

# Zur Frage der zulässigen Spannungen in Beton-Brückengewölben

Autor(en): **Lusser, A.O.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **73/74 (1919)**

Heft 18

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-35617>

## **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.

INHALT: Zur Frage der zulässigen Spannungen in Beton-Brückengewölben. — Wettbewerb für eine Gartenstadt der Firma Piccard, Pictet & Cie. in Aïre bei Genf. — Vom Quecksilberdampf-Gleichrichter. — Miscellanea: Schweizer Mustermesse. Institution of Mechanical Engineers. Eine Kraftübertragungs-Leitung mit ungewöhnlichen Mast-Abständen. Schnellaufende Schraubenturbinen und deren wirtschaft-

licher Vergleich mit Francisturbinen. Aquarell-Ausstellung. Engineering Management. — Konkurrenzen: Dekorativer Schmuck für den Museum-Neubau in St. Gallen. Gebäude der Schweizer Mustermesse in Basel. — Nekrologie: W. Oechsl. H. Reese. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. St. Gallischer Ingenieur- und Architekten-Verein.

Band 73.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 18.

## Zur Frage der zulässigen Spannungen in Beton-Brückengewölben.

Von Obering. A. O. Lusser in Fa. A. G. Alb. Buss & Cie. Basel.

Seit Einführung des Betons und Eisenbetons in den Massiv-Brückenbau ist der Frage der zulässigen Spannungen vermehrte Aufmerksamkeit gewidmet worden. Im Gegensatz zu den Steinbrücken, deren Baustoffe fertig in der Natur vorliegen, handelt es sich hier um ein Material, das auf künstlichem Wege erst auf der Baustelle hergestellt werden muss. Diese Konstruktionen sind daher hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Festigkeit erheblich grösseren Schwankungen unterworfen als Gewölbe aus Natursteinen. Dazu tritt beim Eisenbeton noch eine weitere Komplikation durch die Verwendung zweier Materialien von verschiedener Elastizität, deren Beteiligungsverhältnis an der Aufnahme der auftretenden Spannungen ein unsicheres und mit dem Spannungszustand wechselndes ist.

Zwar ist auch bei den Steinbrücken ein künstlich hergestelltes Zwischenglied in der Form des Mörtels vorhanden. Allein die Festigkeit solcher Gewölbe ist nur in beschränkter Masse eine Funktion der Mörtelfestigkeit. Ein Gewölbe aus Sandstein- oder Kalksteinquadern z. B. hat bekanntlich eine grössere Druckfestigkeit als die Würfel-Festigkeit des verwendeten Mörtels. (Versuche mit Mauerwerkskörpern von Ebermayer, Leibbrand, Rheinhardt, Schüle, Tourtay.) Allfällige Mängel in der Mörtelfestigkeit werden daher zum Teil wieder durch die höhere Qualität der Bausteine ausgeglichen, während bei Betongewölben ohne Eiseneinlagen die Qualität des verarbeiteten Betons allein massgebend bleibt.

Der neue Baustoff kommt bei grösseren Gewölben entweder als homogene Masse in Form von Stampf-, Schütt- oder Gussbeton, mit und ohne Eiseneinlagen, oder dann in Form von Betonblöcken zur Anwendung. Letztgenannte Bauart ist eine Wiederaufnahme des traditionellen Gewölbebaues mit neuen Mitteln.

Während nun die zulässigen Spannungen bei Eisenbetongewölben durch die neueren Vorschriften festgelegt und daher einstweilen nicht zur Diskussion stehen, sind bei nicht armierten Betongewölben mangels solcher Vorschriften auseinandergehende Meinungen vorhanden.<sup>1)</sup> Diese Wahrnehmung konnte neuerdings anlässlich des Wettbewerbes für die Reussbrücke in Gisikon gemacht werden. In den Bemerkungen der Bewerber zum Urteil des Preisgerichtes gelangte dort u. a. die Meinung zum Ausdruck, dass für Stampfbetonbögen ohne Eiseneinlagen die gleichen Spannungen zulässig seien wie für armierte Bögen, gleiches Mischungsverhältnis von 300 kg Portland-Zement auf den m<sup>3</sup> Beton vorausgesetzt. Diese Ansicht scheint auch bei den zuständigen Behörden Anhänger zu besitzen.<sup>2)</sup> In der Konferenz vom 21. September in Zürich wurden auch gegenteilige Anschauungen vertreten. Zur weiteren Abklärung wünschte die Redaktion der „Schweiz. Bauzeitung“ eine wissenschaftliche Diskussion dieser Frage<sup>3)</sup>, welcher Anregung der Verfasser hiermit nachzukommen versucht. Eine Aussprache dürfte auch im Hinblick auf die auszuarbeitenden Normen für Bauwerke aus Beton ohne Eiseneinlagen am Platze sein.

<sup>1)</sup> Vorschriften über Betonbauten ohne Eiseneinlagen bestehen in Oesterreich seit 1911, in Deutschland seit 1916. Eine baldige Aufstellung von solchen auch bei uns in der Schweiz ist bei der wachsenden Bedeutung der einheimischen Baustoffe Kies, Sand und Zement dringend zu wünschen.

<sup>2)</sup> Vergl. Band LXXII, Seite 99, Abschnitt C, Ziffer 1, vom 14. September 1918.

<sup>3)</sup> Band LXXII, Seite 149 (12. Oktober 1918).

Die in Fachkreisen vorhandenen Unsicherheiten in betreff der zulässigen Spannungen in Betongewölben lassen sich in folgende zwei Fragen zusammenfassen:

I. Darf ein Gewölbe ohne Eiseneinlagen gleich hoch auf Druck beansprucht werden wie ein Eisenbetongewölbe, gleiche Betonqualität vorausgesetzt?

II. Wenn ein Unterschied in den zulässigen Spannungen gemacht werden muss, wie verhält es sich dann mit jenen Gewölben, die zwar eine Armierung erhalten, jedoch nicht als „Eisenbeton“ im Sinne der Vorschriften berechnet werden dürfen?

Wir gehen zunächst von unsern bestehenden schweiz. Vorschriften für Eisenbeton als etwas Gegebenem aus. Die Anwendung der zulässigen Spannungen ist daselbst an die Erfüllung bestimmter technischer und konstruktiver Bedingungen geknüpft. Für den Gewölbebau interessieren uns hier die folgenden:

1. „Nur Säulen und Druckglieder mit Längsarmierungen von mindestens 0,6 % ihres kleinsten Querschnittes dürfen als armiert betrachtet und berechnet werden“ (Art. 3, Absatz 1).

2. „Voraussetzung für das Mitwirken von Längseisen auf Druck ist das Vorhandensein von Bügeln oder Querarmierungen, deren Abstand nicht grösser als der 20-fache Durchmesser der dünnsten Armierungstangen und auch nicht grösser als die kleinste Breite des Querschnittes sein darf.“ (Art. 3, Absatz b).

3. Mischungsverhältnis: 300 kg Portland-Zement auf 1 m<sup>3</sup> Beton (Art. 8, Absatz 1).

4. Würfel-Druckfestigkeit des Betons mindestens 200 kg/cm<sup>2</sup> nach 28 Tagen (Art. 8, Absatz 3).

Druckglieder, die diesen Bedingungen entsprechen, dürfen wie folgt beansprucht werden:

- a) Zentrischer Druck 30 kg/cm<sup>2</sup>
- b) exzentrischer Druck 40 „
- c) Zuschlag für Bogentragwerke 0,15 l.

Diese Bestimmungen sind nicht aus rein theoretischen Ueberlegungen hervorgegangen, sondern gründen sich auf zahlreiche Versuche, deren wichtigste Ergebnisse wohl im allgemeinen als bekannt vorausgesetzt werden dürfen.

Eine zuverlässige Antwort auf die vorliegenden Fragen ist ebenfalls aus den Versuchen abzuleiten.

Nun scheinen aber gerade einige Schlussfolgerungen aus den bisherigen Versuchen Anlass zu der Meinung von der Zulässigkeit gleicher Betondruckspannungen in armierten und nicht armierten Gewölbequerschnitten gegeben zu haben. Die Beobachtung, dass bei Druckgliedern vor allem die Betonqualität massgebend und der Einfluss der Längsarmierung demgegenüber ein verschwindend geringer ist, konnte manchen Konstrukteur veranlassen, auf die teure Eiseneinlage in Gewölben überhaupt zu verzichten und dafür lieber den Zementgehalt zu erhöhen. Dabei wird aber der Wirkung der Querarmierung keine Rechnung getragen und ausserdem der Unterschied zwischen jenen Versuchen und den Spannungszuständen in Gewölben zu wenig beachtet. Gelegentlich erhält man auch den Eindruck, dass gewisse Begriffe der Festigkeitslehre nicht genügend scharf auseinandergelassen werden, wie reine Druckfestigkeit und Biegungs-Druckfestigkeit, Würfel-Druckfestigkeit und Prismen-Druckfestigkeit, ferner die Beziehungen zwischen zulässiger Spannung, Sicherheitsgrad, Bruchfestigkeit und Bruchlast. Es ist deshalb vielleicht nicht überflüssig, diese Verhältnisse hier etwas deutlicher hervortreten zu lassen.

Direkte Versuche mit *Betongewölben* über den Einfluss der Armierung stehen uns leider nicht zur Verfügung.<sup>1)</sup> Die bisher veröffentlichten Versuche mit Druckgliedern beziehen sich auf *Säulen*, deren Belastungsart meistens eine *zentrische* war. Es handelte sich also um reine Druckfestigkeit, d. h. um Normalspannungen. Die Versuche sind somit wesentlich auf die Bedürfnisse des Hochbaues zugeschnitten. Beim Gewölbebau haben wir es aber vorwiegend mit zusammengesetzter Festigkeit, also mit Randspannungen aus reinem Druck plus Biegedruck zu tun. Die Belastungsart ist eine *exzentrische*. Diese entsteht nicht nur unter dem Einfluss der beweglichen Verkehrslasten, sondern auch schon aus dem Eigengewicht, einmal infolge der meist konzentrierten Lastübertragung durch Säulen und Querwände, sodann auch bei grossen gelenklosen Gewölben infolge der Zusatzkraft durch elastische Zusammendrückung der Bogenaxe beim Ausrüsten. Ausserdem rufen Temperatur-Einflüsse und Schwinden exzentrische Druckkräfte hervor.

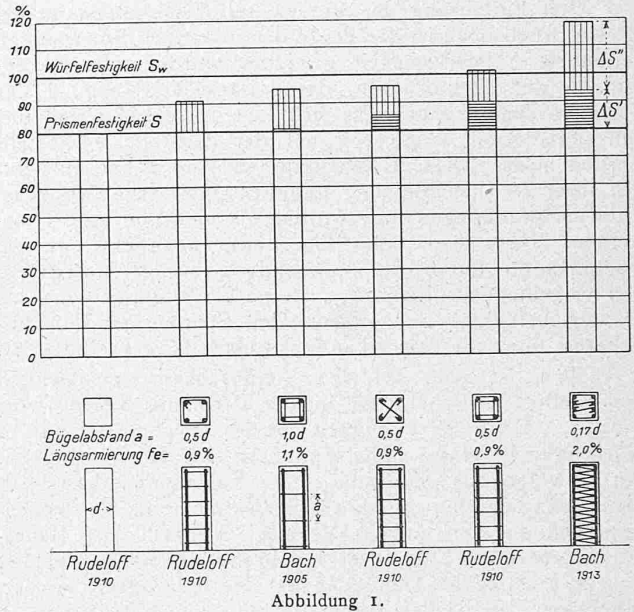
Man muss also bei der Uebertragung von Ergebnissen aus Säulenversuchen auf den Gewölbebau vorsichtig sein und vor allem exzentrische Druckversuche berücksichtigen.

Die Vorschrift eines Mindestmasses der Längs- und Querarmierung von Druckgliedern verfolgt einerseits den Zweck, das Mitarbeiten der Eisenstangen auf Druck zu gewährleisten und deren Ausknicken zu verhindern. *Andererseits aber soll dadurch auch die Würfelfestigkeit des Betons sichergestellt werden.* Für uns ist hier nur diese letztgenannte Zweckbestimmung von Bedeutung.

Die Würfelfestigkeit ist eine besondere Form der reinen Druckfestigkeit. Sie ist ein Laboratoriumswert und wird ermittelt an würfelförmigen Versuchskörpern von etwa 15 bis 30 cm Kantenlänge durch deren zentrische Belastung bis zum Bruch. Die „Druckfestigkeit“ schlechthin hängt nicht nur von der Qualität des Materials ab, sondern auch von der Form und Grösse der Versuchskörper<sup>2)</sup>, ferner von der Belastungsart, ob zentrischer oder exzentrischer Druck oder Druck aus reiner Biegung. Ein prismatischer Körper ergibt beim Bruchversuch eine andere Festigkeit als ein Würfel aus dem gleichen Material. Bei mehr oder weniger plattenförmigen Körpern ist die Druckfestigkeit grösser als die Würfelfestigkeit (Auflagerquader von Brücken, wo zudem die Grösse der Lastübertragungsfläche eine Rolle spielt, Fugenmörtel zwischen Quadern, usw.). Sie ist umgekehrt kleiner als die Würfelfestigkeit bei stabförmigen Körpern (Pfeilern, Säulen, Rahmen, Bogen). Die Unterschiede sind ziemlich bedeutend; nach Versuchen Bachs 10 bis 20 % Abnahme bei Prismen und bis 40 % Zunahme bei Platten<sup>3)</sup>.

Die Abnahme der Druckfestigkeit bei wachsender Höhe hängt mit der Bildung schräger Bruchflächen infolge Zerstörung der Prismen durch die Scherkräfte zusammen. Die Druckfestigkeit der auf zentrischen Druck beanspruchten Bauglieder aus nicht armiertem Beton ist also wegen ihrer prismatischen Form in vielen Fällen kleiner als die der zulässigen Spannung zugrunde liegende Würfelfestigkeit. Durch die Eiseneinlage, namentlich durch die Querarmierung hat man es jedoch in der Hand, die Prismenfestigkeit auf die Würfelfestigkeit und darüber zu erhöhen; Abbildung 1 veranschaulicht die bezüglichen Ergebnisse aus einer Anzahl neuerer Versuche. Aus dieser Tatsache allein geht schon das Irrtümliche der Annahme gleich

hoher zulässiger Spannungen bei armierten und bei nicht armierten Gewölben hervor. *Die Armierung ist eben nicht nur der Zugspannungen wegen da, wie oft geglaubt wird, sondern sie erhöht gleichzeitig die Druckfestigkeit des Betons.* Diese Aufgabe fällt namentlich den Bügeln und Spiralen zu, die der Querdehnung des Betons Widerstand entgegenzusetzen und damit die Bildung schräger Bruchflächen verhindern. Die Erhöhung der Druckfestigkeit wird gering sein, wenn nur das vorgeschriebene Minimum an Bügeln verwendet wird, ein Fall, wie er namentlich im Gewölbebau die Regel bildet. Im Gegensatz zu den dünngliedrigen



Säulen des Hochbaues liegt bei Brückengewölben meist keine Notwendigkeit vor, die Betondruckfestigkeit im Interesse möglichst geringer Abmessungen stark zu erhöhen. Infolgedessen wird man sich bei Gewölben, die als Eisenbeton gelten sollen, mit einer Armierung begnügen, die den Vorschriften gerade noch entspricht. Eine Ausnahme machen nur die kleineren Gewölbe und die Bogentragwerke mit aufgelöstem Querschnitt (Bogenrippen und Bogen in Plattenbalkenform), wo manchmal wie bei den Säulen als Querarmierung eine spiralförmige Umschnürung verwendet wird. Hier ist die Zunahme an Druckfestigkeit eine ganz bedeutende, nach Versuchen 100 bis 300 %, je nach Querarmierung und Betonqualität<sup>1)</sup>. Bei Eisenbetongewölben kann durch eine vorschriftsmässige Armierung wenigstens die Würfelfestigkeit des Betons erreicht werden, was gegenüber dem nicht armierten Gewölbe immerhin einem Festigkeitszuwachs von 10 bis 20 % entspricht.

Die zulässige Spannung ist demnach ein relativer Begriff, der nur durch die Beziehung auf die *wirklich vorhandene Bruchfestigkeit* seinen absoluten Wert erhält<sup>2)</sup>. Diese Beziehung wird durch den Sicherheitsgrad ausgedrückt. Bei Bauwerken aus Beton bedeutet der Sicherheitsgrad das Verhältnis zwischen der zulässigen Spannung und der als Würfelfestigkeit genommenen Bruchfestigkeit des Betons.

Die erste Frage ist somit allgemein dahin zu beantworten, dass bei gleicher Betonqualität und gleichem Sicherheitsgrad die zulässige Spannung eines nicht armierten Druckkörpers im Verhältnis von Prismen- zu Würfelfestigkeit, d. h. um etwa 10 bis 20 % gegenüber dem Eisenbetonkörper ermässigt werden sollte.

Viel bedeutender als bei den zentrisch belasteten Druckgliedern erweist sich der Einfluss einer Eiseneinlage bei den Versuchen auf *exzentrischen Druck*. Hier ist die Bruchlast — und damit Sicherheitsgrad und zulässige

<sup>1)</sup> Vergl. die zentrischen Druckversuche mit Spiralarmierung von Considère, Bach, Rudeloff, Mörsch u. a.

<sup>2)</sup> Vergl. E. Wiesmann, am angeführten Ort.

<sup>1)</sup> Die Versuche des Oest. Gewölbeausschusses können wegen Ungleichheit der Querschnitte hier keinen Aufschluss geben; das untersuchte Stampfbetongewölbe besass 70 cm, das Moniergewölbe nur 35 cm Scheitelstärke. Vergl. den Originalbericht: Zeitschrift d. Oest. Ing.- und Arch.-Vereins 1895, auch als Sonderdruck.

<sup>2)</sup> Die „Druckfestigkeit“ ist eine Funktion der Einspannung; vergl. E. Wiesmann über „Gebirgs- und Gesteinsfestigkeit“ in Bd. LIII, S. 163 (27. März 1909), ferner in Bd. LX, S. 89 (17. August 1912). Red.

<sup>3)</sup> Vergl. C. von Bach: Druckversuche mit Eisenbetonkörpern 1905, Heft 29 der „Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiet des Ingenieurwesens“, und besonders die neuen Versuche Bachs von 1913 zur Ermittlung der Druckfestigkeit von unbewehrten Betonsäulen verschiedener Höhe, mitgeteilt in „Deutsche Bauzeitung“ 1914, Zement-Beilage, Nr. 5.

Spannung — bei gleicher Bruchfestigkeit des Materials abhängig von der Grösse der Druckspannungsfläche (siehe Spannungsdiagramm Abbildung 2). Eine Eiseneinlage, auch wenn sie sehr gering ist und in keiner Weise den Vorschriften entspricht, vermindert den Verlust an Druckspannungsfläche infolge des Widerstandes, den die Armierung dem Durchreißen des Querschnittes entgegensetzt. Dies führt auf die Beantwortung der zweiten Frage, die für den Brückenbau deshalb von praktischer Bedeutung ist, weil in neuerer Zeit fast alle grossen Betongewölbe mit sehr geringer Eiseneinlage ausgeführt werden.

der angreifenden Normalkraft schwankt zwischen den Grenzen  $e = 0$  und  $e = 1/6 d$ . Gerade in solchen Fällen, wo das Eisen gar nicht mehr in seiner Hauptfunktion als Zugorgan zur Wirkung kommt, ist es notwendig, sich über die wirtschaftliche Berechtigung der Armierung ein klares Bild zu machen<sup>1)</sup>. Die Eiseneinlage wird dann gewöhnlich als ein Sicherheitsfaktor gegen Rissbildung gerechtfertigt. Das Auftreten von Rissen kann durch verschiedene Einflüsse, die sich der Rechnung entziehen, verursacht werden, so durch ungleichmässiges Setzen der Widerlager, Deformationen des Lehrgerüsts usw. Die Drucklinie

Zur Frage der zulässigen Spannungen in Beton-Brückengewölben.

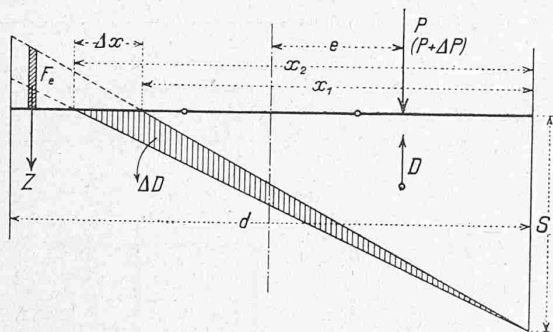


Abbildung 2.

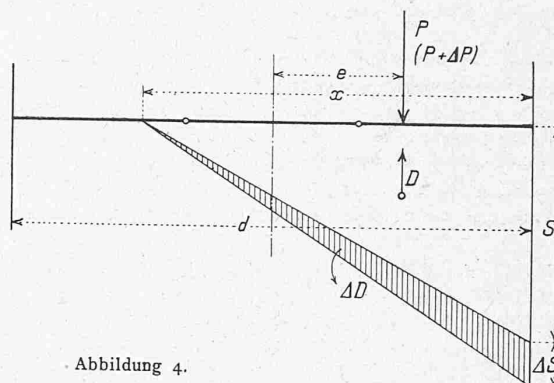


Abbildung 4.

Nach dem Wortlaut der Vorschriften sind Druckglieder — und infolgedessen auch Gewölbe — mit weniger als 0,6% als nicht armiert anzusehen. In Wirklichkeit bilden solche Konstruktionen eine Mittelstellung zwischen Eisenbeton- und reinen Betongewölben. Nur die ältern, sogen. „Moniergewölbe“ aus den Jahren 1890 bis 1910 mit Spannweiten bis etwa 50 m weisen eine grössere, durch die auftretenden Zugspannungen bedingte Längsarmierung auf. (Wildeg, Grosshallenstein, Weidhofen, Ollersdorf, St. Lucia mit Spannweiten von 40 bis 55 m und Armierungen zwischen 0,5 und 1%; s. Empergers Handbuch für Eisenbetonbau, 2. Aufl. Bd. 6. Bogenbrücken von Gesteschi). Bei den grossen Gewölbebauten der letzten Jahre beträgt die Armierung meist nur 0,1 bis 0,3%, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

Baujahr	Objekt	Spannweite m	Scheitelstärke m	Armierg. in % v. $F_s$
1904	Isaarbrücke Grünwald	70	0,80	0,17
1908	Gmündertobelbr. Teufen	79	1,20	0,22
1912	Aarebrücke Trimbach	82	1,20	0,20
1913	Halenbrücke Bern	87	1,15	0,10
1915	Skuru-Brücke Stockholm	72	1,05	0,10
1918	Gisikon I. Preis	64	1,05	0,06
"	" II. "	62	0,75	0,22

Auch die Querbewehrung ist in der Regel so unbedeutend, dass von einer Erhöhung der Betondruckfestigkeit durch die Armierung hier nicht mehr gesprochen werden kann.

Die Versuche mit exzentrisch belasteten Druckgliedern sind leider noch nicht so zahlreich und umfassend, wie es im Interesse des Gewölbebaues zu wünschen wäre. Namentlich fehlen Versuchsreihen für ganz niedere Armierungen zwischen 0,1 und 0,4%. Oder dann sind die untersuchten Exzentrizitäten meist zu hoch gewählt, nämlich derart, dass die Biegungsspannungen vorherrschen ( $e > 1/6 d$ ). Bei grossen Gewölben überwiegen aber die normalen Druckspannungen aus dem Eigengewicht alle übrigen Einflüsse erheblich. Sofern die Gewölbe eine statisch zweckmässige Form erhalten hat, werden daher Zugspannungen rechnerisch überhaupt nicht auftreten. Das Gewölbe ist dann lediglich auf exzentrischen Druck mit dem untern Grenzwert  $\sigma_d = 0$  beansprucht. Die Drucklinie verläuft für alle Belastungsfälle innerhalb des Kerns. Die Exzentrizität

weicht dann von der berechneten Form ab, was mehr oder weniger grosse Zugspannungen zur Folge haben kann. Da die Versuche auch bei sehr niedriger Armierung eine erhebliche Zunahme der Rissbildungslasten nachweisen, so ergibt sich schon hieraus eine Vorzugstellung des Gewölbes mit Eiseneinlage gegenüber dem reinen Betongewölbe.

Man kann nun allerdings einwenden, dass ein Gewölbe durch Rissbildung, also durch Ueberschreiten der Zugfestigkeit des Betons nicht zum Einsturz kommen wird. Die Zerstörung erfolgt durch Ueberwindung der Druckfestigkeit und diese ist in beiden Fällen offenbar gleich gross<sup>2)</sup>. Hierauf ist zu antworten, dass wohl die Druckfestigkeit des Betons die gleiche ist, nicht aber die auf Druck arbeitende Querschnittfläche. Näheren Aufschluss über diese Verhältnisse geben uns vor allem die Versuche Bachs und Grafs von 1913<sup>3)</sup>. Die Versuchskörper hatten Armierungen von 0, 0,5, 1 und 2%; die Exzentrizitäten betragen 0, 25, 37<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, 50, 75 und 125% der Querschnittstärke. Die Reihen mit 1 und 2% fallen hier wegen der verhältnismässig starken Armierung in Verbindung mit enger Bügel- oder Spiralumschnürung ausser Betracht. Dagegen interessieren uns die Körper mit 0,5% Eiseneinlage, weil sie den Verhältnissen beim Gewölbebau am nächsten kommen. Die Armierung bestand aus 4  $\Phi$  16 mm, einseitig angeordnet, ohne Bügel; es handelt sich also keineswegs um „armierten Beton“ im Sinne der Vorschriften.

<sup>1)</sup> Gewölbe mit kleinen und mittlern Spannweiten werden wohl Zugspannungen aufweisen, interessieren uns jedoch hier nicht, da die Armierung dann meist gleich oder höher als das vorgeschriebene Minimum sein wird; Nebengewölbe der Halenbrücke z. B. 1,4% bei 21 m Lichtweite.

<sup>2)</sup> Die schon erwähnten Versuche des Oester. Gewölbeausschusses haben ergeben, dass sich das Gewölbe nach Ueberwindung der Zugfestigkeit auf den Widerstand gegen Druck versteift, sodass z. B. die Bruchlast eines Betongewölbes auch ohne Eiseneinlage etwa 30% grösser ist als die Rissbildungslast; vergl. die von Brik gezogenen Schlussfolgerungen im Originalbericht. Diese Beobachtung ist auch durch die neueren exzentrischen Druckversuche mit Säulen bestätigt worden. Der Bruch erfolgt hier innerhalb Exzentrizitäten von  $e \leq 0,5 d$  ebenfalls durch Ueberschreiten der Druckfestigkeit.

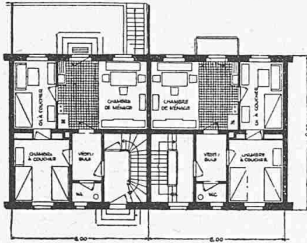
<sup>3)</sup> „Versuche mit bewehrten und unbewehrten Betonkörpern, die durch zentrischen und exzentrischen Druck belastet wurden“, von C. Bach und O. Graf. Heft 166/169 der „Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens.“ Berlin 1914 bei Jul. Springer. Diese wertvolle Publikation sei allen Kollegen zum Studium empfohlen.

Wettbewerb für eine Gartenstadt der Firma Piccard, Pictet & Cie. in Aïre bei Genf.

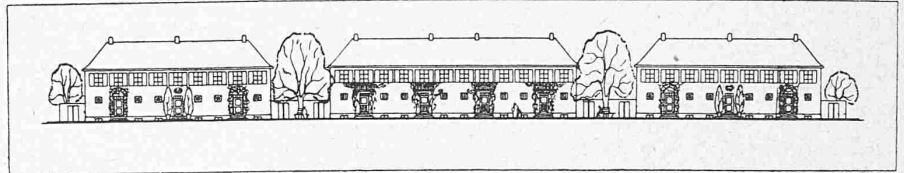
II. Preis. Entwurf Nr. 57. — Verfasser: Hans Schmid, Architekt in Basel.



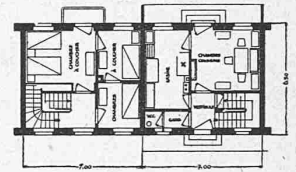
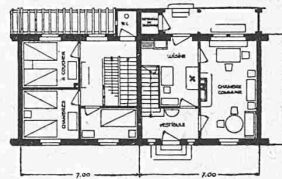
Typ II. Dreifamilien-Reihenhaus (Zweizimmerwohnungen mit Wohnküche). — Fassaden 1: 800.



Typ II. Erdgeschoss und Obergeschoss 1: 400.



Typ I. Fassaden 1: 400.



Typ I. Einfamilien-Reihenhäuser mit je 5 bzw. 4 Betten. — 1: 400.

In der folgenden Tabelle sind die Bruchlasten dieser Reihe im Vergleich zu denen der nicht armierten Säule gesetzt. Bei der armierten Säule wurden für die Exzentrizitäten 25 und 37 1/2 % leider keine Beobachtungen gemacht. Die wahrscheinlichen Werte sind hier aus den Kurven der Bruchlasten abgemessen (Abb. 292, Seite 119 des Originalberichtes). Emperger, in seiner Studie zu den Bach- und Grafschen Versuchen, interpoliert parabolisch an Hand der berechneten Bruchlasten und findet etwas kleinere Werte. 1) Durch Auftragen der Vergleichszahlen der letzten Kolonne ergibt sich untenstehendes Diagramm (Abb. 3), das den Einfluss der Eiseneinlage auf die Er-

1) Beton und Eisen 1916, Heft 17/18 u. 19/20, desgl. 1917, Heft 1/2.

Einfluss einer schwachen Armierung von 0,5 % auf die Bruchlasten bei exzentrischem Druck.

Exzentrizität <i>e</i>		Bruchlast <i>P</i>		
in <i>cm</i>	in % von <i>d</i>	1. <i>f<sub>e</sub></i> = 0		Zunahme gegen 1. in %
		in <i>T</i>	in <i>T</i>	
0	0	276,2	280,3	1,5
6,7	16,7*	183,0	220,0	20*
10	25	136,0	188,0	38
15	37 1/2	81,8	140,0	71
20	50	24,0	93,0	287

\*) Der bei Gewölben hauptsächlich interessierende Grenzfall *e* = 16,7 % (Zug = 0) ist interpoliert.

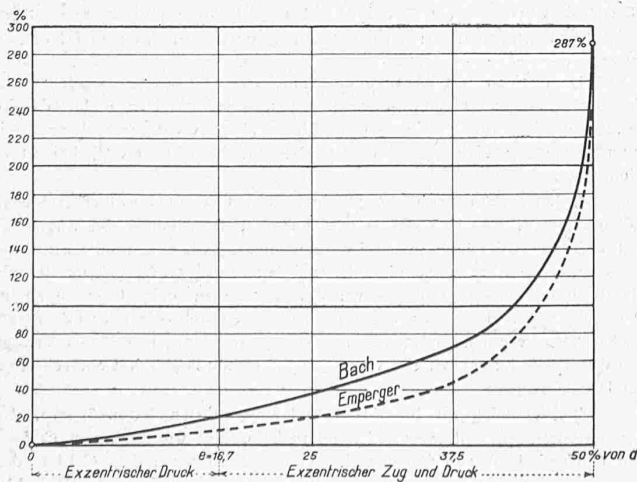


Abbildung 3.

höhung der Bruchlast veranschaulicht. Der Einfluss wächst stark mit zunehmender Exzentrizität. Er ist aber schon bei kleinern Exzentrizitäten, die nur geringe Zugspannungen erzeugen, ziemlich bedeutend; bei *e* = 25 % z. B. beträgt die Zunahme an Bruchlast gegenüber dem Querschnitt ohne Eiseneinlage bereits 40 %, für den interpolierten Grenzwert *e* = 16,7 % (Zugspannungen = 0) immerhin noch etwa 20 %. Alle diese Versuchkörper sind bis zu 50 % Exzentrizität nicht durch Zug-, sondern durch Druckbeanspruchung zerstört worden. Die spezifische Druckfestigkeit des Betons konnte sowohl bei der armierten, als auch bei der nicht armierten Säule erreicht werden. Sie berechnete sich in beiden Fällen nach Navier zu max. 269 kg/cm<sup>2</sup> (Mittelwert aus je drei Versuchkörpern). Allein diese Bruchfestigkeit wurde bei den armierten Säulen in einem viel spätern Belastungsstadium erreicht, weil eben die Eiseneinlage auf die Bildung einer verminderten Druckspannungsfläche verzögernd einwirkte.

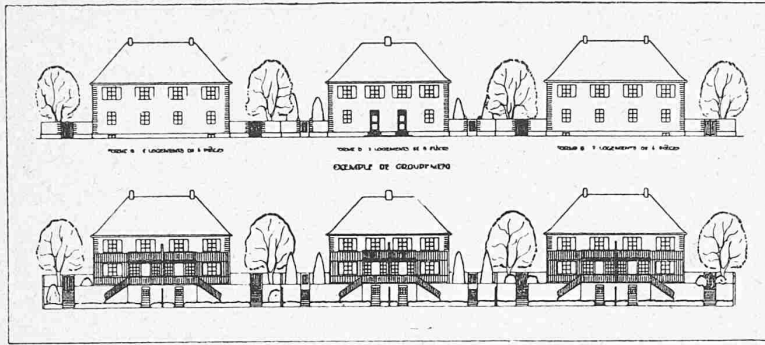
Man gelangt somit auch auf diesem Wege zu dem Ergebnis, dass Gewölbequerschnitte mit und ohne Eiseneinlagen hinsichtlich der zulässigen Spannungen keineswegs als gleichwertig anzusehen sind. Der Sicherheitsgrad gegen Bruch ist ohne Eiseneinlage und bei Ausschluss von Zug bereits um rd. 20 % niedriger, als bei einem Gewölbe mit 0,5 % einseitiger Armierung.

Für die zukünftigen Beton-Normen wären nach Ansicht des Verfassers bei Brückengewölben etwa folgende zulässige Spannungen vorzuschlagen:

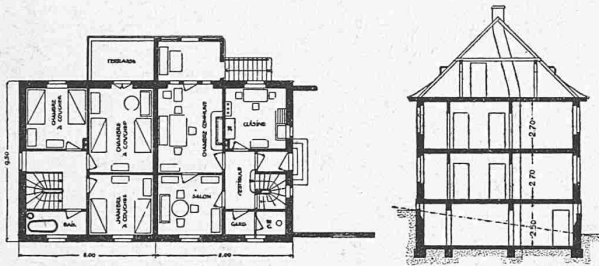
	Eisenbetongewölbe und Gewölbe mit Eiseneinlagen von mindestens 0,1 %	Gewölbe ohne Eiseneinlagen
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Zentrischer Druck	30	25
Exzentrischer Druck	40	30
Zuschlag für Bogen	0,15 <i>l</i>	0,15 <i>l</i>
für <i>l</i> = 100 <i>m</i>	40 + 15 = 55	30 + 15 = 45

Eine Ausdehnung des Geltungsbereiches der zulässigen Spannungen für Eisenbeton auch auf Gewölbe mit weniger als 0,6% Armierung erscheint nach dem Gesagten durchaus am Platze. Die Minimal-Armierung von 0,6% mit Bügeln in vorgeschriebenen Abständen sollte nur bei gegliederten Querschnitten gefordert werden, also bei Bogentragwerken mit Rippen-, Kasten- oder Plattenbalken-Querschnitt.

**Wettbewerb Gartenstadt der Firma Piccard, Pictet & Cie.**  
 II. Preis. Entwurf Nr. 57. — Verfasser: Hans Schmidt, Architekt in Basel.



Fassaden 1:800.



Typ III. Einfamilien-Doppelhäuser zu 5 Z. u. K. — Grundrisse und Schnitt 1:400.

Obige Darstellungen beruhen auf der Voraussetzung gleicher Betonqualitäten. Natürlich gibt es auch Mittel, um bei reinen Betongewölben die gleichen Betondruckspannungen zuzulassen wie bei Gewölben mit Eiseneinlagen. Solche sind die Verbesserung der Betonqualität durch höhern Zementgehalt als 300 kg/m<sup>3</sup>, Verwendung von Schlagschotter, besonders zweckmässige und sorgfältig zusammengesetzte Kiessandmenge, geringer Wasserzusatz, gutes Stampfen usw., wovon vielleicht bei anderer Gelegenheit die Rede sein wird. Man erreicht dadurch eine höhere Bruchlast infolge grösserer Druckfestigkeit des Betons, während die Druckspannungsfläche die gleiche bleibt (siehe Abb. 4, S. 203). Alle diese Massnahmen verursachen jedoch besondere Kosten, werden daher bei einer Konkurrenz in der Regel nicht offeriert. Deshalb sollte die Anwendung höherer zulässiger Spannungen in allen solchen Fällen vom *Nachweis der Bruchfestigkeit des Betons* abhängig gemacht werden und logischerweise beim Vergleich der Kosten-Vorschläge durch entsprechend höhere Einheitspreise zum Ausdruck kommen.

**Wettbewerb für eine Gartenstadt Piccard, Pictet & Cie. in Genf.**

(Fortsetzung von Seite 195.)

*No. 57. Sous les ormeaux.* Ce plan modeste et clair bien adapté au terrain, sans exagération dans le sens architectural, présente de réelles qualités. Bonne composition du centre organique axé sur l'avenue qui conduit à la terrasse. La salle de réunion construite dans cet axe, en retrait de l'avenue d'Aïre, abrite sur sa face postérieure une jolie place fermée, située en dehors de la circulation.

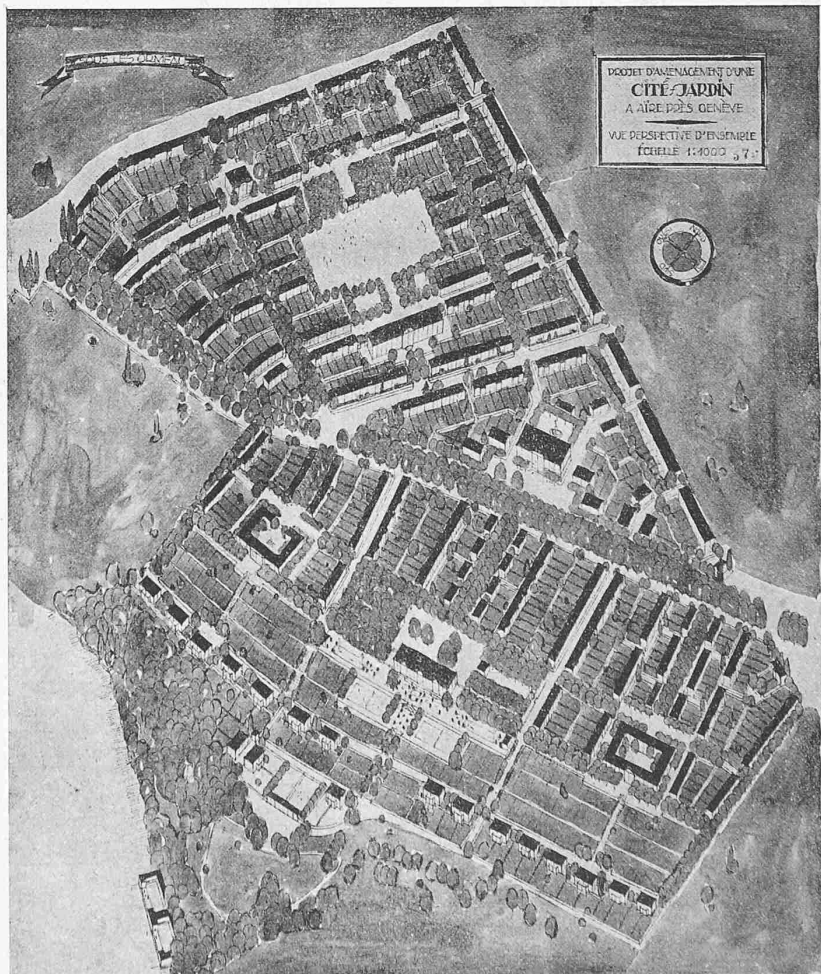
Le principe fondamental de ce projet réside spécialement, à part quelques maisons jumelles, dans l'emploi exclusif de maisons en séries, ayant toutes une unique et excellente orientation. La direction nord-sud des rues assure un excellent

ensoleillement des deux faces des habitations. Les maisons collectives bordant la rue du Contrat-Social, au nord, forment un écran protecteur contre la bise. Le morcellement général est excellent, quoique prévoyant dans la partie B un grand nombre de maisons à front des artères publiques. Les voies de communication, logiques et bien comprises, sont rectilignes ou légèrement incurvées, ce qui rompt la monotonie et la sécheresse du plan, d'autant plus que les rangées de maisons sont relativement peu longues. Les chemins d'accès, justement proportionnés, conservent à la propriété son caractère privé.

Le lotissement excellent assure une forme régulière aux parcelles. L'excellente orientation donnée aux chemins d'accès dans cette parcelle, réserve entièrement la vue sur la contrée, non seulement des maisons et jardins, mais aussi de l'Avenue d'Aïre, libre de constructions. Tous les jardins ont également une bonne orientation. Les plans des maisons sont judicieusement étudiés, mais leurs façades manquent de caractère.

Une belle promenade, plantée d'arbres, prolonge la terrasse du bâtiment A qui domine la vue. Dans la parcelle B, dont le centre est réservé à une place de jeux, les grands arbres sont conservés aux bons endroits. Le restaurant, composé avec la maison A, agrandie d'une longue annexe, de même que le bâtiment pour ouvriers retraités et le home pour jeunes filles, ne devraient pas être construits sur la terrasse. Les bains et buanderies occupent une situation favorable. En somme, ce projet est simple, pratique, sans aucun luxe et très favorable à l'économie.

*No. 32. Orientation.* Plan d'ordre rectiligne, d'une composition claire, bien adaptée au terrain, avec un espace libre franchement exprimé au centre de la parcelle A, et dont l'axe est fermé, au sud, par la maison existante et, au nord, par une petite place



II. Preis, Entwurf Nr. 57. — Architekt Hans Schmidt in Basel. — Vogelschaubild aus Südost.