



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,
Eisenbetonkonstruktionen

Esselborn, Karl

Leipzig, 1908

1. Kapitel. Der Grundbau.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-50294](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-50294)

I. Kapitel.

Der Grundbau.

Bearbeitet von

Karl Esselborn,

Professor an der Großh. Landes-Baugewerkschule zu Darmstadt.

(Mit 172 Abbildungen.)

§ 1. Einleitung. Unter »Grundbau«¹⁾ versteht man das gesamte Fundament,²⁾ d. h. den untersten Teil eines Bauwerks, der den von diesem ausgeübten Druck unmittelbar und möglichst gleichmäßig auf den darunter liegenden natürlichen Erdboden, den Baugrund, übertragen und dem Bauwerk eine sichere Unterlage geben soll. Je fester und unnachgiebiger ein Grundbau hergestellt wird und je weniger er vom Wasser angegriffen werden kann, um so standfester und dauerhafter ist das auf ihm ruhende Bauwerk, weil ungleichmäßige Bewegungen im Grundbau Risse und Sprünge in dem Mauerwerk des Gebäudes hervorrufen, ja sogar dessen Bestand gefährden können. Auf die Herstellung des Fundaments ist deshalb die größte Sorgfalt zu verwenden.

Da aber die Zuverlässigkeit und Unbeweglichkeit eines Grundbaues wieder von derjenigen seiner Unterlage, d. h. von der Beschaffenheit und den Wasserverhältnissen des Baugrunds abhängt, und da sich die Ausführungsweise eines Grundbaues nach der Bodenart richtet, so sind vor Herstellung der Fundamente sorgfältige Baugrund-Untersuchungen anzustellen, welche die Aufeinanderfolge, Lagerung, Mächtigkeit, Neigung und Beschaffenheit der Bodenschichten, sowie die Grundwasserverhältnisse und das etwaige Vorkommen von Quellen erkennen lassen. Aus den Ergebnissen dieser Bodenuntersuchungen kann man dann Schlüsse auf die Tragfähigkeit und zulässige Belastung des auch Untergrund genannten Baugrunds ziehen, der in guten, mittleren und schlechten eingeteilt wird. Bei letzterm läßt sich innerhalb gewisser Grenzen eine künstliche Verdichtung und dadurch Verbesserung des Baugrunds durch verschiedene Mittel herbeiführen.

Nur bei festem, unverwitterbarem Felsen kann man unmittelbar nach Einebnung der Oberfläche mit dem Aufmauern des Fundaments beginnen, während in allen andern Fällen der Boden bis zu einer gewissen Tiefe ausgehoben und hierdurch eine Baugrube hergestellt werden muß. Im und am Wasser geschieht dies unter Umschließung der

¹⁾ Vgl. ESSELBORN, »Lehrbuch des Tiefbaues«, 2. Aufl. 1907, Kap. II: »Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN.

²⁾ Vgl. auch »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., 2. Abt.: »Fundamente«, bearbeitet von Geh. Baurat Prof. Dr. EDUARD SCHMITT.

Baugrube durch Dämme oder Wände nur dann, wenn das Wasser in dieser entfernt, mithin ihre Trockenlegung vorgenommen werden kann.

Die Gründungsmethoden, deren Wahl außer von der Beschaffenheit des Baugrunds und den Wasserverhältnissen, noch von einer Reihe anderer Umstände abhängig ist, sind sehr verschiedenartig. Vor allem unterscheidet man Fundamente, die von unten nach oben hergestellt werden, den Fundamentaufbau, die Flachgründung, sowie Fundamente, die in den Boden von oben nach unten abgesenkt werden, die Fundamentabsenkung oder Tiefgründung. Zu den Flachgründungen gehören die gemauerten Fundamente, Sand-, Stein- und Betonschüttungen, die Senkkasten- und Mantelgründung, sowie diejenige auf Schwellrost; zu den Tiefgründungen dagegen die Gründungen auf Pfahlrost, sowie die Senkbrunnen-, Senkrohr- und Druckluftgründung.

§ 2. Der Baugrund.

a) **Die Beschaffenheit des Baugrunds**, die hauptsächlich von seiner Festigkeit, d. h. der Widerstandsfähigkeit gegen den Normaldruck der auf ihm errichteten Bauwerke abhängt, aber auch durch die Mächtigkeit der betreffenden Bodenschicht bedingt ist und von deren Neigung, sowie durch das Vorhandensein von Wasser sehr beeinflusst wird, ist für die Wahl des Gründungsverfahrens von großer Wichtigkeit.

In Bezug auf die Festigkeit des Baugrunds unterscheidet man unpreßbaren und preßbaren. Zu dem erstern sind alle Bodenarten, wie massige, sowie geschichtete, keine Rutschflächen besitzende Felsarten und feste, auf guten Bodenschichten aufruhende Geschiebeablagerungen von mindestens 4 bis 6 m Mächtigkeit, welche die gleiche oder eine größere Druckfestigkeit wie das Fundamentmauerwerk besitzen, zu dem preßbaren Baugrund dagegen alle übrigen Bodenarten zu rechnen.

b) **Die verschiedenen Bodenarten als Baugrund.** Bezeichnet man die unpreßbaren Bodenschichten als sehr guten Baugrund, so kann man die preßbaren in guten, mittleren und schlechten Baugrund einteilen. Zu dem nur in geringem Maße preßbaren guten Baugrund sind, bei einer Mächtigkeit von mindestens 2 bis 3 m, grober, fest gelagerter Kies, Gerölle und die Mischungen von Sand und Ton, ferner zerklüftete Felsen, sowie fester Mergel und ebensolcher Ton zu rechnen, wenn deren Erweichen durch Wasser ausgeschlossen ist.

Als mittlerer Baugrund, der durch die Gebäudelast zwar etwas mehr als guter Baugrund, aber doch in keinem das Bauwerk gefährdenden Maße zusammengedrückt wird, ist fest gelagerter, keine tonigen oder erdigen Bestandteile enthaltender Sand, sowie fester, dem Erweichen durch Wasser nicht ausgesetzter Lehm zu betrachten, während als schlechter Baugrund solcher Boden gilt, der, wie sehr feiner Sand, nasser Lehm und Ton, sowie Dammerde, jedem größeren Druck nachgibt und dabei teilweise seitlich ausweicht.

α) Felsboden in wagerechten, geschlossenen Felsen angehörenden Schichten von 3 bis 4 m Mächtigkeit ist als unbedingt tragfähig anzusehen. Sind dagegen die Felschichten stark zerklüftet oder liegen sie hohl oder auf geneigten, mit Wasseradern durchzogenen Tonschichten, so müssen für die Gründung von Bauwerken Auspackungen und Ausfüllungen, bzw. Entwässerungen vorgenommen werden.

β) Kies besitzt bei fester Lagerung und einer Mächtigkeit von 3 bis 4 m ebenfalls genügende Tragfähigkeit, verlangt jedoch, daß die auf ihm errichteten Fundamente gegen Frost und die Einwirkung des Wassers, namentlich gegen eine Unterspülung durch fließendes oder wellenschlagendes Wasser geschützt werden.

γ) Sand ist, sobald er festgelagert und körnig, sowie nicht dem unmittelbaren Angriff emporquellenden oder fließenden Wassers ausgesetzt ist, ein guter Baugrund, weil

ein Zusammenpressen ihn nicht seitlich ausweichen, sondern die Sandkörner sich fester aneinander lagern läßt und weil seine Tragfähigkeit mit der Tiefe beträchtlich zunimmt. Bei zu befürchtendem Wasserangriff ist jedoch eine sichere, jede Unterspülung verhindernde Umschließung der Fundamente erforderlich. Auch Trieb- und Flugsand erfordern wegen ihrer leichten Beweglichkeit stets besondere Vorsichtsmaßregeln und mindestens eine künstliche Befestigung.

δ) Ton, Lehm und Mergel geben bei einer Mächtigkeit von 3 m und in trockenem Zustand einen ziemlich guten Baugrund ab, der um so besser erscheint, je größer die Beimengung von Sand ist.

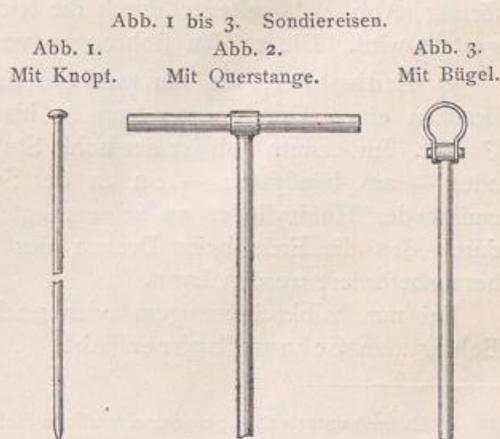
ε) Trümmer von Gebirgen, deren Zwischenräume mit ton- und lehmartigen Erdarten ausgefüllt sind, können bei wagerechter, fester Lagerung und wenn Wasserzutritt nicht möglich ist, ebenfalls genügende Tragfähigkeit zeigen und durch eine aufgebrachte Betonschicht zusammengehalten werden.

ζ) Humus, Torf, Moor und aufgeschütteter Boden sind als Baugrund nicht verwendbar und müssen abgehoben, bzw. durchteuft oder durch künstliche Befestigung verbessert und dadurch zur Aufnahme der Last eines Bauwerks befähigt werden.

Nur wenn die oberste Erdschicht aus frost- und witterungsbeständigem Felsen besteht, bildet sie einen brauchbaren, unmittelbar zu verwendenden Baugrund. Gewöhnlich sind aber lockere oder verwitterte Bodenschichten vorhanden, die bei nicht zu großer Tiefe bis auf die darunter liegende tragfähige Schicht abgegraben werden. Andernfalls muß durch eine den Verhältnissen entsprechend gewählte Konstruktion und Ausführung des Fundaments dem Bauwerk die nötige Standsicherheit gegeben werden. Während der gute Baugrund die meisten vorkommenden Bauwerke zu tragen vermag, können auf mittelgutem Baugrund — ohne dessen künstliche Befestigung — nur solche Gebäude errichtet werden, die bloß einen verhältnismäßig kleinen Druck ausüben und für die ein geringes Setzen unschädlich ist.

§ 3. Bodenuntersuchungen. Wenn nicht schon genügende Erfahrungen über den betreffenden Baugrund vorliegen, sind vor Ausführung eines Bauwerks stets Bodenuntersuchungen anzustellen, die ermitteln sollen; ob der Untergrund genügend tragfähig ist, wie tief mit den Fundamenten zur Erreichung des festen Bodens hinabgegangen werden muß, ob Grundwasser oder wasserführende Schichten bestehen und ob beim Vorhandensein geneigter Schichten ein Abgleiten des darüber gelagerten Bodens unter der Belastung oder durch Anschneiden zu befürchten ist.

Dabei müssen diese Bodenuntersuchungen auf größern Baustellen an verschiedenen Punkten, besonders an solchen vorgenommen werden, wo — wie z. B. an Gebäudeecken, sowie unter Säulen und Pfeilern — später die größte Belastung stattfindet. Die für Hochbauten anzustellenden Bodenuntersuchungen erstrecken sich nur selten bis auf 10 m Tiefe und bestehen in dem Sondieren mittels des Sondiereisens, in Bohrungen, in dem Aufgraben des Bodens, im Einschlagen von Probepfählen und Aufbringen von Probelastungen, sowie neuerdings in der Verwendung des MAYERSchen Fundamentprüfers.



Baugrube durch Dämme oder Wände nur dann, wenn das Wasser in dieser entfernt, mithin ihre Trockenlegung vorgenommen werden kann.

Die Gründungsmethoden, deren Wahl außer von der Beschaffenheit des Baugrunds und den Wasserverhältnissen, noch von einer Reihe anderer Umstände abhängig ist, sind sehr verschiedenartig. Vor allem unterscheidet man Fundamente, die von unten nach oben hergestellt werden, den Fundamentaufbau, die Flachgründung, sowie Fundamente, die in den Boden von oben nach unten abgesenkt werden, die Fundamentabsenkung oder Tiefgründung. Zu den Flachgründungen gehören die gemauerten Fundamente, Sand-, Stein- und Betonschüttungen, die Senkkasten- und Mantelgründung, sowie diejenige auf Schwellrost; zu den Tiefgründungen dagegen die Gründungen auf Pfahlrost, sowie die Senkbrunnen-, Senkrohr- und Druckluftgründung.

§ 2. Der Baugrund.

a) **Die Beschaffenheit des Baugrunds**, die hauptsächlich von seiner Festigkeit, d. h. der Widerstandsfähigkeit gegen den Normaldruck der auf ihm errichteten Bauwerke abhängt, aber auch durch die Mächtigkeit der betreffenden Bodenschicht bedingt ist und von deren Neigung, sowie durch das Vorhandensein von Wasser sehr beeinflusst wird, ist für die Wahl des Gründungsverfahrens von großer Wichtigkeit.

In Bezug auf die Festigkeit des Baugrunds unterscheidet man unpreßbaren und preßbaren. Zu dem erstern sind alle Bodenarten, wie massige, sowie geschichtete, keine Rutschflächen besitzende Felsarten und feste, auf guten Bodenschichten aufruhende Geschiebeablagerungen von mindestens 4 bis 6 m Mächtigkeit, welche die gleiche oder eine größere Druckfestigkeit wie das Fundamentmauerwerk besitzen, zu dem preßbaren Baugrund dagegen alle übrigen Bodenarten zu rechnen.

b) **Die verschiedenen Bodenarten als Baugrund.** Bezeichnet man die unpreßbaren Bodenschichten als sehr guten Baugrund, so kann man die preßbaren in guten, mittleren und schlechten Baugrund einteilen. Zu dem nur in geringem Maße preßbaren guten Baugrund sind, bei einer Mächtigkeit von mindestens 2 bis 3 m, grober, fest gelagerter Kies, Gerölle und die Mischungen von Sand und Ton, ferner zerklüftete Felsen, sowie fester Mergel und ebensolcher Ton zu rechnen, wenn deren Erweichen durch Wasser ausgeschlossen ist.

Als mittlerer Baugrund, der durch die Gebäudelast zwar etwas mehr als guter Baugrund, aber doch in keinem das Bauwerk gefährdenden Maße zusammengedrückt wird, ist fest gelagerter, keine tonigen oder erdigen Bestandteile enthaltender Sand, sowie fester, dem Erweichen durch Wasser nicht ausgesetzter Lehm zu betrachten, während als schlechter Baugrund solcher Boden gilt, der, wie sehr feiner Sand, nasser Lehm und Ton, sowie Dammerde, jedem größeren Druck nachgibt und dabei teilweise seitlich ausweicht.

α) Felsboden in wagerechten, geschlossenen Felsen angehörenden Schichten von 3 bis 4 m Mächtigkeit ist als unbedingt tragfähig anzusehen. Sind dagegen die Felschichten stark zerklüftet oder liegen sie hohl oder auf geneigten, mit Wasseradern durchzogenen Tonschichten, so müssen für die Gründung von Bauwerken Auspackungen und Ausfüllungen, bzw. Entwässerungen vorgenommen werden.

β) Kies besitzt bei fester Lagerung und einer Mächtigkeit von 3 bis 4 m ebenfalls genügende Tragfähigkeit, verlangt jedoch, daß die auf ihm errichteten Fundamente gegen Frost und die Einwirkung des Wassers, namentlich gegen eine Unterspülung durch fließendes oder wellenschlagendes Wasser geschützt werden.

γ) Sand ist, sobald er festgelagert und körnig, sowie nicht dem unmittelbaren Angriff emporquellenden oder fließenden Wassers ausgesetzt ist, ein guter Baugrund, weil

ein Zusammenpressen ihn nicht seitlich ausweichen, sondern die Sandkörner sich fester aneinander lagern läßt und weil seine Tragfähigkeit mit der Tiefe beträchtlich zunimmt. Bei zu befürchtendem Wasserangriff ist jedoch eine sichere, jede Unterspülung verhindernde Umschließung der Fundamente erforderlich. Auch Trieb- und Flugsand erfordern wegen ihrer leichten Beweglichkeit stets besondere Vorsichtsmaßregeln und mindestens eine künstliche Befestigung.

δ) Ton, Lehm und Mergel geben bei einer Mächtigkeit von 3 m und in trockenem Zustand einen ziemlich guten Baugrund ab, der um so besser erscheint, je größer die Beimengung von Sand ist.

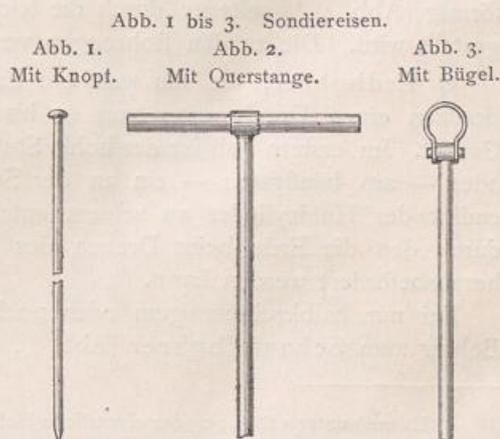
ε) Trümmer von Gebirgen, deren Zwischenräume mit ton- und lehmartigen Erdarten ausgefüllt sind, können bei wagerechter, fester Lagerung und wenn Wasserzutritt nicht möglich ist, ebenfalls genügende Tragfähigkeit zeigen und durch eine aufgebrachte Betonschicht zusammengehalten werden.

ζ) Humus, Torf, Moor und aufgeschütteter Boden sind als Baugrund nicht verwendbar und müssen abgehoben, bzw. durchteuft oder durch künstliche Befestigung verbessert und dadurch zur Aufnahme der Last eines Bauwerks befähigt werden.

Nur wenn die oberste Erdschicht aus frost- und witterungsbeständigem Felsen besteht, bildet sie einen brauchbaren, unmittelbar zu verwendenden Baugrund. Gewöhnlich sind aber lockere oder verwitterte Bodenschichten vorhanden, die bei nicht zu großer Tiefe bis auf die darunter liegende tragfähige Schicht abgegraben werden. Andernfalls muß durch eine den Verhältnissen entsprechend gewählte Konstruktion und Ausführung des Fundaments dem Bauwerk die nötige Standsicherheit gegeben werden. Während der gute Baugrund die meisten vorkommenden Bauwerke zu tragen vermag, können auf mittelgutem Baugrund — ohne dessen künstliche Befestigung — nur solche Gebäude errichtet werden, die bloß einen verhältnismäßig kleinen Druck ausüben und für die ein geringes Setzen unschädlich ist.

§ 3. Bodenuntersuchungen. Wenn nicht schon genügende Erfahrungen über den betreffenden Baugrund vorliegen, sind vor Ausführung eines Bauwerks stets Bodenuntersuchungen anzustellen, die ermitteln sollen; ob der Untergrund genügend tragfähig ist, wie tief mit den Fundamenten zur Erreichung des festen Bodens hinabgegangen werden muß, ob Grundwasser oder wasserführende Schichten bestehen und ob beim Vorhandensein geneigter Schichten ein Abgleiten des darüber gelagerten Bodens unter der Belastung oder durch Anschneiden zu befürchten ist.

Dabei müssen diese Bodenuntersuchungen auf größern Baustellen an verschiedenen Punkten, besonders an solchen vorgenommen werden, wo — wie z. B. an Gebäudeecken, sowie unter Säulen und Pfeilern — später die größte Belastung stattfindet. Die für Hochbauten anzustellenden Bodenuntersuchungen erstrecken sich nur selten bis auf 10 m Tiefe und bestehen in dem Sondieren mittels des Sondiereisens, in Bohrungen, in dem Aufgraben des Bodens, im Einschlagen von Probepfählen und Aufbringen von Probebelastungen, sowie neuerdings in der Verwendung des MAYERSchen Fundamentprüfers.



a) **Das Sondieren**, das bei einfachen geologischen Verhältnissen häufig angewendet wird, erfolgt mittels des Sondier- oder Visitier eisens, d. h. einer 2 bis 4 cm starken und 2 bis 3,5 m langen eisernen Stange, die durch Stoßen oder Drehen in den Boden eingetrieben wird, um aus dem dabei sich ergebenden Widerstand die Tiefenlage des festen Baugrunds zu ermitteln. Auch geben die an der Eisenstange hängen bleibenden Erdteilchen einigen Aufschluß über die durchstoßenen Bodenschichten. Zur Handhabung des Sondier eisens dient entweder ein oben befindlicher Knopf (Abb. 1), eine Querstange (Abb. 2) oder ein Bügel (Abb. 3).

b) **Bohrungen**, die bei größerer Untersuchungstiefe und, je nach der Bodenart, mit Erd-, Sand- und Steinbohrern vorgenommen werden, geben durch die mittels der Bohrer aus den 7 bis 15 cm weiten Bohrlöchern heraufgebrachten Erdproben in Verbindung mit den betreffenden Bohrlochtiefen Aufschlüsse über die Beschaffenheit und Mächtigkeit der durchbohrten Schichten.

In leicht beweglichem Boden wie Sand, Kies und Schlamm, sowie beim Vorhandensein mehrerer wasserführenden Schichten sind jedoch die Untersuchungsergebnisse unsicher, weil sich die Bohrlöcher in ihrem untern Teil leicht mit der aus den obern Schichten herabfallenden Erdart, bzw. beim Anbohren der ersten wasserführenden Schicht mit Wasser füllen. Auch müssen Bohrungen unter Wasser und in halbflüssigem Boden in, durch aufgebraute Belastung oder Einrammen immer tiefer abzusenkenden Futterrohren³⁾ vorgenommen werden, die gewöhnlich aus Eisenblech zusammengenietet sind und deren Durchmesser um etwa 4 cm größer als derjenige der Bohrer ist.

Die Bohrer, die aus dem eigentlichen, den Boden unmittelbar angreifenden Teil und der bis über das Gelände reichenden Bohrstange oder dem, zuweilen durch ein Seil ersetzten Bohrgestänge bestehen, werden in den Erdboden entweder eingedreht oder eingestoßen. Das zum Drehen oben mit einem Drehhebel versehene Ge-

stänge wird aus 3 bis 5 m langen schmiedeeisernen Stangen von quadratischem, 2,5 bis 3,0 qcm großem Querschnitt gebildet, deren Kuppelung am besten schwalbenschwanzförmig (Abb. 4),⁴⁾ seltener durch die leichter sich lösende Verschraubung (Abb. 5) hergestellt wird. Die zu den Bohrungen verwendeten Bohrer sind:

a) Erdbohrer, die für weichere Erdarten und geringere Tiefen benutzt werden, besitzen einen Durchmesser von 10 bis 15 cm und eine zylindrische oder löffelartige Gestalt. Im erstern Fall ist der hohle Stutzen entweder ein vollständiger Zylinder (Abb. 6) oder — am häufigsten — ein an der Seite aufgeschlitzter (Abb. 7); in beiden Fällen endigt der Hohlzylinder an seinem untern Ende in einen Teil eines Schraubengangs, durch den die Erde beim Drehen des Bohrers in diesen gepreßt wird und mit ihm herausbefördert werden kann.

Bei nur halbkreisförmigem oder noch kleinerm Umfang wird der zylinderförmige Bohrer zum Schaufelbohrer (Abb. 8), der bei zäheren Erdarten wie Ton und Lehm,

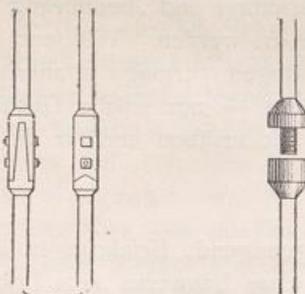
³⁾ Es mag unter »Röhre« der eigentliche Hohlraum, unter »Rohr« dagegen der zu dessen Umschließung dienende Körper verstanden werden.

⁴⁾ Die Abb. 4 bis 18, 42 u. 47 bis 52 sind dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, I. Teil, 3. Bd., Kap. I: »Der Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

Abb. 4 u. 5. Kuppelung von Bohrgestängen.

Abb. 4. Schwalbenschwanzförmige.

Abb. 5. Durch Verschraubung.



aber auch oft nur zum Vorbohren Verwendung findet, so daß das Bohrloch durch einen zweiten, spitz zulaufenden Löffelbohrer (Abb. 9) erweitert wird, der, wenn er nach Abb. 10 ohne Rücken gebildet ist, den Tonboden nicht nur schneidet, sondern ihn auch beim Herausziehen festhält.

Abb. 6 bis 12. Erdbohrer.

Abb. 6 u. 7. Zylinderförmiger.

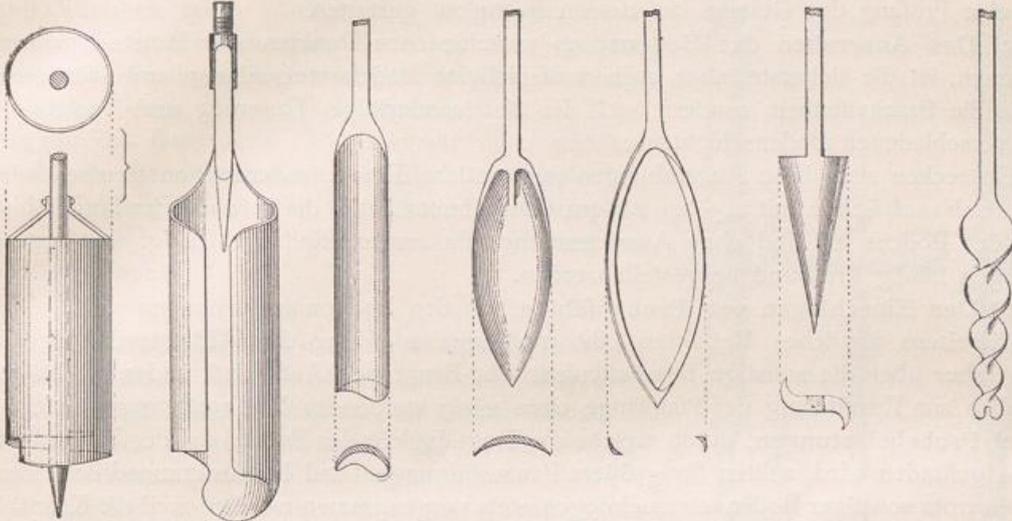
Abb. 8. Schaufelbohrer.

Abb. 9. Löffelbohrer.

Abb. 10. Reifartiger.

Abb. 11. Trepanierbohrer.

Abb. 12. Amerik. Zunge



Demselben Zweck dienen in weichem Gestein der mit S-förmigem Querschnitt und zwei Schneiden versehene Trepanierbohrer (Abb. 11), sowie die amerikanische Zunge (Abb. 12), deren mehrfache Schraubenwindungen beim Emporheben des Bohrers etwas Erde mit herausbringen.

β) Sandbohrer, die halbflüssigen Boden, Sand und feinen Kies gleichsam schöpfen, werden gedreht oder gestoßen und seltener als Sandkelle (Abb. 13), häufiger als Ventilbohrer (Abb. 14 u. 15), verwendet. Die erstere besteht aus einem oben offenen, unten mit einer Schraube versehenen Kegel, letzterer aus einem hohlen Zylinder, dessen unten angebrachtes Klappen- (Abb. 14) oder Kugelventil (Abb. 15) sich beim Auf- und Niederbewegen des Bohrers abwechselnd öffnet und schließt und hierdurch den Sand in den Blechzylinder eintreten läßt, bzw. darin festhält.

Abb. 13 bis 15. Sandbohrer.

Abb. 16 bis 18. Steinbohrer.

Abb. 13. Sandkelle.

Abb. 14 u. 15. Ventilbohrer.

Abb. 16. Meißelbohrer.

Abb. 17. Kreuzbohrer.

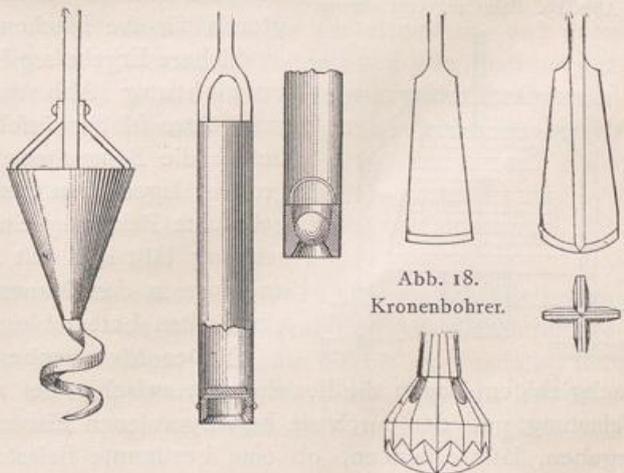


Abb. 18. Kronenbohrer.

γ) Steinbohrer. Zur Herstellung eines Bohrlochs in steinigem Baugrund wird der mit einer Schneide versehene Meißelbohrer (Abb. 16) am meisten, daneben aber auch der, zwei Schneiden besitzende Kreuzbohrer (Abb. 17), sowie der mit mehreren sich

kreuzenden Meißelschneiden ausgestattete Kronenbohrer (Abb. 18) verwendet. Diese Bohrer zertrümmern nach jedesmaligem Heben durch ihr Niederfallen das Gestein; doch müssen die beiden erstgenannten, um stets neue Stellen zu treffen, nach jedem Schlag etwas gedreht werden. Auch muß zur Förderung der Arbeit Wasser in das Bohrloch geschüttet und aus diesem von Zeit zu Zeit der Bohrschlamm entfernt werden.

Durch die im Bergbau vielfach, für Baugrunduntersuchungen aber wohl nur selten angewandten Diamantringbohrer⁵⁾ erhält man feste Kerne der durchbohrten Schichten, die eine Prüfung des Gesteins auf dessen Festigkeit gestatten.

c) **Das Ausgraben des Bodens**, an verschiedenen Punkten der Baustelle vorgenommen, ist die sicherste, aber auch kostspieligste Bodenuntersuchung und läßt nicht allein die Beschaffenheit, sondern auch die Aufeinanderfolge, Lagerung und Mächtigkeit der verschiedenen Bodenschichten erkennen.

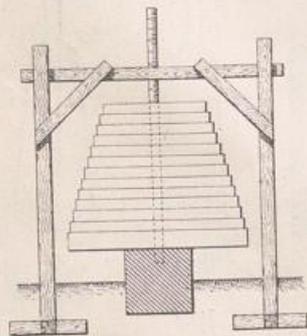
Erstrecken sich diese Ausgrabungen auf größere Tiefen, so entstehen Probe- oder Versuchsschächte mit 1,5 bis 2,0 qm Querschnittsfläche, die je nach der Standfähigkeit des Bodens mit und ohne Auszimmerung, im erstern Fall rechteckig, im letztern dagegen häufig kreisrund hergestellt werden.

d) **Das Einschlagen von Probepfählen**, ein den Bodenuntersuchungen mittels des Sondierens ähnliches Verfahren gibt wie jenes nur über die Widerstandsfähigkeit, nicht aber über die sonstige Beschaffenheit des Baugrunds Aufschluß und wird hauptsächlich zur Ermittlung der Pfahlänge eines nötig werdenden Pfahlrosts angewendet.

e) **Probebelastungen**, durch welche die Tragfähigkeit des Bodens auf der Baugrubensohle gefunden wird, sollten für größere Bauausführungen und bei zusammendrückbarem Boden trotz sonstiger Bodenuntersuchungen stets vorgenommen werden, weil die Kenntnis der Beschaffenheit des Untergrunds allein keine untrüglichen Schlüsse auf dessen Tragfähigkeit gestattet.

Bei derartigen Belastungsversuchen werden, auf der Sohle der Baugrube verlegt, meistens Bohlen oder eine widerstandsfähige, nicht zu kleine Platte von bestimmter Größe langsam und stetig, unter Vermeidung von Erschütterungen, mit schweren Gegenständen, wie z. B. Eisenbahnschienen, so lange belastet, bis sich eine geringe Einsenkung zeigt. Alsdann kann aus der Größe der Belastung und derjenigen der Druckfläche die Tragfähigkeit und aus dieser die zulässige Belastung des Baugrunds für die Flächeneinheit berechnet werden (vgl. § 4).

Abb. 19. Belastungsvorrichtung.



Sichere Ergebnisse lassen sich durch eine Belastungsvorrichtung (Abb. 19)⁶⁾ erzielen, die darin besteht, daß man einen Mauerwürfel von 1 m Seitenlänge, etwa 0,5 m tief in die Baugrubensohle eingreifend, aus Klinkern oder großen, lagerhaften Steinen herstellt und auf ihm die aufgebraachte Belastung einige Tage beläßt. Eine etwaige Einsenkung läßt sich mit Hilfe des wagerechten Gerüstholzes an einer in den Mauerklotz eingemauerten, in Zentimeter eingeteilten Latta ablesen.

f) **Der Mayersche Fundamentprüfer**, durch den bei nachgiebigem Boden die Beziehungen zwischen der auf die Flächeneinheit stattfindenden Belastung und der durch sie hervorgerufenen Einsenkung des Bodens zahlenmäßig sich ergeben, läßt erkennen, ob eine bestimmte Belastung den Baugrund nicht übermäßig belastet.

⁵⁾ A. DIECK, »Über die Anwendung des Diamant-Gesteinsbohrers« in der Deutschen Bauz. 1876, S. 405 ff.

⁶⁾ O. LEHMANN, »Untersuchungen der Tragfähigkeit des Baugrundes für Hochbauten« in der Deutschen Bauz. 1881, S. 403.

Dieser Fundamentprüfer besteht aus drei zusammengeschraubten Teilen *A*, *B* und *C* (Abb. 20 u. 21),⁷⁾ von denen der obere *A* einen Federkraftmesser von 30 kg Tragkraft enthält, an den mit Hilfe der Stange *B* die auswechselbaren Preßstempel *C*, die eine Fläche von 5, 10, 15 und 20 qcm haben, befestigt sind. Mittels der beiden aufklappbaren Handgriffe *H* wird der Stempel so lange senkrecht gegen den zu untersuchenden Boden gedrückt, bis sich in diesem ein merkbarer Eindruck zeigt. Der hierbei ausgeübte, durch den Zeiger *J* an der Teilung des Kraftmessers angegebene Druck, dividiert durch die Querschnittsfläche des Stempels, ergibt den Druck auf die Flächeneinheit, d. h. die Tragfähigkeit des Baugrunds. Dabei ist aus einer größern Anzahl von Versuchen, die nur an frisch ausgegrabenen, an den Prüfungsstellen sorgfältig geebneten Baugruben vorzunehmen sind, der Mittelwert der Berechnung zugrunde zu legen.

§ 4. Tragfähigkeit und zulässige Belastung des Baugrunds. Die Tragfähigkeit eines Baugrunds ist die auf die Flächeneinheit bezogene Grenzbelastung *k*, die den Boden so zusammenpreßt, daß sie bei nur geringer Vermehrung einzusinken beginnen würde. Diese volle Tragkraft des Bodens darf jedoch — von festem Felsuntergrund abgesehen — nie ganz ausgenutzt, sondern nur ein Teil davon als zulässig angenommen werden.

Die zulässige Belastung für die Flächeneinheit des Baugrunds ist demnach ein Bruchteil — gewöhnlich $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ — der Tragfähigkeit des Baugrunds, so daß in bezug auf diesen mit einer 8- bis 10fachen Sicherheit gerechnet wird. Auch bei festem Felsboden kann dessen volle Tragfähigkeit nie ausgenutzt werden, weil seine größte Inanspruchnahme die für das Fundamentmauerwerk zulässige nicht überschreiten darf, die für Backstein- und gutes Bruchsteinmauerwerk zu höchstens 8 kg für das qcm, für Beton etwa 5 kg/qcm beträgt.

Soll der Boden mit *n*-facher Sicherheit eine Gebäudelast *L* tragen, so ist die erforderliche Grundfläche *F* des Fundaments in qcm, wenn *k* die Tragfähigkeit des Baugrunds in kg/qcm bedeutet,

$$F = \frac{L}{\frac{1}{n} \cdot k} \quad (1)$$

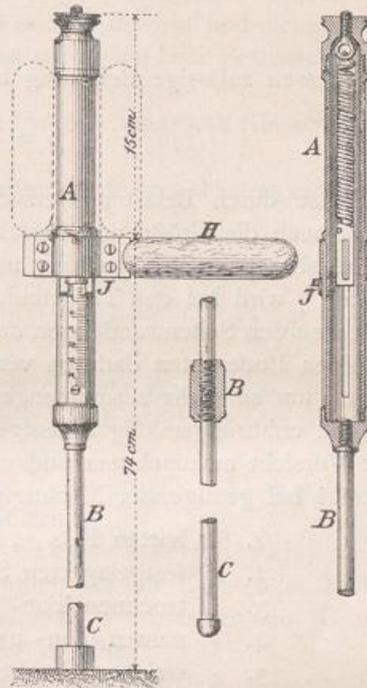
Jede auf einer sichern Unterlage ohne Gleitschichten oder Hohlräume ruhende Bodenschicht von genügender Mächtigkeit besitzt eine gewisse Tragfähigkeit, die durch Belastungsversuche (vgl. § 3, e) ermittelt werden kann. Hat die hierbei verwendete Platte eine Grundfläche von *F* qcm und sei die aufgebrachte, der vollen Tragkraft des Baugrunds gleichkommende Belastung gleich *L* kg, so findet sich die Tragfähigkeit *k* in kg/qcm zu

$$k = \frac{L}{F} \quad (2)$$

Abb. 20 u. 21. Fundamentprüfer.

Abb. 20.
Ansicht.

Abb. 21.
Querschnitt.



⁷⁾ P. ROLOFF, »Vorrichtungen zur Untersuchung der Festigkeit des Baugrundes« im Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 427 f.

und die zulässige Belastung σ bei n facher Sicherheit

$$\sigma = \frac{L}{n \cdot F}. \quad (3)$$

Sei z. B. die Grundfläche F der Platte gleich $1 \text{ qm} = 10\,000 \text{ qcm}$ und die aufgebrachte Belastung $L = 250\,000 \text{ kg}$, so beträgt nach Formel 2 die Tragfähigkeit des betreffenden Baugrunds

$$k = \frac{250\,000}{10\,000} = 25 \text{ kg/qcm},$$

und dessen zulässige Belastung bei 10facher Sicherheit nach Formel 3:

$$\sigma = \frac{250\,000}{10 \cdot 10\,000} = 2,5 \text{ kg/qcm}.$$

Diese durch Belastungsversuche ermittelte Tragkraft des Baugrunds, auf die allerdings auch die Größe und Gestalt der Fundamentfläche von Einfluß ist, weil bei gleicher Einheitsbelastung die Senkung mit der Größe und gedrängten Form der Grundfläche zunimmt,⁸⁾ wird bei den Tiefgründungen in Sand- und Kiesboden noch durch die Reibung zwischen den Seitenwandungen des Fundamentkörpers und dem Baugrund, sowie bei nachgiebigen Bodenarten dadurch vergrößert, daß, je tiefer die Gründung erfolgt, die untern Lagen um so mehr zusammengepreßt werden.

Die erfahrungsmäßig zulässige Belastung bestimmter Bodenarten, die im allgemeinen mit Vorsicht aufzunehmen und nicht unmittelbar auf verschiedene Orte übertragbar ist, beträgt bei genügender Mächtigkeit der Schichten:

- | | |
|---|-----------------|
| 1. für harten Fels | 6 bis 18 kg/qcm |
| 2. » festgelagerten Sand und Kies | 2,5 » 6,0 » |
| 3. » trocknen Ton- und Lehmboden | 2,5 » 5,0 » |
| 4. » nassen Ton- und Lehmboden | 1,5 » 2,0 » |
| 5. » weichen Sandstein, Mergel und Kreide | 1,2 » 1,8 » |
| 6. » Alluvialboden | 0,8 » 1,5 » |

§ 5. Künstliche Verbesserung des Baugrunds. Bei unbedeutenderen Bauten oder so tief liegendem tragfähigem Boden, daß die Hinabführung der Fundamente bis zu diesem zu große Kosten verursachen würde, kann nachgiebiger, zusammendrückbarer Boden innerhalb gewisser Grenzen künstlich verdichtet und dadurch verbessert werden, wobei jedoch zu untersuchen ist, ob die Fundamentsohle über oder unter dem Grundwasser liegt.

a) Bei über dem Grundwasser liegender Fundamentsohle kann die Verdichtung und Verbesserung des Baugrunds erfolgen:

α) Durch Belastung, indem man die Baugrubensohle mit einer Bohlenlage versieht und diese mit alten Eisenbahnschienen oder großen Steinen gleichmäßig belastet. Doch ist dieses Verfahren zeitraubend und nicht sehr erfolgreich.

β) Durch Abrammen oder Abwalzen der Baugrubensohle mit Handrammen, bzw. schweren Walzen, wodurch der Boden ebenfalls nur auf eine geringe Tiefe gedichtet wird. Auch kann diese Dichtungsart bei nassem Lehm- und Tonboden, sowie lockerm Sandboden überhaupt nicht angewendet werden.

γ) Durch Begießen oder Einschwemmen lockerer Sand- und Kiesschichten, wodurch deren einzelne Teilchen sich dichter aneinander lagern.

⁸⁾ FR. ENGESSER, »Zur Theorie des Baugrundes« im Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 308.

δ) Durch Einstampfen von Steinen, wobei Steinschlag in zwei bis drei, 25 bis 30 cm starken Schichten mittels schwerer Handrammen in den Baugrund eingerammt wird. Noch besser erfolgt dessen Dichtung, wenn größere Steine hochkantig auf die Baugrubensohle gestellt und mittels einer Zugramme (vgl. § 14, c, α) festgestampft werden.

ε) Durch Sand- oder Beton-Zylinder, die in der Weise hergestellt werden, daß man durch Einschlagen und Wiederherausziehen von Pfählen zylindrische Hohlräume in dem Baugrund bildet und diese mit reinem Sand oder Beton ausstampft. Dabei wird durch das Einrammen der Pfähle eine Verdichtung des Bodens bewirkt und diese mittels der Sand- oder Betonzyylinder aufrecht erhalten, die, wenn sie bis auf feste Bodenschichten hinabreichen, gleichsam tragende Pfeiler bilden.

ζ) Durch Zementeinpressung, die jedoch nur bei lockern Sand- und Kiesschichten empfehlenswert ist.

b) Bei unter dem Grundwasser liegender Fundamentsohle erreicht man eine Verbesserung des Baugrunds:

α) Durch Einrammen hölzerner Pfähle von 1 bis 2 m Länge, die den Boden um so mehr dichten, je näher sie beieinander gestellt werden; doch darf dies nicht in solchem Maß geschehen, daß beim Einrammen neuer Pfähle hierdurch ein Emporheben anderer bewirkt wird.

β) Durch Einblasen von Zementpulver⁹⁾ mittels eiserner Rohre und Druckluft in lockere Kies- oder Sandschichten, die sich dabei unter der Einwirkung des Wassers in einen festen betonartigen Steinkörper verwandeln.

γ) Durch Einpressen flüssigen Zementbreies¹⁰⁾ in Sand- und Kiesboden, wodurch dieser ebenfalls eine betonartige Beschaffenheit erhält.

δ) Durch Entwässerung oder Absenken des Grundwasserspiegels, wobei die hierdurch erreichte dauernde Trockenlegung namentlich nassen Ton- oder Lehmboden tragfähig macht, während das durch Abpumpen erzielte Absenken des Grundwasserspiegels auch Sandschichten eine festere Lagerung verleiht.

Die Entwässerung erfolgt gewöhnlich entweder mittels der aus Ton hergestellten, stumpf aneinander gelegten, 5 bis 10 cm weiten und 25 cm langen Drainrohre, oder mit Hilfe von 25 bis 30 cm breiten, mit Steinen ausgefüllten Sickergräben, welche wie die Drainrohre ein Sohlengefälle von 1 : 150 bis 1 : 100 erhalten.

ε) Durch das Gefrierverfahren von POETSCH,¹¹⁾ mit dessen Hilfe leicht bewegliche wasserführende Erdschichten, die tragfähigen Boden überlagern, durch Zufuhr künstlich erzeugter Kälte vorübergehend, d. h. für die Dauer der Ausführung einer Brunnen-, Kasten- oder Senkrohrgründung in eine fest zusammengefrorene Masse verwandelt wird. Doch ist dieses Verfahren nur bei so großen Gründungstiefen empfehlenswert, bei denen die Druckluftgründung nicht mehr zur Anwendung kommen kann.

§ 6. Herstellung, Umschließung und Trockenlegung der Baugrube.

Da nur bei frostbeständigen Felsarten nach Herstellung einer ebenen Oberfläche das Aufmauern der Fundamente unmittelbar beginnen kann, so ist in allen andern Fällen mit der Fundamenttiefe mindestens bis zur Frostgrenze, im gemäßigten Klima 1 bis 1,25 m tief, hinabzugehen und zu diesem Zweck der Boden auszuheben, d. h. eine Baugrube herzustellen.

⁹⁾ »Verfahren zur Bodenbefestigung durch Einführung eines staubförmigen Bindemittels mittels gepresster Luft, gespannten Dampfes oder Druckwasser« im Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 338.

¹⁰⁾ »Befestigung wasserdurchlässigen Untergrundes mittels flüssigen Zements« in der Baugewerksz. 1898, S. 1501 f.

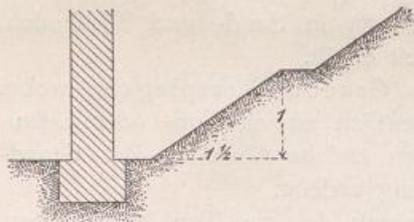
¹¹⁾ POETSCH, »Gefrierverfahren bei Tiefbauten«, in der Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1889, S. 1125 ff.

a) Die Herstellung der Baugrube, deren Ausdehnung sich nach dem Umfang der Fundamente und der gewählten Gründungsart richtet und deren Tiefe von den Boden- und Wasserverhältnissen abhängt, erfolgt im trocken am besten so tief, daß eine vollkommen tragfähige Bodenschicht ihre Sohle bildet. Dabei können entweder nur für die Außen- und Innenwände des betreffenden Gebäudes Fundamentgräben hergestellt werden, oder es muß, wenn der Bau Keller erhalten soll, die Ausgrabung bis zu deren Sohle stattfinden. In dieser einheitlichen Baugrube werden dann die Fundamentgräben, die meistens nur eine geringe Tiefe haben und deren Sohlenbreite derjenigen des Fundaments entspricht, noch besonders ausgehoben.

Größere Baugruben erhalten gewöhnlich solche Abmessungen, daß rings um das Fundamentmauerwerk noch ein 0,5 m breiter Umgang bleibt; bisweilen wird auch an einer oder zwei Seiten ein solcher von 1,0 bis 1,5 m Breite zur Lagerung und Beförderung von Baumaterialien angeordnet. Auch bei Pfahlrostgründungen erhält die Baugrube, namentlich wenn sie nach ihrer Umschließung trocken gelegt wird, meistens einen größern Umfang, damit man in ihr Rammen und Pumpen aufzustellen, sowie Baustoffe zu lagern vermag.

a) Die Wandungen der Baugrube können bei geringer Tiefe und festem Boden zur Ersparung von Erdarbeit senkrecht oder nur wenig geneigt hergestellt werden. Bei

Abb. 22. Baugrubenwandung mit $1\frac{1}{2}$ maligen Böschungen und Banketten.



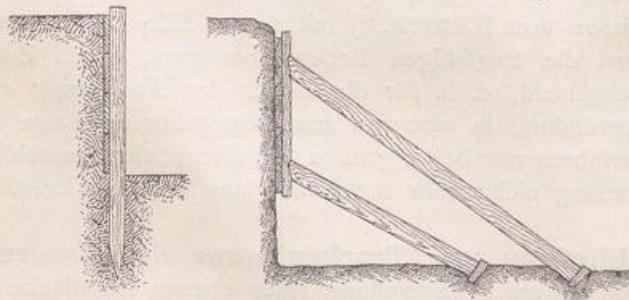
größern Tiefen und bei weniger haltbarem Erdreich jedoch müssen die Grubenwandungen flachere, bis zu $1\frac{1}{2}$ malige Böschungen erhalten, die bei sehr tiefen Baugruben in senkrechten Abständen von 1,5 bis 2,0 m noch mit wagerechten, mindestens 0,5 m breiten, auch zur Lagerung und zum Befördern von Baumaterialien dienenden wagerechten Absätzen versehen werden, die Bermen oder Bankette heißen (Abb. 22).

Sollen dagegen tiefe Baugruben in lockerm

Ab. 23. u. 24. Wagerechte Zimmerung.

Abb. 23. Ohne Verstrebung.

Abb. 24. Mit Verstrebung.



Boden mit senkrechten Grubenwänden, die bei städtischen Bauten Raummangels wegen fast immer erforderlich sind, hergestellt werden, so sind die Erdwänden abzuspreizen oder abzusprießen, d. h. mit einer Zimmerung zu versehen. Bei einer solchen wird nach Abb. 23 das zu stützende Erdreich gewöhnlich mit wagerechten 4 bis 6 cm dicken Schalbohlen

bekleidet, die durch vorgeschlagene, in Abständen von 1,25 bis 2,0 m stehende Pfähle gehalten werden, die ihrerseits — wenn nötig — durch Streben, ähnlich wie in Abb. 24,¹²⁾ gestützt oder nach hinten verankert werden.

Die Bretter- oder die Bohlenverschalung enger Baugruben wird mittels senkrechter, 1,5 bis 2,0 m voneinander entfernten. Brusthölzer genannten Leisten, die den Druck

¹²⁾ Die Abb. 24 u. 25 sind ESSELBORN, »Lehrbuch des Tiefbaues«, 2. Aufl. 1907, Kap. II: »Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

mehrerer Bohlen auf eine gemeinsame Steife übertragen und gegen die man die wagerechten Sprießen festkeilt, gegeneinander abgesteift (Abb. 25).

Statt der hölzernen, 12 bis 15 cm starken Steifen verwendet man vorteilhaft eiserne Absteifungsschrauben (Abb. 26),¹³⁾ die leicht verlängert und verkürzt werden können, wodurch die Beseitigung der Absteifung sehr erleichtert wird.

Bei starkem Grundwasserandrang wird die wagerechte Zimmerung nur bis zum Grundwasserspiegel beibehalten, während von da an die Schalbohlen senkrecht in den Boden eingetrieben werden (Abb. 27). Bei dieser senkrechten Zimmerung, die besonders für engere Baugruben und bei sehr beweglichem Boden zur Anwendung kommt, wird der Druck der senkrecht stehenden Schalbohlen *b* auf 10 bis 12 cm starke wagerechte Gurthölzer *g* übertragen, zwischen denen die Steifen *s* sitzen, wobei durch Keile *k* eine kräftige Absteifung erzielt wird.

Hat man in der Nähe eines Gewässers in durchlässigem Erdboden, wie Kies und Sand, eine trocken zu legende Baugrube herzustellen, so ist deren dem Wasser zugekehrte Seitenwand zu dichten, was am besten durch eine kräftige Spundwand (vgl. § 6, b, e) geschieht, deren Wasserdichtigkeit noch durch einen hinter ihr einzubringenden Tonschlag erhöht werden kann.

Kommt das Bauwerk unmittelbar an das Wasser zu stehen, so muß die diesem zugekehrte Seite der Baugrube einen künstlich hergestellten Abschluß erhalten, der aus Spund- oder Pfahlwänden, sowie aus Fangdämmen (vgl. § 6, b) bestehen kann und zur Verhinderung einer Hinterspülung genügend weit in das Ufer einbinden muß.

β) Das Ausheben des Bodens im Trocknen. Der zur Herstellung der Baugrube auszuhebende Boden muß häufig vorher gelöst werden, was je nach der Erdart mit verschiedenen Werkzeugen, meistens aber durch Abgraben, bei festem Gestein durch Sprengungen mit Pulver geschieht.

¹³⁾ Die Abb. 26 ist dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1903, 3. Teil, 4. Bd.: »Die Entwässerung der Städte«, bearbeitet von Geh. Baurat Prof. A. FRÜHLING, entnommen.

Abb. 25. Abspreizung enger Baugruben. M. 1:40.

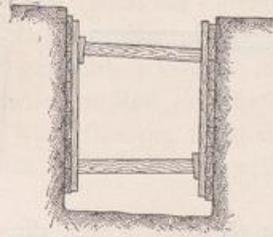


Abb. 27. Wagerechte und senkrechte Zimmerung.

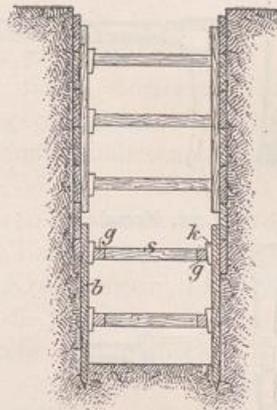


Abb. 26. Absteifungsschrauben.



Abb. 28 u. 29. Gewöhnliche Schaufel und Spaten.

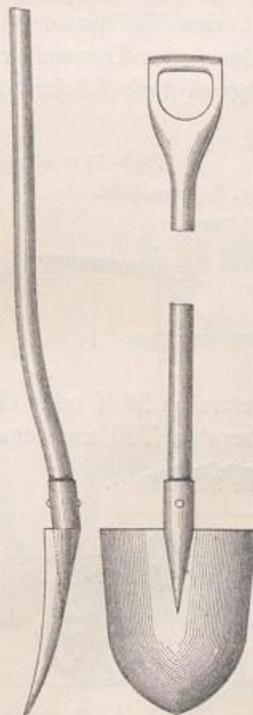
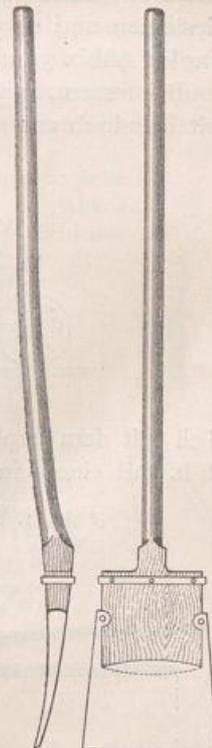


Abb. 30 u. 31. Schlesische Schaufel.



Bei Erdarten, wie trockner Sand, loser Kies und Gerölle, die sich ohne weiteres fortschaufeln lassen, benutzt man für die erforderlichen Erdarbeiten¹⁴⁾ gewöhnliche Schaufeln und Spaten (Abb. 28 u. 29)¹⁵⁾, bei dem sog. Stichboden dagegen, d. h.

Abb. 32 u. 33. Breithacke.

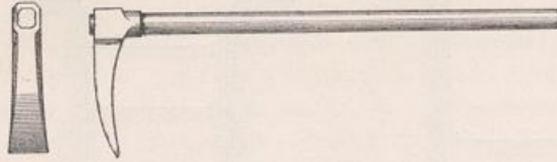


Abb. 34. Spitzhacke.



Abb. 35 u. 36. Kreuzhacke.

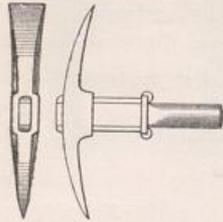
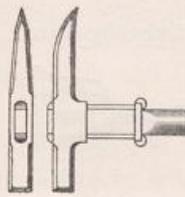


Abb. 37 u. 38. Keilhaue.



bei solchen Erdarten, die sich, wie Gartenerde und die aus Ton und Sand gemischten Bodenarten, noch mittels eines mit geradliniger Schneide und einem Handgriff versehenen Spatens stechen lassen, mit Vor-

teil die schlesische Schaufel (Abb. 30 u. 31), deren keilförmiges Blatt den Boden leicht ablöst und deren gebogene Form ihn gut faßt und werfen läßt.

Erdarten, welche, wie die zähen Tonarten, Mergel und grober Kies, einer Auflockerung bedürfen, ehe sie geschaufelt werden können, sind mit der Breithacke

oder Breithaue (Abb. 32 u. 33) zu lösen, während dies bei verwitterten Felsen, schieferartigen Gesteinen und dergleichen mit der Spitzhacke oder Einspitze (Abb. 34), der Kreuzhacke (Abb. 35 u. 36), der Keilhaue (Abb. 37 u. 38) und dem Brecheisen geschieht.

Bei festern, mit Pulver oder Dynamit zu sprengenden Felsarten werden gewöhnlich mit Handbohrern genügend tiefe Löcher gebohrt, die geladen, d. h. entweder zum

Abb. 39 u. 40. Hölzerne Schiebkarre.

Abb. 39. Seitenansicht.

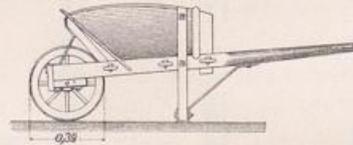
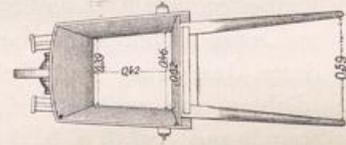


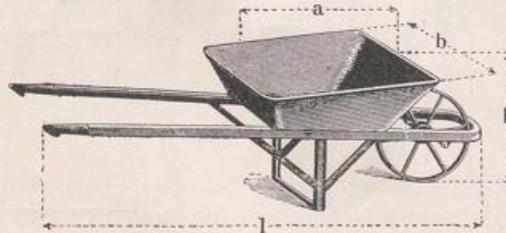
Abb. 40. Grundriß.



Teil mit dem explodierenden Stoff oder einer Sprengpatrone gefüllt, dann verdämmt, d. h. mit einem im obersten Teil meistens aus Lehm bestehenden Pfropfen geschlossen

werden, worauf der im Bohrloch befindliche Sprengstoff mit Hilfe einer vorher eingeführten Zündschnur oder auf elektrischem Wege zur Detonation gebracht, d. h. entzündet wird.

Abb. 41. Eiserne Schiebkarre.



Die gelösten Bodenmassen werden in der Regel mit der Schaufel aus der Baugrube geworfen, wobei, falls diese über 2 m tief ist, und die Böschungen keine Berme besitzen, ein, Zwischengerüste und Bühnen erforderlich machendes Umwerfen nötig ist.

¹⁴⁾ Vgl. auch ESSELBORN, »Lehrbuch des Tiefbaues«, 2. Aufl. 1907, Kap. I: »Erdbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN.

¹⁵⁾ Die Abb. 28 bis 38 sind dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1905, 1. Teil, 2. Bd., Kap. I: »Ausführung der Erd- und Felsarbeiten«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

Zum Beiseiteschaffen des ausgehobenen Bodens verwendet man bei Neubauten mit beschränktem Bauplatz, wie bei den an städtischen Straßen gelegenen, Schiebkarren, die entweder aus Holz (Abb. 39 u. 40)¹⁶⁾ oder aus Eisen (Abb. 41)¹⁷⁾ hergestellt sind und einen Fassungsraum von etwa $\frac{1}{3}$ cbm besitzen. Die Schiebkarren bestehen aus einem Kasten, dessen Ladung zum Teil durch die Radachse unterstützt, zum Teil mittels der seitlich angebrachten und durch senkrechte Stützen in bequemer Höhenlage erhaltenen Handhaben, Karrbäume genannt, von dem Arbeiter getragen wird.

Zur Verringerung der Reibung zwischen Rad und Erdboden dienen Bohlenbahnen aus 21 bis 24 cm breiten und 4 bis 6 cm starken, möglichst langen Bohlen aus nicht zu weichem Holz, deren Enden, um ein Absplittern zu verhüten, mit Bandeisen umnagelt werden.

Da für Schiebkarren als Grenze der Förderweite 80 bis 120 m anzunehmen sind, so verwendet man bei größern Bauten auf umfangreichern Bauplätzen sog. Feldbahnen und befördert auf diesen den ausgehobenen Boden in Kippwagen, bei denen sich meistens nur eine Seitenwand herunterklappen läßt, und die nur einen Inhalt von höchstens $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ cbm besitzen, weil größere Wagen nicht mehr von Menschen fortbewegt werden können.

Die Schienengleise, deren Spurweite 40 bis 70 cm beträgt, stellt man als etwa 5 m lange Gleisjoche her, die bequem zu heben und zu tragen sind und die, mit hölzernen oder eisernen Querschwellen, ohne Unterbettung auf den Erdboden verlegt werden. An den Schienenstößen erfolgt die Verbindung der Schienen in einfachster Weise durch Einhaken der an ihnen befestigten Laschen oder mittels kleiner umzdrehender Bügel.

γ) Das Ausheben des Bodens unter Wasser, das bis 0,35 m Tiefe noch durch Ausgraben geschehen kann, erfordert bei größern Wassertiefen, welche bei Hochbauten jedoch selten vorkommen, Bagger, die entweder Handbagger, Maschinenbagger oder Wasserdruck- und Luftdruckbagger sein können.

Zu den Handbaggern gehören der Sand- oder Sackbohrer (Abb. 42), sowie die indische Schaufel. Der erstere besteht aus einem Sack, der an einem zugeschärften, mit eiserner Spitze versehenen Rahmen befestigt ist und sich beim Drehen des Bohrers mittels der an ihm angebrachten Stange mit Erde füllt und dann von dem Arbeiter herausgehoben und entleert wird.

Die, besonders bei Brunnenabsenkungen (vgl. § 15) benutzte indische Schaufel (Abb. 43 u. 44)¹⁸⁾ besteht aus einer um ein Gelenk drehbaren und an einer Stange

Abb. 42.
Sand- oder Sack-
bohrer.

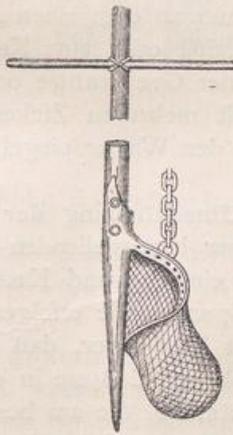


Abb. 43 u. 44. Indische Schaufel.
Abb. 43.
Vorderansicht.

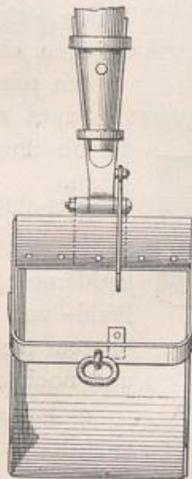
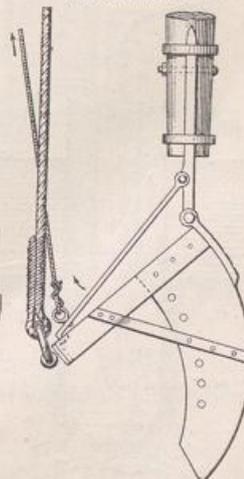


Abb. 44.
Seitenansicht.



¹⁶⁾ Die Abb. 39 u. 40 sind ESSELBORN, »Lehrbuch des Tiefbaues«, 2. Aufl. 1907, Kap. I: »Erdbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

¹⁷⁾ Die Abb. 41 ist der Preisliste des Eisenhüttenwerks Thale am Harz entnommen, das die Schiebkarren in verschiedenen, den in der Abbildung eingeschriebenen Bezeichnungen entsprechenden Größen liefert.

¹⁸⁾ »Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn« in der Zeitschr. f. Bauw. 1876, S. 41 u. Bl. 19.

befestigten Schaufel, die in senkrechter Stellung, durch einen Haken in dieser erhalten, in den Boden gedrückt, dann, nach Lösung jenes Hakens durch Anziehen des dünnen Seils, mittels des dicken in die wagerechte Lage gedreht und mit dem auf ihr lagernden Boden herausgezogen wird.

Unter den mit Maschinenkraft betriebenen Baggern sind die Zangen- oder Klauenbagger, welche, wie die indische Schaufel wirkend, den Boden mit viertelzylindrischen Kübeln fassen, sowie bei großen Wassertiefen die Eimer- und Schaufel-Kettenbagger, die mittels der an einer Kette ohne Ende befestigten Eimer oder Schaufeln den Boden schöpfen und heraufbringen, die gebräuchlichsten.

Von den durch Wasser- oder Luftdruck betriebenen Pumpenbaggern oder Sand- und Schlamm-pumpen haben sich der LESLIESche Heber, der ROBERTSONSche Druckwasserbagger, JAUDINS Preßluftbagger u. a. besonders bei Brunnengründungen (vgl. § 15) bewährt. Der LESLIESche Heber¹⁹⁾ besteht aus einem bis über die Wasseroberfläche reichenden, mit einem den Boden lösenden Bohrer versehenen Heberrohr, in welchem, wenn es mit Wasser gefüllt und im Innern des zu senkenden Brunnens ein höherer Wasserstand als außen erhalten wird, eine den gelösten Boden mitreißende und zutage fördernde Strömung von unten nach oben entsteht.

Abb. 45. ROBERTSONS
Druckwasserbagger.

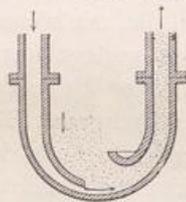
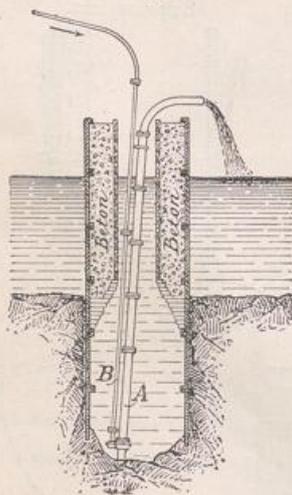


Abb. 46. JAUDINS Preßluft-
bagger.



Bei dem ROBERTSONSchen Druckwasserbagger (Abb. 45)²⁰⁾ wird ein unter starkem Druck austretender Wasserstrahl zum Heben des von dem Wasser mit fortgerissenen Bodens benutzt, während bei JAUDINS Preßluftbagger (Abb. 46)²¹⁾ die durch das Rohr B eingepreßte Luft den mit Wasser vermengten Boden durch das Rohr A ausströmen läßt.

Zum Herausholen einzelner unter Wasser befindlicher Steine dient die Steinzange,²²⁾ bei der bei geringer Wassertiefe beide Zangenhälften mit Stielen versehen sind, während bei größern Tiefen sich nur an dem einen Arm ein Stiel, an den andern dagegen ein Seil oder eine Kette befindet. Größere Steine werden mit der Greifzange oder Teufelsklaue gefaßt, die aus zwei mit mehreren Zinken versehenen Armen besteht, die bis über den Wasserspiegel reichende Verlängerungen besitzen.

b) Die Umschließung der Baugrube, die bei einer in offenem Wasser herzustellenden erforderlich wird, kann durch Erddämme, einfache und Kasten-Fangdämme, sowie durch Pfahl- und Spundwände erfolgen. Doch kommt es bei Hochbauten nicht häufig vor, daß diese unmittelbar am Wasser, und noch seltener, daß sie in diesem selbst zu errichten sind.

α) Erddämme, die am besten aus Kleierde, d. h. einem Gemisch aus Ton- und Sandboden hergestellt werden, besitzen keine große Wasserdichtheit und sind nur bei geringer Wassertiefe und nicht zu befürchtenden Angriffen durch bewegtes Wasser verwendbar.

β) Einfache Fangdämme (Abb. 47), die eine Höhe bis zu 1,5 m erhalten können, bestehen aus einer entweder als einfache Bretterwand (Abb. 48) oder als Stülp-

¹⁹⁾ KUBALE, »Heber-Fundierung für Straßen- und Eisenbahnbrücken«, in der Deutschen Bauz. 1873, S. 84 ff.

²⁰⁾ FRANZIUS, »Senkbrunnen aus Beton« in der Deutschen Bauz. 1875, S. 31 ff.

²¹⁾ M. STRUKEL, »Jaudins Baggerapparat« in der Deutschen Bauz. 1887, S. 78.

²²⁾ Vgl. auch: »Eine neue Steinzange« in der Deutschen Bauz. 1898, S. 400.

wand (Abb. 49) oder auch aus Spundbohlen (Abb. 50) hergestellten, sich oben gegen einen von eingeschlagenen Pfählen getragenen Holm *H* lehnenen Holzwand, gegen welche die Erde geschüttet wird.

γ) Kastenfangdämme, die namentlich in fließendem Wasser zur Umschließung von Baugruben verwendet werden und um 0,3 bis 0,5 m den höchsten Wasserstand überragen müssen, besitzen die größte Wasserdichtheit und bestehen aus dichten Bretter- oder Bohlenwänden, deren Zwischenraum am besten mit fetter, lehmiger und toniger Erde bis auf die undurchlässige Schicht ausgefüllt wird (Abb. 51). Die Holzwände lehnen sich gegen Holme, die auf eingeschlagenen 1,2 bis 1,5 m voneinander entfernten Pfählen ruhen und zur Vermeidung eines seitlichen Ausweichens beim Einbringen der Füllung alle 1,5 bis 2,0 m durch aufgekämmte Zangen miteinander verbunden werden.

Bei Wassertiefen von über 3 m und bei endgültigen Umschließungen der Fundamente wird die innere, dem ganzen Druck des Füllmaterials ausgesetzte Fangdammwand auch als Spundwand hergestellt, die nach Vollendung des Baues unter Niederwasser abgeschnitten wird.

Die Breite der Kastenfangdämme, die sich nach deren Höhe, der Güte der einzufüllenden Erde, sowie nach der Festigkeit und Versteifung der Holzwände richtet, kann bis zu 3 m Höhe jedesmal gleich dieser, bei größeren Abmessungen dagegen gleich $\frac{1}{3}$ der Höhe plus 2 m angenommen werden.

Demnach würden z. B. 4,5 m hohe Kastenfangdämme eine Breite von $\frac{4,5}{3} + 2 = 3,5$ m erhalten. Mitunter werden hohe Fangdämme, der Ersparnis an Füllmaterial wegen, ihrer Breite nach in verschieden hohe Teile zerlegt (Abb. 52), weil nur für den untern eine größere Breite erforderlich ist.

Beim Beseitigen von Fangdämmen darf durch das Ausziehen der Pfähle keine Lockerung des Bodens eintreten, weshalb die Herstellung der innern Holzwand als stehen bleibende, den Bau umschließende Spundwand vorteilhaft erscheint.

δ) Pfahlwände nehmen wie die Spundwände wenig Raum in Anspruch, können durch Absägen ohne Bodenauflockerung in ihrem obern Teil leicht beseitigt werden und dienen in dem stehen bleibenden dem hergestellten Bau zum Schutz gegen Unterspülung, müssen jedoch während der Bauausführung gegen den Wasserdruck abgesteift werden.

Da die Pfahlwände, die aus vierkantigen, dicht nebeneinander eingerammten, an ihren obern Enden durch doppelte Zangen gefaßten Pfählen bestehen, die Baugrube nicht wasserdicht umschließen, so werden sie meistens in fließendem Wasser nur zum Abhalten der Strömung bei Gründungen verwendet, bei denen, wie z. B. bei der Herstellung

Abb. 47. Einfacher Fangdamm.

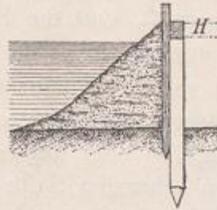


Abb. 48. Einfache Bretterwand.

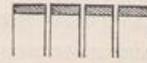


Abb. 49. Stülpwand.



Abb. 50. Spundbohlen.

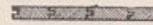


Abb. 51. Kastenfangdamm. M. 1 : 200.

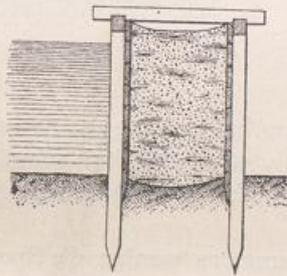
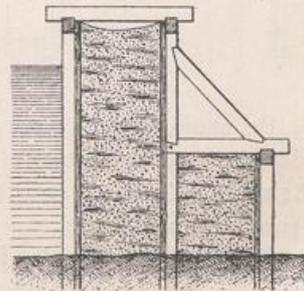


Abb. 52. Doppelter Kastenfangdamm. M. 1 : 200.



einer Betonschicht unter Wasser, eine vollständige Dichtung, sowie eine Trockenlegung der Baugrube nicht erforderlich ist.

e) Spundwände, die zur Umschließung unter Wasser liegender Baugruben und Fundamente dienen, werden entweder aus 25 bis 35 cm breiten Spundbohlen oder aus Spundpfählen hergestellt, deren 8 bis 30 cm betragende Stärke von ihrer freistehenden Länge, von der Festigkeit des Bodens, sowie von dem Wasseranriff abhängt, während ihre Länge so groß sein muß, daß die Bohlen genügend fest im Boden stecken und als Baugrubenumschließung bis über das höchste Hochwasser hinausragen.

Zur Erzielung einer möglichst wasserdichten Spundwand, deren Wasserdichtheit durch Ausstopfen der Fugen mit Werg, oder durch Ausgießen mit Zement, sowie durch Verwendung von Sägemehl²³⁾ oder geteertem Segeltuch²⁴⁾ erhöht werden kann, ist jede Spundbohle an der einen schmalen Seite mit einer Nut, an der andern mit einer Feder versehen, welche in die Nut der benachbarten Bohle eingreift.

Abb. 53 bis 55. Quadratische Spundung.

Abb. 53. Grundriß.



Abb. 56 u. 57. Trapezförmige Spundung.

Abb. 56. Grundriß.



Abb. 58. Keilförmige oder Grat-spundung.



Abb. 60 u. 61. Zuschärfung mit geneigter Schneide.

Abb. 60. Abb. 61. Abb. 62. Abb. 63

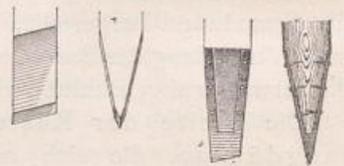
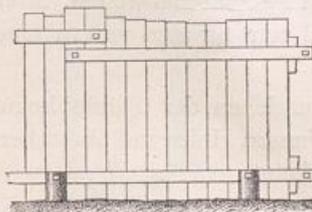


Abb. 62 u. 63. Spundbohle mit eisernem Schuh.

Bei stärkern Bohlen wird gewöhnlich die quadratische Spundung (Abb. 53 bis 55)²⁵⁾ oder die trapezförmige (Abb. 56 u. 57), bei schwächern Hölzern dagegen die keilförmige oder Grat-spundung (Abb. 58), sowie die halbe Spundung oder Falzung (Abb. 59) angewendet.

Zur Erleichterung des Einrammens werden die Spundbohlen unten zugeschärft, wobei entweder das einseitig abgeschrägte untere Ende (s. Abb. 57), oder die geneigt hergestellte Schneide (Abb. 60 u. 61), keilartig wirkend, die einzutreibende Bohle fest gegen die bereits eingerammte preßt. Bei sehr festem und besonders bei steinigem Boden werden die Spundbohlen mit eisernen, durch Nägel zu befestigenden Schuhen (Abb. 62 u. 63) versehen.

Abb. 64. Zwischen Zangen einzu-rammende Spundwand.



Damit die einzutreibenden, oben durch Eisenbänder geschützten Bohlen in eine senkrechte Ebene zu stehen kommen, erfolgt deren Einrammen zwischen zwei seitlich angebrachten Zangen oder Zwingen (Abb. 64), die entweder an den Spundbohlen oder an den zuerst einzutreibenden Bund- oder Eck-

²³⁾ »Spundwanddichtung mit Sägespänen« in der Deutschen Bauz. 1892, S. 552.

²⁴⁾ GLEIM u. ENGELS, »Die Straßenbrücke über die Norder-Elbe bei Hamburg« in der Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 356 ff.

²⁵⁾ Die Abb. 53 bis 66 sind ESSELBORN, »Lehrbuch des Tiefbaues«, 2. Aufl. 1907, Kap. II: »Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

pfählen (Abb. 65), bzw. an den Zwischenpfählen (Abb. 66) befestigt werden. Die erstern stehen da, wo die Richtung der Spundwand sich ändert, die letztern bei längern geraden Strecken noch in Abständen von 2 bis 3 m zwischen den Eckpfählen.

Abb. 65 u. 66. Bund- und Zwischenpfähle einer Spundwand.
Abb. 65. Abb. 66.

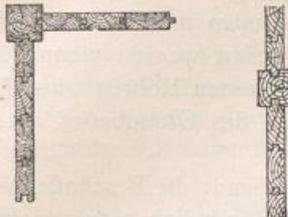


Abb. 67. Spundwand aus Wellblech.

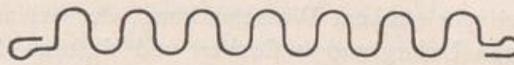
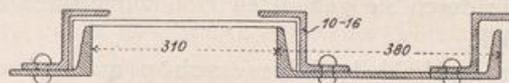


Abb. 68. Spundwand aus \sqcup -, \perp - und \lrcorner -Eisen.



Zum Zusammenhalten der einzelnen Spundbohlen nach deren Einrammen dienen entweder oben zu beiden Seiten angebrachte Zangen (vgl. Abb. 82 u. 83), oder die Bohlen greifen mit Zapfen in die durchlaufende Nut eines darüber gelegten Holms, wobei jeder vierte oder fünfte Zapfen durch jenen reicht und von oben verkeilt wird.

In neuerer Zeit wird öfters für die Spundwände statt des Holzes, gewelltes, mit Falzen ineinander greifendes Eisenblech (Abb. 67),²⁶⁾ sowie gewalztes Profileisen, z. B. nach Abb. 68²⁷⁾ oder nach Abb. 69 u. 70²⁸⁾ verwendet.

c) Die **Trockenlegung der Baugrube**, die erforderlich wird, wenn Grundwasser oder fließendes Wasser vorhanden ist und wenn die gewählte Gründungsart ein unmittelbares Aufmauern des Fundaments verlangt, kann durch eine Absenkung des Wasserspiegels oder durch ununterbrochenes Abspumpen erreicht werden.

Abb. 69 u. 70. Spundwand aus I-Eisen.

Abb. 69. Ansicht.

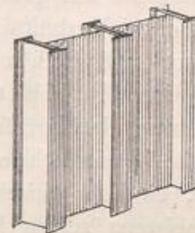
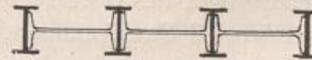


Abb. 70. Grundriß.



a) Die Absenkung des Wasserspiegels erfolgt entweder durch Drainierung oder durch Herstellung von Brunnen-schächten²⁹⁾ neben der Baugrube, aus denen das darin sich sammelnde Wasser so weit ausgepumpt wird, daß der Wasserspiegel bis unter die Baugrubensohle sinkt. Hierdurch wird nicht allein deren Trockenlegung erreicht, sondern auch jede Auflockerung des Baugrunds vermieden, Sandschichten eine festere Lagerung gegeben, sowie Ton- und Lehmschichten bei dauernder Absenkung des Wasserspiegels tragfähiger gemacht.

β) Das **Auspumpen des Wassers** aus der trocken zu legenden Baugrube, in die es durch deren Boden oder durch nicht völlig dichte Umschließungswände eindringt, findet am häufigsten und so andauernd statt, daß die Baugrubensohle stets trocken erhalten wird. Dabei werden außerhalb der Fundamentfläche Wasserrinnen angelegt, die das auszupumpende Wasser einer tiefer liegenden, Sumpf genannten kleinen Grube zu-

²⁶⁾ Die Abb. 67, 82, 83, 91, 93 bis 97 u. 106 bis 111 sind dem Handbuch d. Ing.-Wissensch., 4. Aufl. 1906, 1. Teil, 3. Bd., Kap. I: »Der Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

²⁷⁾ K. E. HILGARD, »Neuere Querschnittsformen für eiserne Spundwände« in der Schweiz. Bauz. 1905, S. 224 ff.

²⁸⁾ GERMELMANN u. OFFERMANN, »Verbesserung des Spreelaufs innerhalb Berlins« in der Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 67.

²⁹⁾ »Zur Entwässerung von Baugruben« in der Baugewerksz. 1898, S. 1514.

Esselborn, Hochbau. I. Bd.

führen, worin es die mitgerissenen Erdteilchen ablagert und aus der es durch Wasserschöpfmaschinen entfernt wird. Doch muß dieser Sumpf, dessen Seitenwandungen unter Umständen durch Spundwände gegen Einstürzen zu sichern sind, an einer solchen Stelle angelegt werden, durch deren Vertiefung kein besonders großer Zudrang des Grundwassers zu befürchten ist.

Bei sehr starkem Wasserandrang, der bei andauerndem Pumpen feinen kiesigen und sandigen Untergrund auflockert und dadurch dessen Tragfähigkeit verringert, wird die Sohle der mit Spundwänden umschlossenen Baugrube am besten ausbetoniert und hierdurch gedichtet. Einzelne in der Baugrube auftretende Quellen werden wenn möglich an einem oberhalb gelegenen Punkt abgefangen oder mit eisernen Rohren umschlossen, und die durch sie gebildeten Hohlräume nach Fertigstellung des Grundbaues mit Beton ausgefüllt.

Für die Wahl der Wasserschöpfmaschinen ist maßgebend: die Beschaffenheit des zu hebenden Wassers, weil, wenn dieses durch Erd- und Sandteilchen verunreinigt ist und Pumpen verwendet werden sollen, nur solche mit einfach ausgebildeten und leicht zugänglichen Ventilen zu wählen sind; ferner die Größe der Wasserschöpfmaschine, weil man in der Baugrube meistens im Raum beschränkt ist; dann die, von der zu schöpfenden Wassermenge und der Leistungsfähigkeit der Maschine abhängige Zeitdauer, innerhalb der die Baugrube trocken gelegt werden soll, und endlich die anzuwendende, durch die Größe der Anlage bedingte Betriebskraft. Bei kleinen Wassermengen genügt Menschenkraft, während bei größeren Anlagen Maschinenbetrieb erforderlich wird, wobei je nach den örtlichen Verhältnissen zwischen Wasserkraftanlagen, Dampfmaschinen, sowie Gas-, Petroleum- und Elektromotoren zu wählen ist.

Für den Handbetrieb eignen sich bei kleinen Wassermengen die Bohlen- oder Blechpumpe, bei größerer Menge des Wassers und kleinen Förderhöhen bis zu einem Meter die Wasserschnecke und für größere Förderhöhen bis zu acht Meter die zwei-stieflige, einfach wirkende Saugpumpe. Für noch größere Förderhöhen, bei denen jedoch meistens schon Maschinenbetrieb angewendet wird, können mittels Kurbel und Radvorgelege betriebene Druckpumpen zur Verwendung kommen. Bei unreiner Beschaffenheit des Wassers und ungenügendem Raum zur Aufstellung der Pumpe wird man mit Vorteil Strahlpumpen, also, wenn Dampf zur Verfügung steht, Pulsometer wählen, während unter Anwendung von Motoren als Betriebskraft Zentrifugal- und Kreiselpumpen am vorteilhaftesten erscheinen.³⁰⁾

§ 7. Gemauerte Fundamente.

a) **Vollgemauerte Fundamente.** Bei den unmittelbar auf dem tragfähigen Untergrund stehenden gemauerten Fundamenten, die bei Hochbauten am meisten vorkommen und an Einfachheit und Sicherheit alle andern Gründungsverfahren übertreffen, sind für die untern Schichten möglichst große, lagerhafte und harte Steine zu nehmen, wobei mit Hilfe großer Binder ein guter Verband herzustellen ist. Backsteine eignen sich weniger für das Fundamentmauerwerk und sollten, hart gebrannt, nur bei kleinern, einen geringen Druck auf den Untergrund ausübenden Bauwerken, sowie da, wo natürliche Steine fehlen, unter Verwendung hydraulischen Mörtels benutzt werden, der auch bei Gründungen unter Wasser, sowie bei dickem und tiefem Fundamentmauerwerk stets erforderlich ist.

Das Fundament wird entweder unmittelbar oder mit Hilfe von Pfeilern auf die tragfähige Bodenschicht gesetzt und muß so ausgeführt werden, daß die Sohlfläche möglichst

³⁰⁾ Vgl. ESSELBORN, »Lehrbuch des Tiefbaues«, 2. Aufl. 1907, Kap. II: »Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, S. 88.

senkrecht zur zukünftigen Druckfläche steht und ihre Größe der zulässigen Belastung des Baugrunds (vgl. § 4) entspricht; ferner, daß das Fundament sowohl gegen Einsinken, als auch gegen ein seitliches Verschieben oder Abgleiten gesichert und in keiner Weise Wasserangriffen ausgesetzt ist.

Eine Abweichung von der zur Druckrichtung senkrechten Lage der Fundamentbasis darf selbst da, wo ein Gleiten nicht zu befürchten ist, nicht mehr als 15 Grad betragen. Gewöhnlich erhalten jedoch bei Hochbauten die Fundamente, die dort meistens nur einen senkrechten Druck auf den Baugrund zu übertragen haben, eine wagerechte Aufstandfläche; wo aber, wie bei Gewölbwiderlagern und Stützmauern außer dem senkrechten Druck auch wagerechte Schubkräfte auftreten, muß die Sohlfläche senkrecht zu deren Mittelkraft angeordnet werden. Ferner soll der Druck, damit er sich gleichmäßig über die ganze Fundamentfläche verteilt, durch den Schwerpunkt der Fundamentbasis gehen.

Das Einsinken oder Setzen der Fundamente, das meistens infolge des Zusammendrucks des Baugrunds durch die Last des Bauwerks hervorgerufen wird und das nur bei festem Fels ausgeschlossen ist, darf, wenn es gewisse Grenzen nicht überschreitet und gleichmäßig vor sich geht, als unschädlich betrachtet werden. Bei preßbarem Boden ist daher das Mauerwerk des aufzuführenden Baues schon während der Ausführung gleichmäßig über die ganze Grundfläche zu verteilen, wobei das Setzen durch eine entsprechende Vergrößerung der Höhenabmessung ausgeglichen und der nachgiebige Baugrund durch künstliche Dichtung (vgl. § 5) oder durch Vergrößerung der Gründungstiefe verbessert werden kann.

Belasten Teile eines und desselben Bauwerks den gleichartigen Baugrund in verschiedener Weise, oder wechselt bei gleichmäßiger Belastung die Beschaffenheit des Untergrunds, so muß — um ein ungleichmäßiges Setzen zu verhüten — im ersten Fall an den stärker belasteten Stellen die Fundamentbasis oder die Gründungstiefe vergrößert werden, während im zweiten durch verschiedene, unabhängig voneinander auszuführende Gründungsarten der ungleichen Zusammensetzung des Baugrunds Rechnung zu tragen ist.

Ein seitliches Verschieben oder Abgleiten des Fundaments wird durch eine senkrecht zur Druckrichtung angeordnete Fundamentbasis oder — wo dies nicht angängig ist — durch Vergrößerung der Fundamenttiefe, oder auch durch zahnförmiges (Abb. 71) oder treppenförmiges (Abb. 72) Eingreifen des Fundamentmauerwerks in den geneigten Baugrund verhütet.

Damit natürliche Bodenfeuchtigkeit, Grundwasser, Quellen und Wasseradern, sowie stehende und fließende Gewässer keinen schädlichen Einfluß auf die Fundamente ausüben, müssen deren Aufstandflächen in frostfreie Tiefe gelegt werden, wozu ein Hinabgehen bei wichtigen Bauwerken bis 1,25 m, bei Nebengebäuden bis 1,0 m genügt. Das Grundwasser wird durch Entwässerungsanlagen, Dichtungsarbeiten und Isolierschichten, Quellen durch Abfangen oberhalb des Fundaments, und Wasseradern durch Entwässerung der wasserführenden Schicht unschädlich gemacht. Einem Auftrieb des Wassers muß durch das Gewicht des die Sohle bildenden Mauer- oder Betonkörpers mindestens das Gleichgewicht gehalten werden. Am und im stehenden oder fließenden Wasser herzustellende Fundamente sind

Abb. 71.
Zahnförmig eingreifendes
Fundament.

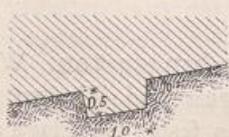
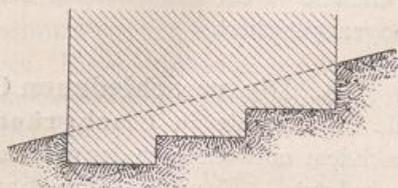


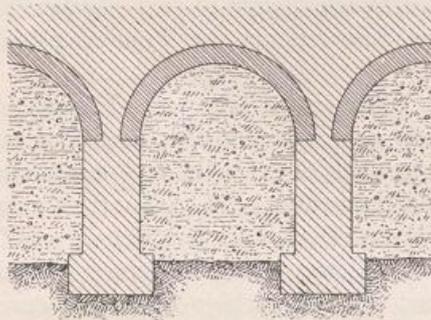
Abb. 72. Treppenförmig hergestelltes
Fundament.



durch Umschließung mit Spundwänden (vgl. § 6, b, ε) und durch Steinschüttungen vor Unterspülung zu schützen.

b) **Aufgelöste Fundamente.** Liegt der feste Baugrund über 3 m tief unter den nicht tragfähigen Schichten oder über 4 m unter dem Grundwasserspiegel,³¹⁾ so wendet man bei Hochbauten zur Ersparnis an Mauerwerk häufig statt der ununterbrochenen Grundmauern aufgelöste Fundamente an, d. h. es werden nur einzelne Mauerpfeiler bis auf den tragfähigen Baugrund hinabgeführt und diese oben unterhalb der Erdoberfläche durch Gurtbogen, sog. Grundbogen, zur Aufnahme des Tagmauerwerks miteinander verbunden (Abb. 73). Der Querschnitt dieser Fundamentpfeiler, die unten eine der zulässigen Belastung des Baugrunds entsprechende Verbreiterung erhalten und an den Gebäudeecken, sowie zwischen den Fensteröffnungen anzuordnen sind, muß so groß sein, daß die zu höchstens 8 bis 10 kg/qcm anzunehmende Druckbelastung des Fundamentmauerwerks nicht überschritten wird.

Abb. 73. Aufgelöste Fundamente.



Zu den Grundbogen, die bei genügender Konstruktionshöhe am besten als Halbkreisbogen (vgl. Abb. 73), andernfalls als Stichbogen mit einem nicht kleinerem Stichverhältnis als 1 : 4 ausgeführt werden, sind scharf gebrannte Backsteine oder harte, lagerhafte Bruchsteine, zu den Fundamentpfeilern dagegen bei großem Druck nur Quader, sonst ebenfalls feste, mit hydraulischem Mörtel vermauerte Bruchsteine zu verwenden.

Für die Fundamentpfeiler stellt man in zusammenhängendem Boden schachtartige, oft keiner Zimmerung bedürftige Baugruben, in lockern Schichten jedoch einen ununterbrochenen Fundamentgraben her, dessen Auszimmerung häufig billiger ist, als diejenige einer Reihe von Schächten.

Die Fundamente für einzelne Pfeiler oder Säulen werden entweder unabhängig voneinander mit einer der Tragfähigkeit des Baugrunds entsprechenden Aufstandfläche ausgeführt, oder durch sog. Erdbogen (vgl. § 9, b) miteinander verbunden, die den Druck auf eine größere Fläche verteilen. Gegen einen, durch unsymmetrische Belastung oder Winddruck hervorgerufenen einseitigen wagerechten Schub werden die Fundamente der Einzelstützen durch Einspannung von Gurtbogen nach Art der Grundbogen gesichert.

Die Fundamente für einzelne Pfeiler oder Säulen werden entweder unabhängig voneinander mit einer der Tragfähigkeit des Baugrunds entsprechenden Aufstandfläche ausgeführt, oder durch sog. Erdbogen (vgl. § 9, b) miteinander verbunden, die den Druck auf eine größere Fläche verteilen. Gegen einen, durch unsymmetrische Belastung oder Winddruck hervorgerufenen einseitigen wagerechten Schub werden die Fundamente der Einzelstützen durch Einspannung von Gurtbogen nach Art der Grundbogen gesichert.

§ 8. Die verschiedenen Gründungsarten. Wie schon in § 1 erwähnt, können die Fundamente in Flachgründungen und Tiefgründungen eingeteilt werden, je nachdem entweder von der geschaffenen festen Unterlage aus das Fundament aufgemauert, aufgebaut — Fundamentaufbau — oder in den Boden hinabgetrieben oder abgesenkt wird, wodurch die Tiefgründung oder Fundamentabsenkung entsteht.

Zu den Flachgründungen sind zu rechnen: die Verbreiterung der Fundamentsohle durch Abtreppung des Grundmauerwerks, durch umgekehrte Gewölbe und durch Sand- oder Steinschüttungen; ferner die Gründung auf Schwellrost und diejenige mittels Senkrostens, die Mantelgründung, sowie die Gründung auf Beton.

Die Tiefgründungen werden da notwendig, wo die Last eines Bauwerks durch abgesenkte Pfähle oder Pfeiler auf den in größerer Tiefe unter nachgiebigen Schichten

³¹⁾ L. BRENNECKE, »Wann soll man durchgehende, und wann sog. aufgelöste Grundmauern anwenden« im Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 434.

liegenden festen Baugrund übertragen werden soll, oder, wenn dieser nicht erreichbar ist, wo durch das Eintreiben der Pfähle oder Pfeiler der Baugrund so verdichtet wird, daß er dadurch genügende Tragfähigkeit erlangt. Tiefgründungen sind: Die Gründung auf Pfahlrost, entweder auf tief- oder hochliegendem, der Beton- und Eisenbeton-Pfahlrost, eiserne Schraubenpfähle, die Brunnen- und Senkrohrgründung, sowie die Druckluftgründung.

Die bei Hochbauten am häufigsten zur Anwendung kommende Gründungsart besteht darin, daß man bei nicht zu großer Tiefenlage des tragfähigen Bodens diesen durch Abheben der obern, lockern Bodenschichten freilegt und auf ihn dann ohne weiteres das Fundament aufmauert (vgl. § 7, a).

Die Wahl des anzuwendenden Gründungsverfahrens hängt von der Art des zu errichtenden Bauwerks, von den örtlichen Verhältnissen, von der festgesetzten Bauzeit, den vorhandenen Baustoffen und maschinellen Hilfsmitteln, sowie von den zur Verfügung stehenden Geldmitteln ab. Dabei sind die Fälle zu unterscheiden, ob der feste Baugrund erreichbar ist oder nicht, wobei jedesmal noch berücksichtigt werden muß, ob sich Wasser vorfindet, oder ob dieses fehlt. Stellt man ferner je nach der geringern oder größern Tiefenlage des festen Baugrunds, sowie je nach der Art des Vorkommens von Wasser noch weitere Unterabteilungen auf, so ergibt sich für die den Boden- und Wasserverhältnissen entsprechenden möglichen Gründungsarten die umstehende Tabelle.³²⁾

Doch dürfen im Grundbau nur solche Baustoffe verwendet werden, die genügende Widerstandsfähigkeit und Unvergänglichkeit besitzen, weshalb das Holz, wie z. B. beim Schwell- und Pfahlrost, nur dann einen bleibenden Bestandteil des Fundaments bilden darf, wenn es stets unter Wasser und hierdurch den es zerstörenden wechselnden Einflüssen von Luft und Wasser entzogen wird. Außerdem müssen die zu Seebauten, wie beispielsweise bei Badeanstalten und Leuchttürmen verwendeten Hölzer gegen die gefährlichen Angriffe der Bohrwürmer und anderer Holzzerstörer³³⁾ geschützt werden, was durch eine Umhüllung mit Rohren³⁴⁾ oder Metallplatten, durch dicht stehende kupferne Nägel mit großen Köpfen, oder auch mittels Durchtränken der Hölzer mit Kreosot geschehen kann.

§ 9. Verbreiterung der Fundamentsohle. Ist die Tragfähigkeit des Baugrunds (vgl. § 4) geringer als der von dem Fundamentmauerwerk ausgeübte Druck, was, von widerstandsfähigem Fels abgesehen, in der Regel der Fall ist, so kann durch eine angemessene Verbreiterung der Fundamentbasis die Beanspruchung für die Flächeneinheit des Bodens auf die zulässige geringere vermindert werden. Diese Verteilung des Druckes auf eine größere Fläche ist durch Abtreppung des Grundmauerwerks, durch umgekehrte Gewölbe oder durch Sand- und Steinschüttungen zu erreichen.

a) **Die Abtreppung des Grundmauerwerks**, d. h. die Fundamentverbreiterung mittels sog. Fundamentabsätze wird bei gemauerten Fundamenten fast immer ausgeführt, wodurch auch dem Bauwerk eine größere Standfestigkeit verliehen wird. Nur darf das Verhältnis der Breite der einzelnen Absätze zu deren Höhe kein zu großes, am

³²⁾ Dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, 1. Teil, 3. Bd., Kap. I: »Der Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

³³⁾ »Limnoria lignorum und andere Holzzerstörer an den Nordseeküsten« im Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 266.

³⁴⁾ »Schutz hölzerner Pfähle gegen den Seewurm durch Röhrenbekleidung« im Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 540.

Tabelle I. Übersicht der den Wasser- und Bodenverhältnissen entsprechenden möglichen Gründungsarten.

	A. Wasser nicht vorhanden.		B. Wasser vorhanden.		
			α) als Grundwasser.	β) als offenes, stilles oder bewegtes Wasser, aber ausschöpfbar.	γ) als offenes, stilles oder bewegtes Wasser, aber nicht ausschöpfbar.
	Holz nicht verwendbar.		Holz unter Wasser zulässig; genaue Zimmerarbeit möglich.		Holz unter Wasser zulässig, aber weniger genaue Zimmerarbeit möglich.
I. Fester Baugrund erreichbar.	a) In geringerer Tiefe.	Ausheben bis zur Frosttiefe u. unmittelbare Ausführung des Grundmauerwerks.	1. Ausgraben, Umschließen und Ausschöpfen der Baugrube, dann: unmittelbare Ausführung des Grundmauerwerks. 2. Wie unter 1. und Betonierung, wenn Quellen vorhanden sind. 3. Wie unter 1. u. Ausführung einz. Pfeiler mit Erdbogen. 3. Absenken d. Wasserspiegels und Betonierung oder Ausmauerung.	1. Umschließung und Trockenlegung der Baustelle, Abgraben der lockern Bodenschichten, dann Unter Umständen: 3. Steinkisten. 4. Senkkasten. 5. Mantelgründung.	1. Ausbaggerung und Steinschüttung oder 2. Betonschüttung. 3. Betonbereitung unter Wasser n. KINIPPLE. 4. Betongründung mittels Säcken. 5. Senkkasten. 6. Mantelgründung. 7. Steinkisten. 8. Druckluftgründung.
	b) In größerer Tiefe.	1. Ausgraben bis zum festen Boden, dann unmittelbare Ausführung des Mauerwerks. 2. Wie unter 1. und Herstellung einzeln. Pfeiler m. Erdbogen. 3. Senkbrunnen- und Senkrohrgründung. 4. Beton- und Eisenbetonpfähle. 5. Eiserne Pfähle. 6. Sandpfähle.	1. Ausgraben bis unter den Grundwasserspiegel und tiefer Pfahlrost. 2. Desgl. und Beton zur Dichtung d. Quellen. 3. Beton- und Eisenbetonpfähle. 4. Senkbrunnen oder Senkrohrgründung. Unter Umständen: 5. Druckluftgründung. 6. Gefriergründung.	1. Ausgraben, Umschließen u. Trockenlegen der Baugrube, dann tiefer oder hoher Pfahlrost. 2. Eiserne Schraubenpfähle. Unter Umständen: 3. Steinkisten. 4. Senkkasten. 5. Mantelgründung.	1. Druckluftgründung. 2. Senkbrunnen- und Senkrohrgründung. 3. Hoher Pfahlrost. 4. Tiefer Pfahlrost mit Senkkasten. 5. Schraubenpfähle. 6. Eisenbetonpfähle. 7. Pfahlrost mit Beton und Eiseneinlage. 8. Zusammengesetzte Gründung. Unter Umständen: 9. Gefrierverfahren.
II. Fester Baugrund nicht erreichbar.	Starke Senkung des Bauwerks ist vorauszu- sehen und von vornherein zu berücksichtigen.		1. Ausgraben bis unter d. niedrigsten Grundwasserspiegel, Ausschöpfen u. Schwellrost. 2. Desgl. und Sand-schüttung. 3. Desgl. und Beton-gründung. 4. Desgl. und tiefer Pfahlrost. 5. Desgl. und umgekehrte Gewölbe. 6. Desgl. und Beton- u. Eisenbetonpfähle. 7. Desgl. und Verdichtung des Bodens.	1. Umschließung und Trockenlegung der Baugrube, Ausgraben auf angemessene Tiefe u. Schwellrost. 2. Desgl. und Beton-gründung. 3. Desgl. und Sand-schüttung. 4. Pfahlrost od. Pfähle zum Dichten des Bodens und Betonschicht. 5. Beton- und Eisenbetonpfähle. 6. Hoher Pfahlrost. 7. Eiserne Schraubenpfähle.	1. Belastung d. Bodens um den Grundbau herum und Anordnung breiter Fundamentflächen. 2. Senkkasten mit Bodens von großer Grundfläche. Unter Umständen: 3. Pfahlrost mit Beton und Eiseneinlagen. 4. Druckluftgründung. 5. Senkbrunnen- und Senkrohrgründung. 6. Hoher Pfahlrost. 7. Eisenbetonpfähle. 8. Eiserne Schraubenpfähle.

besten zwischen 1:1 und 1:2 liegend sein, damit ein Abscheren der vorspringenden Stufe vom Kern des Mauerwerks nicht zu befürchten ist.

Bezeichnet man mit k den an der Mauersohle auf die Flächeneinheit wirkenden Druck, der an der Fundamentsohle auf die für den Baugrund zulässige Beanspruchung k_1 herabgemindert werden soll, und nimmt man eine gleichmäßige, freilich nicht immer vorhandene Druckübertragung an, so ist nach Abb. 74³⁵⁾ $b \cdot k = b_1 \cdot k_1$, woraus sich die Breite b_1 der Fundamentsohle ergibt:

$$b_1 = \frac{b \cdot k}{k_1}. \quad (4)$$

Bei symmetrischer Anordnung der Fundamentverbreiterung berechnet sich dann die Gesamtausladung a auf jeder Seite zu:

$$a = \frac{b_1 - b}{2} \quad (5)$$

und deren Höhe h , wenn das Verhältnis der Breite zur Höhe der Abtreppung zu dem unter allen Umständen genügenden 1:2 angenommen wird zu

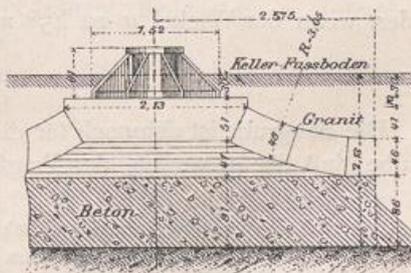
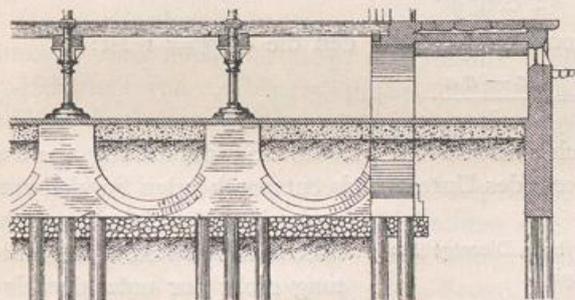
$$h = 2a. \quad (6)$$

b) Umgekehrte oder Sohlengewölbe, die gewöhnlich als Tonnengewölbe, seltener als Klostergewölbe, sog. Erdkappen, zwischen die Grundmauern, oder als Gurtbogen zwischen die Fundamente einzelner Pfeiler gespannt werden und als Wölblinie³⁶⁾

Abb. 75 u. 76. Fundamentverbreiterung durch umgekehrte Gewölbe.

Abb. 75. Speicherbau am Kaiserkai in Hamburg. M. 1:200.

Abb. 76. Gründung der Säulenreihe im Worldgebäude in New York. M. 1:100.



meistens den Stichbogen (Abb. 76),³⁷⁾ weniger häufig den Halbkreis (Abb. 75)³⁸⁾ besitzen, sollen die Last eines Gebäudes, bzw. den Druck einer Freistütze auf die ganze von dem Bauwerk bedeckte bzw. auf eine vergrößerte Fläche übertragen.

Die zwischen jenen, Erdbogen oder Gegenbogen genannten Gurtbogen liegenden Felder werden ebenfalls häufig mit umgekehrten Gewölben versehen, wobei der Erd-

³⁵⁾ Abb. 74 ist ESSELBORN, »Lehrbuch des Tiefbaues«, 2. Aufl. 1907, Kap. II: »Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

³⁶⁾ M. KOENEN, »Über Form und Stärke umgekehrter Fundamentbögen« im Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 11 f.

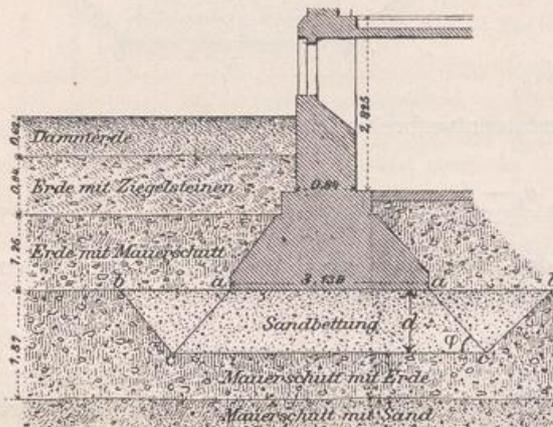
³⁷⁾ O. LEITHOLF, »Die Konstruktion hoher Häuser in den Vereinigten Staaten von Amerika« in der Zeitschr. f. Bauw. 1895, S. 234 u. Bl. 31.

³⁸⁾ FRANZ GRUBER, »Der Speicherbau am Kaiserkai in Hamburg« in der Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1874, S. 242 u. Bl. 40.

boden genau der untern Wölfläche entsprechend ausgehoben, oder diese Form durch eine Steinpackung oder Sand- und Betonschüttung hergestellt wird. Nicht selten verbindet man die Widerlager dieser Sohlengewölbe und der Erdbogen durch Anker aus Eisenstangen miteinander.

c) **Sandschüttungen** aus reinem, grobem und scharfkörnigem Quarzsand, im trocken nicht unter 0,75 m und nicht über 3,0 m stark auf nachgiebigem Baugrund ausgeführt,

Abb. 77. Sohlenverbreiterung durch Sandschüttung für die Kaserne an der Esplanade in Wesel. M. 1:250.



bieten eine wirksame Verbreiterung der Fundamentsohle dar, weil der, alle Unebenheiten des Bodens gut ausgleichende Sand (vgl. § 2, a, γ) unter der Belastung nicht seitlich ausweicht, sondern sogar eine festere Lagerung erhält, und weil sich der Druck von der Grundfläche des Mauerwerks aus in einer dem Böschungswinkel entsprechenden Richtung, d. h. annähernd unter 45° nach unten überträgt.

Wird mithin die tragende Fläche einer offenen Baugrube um die Ausladung der natürlichen Böschung des Sandes vergrößert (Abb. 77),³⁹⁾ so ist, wenn cc die genügend verbreiterte Sohlfläche und φ den Böschungswinkel des

Sandes bedeutet $cc = aa + 2d \cdot \cotg \varphi$, woraus sich die erforderliche Dicke der Sandschüttung ergibt:

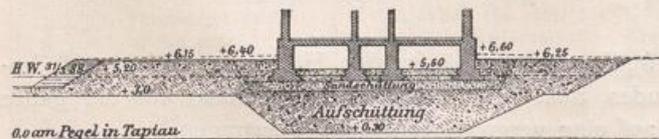
$$d = \frac{cc - aa}{2 \cotg \varphi}, \quad (7)$$

oder, wenn der Winkel φ zu 45° angenommen wird, für den die $\cotg = 1$ ist:

$$d = \frac{cc - aa}{2}. \quad (8)$$

Die Baugrube ist demnach für die, auch Sandkoffer genannte Sandschüttung um das halbe Maß der gesamten, der Tragfähigkeit des Untergrunds entsprechenden Fundament-

Abb. 78. Sohlenverbreiterung durch Sandschüttung beim Dienstgebäude für die Wasserbauinspektion in Tapiau.



verbreiterung tief auszugraben. Manchmal wird die Sandschüttung nicht nur unter den einzelnen Mauern eines Gebäudes, sondern unter dessen ganzer Grundfläche hergestellt (Abb. 78).⁴⁰⁾

Der gut ausgewaschene Sand ist, um sein Zusammenpressen und damit auch das Setzen des Mauerwerks zu verringern, in wagerechten, 20 bis 30 cm dicken Schichten einzubringen, die mit Wasser begossen und eingestampft oder besser eingewalzt werden. Sandschüttungen, die keinem starken Auftrieb des Wassers ausgesetzt werden dürfen, erfordern bei Gründungen im Wasser die Umschließung der Baugrube mit einer bleibenden, dichten Spundwand.

³⁹⁾ GOLDMANN, »Verschiedene Gründungen und Untersuchungen in betreff deren Tragfähigkeit« in der Zeitschr. f. Bauw. 1863, S. 630 ff. u. Bl. U.

⁴⁰⁾ »Dienstgebäude für die Wasserbauinspektion in Tapiau« im Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 395.

d) **Steinschüttungen**, aus genügend großen Steinen oder künstlichen Blöcken aus Beton hergestellt, dienen hauptsächlich zur Herstellung von Schüttkörpern auf festem Untergrund unter Wasser, die Damm- oder Kaimauern aufnehmen sollen (Abb. 79),⁴¹⁾ für die eine andere Gründungsart starken Stromangriffs und Wellenschlags wegen nicht gewählt werden konnte.

Abb. 79. Steinschüttung des Hauptwellenbrechers im Hafen von Bilbao. M. 1 : 1000.

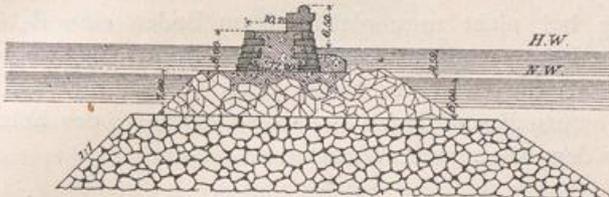


Abb. 80 u. 81. Doppelter Bohlenrost. M. 1 : 100.

Abb. 80. Querschnitt.

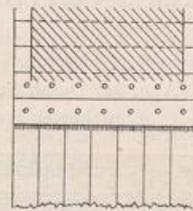


Abb. 81. Grundriß.

§ 10. Gründung auf liegenden Rosten. Die bei nachgiebigem Boden und bei unter Wasser liegender Fundamentsohle zur Anwendung kommenden liegenden Roste bieten den darauf gestellten Bauwerken eine, etwaige ungleichmäßige Beschaffenheit des Baugrunds ausgleichende Unterlage, dem Grundmauerwerk in wagerechter Richtung einen guten Zusammenhalt und verteilen auch bis zu einem gewissen Grad den Druck auf eine größere Fläche.

a) **Bohlenroste.** In seiner einfachsten Gestalt besteht der liegende Rost entweder aus einer einzigen oder besser aus zwei sich unter rechtem Winkel kreuzenden, 7 bis 10 cm starken Bohlenlagen (Abb. 80 u. 81), von denen die eine parallel zur Längsrichtung der Mauer liegt und für diese eine Verankerung bildet.

Der einfache Bohlenrost kann nur für untergeordnete Bauwerke in Betracht kommen, und auch der doppelte besitzt bloß eine Tragfähigkeit von 1,0 bis 1,5 kg/qcm, die in holzreichen Ländern durch Verwendung stärkerer Hölzer vergrößert wird.

Abb. 82 u. 83. Holz-Schwellrost. M. 1 : 150.

Abb. 82. Querschnitt.

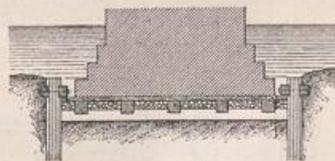
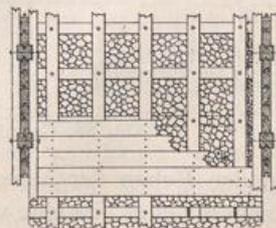


Abb. 83. Grundriß.



b) **Holzschwellroste.** Die Herstellung der Schwellroste, die, wo Unterspülungen zu befürchten sind, durch Spundwände gesichert werden müssen, erfolgt nach Umschließung und Trockenlegung der Baugrube, sowie nach Entfernung der obern, lockern Bodenschichten in der Weise, daß auf die eingeebnete Baugrubensohle gewöhnlich zuerst die 22/22 bis 30/30 cm starken Querschwellen und auf diese die 25/25 bis 33/33 cm starken Langschwellen, je nach der Last des Bauwerks in Abständen von 0,75 bis 1,0 m verlegt werden (Abb. 82 u. 83).

Auf die Langschwellen wird der, je nach der Größe der Belastung 5 bis 12 cm starke, das überall in gleicher Höhe auszuführende Mauerwerk tragende Bohlenbelag mit hölzernen Nägeln aufgenagelt, nachdem vorher die, Rostfelder genannten Hohlräume zwischen den sich kreuzenden Schwellen bis

⁴¹⁾ *Verbesserung des Hafens von Bilbao* im Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 338.

zur Oberkante der Langschwellen mit Sand, Kies, Ton, Steinen oder Bauschutt ausgestampft wurden.

Die Querschwellen, welche in größeren Abständen als die Langschwellen, meistens 1,25 bis 1,5 m von Mitte zu Mitte voneinander verlegt werden und 0,3 bis 0,5 m weit über die Mauerohle vorstehen, erhalten 5 bis 8 cm tiefe Einschnitte, in welche die Langschwellen eingreifen. Doch können auch die Langschwellen nach unten hin und die Querschwellen über diese gelegt werden; nur ist der Bohlenbelag immer auf die Langschwellen zu legen.

Zu dem Holzschwellrost, der bei nicht zu ungleichartigem Boden eine Belastung von 2,5 bis 3,0 kg/qcm aufnehmen kann, wird am besten Eichen- und Kiefernholz, sowie auch Lärchenholz verwendet, welche Hölzer beständig unter Wasser bleibend, eine fast unbegrenzte Dauer besitzen. Aus diesem Grund muß die Oberfläche des hölzernen Schwellrostes 0,3 bis 0,5 m unter dem niedrigsten Wasserstand liegen.

Abb. 84 bis 86. Stoß der Langschwellen.

Abb. 84. Durch Schienen gesicherter Stoß.



Abb. 85. Durch Laschen gesicherter Stoß.

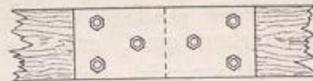


Abb. 86. Schräges Hakenblatt.



Müssen die Langschwellen wegen zu großer Länge der Mauern gestoßen werden, so können die gegeneinander zu versetzenden und immer auf je eine Querschwelle zu legenden Stöße entweder stumpf angeordnet und dann beiderseits durch aufgenagelte Schienen (Abb. 84)⁴²⁾ oder aufgeschraubte Laschen (Abb. 85) gesichert werden, oder die Verbindung erfolgt mittels des schrägen Hakenblatts (Abb. 86).

Abb. 87 u. 88. Schwellrost an Mauerkreuzungen. M. 1:100.

Abb. 87. Querschnitt.

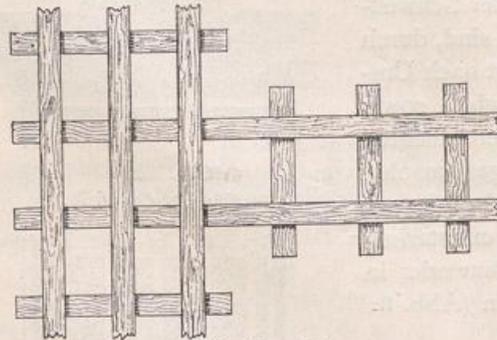
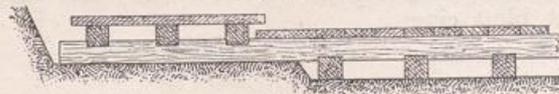
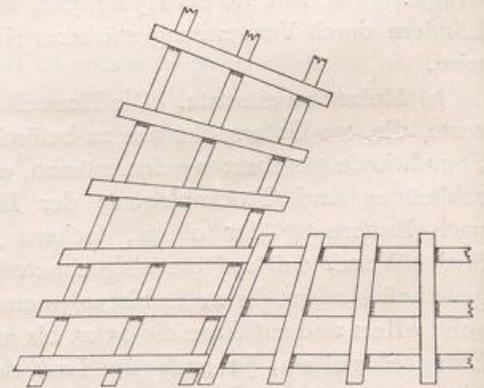


Abb. 88. Grundriß.

Abb. 89. Anordnung der Querschwellen an schrägen Mauerecken. M. 1:150.



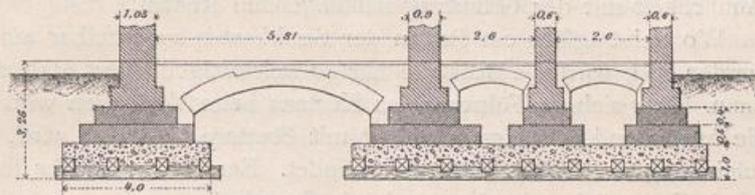
An den Ecken der Mauern, sowie bei deren Durchkreuzungen (Abb. 87 u. 88) werden die Langschwellen, da eine vollständige Überschneidung der sich kreuzenden Hölzer diese zu sehr schwächen würde, zu Querschwellen, wodurch der Bohlenbelag eine verschiedene

⁴²⁾ Die Abb. 84 bis 88 sind nach dem »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., 2. Abt.: »Fundamente«, bearbeitet von Geh. Baurat Prof. Dr. EDUARD SCHMITT, hergestellt.

Höhenlage erhält. Bei nicht rechtwinkligen Ecken werden daselbst die Querschwellen anfangs schräg und dann erst allmählich senkrecht zu den Langschwellen gelegt (Abb. 89).

Bei ungünstigen Bodenverhältnissen hat man auch schon als tragende und ausgleichende Schicht eine 0,75 bis 1,0 m hohe Betonlage unmittelbar auf den Schwellrost aufgebracht (Abb. 90).⁴³⁾

Abb. 90. Holz-Schwellrost mit Betonbett beim Verwaltungsgebäude des Lloyd in Triest. M. 1 : 200.



Da aber bei Betonfundamenten durch Eiseneinlagen eine den Schwellrost ersetzende Längsverankerung hergestellt werden kann und da auch das ungleichmäßige Setzen durch Sandschüttung besser verhütet wird, als durch einen Schwellrost, so empfiehlt es sich, statt diesen bei geringer Belastung die Sandschüttung, bei größerer dagegen die Gründung auf Beton anzuwenden.

c) **Eisenschwellroste**, die sowohl unter Wasser, als auch im trocknen hergestellt werden können und bei sehr nachgiebigem Baugrund und stark belasteten Pfeilern oder Säulen zur Ausführung kamen, bestehen aus mehreren, sich rechtwinklig kreuzenden Lagen von Eisenträgern, die mit Beton umstampft sind (Abb. 91). Auch für Betonbetten, die, wie bei offenen, trocken gelegten Baugruben, zeitweise einem starken Wasserdruck ausgesetzt sind, empfehlen sich Eisenschwellroste.

Abb. 91. Eisen-Schwellrost.

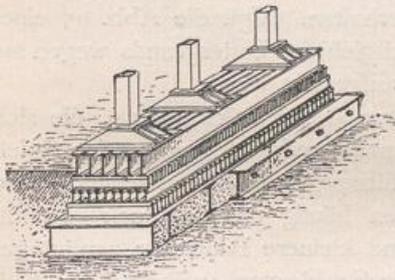
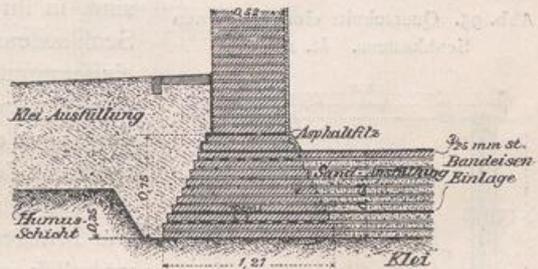


Abb. 92. Mauerrost. M. 1 : 50.



Eine Abart des Eisenschwellroste ist der in Abb. 92⁴⁴⁾ dargestellte Mauerrost, bei dem die Grundmauern in ihrer Längsrichtung durch Bandeisenlagen verankert sind, die in 10 cm Abstand voneinander angeordnet sind.

§ 11. Die Senkkastengründung. Die Gründung mittels Senkkasten, die früher bei der Herstellung von Brückenpfeilern häufig angewandt wurde und da in Frage kommen kann, wo die Umschließung der Baugrube mit Fangdämmen und nachfolgender Trockenlegung nicht angängig, eine Tiefgründung jedoch guten Untergrunds wegen nicht erforderlich ist, besteht darin, daß ein, meistens aus Holz hergestellter, Senk- oder Schwimmkasten genannter, mit Boden und Seitenwänden versehener, oben offener Kasten schwimmend an die Baustelle gebracht und dort mit dem in ihm allmählich aufgeführten Mauerwerk auf die Sohle der Baugrube versenkt wird.

⁴³⁾ »Fundierung im Schlamm Boden«, im Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 47.

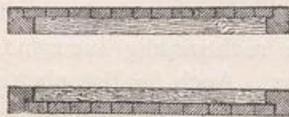
⁴⁴⁾ E. OTTO, »Zur Gründung von Gebäuden auf Kleiboden« im Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 237.

Da die Seitenwände des Kastens nach Fertigstellung des in ihrem Schutz ausgeführten Mauerwerks wieder entfernt werden, während der Boden unter dem Fundament gleichsam als Rost liegen bleibt, so hat die Senkkastengründung, die jedoch in neuerer Zeit, durch die Beton- und Brunnenfundierung verdrängt, selten mehr zur Ausführung kommt, einige Ähnlichkeit mit der Gründung auf liegenden Rosten.

Wo bei tragfähigem Boden der Senkkasten unmittelbar auf den Untergrund gestellt werden soll, wird die Baustelle nur so weit ausgebaggert, daß die Sohle geebnet werden kann. Zur sichern Führung des Kastens beim Versenken wird eine Rüstung hergestellt, die in fließendem Wasser so weit mit Brettern bekleidet wird, daß innerhalb der Umschließung sich ruhiges Wasser befindet. Eine Sicherung des fertigen Grundbaues erfolgt durch Steinwürfe oder besser durch Spundwände.

Der Boden des Senkkastens, der wie dessen Seitenwände nicht nur wasserdicht, sondern auch so stark herzustellen ist, daß sie dem äußern Wasserdruck widerstehen, bzw. die Last des Mauerwerks tragen können, wird am besten aus einer Lage dicht

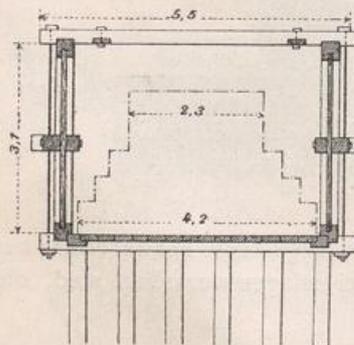
Abb. 93 u. 94. Bodenausbildung
hölzerner Senkkasten. M. 1:100.



aneinander stoßender Bohlen oder Balken gebildet, die entweder zu spunden oder deren Fugen zu dichten, und die außerdem mit Rahmhölzern zum Tragen der Seitenwandungen zu umgeben sind (Abb. 93 u. 94).

Die Seitenwände des Senkkastens, die nach vollständiger Absenkung noch über den Wasserspiegel hinausragen müssen, werden aus wagrecht oder senkrecht gestellten Bohlen mit aufgenagelten Querleisten zwischen lotrechten, auf den Rahmhölzern stehenden Ständern gebildet und durch Holme und Zangen, von denen aus sie mittels eiserner,

Abb. 95. Querschnitt eines hölzernen
Senkkastens. M. 1:125.



leicht entfernbaren Stangen mit dem Boden verbunden sind, in ihrer Lage erhalten. Vgl. die Abb. 95 eines Senkkastens, der nachgiebigen Untergrunds wegen auf eingerammte Pfähle aufgesetzt wurde.

Als Grundrißform des Senkkastens, die sich derjenigen des Grundmauerwerks mit genügendem Spielraum für dessen Ausführung möglichst anschließt, wird der Einfachheit wegen häufig das Rechteck gewählt. Für Brückenpfeiler und kleinere Bauwerke genügt gewöhnlich ein einziger Senkkasten, während für Kai-mauern mehrere nebeneinander stehende Kästen erforderlich sind, deren Längsseiten später miteinander verbunden werden, um nach Herausnahme der Kastenseitenwände der Schmalseite die Mauerlücken ausmauern zu können. Sehr hohe und lange Seitenwände erfordern eine gegenseitige Absprießung im Innern des Kastens, die entsprechend dem Fortschreiten der Arbeit entfernt und durch kürzere, gegen das Mauerwerk sich stützende Streben ersetzt wird.

§ 12. Die Mantelgründung. Diese Gründungsart, die besonders bei der Herstellung von Brückenpfeilern da angewendet wurde, wo der tragfähige Untergrund entweder von, dem Eindringen der Umschließungswand nur geringen Widerstand entgegensetzenden lockern Bodenschichten bedeckt war, oder wo der Baugrund durch Baggerung freigelegt werden konnte, ermöglicht wie die Senkkastengründung die Ausführung eines Grundbaues in nicht zu tiefem, fließendem Wasser im Schutz ihn umgebender Wände. Da bei der zu den Flachgründungen zu zählenden Mantelgründung jedoch oben und

unten offene Kasten verwendet werden, so besitzt sie einige Ähnlichkeit mit den zu den Tiefgründungen gehörenden Brunnen- und Senkrohrgründungen (vgl. § 15 u. 16).

Die zwischen Schiffen (Abb. 96) nach ihrer Verwendungsstelle gebrachten, zur Umschließung der Baugrube dienenden und aus Holz oder Eisen bestehenden Mäntel müssen nach ihrer Versenkung und nach Dichtung des Bodens mittels einer Betonschicht leer gepumpt werden, wobei die Wandungen des Wasserdrucks wegen durch eine, mit dem Fortschreiten des Mauerwerks wieder zu entfernende Zimmerung versteift werden müssen (Abb. 97). Nach Fertigstellung des Grundbaues kann man die, alsdann aufs neue benutzbaren oberen Teile der Mäntel, wie die Seitenwände der Senkkasten, wieder entfernen.

Abb. 96 u. 97. Mantelgründung. M. 1:340.

Abb. 96. Verbringung des Mantels zur Baustelle.

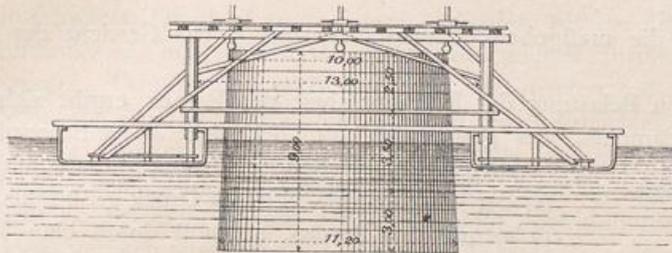
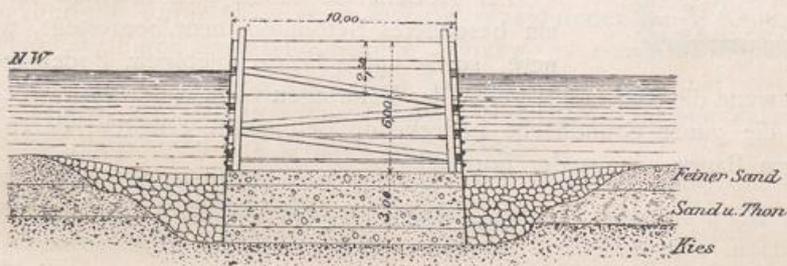


Abb. 97. Eiserner Mantel mit Betondichtung und Versteifung der Wandungen.



§ 13. Die Betongründung. Die aus Beton, d. h. einer aus Mörtel und Kies oder Steinbrocken bestehenden, an der Luft und, bei Verwendung hydraulischen Mörtels, auch unter Wasser zu einer zusammenhängenden steinharten, fugenlosen Masse erhärtenden Mischung hergestellten und sehr zweckmäßigen Betonfundamente können sowohl im trocken, als auch unter Wasser ausgeführt werden. Im letztern Fall braucht die Baustelle nicht unbedingt Umschließungswände zu erhalten, da auch ohne diese die Betongründung unter Wasser erfolgen kann.

Eine im trocken auf nicht festem oder ungleichartigem Boden in genügender, selten weniger als 1 m betragender Stärke hergestellte Betonschicht, welche durch die Last des Bauwerks kaum zusammengepreßt wird, gleicht etwaige Unregelmäßigkeiten der Baugrubensohle aus, bewirkt wie die Sandschüttung eine gleichmäßige Verteilung des Fundamentdrucks bzw. eine Verbreiterung der Standfläche und verhindert fast vollständig ein Setzen des Gebäudes.

Bei ihrer Anwendung unter Wasser dichtet die hergestellte Betonschicht den Boden einer mit wasserundurchlässigen Umschließungswänden versehenen Baugrube so ab, daß diese zur bequemern Herstellung des Fundamentaufbaues trocken gelegt werden kann. In fließendem Wasser wird die Baugrube mit bleibenden, später unter Niederwasser

abzusägenden und mit einem Holm oder zwei Zangen zu versehenden Spund- oder Pfahlwänden umschlossen, die das Betonbett gegen Unterspülung sichern.

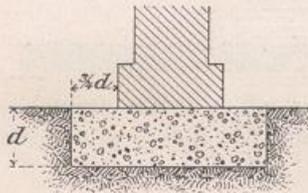
Die Stärke der Betonfundamente richtet sich nach der von ihnen zu tragenden Belastung, nach der Güte des Betons und der Beschaffenheit des Baugrunds, sowie unter Umständen nach dem Auftrieb des Wassers, d. h. nach dem Druck, dem die Betonschicht nach Auspumpen der Baugrube ausgesetzt ist. Bei wenig preßbarem Boden und unter günstigen Verhältnissen kann guter hydraulischer Beton bei 1 m Stärke mit 4 bis 5 kg/qcm, bei stark nachgiebigem oder ungleichartigem Baugrund jedoch nur mit 2,5 kg/qcm belastet werden. Muß die Betonschicht bei trocken zu legender Baugrube einem Wasserantrieb widerstehen, so läßt sich ihre mehr als ausreichende Stärke d nach der Formel⁴⁵⁾

$$d = \frac{t}{\gamma} \quad (9)$$

berechnen, in der t die maßgebende Wassertiefe und γ das Gewicht der Raumeinheit des Betons beträgt.

Aus der zulässigen Belastung der Flächeneinheit des Betons ergibt sich die Grundfläche des Betonfundaments, das gewöhnlich um $\frac{3}{4}$ der Dicke d der Betonplatte über die Sohle des daraufstehenden Mauerkörpers vorsteht (Abb. 98). Ist der von diesem ausgeübte Druck größer als die zulässige Belastung des Betons, so muß durch eine Verbreiterung des Mauerwerks der Druck auf die Flächeneinheit auf das erlaubte Maß verringert werden.

Abb. 98. Betonfundament.



Bei größern Gebäuden wird meistens für jede Wand ein besonderes Betonfundament hergestellt, während kleinere, sowie auf sehr nachgiebigem Boden stehende Bau-

werke, oder wenn die Kellersohle gegen das Eindringen von Grundwasser geschützt werden muß, eine die ganze Grundfläche bedeckende Betonplatte erhalten, deren Höhe h bei ganz lockerm Baugrund aus der Formel⁴⁶⁾

$$h = \sqrt[3]{\frac{6 M_{\max}}{k}}, \quad (10)$$

in der M_{\max} das größte, durch die Mauerdrücke hervorgerufene Biegemoment und k die zulässige, 2 kg/qcm betragende Beanspruchung des Betons auf Zug bedeutet, berechnet werden kann. Bei widerstandsfähigerm Baugrund jedoch darf die so berechnete Stärke der Betonplatte, der Widerstandsfähigkeit des Untergrunds entsprechend, bis zu $\frac{1}{3}$ verringert werden. Zur bessern Druckübertragung, sowie zur Vermeidung von Rissen bei großen Biegungsspannungen wurden schon schmiedeiserne, als Verankerungen dienende Träger in die Betonplatte eingebettet.

a) **Betongründung im trocknen.** Wenn auch bei Gründungen im trocknen zur Betonbereitung Luftmörtel verwendet werden darf, so ist doch überall da, wo Wasserhältnisse zu berücksichtigen sind, der Beton aus hydraulischen Mörteln, mithin aus Traß- und Zementmörtel herzustellen. Dabei empfiehlt es sich, den Mörtel für sich zu bereiten und ihn dann von Hand oder mittels Betonmühlen⁴⁷⁾ mit den kleingeschlagenen Steinstückchen oder dem groben Kies zu vermischen.

Die Mischung geschieht meistens nach Raumteilen, aber besser nach Gewichtsteilen, weil die Volumgewichte der verschiedenen Bestandteile des Betons, besonders diejenigen

⁴⁵⁾ »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., S. 313.

⁴⁶⁾ Ebendasselbst S. 348.

⁴⁷⁾ »Mischtrommel zur Herstellung von Zementbeton« in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1895, S. 1536.

des Zements, stark schwanken. Ein häufig angewandtes, bewährtes Mischungsverhältnis, von dem neben der Art der Anfertigung, der Erhärtungsdauer und dem zur Herstellung der Mischung erforderlichen Wasserzusatz, die Festigkeit des Betons abhängt, ist: 1 Teil Zement auf 3 Teile Sand und 6 Teile Steinschlag oder Kies, wobei Sand und Kies scharfkantig und von lehmigen Bestandteilen frei sein müssen.

Gewöhnlich wird zur Bereitung des Betons langsam bindender Zement und nur in Ausnahmefällen, wie z. B. für die Herstellung der Fundamente bei großem Wasserandrang schnellbindender Zement verwendet. »Leitsätze für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton« wurden von dem Deutschen Beton-Verein im Februar 1905 aufgestellt.⁴⁸⁾

Im trocknen wird der Beton, nach Einebnung der Baugrubensohle, in 15 bis 30 cm starken Schichten eingebracht und durch Stampfen mit Handrammen oder besser durch Abwalzen mit schweren Handwalzen so lange gedichtet, bis die Oberfläche des Betons feucht und glänzend wird. Bei größeren Arbeiten wurden auch Betonstampfmaschinen⁴⁹⁾ mit Vorteil benutzt. Damit trockner Boden dem, am besten außerhalb der Baugrube gemischten Beton während des Abrammens das zu seiner Erhärtung nötige Wasser nicht entzieht, muß dieser während des Dichtens mit Wasser begossen werden.

Mit Beton auszufüllende Fundamentgräben stellt man mit senkrechten Wandungen her und versieht sie bei nicht festem Boden mit einer Auszimmerung. Ebenso ist eine in lockern Bodenschichten auszuhebende und durch Wasserschöpfung trocken zu haltende Baugrube vorher mit dichten, die Erdmassen zurückhaltenden und später das Betonfundament vor Unterspülung schützenden Spundwänden zu umgeben.

b) **Betongründung unter Wasser innerhalb umschließender Wände.** Wird bei der Wasserschöpfung durch das nachdringende Grundwasser eine Auflockerung der Baugrubensohle bewirkt, wie z. B. bei Sand- und Kiesschichten, so ist auf diese eine genügend dicke Schicht rasch abbindenden Betons aufzubringen und erst nach deren Erhärtung mit dem Auspumpen des Wassers zu beginnen.

Bei diesen Betonierungsarbeiten darf jedoch, auch wenn die Baugrube durch Umschließungswände gegen fließendes Wasser abgeschlossen ist, der Beton nicht frei durch das Wasser hindurchfallen, weil sonst dieses den zur Erhärtung des noch nicht abgebundenen Betons erforderlichen Mörtel ausspült. Es muß deshalb der Beton mittels besonderer ihn vor der Berührung mit Wasser schützenden Vorrichtungen oder in, erst auf der Baugrubensohle zu entleerenden Gefäßen eingebracht werden. Hierzu dienen bei größeren Gründungsarbeiten Trichter oder eiserne Kasten, bei Ausführungen kleinern Umfangs schaufelartig an Stielen befestigte Blechkasten, Eimer oder Säcke, die bei Betongründungen für Hochbauten der bequemern Handhabung wegen nur einen Rauminhalt von etwa 0,1 cbm besitzen.

Die Trichter, aus Holz (Abb. 99)⁵⁰⁾ oder Eisen (Abb. 100)⁵¹⁾ hergestellt, bestehen aus lotrechten, bis in die Nähe der Baugrubensohle reichenden und in ihrer Höhenlage verstellbaren, entweder zylindrischen oder nach unten sich erweiternden Rohren, die auf Laufkränen oder Wagen so angeordnet sind, daß sie in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen bewegt und so über jeden Punkt der Baugrube gebracht werden

⁴⁸⁾ Von der Geschäftsstelle des Deutschen Beton-Vereins in Biebrich a. Rh. zum Preise von 35 Pf. zu beziehen.

⁴⁹⁾ L. FRANZIUS, »Neue Hafenanlagen zu Bremen« in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1889, S. 441.

⁵⁰⁾ Nach dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, 1. Teil, 3. Bd., hergestellt.

⁵¹⁾ E. MOHR, »Die Kanalisierung der Oder von Kosel bis zur Neißemündung« in der Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 490.

können. Wird nun ein solcher Trichter, stets mit Beton gefüllt, gleichmäßig vorwärts, bzw. am Ende seines Wegs immer etwas seitwärts bewegt, so lagert sich auf der Baugrubensohle ein Betonstreifen neben den andern, bis eine Lage vollendet ist. In der

Abb. 99 u. 100. Betongründung mit Trichtern.

Abb. 99. Hölzerner Trichter. M. 1 : 250.

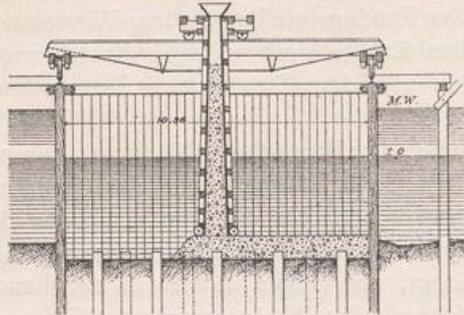
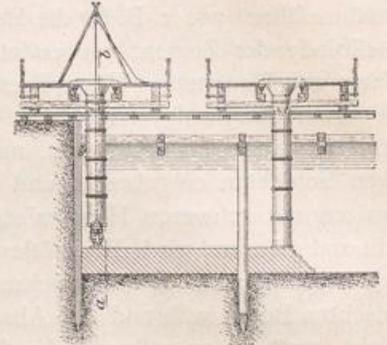


Abb. 100. Eiserner Trichter.



nächsten werden dann die einzelnen Streifen senkrecht zur Richtung der zuerst hergestellten ausgeführt und so fortgefahren, bis die Betonschicht die erforderliche Stärke besitzt. Die unten an dem Trichter befindlichen Walzen dienen zur Einebnung der frisch geschütteten Betonstreifen.

Da aber bei größern Wassertiefen die Trichter sehr lang würden und ihre gleichmäßige Fortbewegung schwierig wäre, so erfolgt in solchen Fällen die Absenkung des

Abb. 101 u. 102. Betonkasten.

Abb. 101. In geschlossenem Zustand.

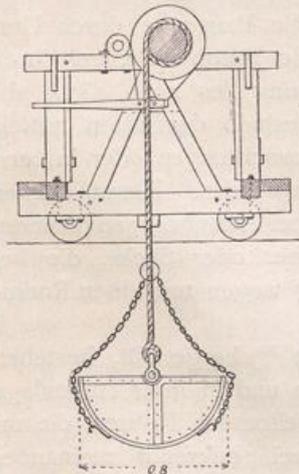
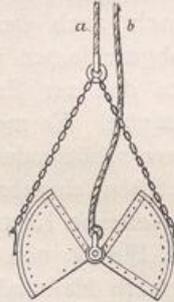


Abb. 102. In geöffnetem Zustand.



Betons in Kasten oder Trommeln, die sich über der Baugrubensohle entweder selbsttätig oder mittels einer Zugvorrichtung öffnen und damit entleeren. Der in den Abb. 101 u. 102 dargestellte Betonkasten⁵²⁾ aus Eisenblech, der einen Fassungsraum von 0,23 cbm besitzt und dessen beide Hälften um eine wagerechte Achse drehbar sind, wird in geschlossenem Zustand (Abb. 101) an dem Tau *b* hinabgelassen und durch Anziehen des Seils *a* mittels der an beiden Klappen befestigten Ketten geöffnet. Dabei lagern sich auf der Baugrubensohle einzelne Betonhaufen nebeneinander ab, so daß die oberste Schicht nachträglich eingeebnet werden muß.

Die Blechkasten der bei kleinern Gründungsarbeiten benutzten Betonschaufeln, die der Arbeiter mittels des Stiels auf die Baugrubensohle hinabläßt, erhalten am besten Deckel, die sich beim Ausschütten des Betons selbsttätig

öffnen. Bei den, gewöhnlichen Wassereimern nachgebildeten, oben unbedeckten Beton-eimern, die mittels einer Hakenstange hinabgelassen und dann umgekippt werden, kommt nachteiligerweise der Beton viel mit dem Wasser in Berührung.

Wasserdichte Betonsäcke verwendet man bei kleinern Ausführungen in der Weise, daß die hinabgelassenen gefüllten Säcke auf der Baugrubensohle geöffnet und nach ihrer

⁵²⁾ Verwendet bei dem Bau der ältern Harburger Elbbrücke.

Entleerung zur Wiederbenutzung hinaufgezogen werden. Abb. 103⁵³⁾ zeigt einen, aus doppeltem Segelleinen hergestellten Sack, der oben einen eisernen Bügel besitzt, an dem er mittels eines Seils hinabgelassen und wieder heraufgezogen wird, während die mit einer besonders gebildeten Schleife (Abb. 104) versehene Verschnürung beim Entleeren durch Anziehen der Zugleine leicht gelöst werden kann.

c) **Betongründung unter Wasser ohne Umschließungswände.** Muß, wie beispielsweise bei Molenbauten, eine Betonversenkung unter Wasser ohne Umschließung vorgenommen werden, so kann die Betongründung mittels Säcken erfolgen, die aus durchlässigem Stoff hergestellt, mit Beton gefüllt und fest verschlossen neben- und übereinander auf den Baugrund gelegt werden (Abb. 105).⁵⁴⁾ Dabei schmiegen sich die Säcke, solange der Beton noch breiartig ist, dicht aneinander an und der aus dem durchlässigen Gewebe hervordringende Mörtel verbindet sie zu einem einzigen festen Betonblock.

Zwei andere, von dem englischen Ingenieur KINIPPLE angegebene Verfahren bestehen darin, daß man den mit möglichst wenig Wasser hergestellten Beton erst nach Beginn des Abbindens frei durch stehendes Wasser schüttet und ihn nur bei bewegtem durch eine Umhüllung aus Segeltuch bis zu seiner genügenden Erhärtung vor den Angriffen des Wassers schützt.⁵⁵⁾ Oder man versenkt statt des fertigen Betons nur seine im richtigen Verhältnis gemischten Schotter-, Kies- und Sandbestandteile auf den unter Wasser befindlichen Baugrund und verwandelt diese durch ununterbrochene Zuführung flüssigen Zements mittels eiserner Rohre in einen festen, zusammenhängenden Betonkörper.⁵⁶⁾

§ 14. Pfahlrostgründung. Der zu den Tiefgründungen (vgl. § 8, S. 21) gehörende Pfahlrost besteht aus eingerammten Rostpfählen, die entweder, bis in den festen Untergrund reichend, auf diesen die Last des Bauwerks unmittelbar übertragen oder, bei zu großer Tiefenlage der tragfähigen Schichten, nur durch die Verdichtung des Bodens und durch dessen Reibung an ihren Umfangsflächen die erforderliche Standfestigkeit erhalten. Die eingerammten Pfähle, aus Holz, Beton oder Eisenbeton hergestellt, tragen die das Grundmauerwerk aufnehmende Rostdecke, die aus einem dem Schwellrost (vgl. § 10, b) ähnlichen Holzrost, einer Betondecke oder, bei Verwendung von Beton- oder Eisenbetonpfählen, einer Eisenbetonplatte bestehen kann.

Erhebt sich, wie dies bei Hochbauten meistens der Fall ist, der dann auf sog. Grundpfählen stehende, gewöhnlich innerhalb einer wasserfreien Baugrube hergestellte Pfahlrost nur wenig über die Baugrubensohle, so wird er tiefer oder tiefliegender Pfahlrost (vgl. Abb. 151), dagegen hoher oder hochliegender Pfahlrost (vgl. Abb. 156) genannt, wenn zur Ersparung an Mauerwerk die, in diesem Fall Langpfähle

Abb. 103 u. 104.
Betonsack.

Abb. 103. Ansicht.

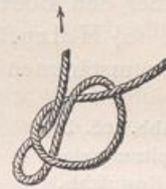
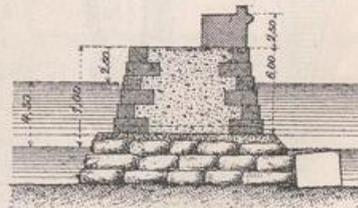


Abb. 104. Schleife.

Abb. 105. Betongründung in Säcken.
M. 1 : 500.

⁵³⁾ H. WOLFFRAM, »Der Hafenerweiterungs-, Schleusen- und Kanalbau bei Oberlahnstein« in der Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 509 u. Bl. 62.

⁵⁴⁾ »Verbesserung des Hafens von Bilbao« im Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 338.

⁵⁵⁾ ENGELS, »Unterseeische Bauausführungen aus Beton« im Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 196.

⁵⁶⁾ F. EISELEN, »Ausführung von Gründungen unter Wasser mit Hilfe von Zementeinpressung« in der Deutschen Bauz. 1894, S. 349 ff.

Esselborn, Hochbau. I. Bd.

heißenden Rostpfähle einen beträchtlichen Teil ihrer Länge über den Boden hervorragen. Holzpfahlroste müssen stets unter Niedrigwasser liegen, während Betonpfahlroste und Eisenbeton-Pfahlroste von dem Wasserstand völlig unabhängig sind.

a) **Rostpfähle** werden, weil sie auf Knickfestigkeit beansprucht sind, in der Richtung des auf sie wirkenden Druckes, bei Hochbauten daher meistens senkrecht, jedoch für, Dachkonstruktionen tragende Freistützen, für die Widerlager flacher Gewölbe, sowie für Stützmauern der Druckrichtung entsprechend eingerammt.

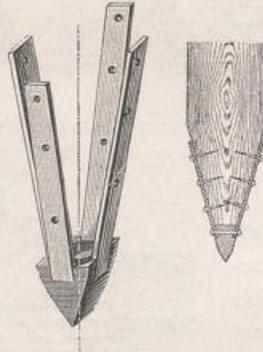
Die Länge der Pfähle wird, wenn diese bis zu dem vorhandenen festen Untergrund hinabreichen sollen, aus dessen durch Bodenuntersuchungen (vgl. § 3) festgestellten Tiefenlage unter der Rostoberfläche, bei fehlendem festen Baugrund jedoch durch eingerammte Probepfähle ermittelt, mit denen Belastungsversuche anzustellen sind. Müßte die Pfahlänge größer als 12 bis 15 m werden, so sucht man durch eine größere Anzahl einzurammender Pfähle den Boden stärker zu verdichten und dadurch zugleich die von einem Pfahl zu tragende Last zu verringern. Bei dem hochliegenden Pfahlrost wird die Pfahlänge auch dadurch bestimmt, daß die Pfähle so tief einzurammen sind, als sie über den Boden hinausragen.

α) Holzpfähle werden aus geradegewachsenen astfreien, von der Rinde entblößten Baumstämmen hergestellt und erhalten zum bessern Eindringen in den Boden beim

Abb. 106. Zuspitzung eines Rostpfahls.



Abb. 107 u. 108. Eiserne Pfahlschuhe.



Rammen bei nachgiebigem Baugrund, wie Lehm-, Ton- oder Sandboden, eine genau in der Pfahlachse liegende drei- oder vierseitige (Abb. 106), etwas abgestumpfte Spitze, deren Länge gleich dem $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ fachen des Pfahldurchmessers ist. Die dreiseitige Spitze verhindert besser das Drehen des Pfahls, während die vierseitige sein Eindringen in den Boden erleichtert.

Bei festem und namentlich steinigem Baugrund müssen die Pfähle mit aufgenagelten eisernen Pfahlschuhen versehen werden, die aus einer gußeisernen Spitze bestehen, die um vier schmiedeeiserne Bänder gegossen ist (Abb. 107) oder an die diese Bänder angenietet sind (Abb. 108) und auf deren

innern Kern der Pfahl mit abgestumpfter Spitze fest aufsitzen muß. Seltener kommen ganz aus Gußeisen bestehende Pfahlschuhe in Form hohler Kegel, die durch Dorne mit den Pfählen verbunden werden, zur Anwendung.

Zu den Grundpfählen verwendet man am besten frisch gefälltes, sich weniger leicht als trocknes Holz spaltendes Kiefern-, Buchen- und Ellernholz, während aus Eichenholz nur solche Langpfähle hergestellt werden, die abwechselnd der Einwirkung des Wassers und der Luft ausgesetzt sind. Tannen- und Fichtenholz sind nicht so empfehlenswert wie namentlich das Kiefernholz.

Damit der Pfahlkopf beim Einrammen nicht zersplittert, muß er, nachdem er genau senkrecht abgeschnitten und an den Kanten abgefast wurde, mit einem geschmiedeten, etwa 25 mm starken und 60 mm hohen, am besten warm aufzutreibenden Pfahlring versehen werden. Wird nach längerem Rammen das Holz des Pfahlkopfs schwammig und büstenartig, wodurch eine Abschwächung der Rammschläge eintritt, so ist der zerstörte Teil abzuschneiden und ein neuer Kopf anzuarbeiten.

Wenn zur Erreichung des festen Baugrunds die Länge der Rostpfähle nicht genügt, so muß ein, deren Tragfähigkeit jedoch vermindertes Aufpfropfen der Pfähle vorgenommen werden, das deshalb, besonders bei mehreren nebeneinander stehenden Pfählen

zu vermeiden ist. Das Aufpfropfen erfolgt am besten dadurch, daß beide Hölzer stumpf gegeneinander gestoßen und durch angenagelte eiserne Bänder (Abb. 109) oder durch einen Dorn im Innern und umgelegte Eisenringe (Abb. 110) gegen eine Verschiebung gesichert werden. Auch kann man an der Aufpfropfungsstelle einen gußeisernen Schuh (Abb. 111) einlegen.

Die mittlere, von der Pfahlänge abhängende Stärke der Rostpfähle soll nach PERRONET für Langpfähle von 5 bis 6 m Länge zu 27 cm angenommen und für jedes Meter Mehrlänge um 28 mm vergrößert werden, während für 3 bis 4 m lange Grundpfähle ein mittlerer Durchmesser von 24 cm und für jedes Meter Mehrlänge eine Verstärkung von 14 mm genügt. Hiernach würde ein Langpfahl von 10 m Länge einen mittlern Durchmesser von 38 bis 41 cm, ein 10 m langer Grundpfahl dagegen eine mittlere Stärke von 32 bis 34 cm besitzen müssen.

β) Eiserne Schraubenpfähle, in der ersten Zeit aus Gußeisen, jetzt aus Schmiedeeisen hergestellt, sind dauerhafter als Holzpfähle, nicht wie diese den Zerstörungen der

Abb. 109 bis 111. Aufpfropfungen.
 Abb. 109. Mittels Bändern. Abb. 110. Mittels Dorns. Abb. 111. Mittels Schuhs.

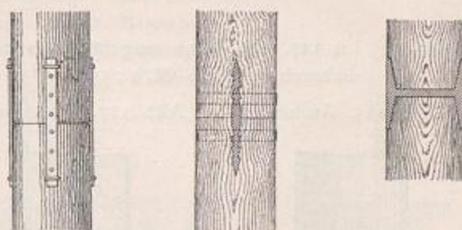


Abb. 112 u. 113. Geschmiedete Pfahlschraube. M. 1 : 20.

Abb. 112. Ansicht.

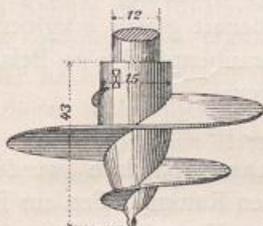


Abb. 113. Grundriß.

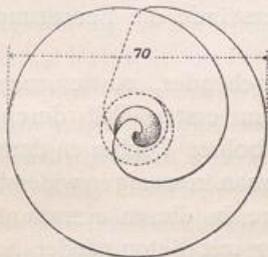
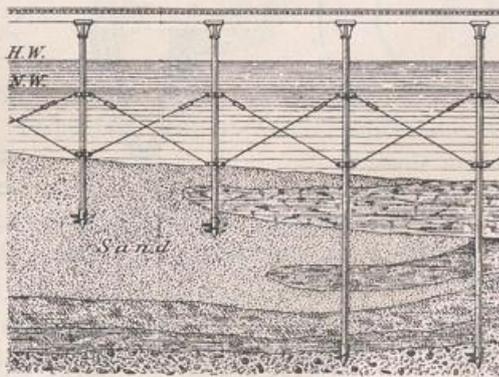


Abb. 114. Landungssteg auf Schraubenpfählen. M. 1 : 400.



Bohrwürmer ausgesetzt und bedürfen keiner Rücksichtnahme auf wechselnde Wasserstände. Sie werden, unten mit gußeisernen oder geschmiedeten, sowohl zum Einschrauben als auch zum Tragen dienenden und deshalb Durchmesser von oft über 1 m besitzenden Pfahlschrauben (Abb. 112 u. 113)⁵⁷⁾ versehen, bei Landungsbrücken (Abb. 114),⁵⁸⁾ kleinern Leuchttürmen, Badeanstalten und dgl. verwendet.

⁵⁷⁾ Verwendet bei einem Viadukt der Eisenbahn von La Guaria nach Caracas in Venezuela.

⁵⁸⁾ F. HEINZERLING, »Bau der Landungsbrücke bei Lewes in den Vereinigten Staaten von Nordamerika« in der Deutschen Bauz. 1874, S. 197.

Die Schraubenpfähle, die für Hochbauten selten Verwendung finden, lassen sich in nicht zu zähe Schichten gut einschrauben und besitzen bei vollen Pfählen bis zu 10 m Länge einen Durchmesser von 12 bis 15 cm, bei größeren Längen bis 15 m eine Stärke bis 20 cm. Ihre Tragfähigkeit kann zu 45 kg für 1 qcm Pfahlkopffläche oder zu 12 kg für 1 qcm Stützfläche angenommen werden.⁵⁹⁾

Auch rohrförmige Schraubenpfähle aus Gußeisen, die nachträglich mit Beton ausgefüllt und deren einzelne Teile mittels Flanschen zusammengeschrubt wurden,

kamen mit unten angegossener Schraube zur Verwendung (Abb. 115 bis 117).⁶⁰⁾

Abb. 115 bis 117. Mit Beton ausgefüllte eiserne Schraubenpfähle. M. 1 : 55.

Abb. 115. Ansicht.

Abb. 117. Querschnitt.

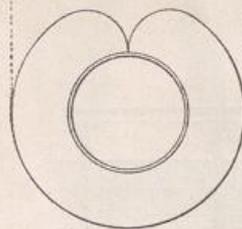
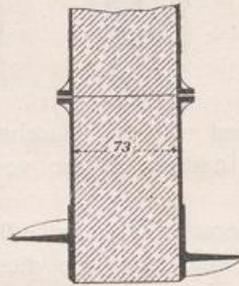
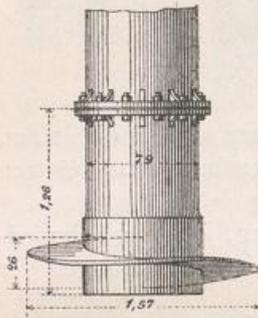
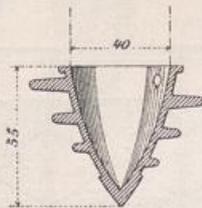


Abb. 116. Grundriß.

Abb. 118. Gußeiserner Schraubenschuh für Holzpfähle. M. 1 : 30.



Bei Pfahlrosten wird man Schraubenpfähle nur da anwenden, wo das Einrammen von Holzpfählen aus irgendeinem Grund unterlassen werden muß und wo das Einspülen der Pfähle (vgl. § 14, d) ebenfalls nicht möglich ist. Dabei können auch Holzpfähle mit Schraubenschuhen aus Gußeisen (Abb. 118),⁶¹⁾ in denen das Pfahlende befestigt wird, versehen werden.

Die Tragfähigkeit der Schraubenpfähle hängt weniger von der Tiefe ihres Eindringens in den Boden, als hauptsächlich von dessen Tragfähigkeit ab. Sei die Grundfläche der Schraube gleich F qcm und die zulässige Belastung (vgl. § 4) der betreffenden Bodenart gleich σ kg/qcm, so vermag der Schraubenpfahl eine Belastung L in kg zu tragen:

$$L = F \cdot \sigma. \quad (11)$$

γ) Betonstampfpfähle werden in neuerer Zeit neben Rammpfählen aus Eisenbeton ihrer leichten Herstellung, Dauerhaftigkeit

und verhältnismäßigen Billigkeit wegen als Ersatz der eisernen, sowie der hölzernen Pfähle namentlich da verwendet, wo stark wechselnde Wasserstände die Benutzung von Holzpfählen nicht gestatten.

Die Betonstampfpfähle können ohne oder mit vorübergehender, sowie auch mit bleibender Ummantelung ausgeführt werden, indem man im ersten Fall durch eingerammte und wieder herausgezogene Pfähle oder durch Fallbohrer Löcher in dem Baugrund herstellt und diese mit Beton ausstampft, oder indem man in weniger widerstandsfähigem, leicht wieder zusammenfließendem Boden Eisenrohre in diesen einrammt und dann entweder absatzweise unter fortwährender Ausstampfung mit Beton wieder herauszieht oder sie auch zum Schutz der Betonpfähle im Boden stecken läßt.

In ziemlich festem, trockenem Boden kann ein, oben mit widerstandsfähigem Kopf und unten mit einer Stahlspitze versehenes Eisenrohr (Abb. 119)⁶²⁾ in den Boden ein-

⁵⁹⁾ »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., S. 368.

⁶⁰⁾ Verwendet bei der ostpreußischen Südbahn.

⁶¹⁾ E. STUERTZ, »Reiseskizzen aus Holland, Belgien und England« in der Deutschen Bauz. 1870, S. 255 f.

⁶²⁾ Die Abb. 119 bis 122, sowie 127 u. 128, sind dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, 1. Teil, 3. Bd., Kap. I: »Der Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

gerammt und dann wieder herausgezogen werden, worauf die verbleibende Höhlung mit Beton ausgestampft wird (Abb. 120). Der Durchmesser der Stahlspitze ist etwas größer als derjenige des Eisenrohrs, damit sich dieses zur Fertigstellung der Betonpfähle, die in Amerika Simplexpfähle genannt werden, leichter herausziehen läßt.

Ist dagegen der Boden weich und sumpfig, so verwendet man statt der mit dem Rohr fest verbundenen Stahlspitze Betonspitzen mit Metalleinlagen, die nur mit einem Falz in das Eisenrohr eingreifen und bei dessen Herausziehen unter dem herzustellenden Betonpfahl stecken bleiben. Damit sich hierbei das mit Beton auszustampfende Loch nicht mit dem zusammenfließenden Boden füllt, wird das Rohr nur absatzweise um die Höhe einer einzubringenden Betonschicht hochgezogen (Abb. 121).

Sind Betonstampfpfähle unter Wasser herzustellen oder sollen sie über den Wasserspiegel hinausragen, so wird das später wieder herausziehende Rammrohr noch mit einem äußern, bis über die Wasseroberfläche reichenden Blechmantel umgeben, in dessen Schutz das Einstampfen des Betons bis zur gewünschten Höhe erfolgen kann und der nach Herstellung des Betonpfahls, wenn dieser nicht über den Erdboden hervorragen soll, ebenfalls herausgezogen wird, dagegen dem Betonpfahl als Schutzhülle verbleibt, wenn dieser bis über den Wasserspiegel reichen muß.

Die in bleibender Ummantelung ausgeführten, für größere Tiefen verwendbaren Raymondpfähle werden dadurch hergestellt, daß kegelförmig sich verjüngende, fernrohrartig ineinander steckende 2,5 m lange Rohrteile aus Eisenblech, deren unterster mit einer stumpfen Gußstahlspitze versehen ist, in den Boden eingetrieben werden und, mit Beton ausgefüllt, den herzustellenden Betonpfahl liefern (Abb. 122).

ò) Rammfähle aus Eisenbeton, die besonders sorgfältig herzustellen sind, bestehen aus einem mit Beton umstempelten Eisengerippe, das meistens nach HENNEBIQUE aus der Länge nach durchlaufenden Rundeisen besteht, die in Abständen von 20 bis 30 cm durch Ankerschlingen aus Eisendraht zusammengehalten werden und am untern Pfahlende zu einer Spitze zusammenlaufen (Abb. 123 bis 126).⁶³⁾

Das Umstampfen des Eisengerippes mit Beton erfolgt in aus Brettern hergestellten Formen am besten in der Längsrichtung des Pfahls, dessen Kopf beim Einrammen durch eine Rammhaube geschützt wird. Diese

Abb. 119 u. 120. Herstellung eines Beton-Stampfpfahls in festem Boden.

Abb. 119. Mit Eingerammtes Rohr.
Abb. 120. Mit Beton ausgestampfte Höhlung.

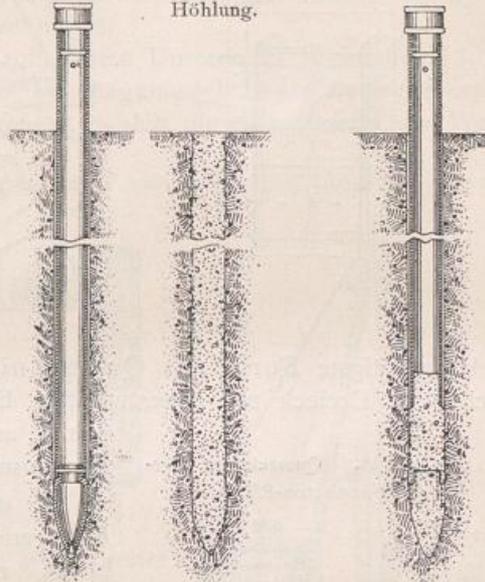


Abb. 121. Herstellung eines Beton-Stampfpfahls in weichem Boden.

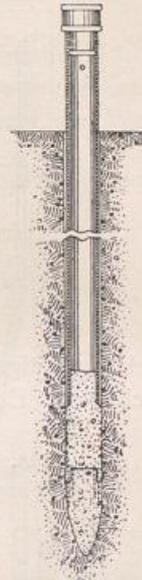
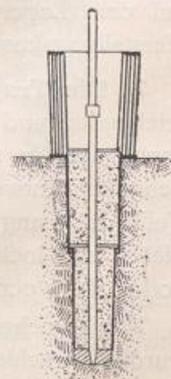


Abb. 122. Zum Teil hergestellter Raymond-Pfahl.



⁶³⁾ »Betonisenpfähle unter Grundmauern« im Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 560.

kann in verschiedener Weise z. B. als Metallkappe ausgebildet werden, innerhalb der sich eine den verjüngten Pfahlkopf überdeckende und umgebende, einige Zentimeter hohe Schicht von Sand oder Sägespänen befindet. Soll der Pfahl mittels Wasserspülung (vgl. § 14, d) eingetrieben werden, so erhält seine Spitze ein Loch zur Einführung des Wasserrohrs.

Abb. 123 bis 126. Rammfahl aus Eisenbeton.

Abb. 123. Pfahlkopf.

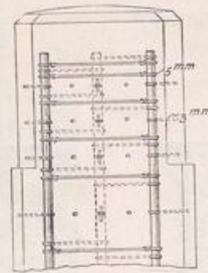
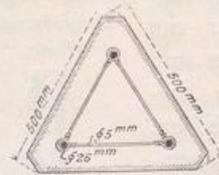
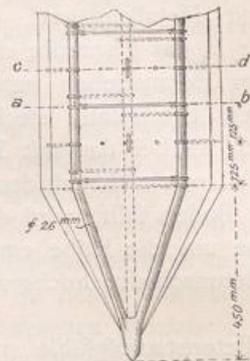
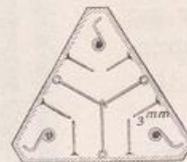
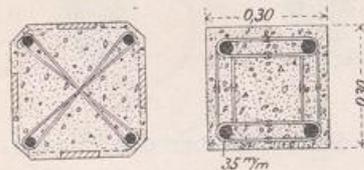
Abb. 124. Schnitt *ab*.

Abb. 126. Pfahlspitze.

Abb. 125. Schnitt *cd*.

Als günstigste Form des Querschnitts der Eisenbeton-Pfähle hat sich das gleichseitige Dreieck mit abgestumpften Ecken (vgl. Abb. 124 u. 125) ergeben; doch kommt auch vielfach der quadratische Querschnitt zur Ausführung (Abb. 127 u. 128).

Abb. 127 u. 128. Querschnitte vierseitiger Eisenbeton-Pfähle.



Die in den Abb. 123 bis 126 abgebildeten, beim Amtsgerichts-Gebäude Wedding in Berlin angewendeten, bis zu 8 m langen Eisenbetonpfähle wurden aus bestem Portland-Zement und reinem, scharfem Flußkies von mittlerer Größe im Verhältnis von 1 : 3 hergestellt, wobei das Einstampfen der sorgfältig gemischten Betonmasse in 20 cm hohen Schichten erfolgte. Die fertigen Pfähle

wurden unter ständiger Anfeuchtung 7—8 Tage in der Form gelassen, dann außerhalb dieser noch weitere 8—10 Tage fortwährend angefeuchtet und hierauf 4 Wochen lang auf dem Lagerplatz erhärten lassen, ehe sie zur Verwendung kamen. Die Gesamt-Herstellungskosten betragen etwa 10 M für das Meter Pfahllänge.

b) Die Tragfähigkeit eingerammter Pfähle.⁶⁴⁾ Die bis in den festen Untergrund reichenden und somit auf diesen die Last des Bauwerks unmittelbar übertragenden Pfähle kann man je nach der Beschaffenheit der den tragfähigen Baugrund überlagernden Schichten entweder nur auf Druck oder, wie die über den Erdboden hinausreichenden Teile der Langpfähle, auf Knicken berechnen. Die zulässige Belastung darf für lange Pfähle und lockern Boden zu 20 kg, für kurze Pfähle und weniger lockern Boden zu 40 kg für 1 qcm Pfahlkopffläche angenommen werden.⁶⁵⁾

Zur Berechnung der Pfähle, die nicht bis zum festen Untergrund eingetrieben werden, wurden verschiedene Formeln aufgestellt, die aus dem Maß des Eindringens der Pfähle

⁶⁴⁾ Vgl. auch BUBENDEY, »Die Tragfähigkeit gerammter Pfähle« im Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 533 f. u. 545 ff.

⁶⁵⁾ »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., S. 371.

unter den letzten Schlägen des Rammbaren die Tragfähigkeit berechnen lassen und von denen diejenige von BRIX z. B. lautet:

$$L = \frac{h \cdot P^2 \cdot Q}{e(P+Q)^2} \quad (12)$$

In dieser Formel bedeutet L die rechnerisch von dem Pfahl zu tragende Last, h die Fallhöhe des Rammbaren in mm, P dessen Gewicht in kg, Q dasjenige des Pfahls und e die Anzahl der mm, um die der Pfahl unter dem letzten Schlag eingedrungen ist. Da die Größen h , P und Q bekannt sind, so kann, nachdem die Größe e des letzten Eindringens beobachtet wurde, die Tragfähigkeit L des Pfahls berechnet werden. Doch wird diese nicht voll ausgenutzt, sondern die zulässige Belastung gewöhnlich nur gleich einem Viertel der berechneten Tragkraft angenommen.

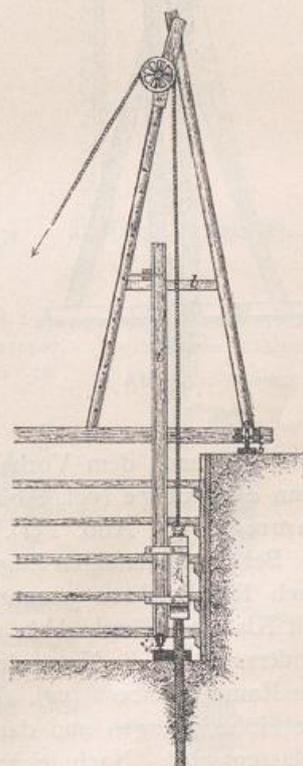
Da aber die Tragfähigkeit der nicht bis zum festen Untergrund reichenden Pfähle, besonders bei Ton- und Lehmboden, mit dem Feuchtigkeitsgehalt der sie umgebenden Schichten sich erheblich ändern kann, so empfiehlt es sich, die auf rechnerischem Wege gefundenen Belastungswerte mit Erfahrungsergebnissen zu vergleichen, oder, bei deren Fehlen, mit eingeschlagenen Probepfählen⁶⁶⁾ Belastungsversuche anzustellen. Hierbei werden gewöhnlich vier, in die Ecken eines Quadrats oder Rechtecks gestellte Pfähle mit einem Holzboden überdeckt, der mit alten Eisenbahnschienen gleichmäßig so lange belastet wird, bis ein Einsinken der Pfähle zu beobachten ist.

c) Das Einrammen der Pfähle erfolgt meistens mit dem Zopfende, d. h. Wipfelende nach unten, weil dann der Pfahl, nach oben breiter werdend, eine größere Tragfähigkeit besitzt und weil das stärkere Stammende den Schlägen des Rammbaren besser widerstehen kann. Das Eintreiben der Pfähle geschieht bei trocken gelegter Baugrube von deren Boden, sonst von festen oder schwimmenden Gerüsten aus; die letztern werden aus durch Balken zusammengekuppelten Kähen gebildet.

Zum Eintreiben von Langpfählen stellt man zur Vermeidung hoher Gerüste die Rammen oft auf Böcke, während beim Absenken von Grundpfählen, um nicht einen die Wirkung des Rammens beeinträchtigenden, Rammknecht oder Jungfer genannten Aufsetzer (Abb. 129)⁶⁷⁾ benutzen zu müssen, die Rammen möglichst tief zu stellen sind. In engen, tiefen Baugruben ist deshalb die Verwendung von Tiefrahmen (Abb. 130) empfehlenswert, bei denen die Läuferinnen bis auf die Baugrubensohle reichen, während die Rammstube auf Bodenhöhe liegt.

Bei umfangreichern Rammarbeiten ist ein, die Stellung und die Nummern der einzelnen Pfähle angegebender Pfahlriß anzufertigen, sowie ein Rammverzeichnis zu führen, das

Abb. 129. Aufsetzer. Abb. 130. Einläufige Tieframme.



⁶⁶⁾ FÜLSCHER, »Der Bau des Kaiser Wilhelm-Kanals« in der Zeitschr. f. Bauw. 1897, S. 526.

⁶⁷⁾ Die Abb. 129 bis 136, sowie 141 bis 145 sind nach dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 2. Aufl. 1897, 4. Bd., Kap. III: »Rammen und zugehörige Hilfsmaschinen«, bearbeitet von Bauinspektor R. GRAEPFEL und Baumeister M. VALENTIN, hergestellt.

die Nummer, Länge und Stärke eines jeden Pfahls, die Art der Ramme, Gewicht und Fallhöhe des Rammbaren, die Größe des Eindringens der Pfähle während der letzten Schläge, sowie den Tag deren Einrammens und die Arbeiterzahl enthält. Zum Eintreiben der Pfähle werden hauptsächlich folgende Rammvorrichtungen verwendet: Zugrammen, Kunstrammen, Wipprammen und Dampfammen.

a) Die Zug- oder Lauframme, deren Hubhöhe nur 1,2 bis 1,6 m beträgt, besteht aus einem in der Ebene der auch Rammboden genannten Rammstube liegenden viereckigen oder, bei der zum Rammen in den Ecken der Baugrube dienenden Winkelramme, dreieckigen Schwellwerk *a*, auf dem die durch Streben *g* und *h* (Abb. 131 u. 132) gestützten, zur Führung des Rammbaren dienenden Läuferferruten eingezapft

Abb. 131 u. 132. Zweiläufige Zugramme.

Abb. 131. Vorderansicht. Abb. 132. Seitenansicht.

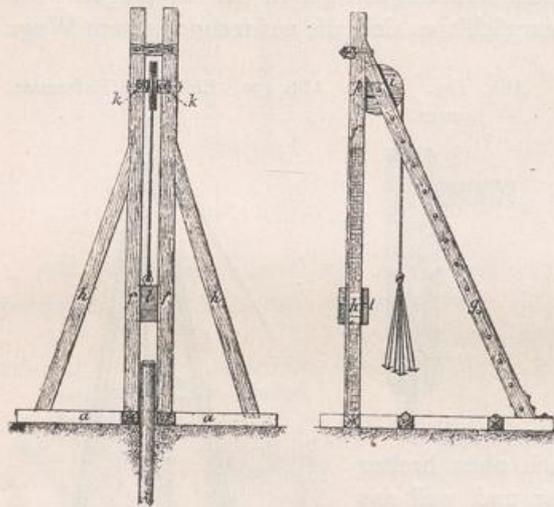
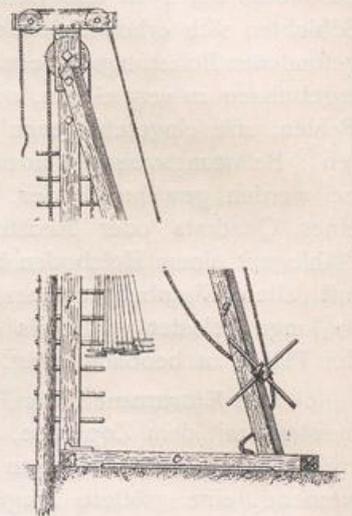


Abb. 133. Einläufige Zugramme.

M. 1:150.



sind. Je nach dem Vorhandensein von nur einer oder zwei Läuferferruten unterscheidet man einläufige (vgl. Abb. 130 u. 133) und zweiläufige oder doppelläufige Zugrammen (vgl. Abb. 131).

Bei der einläufigen Zugramme umfaßt der aus Eichenholz oder Gußeisen bestehende, auch Rammklotz genannte und 200 bis 600 kg schwere Rammbar die Läuferferrute mit Klammern (vgl. Abb. 130), während er bei der doppelläufigen Ramme mit Federn beiderseitig in die Nuten der Läuferferruten eingreift (vgl. Abb. 131) und mittels eines über die Rammscheibe *i* (vgl. Abb. 132) führenden Seils an Knebeln durch die Arbeiter in die Höhe gezogen und dann auf den zwischen den Läuferferruten stehenden Pfahl fallen gelassen wird. Nach je 20 bis 30 ununterbrochenen, eine Hitze genannten Schlägen muß eine Ruhepause von 2 bis 3 Minuten für die Arbeiter eintreten, deren Zahl so zu bestimmen ist, daß auf je 100 kg Bärge wicht 6 Mann kommen.

Zur Erleichterung des Einsetzens der Pfähle befindet sich bei den einläufigen Zugrammen oben ein wagerechtes, Trietzkopf genanntes Holz mit zwei Rollen (vgl. Abb. 133), über die das an einem Haspel befestigte, zum Aufrichten der Pfähle dienende Seil läuft.

β) Die Kunstrammen (Abb. 134 u. 135), die dasselbe Rammgerüst, jedoch eine größere Hubhöhe wie die Zugrammen besitzen, demgemäß eine kräftigere Wirkung wie diese hervorbringen und deshalb nur bei stärkern Pfählen verwendet werden können, unterscheiden sich von den Zugrammen dadurch, daß bei ihnen der an einem Seil oder

an einer Kette mittels einer von vier Arbeitern oder durch Dampfkraft, Wasserdruck oder Elektrizität betriebenen Winde hochgezogene Rammbar in einer beliebig einzustellenden Höhe selbsttätig gelöst wird und, nur durch die Läuferuten geführt, frei herabfällt.

Zu diesem Zweck erfolgt die Verbindung der Windekette mit dem 600 bis 1000 kg schweren Rammbar durch einen Schnepfer, d. h. einen mit Gegenarm versehenen Hebel oder einen scherenartigen Doppelhaken (Abb. 136), dessen Drehpunkt in dem auch Katze genannten Fallblock liegt, der nach Auslösung des Bären durch sein Gewicht die Kette bzw. das Seil mit herunterzieht. Stößt nun dieser Schnepfer in der gewünschten Fallhöhe an einen Dorn an, oder wird er durch eine daselbst befindliche Verengung der Lauftrinne zusammengedrückt, so lassen die Haken den Rammbar los, um ihn, unten angekommen, selbsttätig wieder zu fassen.

γ) Die Wippramme, eine Art Kunstramme, besteht aus einem ungleicharmigen Hebel, dessen zu seiner Lagerung erforderliches Rahmwerk an dem einzurammenden Pfahl befestigt ist und diesen dadurch in vorteilhafter Weise fortwährend belastet. Ziehen nun die Arbeiter, wie bei der Zugramme, mittels Knebeln an dem hintern Ende des Wippbaumes, so hebt dessen anderes Ende den zwischen Läuferuten geführten und an einer kurzen, mit Schnepfer versehenen Kette hängenden Rammbar in die Höhe, der in etwa 1,6 m Hubhöhe selbsttätig auf den Pfahlkopf herabfällt.

δ) Die Dampfrahmen,⁶⁸⁾ am besten mit unmittelbarer Dampfwirkung, haben den Vorteil, daß die Aufeinanderfolge der Schläge — 30 in einer Minute — eine raschere ist als bei den Zug- und Kunstrammen, sowie daß der Pfahl mit dem zur Bewegung des Rammbaren dienenden Kolben dauernd belastet ist.

d) Das Einspülen der Pfähle,⁶⁹⁾ das bei Sandboden mit Vorteil angewendet wird, besteht darin, daß durch eiserne, an den Außenseiten der Pfähle angebrachte Rohre (Abb. 137 u. 138) von 3 bis 6 cm Durchmesser mittels einer Pumpe oder städtischen Wasserleitung Druckwasser nach dem Fuß des einzutreibenden Pfahls geleitet wird, das den Boden daselbst so lockert, daß schon das Eigengewicht der Pfähle oder eine geringe Belastung jene einsinken läßt.

Abb. 134 u. 135. Kunstramme. M. 1:125.

Abb. 134. Vorderansicht. Abb. 135. Seitenansicht.

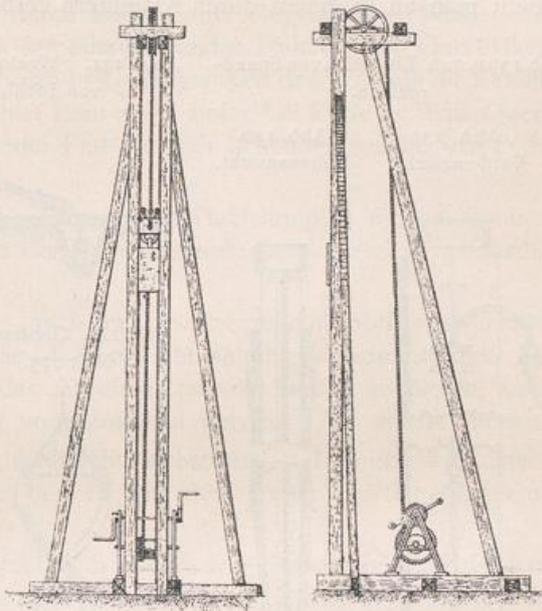
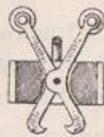
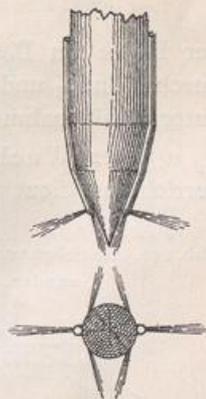
Abb. 136.
Schnepfer.
M. 1:50.Abb. 137 u. 138. Einspülen von Pfählen.
Abb. 137. Ansicht.

Abb. 138. Grundriß.

⁶⁸⁾ Näheres siehe im »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 2. Aufl. 1897, 4. Bd., Kap. III: »Rammen u. zugehörige Hilfsmaschinen«, S. 250—278.

⁶⁹⁾ Vgl. auch B. WIECK, »Über das Einsenken hölzerner Brückenpfähle mittels Wasserspülung« in der Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879, S. 45 ff.

Damit die Wasserspülung gleichmäßig um die Spitze des Pfahls erfolgt und dadurch dessen seitliches Ausweichen aus seiner Achsenrichtung vermieden wird, leitet man entweder das untere Ende des Druckwasserrohrs unter die Pfahlspitze oder befestigt mehrere Rohre symmetrisch zur Achse an dem abzusenkenden Pfahl.

Auch zum Eintreiben von Spundpfählen hat man die Wasserspülung benutzt, indem man an je einem durch Klammern verbundenen Pfahlpaar beiderseits ein eisernes,

Abb. 139 u. 140. Einspülen von Spundpfählen.

Abb. 139.
Vorderansicht.

Abb. 140.
Seitenansicht.

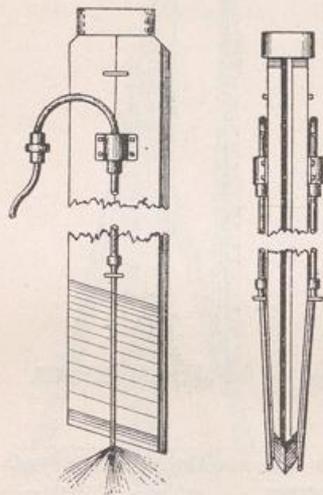


Abb. 141. Wuchtebaum zum Ausziehen von Pfählen. M. 1 : 300.

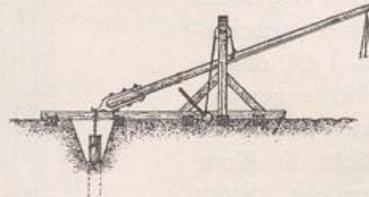
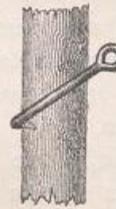


Abb. 142. Greifzange. M. 1 : 75.

Abb. 143. Greifring. M. 1 : 50.



nach dem Absenken wieder herauszuziehendes Rohr (Abb. 139 u. 140)⁷⁰⁾ anbrachte, an dessen oberes umgebogenes Ende der Druckwasserschlauch angeschraubt wurde.

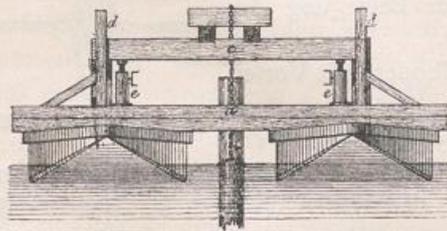
e) Das Ausziehen der Pfähle wird bei zu vorübergehenden Zwecken benutzt und solchen Pfählen erforderlich, die eine fehlerhafte Stellung erhielten oder wegen teilweiser Zerstörung, angetroffener Hindernisse im Boden u. dgl. wieder be-

seitigt werden müssen. Dieses Ausziehen, das meistens durch Zug bzw. Druck bewirkt wird, wobei man neuerdings zur Vermeidung der Reibung

der Pfähle im Boden Druckwasser in diesen einspritzt, erfolgt mit dem Wuchtebaum, durch Winde- und Schraubenvorrichtungen, durch Benutzung des Wasserauftriebs, sowie unter Zuhilfenahme von Sprengmitteln.

a) Der Wuchtebaum (Abb. 141), zu dessen Heben ein Bockgestell mit Windvorrichtung dient, ist ein aus einem starken Balken gebildeter Hebel, an dessen vordem

Abb. 144. Ausziehen von Pfählen mittels Schraubwinden. M. 1 : 100.



Ende mittels einer kurzen Kette und einer Greifzange (Abb. 142) oder eines Greifrings (Abb. 143) der ausziehende Pfahl befestigt wird, während Arbeiter das andere Ende an angebrachten Leinen niederziehen.

β) Windvorrichtungen, als welche die einfache Wagenwinde, die Haspelwinde und andere, durch Verbindung von Haspeln oder Winden mit, an einem über dem ausziehenden Pfahl aufgestellten Bock befestigten Rollen und Flaschenzügen entstehende Vorkehrungen

dienen, werden zum Ausziehen leichter Pfähle benutzt.

⁷⁰⁾ E. LIECKFELDT, »Die Bauausführung der neuen Stadtschleuse in Bromberg« in der Zeitschr. f. Bauw. 1889, S. 510.

γ) Schraubenvorrichtungen kommen bei schwimmenden Rüstungen in der Weise zur Anwendung, daß man die Schrauben *e* (Abb. 144) an einem quer über zwei Schiffe reichenden Träger *c*, an dem die Pfahlkette befestigt ist, angreifen läßt. Statt der Schraubenvorrichtungen können auch hydraulische Pressen verwendet werden.

δ) Der Wasserauftrieb wird zum Ausziehen von Pfählen benutzt, indem man bei der in Abb. 144 dargestellten Anordnung durch Ballast oder eingelassenes Wasser die Schiffe möglichst tief eintauchen läßt, dann den auszuziehenden Pfahl an dem Querbalken befestigt und nun durch Entfernen des Ballastes bzw. Auspumpen des Wassers die Schiffe und mit ihnen den Pfahl hebt. Im Flutgebiet kann auch dieser bei Ebbe an dem Querbalken befestigt werden, worauf bei steigender Flut die sich hebenden Schiffe den Pfahl ausziehen.

ε) Sprengmittel, die namentlich zur Beseitigung von Pfahlstümpfen dienen, können nur da Verwendung finden, wo dadurch in der Nähe stehende Gebäude nicht gefährdet werden.

f) Das Abschneiden der Pfähle, das auch bei vorübergehend nötig gewesen Pfählen, deren Ausziehen örtlicher Verhältnisse wegen nicht angeht, vorkommt, muß bei bleibenden Pfahlrostpfählen, ebenso wie das Anschneiden von Zapfen an diesen, stets unter Wasser mittels sog. Grundsägen⁷⁾ vorgenommen werden. Als solche dienen:

α) Die gerade Säge, die aus einem senkrecht stehenden, auf Rollen auf einem festen Gerüst hin und her bewegten Gatter besteht, an dem unten ein Sägeblatt eingespannt ist.

β) Die Pendelsäge, bei der das Sägeblatt in einem dreieckigen, pendelartig aufgehängten, mittels Seilen und Ketten ebenfalls hin und her bewegten Rahmen eingespannt ist, wird wegen ihres nicht völlig geraden Schnitts mehr zum Abschneiden überflüssiger Pfähle verwendet.

γ) Die Kreissäge (Abb. 145) besteht aus einem Kreissägeblatt, das an einer senkrecht stehenden, durch eine Kurbel mit Zahnradübersetzung in Umdrehung zu versetzenden Welle befestigt ist.

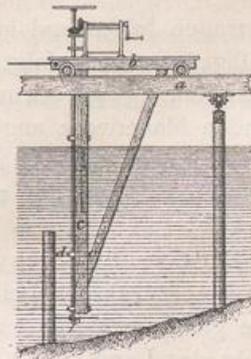
Abb. 145. Kreissäge zum Abschneiden von Pfählen.

M. 1 : 200.

δ) Die Bandsäge, über zwei Rollen gelegt und zwischen diesen hin und her bewegt, ergibt einen sehr geraden Schnitt und wird namentlich zum Anschneiden von Zapfen verwendet.

g) Der tiefliegende Holz-Pfahlrost besteht aus den die Last des Bauwerks auf den tragfähigen Untergrund übertragenden, nur wenig über den Boden hervorragenden Rostpfählen und aus einer, Rostdecke oder Rostbelag genannten, das Fundamentmauerwerk aufnehmenden Zwischenkonstruktion. Bei dem Holz-Pfahlrost wird die Rostdecke, ähnlich wie der Schwellrost (vgl. § 10, b), aus den auf die Pfähle gelegten, Grund- oder Rostschwellen heißenden und mindestens 25 cm starken Langschwellen, den darüber aufgebrachten 15/17 bis 15/20 cm starken Querschwellen und dem zwischen diesen letztern und gleichlaufend mit ihnen liegenden, 8 bis 10 cm starken Bohlenbelag gebildet.

Die 20 bis 30 cm starken Rostpfähle sind möglichst der Druckrichtung entsprechend, bei Gebäuden demgemäß senkrecht, bei Widerlagern, Futtermauern u. dgl. dagegen



⁷⁾ Näheres siehe im »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 2. Aufl. 1897, 4. Bd., Kap. III, S. 303—310.

schräg einzurammen (Abb. 146).⁷²⁾ Die Pfahlreihen, die meistens gleichlaufend (Abb. 147 u. 148),⁷³⁾ seltener gegeneinander versetzt (Abb. 149 u. 150) angeordnet werden, haben in der einen Richtung einen Abstand von 0,8 bis 1,2 m, in der andern dagegen einen solchen von 1,0 bis 1,5 m. Damit die äußern Pfahlreihen so viel wie die übrigen

Abb. 146. Schräggehende Rostpfähle.

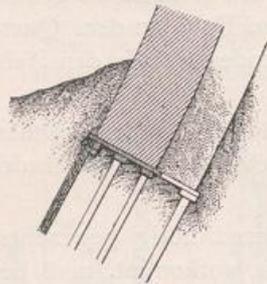


Abb. 147 u. 148. Pfahlrost mit gleichlaufenden Reihen.

Abb. 147. Ansicht.

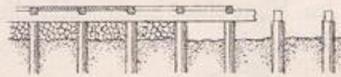


Abb. 148. Grundriß.

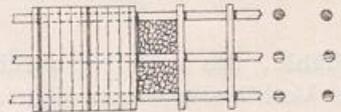


Abb. 149 u. 150. Pfahlrost mit versetzten Reihen.

Abb. 149. Ansicht.

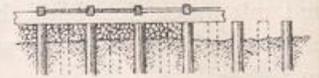


Abb. 150. Grundriß.

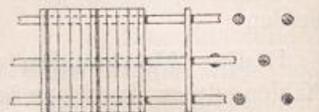
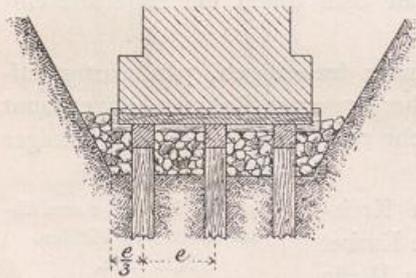


Abb. 151. Tiefliegender Holz-Pfahlrost.
M. 1 : 100.



zu tragen haben und kein ungleichmäßiges Setzen erfolgt, dürfen sie nicht bündig mit dem darüberstehenden Mauerwerk angeordnet werden, sondern sind um etwa 0,2 bis 0,3 m nach innen zu rücken (Abb. 151).⁷⁴⁾

Der Grundriß des Pfahlrostes richtet sich nach demjenigen des darauf zu setzenden Mauerwerks, wobei die Verteilung der Pfähle so geschehen soll, daß jeder Pfahl eine gleich große Last zu tragen hat und daß in jede Ecke, sowie unter jeden Kreuzungspunkt der Lang- und Querschwellen ein Rostpfahl zu stehen kommt. Die Anordnung des Rostes gestaltet sich bei rechteckigen Grundrißformen (Abb. 152 u. 153) am einfachsten, während z. B. bei dem Rost eines Widerlagers mit schrägem Flügel (Abb. 154)

Abb. 152 u. 153. Pfahlrost für ein rechteckiges Gebäude.

Abb. 152. Schnitt a b.

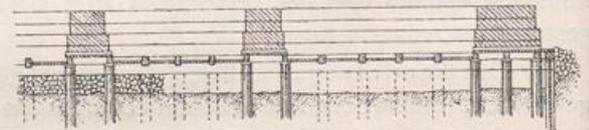
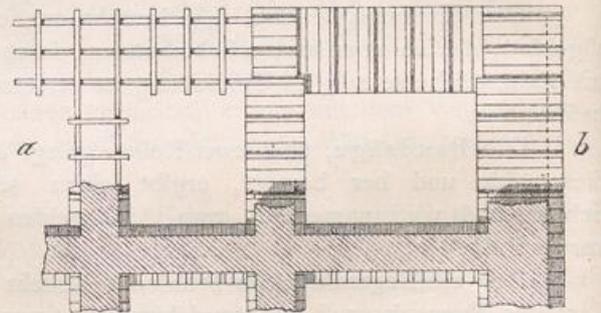


Abb. 153. Grundriß.



⁷²⁾ Die Abb. 146, 154 bis 156, 166 bis 169 u. 172 sind nach dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, 1. Teil, III. Bd., Kap. I: »Der Grundbau«, hergestellt.

⁷³⁾ Die Abb. 147 bis 150, sowie 152 u. 153 sind nach den »Aufgaben aus den Gebieten der Baukonstruktions-Elemente« von L. VON WILLMANN, Darmstadt 1882, hergestellt.

⁷⁴⁾ Die Abb. 151 u. 157 sind nach dem »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., 2. Abt.: »Fundamente«, bearb. von Geh. Baurat Prof. Dr. EDUARD SCHMITT, hergestellt.

ein Zusammenschieben und gegenseitiges Verzapfen der Rostschwellen, sowie eine verschieden gerichtete Lage der Querschwellen nötig wird.

Die erforderliche Anzahl der Pfähle, deren Köpfe so tief liegen müssen, daß die hölzerne Rostdecke auch bei einer etwaigen spätern Senkung des Grundwasserspiegels sich noch 0,3 bis 0,5 m unter diesem befindet, berechnet sich aus der Formel

$$n = \frac{L}{F \cdot k}, \quad (13)$$

worin L die Gebäudelast in kg, k die zulässige Belastung der Pfähle (vgl. § 14, b) in kg/qcm und F die Pfahlkopffläche in qcm bedeutet.

Die Verbindung der Langschwellen mit den Pfählen erfolgt entweder mittels 40 cm langer Holzschrauben oder Nägel, am besten jedoch durch etwa 15 cm lange, bis 8 cm breite und im Mittel 10 cm hohe, an den Pfählen anzuschneidende Zapfen, die in entsprechende Zapfenlöcher der Langschwellen eingreifen.

Die Langschwellen, die zur Längsverankerung des ganzen Fundaments gewöhnlich unten und nur bei starkem, ein Ausweichen der Pfähle in der Querrichtung befürchtendem Seitenschub, wie z. B. bei Stützmauern und Widerlagern größerer Gewölbe, auf den dann mit den Pfählen verzapften Querschwellen liegen, bestehen bei größerer Länge aus mehreren Teilen, deren Stöße über einem Pfahl liegen müssen und deren Verbindung wie bei den Langschwellenstößen des Schwellrostes (vgl. Abb. 84 bis 86, S. 26) erfolgt.

Die auch Zangen genannten Querschwellen werden mit den unter ihnen liegenden Langschwellen durch etwa 40 cm lange Nägel oder Holzschrauben, oder durch Verkämmung verbunden, wobei man jedoch die bei Hochbauten wichtigeren Langschwellen nicht ausschneidet. Die Schwellenlagen an Mauerecken und Mauerkreuzungen werden, wie auch der mit hölzernen Nägeln aufzunagelnde Bohlenbelag, wie beim Schwellrost (vgl. § 10, b) angeordnet.

Bei der Ausführung hölzerner Pfahlroste für Hochbauten wird gewöhnlich die Baugrube so tief, wie die Tiefenlage der Keller und diejenige der unter den niedrigsten Wasserstand zu legenden Rostdecke es erfordert, ausgehoben, die Pfähle eingerammt und dann zwischen diesen zur Erleichterung deren Abschneidens und der Herstellung ihrer Zapfen der Boden bis zu 0,5 m Tiefe und mehr ausgehoben. Nach Bearbeitung der Pfahlköpfe wird die aus Sand, Steinen, Mauerwerk oder Beton bestehende Bettung oder Ausfüllung der Rostfache bis zur Höhe der Schwellenunterkante zwischen die Pfähle eingebracht und die Lang- und Querschwellen verlegt, worauf auch die Zwischenräume zwischen diesen mit Bettungsstoff ausgefüllt werden.

Zur Sicherung gegen zu befürchtende Unterspülung des Pfahlrostes dient eine Stein- schüttung oder besser eine Umschließung mit einer Spundwand, die auch seitliche Bewegungen verhindert und während der Rammarbeiten als Fangdamm (vgl. § 6, b)

Abb. 154. Pfahlrost eines Widerlagers mit schrägem Flügel.

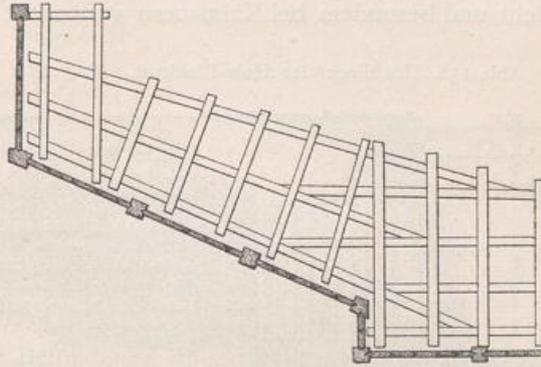
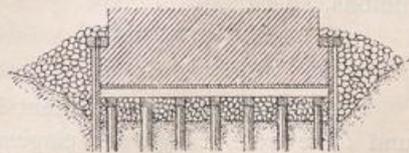


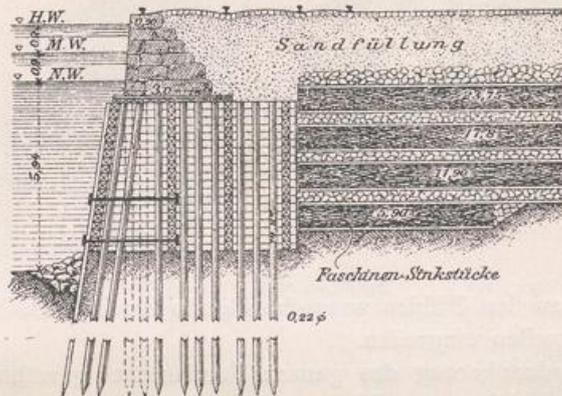
Abb. 155. Pfahlrost mit Spundwandumschließung.



dienen kann, um nach Vollendung der Gründung unter Niedrigwasser abgeschnitten zu werden. Diese Spundwand kann entweder das ganze Fundament (Abb. 155) oder nur dessen, dem Wasserangriff ausgesetzte Seite (vgl. Abb. 154) umschließen, darf aber, wenn ungleichmäßige Senkungen vermieden werden sollen, nicht unter die Rostdecke gesetzt und muß unabhängig von dieser ausgeführt werden.

h) Der hochliegende Pfahlrost, der bis nahe unter den niedrigsten Wasserspiegel reicht und besonders bei Kaimauern verwendet wird, verringert die, von den auf Knicken beanspruchten Pfählen zu tragende Mauermaße in erheblichem Maße. In ihrer Stellung werden die Pfähle außer durch die Rostdecke noch durch Stein-

Abb. 156. Hochliegender Holz-Pfahlrost. M. 1:250.



schüttungen, schräg gestellte Pfähle, Verankerungen, durch eine die Pfahlköpfe zusammenhaltende Betondecke, oder durch hölzerne, sog. Steinkasten (Abb. 156) gesichert, die, durch Belastung mit Steinen versenkt, den einzurammenden Pfählen eine sichere Führung und einen guten Halt geben. Zum Schutze gegen die Angriffe des Bohrwurms werden hohe Holzpfahlroste neuerdings mit Eisenbeton-Spund-

bohlen umgeben, die wie die Ramppfähle aus Eisenbeton (vgl. § 14, a, δ) mit eingelegten eisernen Längs- und Querträgern hergestellt werden.

i) Der Betonpfahlrost, der ohne größere Kosten einfacher und rascher als der Holzpfahlrost herzustellen ist, sowie eine aus so vielen verschiedenen Teilen wie die hölzerne Rostdecke bestehende Zwischenkonstruktion nicht erfordert, ist für Hochbauten die empfehlenswerteste Pfahlrostkonstruktion. Seine Ausführung unterscheidet sich von derjenigen des Holzpfahlrostes nur dadurch, daß die eingerammten Pfähle in geringerer, aber in gleicher Höhe über der Baugrubensohle abgeschnitten und dann statt mit einem hölzernen Rost mit einer genügend starken, aber wenigstens 0,7 bis 0,9 m hohen Betonschicht überdeckt werden, in welche die Pfahlköpfe mindestens 15 cm tief hineinragen. Da sich hierbei der mittels Trichter geschüttete Beton weniger gut um die Pfahlköpfe herumlegt,⁷⁵⁾ so wird besser wenigstens die unterste, diese umgebende Betonschicht mittels Kasten oder Säcken (vgl. § 13, b) eingebracht.

Die Stärke der Betonschicht läßt sich unter der Annahme, daß sie wie ein beiderseits eingespannter Balken die ganze Belastung auf zwei benachbarte Pfahlreihen übertragen soll, folgendermaßen berechnet.⁷⁶⁾ Bezeichnet W das Widerstandsmoment des Querschnitts, M das größte Biegemoment und k die zulässige Beanspruchung des Betons, so ist

$$W = \frac{M}{k}. \quad (14)$$

Das größte Biegemoment ist jedoch, wenn p die Belastung für die Flächeneinheit und l die freie Länge des eingespannten Balkens bezeichnet,

$$M = \frac{1}{12} p \cdot l. \quad (15)$$

⁷⁵⁾ B. HARNISCH, »Zur Betongründung der Schleuse am Mühlendamm in Berlin« im Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 314f.

⁷⁶⁾ Vgl. »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., S. 378f.

Sei die Stärke der Betondecke gleich h , so ist für einen Streifen von der Breite $h = 1$ m

$$W = \frac{1 \cdot h^2}{6}$$

und demgemäß nach Gleichung 14

$$\frac{1 \cdot h^2}{6} = \frac{M}{k},$$

oder für M den Wert aus Gleichung 15 eingesetzt

$$\frac{h^2}{6} = \frac{\frac{1}{12} p \cdot l}{k},$$

woraus sich die gesuchte Stärke der Betonschicht ergibt

$$h = \sqrt{\frac{p \cdot l}{2k}}. \quad (16)$$

Für $k = 1,3 \text{ kg/qcm} = 13000 \text{ kg/qm}$ findet sich

$$h = 0,0062 \sqrt{p \cdot l}. \quad (17)$$

Sei z. B. die größte Belastung p der Betondecke 60000 kg/qm und der Abstand l der Pfahlreihen voneinander $0,87$ m, so berechnet sich nach Formel 17

$$h = 0,0062 \sqrt{60000 \cdot 0,87} = 1,42 \text{ m}.$$

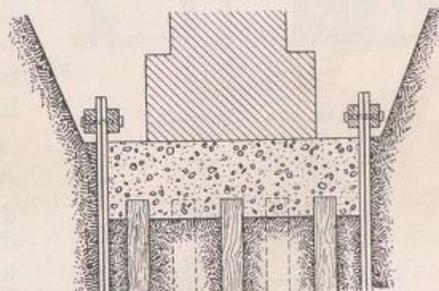
Bei dem Betonpfahlrost, der stets durch Spundwände gegen Unterwaschung zu sichern ist, werden die Pfähle in den verschiedenen Pfahlreihen am besten gegeneinander versetzt (Abb. 157). Soll der Beton-Pfahlrost unter dem ganzen Gebäude durchgehen, so ordnet man die Pfähle unter denjenigen Stellen der Betondecke, die Mauern zu tragen haben, dichter stehend an, als in den übrigen Teilen.

k) Der Eisenbeton-Pfahlrost ist als Ersatz des Holz-Pfahlrostes besonders in den Fällen empfehlenswert, wo ein sehr tiefer oder wechselnder Grundwasserstand es nötig machen würde, mit den Pfahlköpfen auf größere Tiefe hinabzugehen und demgemäß die Baugrube ebenfalls tiefer auszuheben. Auch setzt der Eisenbeton-Pfahlrost infolge der rauhern Außenflächen der Betonpfähle und durch deren innigere Verbindung mit der auf ihnen ruhenden Eisenbetonplatte einem Wasserauftriebe größern Widerstand entgegen. Da ferner der Querschnitt der Betonpfähle größer als derjenige der Holzpfähle angenommen werden kann, so erfordert der tragfähigere Eisenbeton-Pfahlrost weniger Pfähle und demgemäß geringere Rammarbeit.

Kommen einfache Beton-Stampfpfähle (vgl. § 14, a, γ) zur Verwendung, so stampft man in die, 20 bis 30 cm in die Rostdecke eingreifenden Pfahlköpfe Eiseneinlagen ein, die mit denjenigen der Betondecke durch Verankerung verbunden werden. Bei Eisenbetonpfählen (vgl. § 14, a, δ) sind hierzu die aus den Köpfen hervorragenden Eiseneinlagen zu benutzen.

§ 15. Senkbrunnengründung. Die Gründung auf Senkbrunnen, auch Fundamentbrunnen oder Brunnenpfeiler genannt, die da Anwendung findet, wo der gute Baugrund von wenig tragfähigen, durch Verdichtung nicht zu verbessernden Bodenschichten von größerer Mächtigkeit überlagert ist, gleicht der Gründung auf einzelnen

Abb. 157. Beton-Pfahlrost.



Fundamentpfeilern (vgl. Abb. 73, S. 20), indem auch hier auf den festen Baugrund tragende Pfeiler gesetzt werden, die, oben durch gewöhnlich halbkreisförmige Gurtbogen, oder Stein- und Eisenbeton-Platten miteinander verbunden, das aufgehende oder Tag-mauerwerk aufnehmen.

Diese Brunnenpfeiler, die schon bei 5 bis 6 m Tiefe billiger als gewöhnliche Fundamentpfeiler, und bei starkem Wasserzudrang und sehr lockern, eine starke Auszimmerung der Baugrube nötig machenden Bodenschichten besonders empfehlenswert sind, werden dadurch hergestellt, daß man rohrförmige Mauerkörper bis auf die erforderliche Tiefe absenkt und dann durch Ausfüllen mit Mauerwerk oder Beton in feste, die Gebäudelast auf den guten Baugrund übertragende Grundpfeiler verwandelt.

Ebenso wird die Pfahlrostgründung bei leicht beweglichem, den einzurammenden Pfählen keinen sichern Halt verschaffenden Boden, sowie da, wo die durch das Einrammen verursachten Erschütterungen vermieden werden müssen, nicht selten durch die, auch von der Höhenlage des Wasserspiegels unabhängige Gründung auf Senkbrunnen ersetzt.

Bei Hochbauten ordnet man unter allen Gebäudeecken, Kreuzungspunkten der Mauern und Fensterpfeilern (Abb. 158 u. 159),⁷⁷⁾ sowie dazwischen in solchen Entfernungen Senkbrunnen an, daß die Spannweite der zur Verbindung dieser Brunnenpfeiler dienenden Gurtbogen nicht größer als 1 bis 2 m wird, wobei man häufig die an den Ecken stehenden Fundamentbrunnen etwas stärker ausführt. Stehen die Brunnen in leicht zur Seite ausweichendem Boden, oder ist der Seitenschub der Gurtbogen auf die Eckbrunnen sehr groß, so steift man diese durch außerhalb des Gebäudes ausgeführte Hilfsbrunnen *B* (vgl. Abb. 159) ab, die mit ihrem Strebebogen (vgl. Abb. 158) wie Strebepfeiler dem Gewölbeschub entgegenwirken. Auch kann durch eiserne Zugstangen eine Verankerung der Senkbrunnen und Gurtbogen herbeigeführt werden.

a) Die Herstellung der Senkbrunnen, deren erforderliche Grundfläche sich aus ihrer Belastung und der Tragfähigkeit des Baugrunds ergibt, erfolgt

meistens mit, das Absenken erleichternden und dem Erddruck am besten widerstehenden kreisförmigem Grundriß. Doch können erforderlichenfalls auch quadratische, rechteckige oder ovale Grundrißformen gewählt werden.

Der Durchmesser der Senkbrunnen muß so groß sein, daß in ihrem Innern das zum Absenken erforderliche Ausheben des Bodens, sowie das spätere Ausmauern vorgenommen werden kann, wozu ein Durchmesser im Lichten von etwa 1,0 m genügt. Der äußere Durchmesser der für Hochbauten verwendeten Senkbrunnen wird gewöhnlich zu 1,5 bis 2,0 m und nur ausnahmsweise größer angenommen. Die Entfernung der Brunnenpfeiler voneinander beträgt, von Mitte zu Mitte gemessen, im allgemeinen 3 bis 4 m und nur bei besonders ungünstigen Verhältnissen weniger als 3 m.

Abb. 158 u. 159. Senkbrunnengründung eines Wohngebäudes.

Abb. 158. Ansicht.

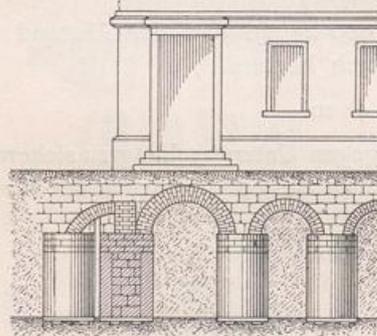
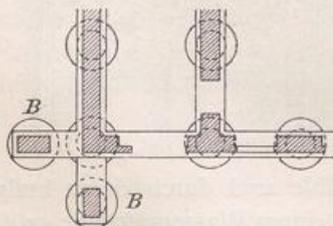


Abb. 159. Grundriß.



⁷⁷⁾ Die Abb. 158 u. 159 sind nach SCHWATLO, »Der Steinbau«, Leipzig 1879, hergestellt.

Die Wandstärke der Brunnen ist, namentlich bei sehr tief abzusenkenden, nicht zu gering anzunehmen, schon deshalb, weil die Ausmauerung sich nicht erheblich billiger als das Brunnenmauerwerk stellt und weil schwere Brunnen besser absinken als leichtere. Kleinere, beim Hochbauwesen hauptsächlich zur Ausführung kommende Senkbrunnen von etwa 4 qm Grundfläche bedürfen einer Wandstärke von einem Stein.

Als Baustoff für den Brunnenmantel, der einen wesentlichen Teil des herzustellenden Grundpfeilers bildet, dienen scharf gebrannte, mit Zementmörtel zu vermauernde Klinker, sowie in neuerer Zeit Beton⁷⁸⁾ und Eisenbeton.⁷⁹⁾ Dabei wird die Brunnenwandung zur Verringerung der Reibung beim Absenken außen mit Zementmörtel verputzt, während große Brunnen zu demselben Zweck mit einem Blechmantel oder in ihrem untern Teil 1,5 bis 3 m hoch mit einer tonnenartigen, durch Eisenringe zusammengehaltenen Holzumhüllung⁸⁰⁾ umgeben werden. Auch kann man die Reibung dadurch vermindern, daß man die Senkbrunnen 0,5 bis 1,0 m über dem hölzernen Brunnenkranz etwas anzieht (vgl. Abb. 165), oder sie in ihrer ganzen Höhe oder nur einem Teil dieser, mit einer Neigung von 1 : 24 bis 1 : 12 nach oben verjüngt (vgl. Abb. 166).

Zur Unterstützung des Brunnenmauerwerks beim absenken dienen die, eine Art liegenden Rostes bildenden Brunnenkränze oder Schlinge, die zum leichtern Eindringen in den Boden einen keilförmigen Querschnitt erhalten und meistens aus mehreren

Abb. 160 bis 163. Querschnitte von Brunnenkränzen.

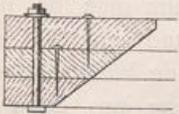
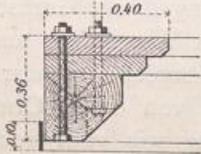
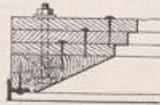
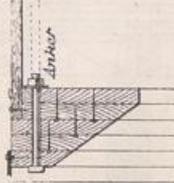
Abb. 160.
Brunnenkranz aus mehreren Bohlenlagen.Abb. 161.
Brunnenkranz mit eiserner Schneide.Abb. 162.
Brunnenkranz durch T-Eisen verstärkt.

Abb. 163. Brunnenkranz mit Verankerung und tonnenartiger Holzumhüllung.



Lagen 4 bis 5 cm starker miteinander verbolzten und vernagelten Bohlen hergestellt werden (Abb. 160).⁸¹⁾ Zur weitem Erleichterung des Eindringens in den Boden kann man die Brunnenkränze unten mit einer eisernen Schneide (Abb. 161) und zur Verstärkung mit einem ringförmigen ungleichschenkligen Winkel- oder T-Eisen (Abb. 162) versehen. Bei ungleichartiger, ein ungleichmäßiges Setzen befürchtender Beschaffenheit des Bodens muß der Senkbrunnen durch 2 bis 4 cm starke, den Brunnenkranz mit dem Mauerwerk verbindende eiserne Anker (Abb. 163)⁸²⁾ gegen ein Zerreißen geschützt werden. Die Stöße der Bohlenstücke, aus denen der Brunnenkranz besteht, sind in den einzelnen Bohlenlagen so gegeneinander zu versetzen, daß in eine senkrechte Ebene nur eine Stoßfuge fällt (Abb. 164).

⁷⁸⁾ OTTMANN, »Der Winterhafen in Rinteln und die Brunnengründung der Kaimauer« im Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 9 ff.

⁷⁹⁾ STOHP, »Über Fundamentierung in Manierkonstruktion« im Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 960 ff.

⁸⁰⁾ BURESCH, »Mitteilungen über die Fundierung großer Brücken« im Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Niederrhein u. Westfalen 1876, S. 122.

⁸¹⁾ Die Abb. 160 bis 162 sind dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, 1. Teil, 3. Bd., entnommen.

⁸²⁾ Die Abb. 163 u. 164 sind den »Elementen des Wasserbaues« von SONNE u. ESSELBORN, Leipzig 1904, entnommen.

Esselborn, Hochbau. I. Bd.

b) Das Absenken der Senkbrunnen erfolgt entweder von der trocken liegenden Bodenfläche, bzw. von der geebneten Sohle einer wasserfreien Baugrube aus (Abb. 165)⁸³⁾ oder, beim Vorhandensein von Wasser, von festen (Abb. 166) oder schwimmenden Gerüsten aus, indem der Brunnenkranz mittels Ketten oder eisernen Stangen an dem Gerüst aufgehängt und mit der aufgemauerten Brunnenwandung hinabgelassen wird. Zur

Abb. 164. Halber Grundriß eines Brunnenkranzes. M. 1:100.

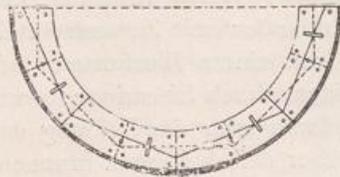


Abb. 165. Absenken der Brunnen vom festen Boden aus.

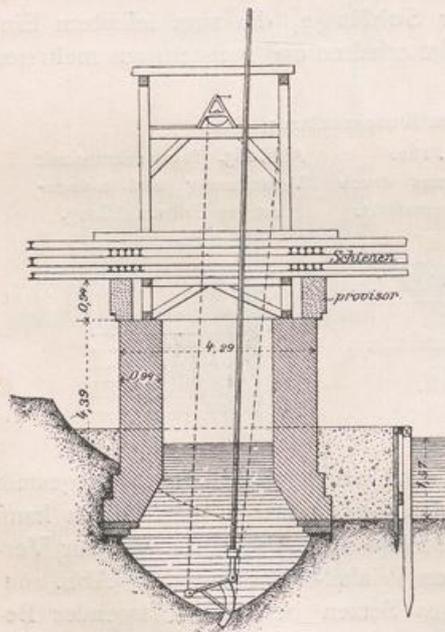
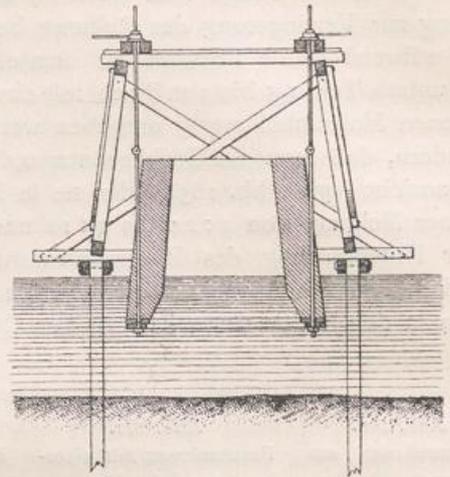


Abb. 166. Absenken der Brunnen von festen Gerüsten aus.



Vermeidung dieser Gerüste kann man bei nicht zu großer Wassertiefe aus Sand eine bis über den Wasserspiegel hinausragende künstliche Insel schütten, von deren Oberfläche aus dann die Absenkung wie vom trocknen Boden aus möglich ist.

Bei dem Absenken von der Erdoberfläche aus wird zunächst der Brunnenkranz verlegt und auf diesem der untere Teil des Senkbrunnens aufgemauert, wobei, um das Untergraben des Brunnenkranzes bei stärkern Brunnenwandungen zu erleichtern, diese erst durch allmähliches Auskragen nach innen ihre volle Stärke erhalten (vgl.

Abb. 166). Nach genügender Erhärtung des Mauerwerks wird der Boden im Innern des Brunnens trichterförmig ausgegraben, wodurch dieser, zuerst nur durch sein eigenes Gewicht, bei größerer Tiefe durch aufgebrachte, aus Eisenbahnschienen (vgl. Abb. 165) oder auf Bohlen liegenden Steinen bestehende Belastung allmählich immer tiefer sinkt. Diesem Absenken entsprechend wird mit dem Aufmauern der Wandung des Brunnens solange fortgefahren, bis der Brunnenkranz die erforderliche Tiefe erreicht hat.

Die Lösung des Bodens, die am besten durch Ausgraben in dem wasserfrei gehaltenen Brunnenraum, aber auch unter Wasser erfolgen kann, ist mit großer Vorsicht vorzunehmen, damit nicht durch plötzliches und stoßweises Sinken des Brunnens dessen Zerreißen oder Schiefstellen herbeigeführt wird. Das Herausschaffen des ausgegrabenen

⁸³⁾ QUASSOWSKI, »Über Fundierungen mit Senkbrunnen nebst Beschreibung einiger Fälle aus der Praxis« in der Zeitschr. f. Bauw. 1874, S. 298 ff. u. Bl. J.

Bodens geschieht bei geringer Tiefe durch Schaufelwurf, bei größerer jedoch durch Eimer, die mittels einer Winde emporgehoben werden.

Zur Beseitigung des Bodens unter Wasser, wobei in leichten Bodenarten die Herstellung einer trichterartigen Baggergrube genügt (vgl. Abb. 165), in die unter dem Druck der Brunnenwandung der Boden von den Seiten her nachrutscht, verwendet man die in § 6, a, γ besprochenen Baggervorrichtungen, besonders die durch Arbeiter zu handhabenden Stielbagger, bei denen das Baggergefäß an einem genügend langen, von oben zu handhabenden Stiel befestigt ist. Für sandigen und schlammigen Boden eignet sich am besten der Sackbohrer (vgl. Abb. 42, S. 13), für schwerere Bodenarten und größere Tiefen jedoch die von 4 bis 6 Arbeitern zu bedienende indische Schaufel (vgl. Abb. 43, S. 13 u. Abb. 165). Bei sehr grobem Kies kommt der Schraubenbagger, dessen unterer Teil einem schmiedeisernen Schraubenpfahl gleicht, und, wenn der Boden in halbflüssigem Zustand zu entfernen ist, die Sandpumpe oder der Preßluftbagger zur Verwendung.

Stellt sich beim Ausbaggern der Senkbrunnen schief, so ist die Erde unter dem höher stehenden Teil so lange mehr als unter dem tiefer abgesenkten zu entfernen, bis wieder ein gleichmäßiges Sinken eintritt. Größere Steine werden mittels der Steinzange oder der Teufelsklaue (vgl. § 6, a, γ), oder, wenn dies nicht gelingt und ein Leerpumpen des Senkbrunnens nicht möglich ist, ebenso wie Baumstämme und dergl. durch Taucher entfernt.

c) Das Ausfüllen der Senkbrunnen erfolgt gewöhnlich in der Weise, daß zuerst die unterste Füllschicht aus Beton hergestellt, nach deren zwei- bis dreiwöchigem Erhärten der Brunnen leergepumpt und dann mit der Herstellung der Ausfüllung begonnen wird, die aus Bruchstein- oder Backsteinmauerwerk unter Verwendung von Zementmörtel, sowie aus schichtenweise eingebrachtem Stampfbeton bestehen kann. Bei der Ausbetonierung ist es nicht wie beim Ausmauern unbedingt erforderlich, daß das Innere der, später durch Steinschüttungen gegen vorhandene Strömung zu schützenden Brunnenpfeiler vorher wasserfrei gemacht wird.

§ 16. Die Senkrohrgründung.⁸⁴⁾ Bei der Gründung auf Senkrohren, welche wie diejenige auf Senkbrunnen zu den Pfeilergründungen gehört, werden für Hochbauten gewöhnlich hölzerne, für Brückenpfeiler dagegen eiserne Rohre oder bodenlose Kasten durch die lockern Bodenschichten bis auf den tragfähigen Baugrund in derselben Weise wie bei der Brunnengründung (vgl. § 15, b) abgesenkt und dann, nach Dichtung der Sohle mit einer Betonschicht, ausgepumpt und ausgemauert oder ausbetoniert. Der Unterschied zwischen Brunnen- und Senkrohrgründung besteht jedoch darin, daß, während bei der erstern der Brunnenmantel einen die Gebäudelast ebenfalls tragenden Teil des Pfeilers bildet, die Rohr- oder Kastenwandung nur als Umhüllung des in ihrem Schutz herzustellenden Grundpfeilers dient.

a) **Hölzerne Senkrohre**, die gewöhnlich Senkkasten genannt werden und wegen der sonst nicht genügenden Steifigkeit nur für Gründungstiefen bis zu 5 m angewendet werden sollten, erhalten bei Gebäuden mit regelmäßigem Grundriß fast immer einen rechteckigen Querschnitt, während bei unregelmäßigen Grundrissen daneben auch andere Querschnittsformen, wie z. B. trapezförmige, erforderlich werden. Selbst der kreisförmige Querschnitt kam in Amerika zur Verwendung, indem dort hölzerne Rohre tonnenartig hergestellt wurden. Die Anordnung der Senkrohre unter dem zu errichtenden Gebäude erfolgt nach denselben Grundsätzen wie bei der Brunnengründung (vgl. § 15, S. 48).

⁸⁴⁾ Vgl. Anmerkung 3 auf Seite 4.

Bei rechteckigem Querschnitt des kastenartigen Hohlkörpers wird dessen Breite um 0,25 bis 0,5 m größer als die Breite der daraufzusetzenden Mauer, die Länge dagegen an Mauerecken und Mauerkreuzungen fast ebenso groß angenommen, während die dazwischenliegenden Kasten gewöhnlich kürzer hergestellt werden. Die Längenabmessung l der Kastenpfeiler in cm läßt sich aus der aufzubringenden Belastung L in kg, der Tragfähigkeit k des Baugrunds in kg/qcm und der angenommenen Breite b in cm berechnen. Es ist alsdann die Querschnittsfläche F des Pfeilers in qcm:

$$F = \frac{L}{k} \quad \text{und} \quad l = \frac{F}{b}.$$

Kleinere Holzkasten werden aus etwa 4 cm starken senkrechten, größere dagegen auch aus wagerechten Bohlen (Abb. 167 u. 168) hergestellt. Dabei werden die erstern

Abb. 167 u. 168. Holzkasten mit wagerechten Bohlen.

Abb. 167. Schnitt.

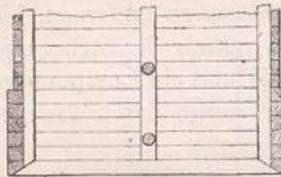
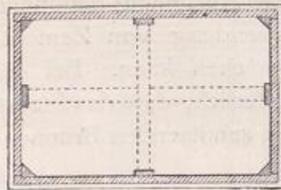


Abb. 168. Grundriß.



oben und unten auf wagerechte, aus 15×15 cm starken Hölzern bestehende Absteifungskränze und bei größerer Tiefe auch noch auf einen dazwischen angeordneten aufgenagelt, der jedoch nicht in die Mitte, sondern des nach unten zunehmenden Druckes wegen weiter abwärts gelegt wird. Auch sind die Seitenwandungen der Holzkasten durch vorläufige, beim Ausmauern wieder zu beseitigende Spreizen gegeneinander abzustifen (vgl. Abb. 168).

Bei den Kasten, die aus wagerechten, nach unten hin stärker anzunehmenden Bohlen hergestellt werden, nagelt man diese an den Ecken und in der Mitte auf pfostenartige, 10 bis 12 cm starke Leisten so auf, daß ihr Hirnholz an den Ecken abwechselnd an der einen Seite frei liegt, an der andern jedoch von der in gleicher Höhenlage befindlichen Bohle bedeckt wird.

Beim Senken des Kastens, das durch eine Verjüngung des Querschnitts nach oben im Verhältnis 1 : 50 bis 1 : 25, sowie durch unten zugeschärfte Bohlen erleichtert

wird, wegen des verhältnismäßig geringen Gewichts der Kasten jedoch immer eine künstliche Belastung erfordert, wird dessen Schiefstellen und Kippen durch aufgestellte Streben verhütet.⁸⁵⁾ Hat die Absenkung, die wie bei der Brunnengründung erfolgen kann, hier aber unter fast ausschließlicher Benutzung der Sackbohrer (vgl. Abb. 42, S. 13), bis zu der erforderlichen Tiefe stattgefunden, so wird wieder der ganze Kasten nach Erhärtung der untern dichtenden Betonschicht ausgepumpt und ausgemauert oder, was bei sehr engen oder durch eine, großen Erddrucks wegen vorgenommene Verstrebung der Wände stark verengten Kasten empfehlenswert ist, ausbetoniert. Auf den so hergestellten Kastenpfeilern, die man bei sehr nachgiebigem Baugrund miteinander verankern kann, wird die Mauerung in gewöhnlicher Weise bis zu den Grundbogen (vgl. § 7, S. 20) fortgeführt, welche die Fundamentpfeiler verbinden.

b) **Eiserne Senkrohre** werden bei kleinern Bauwerken aus Gußeisen, bei größern aus Schmiedeeisen hergestellt und bieten gegenüber den gemauerten Senkbrunnen den Vorteil fest zusammenhängender Wandungen und geringern Widerstands beim Absenken dar. Gußeiserne Rohre bestehen aus einzelnen zylindrischen Trommeln, die, ihrem Einsinken in den Boden entsprechend, übereinander gesetzt und mittels der oben und unten angegossenen ringförmigen, nach innen vorspringenden Flanschen zusammenschraubt werden. Die, einen größern Durchmesser besitzenden schmiedeeisernen Rohre stellt

⁸⁵⁾ »Sicherheits-Absteifung für Senkkasten« im Zentralbl. d. Bauverw. 1892, S. 318f.

man aus 6 bis 12 mm starken Eisenblechen her und verstärkt sie durch aufgenietete Winkel- und T-Eisen.

In Abb. 169 ist das Absenken eines gußeisernen Senkrohrs dargestellt, das, zur Erleichterung des Einsinkens mit Steinen belastet, nicht nur durch das Holzgerüst, sondern auch durch vier Flaschenzüge in senkrechter Stellung erhalten und aus dem der ausgegrabene Boden in Eimern herausbefördert wurde.

Abb. 169. Absenkung eines gußeisernen Senkrohrs. M. 1:180.

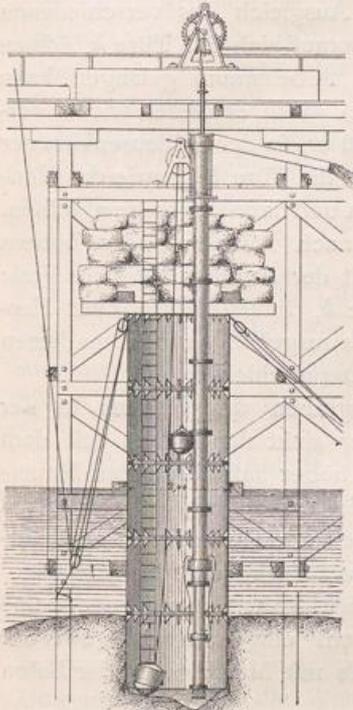


Abb. 170. Arbeitskammer mit geöffneter Luftscheule.

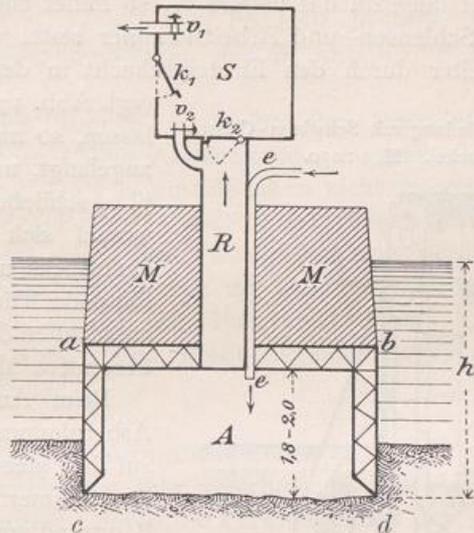
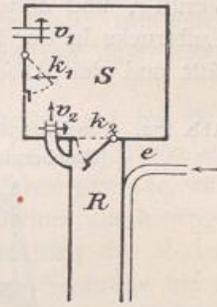


Abb. 171. Geschlossene Luftscheule.



§ 17. Die Druckluftgründung.⁸⁶⁾

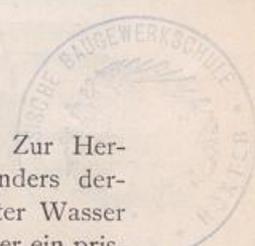
Zur Herstellung tiefergehender Fundamente, wie besonders derjenigen von Brückenpfeilern, wird die nur unter Wasser mögliche Druckluftgründung angewendet, bei der ein prismatischer, der Grundrißform des zu gründenden Pfeilers

entsprechender, unten offener, seitlich und oben dagegen luftdicht geschlossener, Caisson genannter eiserner Kasten mit dem auf ihm ausgeführten Mauerwerk dadurch allmählich durch die lockern Bodenschichten bis auf den tragfähigen Baugrund abgesenkt wird, daß im Innern des Kastens Arbeiter den Boden lösen.

Dies wird dadurch ermöglicht, daß in den Caisson *abcd* (Abb. 170)⁸⁷⁾ durch das zur Luftpumpe führende Rohr *e* so lange Luft eingepreßt wird, bis alles Wasser aus dem Innern des Kastens verdrängt ist, so daß in dem nun wasserfreien, aber mit Druckluft gefüllten Raum *A* der Erdboden wie im trocknen ausgegraben werden kann. Der in dieser Arbeitskammer herrschende Überdruck hängt von der Tiefenlage *h* ihrer Unterkante unter dem Wasserspiegel ab und beträgt z. B. bei einer Tiefe von 15 m — da eine Atmosphäre einer 10 m hohen Wassersäule entspricht — 1,5 Atmosphären, was für gesunde, kräftige Leute völlig ungefährlich ist, wenn nur das Ein- und Ausschleusen möglichst langsam und vorsichtig erfolgt.

⁸⁶⁾ Ausführliches siehe im »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, 1. Teil, 3. Bd., S. 315 bis 394.

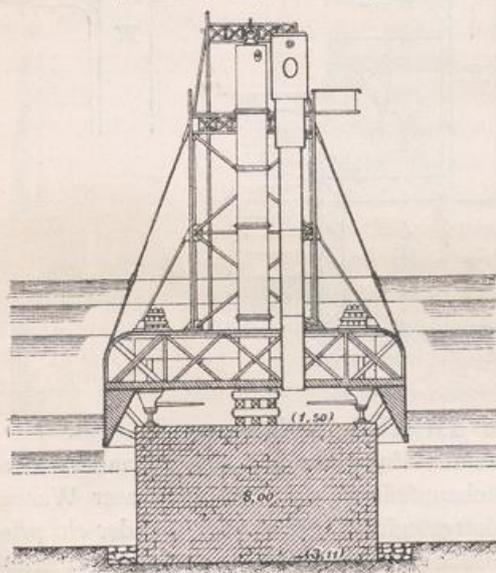
⁸⁷⁾ Die Abb. 170 u. 171 sind ESSELBORN, »Lehrbuch des Tiefbaues«, 2. Aufl. 1907, Kap. II: »Grundbau« bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.



Die zum Ein- und Ausschleusen der Arbeiter dienende Luftschleuse S befindet sich am obern Ende des Einsteigschachts R und besitzt zwei luftdicht verschließbare Türen k_1 und k_2 , von denen diejenige k_1 ins Freie, die andere k_2 nach der Arbeitskammer A führt, sowie zwei Ventile v_1 und v_2 zur Verbindung der Schleusenkammer S mit der Außenluft bzw. mit der Preßluft des Arbeitsraums. Sind wie in Abb. 170 die Türe k_2 und das Ventil v_2 geschlossen, k_1 und v_1 dagegen geöffnet, so herrscht in der Schleusenkammer der gewöhnliche Atmosphärendruck, während der in dem Arbeitsraum vorhandene höhere Luftdruck ein Öffnen der Türe k_2 verhindert.

Betritt jetzt ein Arbeiter die Schleusenkammer S , schließt die Türe k_1 , sowie das Ventil v_1 und öffnet langsam das andere v_2 , so findet ein Ausgleich des verschiedenen Luftdrucks in der Schleusen- und Arbeitskammer statt, worauf sich die Türe k_2 öffnen läßt und der Arbeiter durch den Einsteigschacht in den Arbeitsraum gelangen kann

Abb. 172. Druckluftgründung mit Schwimm-Caisson (Taucherglocke). M. 1 : 250.



verbleiben muß, so wird sie Druckluftgründung mit verlorener Arbeitskammer genannt, im Gegensatz zu der bei geringerer Tiefe zur Anwendung kommenden Druckluftgründung, bei der die Arbeitskammer als sog. Taucherglocke ausgebildet ist, die entweder an festen oder schwimmenden Gerüsten über dem herzustellenden Mauerwerk aufgehängt, oder selbst schwimmend als Schwimm-Caisson hergestellt ist (Abb. 172),⁸⁸⁾ so daß sie stets aufs neue benutzt werden kann.

Im Hochbauwesen fand die Druckluftgründung, mit der bei verkürzter Arbeitszeit und besondern Vorsichtsmaßregeln eine größte Tiefe von 35 m unter der Wasseroberfläche erreicht werden kann, z. B. bei den Gründungen des Eiffelturms⁸⁹⁾ und der vielstöckigen Gebäude in New-York⁹⁰⁾ Anwendung.

⁸⁸⁾ Die Abb. 172 ist nach dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, I. Teil, 3. Bd., Kap. II: »Druckluftgründung«, bearbeitet von Prof. CONRAD ZSCHOKKE, hergestellt.

⁸⁹⁾ A. NEISCHL, »Der Eiffelturm« in der deutschen Bauz. 1889, S. 391 ff.

⁹⁰⁾ FR. V. EMPERGER, »Eiserne Gerippbauten in den Vereinigten Staaten« in der Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 424 f.

§ 18. Zusammengesetzte Gründungen. Örtliche Verhältnisse geben häufig Veranlassung, zwei oder mehrere Gründungsarten bei einem und demselben Fundament gleichzeitig anzuwenden, wodurch zusammengesetzte Gründungen entstehen. So zeigt z. B. Abb. 75, S. 23 die Vereinigung des Pfahlrosts mit Sohlengewölben, Abb. 95, S. 28 diejenige des Pfahlrosts mit Senkkasten und Abb. 77, S. 24 die gleichzeitige Anwendung der Fundamentverbreiterung mit der Sandschüttung. Da man aus Beton eine, auch zur Abdichtung gegen Wasserzudrang dienende Abdeckschicht leicht herstellen kann, so ist die Verbindung der Beton Gründung mit andern Gründungsarten, die sich dann gegenseitig durch ihre guten Eigenschaften unterstützen, von besonderer Wichtigkeit. Beispielsweise ist die Vereinigung der Beton Gründung in Abb. 76, S. 23 mit Sohlengewölben, in Abb. 99, S. 32 mit dem Pfahlrost, in Abb. 90, S. 27 mit einem Schwellrost und einer Fundamentabtreppung und in Abb. 91, S. 27 mit dem Eisen-schwellrost dargestellt.

Selbst eine Vereinigung der Brunnen-, Senkrohr- und Druckluftgründung mit dem Pfahlrost wurde schon in solchen Fällen vorgenommen, wo bei sehr großer Tiefenlage des festen Baugrunds dieser mit den Fundamentpfeilern nicht zu erreichen gewesen wäre und man deshalb die Last des Bauwerks auf die tragfähigen Schichten durch eingerammte Pfähle übertragen oder durch diese wenigstens eine Verdichtung des Bodens herbeiführen wollte. In solchen Fällen wurde der Brunnen oder das Senkrohr bis zu einer Tiefe abgesenkt, von wo aus der feste Baugrund mit den, innerhalb des später auszumauernden oder auszubetonierenden Brunnen- oder Rohrmantels eingerammten Pfähle zu erreichen war.

§ 19. Die Kosten der Gründungen⁹¹⁾ lassen sich nicht in allgemeiner Weise angeben, weil die hier vorkommenden sehr verschiedenartigen Arbeiten durch die Beschaffenheit und Lage der Baustelle, durch die Verschiedenheit der erforderlichen Geräte und Maschinen, sowie durch die Tagespreise der Baustoffe und die Höhe der Arbeitslöhne außerordentlich beeinflusst werden. Nur bei den im trocknen auszuführenden Flachgründungen sind die Kosten einfach zu ermitteln, zu denen, wenn Wasser vorhanden ist und die Baugrube trocken gelegt werden soll, noch der Aufwand für deren Umschließung und die Wasserschöpfmaschinen hinzukommt.

Bei der Beton Gründung bestimmen sich die Kosten hauptsächlich nach den Preisen für Beton, Mauerwerk, Holz und Eisen, sowie für die etwa erforderlichen Ramm- und Zimmerarbeiten für die Umschließungswände, Grundpfähle und Rüstungen. Die Kosten der Baggerung, Dichtung und Trockenlegung der Baugrube machen nur einen verhältnismäßig geringen Teil der Gesamtkosten aus.

Die Herstellungskosten der Schwellroste sind besonders von den Holzpreisen, diejenigen der Pfahlroste von den Preisen der Baustoffe und den Kosten der Rammarbeiten abhängig, was namentlich für den Holzpahlrost mit Betonbett und Eisenbeton-pahlrost gilt. Die Gesamtkosten des Rammens setzen sich aus den Kosten der Arbeitsleistung, sowie aus denen der Rammmaschinen und Gerüste zusammen. Die teuerste Arbeitskraft, die des Menschen, verlangt nur die einfachsten Rammen, also den geringsten Kapitalaufwand, während die billigste Arbeitskraft, d. h. diejenige des Dampfes, die kostspieligsten Maschinen und daher die größte Kapitalanlage erfordert. So kosten die durch Menschen bedienten Zug- bzw. Kunstrammen 500 bis 700 M, bzw. 700 bis 900 M, während die Anschaffungskosten der Dampfmaschinen 4000 bis 10000 M und mehr be-

⁹¹⁾ »Handb. d. Ing.-Wissensch., I. Teil, 3. Bd.: »Der Grundbau«, I. Kap. bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, 4. Aufl., Leipzig 1906, S. 77 bis 80, 191, 235, 236 u. 253.

tragen. An Zinsen und Kapitalabtrag können jährlich 12 bis 15 % des Anlagekapitals gerechnet werden.

Die Gründung mittels Senkbrunnen besteht in einer Reihe von Arbeiten, von denen die meisten zu den täglich bei Bauausführungen vorkommenden gehören und hinsichtlich ihrer Kosten vorzugsweise durch die Beschaffenheit der Baustelle, sowie durch die Preise der Baustoffe und die Arbeitslöhne bestimmt werden. Dies gilt insbesondere von den Herstellungskosten der Brunnen, der zugehörigen Brunnenkränze, der nötigen Gerüste und von den Kosten der Ausfüllung der Brunnen mit Mauerwerk oder Beton.

Auch bei der Druckluftgründung lassen sich keine allgemeinen Preisansätze aufstellen, weil das in jedem einzelnen Fall zur Anwendung kommende Verfahren sich nach den örtlichen Verhältnissen ändert. Den größten Einfluß auf die Kosten haben jedoch hier diejenigen für das Mauerwerk, sowie die Bodenverhältnisse. Professor CONRAD ZSCHOKKE hat im »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 1. Teil, 3. Bd., 2. Kap., 4. Aufl. 1906, versucht, für mittlere Verhältnisse Formeln für Annäherungspreise für das mittels Druckluft unter Niederwasser versenkte cbm Mauerwerk aufzustellen, die z. B. lauten:

$$\text{für eiserne Caissons: } P = 1,5(a + b) + \frac{300}{t} \text{ und}$$

$$\text{für Taucherglocken: } P = 1,2 a + 1,5 b + 16.$$

In diesen Formeln bezeichnet:

- a den Preis des in freier Luft auszuführenden Mauerwerks,
- b den, je nach der auszuhebenden Bodenart 12 bis 20 \mathcal{M} betragenden Preis für ein in Druckluft auszuhebendes cbm Boden,
- t die Tiefe der Gründung unter Niederwasser in m und
- P den Gesamtpreis für das cbm Mauerwerk in \mathcal{M} .