

Die Berechnung des durchlaufenden Brückengewölbes auf elastischen Pfeilern

Autor(en): **Strassner, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **71/72 (1918)**

Heft 13

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-34820>

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.

Die Berechnung des durchlaufenden Brückengewölbes auf elastischen Pfeilern.

Von Ingenieur A. Strassner, Frankfurt a. Main.

(Schluss von Seite 111.)

6. Das durchlaufende Gewölbe mit unendlich vielen gleichen Öffnungen.

Die einzelnen sich aneinander anreihenden Gewölbe sind gewöhnlich unter sich gleich, schon aus dem Grunde, weil die Pfeiler, sofern sie einigermaßen schlank sind, vor starker exzentrischer Beanspruchung zu bewahren sind. In andern Fällen werden, wenn die Gewölbe nicht genau unter sich gleich sind, diese nur wenig voneinander verschieden sein, sodass die folgenden Gleichungen dennoch anzuwenden sind.

Wenn sämtliche Öffnungen einander gleichen, so ist das Verhältnis k einer jeden Bogenkraft zur nächstfolgenden unveränderlich. Es ist in Gleichung (32) zu setzen

$$\lambda = \lambda_r = \lambda_{r-1}, \psi = \psi_r = \psi_{r-1}, k = k_r = k_{r-1}$$

sonit

$$k_r = \frac{\lambda \cdot (1 + \psi)}{\delta' + \lambda \cdot (1 + \psi)(1 - k) + \lambda \cdot (1 + \psi)}$$

$$= \frac{\lambda \cdot (1 + \psi)}{\delta' + 2\lambda \cdot (1 + \psi) - \lambda \cdot (1 + \psi)k}$$

Die Auflösung lautet

$$k = 1 - \frac{\delta'}{2\lambda \cdot (1 + \psi)} \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{4\lambda \cdot (1 + \psi)}{\delta'}} \right] \quad (41)$$

Im Uebrigen sind die geteilten Gleichungen massgebend.

7. Rechnungsbeispiel.

Wir bestimmen die Einflusslinien für die aus Abb. 10 ersichtliche Strassenbrücke über die Rhone bei Pyrimont¹⁾. Die Brücke hat drei Öffnungen. Spannweite einer Öffnung rd. 54 m; Pfeil 7,6 m.

Pfeiler ($h \sim 23$ m). Der Pfeilerquerschnitt ist rechteckig. Die Abmessungen sind: am Pfeilerkopf 2,6/3,5 m, am Pfeilerfuss 5,6/8,0 m. Somit betragen die Trägheitsmomente

$$\text{Pfeilerkopf } J_o = \frac{3,5 \cdot 2,6^3}{12} = 5,1 \text{ m}^4,$$

$$\text{Pfeilerfuss } J_u = \frac{8,0 \cdot 5,6^3}{12} = 117,1 \text{ m}^4.$$

Hierfür gibt Gleichung (13)

$$n = \frac{5,1}{117,1} = 0,0436$$

und Gleichung (14)

$$E\lambda = \frac{h^3 \cdot (1 + 3n)}{12 \cdot J_o} = \frac{23^3 \cdot (1 + 3 \cdot 0,0436)}{12 \cdot 5,1} = 224 \text{ m}^{-1}.$$

Nach Gleichung (16) wird

$$a = \frac{23}{2} \cdot \frac{1 + 0,0436}{1 + 2 \cdot 0,0436} = \sim 11,0 \text{ m}$$

Bögen. Es ist für das ausgeführte Beispiel

$$J_s = 0,130 \text{ m}^4, J_k = 0,172 \text{ m}^4, \cos \varphi_k = 0,83.$$

Somit nach Gleichung (22)

$$n = \frac{0,130}{0,172 \cdot 0,83} = \sim 0,9.$$

Unter Bezug auf die Seite 109 gegebene Tabelle erhält man durch Interpolieren (es ist $y_v : f = \sim 0,22$)

$$E\delta' = 0,0790 \cdot \frac{f^2 l}{J_s} = 0,0790 \cdot \frac{7,6^2 \cdot 54}{0,130} = \sim 1900 \text{ m}^{-1}$$

¹⁾ Vgl. Schweizerische Bauzeitung, Bd. L, S. 287 (7. Dez. 1907).

Punkt	1	2	3	2'	1'	
Scheitel	-0,50	-0,19	2,72	-0,19	-0,50	} Einflusslinie bei starren Kämpfern («Neuere Meth. . . .», S. 217, 218)
Kämpfer	-3,51	-1,02	2,12	3,08	1,56	
$\bar{H} \cdot \frac{f}{l} =$	0,0746	0,1894	0,2390	0,1894	0,0746	} («Neuere Meth. . . .», S. 216) $\left(\frac{f}{l} = \frac{7,6}{54,0} = \frac{1}{7,105}\right)$
$\bar{H} =$	0,530	1,346	1,698	1,346	0,530	
$\Delta H = -\bar{H} \cdot 0,135 =$	-0,072	-0,182	-0,229	-0,182	-0,072	(Belastung der Endöffnung)
$\Delta H = -\bar{H} \cdot 0,234 =$	-0,124	-0,315	-0,398	-0,315	-0,124	(Belastung der Mittelöffnung)
$\Delta S = \bar{H} \cdot 0,073 =$	0,039	0,098	0,124	0,098	0,039	(Belastung der Endöffnung)
$\Delta S = \bar{H} \cdot 0,060 =$	0,032	0,080	0,102	0,080	0,032	(Belastung der Mittelöffnung)
Endöffnung, links, belastet						
$\Delta H = -\bar{H} \cdot 0,135 =$	-0,072	-0,182	-0,229	-0,182	-0,072	(Endöffnung, links)
$\Delta H = (\bar{H} + \Delta H) \cdot 0,135 = \bar{H} \cdot 0,117 =$	0,062	0,157	0,198	0,157	0,062	(Mittelöffnung)
$\Delta H = (\bar{H} + \Delta H) \cdot 0,135 \cdot 0,153 = \bar{H} \cdot 0,018 =$	0,010	0,025	0,031	0,025	0,010	(Endöffnung, rechts)
$-\Delta H \cdot 2,30$	0,17	0,36	0,53	0,36	0,17	} Zusatzmoment im Scheitel ($y = 2,30 \text{ m}$)
	-0,14	-0,40	-0,46	-0,40	-0,14	
	-0,03	-0,06	-0,07	-0,06	-0,03	
$-\Delta H \cdot (-5,30)$	-0,38	-0,96	-1,21	-0,96	-0,38	} Zusatzmoment im Kämpfer ($y = -5,30 \text{ m}$)
	0,33	0,83	1,05	0,83	0,33	
	0,05	0,13	0,16	0,13	0,05	
Mittelöffnung belastet						
$\Delta H = -\bar{H} \cdot 0,234 =$	-0,124	-0,315	-0,398	-0,315	-0,124	(Mittelöffnung)
$\Delta H = (\bar{H} + \Delta H) \cdot 0,153 = \bar{H} \cdot 0,117 =$	0,062	0,158	0,199	0,158	0,062	(Endöffnungen)
$-\Delta H \cdot 2,30$	0,29	0,72	0,92	0,72	0,29	} Zusatzmoment im Scheitel ($y = 2,30 \text{ m}$)
	-0,14	-0,36	-0,46	-0,36	-0,14	
$-\Delta H \cdot (-5,30)$	-0,66	-1,67	-2,11	-1,67	-0,66	} Zusatzmoment im Kämpfer ($y = -5,30 \text{ m}$)
	0,33	0,84	1,05	0,84	0,33	

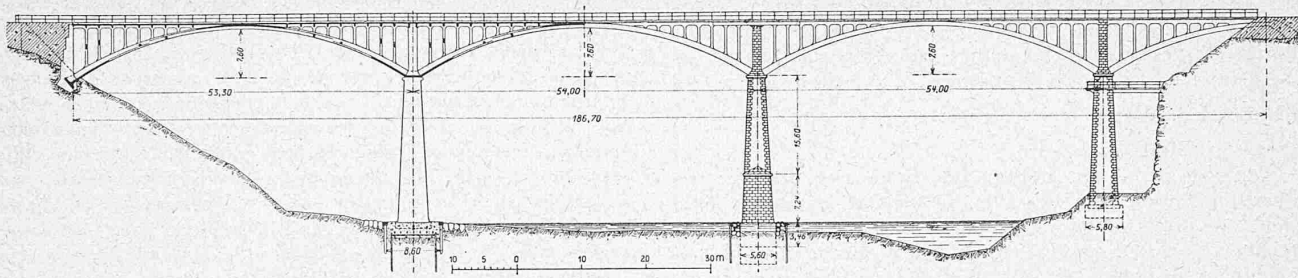


Abb. 10. Brücke über die Rhone bei Puyriont, unterhalb Bellegarde, erbaut 1906/1907. — Längsschnitt und Ansicht, etwa 1:1000.

Wir benutzen in folgendem den genauen Wert von $E\delta'$, der berechnet wurde zu¹⁾

$$E\delta' = 1790 \text{ m}^{-1}$$

Gleichung (23) gibt für die Lage der Bogenkraft ($y_v : f = 0,22$)

$$y_s = \frac{7,6}{90 \cdot (1 + 0,9)} [3 \cdot (16 \cdot 0,22 + 1) + 5 \cdot 0,9 \cdot (16 \cdot 0,22 + 5)] = \sim 2,3 \text{ m}$$

Nach Gleichung (24) folgt

$$E\beta = 54 \cdot \frac{5 + 3 \cdot 0,9}{48 \cdot 0,130} = 66,6 \text{ m}^{-3}$$

und nach Gleichung (25)

$$a = b = \frac{54}{12} \cdot \frac{5 + 3 \cdot 0,9}{1 + 0,9} = \sim 18,2 \text{ m}.$$

Einfluss der Verschiebung der Pfeilerköpfe.

Gemäss den Gleichungen (6) ist

$$\psi = \frac{s}{h-a}, \text{ wo } s = f - y_s = 7,6 - 2,3 = 5,3 \text{ m}$$

$$\psi = \frac{5,3}{23 - 11} = \sim 0,44.$$

Dieser Wert ist für beide Zwischenpfeiler gültig.

Nach den Gleichungen (29a) bis (30) folgt

$$k_{1,2} = \frac{224 \cdot 1,44}{1790 + 0 + 224 \cdot 1,44} = 0,153,$$

$$k_{2,3} = \frac{224 \cdot 1,44}{1790 + 224 \cdot 1,44 \cdot (1 - 0,153) + 224 \cdot 1,44} = 0,135,$$

$$k_{3,4} = \frac{224 \cdot 1,44}{1790 + 224 \cdot 1,44 \cdot (1 - 0,135) + 224 \cdot 1,44} = 0,135;$$

Gleichung (41) gibt ebenfalls

$$k = 1 - \frac{1790}{2 \cdot 224 \cdot 1,44} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 224 \cdot 1,44}{1790}} \right] = 0,135.$$

Mithin ist nach den Gleichungen (35) und (36): für die Belastung der Endöffnung, links

$$E\alpha = 0 + 224 \cdot 1,44 \cdot (1 - 0,135) = 279 \text{ m}^{-1},$$

$$\Delta H = -\bar{H} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1790}{279}} = -\bar{H} \cdot 0,135 \text{ (Endöffnung links),}$$

$$\Delta H = (\bar{H} + \Delta H) \cdot 0,135 \text{ (Mittelöffnung),}$$

$$\Delta H = (\bar{H} + \Delta H) \cdot 0,135 \cdot 0,153 \text{ (Endöffnung rechts);}$$

für die Belastung der Mittelöffnung

$$E\alpha = 224 \cdot 1,44 \cdot (1 - 0,153) + 224 \cdot 1,44 \cdot (1 - 0,153) = 547 \text{ m}^{-1},$$

$$\Delta H = -\bar{H} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1790}{547}} = -\bar{H} \cdot 0,234 \text{ (Mittelöffnung)}$$

$$\Delta H = (\bar{H} + \Delta H) \cdot 0,153 \text{ (Endöffnungen)}$$

Einfluss der Verdrehung der Pfeilerköpfe.

Es ergibt sich nach den Gleichungen (39) und (40) für die Belastung der Endöffnung, links

$$\Delta S_a = 0$$

$$\Delta S_b = -\bar{H} \cdot \frac{18,2}{54,0} \cdot 224 \cdot \frac{1790}{1790 + 279} \cdot \frac{1 - 0,135}{(23 - 11) \cdot 66,6} = -\bar{H} \cdot 0,073 \text{ (Endöffnung),}$$

$$\Delta S_a = \bar{H} \cdot 0,073, \quad \Delta S_b = 0 \text{ (Mittelöffnung);}$$

$$\Delta S_a = \bar{H} \cdot 0,073, \quad \Delta S_b = 0 \text{ (Mittelöffnung);}$$

¹⁾ S. Dr. Ing. Max Ritter, „Beiträge zur Theorie und Berechnung der vollwandigen Bogenträger ohne Scheitelgelenk“, Berlin 1909, Verlag von W. Ernst & Sohn, Seite 41.

für die Belastung der Mittelöffnung

$$\Delta S_a = -\bar{H} \cdot \frac{18,2}{54,0} \cdot 224 \cdot \frac{1790}{1790 + 547} \cdot \frac{1 - 0,153}{(23 - 11) \cdot 66,6} = -\bar{H} \cdot 0,060 \text{ (Mittelöffnung),}$$

$$\Delta S_b = -\bar{H} \cdot 0,060$$

$$\Delta S_b = \bar{H} \cdot 0,060 \text{ (Endöffnung links),}$$

$$\Delta S_a = \bar{H} \cdot 0,060 \text{ (Endöffnung rechts);}$$

für die Belastung der Endöffnung, rechts

$$\Delta S_a = -\bar{H} \cdot 0,073, \quad \Delta S_b = 0 \text{ (Endöffnung),}$$

$$\Delta S_b = \bar{H} \cdot 0,073, \quad \Delta S_a = 0 \text{ (Mittelöffnung).}$$

Zusatzmomente für die Pfeilerkopfverdrehung
Belastung der Endöffnung, links

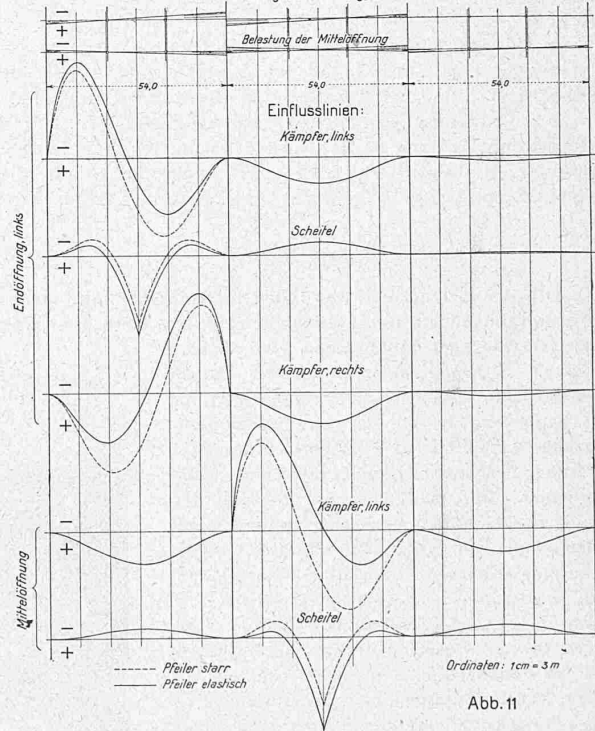


Abb. 11

Ermittlung der Einflusslinien.

Wir ermitteln die Einflusslinien für das Moment im Scheitel und in den Kämpfern der einzelnen Gewölbe. Für den Fall starrer Einspannung sind die Einflusslinien aus dem Werk des Verfassers „Neuere Methoden...“ ohne weiteres zu entnehmen; es gelten (für $y_v : f = 0,22$) die Tabellen Seite 217 und 218 — da $n = 0,9$ hat man zwischen den Werten in der ersten und zweiten Spalte von links zu interpolieren. Die nebenstehende Tabelle bzw. Abb. 11 (--- Linien) enthält das Ergebnis.

Die Werte von \bar{H} (Bogenkraft bei starren Kämpfern) gehen ebenfalls aus dem oben genannten Werk („Neuere Methoden...“) hervor (S. 216). Es ist mithin möglich, den Einfluss der Pfeilerelastizität unter Bezug auf die vorstehend ermittelten Beziehungen ohne weiteres zu bestimmen. Man erhält hierzu die Werte in der nebenstehenden Tabelle.

Zunächst wurden die Einflusslinien für den Fall starrer Einspannung festgelegt. Hierauf wurde die zugehörige Bogenkraft \bar{H} berechnet, zu welchem Zwecke die in dem Werk „Neuere Methoden...“ Seite 216 zu entnehmenden Werte $\bar{H} \cdot \frac{f}{l}$ mit $l:f = 54:7,6 = 7,105$ zu erweitern sind.

Jetzt ist unter Bezug auf Seite 125 festgesetzten Beziehungen die von der Pfeilerelastizität abhängige Kraft ΔH für die Endöffnungen und die Mittelöffnung zu berechnen. Dann folgen, ebenfalls unter Bezug auf die hergeleiteten Beziehungen, die Werte von ΔS , wodurch die Zusatzmomente für die Pfeilerkopfverdrehung festliegen (s. Abb. 11, oben).

Um die Zusatzmomente für die Verschiebung der Pfeilerköpfe zu bestimmen, benutzt man die Formeln Seite 125 (die Zusatzbogenkräfte bei einer bestimmten Belastung müssen sich in ihrer Gesamtheit aufheben!) und vervielfältigt die hiernach erhaltenen Kräfte für die Pfeilerelastizität unter Umkehren des Vorzeichens gemäss der Gleichung (37) mit dem Hebelarm $y = 2,30 m$ für das Scheitelmoment und $y = -5,30 m$ für das Kämpfermoment. Die sich ergebenden Werte sind aus der Tabelle ersichtlich.

Es ist nunmehr leicht, die Einflusslinien mit Rücksicht auf die Pfeilerelastizität festzulegen (s. Abb. 11). Die gestrichelt dargestellten Einflusslinien sind solche für den Fall fester Einspannung; berücksichtigt man die Zusatzmomente, so werden die ausgezogenen Einflusslinien erhalten, welche die Pfeilerelastizität berücksichtigen.

Man sieht, dass der Einfluss der Pfeilerelastizität wohl ins Gewicht fällt, und — wie zu erwarten ist — bei den Einflusslinien für die Mittelöffnung besonders hervortritt.

Zum Schlusse sei noch darauf hingewiesen, dass im vorliegenden Fall die Pfeiler im Verhältnis zu den leichten Rippenbögen besonders starr sind, und daher auf sehr scharfe, zuverlässige Ergebnisse geschlossen werden kann.

Miscellanea.

Die Uebertragung des Geschützdonners auf grosse Entfernungen bildete im Laufe der letzten drei Jahre den Gegenstand verschiedener Mitteilungen von Maurice Collignon, G. Bigourdan u. a. vor der Pariser Akademie der Wissenschaften. Bigourdan hat sich hauptsächlich mit der oft beobachteten Tatsache beschäftigt, dass in einer bestimmten Entfernung der Geschützdonner nicht mehr wahrgenommen wird, während er in grösserer Entfernung wieder hörbar ist. Ueber entsprechende Feststellungen von Prof. Van Everdingen, von der meteorologischen Zentralanstalt in Utrecht, während der Beschiessung von Antwerpen hat z. B. A. Goupil in „Génie Civil“ vom 17. Juni 1915 berichtet. So war in den Tagen vom 7. bis 9. Oktober 1914 der Kanonendonner in einem Umkreis von 85 km Radius wahrnehmbar, dann wieder von etwa 145 km Entfernung an, in einer dazwischenliegenden, etwa 60 km breiten, ringförmigen Zone (akustische Schattenzone) hingegen nicht. Was die Hörweite an sich anbetrifft, so beträgt sie über 250 km. Von M. Collignon wurde in dreijährigen Versuchen in Louviers (Eure), in 25 m Höhe ü. M. und 130 km Entfernung von Lassigny, bezw. 180 km von Arras und St. Quentin, insbesondere sowohl eine tägliche wie eine jährliche Periodizität in der Hörbarkeit des Geschützdonners beobachtet. So war, wie wir einer kurzen Notiz in „Génie Civil“ entnehmen, jeweilen von Mai bis September der Donner wahrnehmbar, in den übrigen Monaten hingegen fast nicht. Dass er nachts besser hörbar ist, als während der Tageszeit, ist eine bekannte Tatsache.

Basler Münster-Photographien-Werk. Auf Veranlassung von Dr. Jules Coulin und mit Unterstützung der Basler Heimatschutz-Vereinigung ist ein gross angelegtes Werk von 500 photographi-

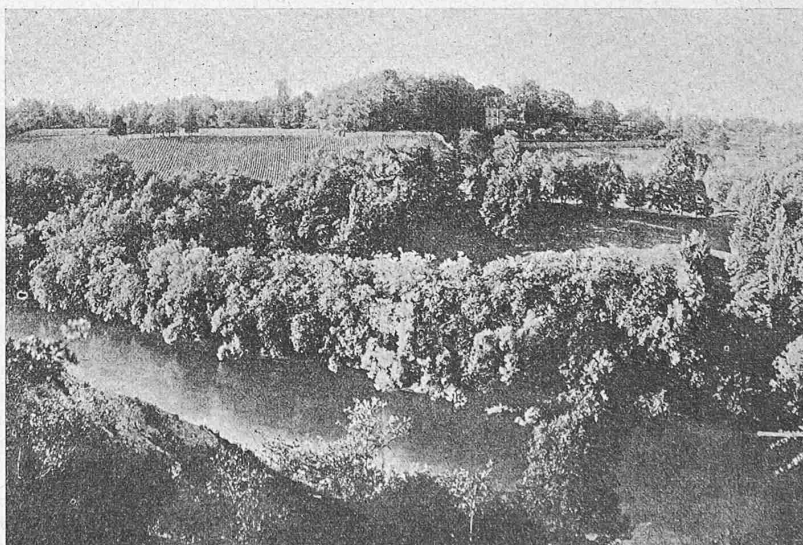
schen Aufnahmen zustande gekommen. Die Bilder betreffen Stein- und Holzplastik, Architekturdetails, Fresken, Epitaphien u. a. m. von der Basler Kathedrale. Von z. T. schwer zugänglichen Standpunkten aus durch Photograph Bernh. Wolf mit besonderem künstlerischem und technischem Geschick aufgenommen, erschliessen diese Aufnahmen eine Fülle neuer Schönheiten und humorvoller Einzelheiten dieses reichgeschmückten gotischen Bauwerks. Wir beabsichtigen, näher auf dieses Bilderwerk zurückzukommen und wollen für heute nur mitteilen, dass z. Zt. ein grosser Teil dieser Photographien in der öffentlichen Bibliothek in Basel besichtigt werden kann. Die Ausstellung dauert bis und mit Sonntag den 6. Oktober und ist geöffnet täglich von 2 bis 5 Uhr, Sonntags von 10 bis 12 und von 2 bis 4 Uhr.

Westinghouse-Elektrostahlöfen. Ein neuer Elektrostahlöfen, nach dem Widerstandsprinzip, wird in der „Westinghouse Electric and Manufacturing Co.“ gebaut. Das wichtigste Merkmal der neuen Bauart besteht nach „Génie Civil“ darin, dass als Heizwiderstand Siliciumcarbid zur Anwendung kommt, ein infolge seines negativen Temperatur-Koeffizienten und seines sehr hohen Zersetzungspunktes für diesen Zweck sehr wertvolles Material. „Iron Age“ vom 27. Juni bringt eine Beschreibung zweier im Jahre 1916 erstellter Versuchsöfen, sowie des endgültigen Ofentyps, unter Hinweis auf dessen Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile.

Eine einfache Muffendichtung für Rohrleitungen aus Eisenbeton führt die Lock Joint Pipe Co. in NewYork aus. Die zu verbindenden Rohrenden sind je mit einem, einen Bestandteil der Armierung bildenden gusseisernen Ring versehen, von denen der eine in gewohnter Weise über den andern greift. Als Dichtung wird zwischen beide Ringe ein besonders geformtes, mit einer plastischen Masse gefülltes Bleirohr gelegt, das beim Einschleiben des einen Rohrs in die Muffe des andern zusammengedrückt wird und eine hermetische Dichtung bilden soll.

Zum Wettbewerb für eine Reussbrücke bei Gisikon. Im Anschluss an unsere zusammenfassende Wiedergabe verschiedener Beschwerden hatte Prof. A. Rohn eine Besprechung unter den Beteiligten angeregt. Diese hat am letzten Samstag in Anwesenheit von Vertretern der Behörde, der Jury und zahlreicher Bewerber stattgefunden. Wir werden in nächster Nummer über den befriedigenden Verlauf dieser Diskussions-Versammlung berichten.

Der Verein deutscher Ingenieure hat seine diesjährige Generalversammlung auf den 1. u. 2. Dezember, in Berlin festgesetzt.



Das Gelände für die Arbeiter-Kolonie von Piccard, Pictet & Cie., Genf (vergl. Seite 127).

Konkurrenzen.

Bezirkspital in Aarberg. Zur Erlangung von Plänen zu einem chirurgischen Krankenhaus und zwei kleineren Nebengebäuden für den Bezirkspital Aarberg ist im April dieses Jahres unter acht Architekturfirmen im Kanton Bern ein Wettbewerb eröffnet worden. Das fünfgliedrige Preisgericht, in dem die Architekten M. Hofmann (Bern), Henri Meyer (Lausanne) und Emil Usteri (Zürich) sassen,