

Betonpfähle Patent Strauss

Symphon
Belamer & Co. Berlin



Dyckerhoff & Widmann

Aktien-Gesellschaft

Berlin

Biebrich a./Rh. Karlsruhe

□ Dresden Hamburg □

Nürnberg - München □ □

1919 a 64

Stent Strauss
etongföhle

Widmann
& Dyckerhoff
Aktien-Gesellschaft

Berlin
Bismarckstr. 10
Dresden Hamburg
Wimberg-München

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300806

**Alleinige Inhaberin des Ausführungsrechtes
für die patentierten Straußpfähle
in Deutschland:**

Dyckerhoff & Widmann

Aktiengesellschaft

Tiefbauunternehmung.

**Spezialgeschäft für Beton- und Eisenbeton-Bauten
im Tief- und Hochbau.**

Fabriken für Zementwaren.





III 18132

Akc. Nr. 757 / 52

Betonpfähle Patent Strauß.

Ein neueres Gründungsverfahren.

Vortrag,

gehalten im Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Verein zu Dresden
am 16. März 1908 und ergänzt nach den Ausführungen der neuesten Zeit
von W. Gehler, Regierungsbaumeister a. D., Oberingenieur der Firma
Dyckerhoff & Widmann, A.-G.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
I. Pfahlgründungen von einst und jetzt	3
II. Allgemeines über die Straußpfähle	8
III. Ausführungen von Straußpfahlgründungen in Rußland	20
Betriebsbureau und Beamtenwohnhaus des Bahnhofes Kiew	20
Gebäude der Güterverwaltung Kiew I	21
Auktionshalle auf Bahnhof Kiew	22
Direktions-Gebäude der Süd-West-Eisenbahnverwaltung in Kiew	22
Beamtenwohnhaus und Empfangsgebäude des Bahnhofes Odessa-Port	23
Römisch-katholische Kirche in Kiew	23
Privathaus Horodetzky in Kiew	24
Gleiswagen des Bahnhofes Kiew	25
Bahnsteiggründung auf Station Schwerinka	25
Baltische Schiffsbauwerke des Kaiserl. Marine-Ministeriums in St. Petersburg	26
Dampfschornstein in Odessa	26
Zuckerfabrik des Grafen Bobrinsky in Kapitanowka	26
Städtisches Wasserwerk in Kiew	26
Karawajew'scher Viadukt in Kiew	26
Viadukt über die Besakstraße in Kiew	27
Eisenbahnbrücke über den Ikwa-Fluß	27
Straßenbrücke in Rowno	28
Fastower Eisenbahnbrücke	28
Eisenbahnbrücke über die Orla	29
Griechische Kirche in Kiew	31
IV. Ausführungen von Straußpfahlgründungen in Deutschland durch die Firma Dyckerhoff & Widmann, A.-G. und die dabei gesammelten Erfahrungen	32
Hallenbinder im Hauptbahnhof Kiel	32
Wohnhäuser Böckler in Nürnberg	32
Saalbau der Aktienbrauerei in Coburg	33
Maschinenhalle des Bahnhofes Wilferdingen	35
Spitaltor-Turm in Straßburg	36
Evangelische Garnisonkirche in Ulm	37
Sektkellerei der Firma Henkell & Co. in Biebrich a. Rh.	38
Palmenhalle der Stadt Mannheim	39
Fabrikschornsteine in Straßburg	40
Kammeröfen der städt. Gasanstalt in Zwickau (Sachsen)	40
Wegunterführung unter der Staatsbahn Potsdam—Wildpark	41
Schiebebrücke über die Hafenschleuse in Glückstadt	41
Straßenüberführung über den Rangierbahnhof Lindau	42
Illerbrücke in Härtnagel bei Kempten	43



I. Pfahlgründungen von einst und jetzt.

Schon die Urvölker der Steinzeit haben, wie uns die Archäologen berichten, Pfahlbauten in ähnlicher Weise ausgeführt, wie man sie heute noch bei den Völkern dieser niederen Kulturstufe, z. B. bei den Australnegern der Südsee-Inseln findet. Um Schutz vor feindlichen Nachbarstämmen und wilden Tieren zu finden, wurden hauptsächlich seichte Stellen von Teichen und Binnenseen bevorzugt, trotzdem der ungünstige Baugrund erheblichen Mehraufwand bei der Erbauung der Wohnungen verursachte.

Auch im geschichtlichen Altertum sind des öfteren Pfahlbauten zu finden¹⁾, vor allem im Verkehrszeitalter der Römer, die das technische Wissen der älteren Kulturperioden übernahmen und durch zahlreiche Anwendungsfälle reiche Erfahrungen sammelten. Besonders für Brückenbauten wurde die Pfahlrostgründung als Gründungsverfahren neben der Versenkung von Steinblöcken und hölzernen Sinkkästen gewählt. Beim Abbruch der Cestiusbrücke in Rom z. B. zeigte es sich, daß die Fundamente aus einer Art Beton²⁾ mit vier Reihen eichener Pfähle bestanden. Auch die Strompfeiler der steinernen Römerbrücke in der Nähe von Mainz, einem der bedeutendsten Bauwerke aus der Blütezeit römischer Ingenieurkunst³⁾, waren, wie spätere Funde bestätigen, auf Eichenholzpfählen von 12 m Länge gegründet. Die Ausführungsart einer römischen Pfahlrostgründung beschreibt Vitruv⁴⁾ in seinem Werke über die Baukunst folgendermaßen⁵⁾: „Allein kann man keinen festen Boden erhalten und ist der Ort unten locker und morastig, so grabe und leere man denselben aus, schlage angebrannte erlene, ölbaumene oder eichene Pfähle ein, verbinde damit durch Maschinen dicht nebeneinander gelegte Schwellen, fülle den Raum zwischen den Pfählen mit Kohlen aus und mauere hierauf fest den Grund auf.“ Allgemein bekannt ist endlich die Verwendung von Pfählen zu den hölzernen Brücken der Römer, wie bei der berühmten in 10 Tagen fertiggestellten Rheinbrücke Caesars⁶⁾ aus dem Jahre 55 v. Chr.

Mit dem Niedergange der römischen Kultur ging leider die Erfahrung in der Kunst die Bauwerke sicher zu gründen fast völlig verloren. In dem kirchlichen Mittelalter wurde zwar die äußere Form der Römerbrücken getreulich nachgebildet, die Gründung aber sehr

¹⁾ Die älteste römische Brücke, der pons Sublicius, erbaut im Jahre 625 v. Chr. unter Ancus Martius war eine Holzbrücke, deren Fahrbahn auf hölzernen Pfählen ruhte (siehe das vorzügliche Werk von Curt Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum, Berlin 1899. S. 279 ff. u. S. 309).

²⁾ Die Herstellung des Betons erfolgte im allgemeinen derart, daß man im Bauwerk abwechselnd Schichten von Steinbrocken und Mörtel auftrug, also nicht wie heutzutage die Einzelmaterialien vorher mischte (siehe Merckel a. a. O. S. 44, 46 u. 47).

³⁾ Diese Riesenbrücke von 775 m Länge, 24 Steinpfeilern und einer Lichtweite der Gewölbe von 27—33 m wurde im 2. Jahrhundert n. Chr. vermutlich unter Kaiser Hadrian erbaut, jedoch schon im 3. Jahrhundert wieder zerstört.

⁴⁾ Vitruv lebte zur Zeit Caesars und des Kaisers Augustus und stand der Verfertigung der Kriegsmaschinen vor (siehe Merckel a. a. O. S. 38)

⁵⁾ Siehe Merckel a. a. O. S. 309.

⁶⁾ Siehe C. Julius Caesar, De bello Gallico, Liber IV, Cap. 17.

vernachlässigt, wie sich unter anderem auch beim Abbruch der etwa 600 Jahre alten Augustusbrücke in Dresden gezeigt hat. Nur an sehr wenigen Stellen des Bauwerkes fand man eine Pfahlrostgründung, welche der oben von Vitruv geschilderten ähnlich ist.

Die neueste Zeit mit ihren neuen Aufgaben und dringenden Bedürfnissen brachte nun nach diesem tausendjährigen Stillstand durch die Anwendung neuer Baustoffe, des Betons und Eisenbetons, für die Pfahlgründungen einen erfreulichen, starken Fortschritt. Für den Hochbau liegt eine der Ursachen hierzu vor allem in der ungeahnten Entwicklung der Großstädte, die in der Regel nicht im Gebirge, sondern an Wasserstraßen und Seeküsten, also in Gebieten mit meist wenig tragfähigem Boden liegen. Der oft sehr hohe Grundwasserstand, z. B. der Umgebung von Berlin, welcher für die Wasserversorgung dieser Stadt einen unerschöpflichen Segensquell bildet, verursacht andererseits im Innern der Stadt eine erhebliche Erschwernis und Verteuerung der Gründungen. Die Zentralisierung des Verkehrs und der dadurch sich ergebende hohe Preis für den Grund und Boden bedingen eine möglichste Ausnutzung desselben, selbst wenn er noch so wenig tragfähig ist. Auch im Ingenieurbauwesen brachte unser Zeitalter des Verkehrs immer zahlreichere schwierigere Aufgaben für die Gründungen von Brücken-, Kanal- und Hafengebäuden, Bahnhofsbauten, Untergrundbahnen u. s. w.

Bekanntlich ist eine hölzerne Pfahlrostgründung nur dann anwendbar, wenn ein bestimmter niedrigster Grundwasserstand festgesetzt werden kann, über welchen die Pfahlköpfe wegen der Fäulnisgefahr nicht herausragen dürfen. Überall dort, wo das Bedenken vorliegt, daß sich der Grundwasserstand mit der Zeit wesentlich verändern könnte, sollen daher Holzpfähle vermieden werden. In unseren Großstädten, die häufig einen recht hohen Grundwasserstand aufweisen, treten aber trotz des Bestrebens, diesen gleichbleibend zu erhalten, oft Schwankungen und wesentliche Störungen des ursprünglichen Grundwasserstandes auch infolge der mannigfaltigen Bauausführungen auf. Zum Zwecke der Wasserhaltung während des Baues von Kanälen, Brückenwiderlagern, Untergrundbahnen und anderen tiefliegenden Bauwerken wird z. B. in neuester Zeit immer häufiger eine Absenkung des Grundwasserspiegels vorgenommen, die sich oft auf einen weiten Umkreis erstreckt, wie die Beobachtungen an Brunnen und Fabrikteichen ergeben haben. Durch solche gewaltsame Veränderung des Grundwasserstandes in unmittelbarer Nähe von Gebäuden kann leicht eine Pfahlgründung, die bisher völlig einwandfrei innerhalb des Grundwassers lag, der Gefahr der Fäulnis und somit der Zerstörung ausgesetzt werden.¹⁾ Es empfiehlt sich daher besonders in Großstädten mit solchen Grundwasserverhältnissen anstatt des Holzes einen anorganischen Baustoff für die Pfähle zu wählen.

Als eine andere Zerstörungsursache der hölzernen Pfähle sei hier nur noch der Bohrwurm (*Teredo navalis*), eine besondere Art der Bohrmuscheln (*Pholodidae*) erwähnt, der in klarem Seewasser von einem bestimmten Salzgehalt oft große Verwüstungen an Ufer-, Hafen- und Werftbauten anrichtet.

Schon diese Beispiele zeigen, daß die alten Holzpfähle allein den großen Aufgaben unserer Zeit nicht mehr gerecht werden konnten. Erfreulicherweise fällt aber in die letzten Jahrzehnte zugleich auch die Entwicklung der Beton- und Eisenbetonbauweise und es lag nahe, die Erfahrungen, welche man mit diesen neuen Baustoffen im Hoch- und Tiefbau erworben hatte, auch zur Lösung der Aufgaben auf dem Gebiete der Pfahlgründung zu verwerten. Betreffs der Wirtschaftlichkeit der neuen Verfahren sei erwähnt, daß z. B. bei Gründungen von Bauwerken die größeren Kosten der bis zur gewünschten Höhe ausführbaren längeren massiven Pfähle gegenüber den kürzeren nur bis zum Grundwasserspiegel

¹⁾ Siehe „Der Tiefbau“, Organ der Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Berlin 1907, Nr. 31. S. 244, sowie „Engineering Record“ 1907.

hinaufreichenden Holzpfählen in der Regel bereits durch die Ersparnis an Grundmauerwerk, Erdaushub und Wasserhaltung wieder aufgehoben werden, im übrigen aber die größere Lebensdauer allein schon ihre Anwendung rechtfertigt.

Die erste Gruppe von Lösungen der Aufgabe, Pfähle aus dem neuen Baustoffe herzustellen, umfaßt die Eisenbetonpfähle oder Piloten, welche in besonderen Schalkästen angefertigt, zur Baustelle gefördert und daselbst genau so wie die Holzpfähle eingerammt werden. Ihnen gegenüber steht die zweite Gruppe, welche die Errungenschaften der allerneuesten Zeit umfaßt, nämlich die sogenannten Betonpfähle oder Pfeiler. Für diese wird zumeist mittelst eines Rohres an Ort und Stelle ein Loch im Erdboden hergestellt und dieses sodann unter Rammen mit Beton ausgefüllt und zwar in der Regel ohne Verwendung von Eiseneinlagen.

Die Eisenbetonpfähle wurden nach dem Vorbild der Eisenbetonsäulen im Hochbau zuerst aufrecht stehend hergestellt, während sie heute meist in wagerechter Lage gestampft werden. Die Längsarmierung mit Rundeisen hat meist nur den Zweck, dem Ausknicken beim Rammen vorzubeugen und die Biegungsbeanspruchungen aufzunehmen, welche beim Transport entstehen können. Von größter Wichtigkeit für die Haltbarkeit der Pfähle während des Rammens ist jedoch die sorgfältige Ausbildung der Querverbindungen oder Bügel, ferner auch der Jungfer und der Schlaghaube, die zur Verhütung des Absplitterns am Pfahlkopfe dienen sollen. Besondere Sorgfalt erfordert endlich die Ausbildung des Pfahlschuhes, der wohl auch mit einer Spülvorrichtung versehen wird.

Schon aus dieser kurzen Darlegung erkennt man, daß ein solcher Pfahl einen recht komplizierten Eisenbetonkörper bildet, dessen Herstellung nur von gut geschulten Arbeitern und unter Verwendung der größten Sorgfalt erfolgen sollte. Außerdem fallen auch die Kosten für die Schalung, die umfangreichen Lagerplätze, der Transport der schweren Pfähle und ihre umständliche Hantierung besonders im Hochbau, sowie die teuren, aber unbedingt notwendigen Eiseneinlagen sehr ungünstig ins Gewicht. Da jedoch die Pfähle im Bauwerk in den seltensten Fällen auf Biegung beansprucht werden, sondern meist nur Druckkräfte in der Längsrichtung aufzunehmen haben, sind die Eiseneinlagen für den endgiltigen Zustand der Pfähle im Bauwerk in der Regel durchaus nicht erforderlich.¹⁾ Es müssen aber notwendigerweise diese Eisen angeordnet werden, um die Pfähle zu befähigen, die außerordentlich großen Beanspruchungen während des Rammens auszuhalten. Sie haben folglich nur eine vorübergehende Bedeutung, verbleiben aber dauernd in den Pfählen, in festem Verbunde mit dem Beton, sodaß man sie nicht wiederzugewinnen vermag. Im Gegensatz zu dem allgemein gültigen Grundsatz, daß wichtige tragende Bauteile auch bei vorübergehender Belastung während des Baues nicht wesentlich stärker als bis zur größten zulässigen Spannung beansprucht werden dürfen, treten bei diesen Pfählen während des Rammens sicherlich Beanspruchungen auf, die ganz erheblich größer sind und daher leicht im Beton selbst auch bleibende und nicht ohne weiteres erkennbare Nachteile für die Tragfähigkeit des Betons hervorrufen können. Der wesentlichste Nachteil dieser Eisenbetonpfähle besteht jedoch in der langen Erhärtungsdauer, die je nach der Jahreszeit und Witterung zwei bis drei Monate, mindestens aber sechs Wochen betragen soll. Diese Zeit der Erhärtung ist bekanntlich von größtem Einfluß auf die Festigkeit der Pfähle und darf daher keinesfalls zu kurz bemessen werden. Da aber solche Pfähle kaum in ausreichender Menge auf Lager gehalten werden können und bei einem Bau stets mit den Gründungsarbeiten begonnen werden muß, häufig jedoch die Notwendigkeit einer Verstärkung des Baugrundes durch Pfähle erst während dieser Arbeiten erkannt wird, so ist

¹⁾ Vergl. die Darlegungen auf Seite 16 u. 17.

es dann oft mit den größten Verlusten verknüpft, Wochen und Monate warten zu müssen, bis die zu verwendenden Eisenbetonpfähle genügend erhärtet sind.

Wenn auch zuzugeben ist, daß die Eisenbetonpfähle auch künftighin für gewisse Fälle, z. B. im Wasserbau, ihre Bedeutung behalten werden, so entstand doch das Bedürfnis, für die Pfähle aus Beton oder Eisenbeton eine Herstellungsweise zu ersinnen, welche die soeben geschilderten Nachteile der gerammten Eisenbetonpfähle vermeidet. Das neue Verfahren mußte gleichzeitig möglichst einfach und wirtschaftlich sein und erforderlichen Falles nur einer äußerst sparsamen Verwendung von Eiseneinlagen bedürfen. Diese Aufgabe führte zur Erfindung der verschiedenen Arten der sogenannten Betonpfähle oder Pfeiler, denen allen der Grundgedanke gemeinsam ist, daß für den Pfahl ein Loch im Erdboden erzeugt und dieses sodann mit Beton ausgestampft wird. Die verschiedenen angewendeten Systeme unterscheiden sich vor allem in der Ausführungsweise des Loches, das bei der einen Gruppe mittelst eines Fallgewichts, bei der anderen unter Verwendung eines Blechrohres hergestellt wird.

Zur ersten Gruppe gehört das bekannte Dulac'sche Verfahren¹⁾, bei welchem ein rd. 15 m hohes Gerüst sowohl zum Rammen wie zum Stampfen der Pfähle dient. Von dieser beträchtlichen Höhe fällt ein rd. 2,0 t schweres konisches Fallgewicht mit 0,80 m oberem Kreisdurchmesser herab und erzeugt im Erdreich ein Loch, welches sodann mittelst eines 1,5 t schweren Stampfgewichtes ausbetoniert wird. Die erreichbare Lochtiefe ist naturgemäß begrenzt, besonders bei Bodenmassen, die leicht nachstürzen. Außerdem geben die starken Erschütterungen auf die vorhandenen benachbarten Bauwerke oder die kurz vorher fertiggestellten Pfähle zu Bedenken Anlaß. Naturgemäß ist bei der Anordnung im Grundriß der kleinste Pfeilerabstand ein begrenzter, was bei der Übertragung hoher Lasten zu Schwierigkeiten führen kann.

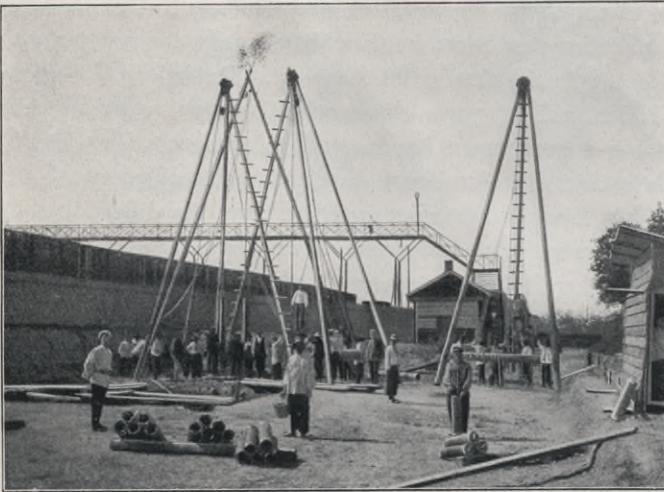


Abb. 1.

Bauplatz einer Straußpfahlgründung mit Bohr- und Betonierungsgeräten.

Die der zweiten Gruppe angehörenden Errungenschaften der letzten Jahre sind durch die Verwendung eines Blechrohres gekennzeichnet, das zur Auslütterung des Pfahlloches dient, um einen Nachsturz der Bodenmassen zu verhindern. Sie unterscheiden sich von einander aber wesentlich in der Art der Herstellung dieses Loches.

Beim Verfahren des Amerikaners Reymund²⁾ wird ein konischer Modellpfahl aus 2 mm starkem Eisenblech eingerammt, mittelst eines besonders ausgebildeten Schlüssels gelüftet und vor dem Betonieren wieder herausgezogen, sodaß ein Nachstürzen der Lochwänden nicht völlig ausgeschlossen ist. Um dieses vollständig zu

¹⁾ Siehe K. E. Hilgard, Schweiz. Bauzeitung, Band XLVII Nr. 8 und Beton und Eisen 1905. Heft 1, S. 13.

²⁾ Vergl. die Gründungsarbeiten für die Marine-Akademie in Anapolis, siehe Beton und Eisen.

vermeiden, wird bei dem Verfahren des Baudirektors Stern in Wien¹⁾ als Modellpfahl ein zylindrisches Rohr mit verstärkter Spitze verwendet, von diesem aber nur der kunstvoll ausgebildete Teil, welcher die Pfahlspitze verstärkt, durch Herausschrauben wieder gewonnen, während das dünnwandige Blechrohr im Boden bleibt, also verloren geht.

Die beiden neuesten in Deutschland eingeführten Verfahren, die Simplexpfähle des Amerikaners Shumann und die Betonpfähle des russischen Ingenieurs Anton Strauß in Kiew sind nun dadurch gekennzeichnet, daß das Blechrohr unter gleichzeitigem Einstampfen des Betons allmählich emporgezogen wird. Während aber bei den Simplexpfählen das Loch durch das Einrammen des mit einer besonders ausgebildeten Spitze versehenen Rohres entsteht, wird bei den Straußpfählen das Pfahlloch in einfachster Weise durch Bohren erzeugt.

Die Straußpfähle können somit als ein einwandfreies Verfahren zur Herstellung von Pfahlgründungen angesehen werden, das sich vor allen anderen durch die größte Einfachheit in der Ausführung und durch Vermeidung aller umständlichen Apparate auszeichnet. Als wesentlicher Vorteil der Straußpfähle ist hervorzuheben, daß nachteilige Einflüsse auf die benachbarten kurz zuvor hergestellten Pfähle, wie sie bei allen eingerammten Betonpfählen zu befürchten sind, ausgeschlossen werden.

Bevor wir einige der zahlreichen seit dem Jahre 1902 erfolgten Ausführungen mit Straußpfählen beschreiben, soll im folgenden Abschnitte etwas näher auf die Eigenart dieses Gründungsverfahrens eingegangen werden.

So einfach auch der Erfindungsgedanke der patentrechtlich geschützten Straußpfähle erscheint, ist doch hier besonders hervorzuheben, daß zur Ausführung derselben eine ganze Reihe von Kunstgriffen erforderlich ist, die nur durch Erfahrungen erlernt werden können. Die Arbeitskräfte müssen nicht nur in der Bohrtechnik, welche den verschiedensten Bodenverhältnissen gerecht werden kann, gut ausgebildet, sondern auch mit der eigenartigen Ausführungsweise des Betonierens völlig vertraut sein.

¹⁾ Siehe O. Stern „Das Problem der Pfahlbelastung“, Berlin 1908.

II. Allgemeines über die Straußpfähle.

Zunächst möge die Herstellungsweise der Straußpfähle kurz erläutert werden. Mittels hoher in der Regel dreibeiniger Böcke (siehe Abb. 1) wird ähnlich wie beim Bohren von Brunnen das Pfahlloch im Erdboden hergestellt und in dasselbe gleichzeitig ein Futterrohr von meist 25 cm Lichtweite eingedreht. Hierauf wird mittels besonders ausgebildeter patentierter Eimer (siehe Abb. 1 und 2) der Beton eingebracht und mit einem Fallgewicht unter gleichzeitigem Ziehen des Rohres kräftig gestampft, sodaß der Beton auch seitlich in die Hohlräume des Bodens eingepreßt wird. Hierdurch bilden sich an dem Pfahle eigenartige Wulste, die je nach der Widerstandsfähigkeit des Bodens verschieden stark sind. In Abb. 2 und 3 ist je ein solcher ausgegrabener Pfahl in aufrechter und in Abb. 4 in umgekehrter Stellung dargestellt. Der auffallend starke Wulst der Abb. 3 von rd. 1 m Stärke entstand beim Bau der katholischen Kirche in Kiew infolge einer sehr wenig widerstandsfähigen Moorschicht des Bodens. (Vergl. Seite 23 u. 24.)



Abb. 2.

Teil eines ausgegrabenen Straußpfahles.



Abb. 3.

Ausgegrabener Straußpfahl von 10 m Länge.

Das geschilderte Herstellungsverfahren zeichnet sich vor anderen Pfahlgründungsarten durch folgende Vorteile aus:

Die Schnelligkeit der Ausführung. Die Anzahl der Bohrstellen kann entsprechend der Größe der Baustelle beliebig vermehrt und die Tagesleistung in hohem Maße gesteigert werden. Es bedarf hier nur der Aufstellung einiger neuer Bohrböcke mit den zugehörigen Sätzen von Bohrgeräten, während bei anderen Verfahren kostspielige Rammaschinen zu beschaffen sind, die häufig eine lange Lieferfrist erfordern und auch schwer zu befördern sind.

Die sofortige Bereitschaft bei auftretendem Bedarf ist besonders hervorzuheben gegenüber Ausführungen mit den bisher bekannten Eisenbetonpfählen, die in besonderen Formen gestampft werden und geraume Zeit erhärten müssen, bevor sie gerammt werden können. (Siehe oben S. 5.)

Das Vermeiden von Erschütterungen. Im Gegensatz zu allen anderen Pfahlgründungsarten wird das Loch nicht durch Rammen, sondern durch Bohren, also fast ohne jegliche Erschütterung hergestellt. Infolge dieses wesentlichen Vorteils haben sich die Straußpfähle häufig schon als sicherstes und einziges Mittel beim Unterfangen und Stützen von Bauwerken bewährt, für die das ständige Nachgeben des Baugrundes und das Auftreten starker Risse den baldigen Einsturz be-



Abb. 4.
Ausgegrabener Straußpfahl in umgekehrter Stellung.



Abb. 5.
Ausführung von Straußpfählen in einem nur 2,3 m hohen Kellergeschoß.



Abb. 6.

fürchten ließen. (Vergl. u. a. das Beispiel für die Gründung der Brücke in Rowno S. 28, sowie des Direktionsgebäudes für die S. W. Staatsbahnverwaltung in Kiew. S. 22.)

Selbst unter den beschränktsten Höhenverhältnissen ist die Ausführung möglich. Wie Abb. 5 zeigt, ist selbst in einem Kellergeschoß von nur 2,30 m lichter

Höhe das Bohren und Stampfen von beliebig langen Straußpfählen noch ausführbar, während das Rammen von Eisenbetonpfählen oder ein sonstiges Verfahren in diesem Falle völlig ausgeschlossen ist.

Die Ausführung von Schrägpfählen, die wie z. B. bei der Gründung des Hauses Horodetzky (s. S. 25) unter 1 : 4 und bei der

Brücke in Härtnagel (s. Abschn. IV) fast unter 1 : 1 geneigt sein können, bietet wegen der Möglichkeit, in fast jeder beliebigen Richtung zu bohren, weit weniger Schwierigkeiten wie das Rammen von Schrägpfählen.

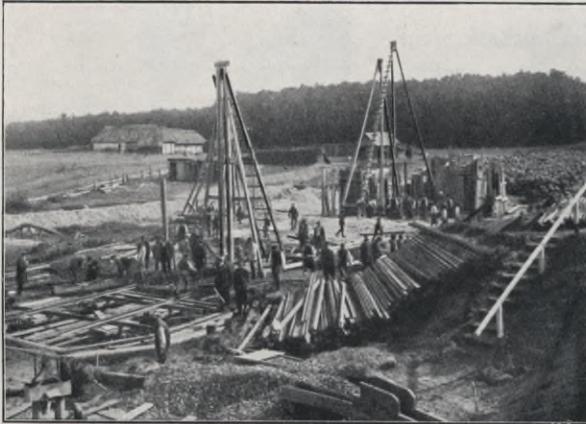


Abb. 7.
Belastungsprobe.

Die sichere Tragfähigkeit ist selbst bei schlechtestem Baugrund gewährleistet. Da der Beton solange in das Bohrloch eingestampft wird, bis ein meßbares Zusammenpressen nicht mehr eintritt, wird in eine nachgiebigere Bodenschicht mehr Betonmasse eingepreßt, als in eine gleichhohe festere Schicht. Durch den so erhöhten Arbeitsaufwand entsteht eine größere Verdichtung der weniger

widerstandsfähigen Schichten und damit ein Pfahl, der auf seine ganze Länge eine möglichst gleiche Tragfähigkeit besitzt.

Die Anwendung erscheint unter allen Verhältnissen erfolgreich. Während sich bei den anderen Gründungsarten den Rammarbeiten oft unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen, falls man z. B. auf Holzstämmen oder Steine trifft, können bei dem Straußschen Verfahren solche Hindernisse, sowie auch Zwischenschichten von härtestem Boden, erforderlichen Falles durchbohrt werden. (Vergl. u. a. die Gründung für das Empfangsgebäude des Bahnhofes Odessa-Port am Ufer des schwarzen Meeres, S. 23.)

Auch das Auftreten von Grundwasser bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Selbst dann, wenn die Pfähle unmittelbar in das Wasser zu stehen kommen, wie in Flußläufen, Mooren und Seen, ist das Verfahren ausführbar.

Einen wertvollen Aufschluß über die Beschaffenheit der Bodenarten erhält man für jeden einzelnen Pfahl zunächst durch die Bohrlöcher, ferner aber auch durch Feststellung der Menge des für eine Längeneinheit eingestampften Betons, sodaß man sich über die Tragfähigkeit der verschiedenen Schichten ein klares Bild verschaffen kann. Aus diesen gemessenen Größen lassen sich, wie Abb. 6 zeigt, die Stärkenabmessungen eines jeden Pfahles, welche für die Preßbarkeit der einzelnen Schichten maßgebend sind, nachträglich aufzeichnen.

Die größte Sparsamkeit bez. der auszuführenden Pfahllänge wird dadurch gewährleistet, daß in jedem einzelnen Falle und bis zu der bestimmten tragfähigen Schicht gebohrt und sodann betoniert wird. Da in der Regel diese Schicht nicht genau parallel zum Gelände, sondern oft sehr unregelmäßig verläuft, so kommt es bei den einzurammenden Eisenbetonpfählen häufig vor, daß die von vornherein für eine große Anzahl von Pfählen im voraus angenommene Länge zu kurz oder zu reichlich bemessen ist. Eine nachträgliche Verlängerung zu kurzer Pfähle ist oft nur mit großem Zeitverlust möglich und mitunter nahezu ausgeschlossen, während eine zu große Länge der Pfähle als Ver-

schwendung bezeichnet werden muß. Beim Bohren der Straußpfähle bereitet es dagegen keinerlei Schwierigkeiten, das Bohrloch nur bis zur tragfähigen Schicht aber auch unbedingt bis zu dieser Tiefe auszuführen. Mit der weitgehendsten Zuverlässigkeit ist daher auch die größte Sparsamkeit verbunden.

Die Ausführungskosten stellen sich verhältnismäßig gering infolge der Einfachheit und Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

Das Anwendungsgebiet der Straußpfähle, sei es mit oder ohne Eiseneinlagen, umfaßt alle vorkommenden Aufgaben für Gründungen im Hoch- und Tiefbau, wie die Ausführungsbeispiele der letzten Abschnitte beweisen. Seit dem Jahre 1902 sind u. a. in Rußland rund 2400 Pfähle mit insgesamt 16000 lfd. m Länge ausgeführt worden, und zwar für Straßen- und Eisenbahnbrücken, Bahnhofsbauten, Hafengebäuden, Kirchen- und Privatbauten, wie unter anderen die amtlichen Zeugnisse des russischen Verkehrsministeriums, der Wegekommunikations-Verwaltung und anderer Behörden bestätigen.

In Deutschland ist das Verfahren seit dem Jahre 1907 durch die Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G. eingeführt, welche bereits in einem Jahre gegen 1600 Pfähle mit rd. 12200 lfd. m Länge für verschiedene Gründungen u. a. in Nürnberg, Lindau, Ulm, Straßburg, Coburg, Kiel, Potsdam, Zwickau i. Sa. vollendet bez. zur Ausführung übernommen hat (siehe den letzten Abschnitt).

Auch Straußpfähle mit Eiseneinlagen sind bereits ausgeführt worden (vergl. Wohnhaus Böckler in Nürnberg und die Plattengründung mit schwebender Pilotage für die Eisenbahnunterführung in Lindau am Bodensee, Abschn. IV).

Die besonderen Vorteile, welche die Straußpfähle vor allen einzurammenden Holz- oder Eisenbetonpfählen auszeichnen, bestehen darin, daß bei ihnen alle Ungleichmäßigkeiten des Bodens benutzt werden, um die Reibung des Pfahlmantels gegen die umgebenden Bodenschichten zu vergrößern, wogegen bei sämtlichen eingerammten Pfählen sich diese Unebenheiten durch das Hinabtreiben des Pfahlkörpers ausgleichen und die Rauheit des Bodens unwirksam gemacht wird.

Für die Erkenntnis der eigenartigen Wirkung der Straußpfähle ist eine Reihe von Versuchen wertvoll, welche unter der Leitung des Ingenieurs Wischnitzky in Kiew gelegentlich des Baues der Ikwa-Brücke bei Stat. 2,0 Werst der Kremenitzer Linie der Kais.



Abb. 8.
Belastungsprobe.

Süd-West-Staatsbahn (vergl. Seite 27 u. 28) ausgeführt wurden. Als Versuchsort wurde eine zum Teil überschwemmte Wiese dicht am Ikwa-Fluß gewählt, deren Boden vollständig vom Wasser durchtränkt war. Unter der Humusschicht von 0,60 bis 0,90 m Höhe befand sich eine rd. 5,5 m starke Ablagerung von Torf und Flußschlamm, worauf in größerer Tiefe Schwemmsandboden folgte. Die Versuchspfähle wurden in 2 verschiedenen Längen

hergestellt. Die einen von 8,52 m Länge waren bis zu dem einigermaßen tragfähigen Sandboden geführt; die anderen dagegen von nur 4,26 m Länge erreichten denselben nicht, sondern hingen gewissermaßen auf ihrer ganzen Länge im Torfboden. Es ergab sich somit ein Vergleich zwischen der sogenannten festen und der schwebenden Pfahlgründung.

Außerdem wurde noch ein Parallelversuch mit 2 Holzpählen von rd. 27 cm Durchmesser durchgeführt, deren Länge ebenfalls 4,26 m und 8,52 m betrug. Der Bohrdurchmesser der Straußpfähle war 25 cm, das Mischungsverhältnis 1 Teil Zement, 3 Teile Kiessand, 5 Teile Granitsteinschlag bis rd. 3 cm Korngröße.

Nach einer dreimonatlichen Erhärtungsdauer während des Sommers fand im Herbst 1903 die Belastungsprobe statt und zwar zunächst durch ruhende und sodann durch dynamische Belastung.

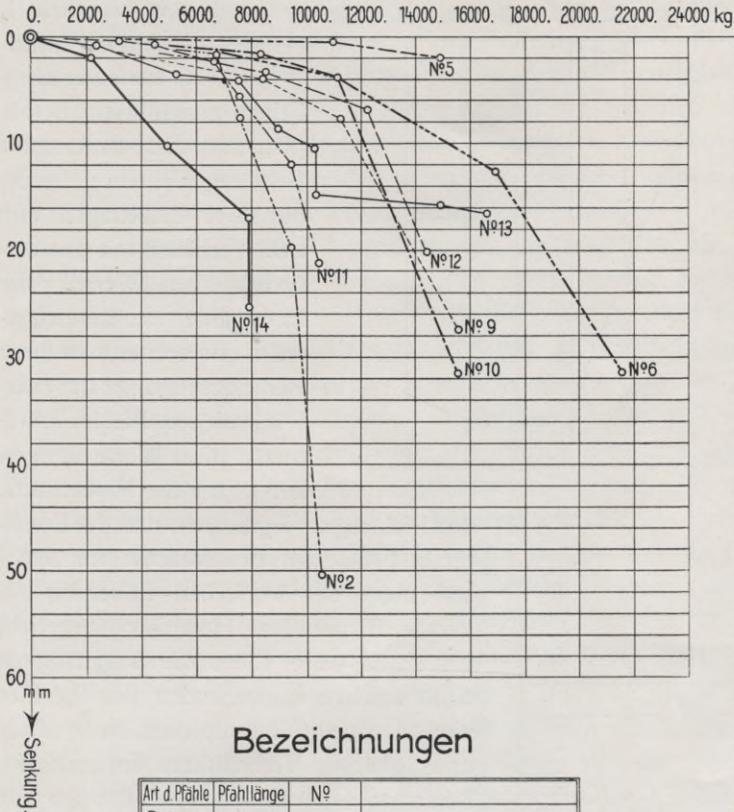
A. Bei der ruhenden Belastung wurden mehrere gekreuzte Lagen von Eisenbahnschienen auf den Pfahl aufgebracht (Abb. 7 und 8) und durch einen zweiarmigen Hebel eine fünffache Übersetzung erzielt. Die Versuchsergebnisse sind in Übersicht I zusammengestellt, wobei die gleichartigen Pfähle gruppenweise zusammengefaßt wurden.

Übersicht I.

Nr.	Baustoff des Pfahles	Länge in m	Mantelrohr- Durchmesser in cm	Pfahl- Durchmesser in cm	Pfahl- Querschnitt in qcm	Größte Versuchslast	
						auf d. Pfahl in kg	auf 1 qcm Querschnitt in kg
I. Im Torfboden schwebende Pfähle.							
9	Beton	4,26	25	rd. 32	813	15 500	19,1
10	„	4,26	25	„ 31	741	15 500	20,9
12	„	4,26	25	„ 32	813	14 290	17,6
11	Beton	4,26	25	rd. 36	1032	10 570	10,2
2	„	5,75	25	„ 35	954	10 570	11,1
14	Holz	4,26	—	rd. 27	570	7 850	13,7
II. Auf Schwemmsand stehende Pfähle.							
5	Beton	8,52	25	rd. 32	813	14 740	18,1
6	„	8,52	25	„ 36	994	21 460	21,6
13	Holz	8,52	—	rd. 27	570	16 510	28,82

In der zeichnerischen Darstellung (Abb. 9) sind die Pfahlbelastungen in Kilogramm als Abscissen und die entsprechenden Einsenkungen in Millimeter als Ordinaten aufgetragen.

Diese Zusammenstellung läßt zunächst für den Verlauf der Pfahlsenkungen von Nr. 9, 10 und 12 eine befriedigende Übereinstimmung erkennen, im Gegensatz zu den beiden Pfählen Nr. 2 und 11, die nach den erzielten größeren Pfahldurchmessern (vergl. Übersicht I) zu schließen, vermutlich auf Boden von erheblich geringerer Widerstandsfähigkeit standen. Zum anschaulicheren Vergleiche wurde in Abb. 10 eine dieser Linien und zwar die für den Betonpfahl Nr. 10, sowie die Linie des gleichlangen Holzpahles Nr. 14 unter Vernachlässigung der unwesentlichen Zwischenpunkte aufgetragen. Man sieht daraus, daß diese Linien annähernd durch 2 Gerade mit den Brechpunkten I und II bez. I' und II' zu ersetzen sind. Diesen beiden Geraden entsprechend, könnte man somit in der Regel zwei Belastungsstadien unterscheiden. Im ersten Stadium nehmen die Senkungen mit steigender Pfahlbelastung



Bezeichnungen

Art d. Pfähle	Pfahlänge	Nº
Beton-Pfähle.	8,52 m	6.
	8,52 "	5.
	4,26 "	9,12 u.10.
	4,26 u. 5,75 m	11 u.2.
Holz-Pfähle.	8,52 u. 4,26 m	13 u.14.

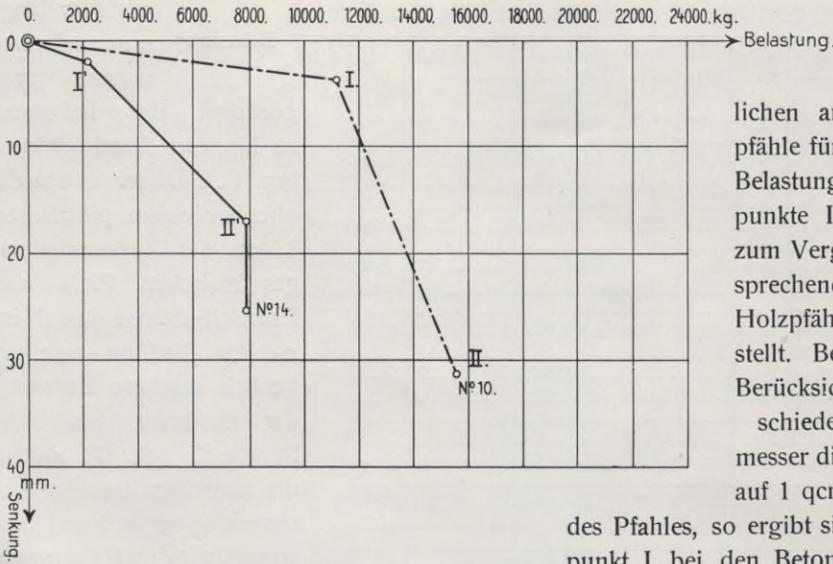
Abb. 9.

Senkungslinien der Pfähle bei den Belastungsproben an der Ikwa-Brücke.

nur sehr langsam und zwar nahezu proportional der Belastung zu bis zum Brechpunkte I bez. I'. Dieser entspricht offenbar einem plötzlichen Lösen des Zusammenhanges zwischen Pfahl und Erdreich, da von nun ab im zweiten Stadium eine erheblich raschere Zunahme der Senkung bis zum Punkte II bez. II' eintritt, die allerdings weniger gesetzmäßig verläuft und hier angenähert durch die zweite Gerade ersetzt ist. Wie nun z. B. die Proportionalitätsgrenze in der Arbeitskurve des Flußeisens als Anhalt zur Festsetzung der zulässigen Beanspruchung dieses Baustoffes dient, könnte man hier in ähnlicher Weise vom Brechpunkt I und I' ausgehen, um die zulässige Pfahlbelastung zu bestimmen, die je nach der Art und dem Zweck des Bauwerkes zu zwei Drittel oder auch zur Hälfte der Belastung bei diesen Brechpunkten anzunehmen wäre.

Übersicht II.

Baustoff	Länge in m	Mittlerer Pfahldurchmesser in cm	Belastung beim Brechpunkt I in kg auf			Verhältnis rd.
			1 Pfahl	1 lfd. m Pfahl	1 qcm Längsfläche	
Beton	4,26	rd. 33	9 420	2 210	0,210	} 4 : 1
Holz	4,26	„ 27	1 970	460	0,055	
Beton	8,52	rd. 34	16 870	1 980	0,202	} 2 : 1
Holz	8,52	„ 27	7 210	850	0,100	



Bezeichnungen

Pfahlart	Pfahllänge	Nº
Betonpfahl	4,26 m	10
Holzpfahl	4,26 m	14

Abb. 10.

Typischer Verlauf von Pfahlsenkungslinien.

In Übersicht II sind die Mittelwerte der sämtlichen angeführten Betonpfähle für diese bedeutsame Belastung beim Brechpunkte I eingetragen und zum Vergleich mit den entsprechenden Werten der Holzpfähle zusammengestellt. Berechnet man unter Berücksichtigung der verschiedenen Pfahldurchmesser diese Werte bezogen auf 1 qcm der Mantelfläche

des Pfahles, so ergibt sich, daß der Brechpunkt I bei den Betonpfählen im Mittel erst unter der vierfachen Belastung im Vergleich mit den Holzpfählen erreicht wird. Es wäre somit die Tragfähigkeit eines solchen schwebenden Betonpfahles viermal so groß, als die eines Holzpfahles unter gleichen Verhältnissen anzunehmen. Bemerkenswert ist ferner, daß selbst für die längeren Pfähle, welche den tragfähigen

Boden erreichen, dieses Verhältnis immer noch rd. 2:1 beträgt. Das Ergebnis der statischen Belastung bei diesen Versuchen beweist somit, daß der Vorteil der Straußpfähle gegenüber den Holzpfählen vor allem in der innigen Verbindung des Pfahles mit dem umgebenden weichen Boden besteht, woraus sich die vierfache Tragfähigkeit der in der Schlammschicht schwebenden und die doppelte der auf dem Schwemmsand stehenden Pfähle erklärt.

B. Die dynamische Belastung, der insgesamt 5 Beton- und 2 Holzpfähle unterzogen wurden, erfolgte mittels eines rd. 570 kg schweren Rammhäres, dessen Fallhöhe ebenso wie die Pfahlsenkung gemessen wurde. Zur gleichmäßigen Übertragung des Schlages auf den Pfahlkopf wurde ein hölzernes Polster untergelegt. Die beobachteten Werte sind in Übersicht III eingetragen.

Übersicht III.

Nr.	Baustoff des Pfahles	Länge in m	Mantelrohr-Durchmesser in cm	Pfahl-Durchmesser	Pfahl-Querschnitt in qcm	Senkung von einem Schlage in mm	Pfahl-Gewicht in kg	Rammhärbärhebung in m	Leistung von einem Schlage in m/kg	Senkung in mm infolge der Rammleistung von 1 tm
9	Beton	4,26	25	rd. 0,32	814	1,1	880	1,60	920	1,2
1	„	4,56	25	„ 0,33	857	1,3	980	1,60	920	1,4
2	„	5,75	25	„ 0,35	954	1,6	1380	1,60	920	1,7
3	„	6,39	25	„ 0,37	1077	1,1	1700	1,60	920	1,2
4	„	7,88	25	„ 0,36	993	1,7	1930	1,60	920	1,8
14	Holz	4,26	—	„ 0,27	570	26,6	160	1,10	610	44,3
13	„	8,52	—	„ 0,27	570	8,5	330	1,50	855	9,4

Bei diesen Rammversuchen beobachtete man die bekannte Erscheinung, daß der gesamte Moorboden auf eine beträchtliche Entfernung in deutlich bemerkbare Schwankungen geriet und zwar bei den Betonpfählen in viel höherem Maße als bei den Holzpfählen. Besonders stark waren diese Schwankungen beim Rammen der kurzen Betonpfähle. Infolge dieser Federung des Bodens¹⁾ trat außer der in Übersicht III eingetragenen bleibenden Senkung jeweilig auch eine nicht gemessene elastische Senkung ein, sodaß die lebendige Kraft des Rammens in die beiden Arten einer elastischen und einer bleibenden Arbeitsleistung umgesetzt wurde. Vergleicht man die Werte für die in Übersicht III zusammengestellte bleibende Senkung der einzelnen Pfähle infolge der Rammleistung von 1 tm, so ergibt sich, — abgesehen von dem besonders starken Pfahl Nr. 3, der, wie aus den erzeugten größeren Durchmesser zu schließen ist, wahrscheinlich in weniger widerstandsfähigem Boden stand — daß die spezifische Senkung um so größer wird, je länger der Pfahl ist. Diese zunächst auffallende Erscheinung, erklärt sich wohl am einfachsten dadurch, daß infolge der innigen Verbindung der Betonpfähle mit dem Erdreich bei den kurzen Pfählen ein größerer Teil der Ramm-Energie in elastische Arbeit des mitschwingenden Moorbodens umgesetzt und nur ein kleinerer Rest für die bleibende Pfahlsenkung wirksam wird, wogegen die längeren Pfähle, welche in den festeren Boden hinabreichen und in diesem festgehalten werden, naturgemäß weniger federn. Bei den Holzpfählen ist die bleibende Senkung wesentlich größer. Sie erreicht bei den kurzen Pfählen das rd. 30fache und bei den langen Pfählen das rd. 5fache der Werte für die Betonpfähle.

Dieser dynamische Versuch zeigt somit noch deutlicher als die statische Belastungsprobe, daß die Straußpfähle im Gegensatz zu den Holzpfählen eine äußerst innige Verbindung mit dem Erdreich eingehen. Sie eignen sich daher besonders für die Verwendung bei der Plattengründung und der sogen. schwebenden Pilotage. Falls in abschbarer Tiefe kein tragfähiger Boden erreicht wird, gilt allgemein die Gründung mittels einer Eisenbetonplatte bekanntlich als das günstigste Verfahren, das vor allem den Vorzug niedriger Kosten infolge des geringen Erdaushubes und einer möglichst gleichmäßigen Druckverteilung auf den Boden gewährt. Wie jedoch Baudirektor Stern in Beton und Eisen 1907 S. 1 berichtet, haben sich in Wirklichkeit recht bedenkliche Nachteile dieser Ausführungsart gezeigt. Beim Bau von Wohnhäusern in der Schönburgergasse in Wien wurde eine solche eisen-armierte Betonplatte von 1,5 m Stärke auf einer mehr als 12 m tiefen Aufschüttung der Lehmgrube eines früheren Ziegelwerkes ausgeführt. Schon während des Baues beobachtete man Abweichungen der Umfassungsmauern aus dem Lote, wobei sich schließlich als Abstand des Hauptsimses von der Baufucht 0,15 m und bei später ausgeführten Nachbargebäuden sogar 0,35 m ergab. Die Ursache bestand, wie Stern darlegt, offenbar darin, daß die Platte ähnlich wie ein Holzfloß auf dem Wasser wirkte und z. B. auf der stärker belasteten Rückseite des Gebäudes unter dem schweren Treppenhaus infolge der Nachgiebigkeit des Bodens auch mehr als an den übrigen Seiten einsank.

Ähnliche Erfahrungen führten bekanntlich die Erbauer der amerikanischen Wolkenkratzer zu der Vorsichtsmaßregel, diese Bauwerke ebenso wie ein schwimmendes Fahrzeug durch geeignete Verteilung der Lasten sorgfältig auszubalanzieren.

Ein einfacheres Mittel besteht aber darin, daß man an den stärker belasteten Stellen Pfähle anordnet und deren Köpfe fest mit der Platte verbindet. Da diese Pfähle den

¹⁾ Auf ähnlichen Versuchen beruhen auch die Beobachtungen, daß es im Moorboden häufig nicht gelingt, Holzpfähle durch langsames Rammen einzutreiben, sondern nur durch eine Reihe von rasch aufeinander folgenden Rammschlägen wie z. B. mit der bekannten Lewickischen Dampf-ramme. Ein anderes Mittel wäre in einem solchen Falle eine beständig wachsende ruhende Belastung.

tragfähigen Boden meist nicht erreichen, nennt man sie auch „schwebende Pilotage.“ In sparsamster Weise können dann die Pfähle zur Vermeidung von einseitigen Setzungen nur an den Stellen der größten Belastung angeordnet werden, sodaß der Boden dort besser verdichtet und eine örtliche Überschreitung des im besonderen Falle zulässigen, äußerst geringen Bodendruckes sicher vermieden wird. Nach den angeführten Versuchsergebnissen sind aber die Straußpfähle für diesen Zweck ganz besonders geeignet.

Endlich sei hier noch ein Versuch erwähnt, der zwar selbst von untergeordneter Bedeutung ist, jedoch Veranlassung zur Beurteilung der wichtigen Fragen gibt, ob bei einem Betonpfahle Eisen-Einlagen erforderlich sind oder nicht.

Gelegentlich der Ausführung von Straußpfählen für die Gründung des Gebäudes der Güterverwaltung Kiew I (vergl. Seite 21) wurde an einem infolge einer nachträglichen Planänderung wieder freigelegten Pfahl (s. Abb. 11) ein Versuch vorgenommen, um die Biegezugfestigkeit eines solchen nicht armierten Betonpfahles zu prüfen. Am Pfahlkopfe ließ man nach Abb. 12 mittels einer Rolle A und der zu belastenden Wagschale B eine wagrechte Zugkraft angreifen, während der untere Teil des Pfahles auf rund die Hälfte seiner Länge im Erdreich stand. Die Zahlenergebnisse dieses Versuches sind wegen der Unklarheit betreffs der Größe und Angriffsstelle des passiven Erddruckes bei C und D und somit der Bestimmung der Einspannung des Pfahles im Erdreich und der Biegemomente für die Praxis allerdings nicht einwandfrei zu verwerten, um so weniger als in Wirklichkeit die etwaigen wagrechten Kräfte meist nicht wie hier beim Versuche stetig und langsam bis zu ihrem Größtwerte wachsen, sondern häufig stoßweise wirken. Aus diesen Gründen wurde auch von der behördlichen Kommission, die diesem Versuche beiwohnte, nur die Hälfte der aus der Bruchlast ermittelten Biegebeanspruchung und zwar rd. 35 kg/qcm als die für die Beurteilung verwertbare Bruchspannung eines solchen Pfahles festgesetzt, ein Wert, der auch den sonst üblichen bekannten Zahlen für die Biegebeanspruchung von nicht armierten Betonkörpern entspricht.¹⁾ Der Bruch erfolgte an der Stelle C, die sich um rd. $\frac{1}{4}$ der Einspannungslänge unter der Oberfläche befindet. Da jedoch die Lage dieser Bruchstelle und somit auch die Größe der zulässigen Bruchlast, welche bei einer vorgeschriebenen Biegebeanspruchung am Pfahlkopfe angreifen dürfte, von der Beschaffenheit des Bodens wesentlich



Abb. 11.

Abb. 12. Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus. Ein Pfahl ist vertikal dargestellt. Der obere Teil ist 3,5 m hoch und endet an einer Rolle A. Eine Wagschale B ist an der Rolle A befestigt. Der untere Teil des Pfahles ist 4,0 m im Erdreich verankert. Die Bruchstelle C ist 1,0 m unter der Oberfläche markiert. Die Einspannungslänge D ist ebenfalls 4,0 m angegeben.

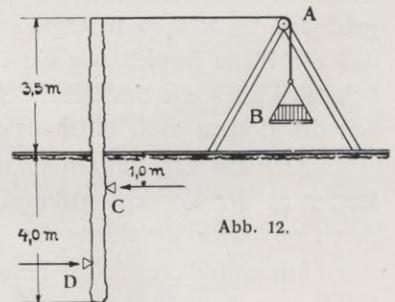


Abb. 12.

¹⁾ Vergl. z. V. Spitzer-Hanisch, Zeitschr. des Österr. Arch. und Ing. Vereins 1901. S. 665.

abhängt, können naturgemäß aus solchen Einzelbeobachtungen niemals allgemein gültige Zahlen hergeleitet werden. Dies trifft umso mehr zu, als in den meisten Fällen der Boden sich aus verschiedenen ihrer Widerstandsfähigkeit nach wechselnden Schichten zusammensetzt.

Aus der Beobachtung dieses Versuches nach Abb. 12 erkennt man aber auch, daß eine Erhöhung der Biegezugfestigkeit der Pfähle durch Einlegen von Eisen in den Beton nur dann einen Zweck hat, wenn der Boden so fest ist, daß er die Stützendrücke bei C und D, welche bei den rechnerisch angenommenen Biegebeanspruchungen entstehen müssen, aufzunehmen vermag. Bei weichem Boden würde ein Nachgeben der Stützen C und D eintreten, bevor die Biegezugfestigkeit ausgenutzt werden kann. Die bei diesem Versuche bestätigte übliche Biegezugfestigkeit der Betonkörper wird daher für die auftretenden Seitenkräfte in der Regel völlig ausreichen. Eine Verstärkung der Pfähle durch Eiseneinlagen ist somit verhältnismäßig nur selten erforderlich, umso mehr als man in wichtigen Fällen stets die Vorsichtsmaßregel anwendet, bei nicht senkrecht wirkenden Kräften die Pfahlachse durch Schrägstellung mit der Krafrichtung möglichst zusammenfallen zu lassen.

Zum Schluß sei noch kurz die theoretische Seite der Betonpfähle gestreift.

Seit mehr als einem Jahrhundert haben sich Naturforscher und Ingenieure bemüht, die Frage der Tragfähigkeit eines Pfahles durch Aufstellung sogenannter Rammformeln zu lösen. Und doch muß zugestanden werden, daß seit den Arbeiten von Lambert, Eytelwein und Hagen¹⁾ kein merklicher Fortschritt auf diesem Gebiete der Ingenieur-Wissenschaften zu verzeichnen ist. Erst seit der neuesten Zeit, in welcher die Eisenbeton- und Betonpfähle das Augenmerk stark auf sich lenken, sind rüstige Versuche unternommen worden, mit theoretischer Gründlichkeit an diese Frage heranzutreten, wie die Arbeiten von Oberbaurat Krapf: „Formeln und Versuche über die Tragfähigkeit eingerammter Pfähle“, (Leipzig 1906) und Ottokar Stern: „Das Problem der Pfahlbelastung“ (Berlin 1908) beweisen. Aber auch diese Arbeiten haben nicht die ungeteilte Zustimmung der Fachgenossen gefunden.

Die Ursache des jahrhundertlangen Stillstandes auf diesem Gebiete mag weniger in der Verachtung der „Zimmermannsarbeit des Rammens“ liegen, wie Stern meint, sondern in der tatsächlichen Schwierigkeit der Aufgabe. Auf den anderen Gebieten der Statik ist es verhältnismäßig leicht, sich z. B. durch die Wahl eines statisch bestimmten Systems von den Auflagerbedingungen und Bodenverhältnissen frei zu machen oder sich bei statisch unbestimmten Systemen durch die willkürliche Annahme der Auflagerbedingungen über die wirklichen Schwierigkeiten hinwegzusetzen, sodaß eine mathematische klare Aufgabe gestellt und sodann auch gelöst werden kann. Der überraschende Fortschritt auf diesem Gebiete im Laufe des letzten Jahrhunderts ist daher durch die Entwicklung der Mathematik



Abb. 13.

¹⁾ Siehe Lambert: „Sur la fluidité du sable etc.“, Berlin 1772. Eytelwein: „Praktische Anweisung zur Wasserbaukunst“, Berlin 1820 und Hagen: „Handbuch der Wasserbaukunst“, Berlin 1841.

und Statik abgesehen von den Errungenschaften der Baustofflehre leicht zu erklären. Andere Schwierigkeiten bieten sich dagegen bei dem Pfahlproblem. Das System einer Pfahlgründung besteht nicht nur aus dem Pfahl allein, sondern aus den beiden Teilen, dem Pfahle und dem Erdboden. In jedem einzelnen Falle sind die Bodenverhältnisse durch die Natur gegeben und meist von jedem anderen Falle wesentlich verschieden. Es ist daher nur möglich, auf dem Wege der Erfahrung durch zahlreiche und ausdauernde Beobachtungen schrittweise vorwärts zu kommen, sowie durch Sammeln dieser Ergebnisse allmählich einwandfreie Unterlagen für eine empirische Hypothese zu erhalten.

Bei dieser Gelegenheit sei auch noch auf einen scheinbar nebensächlichen Umstand hingewiesen, der jedoch häufig die Ergebnisse von Probelastungen trübt. Bei den meisten Bodenarten, für welche Pfahlgründungen in Betracht kommen, ist beobachtet worden, daß auch dann noch eine weitere Zunahme der Senkung des Probepfahles eintritt, wenn die Last nicht mehr erhöht wird, sondern denselben dauernd gleichbleibend belastet. Ähnlich wie bei der Durchbiegung von Trägern liegt hier der seltene Fall vor, daß die Zeit bei einer statischen Aufgabe eine wesentliche Rolle spielt. Um diesen Einfluß zu berücksichtigen, wäre es streng genommen notwendig, bei jeder Belastungsstufe solange zu warten, bis keine Zunahme der Senkung unter der ruhenden Last mehr auftritt.

Auch zufällig vorhandene Erscheinungen, wie z. B. die Klebrigkeit gewisser Bodenarten, können die richtige Beurteilung der Tragfähigkeit der Pfähle stark beeinträchtigen.

Trotz dieser mannigfaltigen Schwierigkeiten versucht z. B. Stern der Lösung dadurch näher zu kommen, daß er zwischen regelmäßig wirkenden Ursachen des Eindringungswiderstandes (Verdrängung, Reibung und Anhaftung) und zufällig mitwirkender Ursachen (Erddruck, Klebrigkeit) unterscheidet. Als praktische Folgerungen seiner Theorie seien hier nur der Nachweis der Wertlosigkeit von Zugversuchen und die auffallend günstige Wirkung konischer Pfähle angeführt.

Im Anschluß an diese Stern'sche Auffassung könnte man versuchen, sich die Wirkungsweise der Straußpfähle etwa folgendermaßen begreiflich zu machen. Nachdem das Bohrloch hergestellt ist, wird der Beton, wie oben S. 7 dargelegt wurde, durch kräftiges Stampfen eingebracht. Dabei ist der Umstand sehr wesentlich, daß der Pfahldurchmesser erheblich größer wird, als der Rohrdurchmesser war. Es muß folglich eine Bodenverdrängung und somit eine Zusammenpressung des Erdbodens in radialer Richtung, also senkrecht zur Zylinder-Mantelfläche, stattgefunden haben. Man kann also auch bei den Straußpfählen von einem gewissen Verdrängungswiderstand sprechen. Dieser wird bei gleichen Bodenverhältnissen infolge der geleisteten Rammarbeit umso größer, je stärker der Pfahl im Vergleich zum Mantelrohr wurde. Einer beabsichtigten Senkung des Pfahles wirkt sonach vor allem die vom Verdrängungswiderstand abhängige Reibungskraft in der Zylindermantelfläche entgegen und schließlich die Anhaftung des Pfahles am Erdboden.



Abb. 14.

Nach dieser Auffassung wäre somit das wesentliche für die Beurteilung der Tragfähigkeit eines Straußpfahles weniger die Größe der zunächst auffallenden Wulste, als viel-

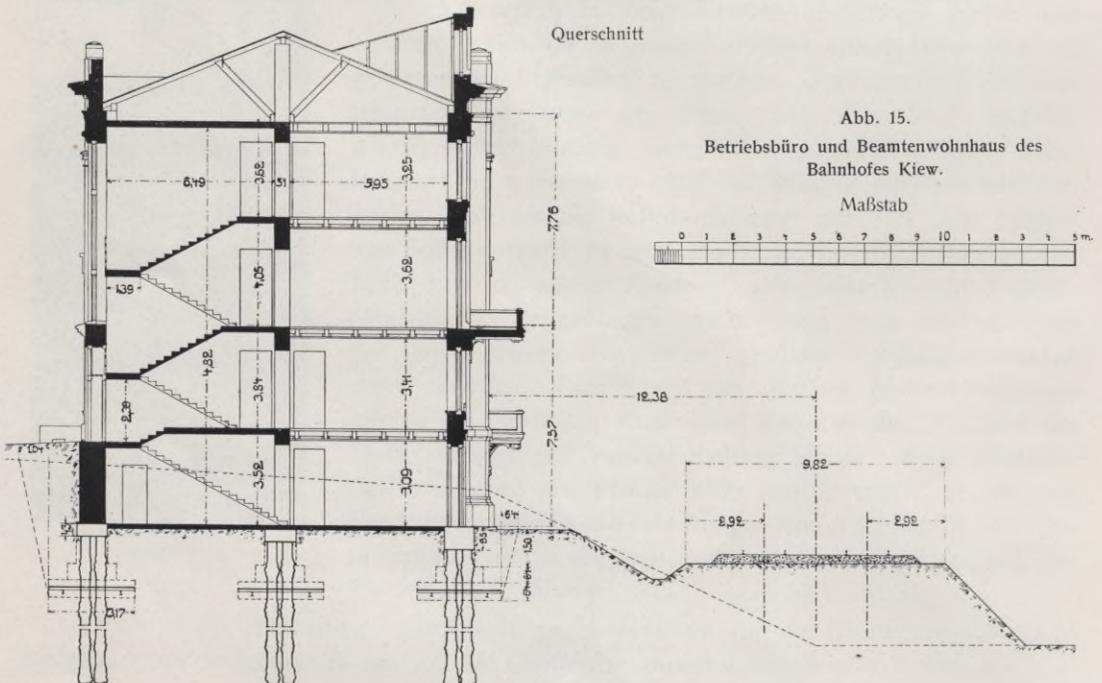
mehr die Vergrößerung des Pfahldurchmessers im Verhältnis zur Widerstandsfähigkeit des Bodens. Es müßte demnach ein Pfahl in durchaus gleichmäßigem, feinem Sandboden, in dem gar keine Veranlassung zur Entstehung von Wulsten vorliegt, sich umso tragfähiger erweisen, je stärker die Vergrößerung des Durchmessers des im übrigen völlig glatten Pfahles ausfällt. Da aber, falls sich die Notwendigkeit einer Pfahlgründung ergibt, in der Regel verschiedenartige weniger tragfähige Schichten vorhanden sind, so werden sich naturgemäß stets Unebenheiten bilden, die sich von der einfachen Rauigkeit des Zylindermantels der Abb. 13 bis zu kräftigen Wulsten der Abb. 14 steigern können, wodurch die Reibung ganz wesentlich erhöht wird.

III.

Ausführungen von Straußpfahl-Gründungen in Rußland.

Beim Bau des Bahnhofes der Süd-West-Staatseisenbahnen in Kiew entstanden bei der Gründung der meisten Gebäude infolge des ungünstigen Baugrundes erhebliche Schwierigkeiten. Eine Reihe von Versuchsbohrungen und vor allem die zahlreichen Bohrlöcher der bei diesen Bauten in großem Umfange angewendeten Straußpfähle ergaben ein klares Bild der geologischen Verhältnisse. Der Bahnhof erstreckt sich über ein Gebiet, welches durchweg aus angeschwemmten Bodenmassen des Flusses Lybed besteht. Unter dem feinen Sande oder den Schuttmassen der Oberfläche trifft man oft Torf- und Schlamm-Schichten von mehreren Metern Stärke. (Vergl. Abb. 6.)

Das vierstöckige **Betriebsbüro** und **Beamtenwohnhaus** des **Bahnhofes Kiew** (siehe Abb. 15) mit einer Länge von 32,0 m sollte unmittelbar neben den Betriebsgleisen erbaut werden. Die Bohrversuche ergaben, daß sich unter einer rd. 4,3 m mächtigen Lehmschicht eine 2,20 m starke Torfablagerung (vergl. Abb. 6) befand. Man verwarf daher die ursprüngliche Planung, die in Abb. 15 durch gestrichelte Linien angedeutet ist. An Stelle der Betonfundamente von mehr als 3,0 m Breite und 2,8 m Tiefe, welche durch einen Altschienen-Rost verstärkt werden sollten, wurden 250 Straußpfähle von rd. 7,0 m Länge ausgeführt. Nach dem bei der Herstellung gemessenen Verbrauch an Beton für



die Längeneinheit des Pfahles zu schließen, haben diese Pfähle den Längsschnitt wie er angenähert in Abb. 6 eingetragen ist.

Die Anwendung von Betonpfählen ermöglichte es, die Gründung des Bauwerkes trotz des Torfbodens ohne Schwierigkeiten auf gutem Baugrund in rd. 7,0 m Tiefe auszuführen. Durch wiederholtes Nivellieren von Höhenmarken, welche an den Pfahlköpfen angebracht waren, zeigte sich, daß keinerlei Setzungen des Gebäudes eintraten.

Bemerkenswert ist hierbei, daß die Gründungskosten für dieses Bauwerk bei der Anwendung von Straußpfählen nicht höher waren, als die Kosten der ursprünglich geplanten durchaus unzureichenden Gründung in 2,8 m Tiefe, weil rd. 1200 cbm Erdaushub, 650 cbm Fundamentbeton und 42000 kg Eisen der Altschienen gespart wurden.

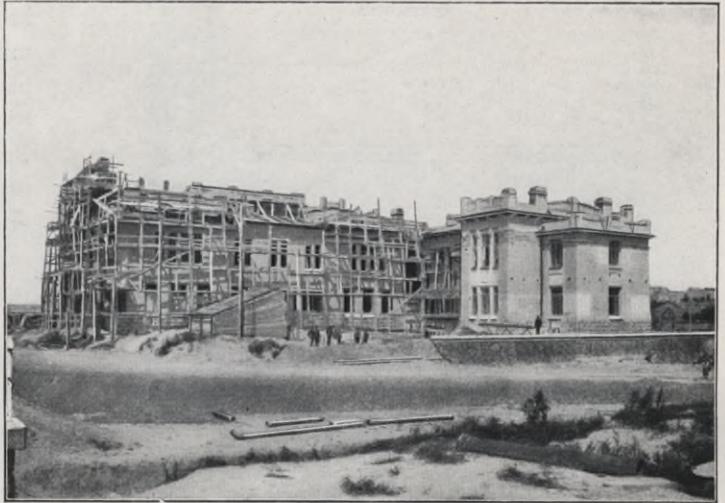


Abb. 16.
Güterverwaltungsgebäude Kiew I.

Das in Abb. 16 und Blatt I und II dargestellte **Gebäude der Güterverwaltung Kiew I** von 65 m Länge und 45 m Tiefe wurde auf 411 Straußpfählen von verschiedener Länge gegründet. Bemerkenswert ist, daß die Straußpfähle ohne jegliche Störung und Verzögerung gleichzeitig mit der allmählich fortschreitenden Aufschüttung des Bodens hergestellt werden konnten. In Abb. 11 ist der Bauplatz dargestellt mit dem oben S. 16 erwähnten Versuchspfahl, der beim Bau des Gebäudes freigelegt wurde, als infolge einer Planänderung die Sohle des Kesselhauses tiefer gelegt werden mußte.

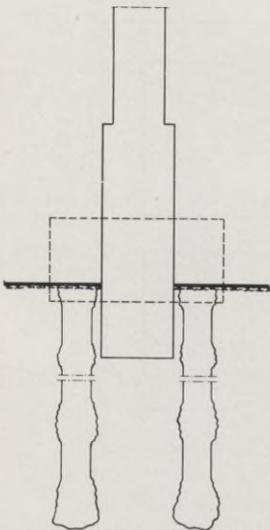


Abb. 17.

Die Stützmauer vor diesem Gebäude wurde auf 125 Straußpfählen gegründet. Eigenartig ist die Ausbildung der Beton-Fundamente. In Abständen von 4,0 bis 5,0 m wurde der die Pfahlköpfe verbindende Betonkörper (s. Schnitt CD auf Blatt II) senkrecht zur Mauerfläche nach rückwärts durch Ansätze vergrößert, welche ebenfalls durch Straußpfähle gestützt sind. Da unter der Mauer nur eine Reihe von Pfählen steht, wäre ohne diese Ansätze ein Kanten der gesamten Pfahlreihe zu fürchten gewesen. An diesen Stellen wird ähnlich wie bei den Winkelstützmauern aus Eisenbeton durch die Auflast der Erde die Mittelkraft in der Bodenfuge von der Vorderkante der Gründungkörper genügend nach rückwärts verlegt und eine gleichmäßigere Belastung der hinteren Pfähle erzielt.

Längs der kurzen Strecke, innerhalb welcher diese Stützmauer zugleich die Umfassungswand des Gebäudes trägt (vergl. Blatt I und Abb. 16) sind die Straußpfähle in schräger Stellung ausgeführt worden.

Auch bei der Gründung der **Auktionshalle auf Bahnhof Kiew**, für welche die Untergrundverhältnisse ganz ähnlich wie bei dem Gebäude der Güterverwaltung waren, bewährten sich die Betonpfähle, da trotz des äußerst ungünstigen Bodens sich keinerlei

Beschädigungen des Gebäudes zeigten, während bei den unmittelbar benachbarten Packhäusern, bei denen man auf einer rd. 2 m starken Sandschüttung Betonfundamente ohne Betonpfähle ausgeführt hatte, infolge ungleichmäßiger Setzungen zahlreiche Risse in den Wänden auftraten.

In dem bereits bestehenden 5stöckigen **Direktionsgebäude der Süd-West-Eisenbahnverwaltung in Kiew** hatten sich an einer Gebäudeecke infolge der Setzungen des Bodens in den Wänden Risse gebildet, die von den Fundamenten bis zum Dach des 5stöckigen Gebäudes reichten. Durch die Befestigung des Bodens unter den gefährdeten

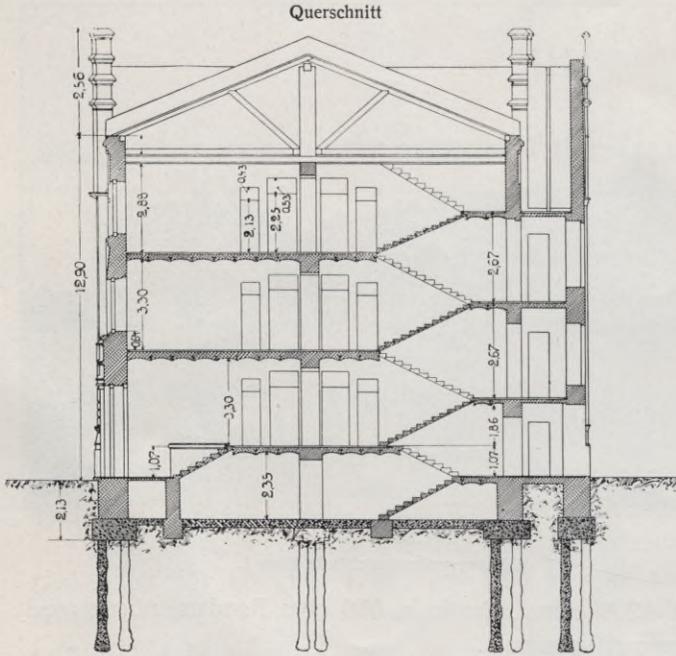


Abb. 18.

Anordnung der Pfähle im Grundriß

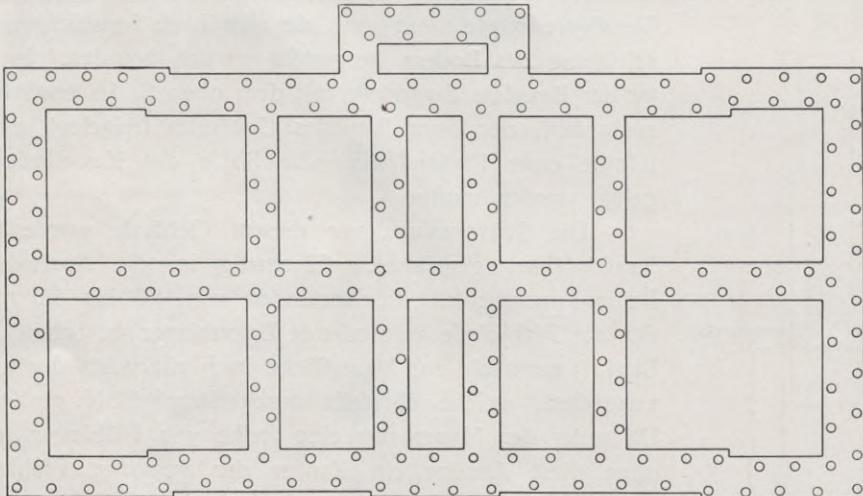
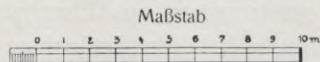


Abb. 19.



Beamtenwohnhaus des Bahnhofes Odessa-Port.

Wänden mittels 80 Stück Straußpfählen gelang es, die Bewegung zum Stillstand zu bringen. Ursprünglich war geplant, wie in Abb. 17 gestrichelt angedeutet ist, durch Unterzüge, welche auf den Pfahlköpfen lagern sollten, die Umfassungswände zu unterfangen. Es zeigte sich jedoch nach Fertigstellung der Pfähle, daß bereits infolge der Verdichtung

des Bodens die erforderliche Tragfähigkeit erreicht worden war, sodaß man auf die Ausführung der geplanten Unterzüge verzichten konnte. Bemerkenswert ist noch, daß die 8,52 m langen Pfähle in einem nur rd. 4,0 m hohen Kellergeschoß hergestellt wurden.

Das **Beamtenwohnhaus** Abb. 18 bis 20 und das **Empfangsgebäude des Bahnhofes Odessa-Port** (s. Blatt III) sollten dicht neben dem Kai dieses Hafens am Schwarzen Meere erbaut werden und zwar an einer Stelle, wo der Meeresschlamm von dem abgeladenen Schutt und Abfall der Stadt überdeckt war. Wegen der bedeutenden Schwankungen des Grundwasserstandes waren hölzerne Pfähle ausgeschlossen. Nach den vorgelegten Anschlägen waren die Kosten für die ursprünglich geplante Ausführung mit Beton-Fundamenten vor allem infolge der kostspieligen Wasserhaltung ganz erheblich höher geworden als bei der Gründung mit Straußpfählen.

Für das dreistöckige Beamtenwohnhaus von 32 m Länge und 16 m Breite wurden 144 Pfähle und für das über 100 m lange Empfangsgebäude 325 Pfähle ausgeführt. Bei der Herstellung der-



Abb. 20.

Bauplatz für das Beamtenwohnhaus des Bahnhofes Odessa-Port.

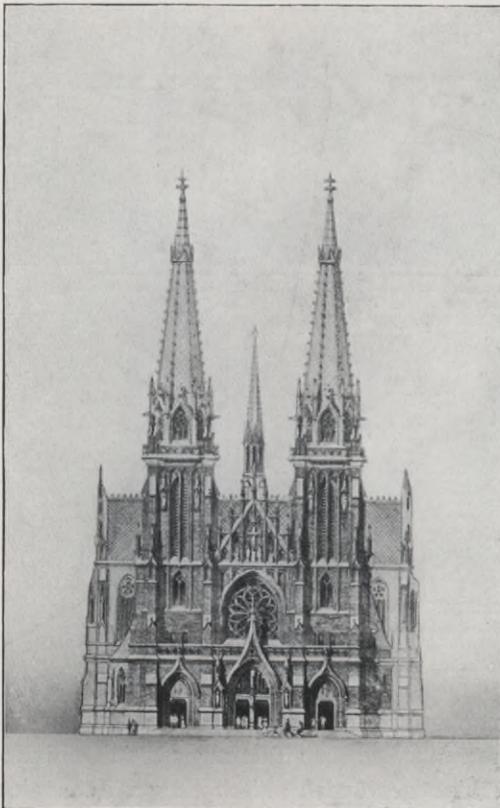


Abb. 21.

Römisch-katholische Kirche zum heiligen Nicolaus in Kiew.

selben stieß man unter anderem auf Mauer-teile des alten Bahnhofesgebäudes und sogar auf Kalksteine und Holzblöcke, die ohne Schwierigkeiten durchbohrt wurden.

Vor kurzem ist die Gründung eines weiteren dreistöckigen Gebäudes in demselben Bahnhof Odessa-Port mit 189 Straußpfählen vollendet worden.

Eine der schwierigsten und verantwortungsvollsten Ausführungen war die Gründung der beiden rd. 67 m hohen **Türme der zweiten römisch-katholischen Kirche zum heiligen Nicolaus in Kiew** (s. Abb. 21 bis 24). Der Grund und Boden war für den Kirchenbau gestiftet worden. Da sich jedoch bei den Bodenuntersuchungen zeigte, daß der Baugrund in einer Tiefe von rd. 2,5 m bis 9,5 m aus Torf, Schlamm und Trieb sand bestand, erschien die Gründung zunächst kaum ausführbar. Dennoch gelang es, jeden der beiden Türme mit einer Ge-

Anordnung der Pfähle im Grundriß

Vordere Hälfte des einen Turmfundamentes

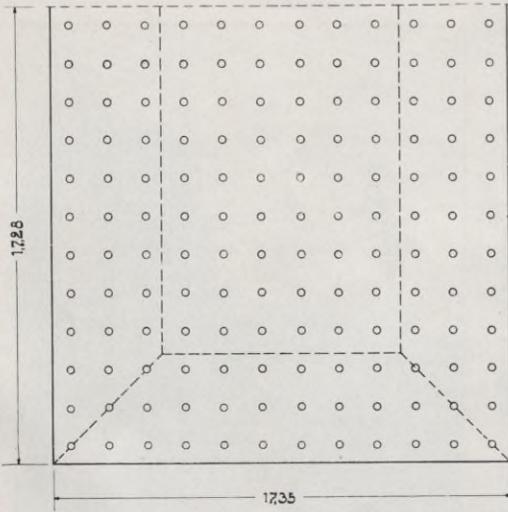


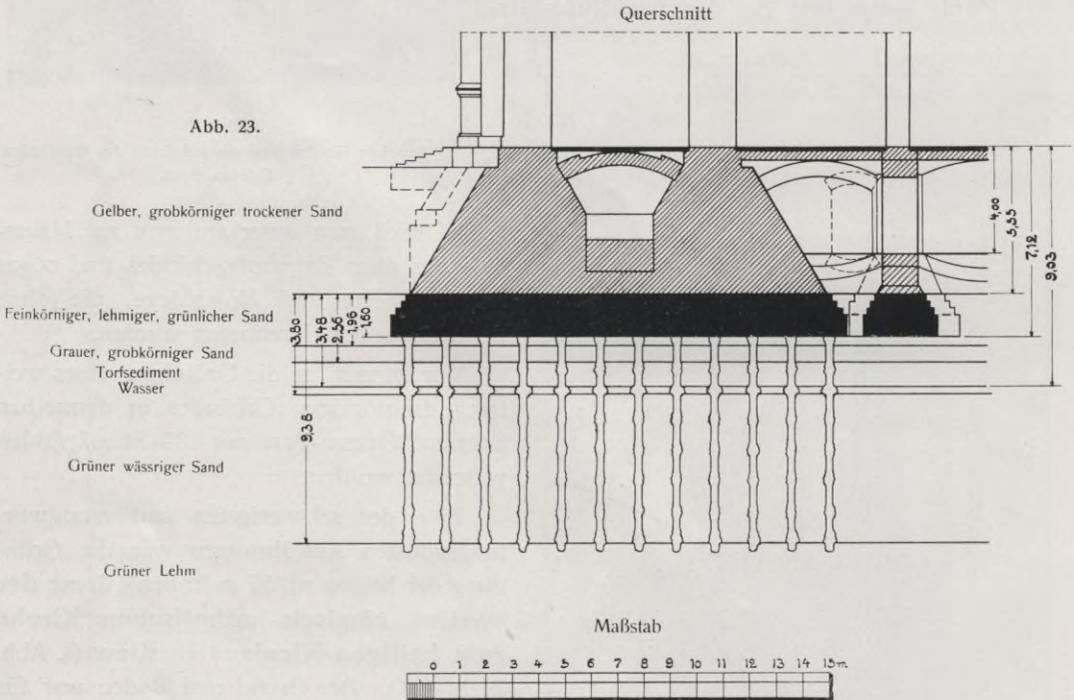
Abb. 22.

samtlast von 11 800 t auf 320 Stück Straußpfählen von etwa 9,5 m mittlerer Länge zu gründen (s. Abb. 21 bis 24). Die Belastung eines Pfahles beträgt somit 36,8 t. Nach dem Zeugnis des Leiters der Bauarbeiten hat sich auch im Laufe der Zeit keinerlei Setzung gezeigt trotz der äußerst ungünstigen Bodenverhältnisse.

In Abb. 3 ist einer dieser Pfähle von rd. 10 m Länge und rd. 5 t Gewicht dargestellt, der nachträglich unter erheblichem Kostenaufwand ausgegraben wurde.

Das **Privathaus Horodetzky in Kiew** (s. Abb. 25 bis 27 und Blatt IV), ein fünfstöckiges Gebäude von 35 m Länge und 20 bez. 25 m Breite sollte auf einem rd. 1:3 geneigten Berghange (Abb. 25) erbaut werden. In Anbetracht der an sich schon hohen Kosten, welche durch die tiefe Gründung und die bis zu 13 m hohe Stützmauer ver-

Abb. 23.



Turmgründung der römisch-katholischen Kirche zum heiligen Nicolaus in Kiew.

ursacht wurden, war man bestrebt, die Anwendung von Straußpfählen zunächst nur auf ein Mindestmaß zu beschränken. Es wurden daher nur die dem Tale zugekehrte Gebäudefront und die Stützmauer auf 91 Stück Betonpfählen gegründet. Nach einiger Zeit traten jedoch im Gebäude bedenkliche Risse auf, ein Zeichen dafür, daß neue Rutschungen auf dem Hange stattfanden. Durch Unterfangen der Stützmauer mit 68 Straußpfählen wurde

diese Bewegung zum Stillstand gebracht. Mit einem Kostenaufwand von nur Mk. 4000.-- war es gelungen, das wertvolle Gebäude zu retten.

Das Verfahren der Unterfangung gestaltete sich folgendermaßen: Man legte das Fundament der Stützmauer zunächst nur an den Pfeilern der in Abb. 25 ersichtlichen Sparbögen frei, bohrte und betonierte sodann unmittelbar neben der Mauer zwei Reihen senkrecht stehender Pfähle (Blatt IV) und so dicht als möglich davor zwei weitere Reihen schräg stehender Pfähle mit einer Neigung von rd. 1 : 5. Zwischen den Pfeilern längs der Mauer wurden nur diese beiden äußeren Pfahlreihen mit im Grundrisse versetzter Anordnung durchgeführt und sodann auf diese Pfähle eine mit Eiseninlage versehene Stützmauer aufgeführt, welche die Pfahlköpfe verbindet

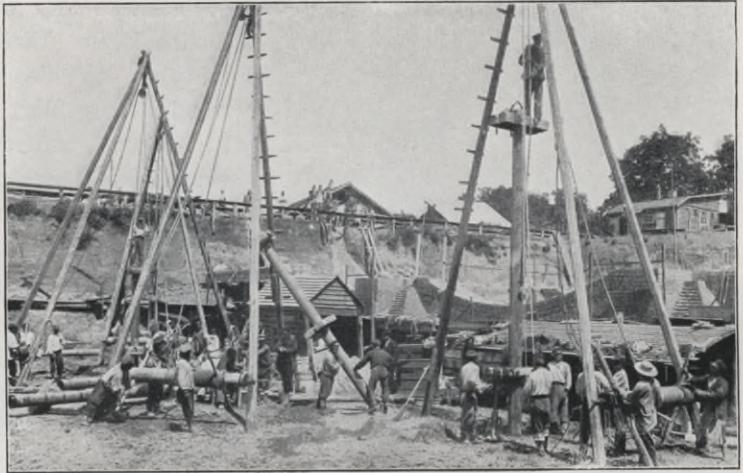


Abb. 24.

Gründungsarbeiten für die römisch-katholische Kirche zum heil. Nicolaus in Kiew.



Abb. 25.

Unterfangung einer Stützmauer am Hause Horodetzky in Kiew.

und sich im oberen Teile gegen die alte Mauer stützt. Bei diesem Gebäude wurden endlich auch noch Straußpfähle in dem Kellergeschoß von nur 2,3 m lichter Höhe ausgeführt, wie Abb. 27 und auch Abb. 5 zeigen. Erwähnt sei noch, daß diese Arbeit im geschlossenen Raume während des Winters bei 15° Kälte ausgeführt werden konnte.

Ein eigenartiges Beispiel eines Bauwerkes, bei dem selbst kleine Setzungen unbedingt ausgeschlossen werden sollten, bilden die **vier Gleiswagen des Bahnhofes Kiew** (s. Abb. 28) innerhalb eines bestehenden Gebäudes. Zur Stützung je eines Betonfundamentes wurden in einfachster und billigster Weise 18 Straußpfähle hergestellt. Die dauernde Betriebsfähigkeit der empfindlichen Wagen gibt den besten Beleg dafür, daß trotz des äußerst ungünstigen Bodens (vergl. S. 20) keinerlei nachteilige Setzungen dieser Bauwerke stattgefunden haben.

Auf der **Station Schwerinka** der S.-W.-Eisenbahnen zeigten sich kurz vor der Betriebseröffnung auffallende Setzungen eines Bauwerkes, welches auf einem frisch geschütteten Damm errichtet worden war. Innerhalb weniger Tage wurde der Bahnsteig mittels einiger Straußpfähle so befestigt, daß keine weiteren Setzungen eintraten.

Auf den **Baltischen Schiffsbauwerken des Kaiserl. Marine-Ministeriums in St. Petersburg** wurden verschiedene Gründungsarbeiten mit Straußpfählen ausgeführt (vergl. Abb. 29, 30 und 31). Unter anderem sollte innerhalb einer der bestehenden Maschinenhallen die Gründung für einen Laufkran von 150 t Tragfähigkeit ausgeführt werden. Die Straußpfähle boten hier, wie Abb. 29 zeigt, den wesentlichen Vorteil, daß sie ohne jegliche Betriebsstörung innerhalb der Maschinenhalle und wie man besonders an dem Dreibock im Hintergrunde sieht, auch unmittelbar an den bestehenden Umfassungswänden ausgeführt werden konnten, während bei jedem anderen Pfahlgründungsverfahren eine Gefährdung der Gebäude infolge von Erschütterungen beim Rammen zu befürchten gewesen wäre.



Abb. 26.

Unterfangung einer Stützmauer am Hause Horodetzky in Kiew.

In Odessa sollte **ein 50 m hoher massiver Dampfschornstein** unmittelbar am Ufer des schwarzen Meeres für die Fabrik der Compagnie Camel gegründet werden, während der ungünstigen Bodenverhältnisse halber die übrigen Schornsteine dieses Stadtteiles ausschließlich in Eisen hergestellt sind. Die mit 48 Straußpfählen von 9—11 m Länge ausgeführte Gründung hat sich seit nunmehr 2 Jahren durchaus bewährt.

Bei der Vergrößerung der **Zuckerfabrik des Grafen Bobrinsky in Kapitanowka** bildete ein vorhandener Brunnen mit Holzwänden, der während des Baues nicht außer Betrieb gesetzt werden durfte, ein Hindernis für die Bauausführung. Bei der Gründung der Umfassungswände des Fabrikanbaues wurden 26 Stück Straußpfähle von etwa 6 bis 13 m Länge ausgeführt. Da durch das Bohren keine Erschütterungen entstanden, konnten diese Pfähle auch dicht an den Holzwänden des Brunnens hergestellt werden.

Denselben Vorzug bot die Straußpfahlgründung gelegentlich der Erweiterung des **städtischen Wasserwerkes in Kiew**, bei welcher auf ein beim Anbau gefährdetes Bassin Rücksicht zu nehmen war. Außerdem ist bei diesem Bau auch innerhalb bestehender Gebäude die Gründung mehrerer Fundamentkörper für mit Pumpen gekuppelte Diesel-Motoren mittels Straußpfählen ausgeführt worden. Diese Art der Pfahlgründung für solche schnell und unruhig laufende Maschinen hat sich vollkommen bewährt. Auf Grund dieser Erfahrungen eignen sich die Straußpfähle auch besonders für alle diejenigen Fälle, in denen möglichst verhindert werden soll, daß die Schwingungen und Stöße von Maschinen, z. B. auch Dampfhämmern, sich auf die Umgebung übertragen. Dabei bietet es keine Schwierigkeiten, diese Gründungsarbeiten auch in bestehenden Gebäuden ohne Betriebsstörung auszuführen.

Der auf Blatt V dargestellte **Karawajew'sche Viadukt**, welcher eine städtische Straße über vier Gleise der Station Kiew führt, war im Tale des Flusses Lybed auf angeschwemmten und schlammigen Boden von bedeutender Mächtigkeit zu gründen. Mit Rücksicht auf den veränderlichen Stand des Grundwasserspiegels wurden Holzpfähle nicht zugelassen, sondern Straußpfähle ausgeführt. Da für das Tragwerk der Brücke

ein durchlaufender Eisenbetonträger von rd. 40 m Länge mit starr verbundenen Pfeilern gewählt worden war, mußte auf eine unwandelbar sichere Gründung ganz besonders Gewicht gelegt werden. Denn selbst die kleinsten Stützensenkungen hätten in dem Eisenbetonträger Risse hervorgerufen und den Bestand desselben gefährdet.

In gleicher Weise wurden für den **Viadukt über die Besak-Straße in Kiew** mit 2 Öffnungen von je rd. 11 m lichter Weite insgesamt 750 Stück Straußpfähle von 5 bis 9 m Länge ausgeführt.

Die Gründung der rd. 45 m weit gespannten **Eisenbahnbrücke über den Ikwa-Fluß** auf der Kremenetzer Strecke der Süd-West-Staatseisenbahnen (s. Blatt VI) ist wegen der schwierigen Bodenverhältnisse besonders bemerkenswert. Unter der Humusschicht befand sich bis zu einer Tiefe von rd. 5,5 m schwarzer, faseriger Torf mit



Abb. 27.
Herstellung von Straußpfählen im Kellergeschoß.

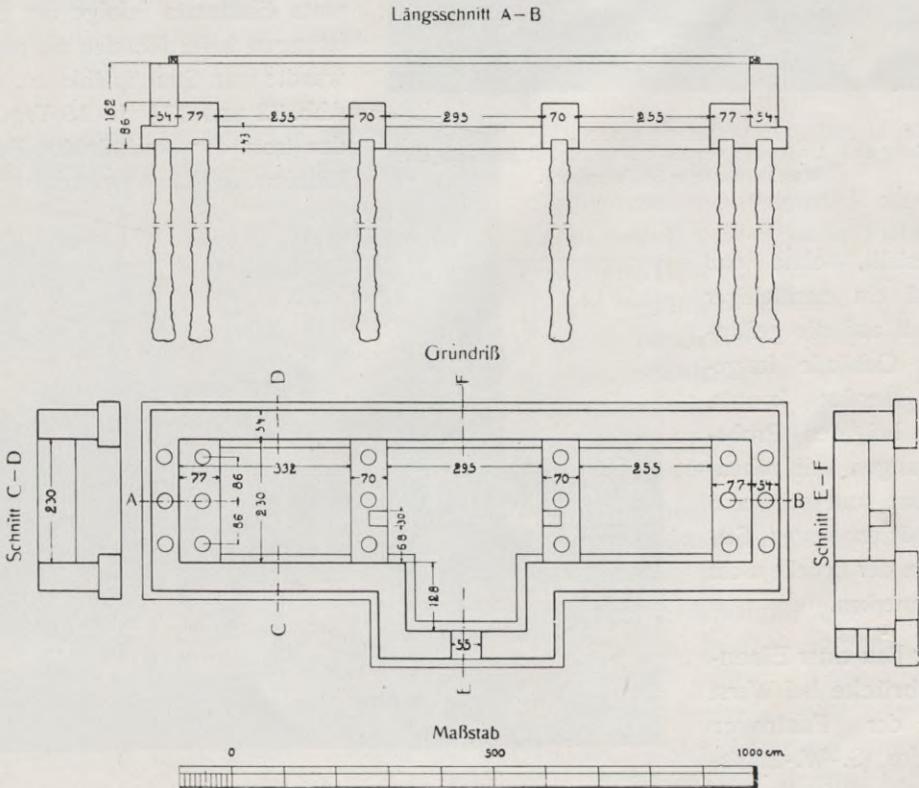


Abb. 28.
Gründung einer Wagen- und Lokomotiv-Wage auf Bahnhof Kiew innerhalb eines bestehenden Gebäudes.

Zwischenschichten von grauem Schlamm, darunter Schwemmsandboden. Die Herstellung der 8,5 m langen Pfähle erfolgte von der Oberfläche des Geländes aus, bevor die Baugrube ausgehoben wurde. Der Beton wurde aber bis zur zeichnungsgemäßen Ordinate eingestampft und der Boden erst nach Fertigstellung der Pfähle ausgebagert, sodaß gegenüber der Anwendung von Holzpfählen die Ausführung der Pfahlgründung in leichtester Weise ohne Wasserhaltung und ohne jeglichen Materialverlust vor sich ging.

Gelegentlich dieses Baues wurden die oben S. 11 bis 15 beschriebenen Vergleichsversuche mit 14 Pfählen verschiedener Länge aus Beton und aus Holz vorgenommen.

Beim Bau der Widerlager einer **Straßenbrücke** für die Kiew-Brester Chaussee in Rowno waren in den städtischen Gebäuden unmittelbar neben den tiefen Baugruben so starke Risse aufgetreten, daß die Wohnungen von ihren Inhabern geräumt werden mußten. Um der drohenden Gefahr eines Einsturzes infolge der Erschütterungen beim Räumen zu begegnen, wandte man Straußpfähle an. (Vergl. Abb. 32 und 33.) In 15 Tagen wurden trotz der beschränkten Raumverhältnisse 66 Pfähle von rd. 6 m Länge



Abb. 29.

Gründung eines Laufkranes von 150 t Tragfähigkeit innerhalb einer Maschinenhalle in St. Petersburg.

hergestellt, ohne daß irgend ein nachteiliger Einfluß auf die gefährdeten Gebäude festgestellt werden konnte. Auch bei den Probelastungen mit ruhender Last und schweren Geschützen waren Setzungen der Brücke nicht zu bemerken.

Der Bau einer **Eisenbahnbrücke** bei Werst 156 der **Fastower Strecke** (S.-W.-Staats-eisenbahnen) ist deshalb erwähnenswert, weil man

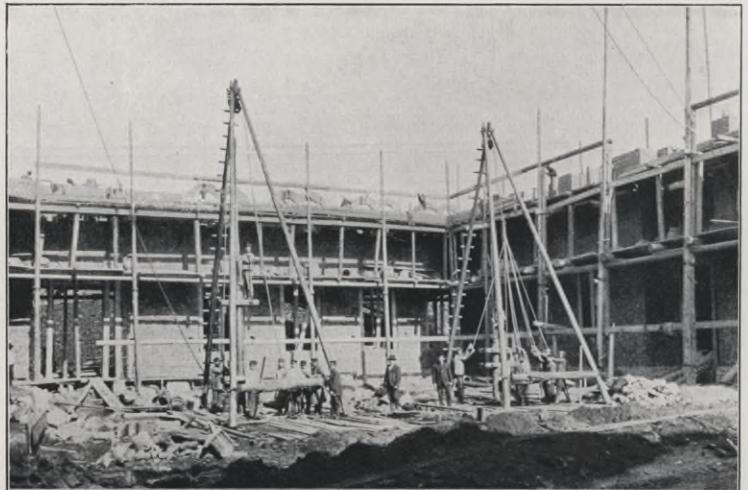


Abb. 30.

Gründungsarbeiten für die baltischen Schiffsbauwerke des Kaiserl. Marine-Ministeriums in St. Petersburg.

zuerst den Versuch machte, die Gründung mit hölzernen Pfählen auszuführen. Man mußte dieses Vorhaben jedoch aufgeben, nicht nur der Schwierigkeiten wegen, die sich infolge einer Schuttschicht dem Rammen entgegenstellten, sondern vor allem deshalb, weil das plötzlich aufsteigende Quellwasser die Baugrube unter Wasser setzte und das Eintreiben der Pfähle mit einer in der Baugrube stehenden Ramme unmöglich machte. Trotz des starken Grundwasserandranges bot es keine Schwierigkeiten, nach dem Bohren der Löcher die Straußpfähle zu betonieren.

Ein besonders bemerkenswertes Beispiel bietet die Ausführung der Gründung eines Widerlagers für die rd. 22 m weit gespannte **Eisenbahnbrücke über die Orla** auf der Strecke von Bjelsk nach Bjelowesch der Süd-West-Staatseisenbahn (s. Blatt VII und Abb. 34). Zuerst versuchte man nach bekannten Gründungsverfahren den tragfähigen Baugrund zu erreichen, was aber wegen der ungünstigen Verhältnisse nicht möglich war. In den Straußpfählen fand man ein letztes, äußerst willkommenes Mittel, durch welches man wesentlich an Kosten sparte.



Abb. 31.

Gründungsarbeiten für die baltischen Schiffsbauwerke des Kaiserl. Marine-Ministeriums in St. Petersburg.

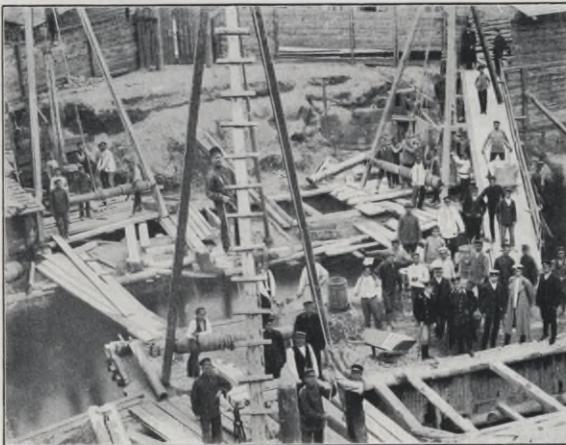


Abb. 32.

Ausführung der Widerlagergründung für eine Chausseebrücke in der Stadt Rowno.

Vollständig vom Wasser umgeben wurden die Bohrlöcher hergestellt, der Beton jedoch nicht bis über Wasser, sondern nur bis zu der in der Zeichnung dargestellten Höhe, also noch etwa 5,0 m unter dem Hochwasser im Schutze der eisernen Bohrröhre eingebracht.

Das in der Zeichnung (Blatt VII) dargestellte linke Widerlager wurde planmäßig mit einer Betonsohle zwischen Spundwänden, also ohne Pfähle bis zu einer Tiefe von 5,5 m unter Flußsohle gegründet. Bei der in gleicher Weise entworfenen Ausführung des rechten Widerlagers wurde jedoch durch Hochwasser die Spundwand derart unterspült, daß das Wasser in die Baugrube einbrach. Da die weitere Wasserhaltung sich als unausführbar erwies, beschloß man, die Widerlager-sohle etwa 2,0 m höher zu legen und dafür Straußpfähle anzuwenden, die bis zum tragfähigen Boden hinabreichen.

Nach Ausführung der 37 Pfähle baggerte man den Erdboden für die Fundamentsohle aus und stellte mittels Schüttbodyens eine rd. 1,50 m starke Platte her, welche die Pfahlköpfe verbindet. Es war nunmehr ohne jegliche Wasserhaltung eine sichere Gründung des Widerlagers auf dem tragfähigen Baugrunde und ein unterer Abschluß der Baugrube



Abb. 33.
Chausseebrücke der Stadt Rowno.

erreicht, so daß ohne Schwierigkeiten der weitere Aufbau erfolgen konnte. Der Boden bestand aus Schichten von feinem Sande und Kies.

Hätte man von vornherein diese Gründungsart gewählt, so wäre durch den Wegfall von rd. 1750 cbm Aushubmassen in einer Tiefe von 5—7 m und ebenso viel Sohlenbeton, sowie durch Verminderung der Höhe der rd. 40 m langen Spundwand um 2 m, nach deutschen Verhältnissen zu

urteilen, eine Kostenersparnis von mindestens 10000 Mk. für ein Widerlager erzielt worden. Vor allem aber hätte man die Sicherheit gehabt, auch bei solchen unvorhergesehenen und unvermeidlichen Zwischenfällen, wie das Eintreten von Hochwasser, ohne nachhaltige Störung des Baubetriebes und ohne Gefährdung der Gründung weiter arbeiten zu können.

Einen bedeutsamen Ausblick auf die mannigfaltige Erweiterung des Anwendungsgebietes der Straußpfähle eröffnet ein Entwurfsbeispiel einer **Wolga-Brücke**, bei welcher zur Zeit noch die Erörterungen über die Verwendung von Straußpfählen unterhalb eines **Luftdruck-Caissons** schweben. Bekanntlich nehmen bei Luftdruck-Gründungen die Kosten mit wachsender Tiefe ganz erheblich zu. Da nun häufig die zu befürchtenden Hindernisse, zu deren Beseitigung der Caisson angewendet wird, nur in den oberen Schichten der Flußsohle anzutreffen sind, liegt der Gedanke nahe, den Caisson nur bis zu einer geringen Tiefe abzusenken, unter demselben jedoch Straußpfähle auszuführen, die bis zum tragfähigen Boden hinabreichen. Diese Pfähle werden in derselben Weise wie z. B. bei der Gründung der Orla-Brücke (s. S. 29) beim Beginn des Baues bis zur erforderlichen Tiefe gebohrt, jedoch nur bis zur entgeltigen Caisson-Unterkante ausbetoniert. Hierauf kann die Absenkung des Caissons in der üblichen Weise erfolgen.

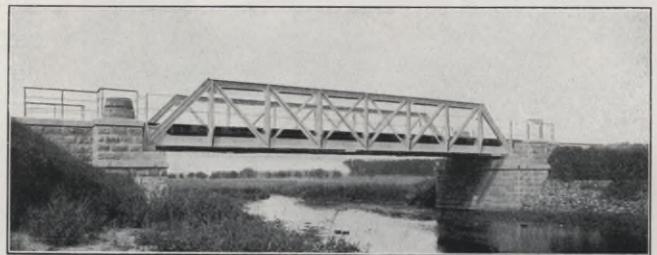


Abb. 34.
Eisenbahnbrücke über den Orla-Fluß.

Bekanntlich können Luftdruck-Gründungen nur bis zur Tiefengrenze von rd. 30 m ausgeführt werden. Wird daselbst der tragfähige Baugrund nicht erreicht, so bilden, nach

diesem Beispiel zu schließen, die Straußpfähle ein letztes willkommenes Mittel, um die Pfeilerlast auf die tiefer gelegenen tragfähigen Schichten zu übertragen oder andererseits, wenn tragfähiger Baugrund nicht anzutreffen ist, die vorhandenen Erdschichten unter dem Caisson in erwünschter Weise zu verdichten und auf diese Weise tragfähig zu machen.

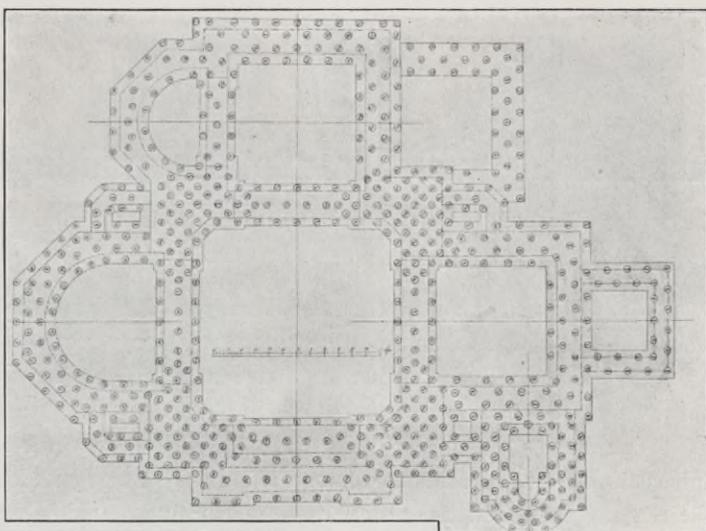


Abb. 35. Grundriß der Pfahlgründung einer griechischen Kirche in Kiew.



Abb. 36.
Ansicht der griechischen Kirche in Kiew.

Bei allen diesen in Rußland ausgeführten Pfahl-Gründungen haben sich die Straußpfähle vollständig bewährt. Besonders sei hier nochmals hervorgehoben, daß auch nirgends nachteilige Wirkungen infolge des Einflusses des Moorbodens auf dem Beton der Pfähle im Laufe der Jahre beobachtet worden sind.

In Abbildung 35 bis 37 ist die erst vor kurzem erfolgte **Gründung einer griechischen Kirche in Kiew** dargestellt. Ähnlich wie die oben beschriebenen Gebäude der Staatseisenbahnverwaltung lag auch dieser Bauplatz über einem alten Flußbett mit sehr sumpfigem Untergrund, so daß die Kirche in ihrem ganzen Umfang auf 670 Straußpfählen gegründet werden mußte (s. Abb. 35 und 36), Abb. 37 gibt ein Bild von dem ungünstigen, sumpfigen Baugrund, aus welchem die Pfahlköpfe herausragen.



Abb. 37. Baugrund der griechischen Kirche in Kiew.

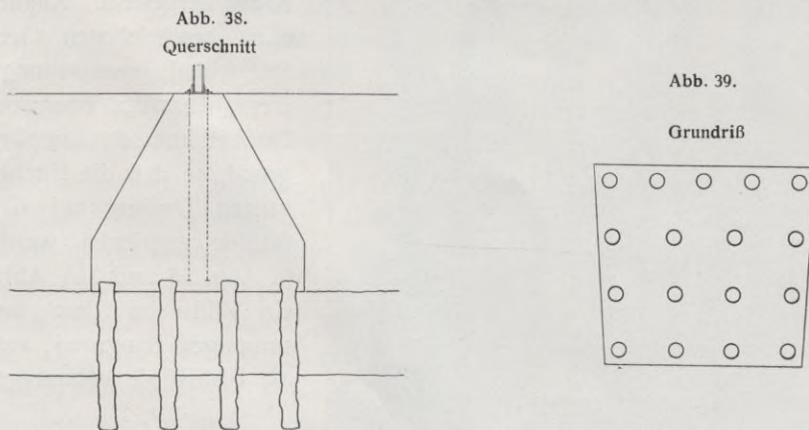
IV.

Ausführung von Straußpfahlgründungen in Deutschland

durch die Firma **Dyckerhoff & Widmann, A.-G.** und die dabei gesammelten Erfahrungen.

Seit Jahresfrist sind in Deutschland von der Firma Dyckerhoff & Widmann, A.-G., welche die alleinige Inhaberin des deutschen Reichspatentes ist, eine Reihe von Straußpfahlgründungen ausgeführt worden, von denen im folgenden einige bemerkenswerte Beispiele beschrieben werden.

Die Hallenbinder der Bahnsteighalle III im **Hauptbahnhof Kiel** sollten zunächst auf Stampfbetonpfeiler bis zu einer Tiefe von 4 m gegründet werden. In etwa 5 bis 6 m Tiefe fand man jedoch unter der Aufschüttung und über dem tragfähigen Kies eine rd. 1 m starke Schwemmsandschicht. Die Ausschachtung bis zu dieser Tiefe hätte einer ungenügend gegründeten Mauer des Nachbargebäudes gefährlich werden können. Eine Gründung mit gerammten Pfählen war gleichfalls wegen der dabei unvermeidlichen Erschütterungen ausgeschlossen. Daher entschloß sich die Kgl. Eisenbahndirektion Altona, den der gefährdeten Mauer benachbarten Stampfbetonpfeiler nur bis zu der für die Verankerung nötigen Tiefe von 4 m unter Gelände zu führen und auf Straußpfähle zu gründen.



Gründung eines Hallenbinders der Bahnsteighalle III im Hauptbahnhof Kiel.

Wie der Grundriß und Aufriß in Abb. 38 und 39 zeigen, wurden auf der 17 qm großen Grundfläche 17 Stück Pfähle angeordnet, die bei einer Pfahlbelastung von 20000 kg rd. 1 m tief in den tragfähigen Kiesboden hinabreichen. Trotz der beschränkten Raumverhältnisse, welche nicht einmal die Aufstellung eines Dreibockes gestatteten, bot es keine Schwierigkeiten, die Straußpfähle in der sorgfältig ausgesteiften 4 m tiefen Baugrube auszuführen.

Am Prinzregentenufer in **Nürnberg** sollte das fünfstöckige **Wohnhaus Böckler** auf wenig günstigem Boden gegründet werden. Unter einer rd. 1,5 m hohen Auffüllung von Erzschlacken, die sich sehr schwer zerstoßen ließen, folgte eine 1,0 m hohe Schicht von Humus und Schwemmsand, sodann fetter Letten von rd. 2 m Stärke, unter welchem der tragfähige Kiessand lag. Das Grundwasser befand sich in einer Tiefe von 1,5 m unter der Fundamentsohle. Es wurden insgesamt 225 Stück Straußpfähle von rd. 5 m Länge (s. Blatt VIII, sowie Abb. 40 und 41) ausgeführt und zwar im oberen Drittel der Pfähle

mit Eiseneinlagen, welche in die Kopfplatten (vergl. Schnitt AB und CD auf Blatt VIII) hineinragen.

Abb. 41 zeigt das im Rohbau fertige Gebäude und im Vordergrund die ebenfalls von der Firma Dyckerhoff & Widmann, A.-G. ausgeführte Futtermauer mit Kunstbeton Ansichtsflächen.

Die Gründung von weiteren drei Wohnhäusern am Prinzregentenufer auf Straußpfählen ist bereits begonnen worden. Nach dem Entwurf kommen hierfür rd. 430

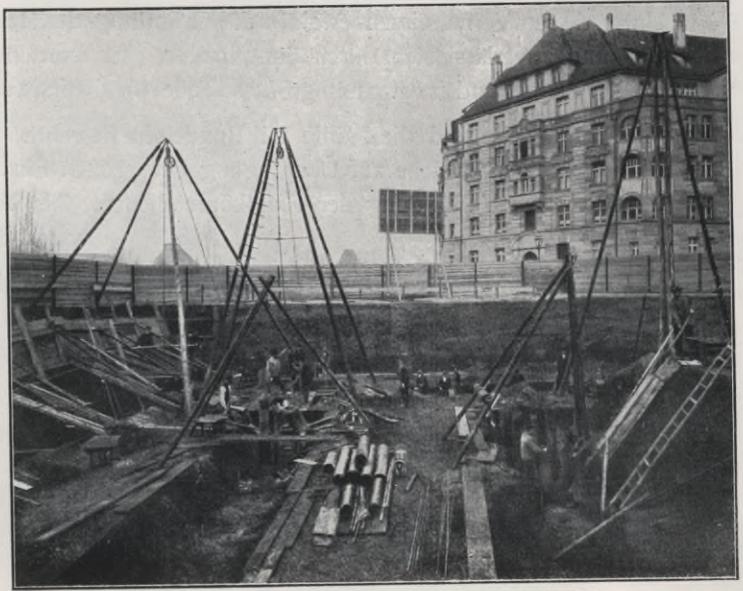


Abb. 40.
Herstellung von Straußpfählen mit Eiseneinlagen bei der Gründung des Wohnhauses Bockler in Nürnberg.

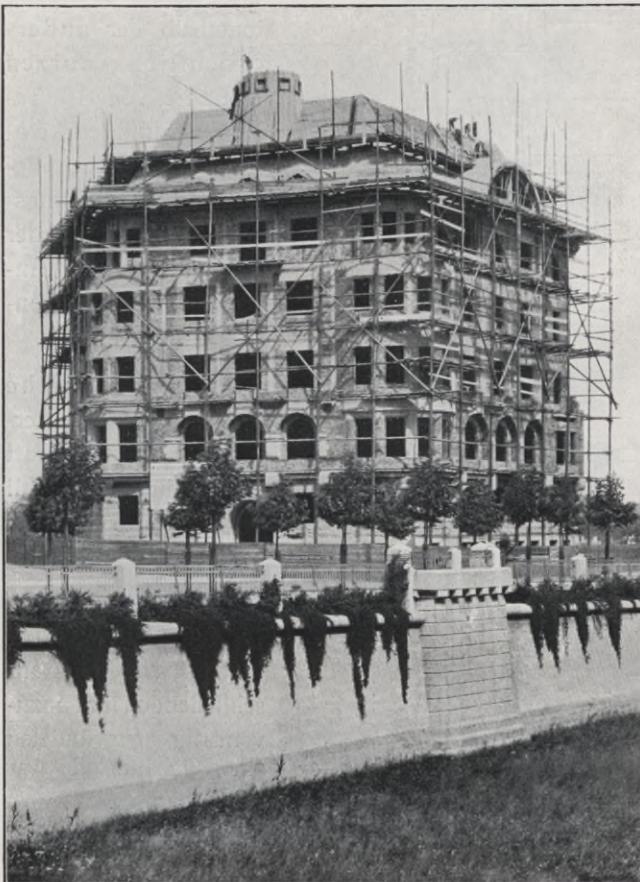


Abb. 41.
Wohnhaus Bockler am Prinzregentenufer in Nürnberg.

Straußpfähle von zusammen 2150 lfd. m Länge zur Ausführung.

Ein Teil der **Gebäude der Aktienbrauerei in Coburg** war abgebrochen worden, da an derselben Stelle im Anschluß an das Wirtschaftsgebäude ein großer Saalneubau errichtet werden sollte. Der Bauplatz wurde auf zwei Seiten von einem Triebwerkskanal begrenzt, sodaß selbst bei gutem Baugrund erhebliche Kosten für die Wasserhaltung erwartet werden mußten. Die Bodenverhältnisse waren aber derart ungünstig, daß bei den hohen Binderlasten des Saalbaues eine Tiefgründung erforderlich wurde. Der Baugrund bestand nämlich aus abgelagertem Schutt und lehmiger Erde bis zu einer Tiefe von 0,4 bis 0,8 m. Darunter lag eine infolge der Flußablagerung entstandene schlammige Lettenschicht, worauf erst in 3,5 m Tiefe eine tragfähige, festgelagerte Kiesschicht folgte. Das Grundwasser wurde bereits 0,80 m unter dem Gelände angetroffen.

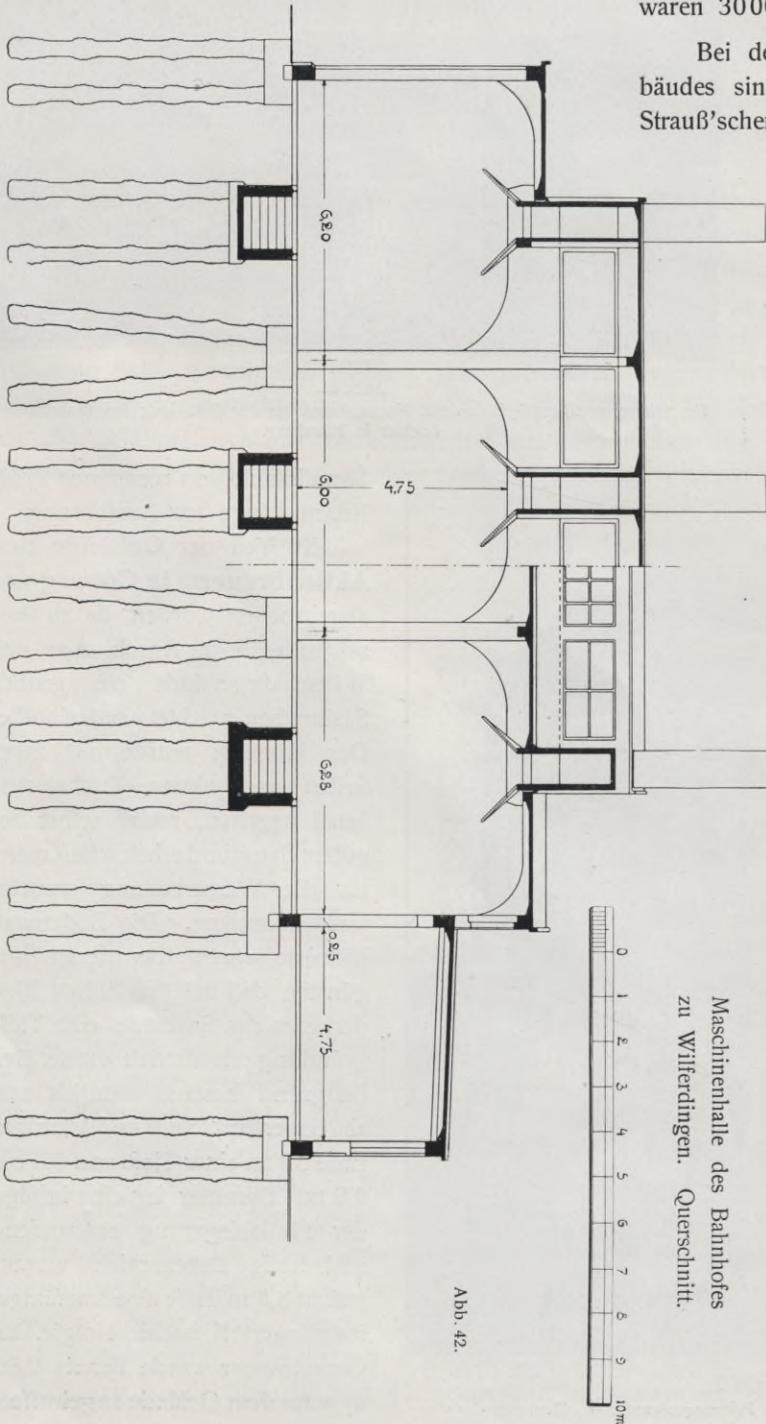
Unter diesen Verhältnissen erfolgte die Gründung des Bauwerks am wirtschaftlichsten, raschesten und zuverlässigsten durch Straußpfähle. Es wurden insgesamt 198 Stück Pfähle von rd. 3 m Länge und zwar zum größten Teile im Grundwasser ausgeführt.

Im oberen Teile sind die Pfähle mit Rundenisen bewehrt. Diese wurden in die Grundbankette eingebunden, welche zur Übertragung der großen Einzellasten des Eisenbetonbaues (Blatt IX) sowie zur Verbindung der Pfahlköpfe dienen. Als höchste Belastung des Pfahles waren 30 000 kg festgesetzt.

Bei der Gründung dieses Gebäudes sind folgende Vorteile des Strauß'schen Verfahrens besonders hervorgetreten. Bereits zwei Tage nach der Auftragserteilung konnte mit den Gründungsarbeiten begonnen werden. Bei Verwendung einer entsprechenden Anzahl von Bohrgeräten war es möglich, die gesamte Gründung innerhalb der außerordentlich kurzen Bauzeit von 14 Tagen auszuführen, wobei 10 Tage nach Beginn der Gründungsarbeiten bereits mit der Herstellung der Umfassungsmauern begonnen werden konnte.

Eine wesentliche Kostenersparnis ergab sich durch den fast vollständigen Wegfall der Wasserhaltung, der Spundwände, sowie des Erdaushubes.

Bei der unmittelbaren Nähe der anschließenden und unzuverlässig gegründeten alten Gebäudeteile war das Vermeiden von Erschütterungen dringend geboten und das Einrammen von Pfählen ausgeschlossen.



Maschinenhalle des Bahnhofes zu Wilferdingen. Querschnitt.

Abb. 42.

Als sehr wertvoll erwies sich endlich bei dieser Gründung der Umstand, daß man in jedem Bohrloch den Beginn der tragfähigen Kiesschicht genau feststellen konnte. Es durfte somit bei sämtlichen Pfählen eine gleiche Tragfähigkeit vorausgesetzt werden, was hier auch durch das günstige Ergebnis einer zwar sehr geringen, aber vollständig gleich großen Setzung des ganzen Bauwerkes bestätigt wurde. Dieses gleichmäßige Setzen

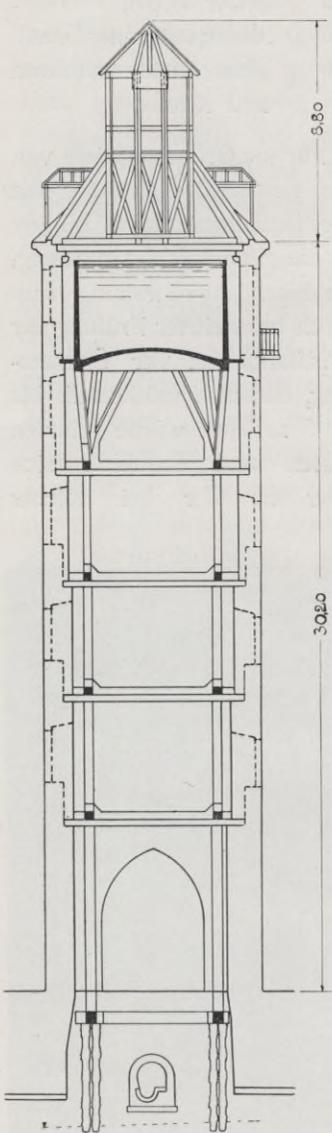


Abb. 43. Schnitt.

Einbau eines Wasserbehälters aus Eisenbeton in den alten Spitalturm zu Straßburg.

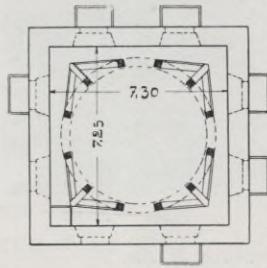


Abb. 45.
Grundriß unterhalb des Wasserbehälters.

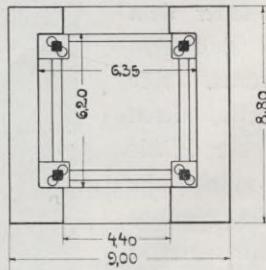


Abb. 46.
Grundriß des Tores.

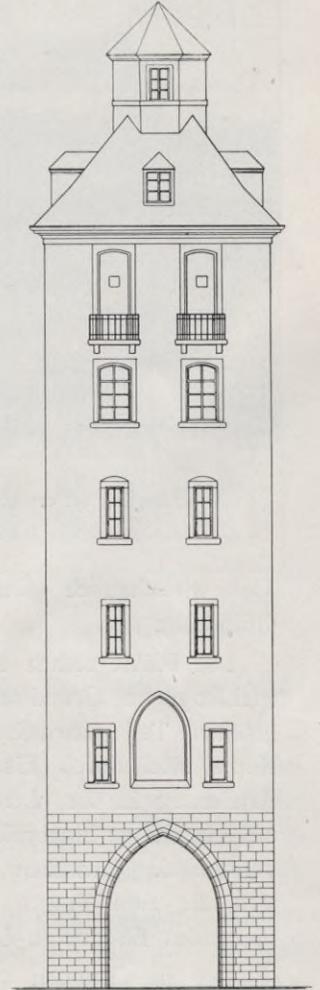
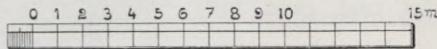


Abb. 44. Ansicht.



war hier deswegen von Bedeutung, weil andernfalls bei den statisch unbestimmten Grundformen dieser Eisenbetonkonstruktionen von einer Stützweite bis zu 20 m zweifellos Rissebildungen eingetreten wären.

Die **Maschinenhalle** des **Bahnhofes Wilferdingen** (Linie Karlsruhe—Pforzheim) der Badischen Staatsbahnen wurde einschließlich der Reinigungsgruben auf 134 Straußpfählen von etwa 1000 m Gesamtlänge gegründet. Die Länge der Pfähle unter den Arbeitsgruben ist durchschnittlich 6 m, die der Pfähle unter dem Gebäude 7 m. An-

fänglich glaubte man auf den sandigen Letten gründen zu können und mit einer Gründungstiefe von nur 4 m unter Verwendung von Betonfundamenten auszukommen. Die ermittelten Bodenverhältnisse — von oben bis zum festgelagerten Kies gerechnet — waren die folgenden:

- 2,00 m Auffüllung,
- 0,40 „ Humus,
- 0,65 „ gelber Lehm,
- 1,10 „ blauer, sehr zäher Letten,
- 2,00 „ blauer Letten mit Sand und Kies.



Abb. 47.
Bauplatz der evangelischen Garnisonkirche in Ulm.

Für die Gründungstiefe von etwa 4 m stellten sich hier die Betonfundamente etwas billiger als die Straußpfahl-Gründung. Die Eisenbahnverwaltung kam jedoch bei weiterer Prüfung der Verhältnisse zu der Überzeugung, daß man größtenteils bis auf 6 m Tiefe würde gründen müssen und entschloß sich daher zu der bei solcher

Tiefe wirtschaftlich günstigeren Straußpfahl-Gründung.

Die Pfähle stehen bis 2 m unter dem Pfahlkopf im Grundwasser und sind zum größten Teil paarweise angeordnet. Ihre Köpfe sind durch Eisenbetonjoche, deren Armierung in die oberen Teile der Pfähle auf etwa 2 m hinabreicht, fest miteinander verbunden. Zwischen die Joche spannen sich die zum Tragen des Füllmauerwerks dienenden Eisenbeton-Längsträger.

Die in Gruppen von je 3 Stück angeordneten Pfähle der im Innenraum der Maschinenhalle befindlichen Hauptstützen sind am stärksten belastet und zwar mit 19800 kg pro Pfahl.

Der ganze Bau, übrigens das erste vollständig in Eisenbeton hergestellte Maschinenhaus der Badischen Staatseisenbahnverwaltung, nahm für die Herstellung etwa zehn Wochen Arbeitszeit in Anspruch. (Siehe Blatt X und Abb. 42.)

In **Straßburg** war für die Spitalerweiterung in einem vorhandenen **Torturm** die Gründung einer Eisenbetonkonstruktion vorzunehmen, welche einen Wasserbehälter ebenfalls aus Eisenbeton mit rd. 100 cbm Fassungsraum zu tragen hat.

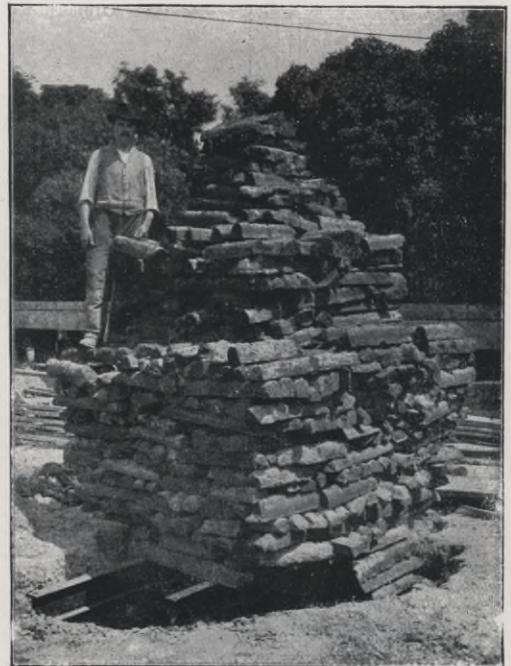


Abb. 48.
Probebelastung in Ulm.

Die Herstellung der nötigen 8 Straußpfähle von je etwa 5 m Länge konnte ohne jede Schädigung des alten Turmmauerwerkes und ohne Behinderung des Verkehres auf der durch das Stadttor führenden Straße erfolgen. Die Pfähle waren dicht am vorhandenen alten Mauerwerk herzustellen. Außerdem durfte der im Schnitt ersichtliche Kanal nicht berührt werden. Eine ähnliche glückliche Lösung wäre bei jeder Pfahlgründung anderer Art ausgeschlossen gewesen. In Abb. 43 bis 46 ist die für die eigenartigen Vorzüge der Straußpfähle bemerkenswerte Konstruktion dargestellt, durch die ermöglicht wurde, das ehrwürdige Bauwerk für die Zwecke der Neuzeit zu verwerten.

Für die **evangelische Garnisonkirche in Ulm** ließ die Korpsintendantur des XIII. Armeekorps nach zwei sehr günstig verlaufenen Probelastungen von Straußpfählen auf der Kirchenbaustelle die Verwendung derselben für die Gründung der Umfassungswände und Pfeiler der Kirche zu. Der in Eisenbeton geplante Aufbau des Schiffes dieses von Professor Dr. Theodor Fischer in München entworfenen Bauwerkes (s. Abb. 49), zu dessen architektonischer Ausgestaltung Kunstbeton in reichem Maße Verwendung findet, wird ebenfalls von der Firma Dyckerhoff & Widmann, A.-G. ausgeführt.

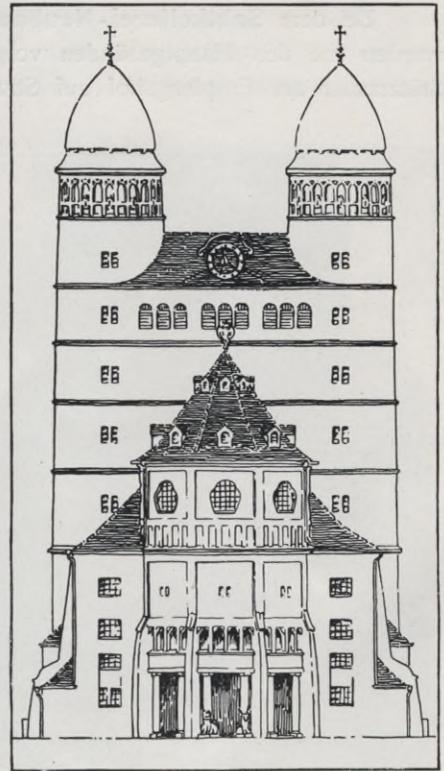


Abb. 49
Evangelische Garnisonkirche in Ulm.

Die 4 Eisenbeton-Bogenbinder des Längsschiffes von 22,5 m Spannweite erhielten als Fundamente je 27 Pfähle. Im ganzen wurden bei einer größten Belastung von 25 000 kg auf den Pfahl 284 Pfähle in Einzellängen von 6,7 bis 9,5 m hergestellt, insgesamt 2200 m.

Die Pfähle sitzen auf einem sehr festgelagerten Gletscherkies aus weißem Jura (siehe Abb. 50) und durchdringen von oben herab eine Auffüllung von etwa 2,5 m Stärke, sodann Mutterboden von 1,2 m Höhe, ferner eine 3,5 m mächtige Tuffschicht mit Lehm vermisch, eine 1,2 m starke trockene Mohrschicht und blaue Lette zum Teil mit grobem Kies vermisch. Die Pfähle stehen 1,5 bis 2,0 m im Grundwasser und besitzen auf 4,5 m Tiefe eine Eisenbewehrung aus 4 Rundeisen von 18 mm Durchmesser.

Auf Blatt XI ist der Grundriß, Längs- und Querschnitt der Kirche dargestellt und Abb. 47 zeigt den Bauplatz mit 6 gleichzeitig in Betrieb befindlichen Bohrböcken. Bei der Probelastung (siehe Abb. 48), die an 2 Pfählen von 11 bzw. 6 1/2 m Länge vorgenommen wurde, ergab sich bei einer Pfahlbelastung von 35 800 kg nach 27 stündiger Belastungsdauer die geringfügige Senkung von nur 8 mm.

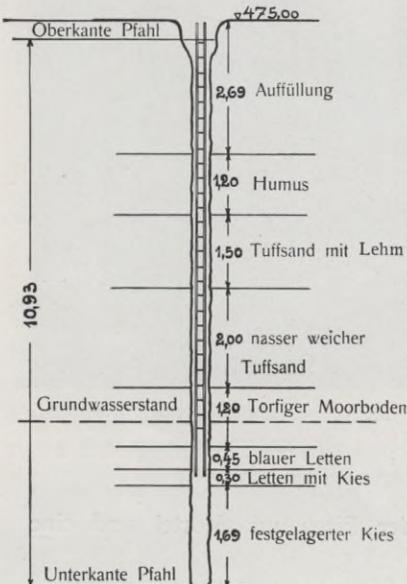


Abb. 50.
Probepfahl in Ulm.

Bei dem **Sektkellerei-Neubau der Firma Henkell & Co. in Biebrich a. Rh.** wurden die den Hauptgebäuden vorgelagerten Wohnungsflügel und Arkaden sowie die Stützmauer am Empfangshof auf **Straußpfähle** gegründet. Das Gelände war früher eine Kiesentnahmestelle und wurde später mit Bauschutt und Müll etwa 6 bis 7 m hoch wieder aufgefüllt. Der gewachsene Boden besteht aus lehmhaltigem Kies, darunter liegt gelber und blauer Letten in ziemlich verworfener Schichtung.



Abb. 51.

Ausgegrabener und nachträglich abgespitzter Straußpfahl.

Während die Hauptgebäude infolge mehrgeschossiger Kelleranlagen mit ihren Fundamenten auf gewachsenem, tragfähigem Boden stehen, war für die Vorbauten eine künstliche Gründung nötig, für welche Straußpfähle gewählt wurden.

Bestimmend für diese Wahl war eine Belastungsprobe zweier Versuchspfähle von 5,8 bzw. 6,5 m Länge, von denen der längere etwa 30 cm in den gewachsenen Kies reichte, der kürzere jedoch bereits im aufgefüllten Boden endigte. Beide Pfähle wurden bis zu 30000 kg belastet. Zur Messung der Senkung dienten zwei Fühlhebel und ein Nivellierinstrument. Auf Beobachtung des kürzeren Pfahles,

der also nicht bis zum gewachsenen Boden reichte, wurde besondere Aufmerksamkeit verwendet. Sowohl während der Aufbringung der Lasten, als auch während der Vollbelastung mit 30000 kg auf die Dauer von 84 Stunden war keine meßbare Senkung des Pfahles wahrzunehmen. Dem Versuche wohnte die Baupolizeibehörde von Biebrich bei.

In Abb. 51 ist ein nachträglich ausgegrabener Straußpfahl dargestellt, an welchem die Eiseneinlagen durch Abspitzen freigelegt wurden. Es zeigte sich allenthalben eine vollkommene Umhüllung der Eisen mit Mörtel und eine vorzügliche Festigkeit des Betons.

Auf Blatt XII ist die Gründung dargestellt zugleich mit einer Ansicht des Pavillons. Der gleichmäßigen Lastverteilung entsprechend, sind die Pfähle in möglichst gleichem

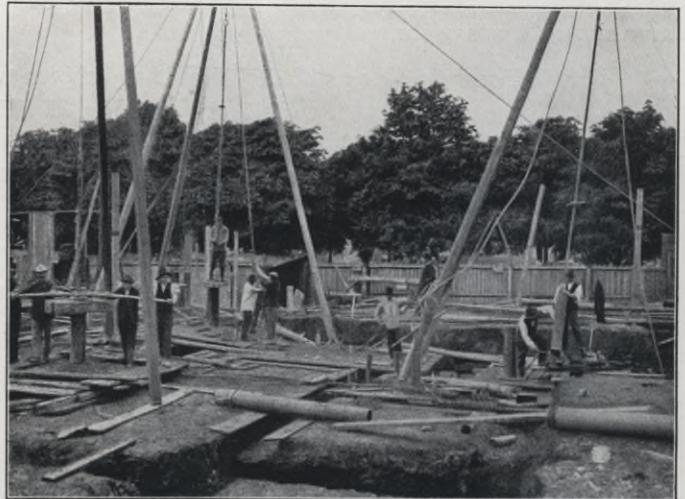
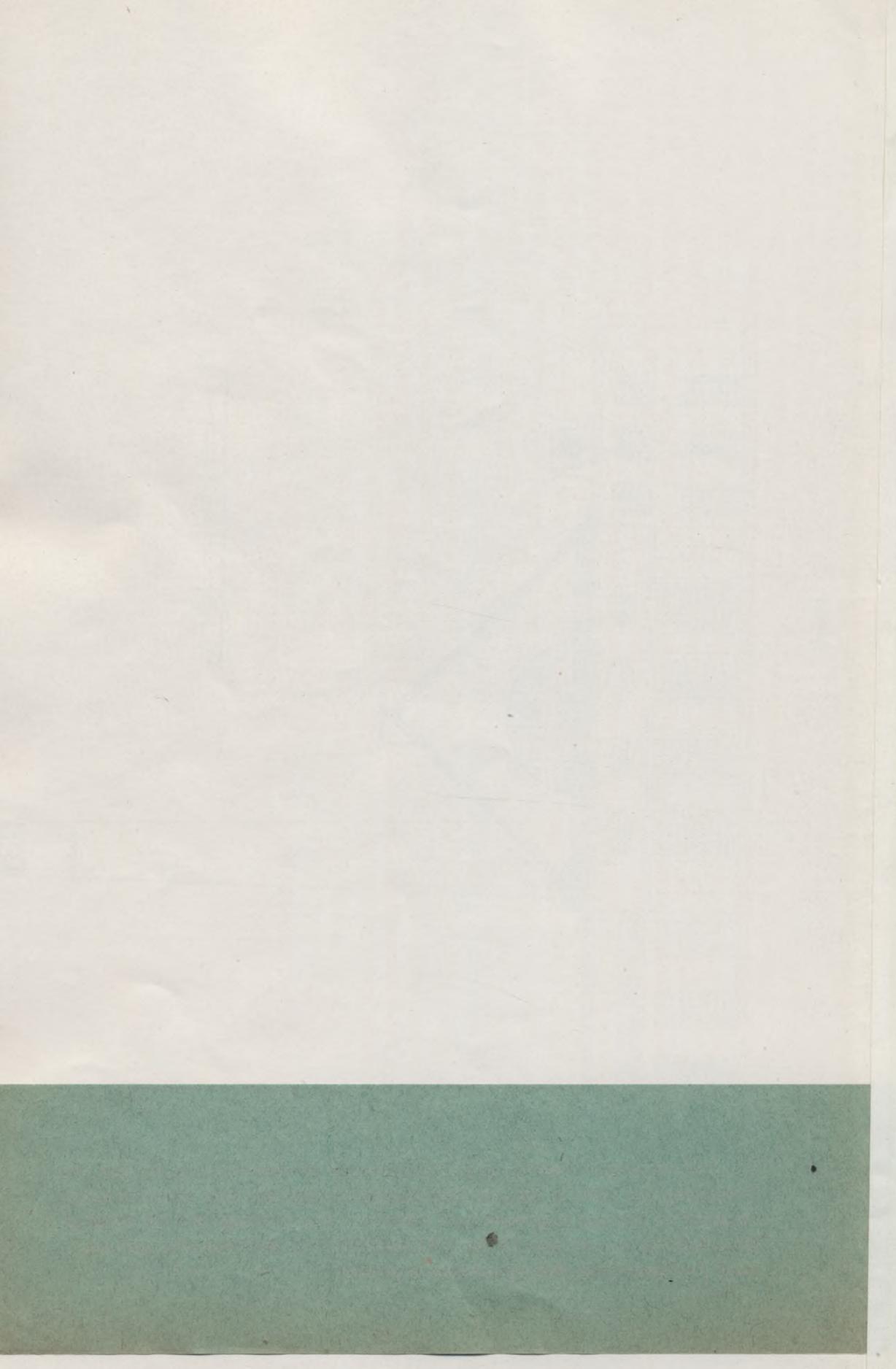


Abb. 52.

Bauvorgang bei Herstellung der Straußpfähle. Baustelle der Firma Henkell & Co., Biebrich a. Rh.

Der gleichmäßigen Lastverteilung entsprechend, sind die Pfähle in möglichst gleichem

Die in obiger Abbildung 53 dargestellte Probelastung ist für die Gründung des 300 m langen Empfangsgebäudes für den neuen Hauptbahnhof in Leipzig vorgenommen worden. Der Auftrag auf rd. 5000 m Straußpfähle wurde der Firma DYCKERHOFF & WIDMANN, Akt.-Ges., nach Fertigstellung der Druckschrift erteilt.



Abstand angeordnet und untereinander durch Eisenbetonbankette verbunden, wodurch eine günstige Lastübertragung und eine erhöhte Seitensteifigkeit gewährleistet wird. Es wurden insgesamt 196 Pfähle von 4 bis 11 m Länge ausgeführt. Unter dem Wohnungsflügel und der Stützmauer sind die Pfähle mit rd. 25 000 kg belastet und mindestens 0,30 m in den gewachsenen Kies hinabgeführt. Die Pfähle unter den Arkadenbauten reichen dagegen nicht bis zum tragfähigen Boden hinab, da sie nur rd. 9000 kg Last erhalten.

Abb. 52 zeigt ein Bild des Bauvorganges. Die linke Kolonne ist mit dem Bohren eines Loches beschäftigt, während die rechte Gruppe das eben herausgezogene Bohrgerät entleert und das Stampfen an der Bohrstelle im Hintergrunde ersichtlich ist. Bei diesem Bau tritt als besonderer Vorzug der Straußpfahlgründung der Umstand hervor, daß für die

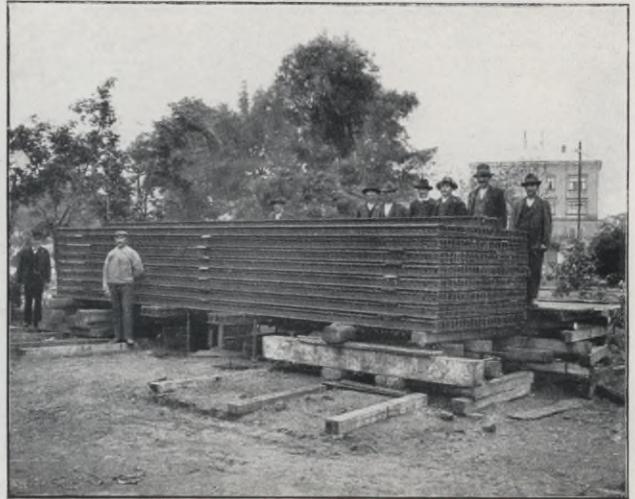


Abb. 53.
Probepfahlbelastung in Leipzig.

Herstellung der Pfähle nur ein kleiner Arbeitsraum erforderlich war. Es wurde dadurch die Behinderung der gleichzeitig an der Baustelle beschäftigten verschiedenen Unternehmer nach Möglichkeit vermieden.

Für das Tiefbauamt der **Stadt Mannheim** wurde im Herbst 1908 die Gründung einer neuen Palmenhalle gleichfalls auf Straußpfählen ausgeführt (siehe Blatt XIII).

Die Halle selbst ist ein leichter Eisenfachwerkbau mit Zweigelenkbogenbindern von 15,5 m Spannweite. Jeder Binderfuß ruht auf zwei Straußpfählen, in deren Querjoch der Lagerstuhl der eisernen Binder einbetoniert ist. Zwischen die Joche spannen sich in der Längsrichtung leichte Eisenbetonbalken, die den mit Vorsatzbeton ausgeführten Sockel der Halle tragen. Insgesamt sind rd. 160 Straußpfähle von 4 m Länge ausgeführt worden. Der Baugrund bestand hauptsächlich aus Schwemmsand mit Grundwasser.

Die Pfahlbelastung beträgt nur 9000 kg. Trotz dieser geringen Ausnützung der Pfahltragfähigkeit erwiesen sich die Straußpfähle erheblich billiger, als die ursprünglich geplante Brunnengründung unter Verwendung von Monierrohren, die auch sicherlich mehr Zeit für die Ausführung in Anspruch genommen hätte, als die Straußpfahlgründung.

Die Abb. 53 zeigt die Anordnung der kürzlich erfolgten Probelastung einiger Straußpfähle für ein großes **Gebäude in Leipzig**, über dessen Ausführung die Verhandlungen z. Z. noch schweben. Der Boden besteht zum großen Teile aus Moor und Trieb-sand. Von den 4 Probepfählen waren die beiden ersten von rd. 6 m Länge bis zu der tragfähigen Sandschicht hinabgeführt, wogegen die beiden anderen von rd. 5 m Länge nicht bis zu dieser Tiefe hinabreichen und somit als sogen. „schwebende Pfähle“ bezeichnet werden können. Bei einer gesamten Belastung von je 40 000 kg für ein Pfahlpaar ergab sich für die beiden ersten Pfähle eine Senkung von im Mittel 2 mm, bei den beiden letzten schwebenden Pfählen dagegen eine solche von 3,5 mm. Diese Senkungen wurden mit Hilfe von Fühlhebeln und Martens'schen Rollenapparaten gemessen. Außerdem fand während der gesamten Belastungsperiode eine Kontrollmessung mittels Nivellierinstrumenten

statt, welche im Wesentlichen gute Übereinstimmung mit den Senkungen der Fühlhebelinstrumente zeigte. Diese Apparate, welche in hinreichend großem Abstände von den Pfählen aufgestellt waren, gaben sehr zuverlässige Resultate, während die Martens'schen Apparate zu sehr den Witterungs-Einflüssen unterlagen.



Abb. 54.
Baustelle Gasanstalt in Zwickau i. Sa.

an den Kopfenden durch eine 0,5 m starke Eisenbetonplatte verbunden sind. Durch Einbinden der Pfahleiseneinlage in die Fundamentplatte wurde eine innige Verbindung mit dieser erzielt. Auf Blatt XIV ist der Grundriß und die Ansicht des Elektrizitätswerkes mit den auf diese Art gegründeten Schornsteinen ersichtlich. Auch in diesem Falle bestand der Vorteil der Straußpfahl-Gründung in einer wesentlichen Kostenersparnis gegenüber anderen Ausführungsmöglichkeiten, da infolge des hohen Grundwasserstandes die Wasserhaltung sonst erhebliche Kosten verursacht hätte.

Für die Gründung von 3 schrägen **Kammeröfen der städtischen Gasanstalt Zwickau i. Sa.** wurden 207 Stück Straußpfähle ausgeführt, die durchschnittlich mit rd. 16000 kg belastet werden. Die Pfähle haben eine Länge von ca. 3 bis 4 m und sind rd. 60 cm in die tragfähige stark geröllige Kiesschicht hinabgeführt. Über dieser Schicht lagert sehr weicher Letten, sowie wasserführendes Moor und Weidenerde von zusammen etwa 2,25 m Stärke und darüber aufgefüllte Asche von 1,75 m Höhe.



Abb. 55.
Straußpfahlgründung in Zwickau i. Sa.

Im Auftrage der Firma Lechantre in Straßburg wurden beim Neubau der Spitalerweiterung 2 **Fabrik-schornsteine** aus Backsteinmauerwerk mit 50 m Höhe ebenfalls auf Straußpfähle gegründet. Der Untergrund besteht aus Kies, welcher jedoch von einer 1,5 m starken Schlamm-schicht durchzogen ist. Für jeden Schornstein sind rd. 50 armierte Beton-Pfähle von 2,5 bis 3,00 m Länge ausgeführt worden, welche

Wie aus Abb. 55 hervorgeht, greifen die Köpfe der Pfähle in eine zusammenhängende Fundamentplatte aus Beton ein, welche in dem Teil unter dem Rauchkanal mit Eiseneinlagen versehen ist. Ferner wurde in das Fundament noch ein Schienenrost eingesetzt, der zur Verankerung eines Windträgers der Ofenkonstruktion dient. (Siehe auch Blatt XV). In diesem Falle empfahl sich eine Gründung mit Straußpfählen deshalb, weil das in der Nähe stehende Retortenhäus, welches unmittelbar auf die oben angeführte weiche Lettenschicht gegründet ist, infolge ungleichmäßiger Senkungen starke Risse erhalten hatte. Zur Verhütung weiterer bedenklicher Setzungen mußten vor allem Wasserhaltungsarbeiten vermieden werden. Man entschloß sich daher zu einer Straußpfahlgründung, anstelle der früher seitens der Baubehörde beabsichtigten durchgehenden Fundamentplatte. (Siehe auch Abb. 54).

In Abb. 57 ist der Grundriß und in Abb. 56 die Ansicht einer **Privatwegunterführung**, des sogenannten Hofbauertunnels, unter den hoch zu legenden Gleisen der Strecke **Potsdam - Wildpark** dargestellt, der für die Königl. Eisenbahndirektion Berlin ausgeführt wurde.

Der Baugrund besteht hauptsächlich aus Moor, Schlamm und Schwemmsand. Das unmittelbar am Ufer der Havelseen gelegene Bauwerk wurde daher auf eine durchgehende Eisenbetonplatte mit rd. 100 Straußpfählen von 9 m mittlerer Länge gegründet. Obwohl das Grundwasser bis zur Höhe von 0,20 m unter den Pfahlköpfen stand, gelang es dennoch, die Pfähle sachgemäß auszuführen. Das Mischungsverhältnis war 1 Teil Zement, $2\frac{1}{2}$ Teile Kiessand und $2\frac{1}{2}$ Teile Feinschlag.

Während die benachbarten Bauwerke, die unter ähnlichen schwierigen Verhältnissen gegründet sind, sich zum Teil erheblich gesetzt haben, ist bei diesem keine nennenswerte Senkung zu beobachten.

Die Laufschiene für die **Schiebebrücke über die Hafenschleuse in Glückstadt** waren ursprünglich, wie Abb. 58 darstellt, mittels eines Mauerwerksbanketts auf dem angeschütteten Gelände gegründet, welches parallel zum Gleise durch ein hölzernes Bohlwerk gegen den Hafen abgeschlossen wird. Infolge einer Undichtigkeit dieses

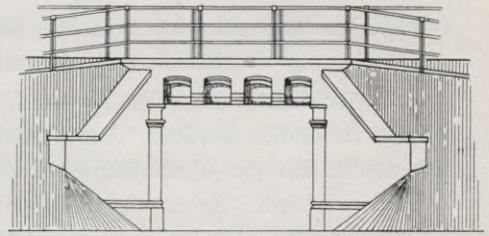


Abb. 56. Ansicht.

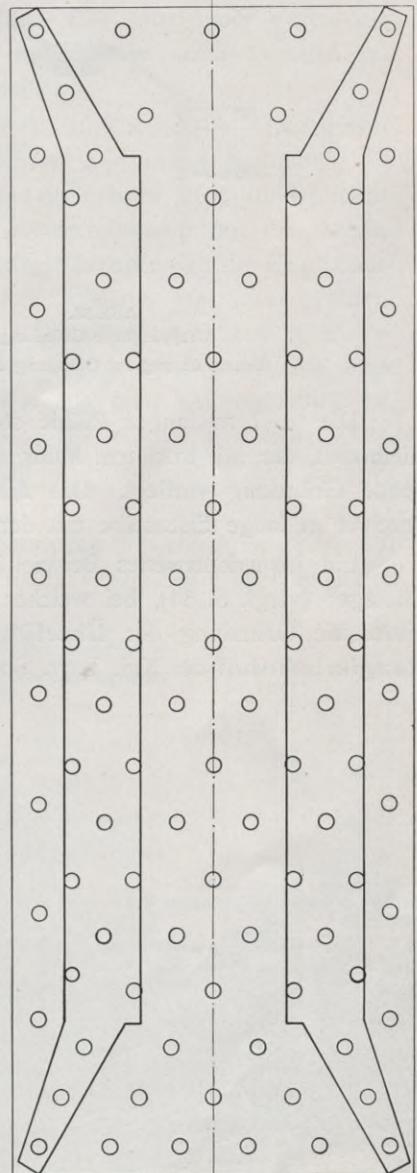
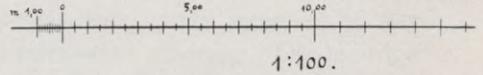


Abb. 57. Grundriß.

Privatwegunterführung der Eisenbahnstrecke
Potsdam - Wildpark.

Bohlwerkes entstand eine teilweise Senkung des Geländes und der Laufschiene, sodass die Bedienung der Brücke mit Menschenkraft unmöglich wurde.

Verschiedene Entwürfe für die Neugründung der Schienen mußten der hohen Kosten wegen verworfen werden. Auf Veranlassung der Kgl. Regierung zu Schleswig entschied sich schließlich die Wasserbauinspektion Glückstadt für eine Straußpfahlgründung, wie sie Abb. 59 darstellt. Neben der Billigkeit hatte hier diese Ausführungsart den schon wiederholt erwähnten Vorteil der Vermeidung von Erschütterungen, die ein weiteres Setzen des Deiches herbeigeführt hätten.

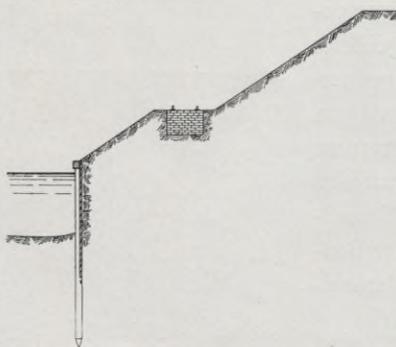


Abb. 58.
Ursprüngliche Gründung.

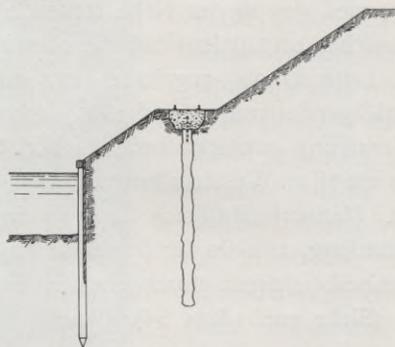


Abb. 59.
Zur Ausführung gelangte Straußpfahlgründung.

Bauausführung der Gründung der Laufschiene für die Schleusenbrücke in Glückstadt.

Die rd. 7 m langen Pfähle stehen bei einem Abstand von 2 m ausschließlich in Kleiboden, der mit trockenem Moor durchsetzt ist, sodaß auch hier eine sogenannte schwebende Gründung vorliegt. Das durchgehende Eisenbetonbankett unter den Schienen ist durch 1 m lange Eisenstäbe mit den Pfahlköpfen verbunden.

Ein bemerkenswertes Beispiel für die Ausführung einer sogenannten „schwebenden Pilotage“ (vergl. S. 51), bei welcher der tragfähige Boden überhaupt nicht erreicht wird, bildet die Gründung der **Überführung** im Zuge der Bregenzer Staatsstraße über den **Rangierbahnhof** der Kgl. Bayr. Staatseisenbahnen zu **Lindau** (s. Blatt XVI).

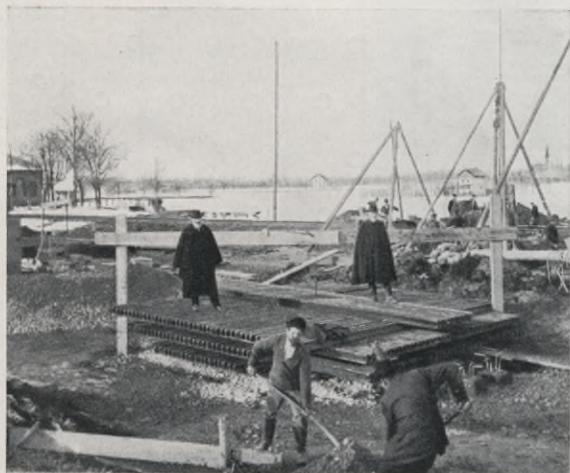


Abb. 60.
Straußpfahlgründung in Lindau am Bodensee.

Für die Gründung der Betonwiderlager und der eisernen Pendelstützen, auf welchen das aus I-Trägern mit Stampfbetonausfüllung bestehende Tragwerk der Brücke ruht, war ursprünglich eine Betonplatte auf hölzernen Pfählen vorgesehen. Das k. Verkehrsministerium beschloß jedoch die Ausführung mit Straußpfählen, die bei dem schlechten Baugrund gegenüber den Holzpfählen den Vorteil einer größeren Verdichtung des weichen Bodens bieten und gleichmäßige Setzungen gewährleisten.

Auf Grund einer Sondierung waren die Untergrundverhältnisse bereits als ungünstig bekannt. Wie Abb. 60

zeigt, lag die Baustelle unmittelbar am Bodensee, sodaß schon in 0,40 bis 0,80 m Tiefe Grundwasser angetroffen wurde. Man hatte jedoch angenommen, daß sich in größerer Tiefe festgelagerter tragfähiger Letten vorfinden würde. Die Bohrungen bei der Herstellung der Straußpfähle zeigten aber, daß auf eine obere 0,8 bis 1,0 m starke Moorschicht sehr schlammiger Schwemmsand folgte, der mit zunehmender Tiefe von rd. 8 bis 9 m in vollständig plastischen Letten überging.

Noch tiefer gehende Bohrungen ergaben selbst bei 16 m Tiefe noch keinen tragfähigen Baugrund. Entgegen den Annahmen verschlechterten sich die Bodenverhältnisse mit zunehmender Tiefe infolge reichlicher organischer Bestandteile immer mehr, sodaß der Untergrund umsoweniger tragfähig wurde, je tiefer man in denselben eindrang. Der moorige Charakter des Baugrundes zeigte sich bei den Bohrungen deutlich dadurch, daß sich in den Bohrlöchern große Mengen von Sumpfgas entwickelten. Ein unleugbarer Vorteil der Straußpfähle bestand in diesem Falle schon darin, daß man infolge der Bohrungen für die Pfähle ein klares Bild der Untergrundverhältnisse erhielt.

Die Ausführung erfolgte mit 62 Straußpfählen von rd. 10,0 m Länge. Durch eine 0,50 m starke Eisenbetonplatte sind die Pfahlköpfe verbunden und mit 4 Rundeisen, die bis zu einer Tiefe von 4,5 m in jeden Pfahl hinabreichen ein inniger Verband der Platte mit den Pfählen hergestellt, sodaß sowohl der Vorteil der Verdichtung des Baugrundes durch die Pfähle, als auch der einer gleichmäßigen Druckübertragung durch die Eisenbetonplatte erreicht wurde. Bei diesem Bauwerk wurden, wie zu erwarten war, zwar größere, jedoch durchaus gleichmäßige Senkungen beobachtet. Dieselben erreichten aber bei Weitem nicht dasjenige Maß, das sonst bei sämtlichen Bauwerken aufgetreten ist, die unter ähnlichen Verhältnissen am Bodensee gegründet sind. Wie aus Blatt XVI ersichtlich ist, dienen die unter 4° geneigten Schrägpfähle zur Aufnahme der wagerechten Seitenkräfte, infolge des Wind- und Erddruckes. Das Mischungsverhältnis bestand in 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 3 Teilen Argenkies.

Die **Brücke über die Iller in Härtnagel bei Kempten**¹⁾ (siehe Abb. 61 bis 63) wurde an Stelle einer hölzernen Jochbrücke erbaut, deren Pfähle seiner Zeit 5 bis 6 m tief in

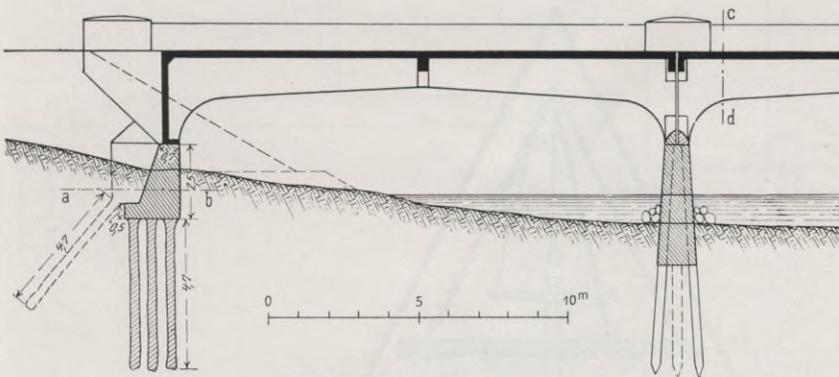


Abb. 61. Längsschnitt.
Brücke über die Iller in Härtnagel b. Kempten.

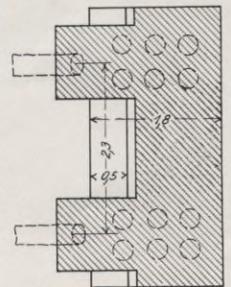


Abb. 62.
Grundriß des Widerlagers.

den Rollkies eingerammt worden waren. Für die neue aus Eisenbeton geplante Brücke mußte daher schon von vornherein mit ungünstigen Bodenverhältnissen gerechnet werden. Während die Flußpfeiler mit eingerammt Eisenbetonpfählen gegründet wurden, war an

¹⁾ Siehe Deutsche Bauzeitung, Mitteilungen über Zement, Beton und Eisenbetonbau: Neuere Brückenbauten in Eisenbeton, Jahrgang 1908 No. 8 bis 10.

den Endwiderlagern das Durchrammen einer Nagelfluhschicht nicht möglich. Es wurde daher die Gründung beider Endwiderlager mittels Straußpfählen durchgeführt.

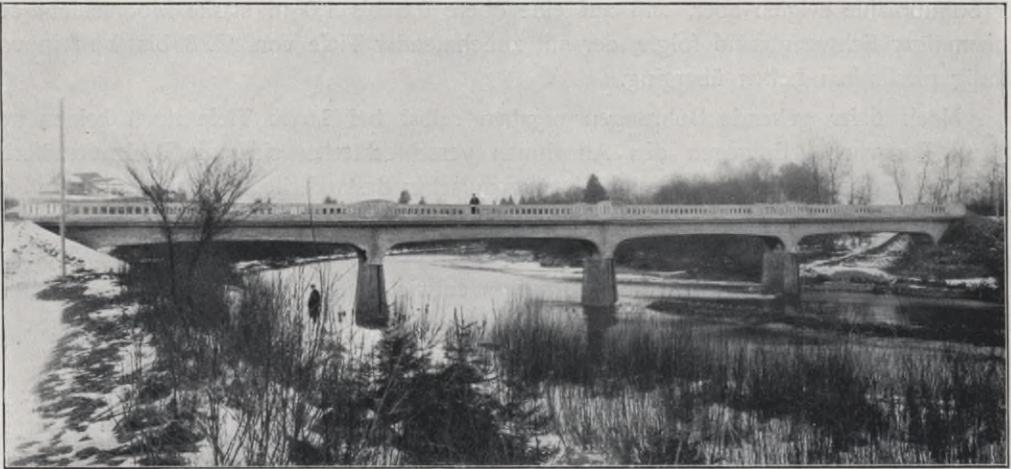
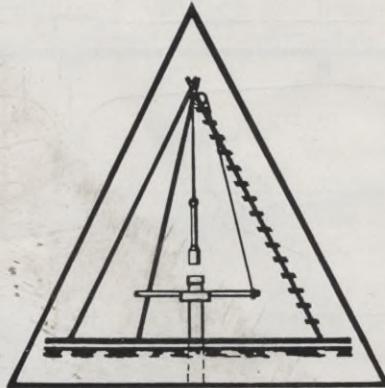
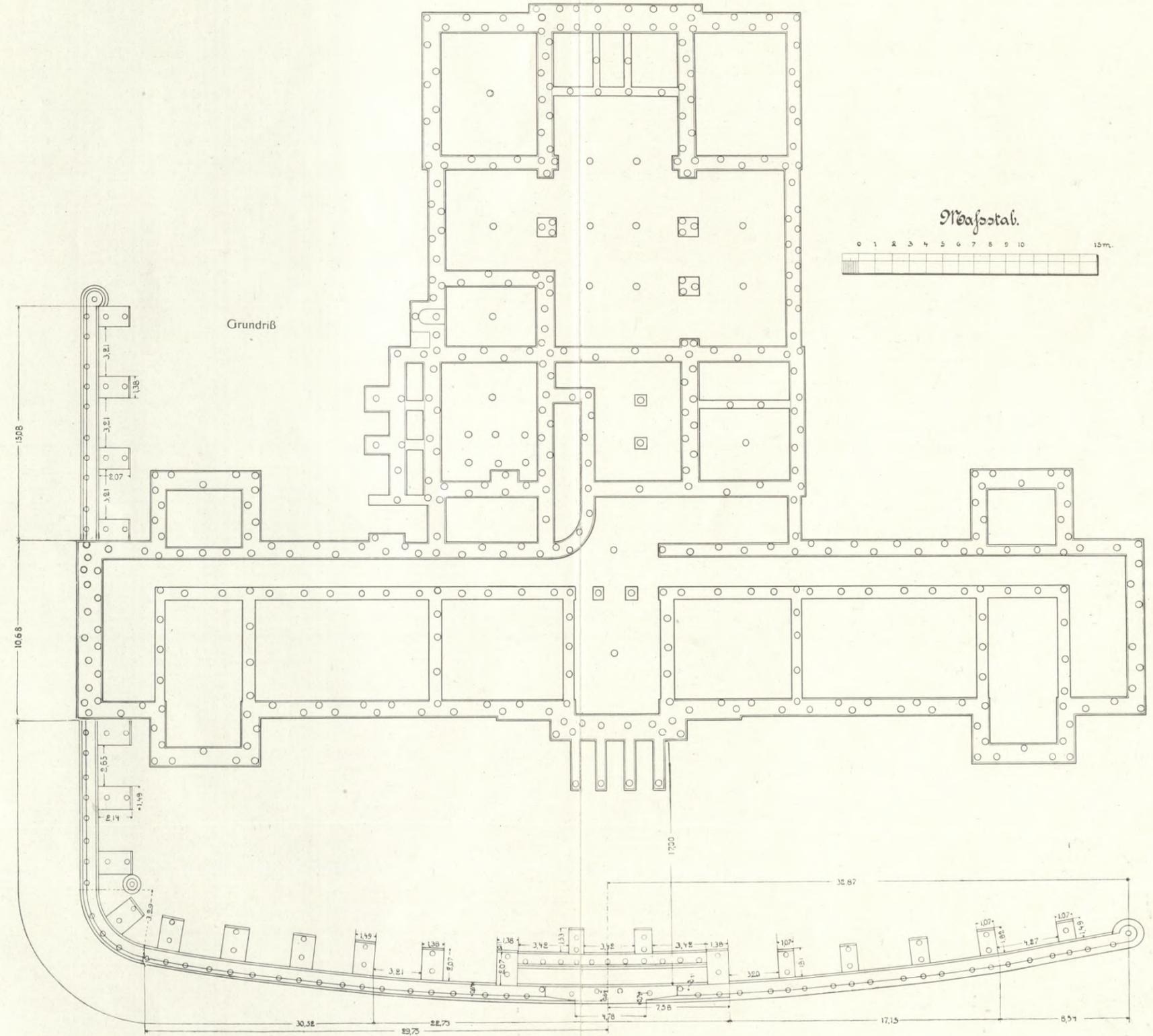


Abb. 63.
Ansicht der Brücke über die Iller in Härtnagel b. Kempten.

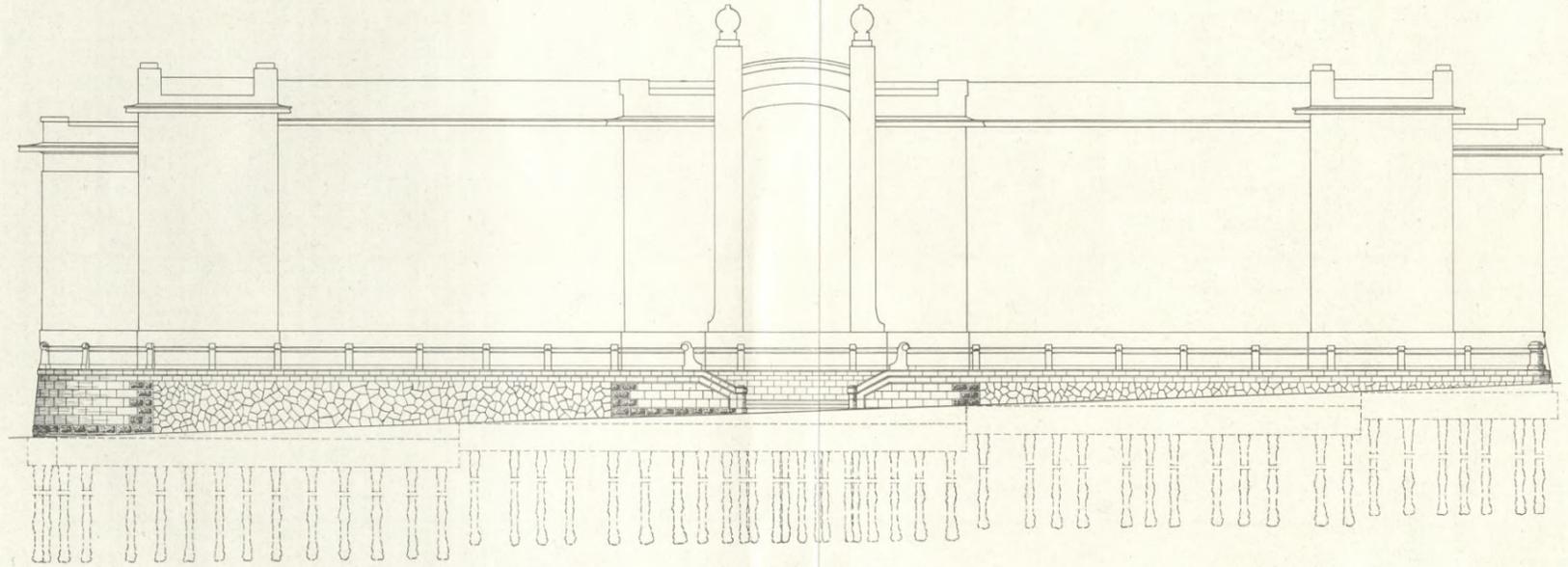
Besonders bemerkenswert ist die Ausführung der nahezu unter 45° geneigten Schrägpfähle in den Ebenen der beiden Hauptträger der Brücke (siehe Abb. 61). Diese haben die Aufgabe, den wagerechten Schub des Rahmenträgers in sicherer Weise zu übertragen. Das Bohren und Ausstampfen dieser Schrägpfähle bereitete keine nennenswerten Schwierigkeiten, während das Rammen so stark geneigter Pfähle ausgeschlossen erscheint.





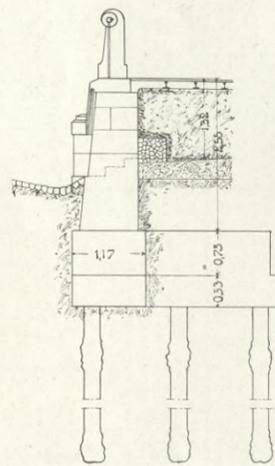
Gebäude der Güterverwaltung Kiew I mit anschließender Stützmauer.

Ansicht des Gebäudes mit der vorliegenden Stützmauer.

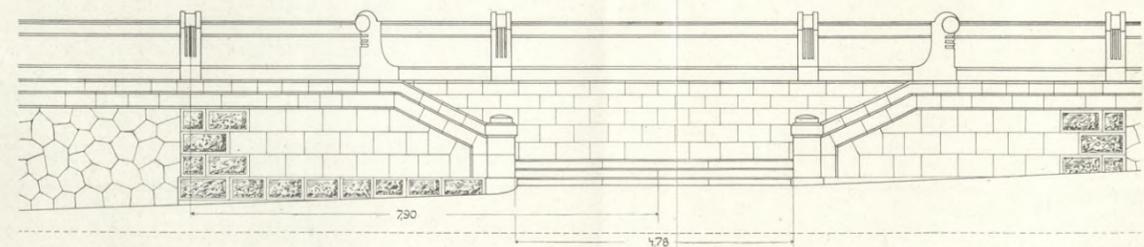


Detail der Treppenanlage
Ansicht

Schnitt C D

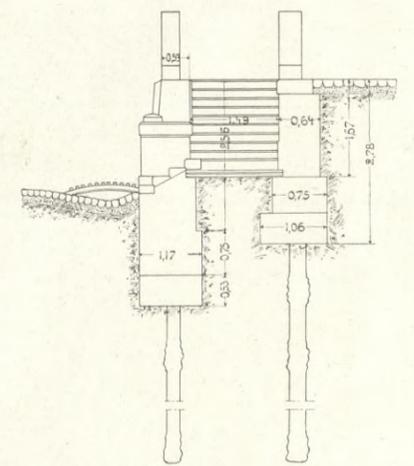


Maßstab

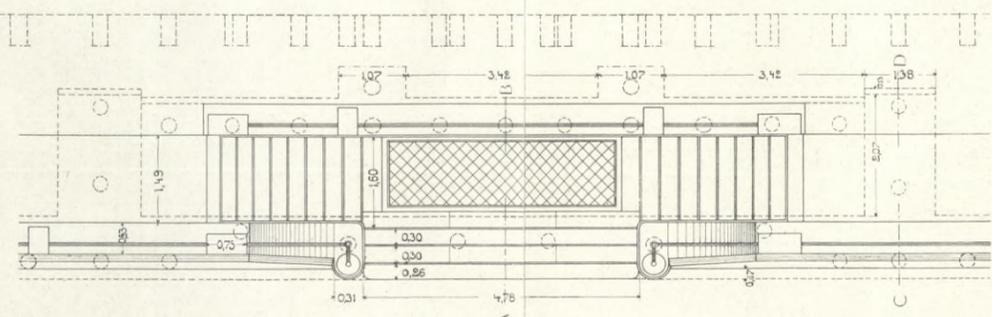


Ansicht

Schnitt A B



Maßstab



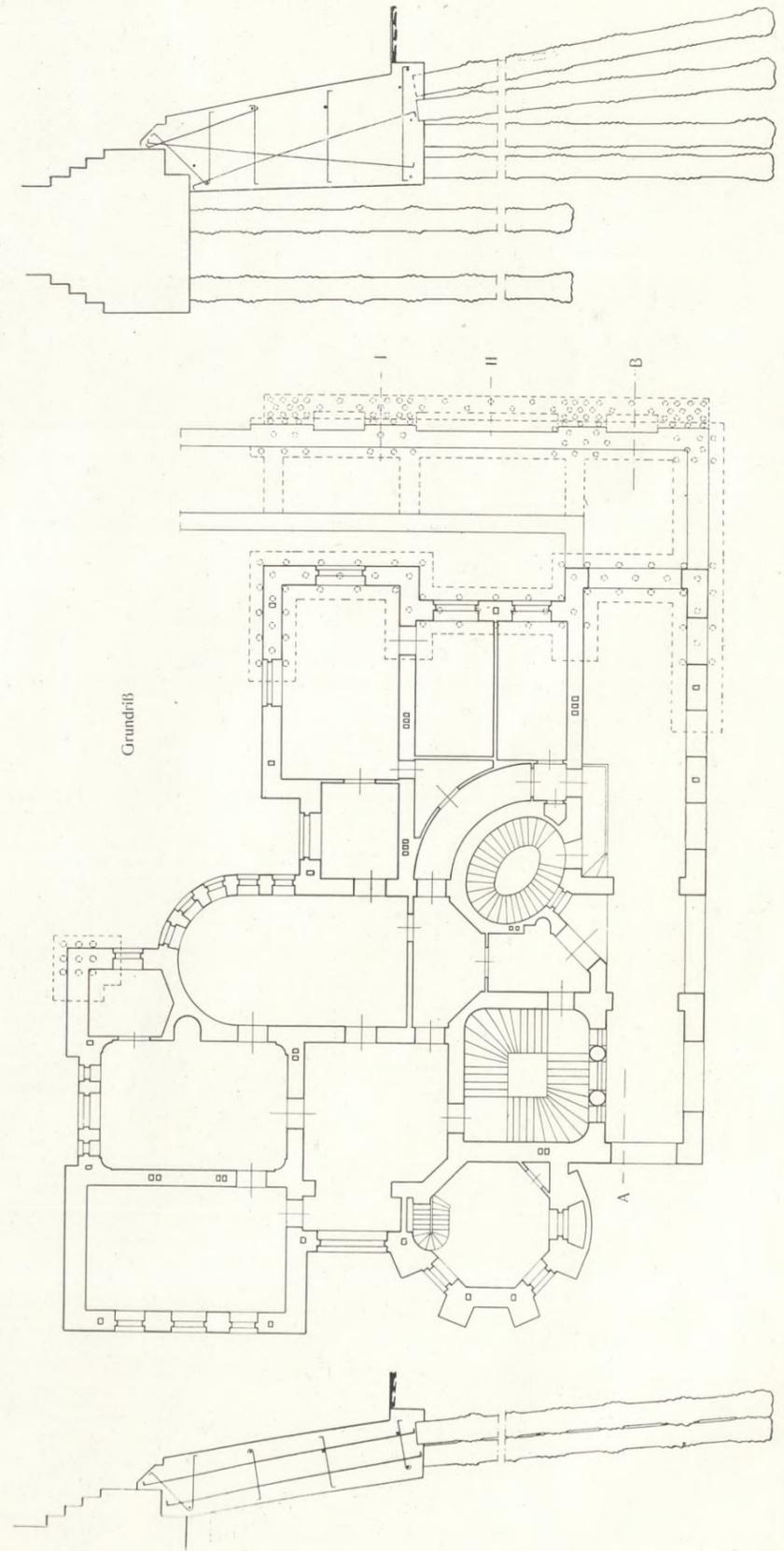
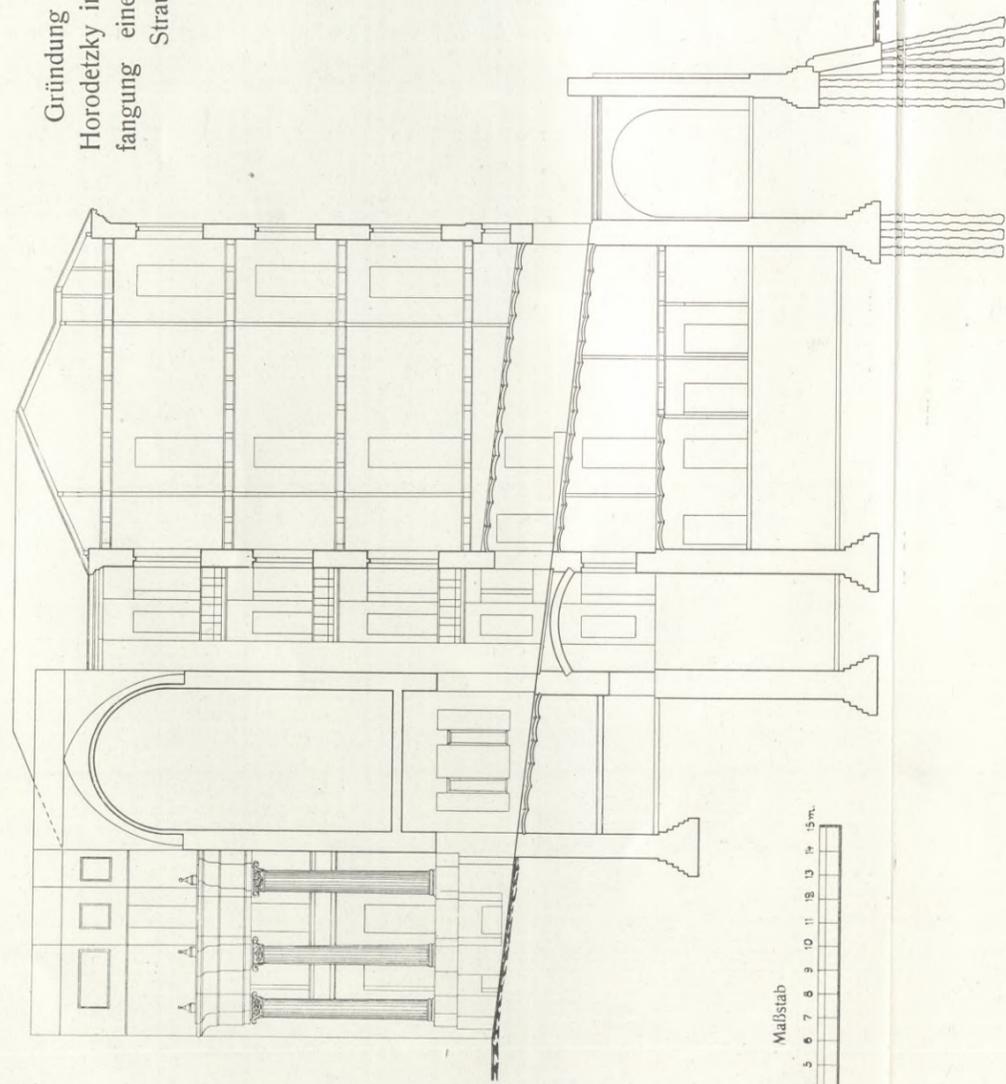
Grundriß

Gebäude der Güterverwaltung Kiew I mit anschließender Stützmauer.

Schnitt A-B

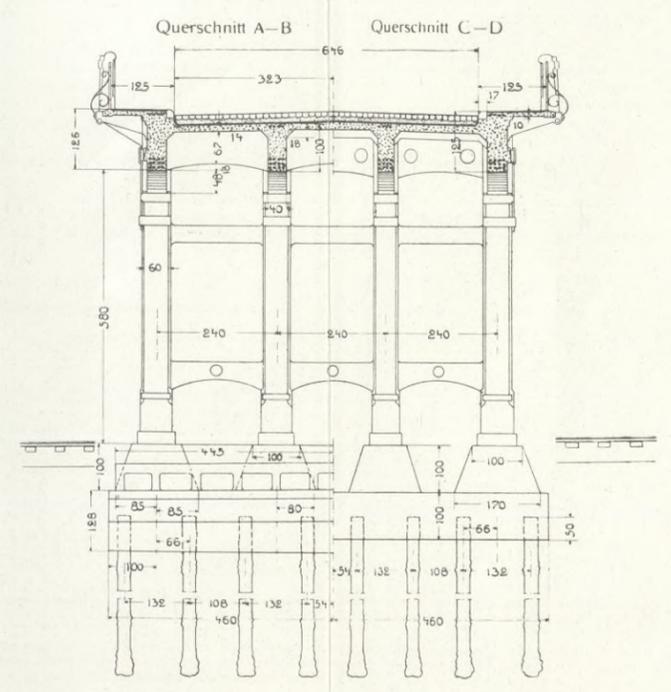
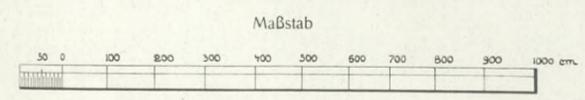
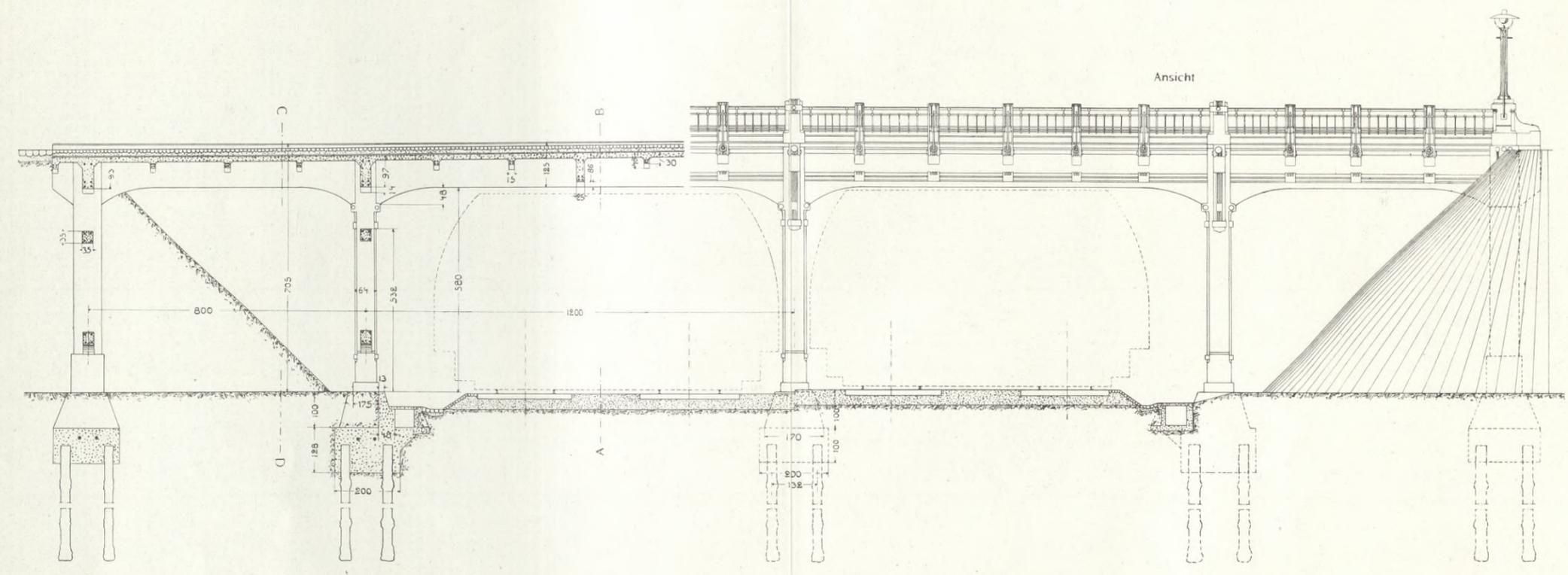
Blatt IV.

Gründung des Privathauses
Horodetzky in Kiew und Unter-
fangung einer Stützmauer mit
Straußpfählen.

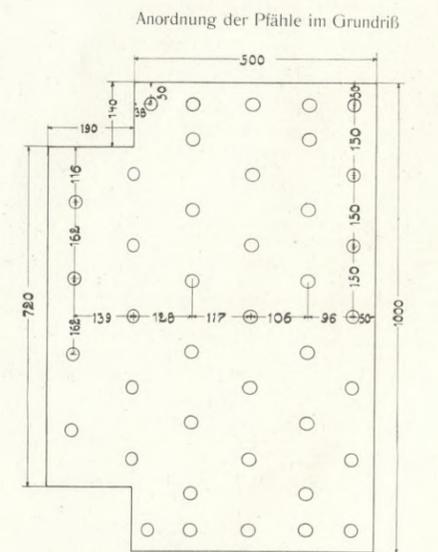
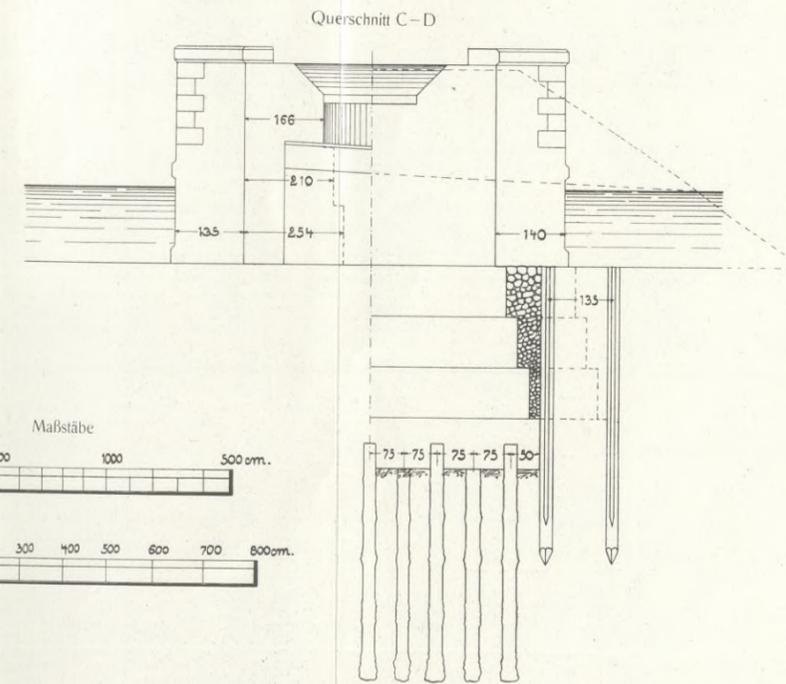
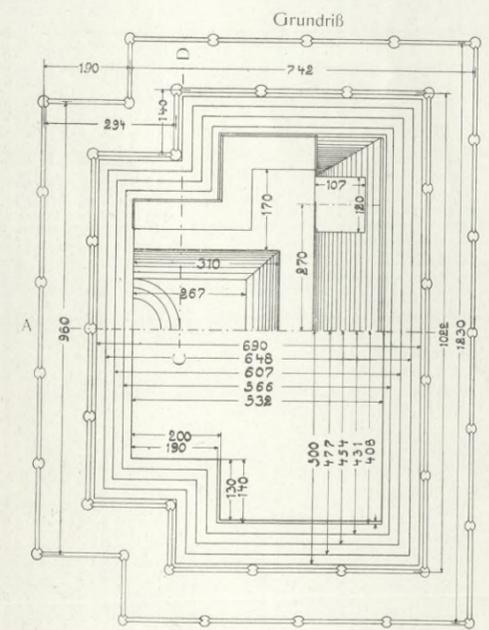
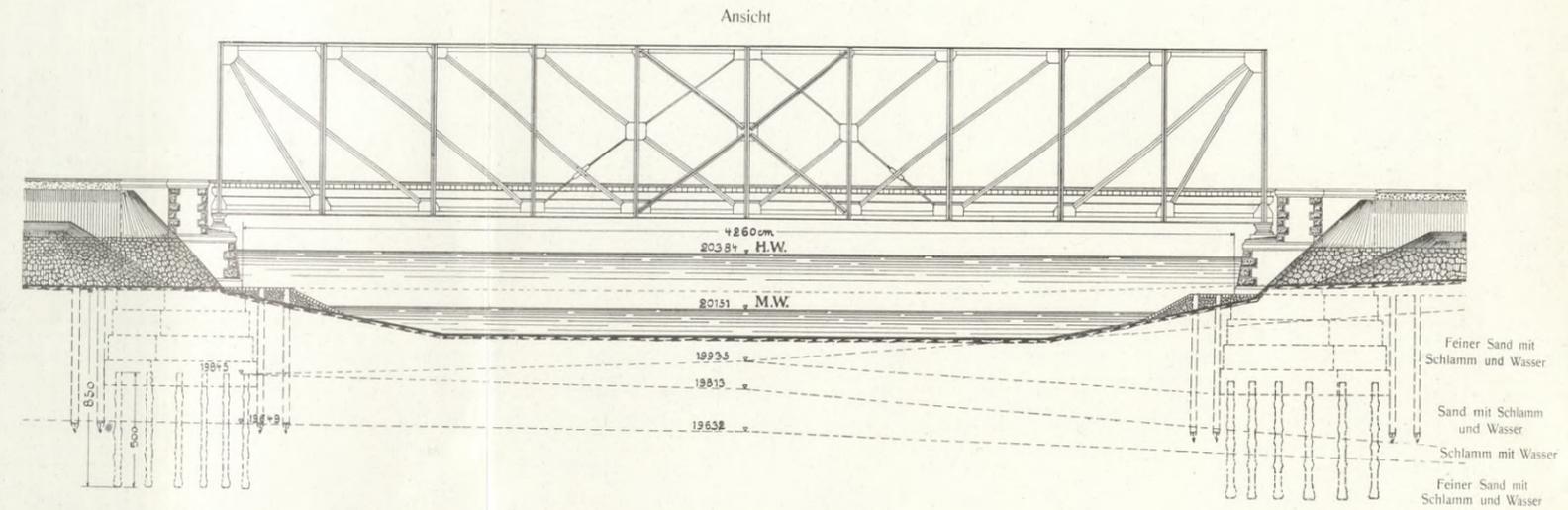
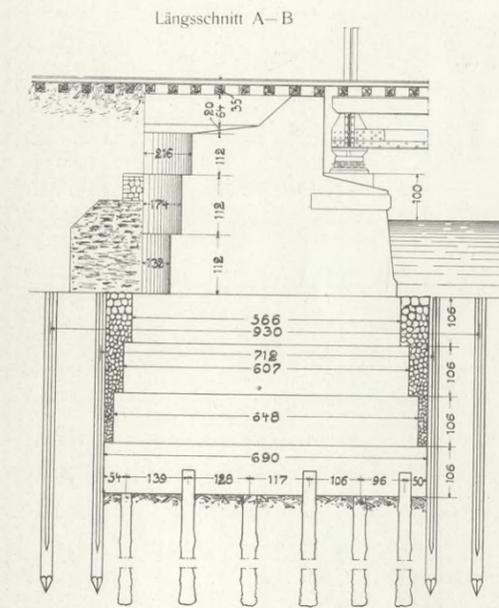


Stützmauer Querschnitt II.

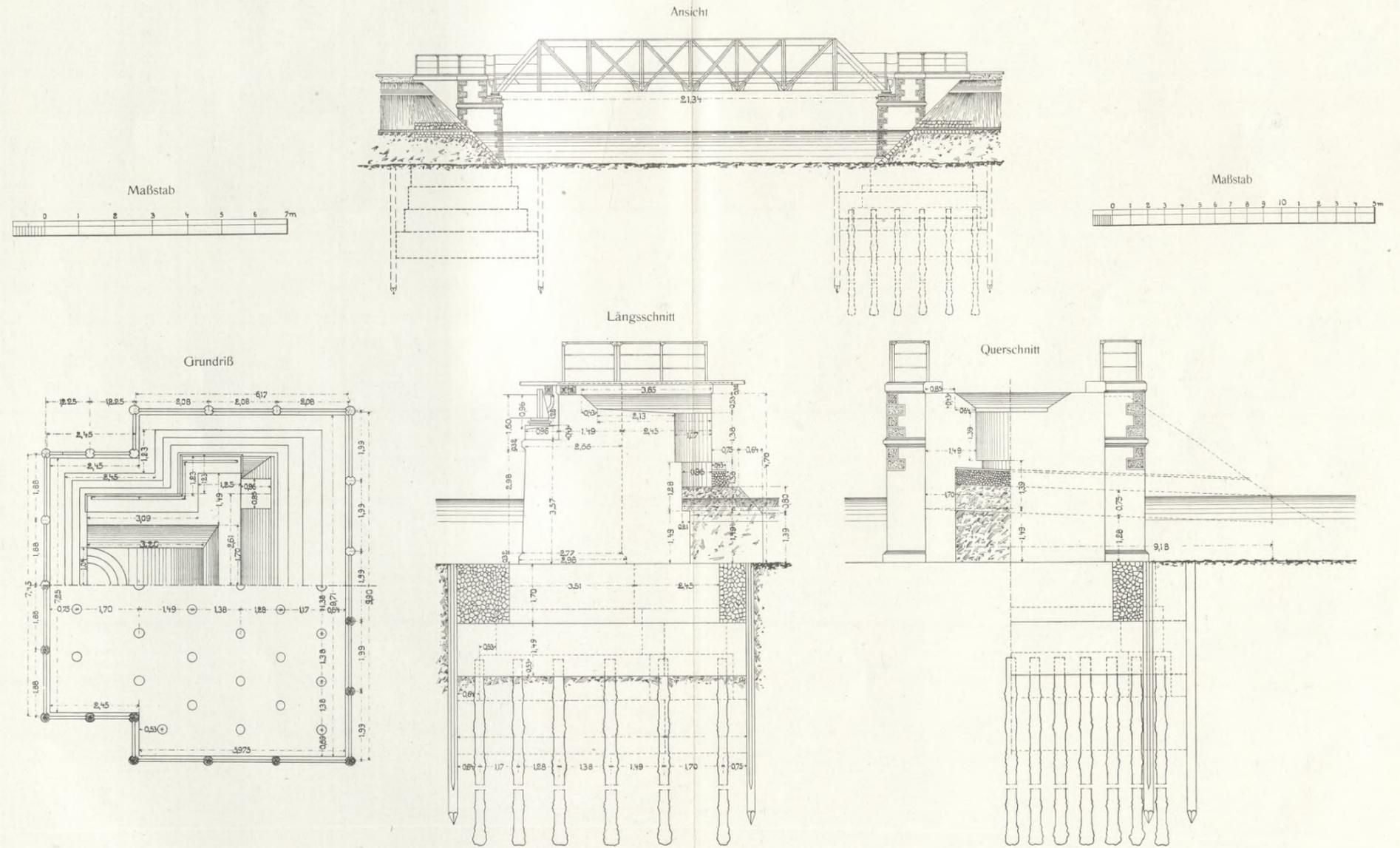
Stützmauer Querschnitt I.



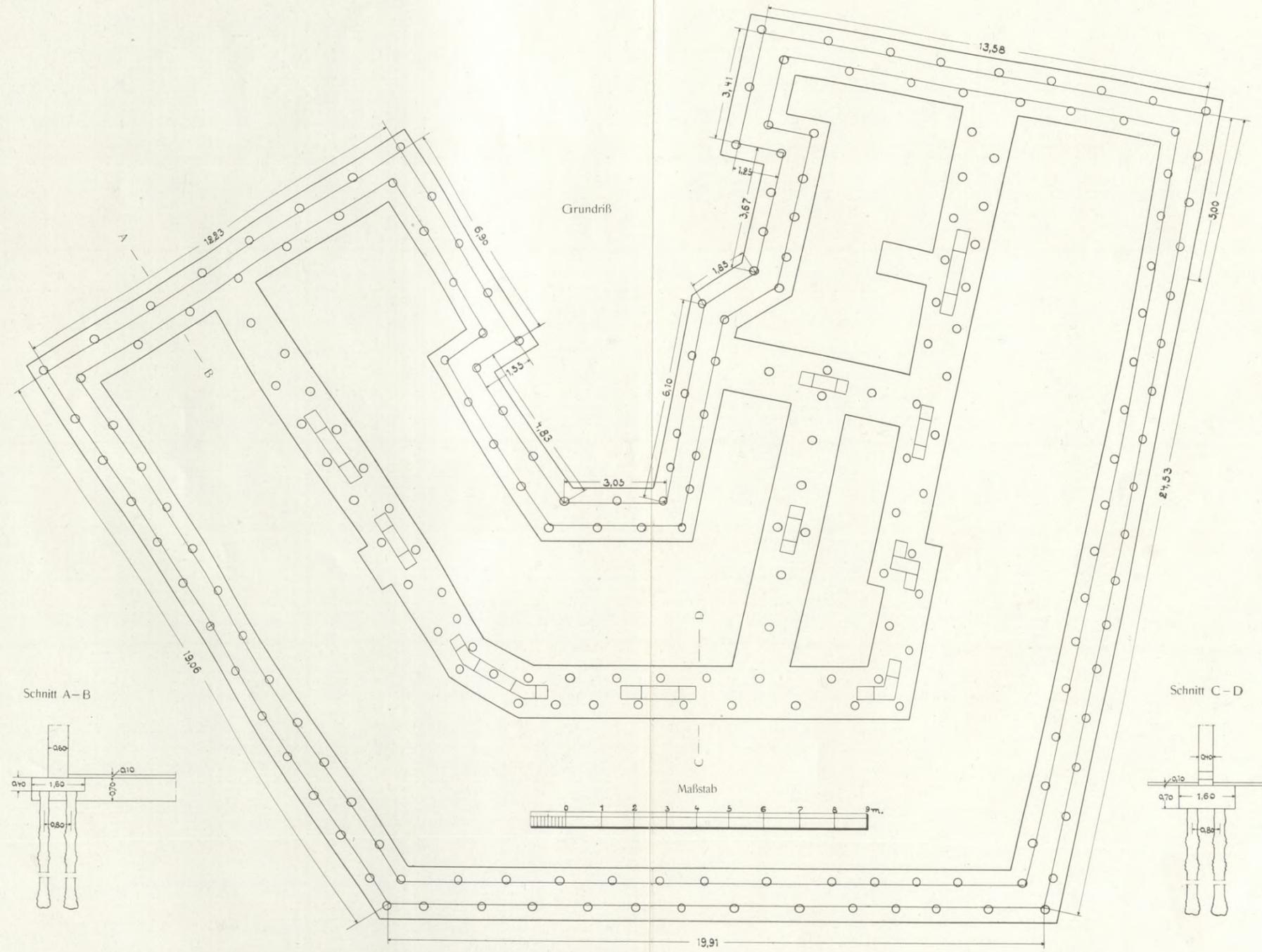
Entwurf des Karawajew'schen Eisenbeton-Viaduktes
auf Station Kiew.



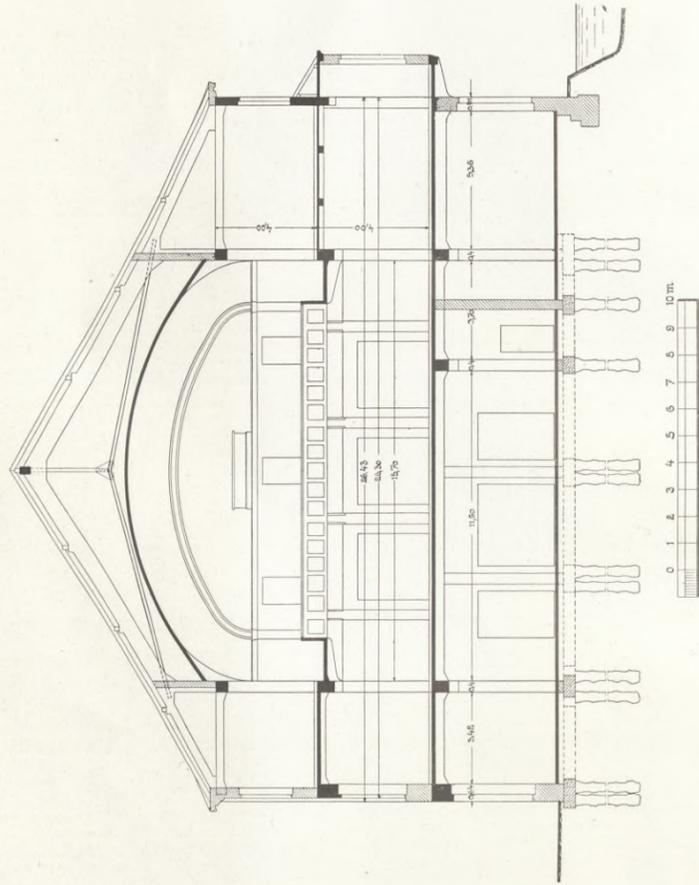
Gründung der Widerlager für die Eisenbahnbrücke über die Ikwa auf Straußpfählen.



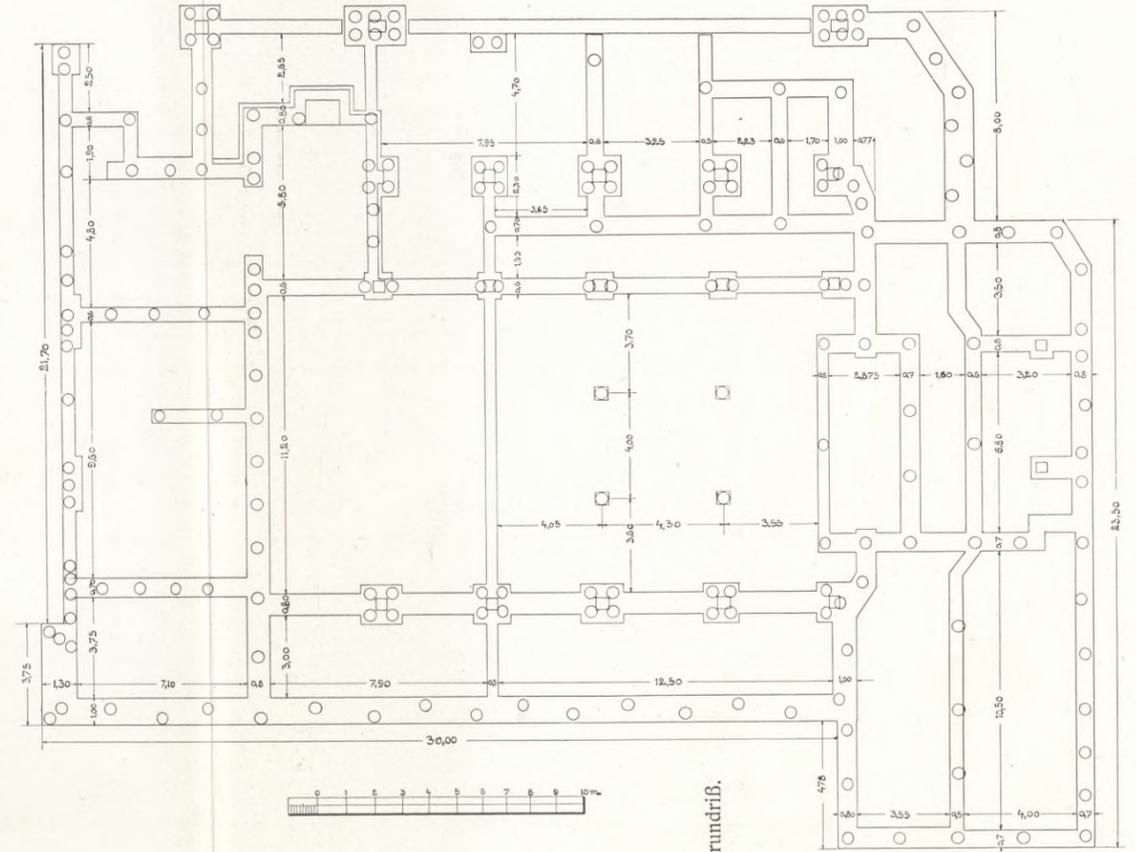
Gründung eines Widerlagers der Eisenbahnbrücke über die Orla mit Straußpfählen.



Gründung des Wohnhauses Böckler in Nürnberg.

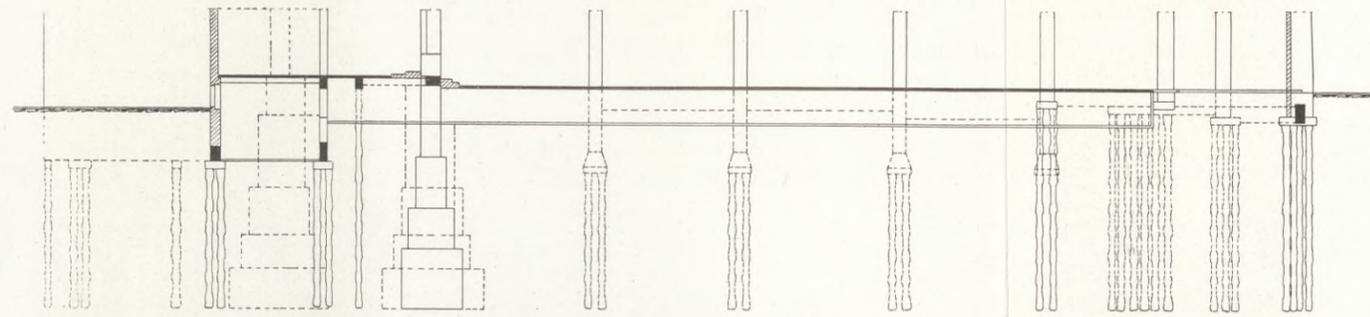


Querschnitt.

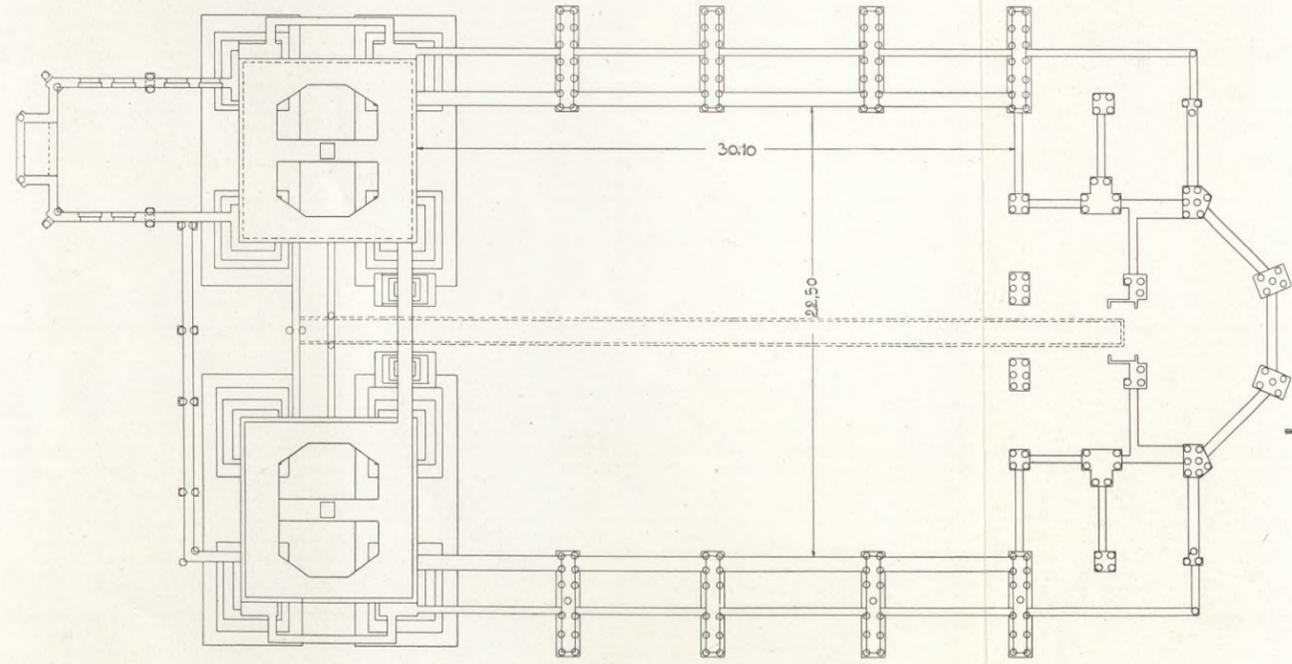


Grundriß.

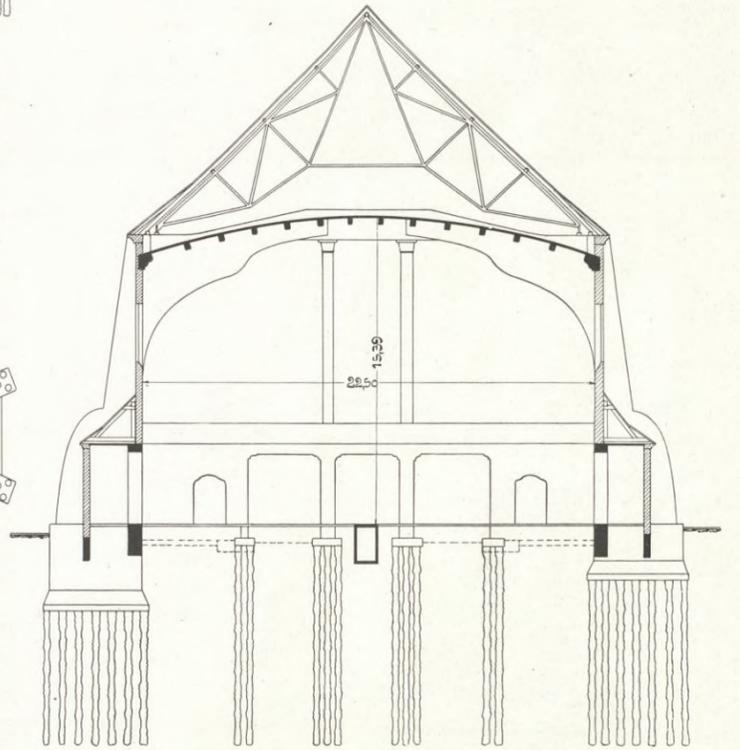
Saalneubau der Aktienbrauerei in Coburg.



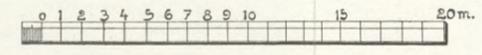
Längsschnitt.



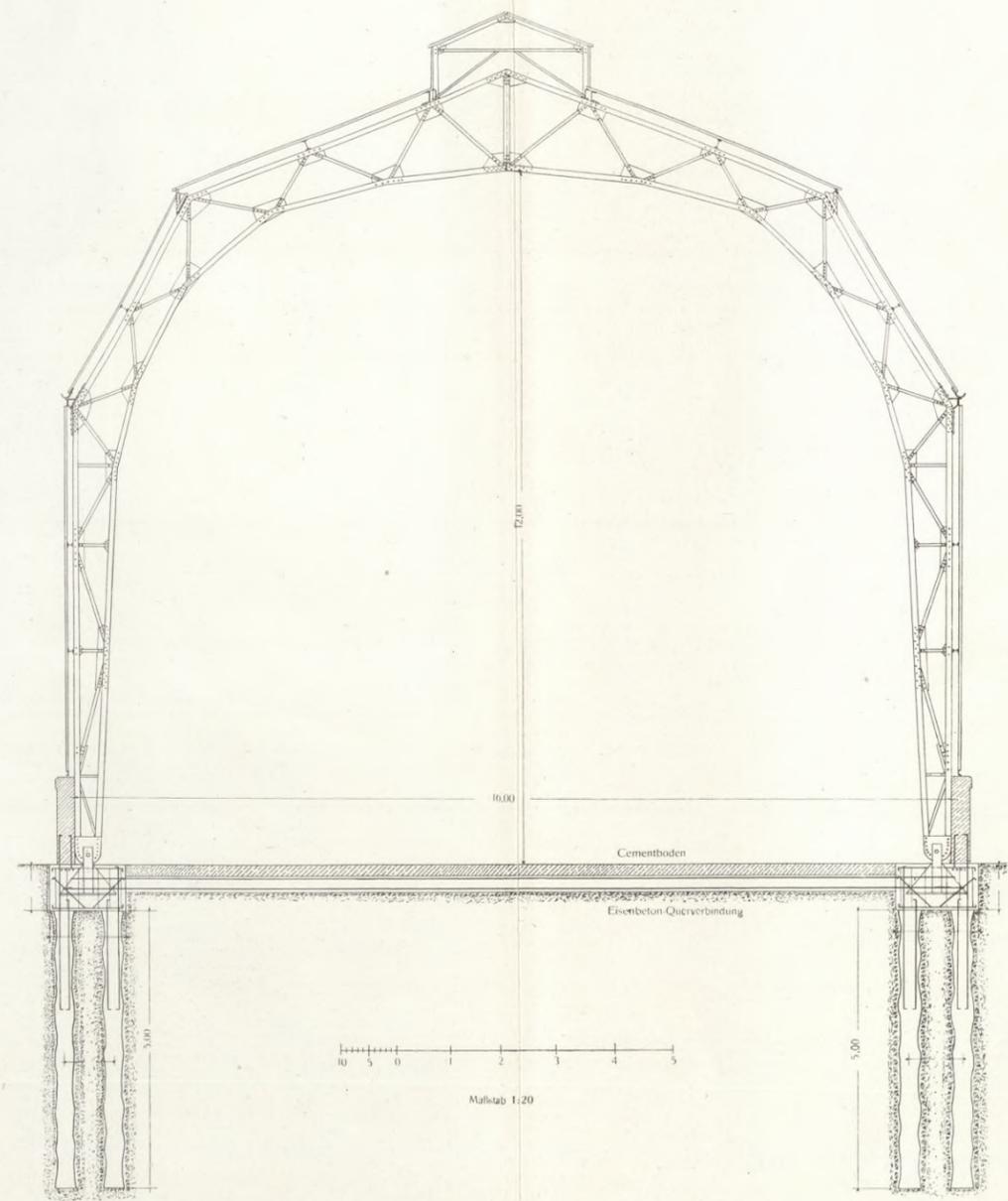
Grundriß.



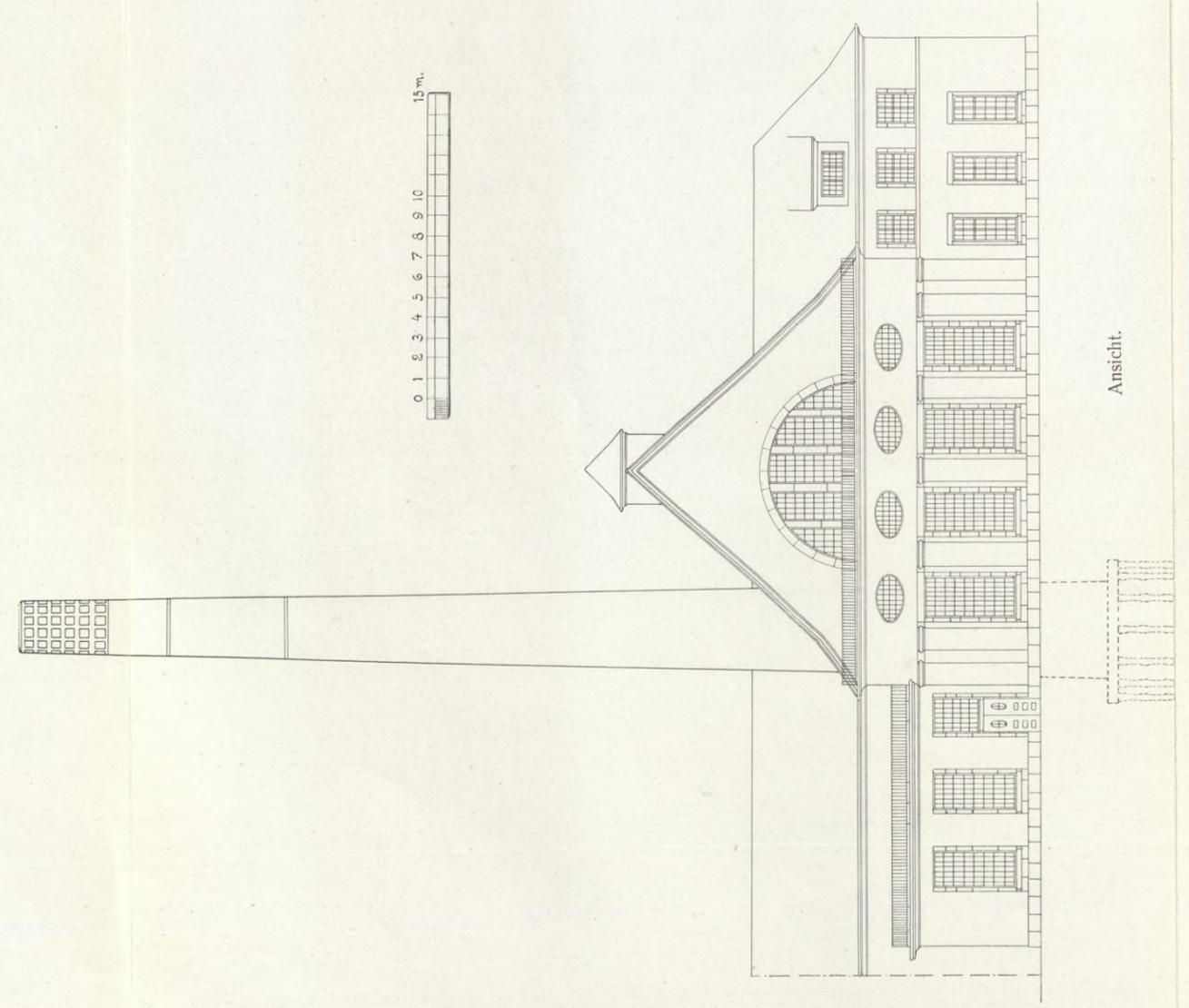
Querschnitt.



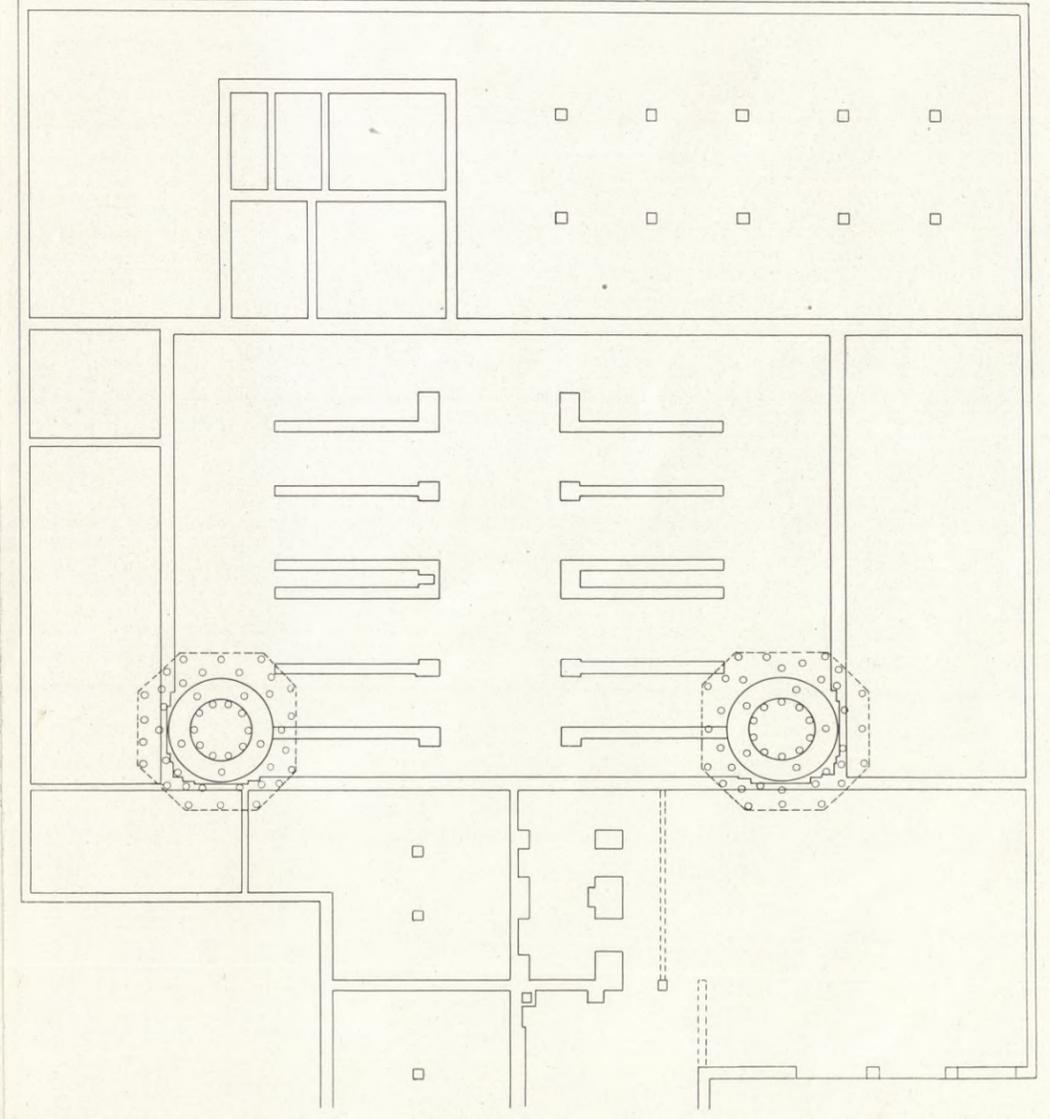
Evangelische Garnisonkirche in Ulm.



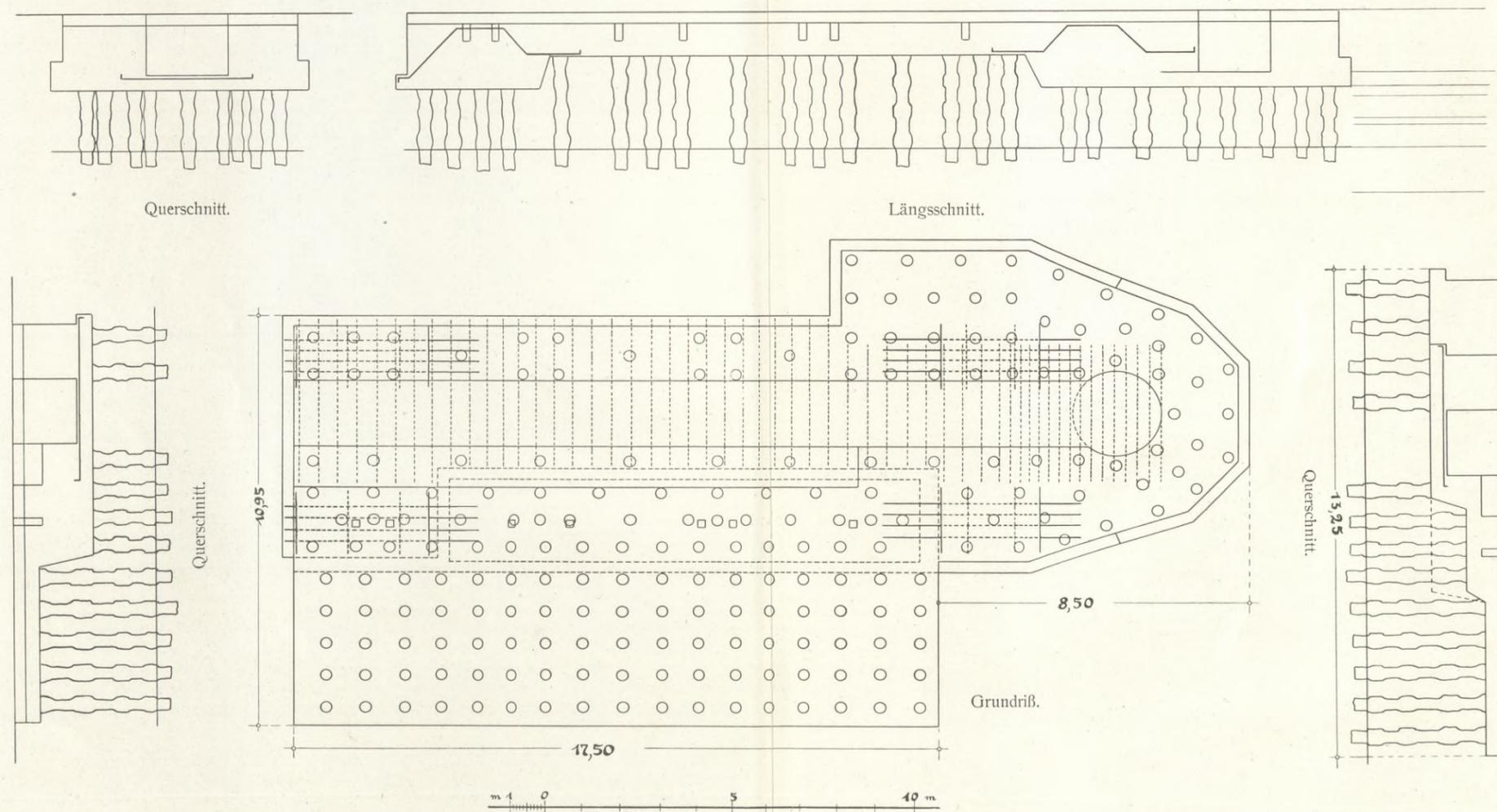
Palmenhaus in Mannheim.



Ansicht.



Grundriß.



Straußpfahlgründung von drei Kammeröfen der städtischen Gasanstalt Zwickau i. Sa.



AS 11

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-18132

=====
KREY u. SOMMERLAD
NIEDERSEDLITZ i. Sa.
=====

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300806