

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305698

xxx
793

Kempf

Ueber neuere Fundierungs- Methoden mit Betonpfählen

Von Ingenieur **K. E. Hilgard**, Professor
am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich ☐

F. Nr. 27 539



Sonder-Abdruck aus der

„Schweizerischen Bauzeitung“
Band XLVII, Nr. 3, 8, 9 und 11
(Jahrgang 1906 ☐ Erste Hälfte)

— Rascher & Cie. —
Meyer & Zellers Nachfolger
— Zürich 1907 —

*15/1906
11/1907*

xxx
493

15/1907

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

III 33231

Akc. Nr. 3673/49

Ueber neuere Fundierungsmethoden mit Betonpfählen.

Von Ingenieur K. E. Hilgard, Professor am eidgen. Polytechnikum in Zürich.¹⁾

Das Bedürfnis, bei Fundierungen an Stelle von Pfählen aus Holz, solche aus einem andern, namentlich der Fäulnis nicht unterworfenen Material zu verwenden, macht sich bei schlechtem, nicht tragfähigem Boden überall da geltend, wo entweder über dem Baugrund oder in demselben kein Wasser bleibend vorhanden ist, oder wo bei tiefer Lage der tragfähigen Bodenschicht der allfällig vorhandene Grundwasserspiegel selbst verhältnismässig tief unter der Frostgrenze liegt, oder auch da, wo dieser starken Schwankungen ausgesetzt ist. In diesem Falle wird, um die Pfahlköpfe vor Fäulnis zu schützen, der eigentliche Fundamentkörper infolge seiner tiefliegenden Unterstützung nicht nur selbst sehr voluminös, sondern seine Erstellung bedingt auch eine tiefe und demgemäss erschwerte Abgrabung. Ausser den durch diese unmittelbar verursachten Mehrkosten kann ein tiefer Fundamentaushub auch den Fundamenten benachbarter, bereits bestehender Bauwerke gefährlich werden, oder dann besondere und meist kostspielige Massregeln zu deren Sicherung oder gar die Anwendung besonderer Baumethoden erfordern. Wie solche besondere Sicherungsarbeiten durch die Anwendung von *Betonpfählen* (System „Raymond“) vermieden werden konnten, hatten wir Gelegenheit bei den Fundierungsarbeiten für das U. S. Express Co. Gebäude in New York zu beobachten.

In manchen Fällen stehen Schwierigkeiten in der raschen Beschaffung von tauglichem Holz für Pfählungen, oder ein örtlich hoher Preis desselben, oder aber die Gefahr

der Zerstörung des Holzes durch Bohrwürmer und andere Gründe mehr der Verwendung von Holzpfählen zur Fundierung entgegen. In solchen Fällen kommt *Beton*, als ein vortreffliches Ersatzmittel zur Herstellung von Pfählen, die dazu bestimmt sind, entweder durch äussere Reibung zu tragen, oder aber direkt den Fundamentdruck auf tiefere Bodenschichten zu übertragen, zu ausgedehntester Verwendung. Die Erfolge neuerer Herstellungsmethoden von Betonpfählen ermöglichen häufig, durch deren Anwendung an Stelle der sonst üblicherweise verwendeten Schacht- oder Brunnen-Fundierungen, besonders aber auch an Stelle der Druckluft-Fundierungen, namentlich in wasserhaltigem Kies-, Sand- und Schlamm-Boden, bedeutende Ersparnisse an Bauzeit und an Kosten.

Bis die im Jahre 1897 von Hennebique patentierten armierten Betonpfähle bekannt wurden, war unseres Wissens die ursprüngliche und einzige Herstellungsweise für Pfähle aus Beton die gleiche, wie für die sog. „Sand- oder Kiespfähle“; sie bestand im Einrammen eines Holzpfahles und im Einfüllen und Einstampfen des durch das Wiederherausziehen des Pfahles entstandenen Hohlraumes mit Sand und Kies, bzw. Stampfbeton. Diese Methode eignete sich besonders zur Anwendung in verhältnismässig frischen Dammansättigungen und sonstigen losen, trockenen bis mässig feuchten homogenen Bodenarten. Die Verwendbarkeit von Betonpfählen war dabei auf solche Bodenarten beschränkt, in denen sich infolge genügender Standfestigkeit des Untergrundes der Hohlraum solange intakt erhalten konnte, bis der Beton eingefüllt war.

Die nach dem Hennebique'schen und andern, diesem ähnlichen Systemen armierten Betonpfähle, die zunächst durch Giessen bzw. Einstampfen des Betons in eine Form (hölzerne Verschalung) hergestellt werden und die vor ihrer Verwendung unter der Ramme, meist unter beständiger Befeuchtung, erhärten müssen, stellen den in der ursprünglichen Weise hergestellten Betonpfählen gegenüber einen bedeutenden Fortschritt dar und ihre Verwendung fand, namentlich in einigen europäischen Staaten, eine rasche und sehr ausgedehnte Verbreitung. Die ursprünglich von Hennebique mit einer Sandfüllung über dem Pfahlkopf verwendete gusseiserne Schlaghaube ist bei neuern Bauten, u. a. von Ingenieur Züblin in Strassburg, durch eine aus Walzeisen-Platten und Winkeln genietete, mit Sägespänen gefüllte Haube ersetzt worden, auf die eine „Jungfer“ aus Eichenholz aufgesetzt wird. Ebenso ist bei einigen Bauten, an Stelle des Hennebiqueschen quadratischen oder bei Spundwänden rechteckigen Querschnittes der Pfähle, ein dreiseitiger oder runder Querschnitt angewendet worden. Eine verschiedenartige Ausbildung zeigen sodann die Pfahlspitzen, die zum Teil mit eisernen Schuhen armiert sind. Das bei dafür günstigen Bodenverhältnissen zum Zweck der Einspülung, bzw. zur Erleichterung des Einrammens der Beton-Pfähle verwendete Druckwasser wird meistens durch ein, in einer seitlichen Nute des Pfahles eingelegtes Gasrohr äusserlich der Pfahlspitze zugeführt.

In Abbildung 1 sind die bekannten Beton-Tragpfähle, wie sie ursprünglich von Hennebique patentiert wurden, und in Abbildung 2 seine Spundwandpfähle mit Spülrohren dargestellt.

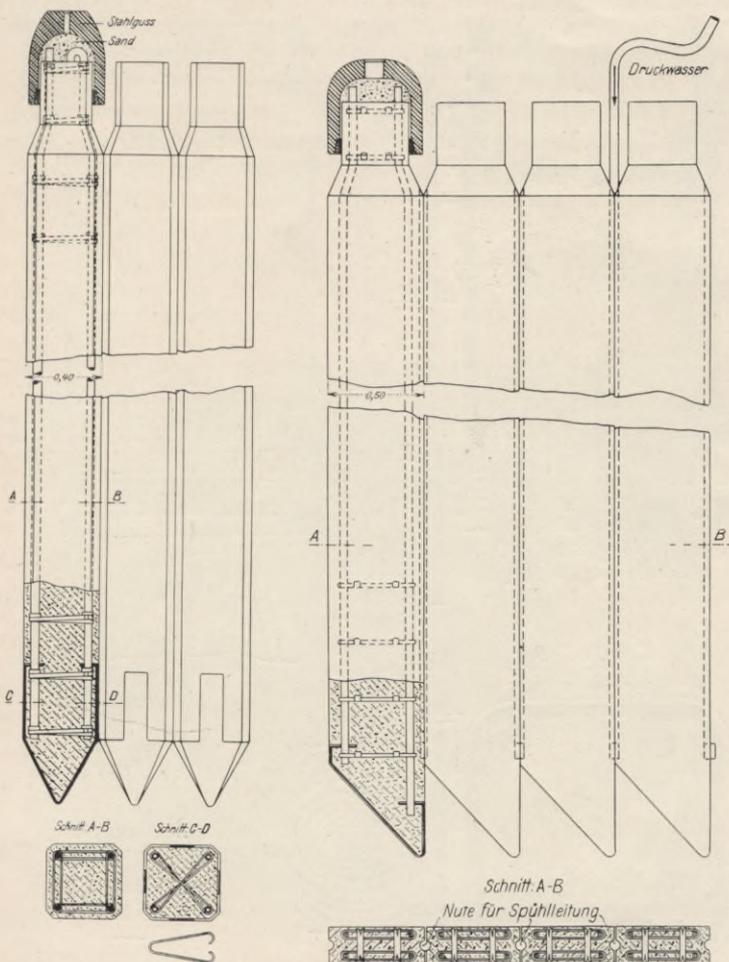


Abb. 1. — Masstab 1 : 40.

Abb 2. — Masstab 1 : 40.

¹⁾ Auszug No. 2 aus einem Bericht über eine technische Studienreise in den Ver. St. v. N. A. im Herbst 1904. Nr. 1 in Nr. 18, Band XLV der Schweizerischen Bauzeitung.

Bei einer der verhältnismässig seltenen Anwendungen, welche die Hennebique-Pfähle in den Vereinigten Staaten von Nordamerika gefunden haben, nämlich bei der Fundierung des 10 Stockwerke hohen Hallenbeckschen eisernen Turmgebäudes in New-York ist, wie aus Abbildung 3 ersichtlich, eine mittels schmiedeiserner Lappen befestigte, sehr schlanke Gusstahlspitze verwendet worden, die zum Zweck der Einführung des Druckwassers für die Einspülung zentrisch durchbohrt ist und zugleich das untere Ende der Armierung bildet.

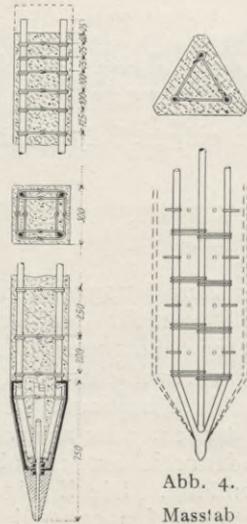


Abb. 3. Abb. 4.
Masstab
1 : 40.

In der Abbildung 4 ist der bei der Fundierung des Amtsgerichtsgebäudes auf dem „Wedding“ in Berlin verwendete armierte Betonpahltyp mit dreiseitigem Querschnitt dargestellt.

Ein ebenfalls nach seiner Erhärtung einzurammender Betonpahl, der erst ganz kürzlich mit Erfolg bei verschiedenen Bauten in New-York in grosser Zahl zur Verwendung gelangte, ist jener der „Corrugated Concrete Pile Co.“ in New-York. Derselbe hat den in Abbildung 5 dargestellten, von dieser Firma patentierten Querschnitt. Der in beliebigen Längen, in einer nach der Ausschalung immer



Abb. 6. Lager fertiger Pfähle nach dem System der «Corrugated Concrete Pile Co.».

wieder verwendbaren zerlegbaren Holzform hergestellte, nach unten verjüngte Pfahl hat einen octagonalen Querschnitt; jedoch ist jede Seite auf mehr als ein Drittel ihrer Breite durch eine halbkreisförmige Nute ihrer ganzen Länge nach ausgefurcht, wodurch der abgebildete Querschnitt entsteht. Die in der Pfahlachse ausgesparte Hohlung

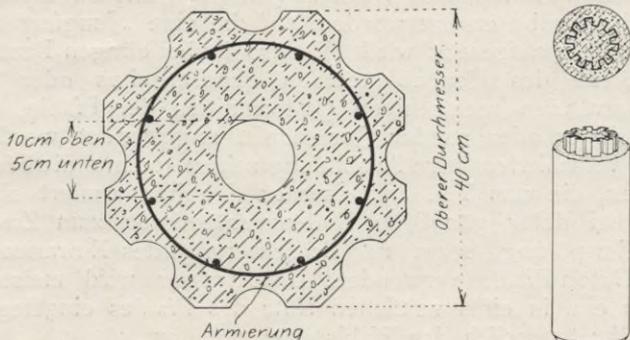


Abb. 5. Pfahl der «Corrugated Concrete Pile Co.».

Querschnitt. — Masstab 1 : 10.



Abb. 8.

dient zur Zuleitung des Spüldruckwassers. Die Armierung besteht aus einem grossmaschigen, elektrisch geschweissten Stahldrahtgeflecht aus stärkern Längsdrähten und schwächeren Querringen. Als Hauptvorteil des Pfahles wird die



Abb. 7. Einrammen von Pfählen der «Corrugated Concrete Pile Co.».

durch seine Querschnittsform erreichbare, sehr grosse äussere Wandfläche und die dadurch andern Pfahlformen gegenüber wesentlich vermehrte Reibung, bezw. Adhäsion an die ihn umgebenden Erdschichten hervorgehoben. In den Abbildungen 6 und 7 sind Verwendungen dieser Pfähle gezeigt.

Die Abbildung 8 stellt den amerikanischen, mit schwalbenschwanzartig gefalztem Stahlblech armierten, runden „Ferrocement“-Betonpahl dar, der hauptsächlich als Ersatz für Holzpfähle bei dem Angriff von Bohrwürmern ausge-

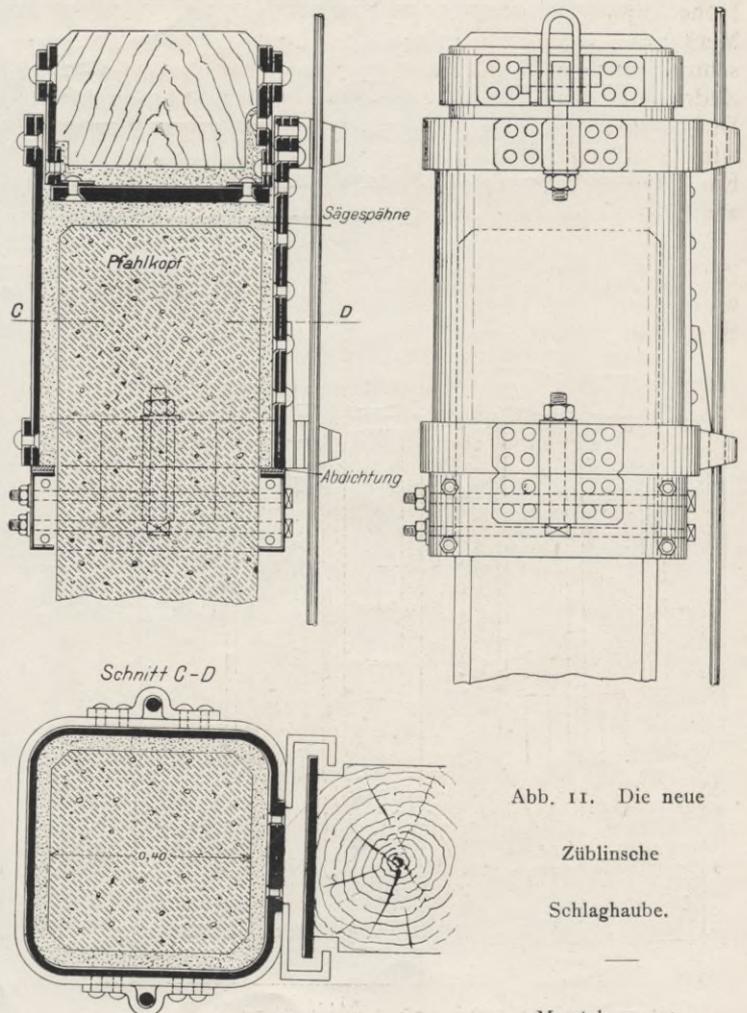


Abb. 11. Die neue Züblinsche Schlaghaube.

Masstab 1 : 15.

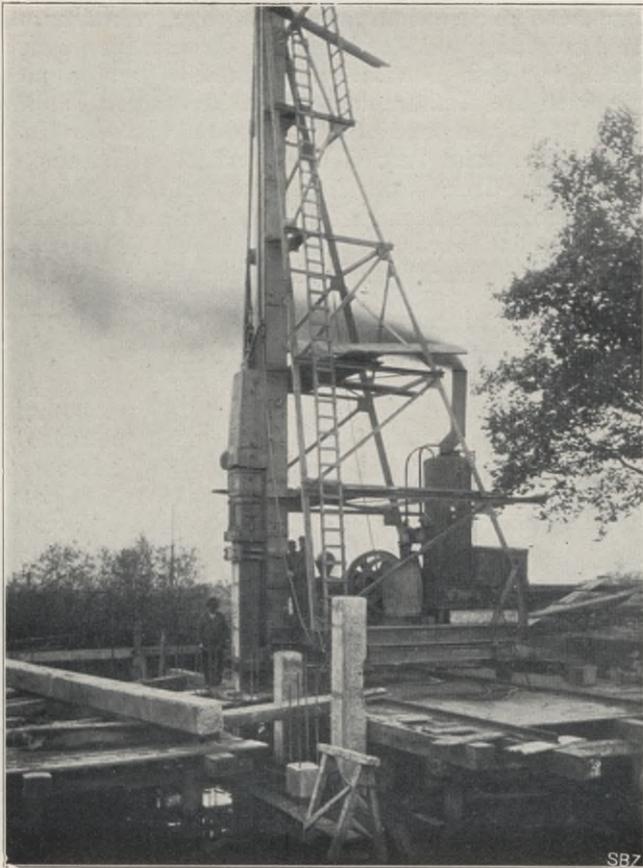


Abb. 13. Einrammen von Hennebique-Pfählen.

setzten Landungsstegen und Werftbauten in seichtem Meerwasser vorgesehen wurde. Welche Zerstörungsarbeit diese fleissigen Tierchen, namentlich die Arten „Teredo“ und „Limnoria“ im Innern eines Holzpfahles innerhalb gewisser Höhenlagen verrichten, ohne an der Aussenseite viele Merkmale zu hinterlassen, ist in Abbildung 9 an dem Querschnitt eines von vielen Hunderten ähnlich beschädigter Zedernholzpfählen veranschaulicht. Der Pfahl von 38 cm Durchmesser hatte nur zwei Jahre in Tacoma, Wash., am Ufer des Puget Sound im seichten Meerwasser gestanden. Eine ähnliche Verwüstung an einem Tannenholzpfahl ist aus Abbildung 10 (Teil eines Längsschnitts) zu ersehen.

In der Abbildung 11 ist die bereits erwähnte, neue Züblin'sche Schlaghaube zur Darstellung gebracht, bei welcher nur zur seitlichen Abdichtung gegen den Pfahl Sand zur Verwendung gelangt.

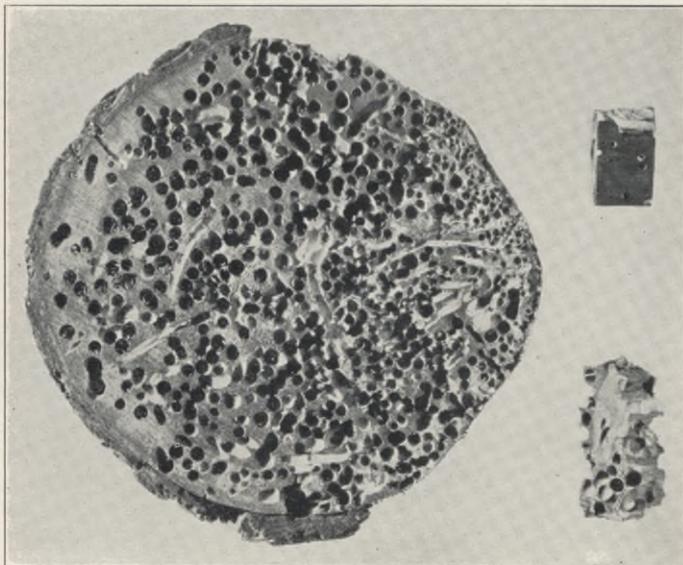


Abb. 9. Querschnitt eines vom Bohrwurm (*Teredo navalis*) zerstörten, 38 cm starken Zedernholzpfahles.

Ein Vorrat von in vertikaler Stellung unter steter Besprengung mit Wasser in Erhärtung begriffenen, aus der Form ausgeschalteten Hennebiquepfählen, die beim Bau einer Schiffswerft in Southampton, also im Meerwasser, zur Verwendung gelangten, ist in Abbildung 12 vorgeführt, während die Abbildung 13 eine zum Eintreiben von

Fundierungen mit Betonpfählen.

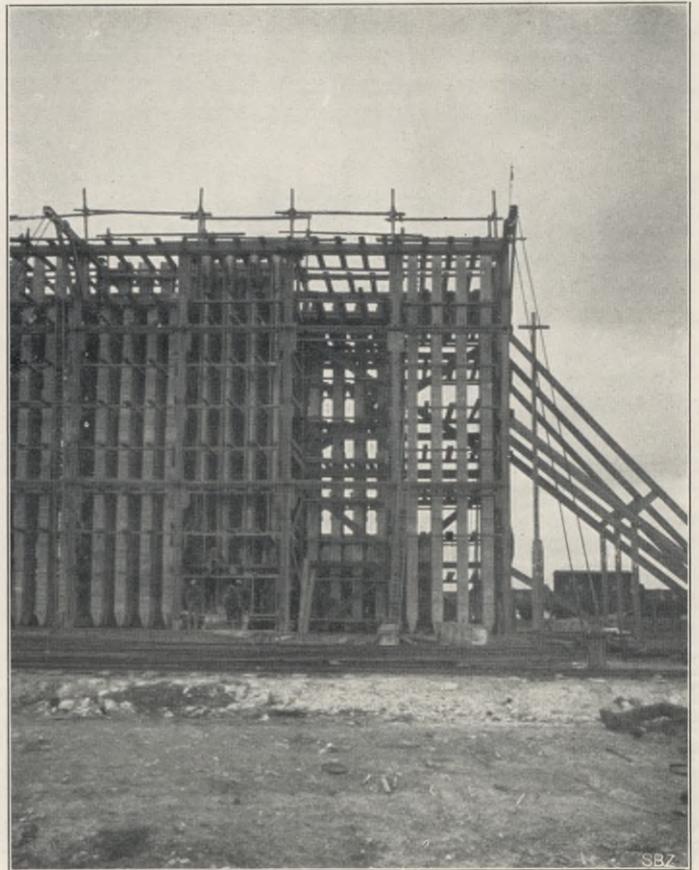


Abb. 12. In Erhärtung begriffene Hennebique-Pfähle.

Hennebiquepfählen benutzte Kunstramme darstellt mit einigen, wegen übermässiger Länge nach dem Rammen abgesehenen Pfählen.

Die weitestgehende Verwendung in Deutschland haben armierte Betonpfähle, System Hennebique, bis jetzt wohl beim Bau des neuen Zentralbahnhofes in Hamburg (etwa 600 Pfähle) sowie desjenigen in Metz gefunden. Ueber den erstgenannten Bau ist im Jahrgang 1904 von „Beton und Eisen“ ausführlich berichtet, wobei auch ein neuer, von

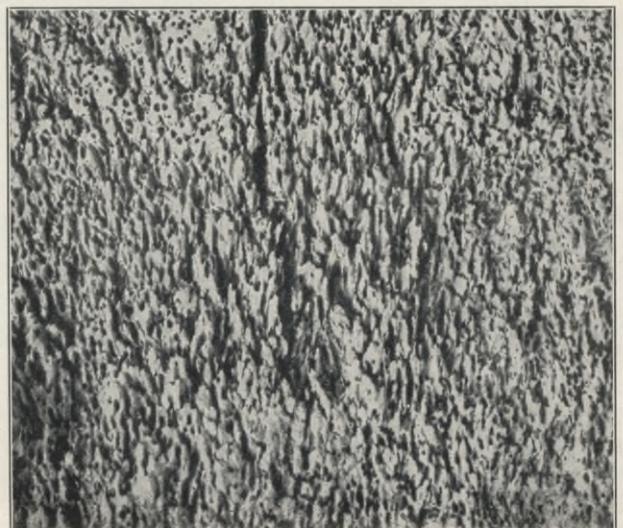


Abb. 10. Längsschnitt eines vom Bohrkäfer (*Limnoria Terebrans*) zerstörten, 35 cm starken Tannenholzpfahles von der Broadwaybrücke in Boston.

Ueber
neuerer Fundierungs-
methoden
mit
Betonpfählen.

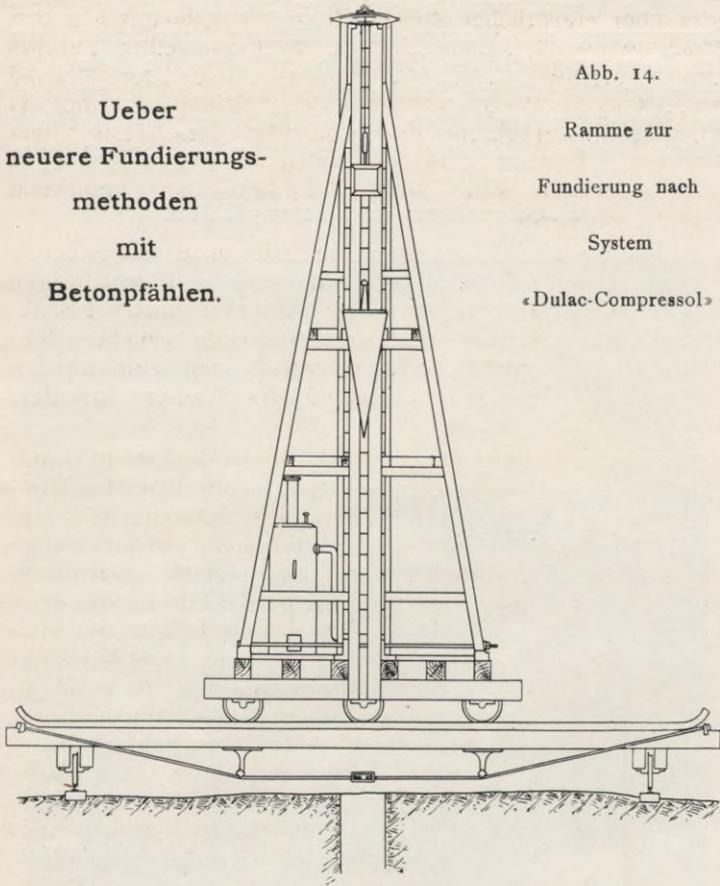


Abb. 14.
Ramme zur
Fundierung nach
System
«Dulac-Compressol»

Ingenieur Züblin patentierter eiserner Pfahlschuh für solche Pfähle beschrieben wird. Bei letzterem Bauwerk sollen bis 15 m lange Pfähle unter Zuhilfenahme von Einspülen verwendet worden sein.

Ein Vorteil all dieser vorerwähnten Betonpfähle ist, dass sie wie Holzpfähle eingerammt werden, also wie diese im Wasser oder in von Wasser durchsetztem Boden und solchem von ganz geringer Standfestigkeit, sowie auch unabhängig von der Höhenlage des Wasserspiegels anwendbar sind und infolge ihrer Armierung und des jeweilig den Bedürfnissen anpassbaren Querschnittes jene an Tragfähigkeit bedeutend übertreffen, sodass die Anzahl der Pfähle gegenüber Holzpfählen bedeutend vermindert werden kann. Einige, unter Umständen schwer wiegende

Nachteile haften ihnen aber an. Es sind das die wegen des Einrammens allein schon stets benötigte, verhältnismässig teure Armierung und der Umstand, dass sie immer mehrere Wochen vor dem Einrammen hergestellt werden müssen, sowie auch die Gefahr, dass die Pfähle in von Findlingen, Trümmern und andern Hindernissen durchsetztem Boden, bezw. beim Antreffen gewachsenen Felsens durch schiefen Quer-Bruch trotz Armierung an Tragfähigkeit bedeutend einbüßen können. Die in vielen Fällen anfänglich mit Recht hervorgehobene schädliche Wirkung einer grossen Anzahl wuchtiger Schläge auf die starre erhärtete

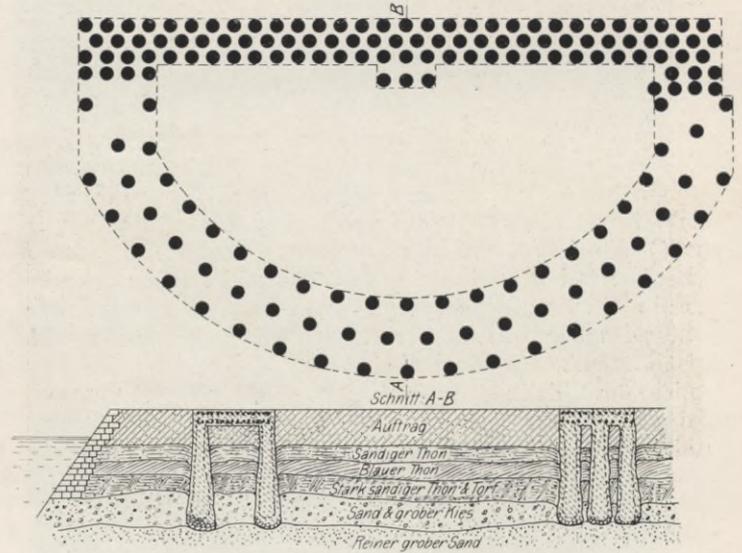
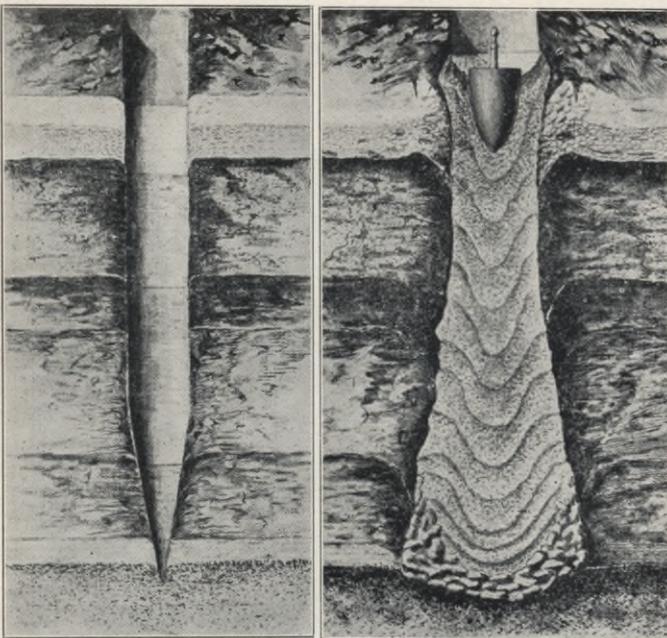


Abb. 17 u. 18. Fundierung des Creuzot-Pavillons im Jahre 1900 am Seineufer, nach dem System «Dulac». — 1 : 200.

Masse des fertigen Betonpfahles scheint durch die verbesserten Konstruktionen der Schlaghaube von Züblin und andern aufgehoben worden zu sein. Der Umstand, dass es nicht immer möglich ist, die benötigten Längen des Pfahles mit Sicherheit vorzubestimmen, kann bisweilen, ähnlich wie es bei Holzpfählen der Fall ist, hier aber in sehr erhöhtem Masse, ökonomische Nachteile mit sich bringen, infolge des erforderlich werdenden, mühsamen Abschneidens der Pfahlköpfe samt der Armierung.



Das System «Dulac-Compressol».

Abb. 15. Die durch die Ramme hergestellte Höhlung.

Abb. 16. Die mit eingestampftem Beton ausgefüllte Höhlung.

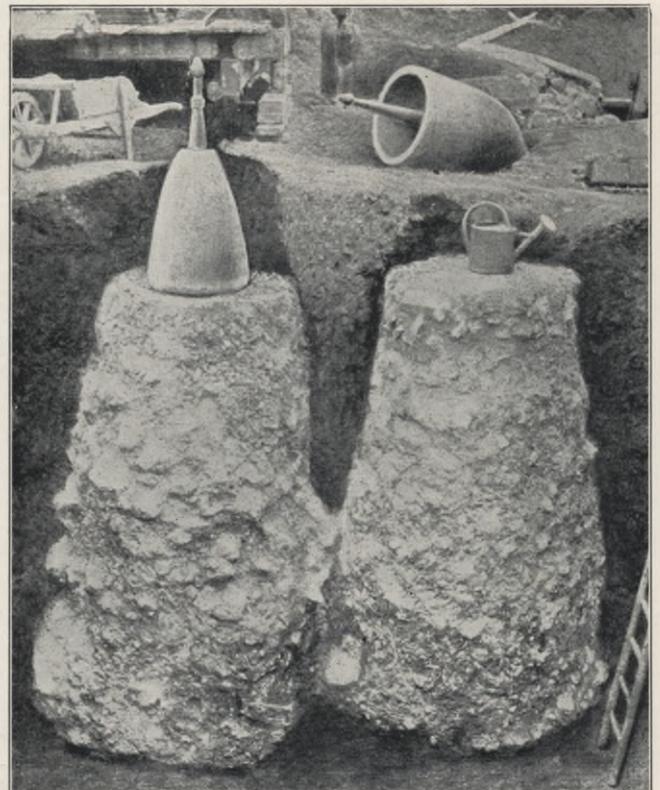


Abb. 20. Zwei ausgegrabene Fundationskörper.

Fundierungen mit Betonpfählen.



Abb. 19. Fundierung nach System «Dulac-Compressol» am Seine-Ufer in Paris.

In die Kategorie der Betonpfähle gehört auch die schon seit der Weltausstellung in Paris vom Jahre 1900 in weitem Kreise bekannt gewordene Fundierungsmethode nach dem patentierten System „Dulac“, seit kurzem unter dem Namen „Compressol“ bekannt, die in den Abbildungen 14 bis 20 dargestellt ist und die darin besteht, dass mittels eines etwa 1500 kg schweren, frei fallenden konisch zugespitzten Gusstückes zylindrische Hohlräume (Abb. 15) in die Bodenschichten des Fundaments eingedrückt werden, die, wenn eine genügende Widerstandsfähigkeit des derart, namentlich auch seitlich stark komprimierten Bodens oder der tragfähigen Schichte hervorgehoben ist, nach und nach mit Beton (event. auch bloss mit Kies) eingefüllt werden. Der Beton wird unter der freien Fallwirkung eines ähnlichen, mehr granatenförmig zugespitzten Gusstückes ebenfalls komprimiert und stetig in das die Wandung des Loches bildende Erdreich hineingedrückt, sodass sich ein nach oben verjüngter Beton-Pfeiler bildet (Abb. 16 u. 20). Die besonders starke Verbreiterung an der Basis des Pfeilers wird dadurch erreicht, dass zu unterst sehr grobes Material (Beton mit groben Steinbrocken) eingefüllt wird. Die Abbildung 20 zeigt zwei solche im Abstand von 1,70 m von Mitte zu Mitte hergestellte, nachträglich durch Abgrabung freigelegte Dulacsche Beton-Fundament-Pfeiler, wovon der linksseitige aus grobem Steinmaterial, Kies und hydraulischem Kalkmörtel und der rechtsseitige aus eigentlichem Zement-Beton besteht. Eine unterirdische feste Verbindung der Pfeiler ist ebenfalls durch entsprechend kräftiges Rammen des Betons erreichbar. Selbst in wasserführenden Bodenschichten ist diese Fundierungsmethode bis mehrere Meter unter den Grundwasserspiegel hinab mit Erfolg angewendet worden, indem sobald die Vertiefung im Boden den Wasserspiegel erreicht hatte, die ganze Höhlung zunächst mit trockenem, plastischem Lehm ausgestampft, das Höhlen durch Rammen von neuem begonnen wurde und so, unter stetigem Nachfüllen von solchem Dichtungsmaterial, bis in die erforderliche Tiefe hinabgetrieben werden konnte. Auf diese Weise war die Höhlung mit einer Lehmwandung abgedichtet und abgesteift, die gestattete, den Beton einzufüllen. Je nach der Wichtigkeit und erforderlichen Tragfähigkeit des Fundamentes werden nur grobe Steine, Kies und Sand oder das gleiche, mit hydraulischem Kalkmörtel begossene Material

oder aber eigentlicher Zement-Beton eingestampft. In den Abbildungen 18 und 19 sind die so hergestellten Fundierungen für den Creuzot-Pavillon am Seine-Ufer für die Ausstellung in Paris 1900 dargestellt. Die Fundierung erfolgte in wasserhaltigem Boden; der Fuss des Betonpfeilers befindet sich etwa 5 m unter dem Grundwasserspiegel. Die Pfeilerköpfe sind durch Tragplatten aus armiertem Beton verbunden.

Mit Vorteil soll die Methode Dulac auch seither schon verwendet worden sein zur Vollendung von schwierigen Fundierungen in grösserer Tiefe, bei denen zunächst Senkbrunnen durch Wasser oder wasserführende Schichten hindurch bis auf solche Schichten hinab abgeteuft worden waren, in denen eine Entfernung des Wassers aus dem Brunnen möglich wurde.

Die Herstellung eines Betonpfeilers mit einer in standfesten und tragfähigen Untergrund hinabreichenden und zugleich stark verbreiterten Basis, um dadurch die Tragfähigkeit der Betonsäule selbst zu erhöhen, bezweckt auch die durch die Abbildungen 21 und 22 erläuterte, patentierte Fundierungsmethode „Gow und Palmer“, die in Boston beim nachträglichen Unterfangen der Fundamente eines hohen Gebäudes im Jahre 1904 zuerst zur Anwendung gelangte, unter den dort dafür günstigen Bodenverhältnissen (fester Lehm unter zusammen etwa 6,0 m mächtigen Schichten von lockerer Auffüllung, Schlamm, Sand und weichem Lehm). Es wurde zunächst ein schmiedeeisernes Rohr bis in die feste, tragfähige Schichte eingerammt und das so durchstochene Material, nachdem es durch eingeleitetes Druckwasser aufgewühlt worden war, aus dem Innern des Rohres ausgepumpt. Alsdann

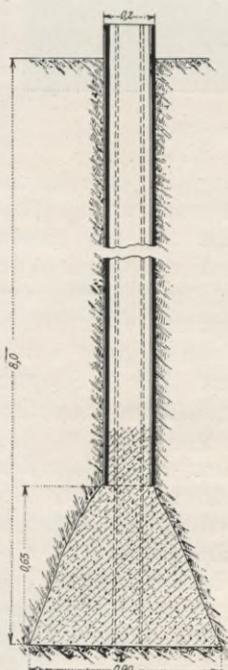


Abb. 21.

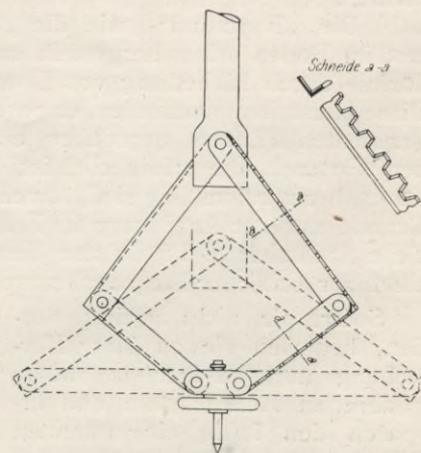


Abb. 22.

wurde der in Abbildung 22 dargestellte „Schneide“-Apparat in das etwas emporgezogene Rohr eingeführt und mittels eines einfachen Antriebes in Drehung versetzt. Sukzessive wurde dann der so unter dem Gewicht des Schneideapparates sich nach unten stetig erweiternde Hohlraum in gleicher Weise durch Auspumpen geräumt und darauf mit Stampfbeton ausgefüllt. Unter allmählichem Zurückziehen des Rohres und gleichzeitigem Einstampfen von Beton in die Höhlung wurde der Betonpfeiler bis auf die gewünschte Höhe heraufgeführt. Zum Zwecke einer kräftigen Armierung sind vier bis in den Fuss hinreichende, gewundene Quadrateisen von 3 cm Stärke eingebettet worden; an solchen Stellen, wo sich die oberen Schichten schlechter und läufig erwiesen, verblieb auch das aus einzelnen Längen von 1,5 m zusammengesetzte Rohr als weitere Armierung und Umhüllung der Beton-Säule. Es gelang so ohne Schwierigkeiten, eine den Querschnitt des armierten Betonpfahles um das fünfzehnfache übertref-

fende, seiner zulässigen Druckbeanspruchung selbst entsprechende und mit dem Pfahle festverbundene Basisfläche für denselben zu gewinnen.

Auf Grund mehrerer, von den meisten der bisher beschriebenen sehr abweichenden Herstellungsweisen von

Fundierungen mit Betonpfählen.



Abb. 24. Aufstücken von Hennebique-Pfählen.

Betonpfählen hat sich ihre Verwendung in dem „zeitkargen“ Lande der Vereinigten Staaten von Nordamerika in noch kürzerer Zeit sehr rasch entwickelt. Unter diesen erregen das grösste Interesse und verdienen auch von seiten europäischer Ingenieure die ernstlichste Beachtung, die gegenwärtig am meisten verbreiteten patentierten Betonpfähle der „Raymond Concrete Pile Co.“ von Chicago, sowie die von Oberingenieur Frank Shuhman der „Simplex Concrete Piling Co.“ in Philadelphia eingeführten „Simplex-Pfähle“.

Die „Raymond“- wie die „Simplex“-Pfähle werden erst im Boden selbst hergestellt und können je nach Bedürfnis durch Einbettung von Eisenstäben armiert werden. Diese Herstellungsmethoden ersparen daher den fertig eingerammten Pfählen gegenüber einen beträchtlichen Teil der Wartezeit, die erforderlich ist, bis letztere genügend erhärtet, bezw. rammfähig sind. Auch bedürfnis sie aus diesem Grunde nur der Armierung im Falle, dass sie als im obern Teile freistehende Pfähle zur Verwendung gelangen und allfälliger seitlicher Biegebungsbeanspruchung ausgesetzt sind.

Sofern sie nicht armiert werden, bedürfnis sie zu ihrer Herstellung auch keiner besonders erfahrenen Arbeitskräfte und ersparen den fertig eingerammten Pfählen gegenüber nicht selten den Abfall teuren Materials und die Arbeit des Abschneidens der Pfahlköpfe bei zu gross gewählter Länge.

Ebenso erfordert eine nachträgliche Verlängerung der am Eingang der Abhandlung beschriebenen Hennebique-Pfähle, wenn sich die Pfähle infolge ungenügender Bodenuntersuchungen als zu kurz erweisen, eine umständliche und beschwerliche Arbeit. Es muss dazu die Armatrur im obern Teil des Pfahles freigelegt werden, um sie durch Uebergreifen der Eisenstäbe anzustücken. Zudem muss dem verlängerten Pfahl wieder die nötige Zeit zum Erhärten gelassen werden, bevor mit der Rammarbeit fortgefahren werden darf. Nur in einem bis zu entsprechender Tiefe trockenen Baugrund wäre es möglich, vor oder nach

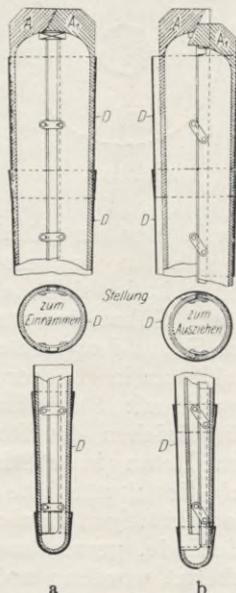


Abb. 23. — 1 : 40.

Ausgrabung des umgebenden Bodens den zu kurzen Pfahl vorerst fertig einzurammen und das Aufstücken nachträglich vorzunehmen. Bei den erwähnten Fundationsarbeiten für den Hauptbahnhof in Metz stellte sich infolge unrichtiger Bodenproben nachträglich heraus, dass 96 Hennebique-Pfähle um je 3 bis 5 m verlängert werden mussten; da die Notwendigkeit hiezu aber rechtzeitig erkannt wurde, konnte diese Arbeit, wie Abbildung 24 zeigt, auf dem Werkplatz vor Einrammen der Pfähle vorgenommen werden.

Bei den „Raymond“- und „Simplex“-Pfählen kann der sich während des Rammens ergebenden Notwendigkeit, einen Pfahl in grösserer Länge als vorgesehen, herzustellen, in der einfachsten Weise entsprochen werden, wie weiterhin noch gezeigt werden soll.

Den Holzpfählen gegenüber besitzen Betonpfähle des weitern noch ausser den eingangs erwähnten Vorteilen grösserer Dauerhaftigkeit, diejenigen grösserer Tragfähigkeit infolge der Möglichkeit, je nach Zweckmässigkeit und Wahl der entsprechenden Herstellungsmethode auch die Querschnittsform des Pfahles zu ändern; ebenso kann dessen Länge und das Mass der Verjüngung innerhalb dieser, und namentlich die Querschnittsfläche sowie der Rauheitsgrad der Aussenfläche den gewöhnlich erhältlichen Holzpfählen gegenüber bedeutend gesteigert werden. Damit ist es möglich, die seitliche Kompression des den Pfahl umgebenden Grundes, dessen Reibungswiderstand sowie die horizontale

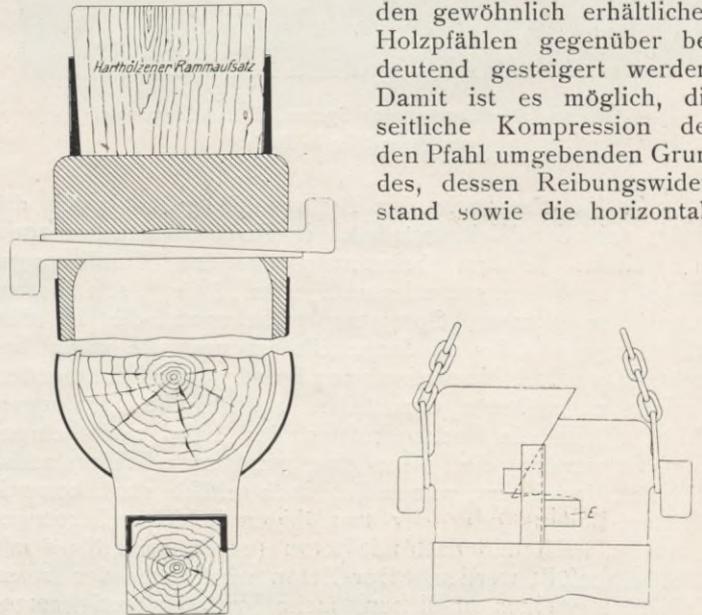


Abb. 25 u. 26. Aufhängung des Rammkerns für «Raymond-Pfähle».

Unterstützungsfläche des Betonpfahles fast beliebig zu vermehren bis zur vollen Ausnützung der ebenfalls nach Wunsch bedeutend steigerungsfähigen Festigkeitsgrenze, bezw. der zulässigen Inanspruchnahme des Pfahlmaterials selbst, was ja bei Holzpfählen ganz ausgeschlossen ist.

Die erste Anwendung der „Raymond-Pfähle“ datiert aus dem Jahre 1901. Ihre Herstellung bedeutet einen markanten Fortschritt gegenüber der eingangs erwähnten „ursprünglichen“ Methode. Zur Herstellung einer Höhlung im Boden wurde ein nach unten stark verjüngter hohler Gusstahlkern von 6 m Länge und 0,45 m bzw. 0,15 m Durchmesser am Kopf-, bezw. Spitze in den Boden gerammt. Wie aus den Abbildungen 23 u. 27 (Seite 8) ersichtlich ist, besteht der „Rammkern“ aus zwei durch Gelenklappen mit einander verbundenen Längshälften A und A₁. Diese werden durch einen Querkeil B in der für das Einrammen erforderlichen gegenseitigen Stellung (Abb. 23 a) gehalten und nach dem Einrammen durch Ausziehen des Keiles und einen Schlag auf die Hälfte A₁ in die das widerstandslose

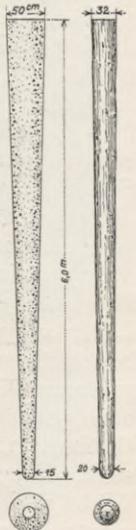


Abb. 28. — 1 : 40.

Herausziehen aus dem Grund sehr leicht ermöglichende Stellung (Abb. 23, b) gebracht. In standfestem Boden wird die beim Einrammen des Kerns offene Längsfuge unter dem Keil mit einem abnehmbaren dünnen Blech-



Abb. 27. Ramme für «Raymond-Pfähle».

streifen abgedeckt, um das Eindringen von erdigem Material in den Rammkern zu verhindern. Die nach dem Zurückziehen des Kerns verbleibende Hohlung kann dann mit Beton ausgefüllt werden. Der Hauptvorteil dieser Methode kommt aber erst zur Geltung, wenn der Pfahl nicht standfesten, sondern wasserhaltigen, läufigen Boden durchfahren muss, indem dann vor dem Einrammen des Kerns dieser mit einer eng anschliessenden, aus dünnem $\frac{1}{4}$ mm bis 1 mm starkem Stahlblech genieteten Hülse D (Abb. 23 und 27, auch 36 und 37) überzogen wird; in einzelnen Fällen genügte eine Hülse aus geöltem Karton. Nach dem Herausziehen des Hohlkerns verbleibt diese Hülse als Aussteifung und Abdichtung in der Hohlung im Boden und wird alsdann mit Zementbeton ausgestampft. In den Abbildungen 25 und 26 sind Aufhängung des Rammkerns, Stellkeil, sowie Ramm-aufsatz (eichene „Jungfer“) und deren Führung dargestellt. Sollen die Raymond-Pfähle vornehmlich durch ihre Keilwirkung in dem von ihnen seitlich komprimierten Boden tragen, so wird eine Form mit einer viel stärkern Verjüngung gewählt, als sie bei natürlich gewachsenen Holzpfählen vor-

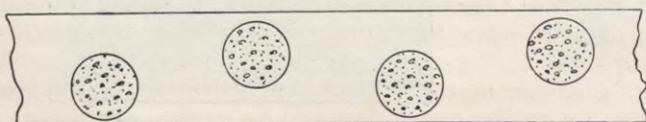


Abb. 29. Anordnung von «Raymond-Pfählen» und von Holzpfählen.

kommt. Die Abbildung 28 zeigt zu vergleichenden Versuchen benützte Holz- und Raymond-Pfähle von je 6 m Länge. Von den erstern wurden zehn Stück, von den letztern fünf Stück auf einem Grundstück von völlig gleicher Bodenbeschaffenheit abwechselungsweise bei einander ein-

Fundierungen mit Betonpfählen.

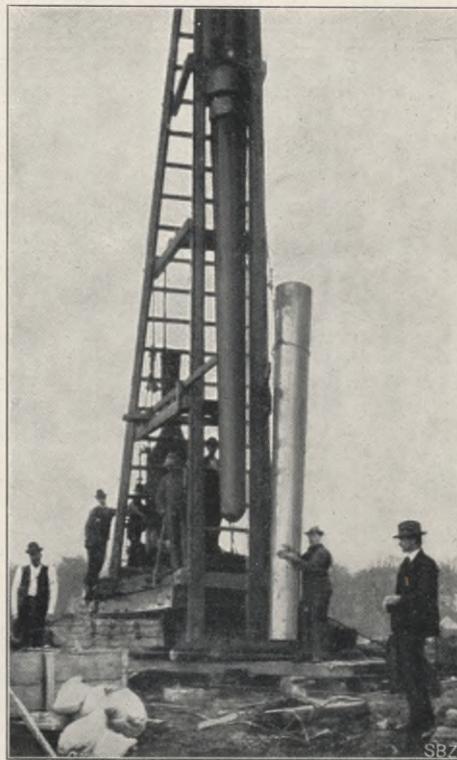


Abb. 36. Stahlhülse und aufgezogener Rammkern.

gerammt. Die mächtige untere Schicht war weicher Lehm. Auf Grund der gleichen Formel und für gleiche Sicherheit berechnet, ergab sich für die von 32 cm auf 20 cm verjüngten Holzpfähle im Mittel eine Tragkraft, bezw. zulässige Belastung von 7,7 t und bei gleicher Rammtiefe für die Raymond-Pfähle mit einer Verjüngung von 50 cm auf 15 cm im Mittel eine solche von 30 t. Ausserdem bieten, bei nur wenig grösserem mittlerem Querschnitt als dem der Holzpfähle, die Betonpfähle im Kopfquerschnitt dem von den Pfählen unterstützten Bauwerk eine beinahe zweieinhalbfach grössere Auflagerfläche gegenüber jenen dar, welcher Umstand namentlich der Fundierung von Gebäudemauern zum Vorteil gereicht. Dies ist leicht aus Abbildung 29 ersichtlich.

Eine Reihe anderer vergleichender Versuche zwischen Raymond- und Holzpfählen ergab jeweils, bei nahezu gleichem mittlerem Pfahlquerschnitt, infolge der stärkern Verjüngung der Raymond-Pfähle eine mehr als dreifache Tragfähigkeit gegenüber den Holzpfählen. Dieser Umstand hat denn auch zur vorteilhaften Verwendung von Betonpfählen ge-

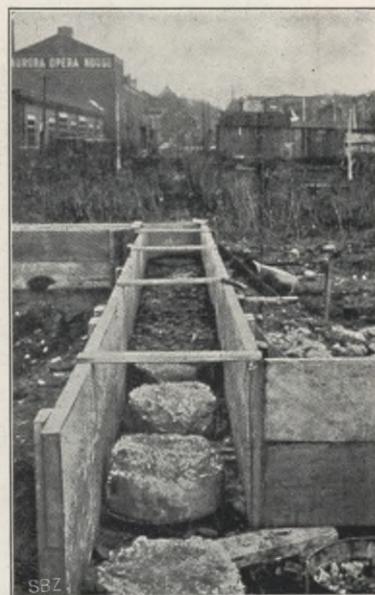


Abb. 38. Betonpfahlköpfe in den Mauerfundamenten.

führt, selbst in einzelnen Fällen, in denen Boden- und Wasserverhältnissen zufolge auch Holzpfähle zulässig gewesen wären und diese ausserdem leicht und billig hätten beschafft werden können. Ein solches Beispiel ist in den Abbildungen 30 u. 31 (S. 7) am Querschnitt eines aufgemauerten Brückenwiderlagers dargestellt. Eine Armierung mit Eisen der auf solche Weise erst im Fundament selbst hergestellten Betonpfähle kann mit Leichtigkeit erfolgen, vornehmlich durch Einbettung eines konzentrischen Zylinders aus durchbrochenem Wellblech oder Streckmetall oder aber namentlich aus grobmaschigem Gitterwerk von dünnen Eisenstäben.

In Abbild. 32 (S. 7) ist eine andere Konstruktion des Rammkerns dargestellt. Derselbe besteht hier aus drei Teilen, und es werden diese durch einen dreiseitigen, in der Längsachse des Pfahles verschiebbaren, kontinuierlich abgestuften und zentralen Längskeil gehalten, der die gleiche Länge hat wie der Kern in der beim Einrammen expandierten, bzw. beim Herausziehen reduzierten Durchmesserstellung.

In den Abbildungen 33 und 34 sind diese beiden Stellungen bei einem ähnlich gebauten, zweiteiligen Kern und in Abbildung 35 ist ein dreiteiliger Kern mit einem Teil abgehoben, nach einem Modell dargestellt, während Abbildung 36 den Rammkern und daneben die Stahlhülse für sich zeigt und Ab-

diesen Raymond-Pfählen leicht zu bewerkstelligen mittels einer zentralen Durchbohrung von Kern und Hülse am untern Ende zur Aufnahme einer dünnen Röhre für Zuleitung des Druckwassers. Praktische Versuche, die damit in hiefür besonders günstigem Boden angestellt wurden, führten zu der aus der Abbildung 40 ersichtlichen Modifikation des ganzen Verfahrens. Die Hülse besteht hier aus einer Anzahl konischer Rohrstücke von je 2,5 m Länge, die bei gleichem Verjüngungsverhältnis teleskopartig in einander passen und zu einer einzigen langen Rohrhülse ausgezogen werden können, sodass die schliessliche Länge des Pfahles und seiner Umhüllung beliebig der nötigen Rammtiefe angepasst werden kann. Das unterste, engste Rohrstück ist mit einer gusseisernen, schweren, stumpfen Spitze abgeschlossen; durch diese ist ein Gasrohr gesteckt, das nach oben, je nach Bedarf, durch Anfügen weiterer Stücke verlängert werden kann. Durch das Rohr wird, nachdem die Hülsenrohre nach Abbildung 40a anfänglich aufgestellt sind, das Spül- bzw. Druckwasser eingeführt, während das unterste Rohrstück sich selbstständig immer tiefer einbettet und die folgenden Rohrstücke unter dem Gewicht des sukzessive eingestampften Betons nach sich in die Tiefe zieht. Dieser Prozess eignet sich besonders in lockerem, sandigem Boden, in Trieb-

sand und Schlamm, die sich leicht durch das Spülwasser lösen und sich durch dessen Druck auf der äusseren Seite der Pfahlhülse nach oben treiben lassen. Am schlammigen Ufer des Missouri in Omaha (Nebraska) wurde demonstrationsweise eine solche Hülse mit einem obern und untern Durchmesser von 50 cm, bzw. 25 cm mit Wasser unter etwa 2,8 Atm. Druck in kürzester Zeit 22 m tief in den Boden eingespült und ein entsprechend langer, äusserst tragfähiger Betonpfahl hergestellt. Da diese Methode auch in Boden, der mit Wasser bedeckt ist, ebensogut angewendet werden kann, ist die Raymond Co. bereit, zu jeder Zeit in dafür günstigem Boden die Herstellung solcher Betonpfähle von beliebiger Länge bis zu Durchmessern von 1,20 m am Kopf- und 0,60 m am Spitzende zu übernehmen.

Vor kürzerer Zeit ist es in Schenectady (New-York) dem dortigen Ingenieur Pearson gelungen, unter Zuhilfenahme des Einspülverfahrens, bei der Fundierung einer schweren Bohrmaschine für die dortige „General Electric Co.“ die eiserne Umhüllung für einen massiven Betonzylinder von 2,70 m Durchmesser, 4 m tief durch Trieb sand hindurch einzuspülen, ohne dass dadurch die geringste Bodenbewegung oder die bei der Anwendung anderer Methoden befürchteten Beschädigungen benachbarter Fundamente anderer wichtiger, bereits im Gebrauch stehender Maschinen und der schweren, das Werkstattgebäude tragenden eisernen Säulen beobachtet worden wären. (Nach „Engineering Record“, Novb. 4, 1905.)

Bei der Anwendung des Einspülverfahrens kann, im Falle dass ein Rammkern, und muss, im Falle dass Teleskophülsen verwendet werden, das durch besondere Spreizringe (Abb. 40d) genau in der Pfahlachse gehaltene Druckwasserrohr im Beton verbleiben. Es bildet dann mit der Hülse eine nicht unwillkommene Armierung des Betonpfahles, die ihm



Abb. 37. Rammkern in die Stahlhülse eingeführt.

duzierten Durchmesserstellung. In den Abbildungen 33 und 34 sind diese beiden Stellungen bei einem ähnlich gebauten, zweiteiligen Kern und in Abbildung 35 ist ein dreiteiliger Kern mit einem Teil abgehoben, nach einem Modell dargestellt, während Abbildung 36 den Rammkern und daneben die Stahlhülse für sich zeigt und Ab-



Abb. 39. Pfahlköpfe zur Aufnahme des Betonmauerkörpers bereitgestellt.

bildung 37 den Rammkern mit aufgesteckter Stahlhülse beim Einrammen darstellt, welche letztere für eine Pfahlänge von 6 m etwa 30 bis 35 kg wiegt; in den Abbildungen 38 und 39 sind die Pfahlköpfe für Mauerfundamente, die zur Abbindung durch den darauf zu setzenden Betonmauerkörper bereit sind, ersichtlich.

Die je nach den Bodenverhältnissen oft sehr förderliche und vorteilhafte Unterstützung des Einrammens von Pfählen durch Einspülung mit Druckwasser ist auch bei

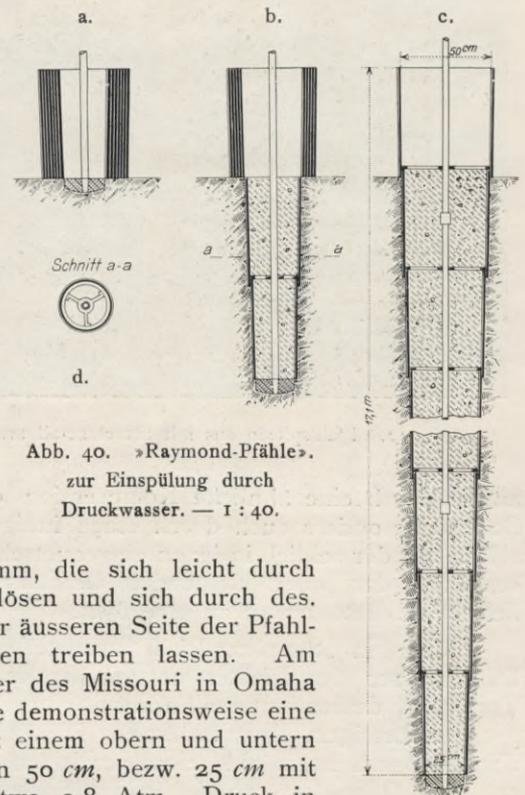


Abb. 40. »Raymond-Pfähle« zur Einspülung durch Druckwasser. — 1 : 40.

seitliche Widerstandsfähigkeit verleiht und die auch, wenn die Pfähle über die Bodenoberfläche hinausragend etwa im Wasser frei stehen müssen, durch weitere mehr gegen die Peripherie des Querschnittes hin verlegte Eisenstäbe nach Wunsch verstärkt werden kann, da auf eine längere Haltbarkeit der Stahlhülse ja nicht zu rechnen ist.

In noch kürzerer Zeit als der „Raymond“-Pfahl hat seit dem Jahre 1903 der bereits genannte „Simplex“-Betonpfahl ein weitverbreitetes und enorm wachsendes Anwendungsgebiet erobert. Während der erstere seine grosse Tragfähigkeit durch seine starke Verjüngung und sein daher keilartig wirkendes Eindringen in dem mit jedem Schläge der Ramme auf seine ganze Länge mehr und mehr komprimierten Boden erhält, sucht der letztere dieselbe



Abb. 42. Pfahlschuh aus mit Streckmetall armiertem Beton.

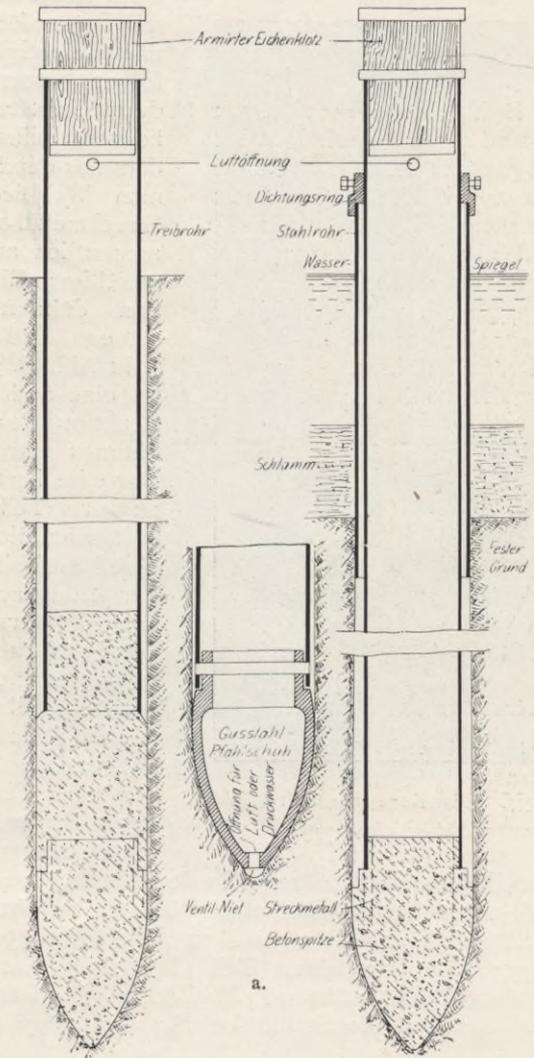
ausser durch eine ähnliche Kompression des umgebenden Bodens besonders auch durch einen innigen Kontakt desselben mit der seitlich in jenen eingequetschten, rauhen Aussenfläche der jeder bleibenden Umhüllung baren, gänzlich freien Betonmasse zu erreichen.

Um den „Simplex“-Pfahl herzustellen, wird ein dem Durchmesser des Pfahles entsprechendes schmiedeisernes Treibrohr, dessen unteres Ende mit einem lose eingesetzten granatenförmigen, gusstählernen Pfahlschuh (Abb. 41a) abgeschlossen ist, mittels eines armierten eichenen Ramm-aufsatzes („Jungfer“) so tief in den Boden eingerammt, bis der der gewünschten Tragfähigkeit des Pfahles entsprechende Widerstand erreicht ist. Hierauf wird ungefähr 1 Meter hoch Beton in das Treibrohr über dem unten bleibenden Pfahlschuh eingefüllt und dasselbe sodann unter sukzessivem Einstampfen und Nachfüllen von Beton allmählich wieder in die Höhe gezogen. (Abb. 41b.)

Der Schutz, den die Raymondsche Pfahlhülse gegen

neuerdings versuchte Mittel verstärkaren Druck, bevor dasselbe zurückgezogen wird.

In homogenem, weichem, lehmigem und auch in sandigem Boden wurden mit Vorteil an Stelle des gusspfählernen Pfahlschuhes billigere, mit Streckmetall armierte Beton-Pfahlschuhspitzen verwendet. Eine Anzahl solcher, zum Gebrauche bereit, sind in Abbildung 42 dargestellt, während



b. Masstab 1:40. c.
Abb. 41. «Simplex»-Pfähle.

in Abbildung 43 an einem nachträglich ausgegrabenen ganzen Pfahl die äusserst rauhe und daher fest am Erdboden haftende Aussenfläche der Simplexpfähle erkennbar ist.

Zum Zweck einer guten Verbindung von Beton-Pfahlschuhspitze mit dem Pfahlkörper selbst ist in der erstern ein vorstehender eiserner Haken, der auch zur bequemeren Handhabung dient, einbetoniert.

Um eventuell auch das in lehmigem Boden beinahe hermetisch dicht an die Wandung im Boden anschliessende Treibrohr allein oder in seltenen Notfällen auch samt dem Pfahlschuh wieder zurückziehen zu können, ist ersteres oben und der letztere in seiner Spitze mit einer Luftöffnung versehen. Die letztere ist mit einem lose eingesetzten Niet verschlossen, der beim Zurückziehen des Rohres infolge seines Gewichtes

zurückbleibt und so ein selbsttätig sich öffnendes Ventil bildet, das sich durch innern Druck ebenfalls öffnet, sofern die Luftöffnungen zur Einführung von Druckwasser für die Einspülung des Treibrohres benutzt werden. Die obere Luftöffnung im Treibrohr hat ebenfalls schon zu der mit Erfolg versuchten, durch Druckluft bewirkten Erleichterung

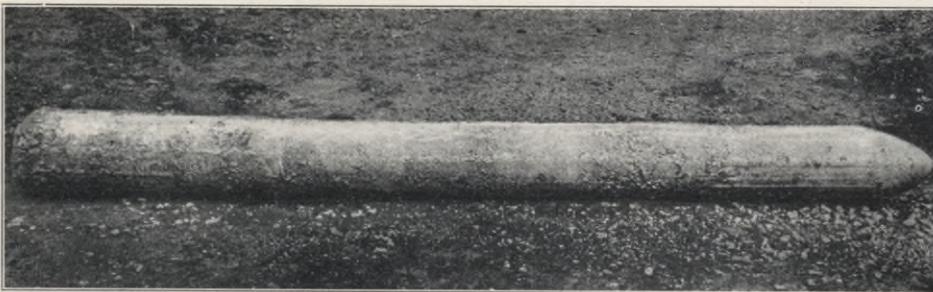


Abb. 43. Ausgegrabener «Simplex»-Pfahl.

jede schädliche Vermischung von Trieb sand, Grundwasser oder Erde mit der Betonmasse des Pfahles gewährt, scheint bei der „Simplex“-Methode ohne Nachteil entbehrt werden zu können bei einer entsprechend und genügend hohen Auffüllung von Beton im Innern des Treibrohres und dem dadurch ausgeübten, eventuell auch noch durch andere,

des Eindringens der Pfahlspitze durch Kompression des Untergrundes gedient, sowie namentlich im Falle von Trieb- sand oder von unter starkem Grundwasserdruck stehendem Boden, zur kräftigen Einpressung der Betonfüllung in diesen letztern. Bei solchem Verfahren wurde versuchsweise Druckluft von bis 22 Atm. Ueberdruck verwendet. Es verspricht dieser Erfolg zu einer ganz neuartigen Anwendung der Druckluft-Fundierung zu führen.

Aus der vorstehend beschriebenen Herstellungsweise der „Raymond“- und der „Simplex“-Pfähle ist leicht erkennt-

Aufsatzes auf den Rammkern und letzteres direkt bis zur gewünschten grösseren Tiefe eingerammt. Die Pfähle werden hierauf, wie beschrieben, in grösserer Länge, ohne nachträglichen Ansatz, in einem Stück fertiggestellt. Bei den Raymond-Pfählen kommt der Vorteil des mit der zunehmenden Länge infolge der konischen Form wachsenden Querschnittes und derjenige entsprechend gesteigerter Tragfähigkeit hinzu.

Fundierungsmethoden mit Betonpfählen.

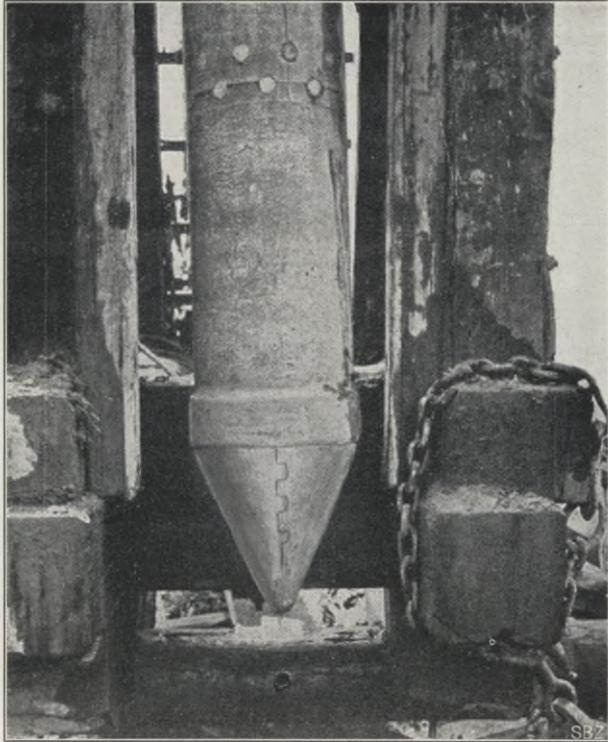


Abb. 45. Alligator-Pfahlschuh, geschlossen.

ich, wie eine erst während des Einrammens des Rammkernes mit der Hülse bezw. des Treibrohres als notwendig erkannte Verlängerung des Pfahles ohne Umstände bewirkt werden kann. Die Raymondsche Hülse bezw. das Simplex-Treibrohr werden einfach mittels vorrätiger Stosslängen angestückt. Erstere wird mit Hilfe eines entsprechenden



Abb. 46. Alligator-Pfahlschuh, offen.

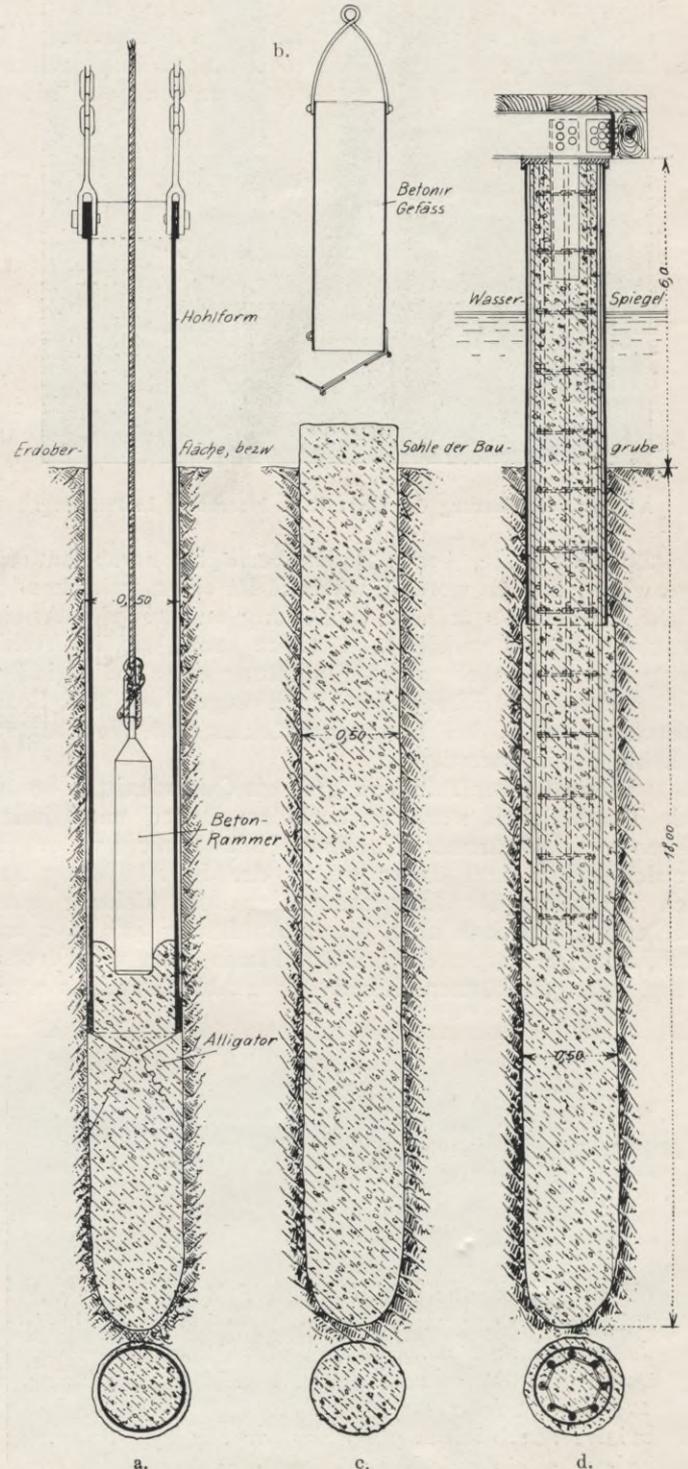


Abb. 44. Mit dem Alligator-Pfahlschuh erstellte Betonpfähle.
Masstab 1 : 40.

Sollen die Simplex-Pfähle für Fundierungen in mit Wasser bedecktem Boden oder als eventuell auch über eine wasserfreie Bodenoberfläche hinaufragende, freistehende Piloten hergestellt werden, so wird, wie aus Abbildung 41 c und aus Abbildung 44 d ersichtlich ist, über das Treibrohr ein äusseres, leichtes Umhüllungsrohr gestülpt, das von über dem Wasserspiegel bis in eine feste, womöglich wasserundurchlässige Schichte hinabreicht und an seinem obern Ende an das Treibrohr festgeklemmt wird. Ist diese Tiefe

durch das Einrammen beider Rohre erreicht, so wird die Klemmung gelöst und das Treibrohr allein bis in die durch die erforderliche Tragfähigkeit des Betonpfahles bedingte Tiefe weiter gerammt. Im Schutze des Dichtungsrohres kann so auch unter dem Wasserspiegel Beton in das Treibrohr eingestampft und dieses selbst zurückgezogen werden. Wenn es sich um Grundpfähle handelt, kann je nach den Bodenverhältnissen auch das Umhüllungsrohr ganz oder



Abb. 47. Fundierung des River R. R. Warehouse in Pittsburg.

bis auf die Sohle, bezw. Bodenoberfläche herab entfernt und wieder benutzt werden, während für einen freistehenden Pfahl dasselbe als äussere Umhüllung und zugleich Armierung des Betons verbleibt. Letztere kann, wie aus Abbildung 44d ersichtlich, durch Einbettung eines zylindrischen Gitterwerkes aus Eisenstäben noch gegen seitliche Beanspruchung, z. B. bei Landungsbrücken und Werftbauten, beliebig armiert werden.

Wenn Betonpfähle von grossem Querschnitt in bezüglich Tragfähigkeit stark wechselndem Boden mit Hindernissen wie Felstrümmer, Findlinge, Holzstämmen usw. erstellt werden sollen und daher weder der in Abbildung 41a sich besonders für Einspülung eignende, kleinere gussstählerne Pfahlschuh noch die in Abbildung 41b u. c und Abbildung 42 dargestellten Beton-Pfahlschuhspitzen zur Verwendung gelangen können, leistet der in Abbildung 44a sowie



Abb. 50. Probelastung von «Simplex-Pfählen».

in den Abbildungen 45 (S. 11) und 46 dargestellte sogen. Alligator-Pfahlschuh vortreffliche Dienste.

Dieser einem Alligator-Rachen ähnliche, sehr kräftig gebaute Pfahlschuh besteht aus zwei mittels Zähnen in einandergreifenden Hälften, die durch ein Scharnier mit dem Treibrohr verbunden sind. Beim Einrammen des letzteren ist der Rachen fest verschlossen, öffnet sich aber unter dem Gewichte der nach Beendigung des Rammens in das Rohr eingefüllten Betonmasse, sodass das Rohr samt dem geöffneten Pfahlschuh-Rachen sukzessive zurück-

gezogen werden kann. In den Abbildungen 44a u. 44b sind ausserdem der zum Einstampfen und Einfüllen des Betons benutzte Fallstössel, bezw. Füllkübel ersichtlich, während Abbildung 44c einen fertigen Simplex-Pfahl mit seiner rauhen und daher bedeutender Adhäsion an seine Umgebung fähigen Oberfläche und seinem, je nach Bodenart und Stampfart oder Druck auf den frisch eingefüllten Beton, mehr oder weniger über die äusseren Wandungen des Treibrohres hinaus stark vergrösserten Durchmesser im Längsschnitt darstellt.

In Abbildung 48 sind einige Fundamente der eisernen Tragsäulen des enormen neuen „River R. R. Terminal Warehouse“ in Pittsburg dargestellt. Jeder in einer besonderen Verschalung hergestellte Beton-Sockel ruht auf zwei Simplex-Pfählen von 50 cm oberem Durchmesser. Unter gleichzeitiger Verwendung von sieben Dampf-Kunstrassen (Abb. 47) wurden die für das ganze Gebäude in Längen von 9 bis 15 Meter benötigten über 6000 Betonpfähle, einschliesslich der Beton-Sockel und der Versetzung der Ankerbolzen für die Säulenfüsse in einem Zeitraum von 75 Tagen zur Montage der Eisenkonstruktion bereit hergestellt. In Abbildung 49 sind eine Anzahl durch Abtragung

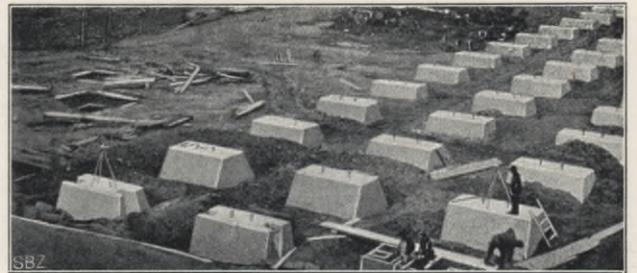


Abb. 48. Tragsäulenfundamente des R. R. Warehouse in Pittsburg.

freigelegter Pfahlköpfe der allerersten nach der Methode Simplex für die Fundierung der neuen Militärkaserne in Washington hergestellten Betonpfähle illustriert zu sehen. Das Gebäude selbst steht auf einer 9 m hohen Auffüllung und die Simplexpfähle übertragen ihre Belastung auf eine

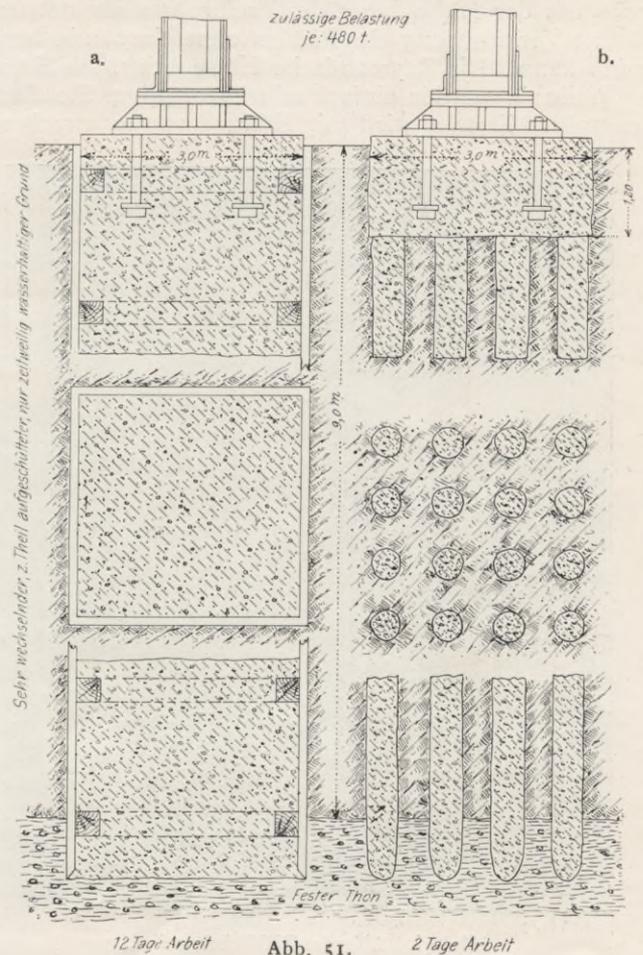


Abb. 51.

tieferliegende, tragfähige, feste Schichte. In Abbildung 50 wird die Probelastung einer Gruppe von Simplexpfählen gezeigt, die den Unterbau eines mächtigen Ladekrans für die Westinghouse'sche Maschinenfabrik in Pittsburg tragen. Während einer mittels Masseisen, Γ -Trägern und Schieneisen bewirkten zehntägigen Probelastung von 60 Tonnen auf den Pfahl wurde keine Senkung konstatiert!

In Abbildung 51 werden vergleichsweise die Säulengrundamente eines bereits begonnenen Eisenfachwerkgebäudes



Abb. 49. Freigelegte Köpfe von «Simplex»-Pfählen.

vorgeführt. Im Falle der Abbildung 51a wurde das Betonfundament innerhalb einer durch Auspumpen nahezu wasserfrei gehaltenen Schachtabteufung bis in die 9 m unter der Oberfläche liegende tragfähige Schichte hinabgeführt, ohne dass man sich die Reibung der darüber liegenden Schichten zu nutze machte, was einschliesslich von Aushub, Spreizung und Wasserförderung 12 Tage Arbeit erforderte. Im Falle der

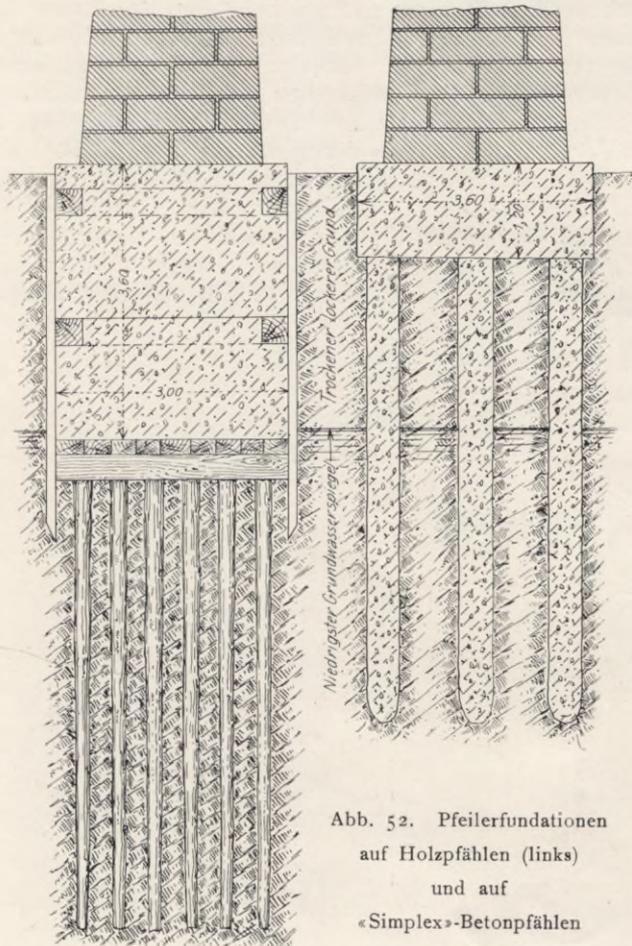


Abb. 52. Pfeilerfundationen auf Holzpfählen (links) und auf «Simplex»-Betonpfählen (rechts).

Abbildung 51b wurde das Fundament von gleicher Tragfähigkeit unter Ersparnis von 70% an Beton und Aushub mittels 16 Simplexpfählen, ohne das Abpumpen des nur zu gewissen Zeiten des Jahres bis nahe unter die Frostgrenze hinaufreichenden Grundwassers nötig zu haben, in 2 Tagen fertig hergestellt. In Abbildung 52 sind vergleichsweise die Fundamente von zwei aufgemauerten Pfeilern einander gegenüber gestellt unter Verwendung von Holzpfählen und von Simplex-Betonpfählen bei Bodenverhältnissen, für die sich die letztere Fundierungsmethode günstiger erweist.

Aus Abbildung 53 ist das in einem einzigen Tage erstellte Fundament für ein 30 m hohes schmiedeisernes Fabrikamin ersichtlich, das auf 12 Simplex-Pfählen ruht, bei deren Herstellung die mit zehnfacher Sicherheit für einen Winddruck von 225 kg/m^2 berechneten eisernen Zuganker von 4 cm Durchmesser gleich auf die ganze Länge des Pfahles in dessen Achse im Beton eingebettet wurden.

In einzelnen Fällen von Fundierungen sehr grosser, hoher Geschäftsgebäude ergaben sorgfältig aufgestellte Voranschläge für die Verwendung von Simplex-Pfählen nicht nur eine direkte Kostenersparnis gegenüber der bei den speziellen Bodenverhältnissen andernfalls noch allein zulässigen Druckluftfundierung mittels leichter moderner Holzkaissons, wie sie für solche Bauten in den letzten Jahren namentlich in New-York zu vielen Hunderten verwendet worden sind, sondern der, einer Anwendung dieser letztern Fundierungsmethode gegenüber ermöglichte, sofortige Baubeginn und die bedeutend verkürzte Gesamt-Bauzeit gestatteten einen bedeutend früheren Bezug der fertigen Geschäftsräumlichkeiten und brachten eine entsprechend schwer ins Gewicht fallende Vermehrung des Mietertragnisses für das erste Jahr, welche den ganzen Kosten der Fundierungsarbeiten sehr nahe gekommen sein soll.¹⁾

Ohne Anspruch erheben zu wollen oder zu können, hiermit eine vollständige Uebersicht der Verwendung von Beton zu neuern Pilotierungen gegeben zu haben, sei noch eine eigenartige, sehr sinnreiche, der Ver. Masch.-Fabrik und Baugesellschaft Augsburg-Nürnberg A.-G. patentierte Herstellungsmethode einer Betonverkleidung schmiedeiserner Pfähle zum Schutze der letztern vor der schädlichen oxydierenden Wirkung des Meerwassers erwähnt, die bei einer ausgedehnten Landungsbrücke im Hafen von Lome in der deutsch-afrikanischen Kolonie Togo im Jahre 1901/02

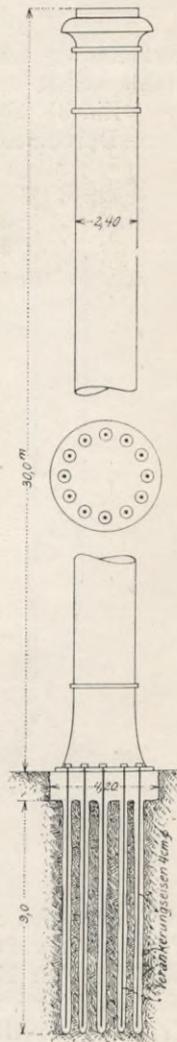


Abb. 53.

¹⁾ Namentlich die beiden zuletzt beschriebenen typisch amerikanischen, und sich in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika eines grossartigen praktischen Erfolges erfreuenden Herstellungsmethoden von Betonpfählen, nach den Systemen «Raymond» und «Simplex», haben auch bereits in Europa und besonders in Deutschland festen Fuss gefasst. Einige der hervorragendsten deutschen Bauunternehmer-Firmen haben bezügliche Lizenzen erworben, und sind bereit, Ausführungen zu übernehmen.

Die Simplexpfähle z. B. wurden dieses Frühjahr für die Fundierung des neuen Ausstellungsgebäudes an der Theresienwiese in München mit Erfolg verwendet und gelangen demnächst für die Fundierung des neuen Gebäudes des bayr. Verkehrsministeriums daselbst zur Anwendung.

Ganz kürzlich ist auch eine erweiterte Anwendung der Baumethode «Simplex», vom Verfasser dieser Abhandlung, für die nachträgliche Abdichtung der infolge von Kolkungen gefährdeten Fundamente einer grössern ältern Wehranlage, in durchlässigem Untergrund, vorgeschlagen, und auf Grund einer sehr günstigen Beurteilung des Vorschlages von den Urhebern des Systems Simplex, zur Ausführung vorbereitet worden. Es betrifft dieses die Herstellung, ähnlich derjenigen der Rundpfähle, von Spundpfählen rechteckigen Querschnittes, im Boden selbst — ohne oder mit Benutzung von Druckwasserspülung — und damit von vollkommen dicht abschliessenden *Betonspundwänden*, vermittels eingerammter hohler eiserner Formen, die dann sukzessive wieder zurückgezogen werden.

Zürich, Anfang 1907.

Der Verfasser.

zur Anwendung gelangte. Während Abbildung 56 die besagte Landungsbrücke im Aufriss und Querschnitt zeigt, veranschaulichen die zwei untenstehenden Abbildungen 54 und 55 den Vorgang der innern und äussern Beton-

hohle, schmiedeiserne Tragpfahl *h* in den Pfahlschuh der Blechhülse eingelassen. Durch Einrammen des Tragpfahles wird der Stift *e* abgescheert und die Pfahlspitze *k* treibt die Spitze *f* vor sich her in den Boden, während die

Neuere Fundierungsmethoden mit Betonpfählen.

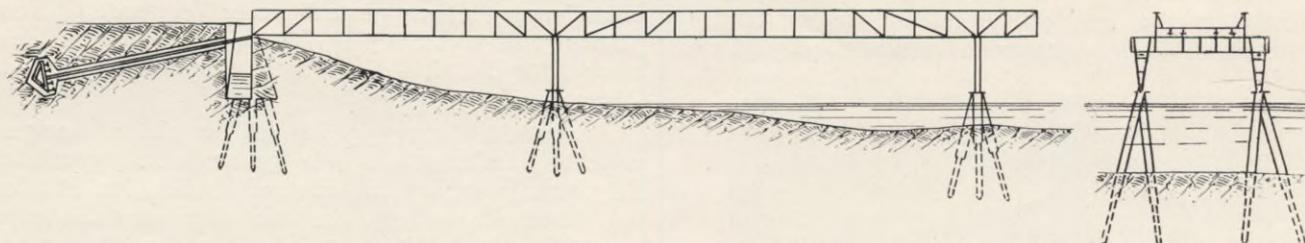


Abb. 56. Auf Betonpfähle fundierte Landungsbrücke im Hafen von Lome in Deutsch-Westafrika.

verkleidung während des Einrammens der eisernen Rohrpfähle selbst.

Ein bis über den Wasserspiegel reichendes Blechrohr *a* vom Durchmesser der äussern Betonumhüllung ist mit

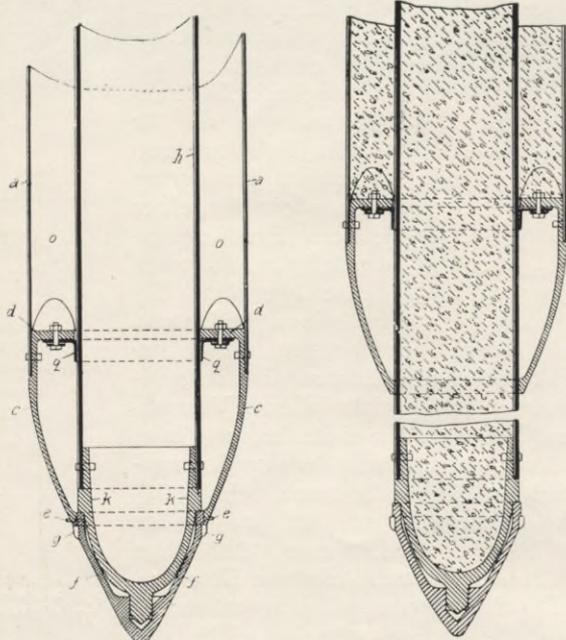


Abb. 54.

Abb. 55.

einem aus den zwei Teilen *c* und *f* bestehenden gusseisernen Pfahlschuh versehen und wird leicht bis auf eine geringe Tiefe in den Meeresboden eingerammt. Der obere Teil *c* sitzt auf der vorstehenden Knagge *g* auf und ist überdies durch einen dünnen Stift *e* festgehalten. Nun wird der

mit einer besondern, pickelhaubenartigen Spitze *k* versehene Hülse *a* mit dem Teil *c* ihres Schuhes zurückbleibt. Damit kein Wasser in den Ringraum zwischen *a* und *h* eindringe, ist unter der Flansche *d* des Gusstückes *c* eine Lederdichtung *q* vorgesehen worden. War der Tragpfahl in die tragfähige Tiefe eingerammt, so wurden der äussere Ringraum *o* sowie der Hohlraum im Innern des Tragpfahles *h* mit Beton ausgestampft. (Abb. 55.) Für den Bau der Landungsbrücke wurden unter jedem Jochposten je drei solcher eiserner Pfähle pyramidal gegen einander geneigt eingerammt, über Hochwasserhöhe abgeschnitten und mit einer eisernen Platte abgebunden, auf welche dann die Eisenkonstruktion der Joche aufgesetzt wurde.

Die freundliche Ueberlassung und das Benutzungsrecht von Abbildungen, Plänen, Photographien sowie beschreibenden Broschüren, welches gesamte Material vom Verfasser der vorliegenden Arbeit u. a. bereits in seiner Spezial-Freivorlesung im Wintersemester 1904/05 über „Moderne, besonders amerikanische Baumethoden“ an der Ingenieurschule des Polytechnikums und bei der Bearbeitung dieses bautechnischen Studienberichtes nebst den Resultaten seiner eigenen Beobachtungen und Erkundigungen an Ort und Stelle verwendet wurde, verdankt derselbe hiemit bestens den verschiedenen Zeitschriften bezw. den Redaktoren von „Engineering News“, New-York, „Engineering Record“, New-York, „Journal Assoc. Engineering Soc., U. S.“, sowie zum Teil Herrn Ingenieur Züblin, Strassburg, der „Raymond Concrete Pile Co., Chicago, der „Corrugated Concrete Pile Co.“, New-York, der „Simplex Concrete Piling Co.“, Philadelphia, der „Société anonyme de Fondations“, Paris, der „Ver. Masch.-Fabrik und Baugesellschaft Augsburg-Nürnberg A. G.“.

Zürich, im November 1905.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW



S. 61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

 33231
L. inw.

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000305698