

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 35/36 (1900)
Heft: 15

Artikel: Die Ingenieurtechnik im Altertum
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-21976>

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: 28.03.2026

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

lichen Wasserabflusses musste für eine künstliche Ueberfalleitung (Trop-plein) Sorge getragen werden. Das Problem war umso heikler, als dieselbe in schlechtem Terrain

Elektrizitätswerk in Bex (Waadt).

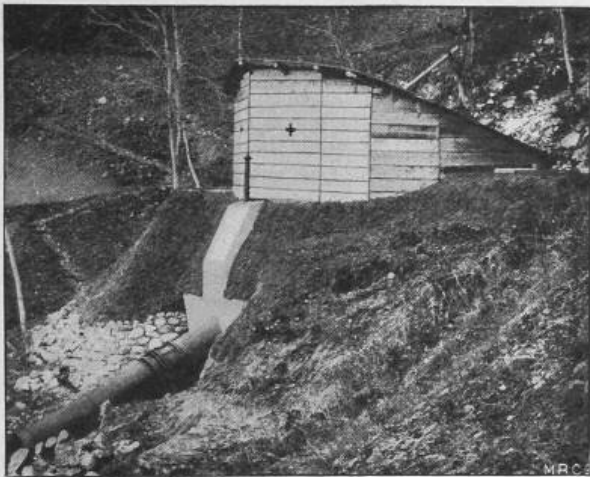


Fig. 6. Reservoir und oberste Expansionsvorrichtung der Druckleitung.

grösstenteils parallel der Druckleitung verlaufen musste und letztere an einer Stelle kreuzte (Fig. 5). Man entschied sich für eine in Erde zu verlegende Ueberfalleitung aus armiertem Cementbeton, System Malgarini, welche von derselben Firma, die das Reservoir gebaut hatte, ausgeführt wurde und für elf Jahre garantiert ist. — Die im Durchmesser

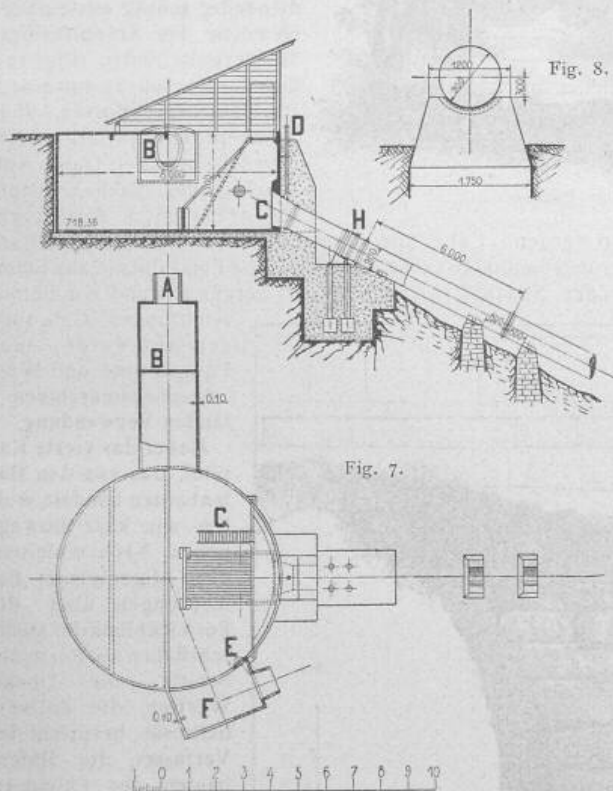


Fig. 7. Grundriss und Schnitt des Reservoirs nebst Schnitt der Expansionsvorrichtung. 1:250.

Fig. 8. Lagerung der Druckleitung. 1:100.

Legende: A. Zuleitungskanal, B. Chicane, C. Einlaufsvorrichtung, D. Luftkamin, E. Spülschleuse, F. Ueberfallkammer, G. Eisenleiter, H. Expansionsvorrichtung.

60 cm messenden kreisrunden Röhren sind im stande, das vom Zuleitungskanal maximal zu fördernde Wasserquantum abzuführen, ohne sich unter Druck zu stellen. In Anbetracht des grossen Gefälles musste diese Rohrleitung sorgfältig gegen Wandern geschützt werden und es geschieht

dies durch Verankerungen in kleinen Betonmassiven längs der ganzen Strecke. Ausserdem sind nach ausgesprochenen zwei Richtungsänderungen grössere Betonmassive mit bestiegbaren Kammern angebracht, welche zur Brechung der Wasserwucht und zur leichteren Besichtigung dienen sollen und zugleich Luftkamine abgeben (Fig. 9—11). Die ganze Länge der Ueberfalleitung beträgt 304 m. (Forts. folgt.)

Die Ingenieurtechnik im Altertum.

II.

Dem Strassenbau schliesst sich naturgemäss der Brückenbau an. Ursprünglich geschah die Ueberschreitung von Wasserläufen unzweifelhaft durch Aufsuchung der untiefen Stellen oder Furten; sodann kamen zunächst die Fähren in Anwendung, die in weiterer Entwicklung zu den Schiffbrücken führten, wovon das Altertum verschiedene Beispiele aufweist. (Brücke des Darius über den Bosphorus, des Xerxes über den Hellespont u. s. w.) Die ersten festen Brücken waren hölzerne Balkenbrücken; als eine der ältesten derselben gilt die etwa 1000 Fuss lange Brücke über den Euphrat in Babylon, auf Steinpfeilern in etwa 4 m Abstand; der Brückenbelag bestand aus Palmenstämmen und ruhte auf Balken aus Cedern- und Cypressenholz. Zur Ueberspannung grösserer Weiten wurden die Balken über einander vorgekragt und dieselbe Methode später auch auf steinernen Ueberbau übertragen; aus diesen Kragsteinbrücken entwickelten sich dann die Gewölbe, deren erstes Auftreten nicht sicher nach-

Elektrizitätswerk in Bex (Waadt).

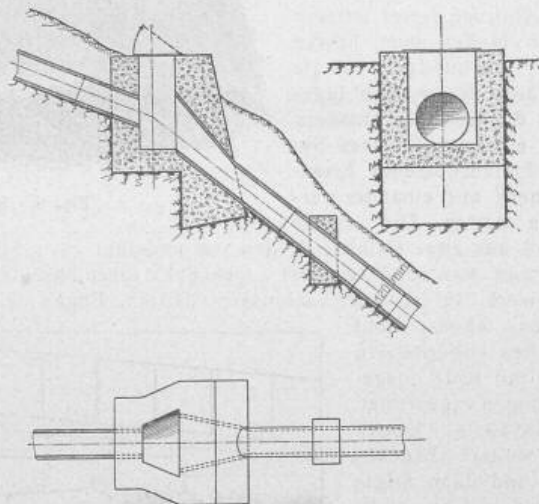


Fig. 9—11. Grundriss und Schnitte der Ueberfall-Leitung mit Betonmassiv. 1:150.

gewiesen ist, die aber wahrscheinlich zuerst bei Tempeln, Thoren und Gräbern angewendet wurden, bevor sie beim Brückenbau Verwendung fanden. Wahrscheinlich waren die Etrusker die ersten, welche gewölbte Brücken erstellten, wobei die Wölbsteine vom Kämpfer bis zum Scheitel eine gleichmässige Stärke erhielten und in der Längsrichtung ohne Verwendung von Mörtel in Verband gesetzt sind. Eine solche etruskische Brücke ist z. B. die beim Bulicame in Viterbo mit 2,10 m Spannweite, 13 m Gewölblänge, und 1 m Länge der einzelnen Wölbsteine (Fig. 7, S. 158).

Während über Brückenbauten bei den alten Chinesen und Indiern wenig bekannt ist, finden sich dagegen in Griechenland zahlreiche Ueberreste von solchen, teils Kragsteinbrücken, teils gewölbten, von welchen letztern z. B. die Brücke über den Pamisos auf der Strasse von Messene nach Andania erwähnenswert ist (Fig. 8 und 9). Die Brücke zeigt eine eigenartige Anordnung, da sie oberhalb der Vereinigung zweier Flüsse und in einer Strassenkreuzung angelegt, aus drei Armen besteht. Griechischer Einfluss ist

auch bei einigen Brückenbauten in Kleinasien zu erkennen, z. B. in derjenigen bei Assos an der Nordwestküste.

Die älteste Brücke in Rom war eine im Jahre 625

Die Ingenieurtechnik im Altertum.

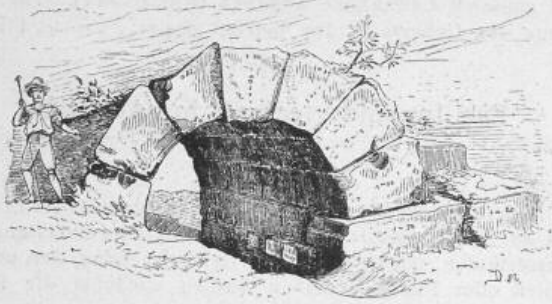


Fig. 7. Brücke beim Bulicame von Vierbo.

v. Chr. erbaute hölzerne Jochbrücke, der Pons Subicius, auf welchem sich der Kampf des Helden Horatius Cocles in dem Kriege mit Porsenna um das Jahr 500 v. Chr. abspielte, die erste steinerne Brücke, der Pons Aemilius (116 v. Chr., jetzt als Ruine unter dem Namen Ponte Rotto bekannt). Ein halbes Jahrhundert später wurde die Tiberinsel durch die beiden gewölbten Brücken Pons Fabricius und Pons Cestius mit beiden Stadtteilen verbunden; beim Abbruch dieser letztern Brücke in den 80er Jahren dieses Jahrhunderts zeigte sich, dass die antiken Ingenieure die einzelnen Quadern durch ein kompliziertes System bleivergossener Eisenklammern mit einander verbunden hatten. Die erstere bestand aus zwei Halbkreisbögen von ungefähr 25 m Spannweite und war solid fundiert. Oberhalb ihrer Basis ist das Mauerwerk durch einen schmalen dritten Bogen durchbrochen, ebenso sind über den Landpfeilern kleine mit Erde ausgefüllte Bögen angeordnet. Flussaufwärts kamen zwei weitere Brücken hinzu, und dann folgte der 136 n. Chr. unter Hadrians Regierung errichtete Pons Aelius, oder die viel genannte Engelsbrücke, bestehend aus drei Hauptbögen von je 18,4 m Weite über dem Fluss und zwei, bezw. drei kleineren Bögen unter den Zufahrtsrampen. Als Baumeister dieses hervorragenden römischen Bauwerkes gilt Messius Rusticus. Fig. 10 zeigt dasselbe nach einem Stiche Piranesis. Von Brückeninändern Teilen des römischen Reiches

werden hervorgehoben und abgebildet: die von Caesar erbaute hölzerne Rheinbrücke, der gewölbte Pons Salaris über den Teverone, mit hohem Turme ausgestattet, die Marmor-Brücke über die Marecchia bei Rimini, mit fünf Bögen,

der Aquädukt Pont du Gard¹⁾, sodann die unter Trajan erbaute Brücke über die Donau bei Turn-Severin, diejenige über den Tajo bei Alcantara und über den Tormes bei Salamanca.

Die in der ausserordentlich kurzen Zeit von nur einem Jahr, etwa Anfang 103 v. Chr. vollendete Donaubrücke, deren Pläne von dem grössten Baumeister jener Zeit, Apollodorus von Damascus herrühren, hatte 20 Pfeiler mit 35—38 m weiten Oeffnungen; ob die Träger aus Holz oder aus Stein waren, ist nicht zuverlässig ermittelt. Die Brücke bei Alcantara, vom Baumeister Cajus Julius Lacer in den Jahren 98—106 n. Chr. erbaut (Fig. 11), hatte Mittelspannweiten von 34 und 36 m, Pfeilerstärken von 9 m, eine Gewölbstärke von 1,5 m; die Fahrbahn befand sich 54 m über Sommerwasserstand; die Brücke ist aus Granit ohne Mörtel erstellt, auf ihrer Mitte steht ein Triumphbogen. — Die Brücke bei Salamanca führt in 26 Bögen über den Tormes. Trajan liess 98 n. Chr. das Bauwerk erneuern, von dem auf der Stadtseite gegenwärtig noch 15 Pfeiler vorhanden sind. Von sonstigen Bauwerken seien genannt: in Spanien die Brücken bei Merida, Albaregas und Martorell²⁾, in Kleinasien die Brücken in Pergamum und diejenige von Kiakhta in Syrien, in Deutschland die Nahebrücke bei Bingen, die Rheinbrücke bei Mainz, die Moselbrücke bei Trier u. s. w. —



Fig. 8. Brücke über den Pamisos.

Zur Veranschaulichung der in Pergamum geschaffenen, interessanten Gewölbekonstruktionen möge das in konstruktiver Hinsicht Beachtung verdienende, schräg ansteigende Gewölbe des Amphitheaters Wiedergabe finden (Fig. 12). Das Theater wurde von einem Bachlauf durchflossen, über welchem sich das dargestellte Gewölbe befindet. Durch Aufstauung des Baches konnte die Arena unter Wasser gesetzt werden. Ueber die von den Römern angewendeten Fundierungsmethoden vernehmen wir, dass Fundamente aus Steinblöcken, Senkkasten und Pfahlrost hergestellt und von Beton-

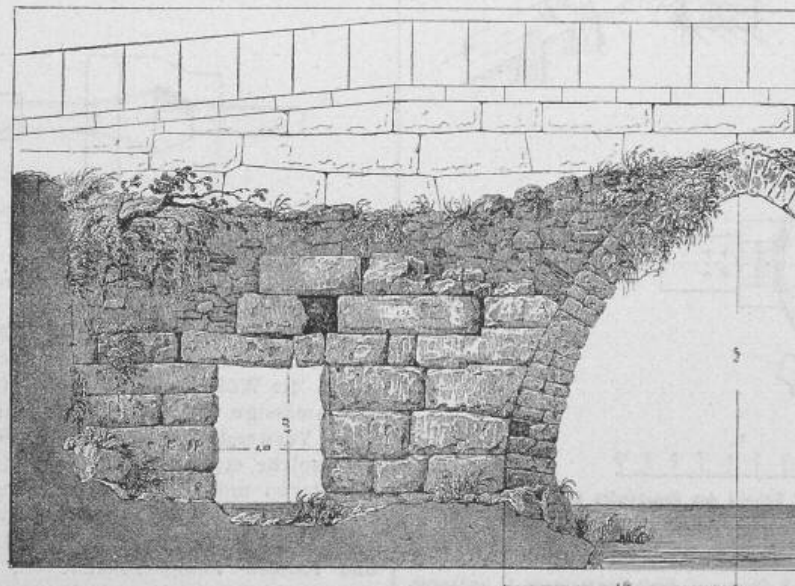


Fig. 9. Einzelheiten der Brücke über den Pamisos. 1:75.

schüttungen Gebrauch gemacht wurde; auch Fangdämme und Wasserschöpfmaschinen fanden Verwendung.

Ueber das vierte Kapitel, das von den Hafenbauten handelt, wollen wir kurz hinweggehen. Nach einleitenden allgemeinen Bemerkungen über die Entwicklung der Meeresschiffahrt, die Form der Schiffe, die Docks, Werften, die Zollverhältnisse, bespricht der Verfasser die Hafenbauten der Phönizier, besonders die Häfen von Tyrus und Sidon, sowie denjenigen von Karthago, als phönizische Koloniestadt, und geht dann auf die Hafenanlagen in Griechenland über. In diesem Land mit seinen vielen Buchten war man weniger darauf angewiesen, künstliche Anlagen zur

¹⁾ S. Schweiz. Bauz. Bd. XXXII, S. 72.

²⁾ S. Schweiz. Bauz. Bd. XXXII, S. 75.

Bergung der Schiffe zu schaffen; immerhin entstanden die Häfen von Pylos, Methone, Larymna, in Kleinasien die-

Civitavecchia und von Ancona, welche letzterer einen dem schon genannten Baumeister *Apollodorus* zugeschriebenen Tri-

Die Ingenieurtechnik im Altertum.

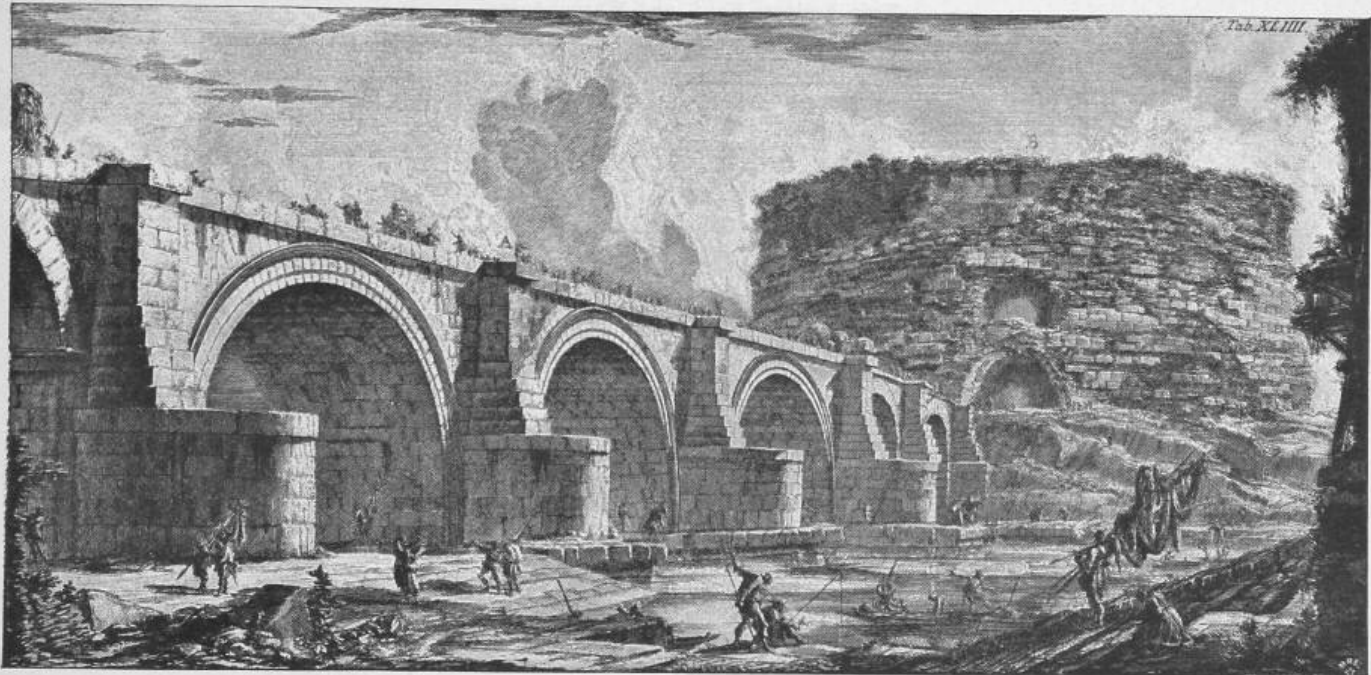


Fig. 10. Pons Aelius mit dem Grabdenkmal Hadrians in Rom.

jenigen von Mytilene, Smyrna, Ephesus, Rhodos, Knidos und andere, in Sicilien derjenige von Syrakus. In einer spätern Epoche wurden die ausgedehnten Hafenanlagen im Piräus

umphbogen zu Ehren Trajans trägt.

Im fünften Kapitel wird uns der Städtebau im Altertum vor Augen geführt. Als die ältesten Städte gelten die-

jenigen von Mesopotamien, die sich durch sehr regelmäßige Gestalt charakterisieren; ein Muster dieser Anlage war Babylon, das eine für den Verkehr sehr günstige Lage hatte und von dessen Mauern, Türmen, Palästen, Tempeln u. s.

Wirksamkeit Alexanders des Grossen verdankt man die Häfen von Alexandria in Egypten und Seleucia Pieria in Syrien. Fig. 13 (S. 163) stellt den Piräus-hafen des Altertums nach den Angaben Hirschfelds dar.

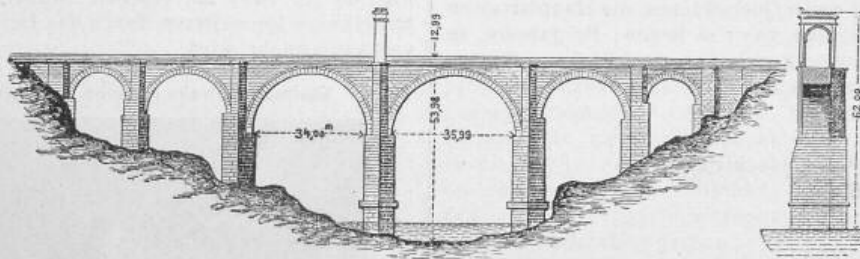


Fig. 11. Ansicht und Schnitt der Brücke bei Alcantara. 1:2000.

Die Römer brachten bekanntlich der Seeschifffahrt kein grosses Interesse entgegen, und die Küstenverhältnisse Italiens waren für Hafengebauten ungünstig. Aus ganz alter Zeit stammen

w. Herodot eine anschauliche Beschreibung entworfen hat. Aehnliche Anlage zeigten die Städte Persiens und Mediens, wie Ekbatana, Persepolis, und die grösstenteils am Nil oder in

einzig der Hafen von Ostia an der Tibermündung, aus der Kaiserzeit die Häfen von Bajae und Ravenna. Auch in Rom selbst wurden einige Einrichtungen zum Landen der Schiffe getroffen (das „Emporium“ beim Aventin und die „Navalien“ oberhalb der Tiberinsel am linken Ufer). Auf Anregung Cäsars entstand bei Ostia ein neuer Hafen, der Portus Ostiensis oder Portus Augusti, der aber später wieder aufgehoben und durch den Hafen von Puteoli (Pozzuoli) ersetzt wurde. Vorzügliches wurde unter der Regierung Trajans geleistet, ausser der Erweiterung des Hafens von Ostia an der Tibermündung entstanden die Häfen von

dessen Nähe gegründeten Städte Egyptens, wie namentlich Theben. Die chinesischen Städte waren, wo irgend thunlich, nach den Himmelsgegenden orientiert und ihre Strassen geradlinig und rechtwinklig angelegt. Mehr den Bodenverhältnissen und Verkehrsrücksichten angepasst waren die Städte in Syrien und Kleinasien, und dann besonders die Städte Griechenlands, die anfangs aus Gründen

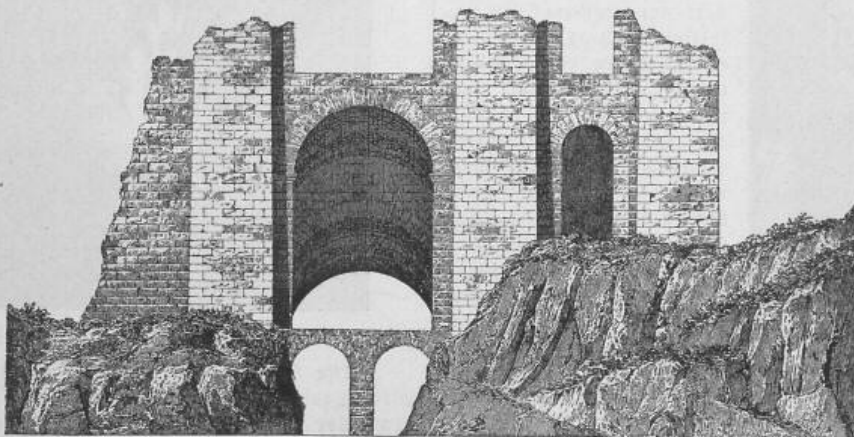


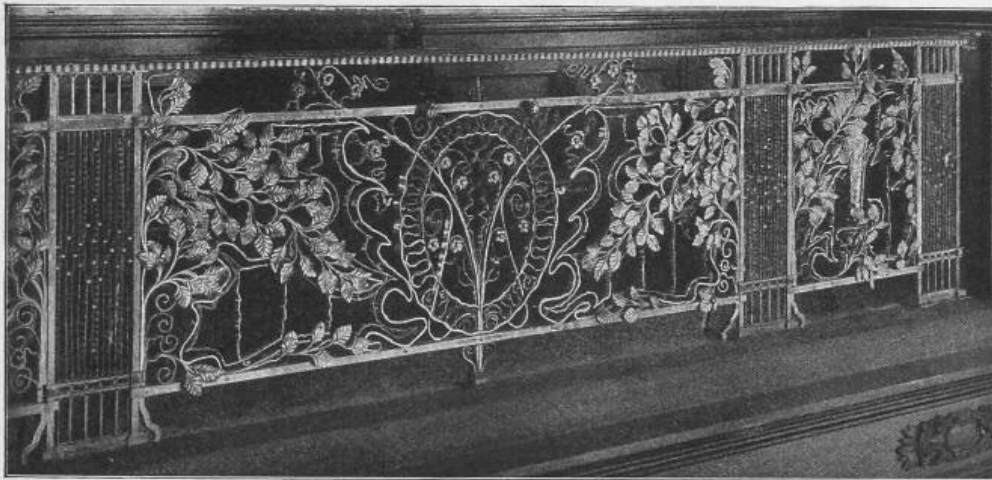
Fig. 12. Gewölbekonstruktion des Amphitheaters in Pergamum. 1:330.

der Sicherheit mit Vorliebe auf Hügeln oder felsigen Erhebungen erbaut wurden. Als sich später die Schifffahrt stärker entwickelte, hat man Städte an der Meeresküste angelegt oder schon bestehende durch Mauern mit der Küste verbunden

(Athen, Korinth, Megara). Grundsätze über schönen und regelmässigen Städtebau wurden von *Epidamos von Milet* aufgestellt und nach diesen Grundsätzen die Küstenstädte Piräus,

war durch deren meist geringe Breite fast zur Unmöglichkeit gemacht. Als Folgen dieser Verhältnisse ergaben sich Uebervölkerung und Wohnungsnot. (Schluss folgt.)

Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser.



B. A. W. Fig. 63. Kaufhaus Wertheim, Leipziger-Strasse. — Brüstungsgitter aus Aluminiumbronze.
Architekten: *Messel & Allgelt* in Berlin.

Knidos in Kleinasien und Rhodos angelegt. — Bei den römischen Städten wiegte die rein schematische Anordnung vor, doch war ihre Lage im allgemeinen günstig gewählt für den Verkehr, die Sicherheit, gesunde Luft und geregelte Wasserzuführung; hierüber giebt *Vitruv* in seinem Werk über Baukunst allerhand Regeln und Vorschriften. — Als durch Bauart und Anlage hervorragende Städte werden angeführt: Alexandria, mit völlig rechtwinkligem Strassen-netz, sieben Längs- und zwölf Querstrassen, die Hauptstrassen von 14 m, die Nebenstrassen von 7 m Breite; Pergamum, an und auf einem Felsvorsprung zwischen zwei Bächen gelegen, aus einer Unterstadt und einer Oberstadt bestehend, die durch Terrassenstufen mit einander verbunden waren; Antiochia am Orontes, mit prachtvoller, etwa eine Stunde langer Säulenstrasse (zwei gedeckte Säulenhallen) von einem Thor zum andern; Palmyra, ebenfalls mit mehreren Säulenstrassen, an deren Kreuzungspunkten Paläste, Tempel und andere öffentlichen Bauten lagen. Eine Merkwürdigkeit bilden die sogen. Felsenstädte in Indien und Arabien.

Kaufhaus Wertheim in Berlin.



B. A. W. Fig. 64. Pfeilerkapitäl.

In den weitem Abschnitten dieses Kapitels schildert der Verfasser die Befestigungsanlagen in den alten Städten, vornehmlich in den griechischen und römischen, dann werden die gesetzlichen Bestimmungen über die Ordnung in den städtischen Strassen, die Bauart der Häuser u. s. w. angeführt, um hernach auf die Strassenkonstruktion selbst einzutreten. In griechischen Städten war die Pflasterung der Strassen gar nicht allgemein eingeführt, in Athen viele Strassen nur mit Gerölle befestigt. Gut gepflastert war Alexandria; auch in Rom, wie in andern italienischen Städten, waren die meisten Strassen gepflastert und vorschrittsgemäss mit Trottoirs versehen. Im Centrum jeder Stadt gab es einen grösseren Platz, der als Marktplatz und für Volksversammlungen, Festlichkeiten u. s. w. bestimmt war. Strassenbeleuchtung existierte so zu sagen gar nicht, und der Verkehr mit Wagen in den städtischen Strassen

Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser.

Von Baurat *C. Junk* in Charlottenburg.
(Mit einer Tafel.)

XII.

Die Ausschmückung der seitlichen Pfeiler des Mittelbaues mittels eingesetzter Kunstbronzegussbilder ist aus Fig. 67 (S. 162) zu ersehen, während die Krönung des Mittelbaues im weiteren durch das Detailbild Fig. 62 (S. 155) veranschaulicht wird.

Kaufhaus Wertheim in Berlin, Leipziger-Strasse 132—133.



D. B. Fig. 65. Säulenkapitäl.

Die Schaufenster liegen zwischen den Pfeilern tief zurückgesetzt, aber im untern Teile, in Höhe des Erd- und etwa der Hälfte des ersten Obergeschosses sind dieselben erkerartig vorgezogen, in der Art wie vor Zeiten die Schaufenster der rheinischen Kaufhäuser gebildet waren, doch hier freilich ohne Sprossenwerk, das Gerippe aus blankem Messing. Die Schutzläden werden bei Nichtgebrauch in das Kellergeschoss versenkt, wobei der verbleibende Führungsschlitz mit selbstthätigen Klappen sich verdeckt. Der

betrieb zu ersetzen wären. — Sodann auf die bisherigen Arbeiten betreffs des Einflusses hoher Geschwindigkeiten auf die Beanspruchung von Brückenträgern und Schienen hinweisend, erwähnt der Vortragende die Studien von Souleyres, Glauser, Zimmermann, sowie Deslandres und zeigte hiebei, wie sehr das vorhandene Erfahrungsmaterial der Ergänzung und Vervollkommnung bedarf.

Den Ausführungen des Vortragenden folgte noch eine kurze Diskussion, in welcher Herr Bauingenieur Rindl und der Vereinspräsident Ziffer das Wort ergriffen. Ersterer konstatierte, dass die Einschienensysteme betreffs des Kurvenproblems keine radikale Lösung darstellen, da die Fliehkraft dieselbe bleibe, worauf Ober-Ingenieur v. Gerson, die Richtigkeit dieses Einwandes anerkennend, hervorhob, dass Einschienen- oder

überlegen zeigt. Als wirksames Schutzmittel wird mehrtägiges Lagern in den oben genannten Fluat anerkant. Die Gewichtsverluste, die bei den ungeschützten Versuchskörpern nach 10 bis 30 monatlicher Einwirkung des Bonner Wassers zwischen 5,53 und 24,75% erreichten, betragen nach der Fluatierung nur 0,63 bis 10,99%. Die Versuche werden fortgesetzt. Dr. Michaelis empfiehlt für den gleichen Zweck die Anwendung von oxalsaurem Ammon. Auch die Fluatierung der Betonblöcke bei Seebauten wird in Vorschlag gebracht. Hiernach scheinen weitere Versuche mit Kessler'schen Fluat in der Praxis auch zum Schutz gegen die Verwitterung von Steinen und Mörteln empfehlenswert. — Ein Oelanstrich auf frischem Cementmörtel ist in Kiel bei dem in Monierbauweise hergestellten Unterbau für die Sitzbänke im Hörsaal der Frauenklinik durch den Baurat Brinkmann

Die Ingenieurtechnik im Altertum.

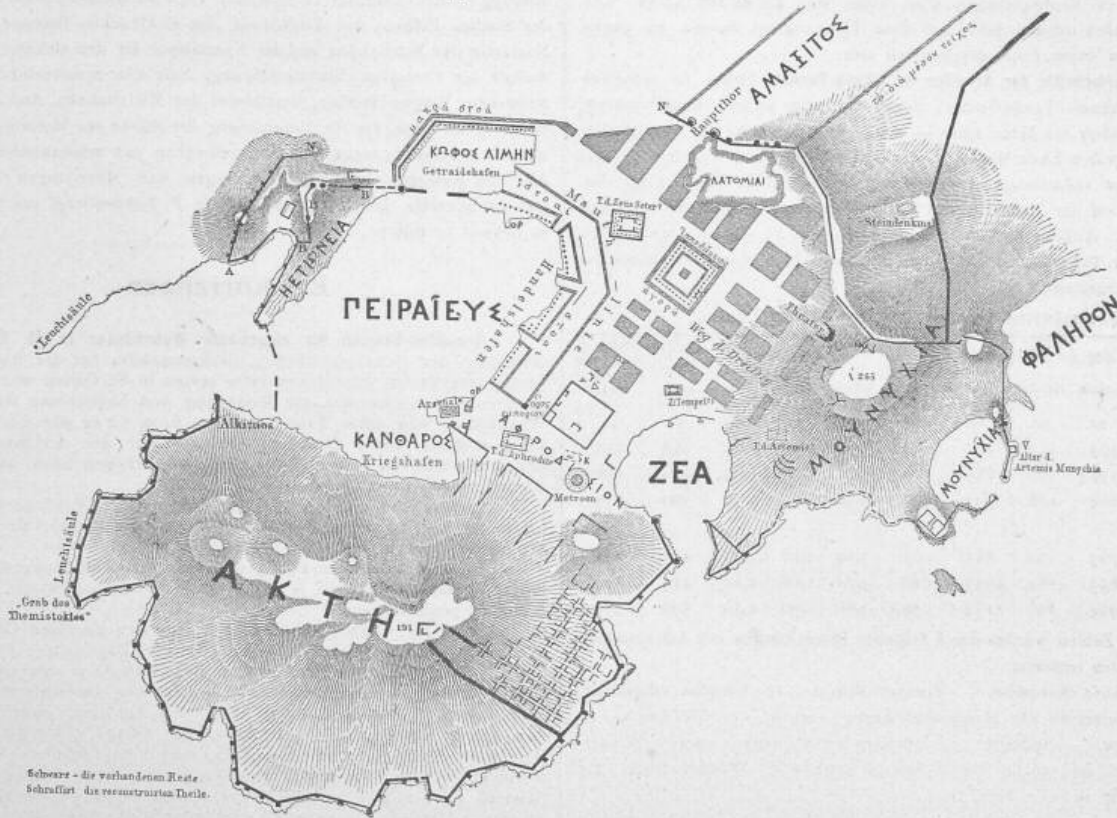


Fig. 13. Hafenanlage im Piræus.

Schwebebahnsysteme ihren Zweck lediglich in einer Vereinfachung der konstruktiven Anordnung bei Kurven suchen. Der Vorsitzende, Herr Präsident Ziffer schloss die Diskussion sodann unter dem Hinweis darauf, dass die Einschienensysteme, die schon auf den alten Vorschlag von Larligue zurückzuführen sind, sich bisher wenig bewährt haben, und auch in ihrer neuesten Gestalt, dem System Behr, noch ein sehr prekäres Dasein fristen.

Miscellanea.

Anstriche im Hochbauwesen. Erfolgreichen Schutz für Steine und Mörtel scheinen die *Fluorsilicate von Kessler* zu gewähren, wie den Mitteilungen über bauwissenschaftliche Versuche im Centrbl. d. Bauw. zu entnehmen ist. Aus Anlass der Zerstörung von Cementmörtel in den Filterbecken der Bonner Wasserwerke durch das 0,04% freie Kohlensäure haltende Wasser hat der Direktor des Bonner Bergwerks- und Hüttenvereins in Oberkassel bei Bonn, Herr Schiffner, mehrjährige Versuche mit Mörtelkörpern aus Portlandement, Trass und Trassement, sowie mit Marmorstücken angestellt, die zum Teil mit Blei-, Zink- oder Magnesium-Fluat behandelt und bis zu 30 Monaten der Einwirkung des kohlen-säurehaltenden fließenden Wassers in dem Pumpbrunnen des Bonner Wasserwerkes ausgesetzt waren. Die bisherigen Ergebnisse sind in den Verhandlungen des Vereins deutscher Portland-Cement-Fabrikanten vom 22. und 23. Februar 1899, S. 121 u. f. niedergelegt. Daraus wird festgestellt, dass kein kalkhaltiges Bindemittel auf die Dauer der Einwirkung des fließenden, freie Kohlensäure haltenden Wassers Widerstand leistet, Trassmörtel weniger als Portland-Cement, der sich auch dem Marmor

versucht worden, indem die Oberflächen zunächst mit Aphrodisin, einer Säurelösung von der Firma Jean Heck in Offenbach, getüncht und nach vollständiger Aufrocknung dieser Lösung mit Oelfarbe gestrichen wurden, die (bis zur Zeit der Berichterstattung, einige Monate nach der Herstellung) gut haftet. — Als gutes Anstrichmittel für Eisen, das in ungewöhnlichem Maße zerstörenden Einflüssen ausgesetzt ist, wird eine von Zonca & Cie. in Würzburg in den Handel gebrachte Bleimennige-Farbe bezeichnet. Testalin hat sich als Schutz gegen Witterungseinflüsse auf Sandwerksteinstücke von Neubauten im allgemeinen gut bewährt, dagegen sind Anstriche auf Ziegelrohbau und altem Werkstein ohne Wirkung geblieben.

Gefriergründung. Beim Bau der Transbaikaleisenbahn und ihrer Fortsetzung bis zur chinesischen Grenze findet zahlreiche Anwendung die Gefriergründung, die nur mit Benutzung der natürlichen Kälte während der Wintermonate ausgeführt wird. Wie wir einem Bericht über diesen Bahnbau in der «Riga'schen Industrieztg.» entnehmen, wird die nötige Fundamenttiefe durch Aushebung der Erde in gefrorenem Zustande bei offener Baugrube erreicht, wobei zur Beschleunigung der Arbeit auch eiserne Röhren in den Boden der Baugrube getrieben werden. In die Röhren treibt man mittels eines einfachen Gebläses kalte Luft der Umgebung hinein. Die Aufmauerung des Fundamentes geschieht in heizbaren Baracken. Bei einer mittleren Temperatur der Wintermonate von -25° C. kann man auf diese Weise selbst stark wasserführende Schichten ohne jegliche Wasserhaltung durchdringen. So z. B. ist auf der Transbaikaleisenbahn ein Pfeiler der Brücke über die Tschita, einem linken Nebenflusse der Ingoda, auf diese Weise mitten im Flusse, der im Winter bis zum Boden zu gefrieren pflegt, fundiert worden. Bei grösseren Tiefen (etwa von 4 m an) werden Senkkästen erforderlich, um einem etwaigen