, dass die Annahmen, auf welchen die Rechnungen des Herrn Tavernier beruhen, sich in der Praxis bewähren; dies scheint uns durchaus nicht ausgeschlossen.