

III. Abschnitt.

Der Grundbau.

Vorbemerkungen.

Die Festigkeit und Dauer eines Gebäudes hängt nicht allein von der Güte der verwendeten Materialien und von deren zweckmäßiger Verbindung ab, sondern es muß das- selbe auch vor Allem auf fester, tragfähiger und un- wandelbarer Unterlage ruhen. Diese Unterlage darf, so lange das Gebäude darauf steht, keinerlei Veränderun- gen erfahren, sie muß vielmehr unter allen Umständen das- selbe überdauern. Weil nun eine nachträgliche Befestigung des Untergrundes sich in den meisten Fällen selbst dann nicht vornehmen läßt, wenn auch der Kostenpunkt nicht in Betracht käme, so wird man schon vor der Inangriffnahme des Baues mit aller Vorsicht die Untersuchung des Bau- grundes zu betreiben haben.

Die Kenntniß der Lehre vom „Grundbau“ ist daher für jeden gebildeten Architekten von der größten Wichtigkeit; auch genügt es nicht mehr, sich lediglich in dem ausgetre- tenen Gleise der älteren Methoden zu bewegen, nachdem viele der früheren Konstruktionen im Gebiete des Grundbaues unter dem Einfluß wichtiger Verbesserungen eine veränderte Gestalt erhalten haben, neue Fundirungsmethoden erfunden und im großartigsten Maßstabe zur Anwendung gelangt sind. Gründungen, welche nach älterer Methode gar nicht, oder nur mit unverhältnißmäßigen Kosten möglich waren, werden jetzt unter ausgedehnter Benützung von Baumaschinen und anderen sinnreichen Apparaten schnell, sicher und mit relativ geringem Kostenaufwande ausgeführt. Hierbei spielt die bessere Kenntniß hydraulischer Bindemittel und vor allem der leicht zu handhabende, im Wasser zu einer com- paktten Masse sich umwandelnde Cement, eine hervorragende Rolle.

Bevor wir aber zu den eigentlichen Fundirungen über- gehen, d. h. zu den Mitteln, mit welchen eine feste Basis

für das Bauwerk geschaffen werden kann, müssen wir die Beschaffenheit des Baugrundes einer näheren Betrachtung unterziehen.

§. 1.

Unter Baugrund versteht man die Bodenschicht, auf welcher ein Gebäude errichtet werden soll, die es daher mit seinen untersten Konstruktionstheilen berührt, im Gegen- satz zur Baustelle, welche den, für die Errichtung des- selben bestimmten Theil der Erdoberfläche bezeichnet. In der Regel ist — mit Ausnahme der Fälle, wo zusammen- hängendes, festes Gestein zu Tage tritt — die oberste Schicht des natürlichen Bodens von Pflanzenwurzeln durch- zogen; dieser lockere Mutterboden zeigt einen geringen Zu- sammenhang und würde von der Last eines darauf ge- stellten Gebäudes zusammengedrückt werden. Dasselbe würde stattfinden, wenn die obere Erdschicht aus aufgefülltem Boden, Schutt u. dgl. besteht. Da endlich der Regen in die meisten Bodenarten eindringt und dieselben erweicht, so wird das eingedrungene Wasser, wenn der Frost diese Schichten erreicht, sich beim Gefrieren ausdehnen, und die Sohle des aufgelagerten Bauwerkes emporheben, während beim Schmel- zen des Eises die Bodenschicht auf ihr geringeres Volumen zurückgeht, wobei die Fundamentsohle wiederum sinkt. Um also dem Bauwerk eine ausreichend feste, unwandelbare Basis zu schaffen, muß dasselbe so weit unter die Oberfläche hinabgeführt werden, bis eine genügend tragfähige Erd- schicht angetroffen wird, welche gleichzeitig dem Einfluß der Atmosphärien entriickt ist. Die oberen Schichten des Bau- grundes — sofern sie nicht aus frost- und wetterbeständigen Felsen bestehen — sind demnach auf eine, der Größe des Bauwerkes entsprechende Ausdehnung abzutragen (abzu- schachten) und diese Aushebung, welche man die Bau- grube nennt, ist so tief anzulegen, daß ihre Sohle unter

der Frostlinie, also in unseren Gegenden 1—1,5 m unter der Oberfläche bleibt. Findet sich in solcher Tiefe eine tragfähige, wenig compressible und genügend mächtige Schicht vor, so kann das Bauwerk, nach geschehener Abgleichung der Sohle, direkt darauf gesetzt werden, wenn auch der Neigungswinkel der Schicht ein solcher ist, daß nicht etwa Rutschungen oder Unterspülungen zu besorgen sind.

Wird in solcher Tiefe nicht eine Schicht von genügender Tragfähigkeit gefunden, so sucht man diese entweder durch weiteres Aufgraben in größerer Tiefe zu erreichen oder, wo dies nicht statthaft ist, sucht man den Untergrund durch Verdichten oder durch steife Zwischenlagen so umzugestalten, daß auf dem vorbereiteten Grunde nunmehr die Aufführung des Bauwerkes zulässig ist. Welche Mittel zur Befestigung des Baugrundes anzuwenden sein werden, das hängt im Wesentlichen davon ab, ob die Fundirung im Trocknen oder unter Wasser geschieht.

Da aber die mineralogische Beschaffenheit der Erdschichten und deren Lagerungsverhältnisse mannigfach wechselnder Art sind, so wird man das Bauwerk entweder direkt auf die Sohle der Baugrube aufsetzen können oder man wird mehr, resp. weniger Zwischenlagen zur Ausführung des Grundbaues nöthig haben, und danach pflegt man in der Praxis den Baugrund wohl als „gut“, „mittelgut“ oder „schlecht“ zu unterscheiden.

Als fest, tragfähig und unzusammendrückbar, d. h. als guter Baugrund sind zu bezeichnen:

1) alle schwer verwitternden Felsarten, welche in zusammenhängenden, söhligen Lagen (Bänken) auftreten, alle fest gelagerte Breccien mit verkittendem Bindemittel (Magersflue), sofern die Mächtigkeit der Schicht nicht unter 3 m beträgt und dieselbe auf fester Unterlage ruht;

2) Sand und Kies, wenn derselbe bei gleicher Mächtigkeit gegen seitliches Ausweichen und gegen Unterspülung geschützt ist;

3) trockner Thon von hinreichender Mächtigkeit.

In allen vorgenannten Fällen wird der Baugrund ohne Anwendung künstlicher Mittel selbst zum Tragen bedeutender Bauwerke geeignet sein.

Zusammendrückbar und daher in der Regel nicht ausreichend fest sind dagegen alle leicht verwitternden Gesteine, ferner unreiner Sand und Kies, wenn die erdigen über die steinigern Bestandtheile vorherrschen und die Massen von Wasser durchdrungen sind.

Zum schlechten Baugrund gehören alle leichten, trocknen, aufgeschütteten Massen, auch Dammerde, Schlamm, Torf und Moorerde.

Aus der vorstehenden Classification ergibt sich als Resultat: daß die Tragfähigkeit eines Baugrundes wesentlich auf der Gleichförmigkeit und Festigkeit des Materials,

der Mächtigkeit und Lagerungsart der Schichten und ihrem Verhalten gegen die Einwirkung des Wassers und der Atmosphäre beruht. Zu den vorstehenden Andeutungen werden einige speciellere Betrachtungen unerlässlich sein.

1) Der geschlossene Fels hat bei annähernd horizontaler (söhliger) Schichtung für die meisten Bauwerke eine ausreichende Tragfähigkeit, wenn die Mächtigkeit derselben nicht unter 3 bis 4 m beträgt und die Bänke stetige Ausdehnung haben, auch nicht durch Klüfte und Ablösungen getrennt sind, wie solche häufig im Dolomit und beim Gips vorkommen, in welchem das Wasser durch allmähliche Lösung der Masse Höhlungen auswäscht. Im letzteren Falle erscheint auch der Felsboden unsicher.

An Orten, wo Bergbau betrieben wird, kann der Fels durch den Abbau der Flöze ebenso leicht seine Unterstüßung verlieren, ein Fall, der namentlich häufiger beim Steinkohlenbergbau eintritt, wo große Massen herausgefördert wurden und in Folge dessen, nach einer Reihe von Jahren, Einsenkungen entstehen. Hier müssen die entstandenen Höhlungen vorher soweit zugänglich ausgefüllt oder mit künstlichen Stüßpfeilern unterfangen werden*). Noch gefährlicher kann der Felsboden werden, wenn derselbe in ungenügender Mächtigkeit auf Thonschichten lagert, welche von Wasseradern durchzogen werden. Der durchweichte Lehm dient dann als Gleitmittel, auf welchem die Felsstrümmen in Bewegung gerathen können. — Andre Felsarten unterliegen einer schnellen Verwitterung unter Einfluß des Wassers und der Luft; werden dann schwere Gebäude am Abhange des Felsens aufgeführt, so können diese, wenn nicht geeignete Schutzmaßregeln getroffen sind, mit der Zeit in Gefahr gerathen, wie an einzelnen Burgruinen des Mittelalters zu ersehen ist.

In allen diesen Fällen wird der ausführende Baumeister sich durch Bohrungen und sonstige Untersuchungen darüber Gewißheit zu verschaffen haben, ob der Felsen eine zusammenhängende, geschlossene Masse bildet, oder ob er es mit sogenannten losen Geschieben zu thun hat.

2) Der Kies kann als eine, bei starker Wasserströmung entstandene, aus gerundeten Stücken bestehende Kollsteinablagerung bezeichnet werden; er ist daher durchgängig fest gelagert und gilt bei 3 bis 4 m Mächtigkeit als geeignet, um schwere Bauwerke mit Sicherheit zu tragen, vorausgesetzt, daß er nicht selbst auf comprimibaren oder lockeren Schichten ruht. Liegt die Fundamentsohle im Kiesboden, aber unter Grundwasser, und befürchtet man starken Auftrieb, also Lockerung des Materials, so empfiehlt es sich, unter Vermeidung des Wassers schöpfens eine entsprechend

*) Die Senkungen und Trennungen, welche man an vielen Gebäuden der Stadt Essen bemerkt, sind auf solche Excavationen der in früherer Zeit ausgebeuteten Kohlenflöze zurückzuführen. Vergl. L. Clasen, Handbuch der Fundirungsmethoden. Seite 4.

starke Bétounterlage zu senken, ehe mit dem Aufmauern der Fundamente begonnen wird.

3) Auch festgelagerter Sand, gilt als guter Baugrund, denn er läßt sich nur in sehr geringem Maße zusammendrücken, und der auf ihn ausgeübte Vertikaldruck pflanzt sich nur in bestimmten Grenzen seitlich fort. Bei genügender Mächtigkeit nimmt seine Tragfähigkeit mit der Tiefe zu, dagegen setzt er wegen des geringen Gewichtes der einzelnen Körner dem Angriff fließenden Wassers nur geringen Widerstand entgegen. Aus diesem Grunde soll man, wenn die Fundamentsohle im Grundwasser liegt, das Wasser schöpfen möglichst vermeiden, damit nicht der Grund aufgelockert werde. Am zweckmäßigsten wird sich hierbei eine Bétonschüttung erweisen, welche die Quellen verstopft und ein wasserdichtes Bett herstellt. — Am besten, der Textur nach, ist der grobkörnige, scharfe Sand, doch kann auch Sand von feinem Korn unter günstigen Verhältnissen noch als guter Baugrund gelten, namentlich wenn das Unterspülen der Baugrube durch seitliche Begrenzung der Baustelle sorgsam verhindert wird. — Da die Sandkörner in Folge starker Reibung sich in ihrer Lage zu einander erhalten, und den Druck gleichmäßig vertheilen, so hat man den Sand mit Vortheil auch als Zwischenlage auf andere Erdarten aufgeschüttet und dadurch den Druck der Fundamente auf eine größere Grundfläche zu vertheilen gesucht.

Der Thon, besonders der blau gefärbte, gehört nicht zu den vorzüglichsten Baugründen, und namentlich dann nicht, wenn er abwechselnd vom Wasser erweicht und wieder trocken werden kann; seine Masse wird dadurch eine wechselnde und durch die Volumveränderung wird eine Bewegung hervorgerufen, das Gebäude wird sich setzen, was demselben gefährlich werden kann. Schon aus diesem Grunde muß man in Thonboden so tief hinabgehen, daß die Schichten der Einwirkung der Atmosphäre entzogen sind und die erwähnte Volumveränderung nicht zu befürchten steht. Bleibt andererseits der Feuchtigkeitsgrad des Materials constant derselbe, so kann es zu den guten Baugründen gerechnet werden, immer aber wird bei Fundirungen auf Thon mit großer Vorsicht zu verfahren sein. Ist z. B. der Thon sehr fett, bekommt derselbe beim Austrocknen Risse und ist dabei ein ungleichmäßiges Setzen der Fundamentsohle vorzuziehen, so kann es zweckmäßig sein, wie oben schon erwähnt wurde, die Fundamente auf eine entsprechend breite und hohe Sandschicht zu stellen. Ist der Thon weich, nachgiebig und wenig dicht, so kann man durch Einstampfen eines Pflasters von faustgroßen Steinen denselben verdichten und auf solche Weise auch weichen Boden, wenn nur genügend feste Schichten darunter sind, zum Tragen großer Lasten geschickt machen.

Alle aus Thon und Sand gemischten Bodenarten haben, je nachdem der eine oder der andere Bestandtheil

vorherrscht, mehr die Eigenschaften des Thones oder des Sandes. Eigentlicher Lehm, besonders solcher von hellgelber Farbe und mit Sand und Steinen gemischt, ist bei genügender Mächtigkeit ein sehr guter Baugrund; auf eine 3—4 m mächtige Schicht desselben von genügender Flächenausdehnung kann ein mehrstöckiges Gebäude ohne weitere künstliche Befestigung gesetzt werden.

Humus, Torf und Moor, welche durch Mischung mit vegetabilischer Substanz weich und veränderlich sind, gelten als schlechter Baugrund. Hier wird man immer auf ein gewisses „Setzen“ rechnen müssen und danach seine Einrichtungen zu treffen haben. Hierher gehört auch der Ackergrund und aller aufgeschüttete Boden, mit Ausnahme der oben genannten Sandschüttungen.

Diese Baugründe liegen nun entweder ganz trocken oder sie sind immer oder nur zuweilen von Wasser aufgeweicht. Im letzten Falle nennt man den Grund feucht resp. naß, oder wenn er aufgeweicht und sehr nachgebend ist, sumpfig.

Die Höhe, bis zu welcher ein Terrain von Wasser durchzogen ist, nennt man die Höhe des Grundwasserstandes; sie wird bedingt durch den Wasserstand nahe liegender, großer Wasserbehälter, als Seen, Teiche, Flüsse. Weil diese nun, wie bekannt, gewissen Veränderungen durch Quellenreichtum und atmosphärische Niederschläge unterworfen sind, wird auch der Stand des Grundwassers zu verschiedenen Jahreszeiten ein veränderlicher sein, ein Umstand, der für manche Fundirungsarbeiten von Bedeutung ist. — Dringt das Wasser nur an einzelnen Stellen der Baugrube in Form von Quellen hervor, so heißt der Grund Quellgrund.

§. 2.

Das Gewicht, welches ein guter Baugrund auf die Dauer zu tragen im Stande ist, hängt wiederum außer von der Mächtigkeit der Schicht auch von der Struktur derselben ab, bei Felsboden also von der bekanntlich sehr verschiedenen Härte und Festigkeit des betreffenden Gesteines. Folgende Tabelle gibt die Druckfestigkeit verschiedener Felsarten in Quadratcentimetern und Kilogrammen an, die man jedoch in der Praxis etwa nur mit dem 10ten Theil in Anspruch zu nehmen pflegt.

Basalt	1200—1800 kg
Basaltlava	400—700 "
Granit	360—1000 "
Grauwacke	600—800 "
Kalkstein	200—240 "
Marmor	220—500 "
Porphyry	300—500 "
Sandstein	150—550 "

Serpentin	700—800 kg
Synit	1000—1200 "
Tuffstein	50—60 "
Trachyt	60—200 "

Den auf den Baugrund ausgeübten Druck empfängt auch die Unterfläche des Baumaterials, welches gestützt werden soll: über die zulässige Inanspruchnahme des letzteren darf also der Baugrund auch nicht belastet werden. Bei Backsteinen und Bruchsteinen, aus welchen unser Fundamentgemäuer in den gewöhnlichsten Fällen besteht, beträgt die zulässige Inanspruchnahme auf Druck etwa 8—9 kg pro qcm, während die Druckfestigkeit des Bétons 5—6 kg pro qcm beträgt. Da nun die meisten der vorgenannten Felsarten eine weit höhere Belastung erlauben, so wird bei Fundirung auf Felsen eine Verbreiterung der Fundamentsohle höchstens bei Tuffstein und Trachyt erforderlich sein, um eine größere Bodenfläche zum Tragen zu bringen.

Festgelagerter Kies, Sand und massiger Thonboden darf durchschnittlich mit 5 kg pro qcm belastet werden*). Wo eine Sandschicht als Zwischenlage auf ungenügenden Baugrund aufgeschüttet wird, kann man sie ohne Bedenken noch mit 3 kg pro qcm belasten. — Der Alluvialboden unserer norddeutschen Ebene wird im Maximum mit 4 kg pro qcm in Anspruch zu nehmen sein.

Die Vorarbeiten des Grundbaues.

A. Untersuchung des Baugrundes.

§. 3.

Um über die Güte und Beschaffenheit eines gegebenen Baugrundes sicheren Aufschluß zu erhalten, haben sich die in diesem Sinne erforderlichen Untersuchungen zu erstrecken: auf die geologische Beschaffenheit der einzelnen Bodenschichten, auf ihre Mächtigkeit, ihre Tragfähigkeit und ihr Verhalten gegen die äußeren Einflüsse der Atmosphäre. Bei einfachen geologischen Verhältnissen, oder wo Erfahrungen über Gründungen in der Nähe der Baustelle vorliegen, werden häufig specielle Bodenuntersuchungen unterbleiben können; dagegen wird in allen zweifelhaften Fällen eine sorgfältige Untersuchung erforderlich sein, weil der, mit einer künstlichen Fundirung verbundene Zeit- und Geldaufwand häufig bestimmend sein kann, die Baustelle zu verlassen und einen geeigneteren Baugrund zu wählen.

Die Mittel, deren man sich zur Untersuchung des Baugrundes bedient, sind folgende:

*) Bei Kastengründungen ist in Berlin eine Belastung des Sandgrundes bis zu 5,12 kg pro qcm üblich, doch ist man in schwierigen Fällen und wo der Baugrund sehr tief lag, auch über dies Maß hinausgegangen. Vergl. Deutsche Bauzeitung, Jahrgang 1872, Seite 88.

- 1) Das Ausgraben.
- 2) Die Untersuchung mit dem Sondireisen.
- 3) Die Untersuchung mit dem Erdbohrer.
- 4) Das Einschlagen von Probepfählen.
- 5) Das Belasten.

I. Das Aufgraben gibt den sichersten Aufschluß über die Bodenbeschaffenheit der in Betracht kommenden Schichten; aber dies Verfahren ist in großer Tiefe und bei starkem Wasserandrang nicht wohl anwendbar. Aus diesem Grunde gewährt es auch in dem aufgeschwemmten Boden der Flußthäler nur geringe Sicherheit, weil aus wenigen durchgrabenen Sandablagerungen eines Stromes noch nicht mit Gewißheit gefolgert werden kann, daß dieselben auf festem Untergrunde ruhen.

II. Das Sondireisen besteht aus einer runden oder rechteckigen Eisenstange (Fig. 1) von 2,5 bis 4 m Länge und 3 bis 4 cm Stärke, welche am oberen Ende mit einem Dehr versehen ist, um einen starken Bügel durchstecken zu können, mit dessen Hilfe sie von mehreren Arbeitern durch Drehen und Stoßen leicht in den Boden getrieben wird. Für größere Tiefen schraubt man sie aus mehreren Stücken zusammen. Dieses Eisen wird, nachdem man vorher bis zur Grundwasserhöhe aufgedrungen hat, häufig mit Hilfe eines schweren Hammers drehend in den Boden getrieben und aus dem leichteren oder schwereren Eindringen desselben in den Boden schließt man auf die größere oder geringere Tragfähigkeit desselben, während beim Herausziehen die etwa am Eisen haftenden Spuren auch die geologische Natur der durchstoßenen Schichten erkennen lassen. So zeigt sich das Eisen, soweit es im Sande war, leicht polirt; Spuren von Lehm oder Torf sind durch die Färbung erkennbar. Das Anhängen von Proben des durchstoßenen Bodens läßt sich dadurch befördern, daß man das Eisen mit einigen kleinen Vertiefungen versehen, und diese mit Talg ausfüllt. Trotz alledem sind die mit dem Sondireisen zu erreichenden Resultate ungenau und unsicher, denn es ist schwer zu bestimmen, in welcher Tiefe sich die Höhlungen gefüllt haben.

Fig. 1.



III. Der Erdbohrer ist dasjenige Instrument, welches die zuverlässigsten Resultate bei Untersuchung des Baugrundes gewährt; es gibt deren mehrere Arten und von so zweckmäßiger Konstruktion, daß man nicht leicht in die Verlegenheit kommt, eine solche Vorrichtung selbst angeben zu müssen. Jeder Erdbohrer besteht aus dem eigentlichen „Bohrer“, d. h. dem den Boden unmittelbar angreifenden Instrument und der daran befestigten über das Terrain emporreichenden Bohrstange oder dem „Gestänge“, und an letzterem unterscheidet man das obere oder Kopfstück von den Mittel- oder Verlängerungsstücken. Für bauliche

Zwecke erstrecken sich die Bohrungen selten tiefer als auf 20 m und die Bohrer haben gewöhnlich 7—12 cm Durchmesser. Man unterscheidet dabei Bohrer mit steifem Gestänge und Seilbohrer; letztere finden im Felsboden Anwendung und lediglich zu dem Zwecke, um das große Gewicht des Gestänges zu vermeiden.

Aus dem in kleinen Massen aus dem Bohrloch herausgeschafften Boden, sowie aus der Tiefe des Loches, wird die Kenntniß der Bodenschichten erlangt.

Die Gestalt der Bohrer ist verschieden, je nach der zu erbohrenden Erdart; unter den mannigfaltigen Einrichtungen dieser Art heben wir besonders folgende hervor:

a) den eigentlichen Erdbohrer, der gedreht wird und wirklich bohrt (für Humus, Moor, Lehm, Thon, auch in Kies und Sand anwendbar);

b) den Sandbohrer, der den Boden schöpft (für Erde, Sand und Kies);

c) den Steinbohrer, zum Bohren von Gestein.

Die eigentlichen Erdbohrer sind — je nach der Consistenz des Erdmaterials, das durchbohrt werden soll — mehr oder weniger geschlossene Cylinder, die man entweder mit einer durchgehenden zugespitzten oder zu einer Schraube endigenden Achse versteht, oder es wird der obere Theil des Cylindermantels mit dem Bohrgestänge verschweißt oder vernietet. Anstatt des Cylinders wählt man für weniger consistente Bodenarten häufig eine konische Form des Mantels.

Zum Durchschneiden des Rasens und der in den oberen Bodenschichten vorkommenden Wurzeln benützt man den Schneidebohrer, Fig. 2, einen aus Stahl hergestellten

Verlängerung des Gestänges kann man nach Erfordern beliebig viele Mittelstücke von 2 bis 4 m Länge dazwischen-schrauben.

Zum Durchbohren von Thonschichten benützt man den Bohrer, Fig. 3, dessen Mantel aus Stahlblech besteht, welches cylindrisch so gerollt wird, daß ein Schlitze offen bleibt. Die Kanten des Schlitzes sind deßhalb zugespitzt und beim Drehen desselben wird die Erdmasse abgeschnitten und in den Cylinder gepreßt. Je fester die Erdschichten sind, desto größer kann der seitliche Schlitze sein, doch bleibt derselbe häufig auch ganz fort, indem das Stahlblech uhrfederartig gerollt ist; in den Zwischenräumen der Windung bleibt dann beim Herausziehen des Bohrers das Thonmaterial haften.

Wenn der Bohrer im Querschnitt nur einen Halbkreis oder ein Segment bildet, so nennt man das Instrument einen Löffelbohrer*) (Fig. 4 und 5); derselbe kann bei zähem Thon, fester Erde und weichem Gestein Anwendung finden. Häufig dient er nur zum Eröffnen eines kleineren Bohrloches, welches dann mit einem zweiten Bohrer erweitert wird. Alle zur Erweiterung benützten Bohrer müssen in eine Spitze auslaufen, damit sie sich genau in die Achse des Bohrloches einstellen (Fig. 6 und 7).

Zum scharfen Einschneiden in Thonboden, gleichzeitig zum Herausziehen des Materials dient der „reifartige Bohrer“, Fig. 8, der aus Fig. 6 durch Fortfall des Löffelrückens entsteht.

Zur Erweiterung von Bohrlöchern dient auch die in Fig. 9 dargestellte sogen. amerikanische Zunge, mit

Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

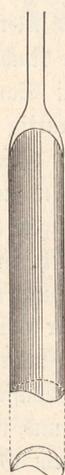


Fig. 5.

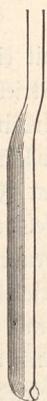


Fig. 6.

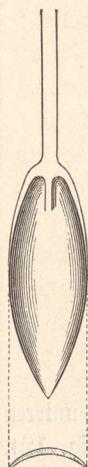


Fig. 7.



Fig. 8.

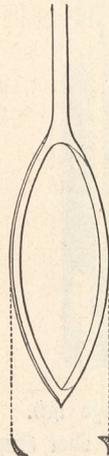


Fig. 9.



Löffel mit schraubenförmiger Endung, der mit dem 3 bis 4 cm starken Bohrgestänge A verschweißt ist. Die Bohr- stange endet bei a in einem Schraubengewinde, auf welches das Kopfstück B mittelst einer Schraubenhülse aufgeschraubt wird; das runde Dehr desselben dient zum Durchstecken einer Handhabe, mittelst welcher der Bohrer gedreht wird. Zur

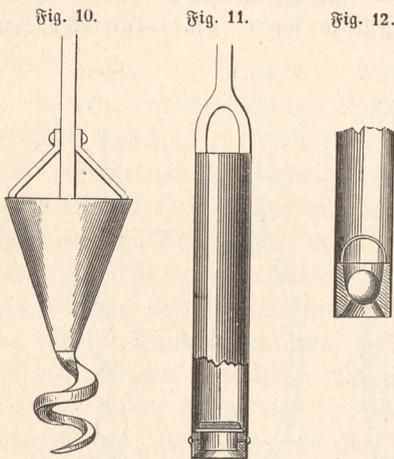
mehreren Schraubenwindungen, und der Trepanirbohrer

*) Diese und die folgenden Figuren sind entlehnt dem vortrefflichen Werke: „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“. Herausgegeben von Edmund Heusinger von Waldegg. I. Bd., VII. Kapitel. „Grundbau“, bearbeitet von G. Meyer, Leipzig, Engelmann's Verlag. 1879.

mit ∞ förmigem Querschnitt, der zu unterst in eine scharfe Spitze ausläuft.

Wo die Bohrlöcher durch leichter bewegliche Schichten (wie im Alluvialboden durch wechselnde Lagen von Lehm, Sand, Kies, Letten) getrieben werden müssen, da werden sich die Seitenwände, namentlich unter Wasser, nicht halten und es ist daher eine Ausfütterung des Bohrlochs durch Röhren erforderlich. Diese sogen. Futterröhren haben dann die volle Weite des Bohrlochs und werden in dem Sinne nachgetrieben, wie der Bohrer fortschreitet. Will man den letzteren aber herausziehen oder einführen, so muß er sich auf die Innenweite der Röhre zurückbringen lassen, was dadurch erreicht wird, daß der eine Schenkel desselben um ein Charnier drehbar gemacht und beide durch eine Stahlfeder auseinander gehalten sind, wenn der Bohrer unterhalb der Futterröhre arbeitet, während er beim Bewegen durch die Röhre auf das vorschriftsmäßige Maß zurückgeht. Die Vorrichtung nennt man die Krebszschere.

ad b) Bestehen die zu untersuchenden Erdschichten aus feintörnigem Sande oder aus schlammigem Boden, so benützt man zum Bohren den eigentlichen Sandbohrer oder die Sandkelle. Die letztere (Fig. 10) ist ein oben offener Trichter mit unterer, schraubenförmiger Fortsetzung; beim Eintreiben des Bohrers durch Drehen füllt sich der Trichter mit Sand und wird alsdann herausgezogen. — Neuerdings benützt man häufiger den Ventilbohrer oder Ventillöffel (Fig. 11), einen unten offenen Cylinder von Eisen-



blech, der 30 bis 80 cm Länge hat. An seinem unteren Ende befindet sich ein Klapp- oder Kugelventil (Fig. 12), durch welches die Erde in den Cylinder eindringt. Dieses Instrument wird mittelst einer leichten Stange oder durch ein Hanfseil möglichst rasch auf und nieder bewegt, wobei das Ventil sich abwechselnd öffnet und schließt und dadurch der Cylinder sich mit Sand füllt. Beim Aufwuchten des Bohrers kann man an der ausgehobenen Erde die Zusammensetzung des Bodens in verschiedenen Tiefen sicher er-

kennen, wenn der Wasserandrang nicht zu heftig ist. Im letzteren Falle kommt dann häufig das Bohren unter Anwendung von Futterröhren zur Anwendung. Ist nämlich der Wasserandrang so stark, daß der Sand dadurch aufgelockert wird, so sinkt das flüssige Material unaufhörlich nach und verschüttet das Bohrloch, sobald der Ventilbohrer hochgezogen wird, ja der geförderte Boden kann dabei so aufgelockert werden, daß die consistente und tragfähige Sandschicht ähnlich dem Trieb sand erscheint und zu unnötiger Vertiefung des Bohrlochs anregt. In diesem Falle leisten die Futterröhren vorzügliche Dienste, indem sie die Wandungen des Bohrlochs fest erhalten. Ihr Durchmesser wechselt zwischen 0,1 und 0,15 m, wenn es sich um bloße Bodenuntersuchungen handelt; für tiefere Bohrlöcher macht man sie erheblich weiter. — In dem Sinne, wie der Bohrer tiefer dringt, müssen dann die Röhren nachgetrieben und zu dem Ende so eingerichtet werden, daß man neue Stücke aufspießen kann. Gewöhnlich werden die einzelnen, aus Eisenblech von 3 bis 4 mm Wandstärke hergerichteten, 1,2 m langen Röhrenstücke durch mit Gewinde versehene äußere Muffen verschraubt; seltener bestehen sie aus Gußeisen oder Holz. Sie dürfen im Innern keinerlei Vorsprünge haben und erhalten im untersten Theil eine ringförmige Verstärkung, damit sie den Widerstand des Bodens leichter überwinden. — Das Eintreiben der Röhren geschieht bei geringen Tiefen durch Drehen mittelst umgelegter Zwingen, bei größerer Tiefe durch Einrammen, wobei besondere Holzklöge untergelegt werden. Die Weite des Futterrohres wird dabei mindestens 4 cm größer genommen, als der Durchmesser des Sandbohrers.

Diese Methode, im Schwimmsand zu bohren, ist noch mit einem Nachtheil behaftet, indem die im Bohrloch hochgetriebenen Sandtheile das Gestänge verklemmen und die Arbeit derartig hindern, daß der Ventilbohrer seine Dienste vollständig versagt. Um solche Uebelstände zu vermeiden, hat Jensen nach einer schon früher von Foubelle für Felsbohrungen angewandten Methode Druckwasser angewendet, d. h. in das Futterrohr ein engeres Druckrohr eingeschoben, durch welches mittelst einer Druckpumpe ein Wasserstrahl unter starkem Druck auf den sandigen Grund unterhalb des Futterrohres geleitet ist. Hierbei lockert das eingetriebene Wasser die Bodentheile auf der Sohle des Bohrlochs auf und treibt den Sand in dem ringförmigen Raume zwischen dem Gestänge und der Futterröhre rapid zu Tage, wobei die Bohrung sichtlich vorschreitet*). Diese Neuerung wird übrigens auch zum Eintreiben von Pfählen und Spundwänden verwendet.

*) Vergl. die Mittheilung von Hübbe über „Bohrungen an der Elbe“ unter Anwendung von Druckwasser in: Deutsche Bauzeitung 1873. S. 92.

Die Ingenieure Chauvit und Catelineau haben durch Versuche auch die Geschwindigkeit festzustellen versucht, mit welcher der Wasserstrom eindringen mußte, um Bodentheile von verschiedenem Korn zu heben. Es hob hiernach*) ein Wasserstrom von:

0,1 m	Geschwindigkeit	feinen Sand,
0,2 m	"	groben Sand,
0,5 m	"	Grund von 2 cm Korn,
0,1 m	"	kleine Kiesel.

ad c) Zum Bohren in Felsboden bedient man sich der sogen. Meißelbohrer, die mit einem festen Gestänge oder an Seilen gehoben werden und beim Niederfallen das Gestein zertrümmern. Hierbei wird der Bohrer nach jedem Schläge etwas gedreht, um immer neue Stellen des Gesteins zu treffen. Der Bohrmeißel (Fig. 13) besteht, wenigstens im unteren Theil, aus Stahl und wird gehärtet, nach unten schlang ausge schmiedet und mit einer Schneide — deren Flächen etwa unter 45° zusammenlaufen — versehen. Die Schneide ist nicht gerade, sondern schwach gekrümmt hergestellt; auch soll sie beim Schärfen immer wieder zu ihrer vollen Länge ausge schmiedet werden, damit sich das

Fig. 13.

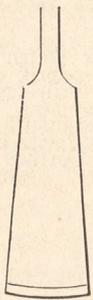


Fig. 14 u. 15.

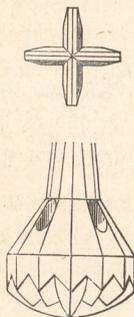
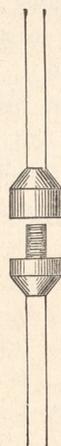


Fig. 16.



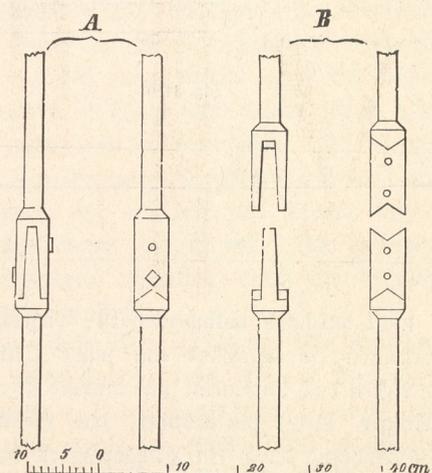
Bohrloch nach unten nicht verengt. Um die Arbeit zu fördern und den Bohrer zu schonen, gießt man Wasser in das Bohrloch, wenn solches nicht in Form von Grundwasser vorhanden ist. Der Bohrschlamm muß ab und zu durch einen Löffelbohrer entfernt werden. — Neben dem einfachen Meißelbohrer kommt noch der Kreuzbohrer (Fig. 14 im Grundriß) und der Kronenbohrer (Fig. 15) für die verschieden gearteten Gesteine zur Anwendung. Der letztere besteht aus mehreren sich kreuzenden Meißelschneiden und wird ebenfalls drehend in Funktion gesetzt.

Unebenheiten am Umfange des Bohrloches werden durch Flügelbohrer u. dergl. fortgenommen und diese — um

sie bequem schärfen zu können — mit Keilen oder Schrauben an der Bohrstange befestigt.

Das schmiedeeiserne Bohrgestänge besteht — außer bei geringen Bohrtiefen — aus einzelnen Gliedern oder Mittelstücken von 3 bis 5 m Länge bei einer Stärke von 2,5 bis 3 cm im Quadrat, welche auf verschiedene Art mit einander verbunden werden können. In Fig. 16 ist das Ende des einen Gliedes mit einer Schraubenspindel, das andere mit einer Schraubennutter versehen, und das Gestänge ist an der Verbindungsstelle verstärkt. Wenn man die auf einander treffenden Flächen flach ansteigend abdreht und Sorge trägt, daß die Schraubenspindel den Grund der Schraubennutter nicht ganz erreichen kann, so wird man die einzelnen Glieder fest mit einander verbinden können und die abgedrehten Flächen werden eine genaue Centrirung des Gestänges erwirken. Diese Verbindungsart ist zwar einfach und von der Art, daß ein längeres Gestänge nicht leicht schlottert, aber sie hat den Uebelstand, daß man das letztere nur nach einer Seite drehen kann; auch rosten die Schraubennuttern leicht ein, was ebenfalls als ein Nachtheil bezeichnet werden muß. Man hat zu dem Ende die Verstärkungen der Schraubenspindeln sechseckig gemacht und ebensolche Muffen über die Verbindungsstelle geschoben, um das Drehen der Schrauben zu verhüten: aber diese Muffen können nur bei ganz bestimmter Stellung der Gestängeglieder übergeschoben werden, und daher wird nach einigem Gebrauch das Gestänge schlottrig. Wenn man also ein Gestänge haben will, welches sich vor- und rückwärts drehen läßt, so wendet man die in Fig. 17 unter A und B gezeichnete Verbindung an. Hier ist das eine

Fig. 17.

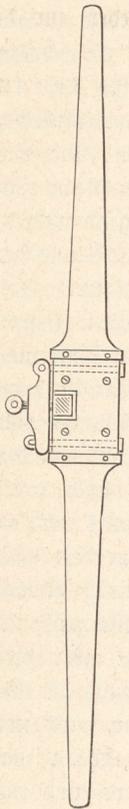


Ende des Gestänges mit einer Gabel versehen, welche das folgende Stück umfaßt, und mit diesem durch 2 Schraubenholz verbunden. Die Muttern sind auf entgegengesetzten

*) Classen, Handbuch der Fundirungsmethoden. Leipzig 1879. Brey mann, Bau-Construktionslehre. IV. Zweite Auflage.

Seiten der Habel einzulassen, damit die Lösung schneller, durch 2 Mann, bewirkt werden kann.

Fig. 18.



Bei Anfertigung des Gestänges ist die größte Genauigkeit zu beobachten, damit die einzelnen Glieder desselben in jeder Reihenfolge an einander passen, im anderen Falle entsteht beim Zusammensetzen ein großer Zeitverlust. — Der Querschnitt des Gestänges ist am besten ein Quadrat, dessen Seitenabmessung (für Bodenuntersuchungen) 2,5 cm und bis zu einer Länge von 30 m 3 cm betragen kann.

Zum Drehen des Bohrers kann zwar, wie in Fig. 2, das obere Ende mit Dreh zur Aufnahme des Durchsteckstockes versehen sein, bei größeren Längen muß dasselbe jedoch mit einem Windefeil gehoben und gesenkt werden können und zum Drehen bedient man sich alsdann eines Hebels von Holz (Fig. 18) oder von Eisen (Fig. 19^a), mit dem es möglich ist, das Bohrgestänge in jeder Höhe zu fassen. Muß hierbei größere Gewalt angewendet werden, so kann man sich auch eines langen Schlüssels (Fig. 19^b) bedienen, der gleichzeitig zum Lösen und Verbinden der Gestängeglieder benutzt werden kann.

Wenn es auch bei den Bohrlöchern, welche man zur Untersuchung des Baugrun-

Fig. 19 a.

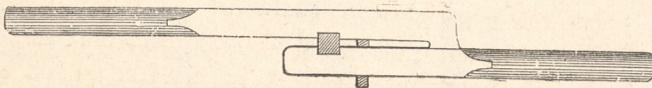
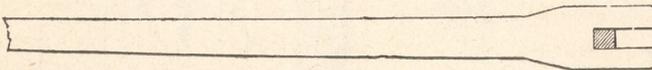


Fig. 19 b.



10 5 0 10 20 30 40 50 60 cm

Fig. 20 a.

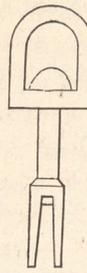
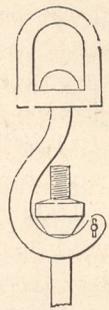
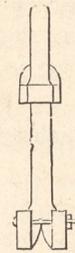


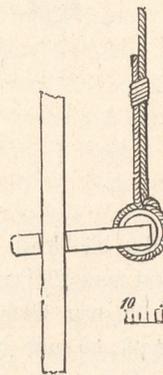
Fig. 20 b.



gliedes befestigt werden können. Besonders brauchbar sind diese Kopfstücke, wenn man in Stein bohren will, wobei der Bohrer nicht gedreht wird, sondern mit demselben gestoßen werden muß. Das in Fig. 20^b gezeichnete Kopfstück bildet einen Haken, dessen Doppelarme einen solchen Raum zwischen sich lassen, daß wohl der mittlere Theil eines Gestängegliedes Platz findet, nicht aber die an den Enden desselben angebrachte Verstärkung. Während des Bohrens werden die beiden Enden des Hakens noch durch einen kleinen Bolzen verbunden, um das Gestänge desto sicherer fassen zu können. Der Haken ist oben mit einem Wirbel versehen und so geformt, daß das gefaßte Stück in seine Schwereachse fällt, damit nirgends ein Klemmen oder Biegen veranlaßt wird.

Der in Fig. 21 gezeichnete einfache Haken ist sehr brauchbar, weil er das Gestänge an jeder beliebigen Stelle faßt und festhält, was besonders beim Herausnehmen oder Hinablassen langer Gestänge von großem Vortheil ist.

Fig. 21.



10 5 0 10 20 30 cm

des bohrt, nicht durchaus notwendig ist, dieselben genau vertikal abzuteufen, so erleichtert eine solche Stellung des Bohrers die Arbeit doch ungemein, und deshalb ist es (wenigstens bei einiger Tiefe) vortheilhaft, das Gestänge auch während des Bohrens durch ein Hängezeug zu halten, damit dasselbe durch seine eigene Schwere in der vertikalen Richtung erhalten wird. Man bedient sich daher zuweilen besonderer Kopfstücke, Fig. 20^a und 20^b, welche oben mit einem Wirbel, unten aber mit einer solchen Vorrichtung versehen sind, daß sie auf jedes obere Ende eines Gestäng-

Das beim Absenken tiefer Bohrlöcher größere Gerüste nötig sind, an welchen das Gestänge hängt, versteht sich von selbst. Bei solchen Bohrungen aber, wie sie bei Untersuchungen des Baugrundes nötig werden, wird man häufig ohne alle Rüstungen auskommen können, oder man bedient sich eines einfachen, aus drei Hölzern verbundenen Bockes, wie ihn die Brunnenmacher gebrauchen. Derselbe trägt an seiner Spitze, wo sich die drei Hölzer (Stangen) um einen Bolzen drehbar vereinigen, eine feste Rolle, über

welche ein Tau geht, das, um einen der Rüstbäume geschlungen, am andern Ende das Bohrgestänge trägt.

Entsteht während des Bohrens ein Bruch des Gestänges, so bedient man sich zum Herausziehen des abgebrochenen Theils sogenannter Fanginstrumente, welche man am oberen Theil des Gestänges befestigt und mit diesem handhabt. Zum Greifen einer glatten Stange genügt ein Bügel, der über dieselbe geschoben wird. Sicherer für diesen Zweck ist ein spiralförmig gewundener Haken, durch dessen Drehung die Stange eingeklemmt wird (Fig. 22^a und Fig. 22^b). Andere Vorrichtungen, welche bestimmt sind das

Fig. 22 a.

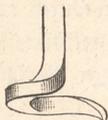


Fig. 22 b.



Gestänge zu fassen oder Futterröhren herauszuziehen, können hier unerörtet bleiben; wir verweisen zu diesem Zweck auf das „Handbuch der Wasserbaukunst“ von Hagen und das Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften von Heusinger v. Waldegg. I. Bd. 2te Hälfte.

IV. Das Einrammen von Probepfählen zum Zweck der Untersuchung des Baugrundes kommt dann in Gebrauch, wenn eine Gründung auf Pfählen beabsichtigt ist. Man kann dadurch die Gewißheit erlangen, in welcher Tiefe die Pfähle einen hinreichend widerstandsfähigen Boden erreichen, doch kann diese Methode nur annähernde Sicherheit gewähren, wenn es sich um die Feststellung des Projektes handelt; im Speciellen wird diese Materie in einem späteren Paragraphen zu besprechen sein.

V. Die Probelastung dient in einzelnen Fällen als ein, wiewohl nicht zuverlässiges Mittel zur Untersuchung der Tragfähigkeit eines Baugrundes. Dabei wird die Last direkt auf den Erdboden gesetzt. Liegt der Baugrund unter Wasser, so muß das Fundament bis über den Wasserspiegel heraufgeführt und dann mit Steinen, Eisenbahnschienen oder sonstwie provisorisch belastet werden. Diese Probelastung, welche immer größer sein soll, als die definitive Last, läßt man wenigstens einen Winter hindurch auf der betreffenden Stelle ruhen und beobachtet möglichst genau die in dieser Zeit etwa entstandenen Senkungen, aus deren Größe weitere Schlüsse in Bezug auf die Brauchbarkeit des Baugrundes gezogen werden können.

B. Die Herstellung und Trockenlegung der Baugrube.

§. 4.

Die Tiefe der Baugrube ist allemal durch die Sohlenlage des Fundamentes und der unter demselben etwa angebrachten Zwischenlagen und Schutzwerke bestimmt, während ihr Umfang durch die Configuration der Fundamente, ihre

Fundierungsart und etwaigen sichernden Umschließungen gegeben ist.

Bei der Ausführung von Hochbauten, welche hier in erster Linie in Betracht gezogen werden sollen, pflegt man nach erfolgter Absteckung des Gebäudes entweder nur die sogenannten Fundamentgräben auszuheben, d. h. der Grund wird nach der Gestalt dieser Mauern bis zur Tiefe des tragfähigen Bodens ausgeschachtet, oder — und dies ist der häufigere Fall — es werden auch solche Räume, welche innerhalb des Terrains liegen (die Souterrains) bis zur nöthigen Tiefe ausgegraben und danach erst die eigentlichen Fundamentgräben. Die Sohle der Gräben, auf welche das Mauerwerk unmittelbar zu stehen kommt, muß immer wagrecht angelegt werden, sofern die Mauer selbst vertikal steht, oder die in derselben wirksamen Pressungen eine vertikal gerichtete Resultante haben. Bei Anlage von Gewölben und Futtermauern ist es jedoch besser, die Sohle des Mauerwerks normal gegen die erwähnte Resultante zu richten, weil alsdann kein Bestreben vorhanden ist, das Mauerwerk auf seiner Grundlage zu verschieben. Im Hochbau kommt dieser Fall selten vor, und man kann nach Hagen die Grundfläche unbedenklich horizontal legen, so lange die Resultante sämmtlicher Pressungen gegen die Vertikale keine größere Neigung hat als 15°. Bei abhängigem Terrain muß die Sohle daher treppenförmig, d. h. in Absätzen hergestellt werden, wobei jeder der Absätze horizontal zu liegen kommen soll. Ein weiteres Abgraben zu dem Zweck, die Sohle in eine Horizontale zu bringen, ist unökonomisch und unrationell, weil dadurch an den höher gelegenen Stellen der gute Baugrund fortgegraben werden muß. Die Höhe der Absätze macht man kaum unter 30 cm und richtet sich dabei nach der Höhe der Steinschichten, die bei Bruchstein nicht wohl niedriger herzustellen sind.

In Bezug auf die Ausdehnung der Baugrube ist noch zu bemerken, daß man dieselbe gern des bequemeren Arbeitens halber in Länge und Breite etwas größer anlegt, als die Fundamente werden sollen. Bei schwierigen Fundierungen (auf Brunnen, Senkflästen, Béton) wird dagegen die Baugrube nur auf den zum Tragen der Fundamente erforderlichen Raum eingeschränkt. Im Uebrigen wird das weitere Verfahren wesentlich durch die Beschaffenheit des Baugrundes beeinflusst.

Fels- oder Steingrund. Die Fundaments-Sohle darf nur bei Felsarten, welche keiner Verwitterung unterliegen, direkt auf der Bodenfläche begonnen werden; hier hat man nur nöthig die oberste Felslage abzuräumen und die Bausohle lagerhaft, also wagrecht vorzurichten. Bei Bauten am Bergabhange ist diese Sohle mindestens in einzelnen Absätzen wagrecht herzustellen und die Absätze sind durch vertikale Flächen zu verbinden. Widersteht der Fels der Verwitterung nicht, so ist das Fundament vertieft in

den Felsen zu legen. Klüfte und Vertiefungen in der Oberfläche des Gesteins werden mit Mauerwerk ausgefüllt oder überwölbt; hierbei muß häufig die Kluft erweitert und mit Widerlagsflächen versehen werden.

Während im festen Gestein die Seitenwände der Baugrube senkrecht stehen bleiben dürfen, müssen alle anderen Bodenarten unter einem bestimmten Winkel geneigt angelegt werden, denn obwohl fester Thon und Lehm auch zeitweise senkrecht stehen bleiben, ist doch gerade der Thonboden von allen der gefährlichste, weil solche Thonwände unter dem Einfluß von Luft und Sonnenwärme bald Sprünge und Risse erhalten, wodurch sich größere Erdstücke lösen und beim Herabstürzen die Baugrube verschütten. Ein magerer Lehmboden, der mit Steinen und Sand gleichmäßig vermischt ist, gewährt in dieser Hinsicht größere Sicherheit und verlangt die geringste Böschung. Man muß daher bei der Anlage der Baugrube gleich auf die notwendige Böschung Rücksicht nehmen und ihre Flächenausdehnung um dies Maß größer nehmen. Auch richtet sich hiernach die Entfernung der Pfähle des Schnurgerüsts von der Fluchtlinie des Gebäudes, denn begreiflicherweise müssen diese außerhalb der Doffirung zu stehen kommen. Wenn man es nicht gerade mit ganz losem Sande zu thun hat, so wird man in der Regel mit einem Winkel der Böschung von 60° gegen den Horizont auskommen. Sand und Erde böschten sich freilich, frei aufgeschüttet, etwa unter 45 oder 40 Grad ab, doch verlangt eine zusammenhängende gewachsene Erdwand erfahrungsmäßig (und für kürzere Zeit) einen geringeren Böschungswinkel. Diese Erwägungen sind vor Eröffnung der Baugrube zu machen nöthig, damit man im Stande ist, die Größe der Baugrube zu bestimmen und den Cubikinhalt der auszugrabenden Masse zu berechnen. Auch macht es immer größere Unbequemlichkeiten, wenn man die Doffirungen anfänglich zu klein angenommen hat.

Bei tiefen Baugruben pflegt man sogenannte Bänke (Banquets) anzuordnen, d. h. die Böschungen mit Absätzen zu versehen. Dieselben gewähren Vortheile beim Transport der ausgegrabenen Erde und als Lagerplätze für Baumaterialien. Zu diesem Zwecke sollten die Bänke nicht unter 40 — 50 cm Breite haben, und wenn die ausgegrabene Erde mittelst Schaufeln von einer Bank zur andern geworfen werden soll, so darf die senkrechte Höhe der Bänke über einander höchstens $1,8$ — 2 m betragen. Dauert ein Grundbau lange, so daß die Böschungen der Baugrube den Winterfrösten, den Frühjahrs- und Herbstregen zc. ausgesetzt sind, so muß man dieselben durch Einzäunungen, Faszinen-, Bretter- oder Strohbeläge noch mehr zu sichern suchen, je nachdem die obwaltenden Umstände und besonders die vorhandene Localität das eine oder andere dieser Mittel rathsam machen.

Hindert die Localität die Anlage von Böschungen,

stehen z. B. benachbarte Gebäude zu nahe oder führt eine Straße zu nahe vorbei, so müssen die Wände der Baugrube abgesteift oder verschalt werden. Das gewöhnliche Verfahren besteht darin, daß man längs der Wände Pfähle einschlägt und hinter diese Bretter oder Diefen schiebt, an denen die Erde eine Stütze findet. Die Bretter zc. müssen immer hinter einem Pfahle gestoßen werden. Hiernach und nach der Stärke der Bretter richtet sich die Entfernung der Pfähle, ihre Stärke aber und die Tiefe, bis zu welcher sie eingetrieben werden müssen, hängt von der Größe des Erddrucks ab. Sind nur Fundamentgräben auszuheben, so daß die gegenüberstehenden Wände der Baugrube nicht weit von einander entfernt sind, so kann man durch querüber angebrachte Steifen, hinter welche man Brettstücke legt, oft ohne große Mühe und Kosten die nöthigen Verschaltungen herstellen.

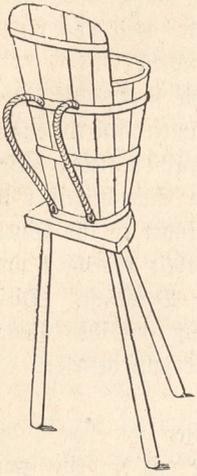
§. 5.

Die eigentliche Erdarbeit besteht in dem Auflockern und Fortschaffen der Erdmassen. Bei kleineren Arbeiten wird sehr oft das Ganze einem Unternehmer in Auford gegeben, wobei man den Preis für die Cubik-Einheit der ausgegrabenen Erde und den Zeitpunkt, bis zu welchem die Arbeit vollendet sein muß, festsetzt, und alsdann liegt es allerdings weniger im Interesse des Architekten, ob der Unternehmer seine Arbeitskräfte am angemessensten und die zweckmäßigsten Werkzeuge verwendet. Größere Erdarbeiten werden aber auch sehr häufig in eigener Regie der Bauverwaltung ausgeführt, und namentlich hierauf beziehen sich die folgenden Bemerkungen.

Das Werkzeug zum Auflockern und Verladen der Erde ist im Allgemeinen bekannt und besteht aus: Grabspat (Spaten), Schaufeln, Picken und Kreuzpicken, auch das Hebel- oder Brecheisen wird häufig gebraucht. Das erstere Handwerkzeug haben die Arbeiter häufig selbst und bringen es mit auf die Baustelle, in welchem Falle sie dann einen etwas höheren Tagelohn bekommen, als wenn ihnen das Werkzeug geliefert wird. Letzteres ist indessen meistens vorzuziehen, denn nicht nur, daß die Arbeiter gewöhnlich mangelhafte Geräthe mitbringen, mit denen sie nicht gehörig arbeiten können, sie schonen dieselben auch über die Gebühr, weil jede Abnutzung ihr Schaden ist. Läßt man das Werkzeug auf Kosten der Baukasse anfertigen, so hat man besonders bei den Picken und Hauen, welche immer als Hebel wirken, auf eine starke Construction zu sehen, wozu namentlich gehört, daß diese Instrumente am Dehr eine hinreichende Eisenstärke bekommen, auch darf das Dehr selbst nicht zu kurz, sondern muß immer gegen 7 — 8 cm lang, auch mit einem gehörig starken Nacken versehen sein. Eine ordentliche Picken ist von der Spitze bis zum Dehr 30 bis 40 cm lang.

Zum Transport der aufgehauenen Erde dienen Schieb- und Handkarren. Man hat darauf zu rücksichtigen, mit welchem Geräth die Arbeiter muzugehen gewohnt sind, weil

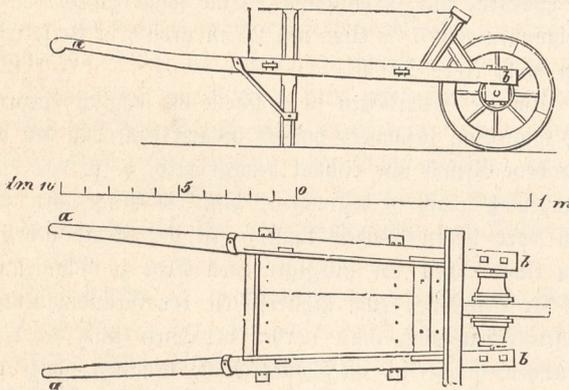
Fig. 23.



sich dieselben sehr ungern ein anderes oktroyiren lassen, wenn es auch vortheilhafter ist. So z. B. ist im Württembergischen die Tragbutte das landesübliche Transportmittel bei allen Erdarbeiten, und obgleich eine gut konstruirte Schiebkarre derselben in Beziehung auf Leistungsfähigkeit gewiß vorzuziehen ist, so sind doch schon mehrere Versuche, dieses Geräth einzuführen, an dem Vorurtheil der Arbeiter gescheitert. Bei beschränkten Baugruben, wie sie im Hochbau sehr oft vorkommen, ist die Butte übrigens der Karre deßhalb vorzuziehen, weil die Arbeiter, dieselbe auf dem Rücken tragend, nicht nur steile Rampen, sondern auch Leitern damit ersteigen können. Fig. 23 zeigt eine solche Butte mit dem dazu gehörigen Ladestuhl.

Fig. 24 zeigt eine Schieb- oder Kumpfkarre, sie faßt

Fig. 24.

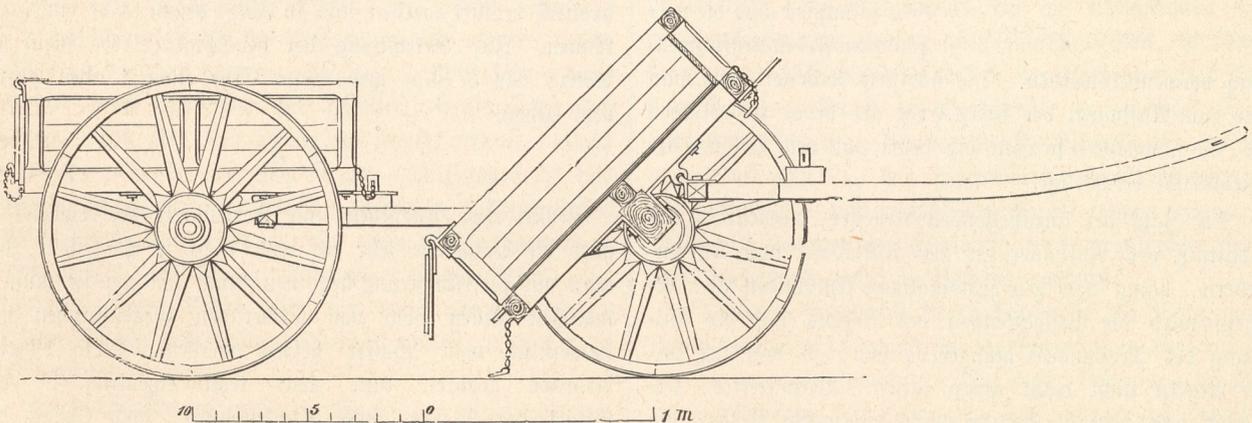


etwa 0,08 cbm Erde und kann von 15jahrigen Knaben geführt werden. Erwachsenen gibt man größere Karren, welche 0,09—0,12 cbm Erde fassen. Die Karre muß so konstruirt sein, daß der Schwerpunkt der beladenen Karre über, der der unbeladenen unter derjenigen geraden Linie liegt, welche man von dem Angriffspunkte der Kraft (der Handhabe) nach dem Mittelpunkt des Rades ziehen kann, damit die beladene Karre beim Entleeren leicht umgefippt werden kann, und sich, wenn sie entleert ist, eben so leicht wieder zurckkippen läst. Das Holz der Karre muß trocken und zähe und die Konstruktion eine solche sein, daß eine nothwendige Reparatur leicht vorgenommen werden kann. Den Kasten nagelt man am besten aus 2,3 cm starken kiehnernen Brettern stumpf zusammen; ein Verzinken ist durchaus unnöthig. Die Nabe und Speichen des Rades macht man gern aus Eichenholz, und die Bäume (a b) müssen immer aus geradegewachsenem Holze genommen werden und dürfen nicht „ber den Spahn“ geschnitten sein. Am leichtesten brechen die Füße ab, deßhalb müssen sie mit den Seitenleisten des Kastens aus einem Stück bestehen und nicht durch die Bäume hindurchgesteckt, sondern mit diesen verklammt werden. Sowohl die Füße mit den Bäumen, als auch die Füße unter sich werden mit eisernen Bändern verbunden; und letztere dienen zugleich dazu, daß die Karren damit auf den Laufbrettern ruhen, so daß die Füße nicht in den weichen Boden eindringen können.

Die Zapfen, aus 2 cm starkem Runderisen bestehend, stecken in der Nabe des Rades fest und drehen sich mit dieser in den Zapfenlagern. Letztere sind sehr häufigen Reparaturen unterworfen, und man wird sie am einfachsten aus ein paar Klzchen aus recht hartem (Weibuchen) Holze machen können, die man, jeden mit zwei kleinen Schraubenbolzen, unter den Bäumen befestigt. Sind diese ausgelaufen, was ziemlich bald geschieht, so können sie leicht durch ein Paar neue ersetzt werden.

Die Hand- oder Sturzkarren, von denen Fig. 25

Fig. 25.



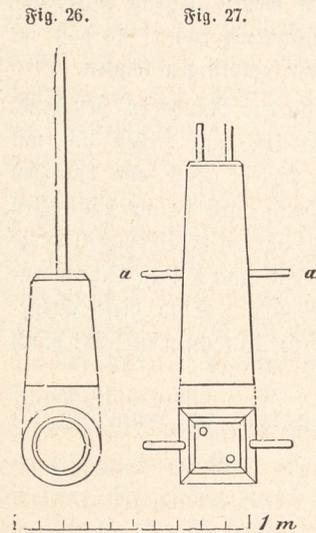
ein Bild gibt, enthalten etwa 0,3 cbm, werden nur bei größeren Entfernungen gebraucht und dann gewöhnlich von zwei Personen gezogen und nöthigenfalls von einer dritten geschoben. Sie müssen eine solche Einrichtung bekommen, daß der leere Kasten das Uebergewicht nach vorn, der gefüllte aber nach hinten hat, damit sich derselbe, so bald die bewegliche Rückwand gelöst wird, von selbst entleert und, sobald dies geschehen, auch wieder horizontal stellt. Diese Karren läßt man häufig auf Bretterbahnen laufen, welche mit starken Seitenleisten versehen sind, damit die Räder nicht abgleiten können.

Die Karrdielen oder Laufbretter macht man aus 5 cm starken Brettern, und damit sie nicht zu schwer werden, macht man sie nur etwa 20 cm breit und höchstens 4 bis 5 m lang.

Da nicht selten der Fall vorkommt, daß auch Auffüllungen von der ausgegrabenen Erde hergestellt werden müssen, wobei man in der Regel deren baldigste Comprimierung wünscht, so wollen wir hier noch eines Geräthes gedenken, das außerdem noch mancher Anwendung fähig ist, wir meinen den Stampfer. Die Wirksamkeit desselben steht mit den aufgewendeten Kosten selten im richtigen Verhältniß, weil es nicht mit der gehörigen Kraft gehandhabt

wird. Will man eine Erdauffüllung überhaupt durch Stampfen comprimiren, so muß man sich der Handramme bedienen, wie sie in Fig. 27 abgebildet ist und die ein Gewicht von 8—10 kg hat. Die Arbeit mit derselben gehört allerdings zu den anstrengenden, aber sie ist auch von einiger Wirkung.

So wie man nur zweckmäßig gestaltete Werkzeuge und Geräte anwenden sollte, eben so müssen auch die vorhandenen Arbeitskräfte zweck-



mäßig verwendet werden. Die stärksten Arbeiter stellt man daher zum Aufhauen der festen Erde an, bevor sie verladen wird, die schwächsten werden am besten mit dem Beladen der Schiebkarren beschäftigt.

Die Zahl der anzustellenden Arbeiter, namentlich das Verhältniß der Aufhauer zu den Aufladern und Karrenschiebern, hängt von den jedesmaligen Umständen ab, besonders wird die Beschaffenheit des Bodens und die Entfernung des Transports maßgebend sein, so daß sich spezielle Regeln nicht wohl geben lassen. Verwittertes, zerklüftetes und rolliges Gestein macht die meiste Mühe; am

wenigsten jede schon früher aufgelockerte Garten- und Ackererde; mehr Mühe verursacht dagegen grober, kiefiger oder stehender Sand; noch mehr Quellsand, dann Lehm, Thon. Zwei Arbeiter, welche 1,5—2 m von einander an einer geraden Wand arbeiten, hindern einander nicht, wohl aber, wenn sie an einem Viereck angestellt sind, weil sie, dieses immer verkleinernd, einander entgegenarbeiten.

Nur bei größeren Ausgrabungen, wie sie freilich selten bei Hochbauten vorkommen, bildet man unter den Arbeitern sogenannte Schächte unter einem Schachtmeister, wodurch die Aufsicht erleichtert wird. Der Schachtmeister ist übrigens Arbeiter wie die andern, nur führt er für seinen Schacht allein das Wort, erhält die Arbeit zugetheilt und vertheilt den vom Schachte erarbeiteten Verdienst. Diese Leute haben in der Regel großen Einfluß auf ihre Kameraden, und man muß daher bei der Auswahl derselben die größte Vorsicht anwenden.

Ist die ausgegrabene Erde nicht weiter als etwa 5 bis 6 m zu transportiren, so wird dieselbe mit ein oder zwei Würfen mit der Schaufel geworfen. Ist die Entfernung aber größer, so wendet man die Schiebkarre an. Bei weiterem Transporte ist es vortheilhaft, die Arbeit so einzurichten, daß ein Arbeiter eine Karre nur immer 30 m weit führt und dann die leere Karre seines Ablösemannes nach der Ladestelle mit zurücknimmt. Eine solche Länge, die bei Steigungen von 5 % etwa nur 25 m groß sein darf, nennt man wohl einen Wechsel.

Um die Erdarbeiten so wohlfeil als möglich einzurichten, muß man besonders darauf bedacht sein, daß der ausgegrabene Grund nur einmal bewegt wird, d. h. den ersten Abladepfad gleich so bestimmen, daß die hingeführte Erde auch dort liegen bleiben kann. In der Regel gebraucht man einen Theil der ausgegrabenen Erde zu Planirungen auf der Baustelle, zum Hinterfüllen der Grundmauern u. dgl. Diesen Theil muß man vorher berechnen und an einem bequemen Platze in möglichster Nähe behalten, doch darf man diese Erde nicht zu nahe an die Wände der Baugrube in bedeutenderer Höhe aufwerfen lassen, weil die Wände dadurch belastet werden und in Folge dessen leicht einstürzen können. Zur Berechnung der benötigten Erde diene die Notiz, daß 3 cbm gewachsene Erde etwa 4 cbm gegrabene geben.

§. 6.

Mit dem Ausheben und Fortführen des Bodens ist aber die Baugrube sehr oft noch nicht so hergestellt, daß man mit der Fundirung beginnen kann, sondern sie muß in manchen Fällen noch von hindernden Gegenständen und namentlich vom Wasser befreit werden. Diese letzteren Arbeiten gehören nun zwar recht eigentlich in das Gebiet des Wasser- und Brückenbaues, doch kommt das

Wasserschöpfen so oft auch bei Hochbauten vor, daß wir wenigstens das einfachere Verfahren dabei hier besprechen müssen.

Das Ausschöpfen tiefer Baugruben ist oft mit so großen Schwierigkeiten verbunden, daß es vor allen Dingen zu überlegen bleibt, ob man nicht lieber eine Fundirungsart wählen will, bei welcher das Wasserschöpfen entbehrlich wird. Hierbei kommt auch der Umstand in Betracht, daß ein an sich guter Baugrund durch ein kräftiges Wasserschöpfen geradezu unbrauchbar gemacht werden kann, indem durch das Senken des Wasserspiegels in der Baugrube das Gleichgewicht zwischen diesem und den benachbarten Wasserbassins so sehr gestört wird, daß in dem Baugrunde Quellen hervorgerufen werden, welche denselben auflodern. Ein solcher Fall kann um so leichter eintreten, wenn die Umgebungen des Baugrundes aus undichten und Wasser durchlassenden Schichten bestehen. Will man indessen unter solchen Umständen die Baugrube dennoch trocken legen, so wird man hierzu den Zeitpunkt benützen müssen, wo die Wasserspiegel der benachbarten Bassins am niedrigsten stehen, wenn sie überhaupt periodischen Senkungen unterworfen sind.

Der Effekt des Wasserschöpfens, d. h. die dabei geleistete Arbeit, läßt sich als das Produkt aus der gehobenen Wassermenge in die Höhe, bis zu welcher es gehoben wird, und in die Zeit, in welcher dieses geschieht, ausdrücken. Kann man daher einen dieser Faktoren, etwa die Hubhöhe auf die Hälfte verringern, so wird man eine doppelte Wassermenge in derselben Zeit, mit derselben Maschine, oder mit derselben Anzahl Arbeiter fördern können. Dieser Umstand wird sehr häufig außer Acht gelassen, da die Unternehmer solcher Arbeiten oft der irrigen Ansicht sind, daß es ganz einerlei sei, auf welche Höhe das Wasser gehoben werde.

Nicht immer ist es möglich, bei durchlässigem Boden die Trockenlegung der Baugrube durch Wasserschöpfen zu erzwingen; wenn dann eine Verlegung der Baugrube unstatthaft ist, wird man an eine Aenderung der Fundirungsmethode denken müssen.

Tritt an einzelnen Stellen das Wasser besonders heftig hervor, so ist oft der Versuch gemacht worden, solche Quellen zu dichten oder zu isoliren. Das Erstere kann geschehen durch Eintreiben von Pfählen, Einstampfen von trockenem Thon oder von Bêton und ähnliche Mittel, welche bei ruhigem Wasser zum Ziel führen. Wirkamer ist das Isoliren, Umschließen der Quellen mit einer dichten, unten offenen Wand von Holz (z. B. einem Faß) oder einer Brunnenröhre, welche man über einer solchen Quelle einrammt; in dieser Röhre wird sich dann der Wasserstand auf dem Niveau des äußeren Wassers halten, ohne sich in die Baugrube zu ergießen.

Sind Quellen in größerer Anzahl auf dem Boden der

Baugrube vorhanden, so bleibt das sicherste, aber freilich auch umständlichste Mittel, dieselben zu verstopfen, die Anlage eines Grundfangedammes, d. h. eine Lage von Bêton oder Thon, welche über die ganze Baugrube in hinreichend starker Schicht ausgebreitet wird; doch muß dem Bêton hinlänglich Zeit zum Erhärten gelassen werden, ehe man mit dem Ausschöpfen des Wassers beginnt.

Zur leichten Beseitigung des in die Baugrube eindringenden Wassers wird zunächst ein sogenannter Sumpf angelegt, d. h. eine durch Ausgrabung oder Baggerung hergestellte Grube, und in diese Vertiefung, deren Wände durch gespundete Bohlen oder andere Bekleidungen — je nach Erfordern — vor dem Nachstürzen gesichert werden, leitet man das Wasser durch passende Wasserabzüge hinein. Dadurch wird die Sohle der Baugrube trocken gehalten und alle größeren Substanzen, durch welche das Wasser verunreinigt wird, können sich hier ablagern, so daß sie von den Schöpfmaschinen ferngehalten werden. Von Zeit zu Zeit werden diese Sinkstoffe durch Baggerung entfernt. Uebrigens erfolgt die Entnahme des Wassers möglichst nahe der Oberfläche, wo es am wenigsten mit festen Bestandtheilen verunreinigt ist.

Endlich ist darauf zu achten, daß das Wasser nicht höher gehoben wird, als es nach dem äußeren Gefälle durchaus erforderlich ist: die Schöpfmaschinen müssen daher so eingerichtet sein, daß sie mit verschiedener Hubhöhe arbeiten können. (Vorrichtungen dieser Art lassen sich besonders leicht bei den Pumpen anbringen.)

Rücksichtlich der Wahl der Schöpfmaschinen zur Trockenhaltung einer Baugrube kommen zunächst zwei Faktoren in Betracht, nämlich die Zeitdauer, während welcher dies zu geschehen hat, und die Größe der Leistung, d. h. das in der Zeiteinheit zu bewältigende Wasserquantum. Sind diese Faktoren annähernd bekannt, so wird zunächst zu entscheiden sein, ob elementare, ob Thier- oder Menschenkräfte anzuwenden sind. Die erstgenannten erfordern zwar geringe Betriebskosten, aber große Anlagelkosten, und können daher erst bei einem größeren Umfange der Arbeiten in Betracht kommen, wo die Anlagelkosten durch geringe laufende Ausgaben ausgeglichen werden, im Gegensatz zu der, hohe laufende Kosten verursachenden Arbeit der Menschen. — Durch die Fortschritte der Technik ist die Herstellung leicht zu bedienender Dampfmaschinen derartig ausgebildet worden, daß gegenwärtig die Anwendung der Menschenkraft zu rein mechanischer Arbeit immer seltener geworden ist, dagegen die Benützung der unorganischen Naturkräfte mehr und mehr an Umfang gewinnt.

Trotzdem behält die Menschenkraft für obengenannte Zwecke entweder zu unmittelbarer Verwendung oder zur Bedienung der Schöpfmaschinen ihre große Bedeutung bei Fundirungs-Arbeiten von geringerem Umfang und vorübergehen-

der Dauer selbst dann noch, wenn sie sich im Gegensatz zur Maschinenarbeit als unökonomisch erweist: denn sie erfordert keinerlei Vorbereitung, läßt sich auf dem beschränktsten Bauplatze verwerthen, ist überall leicht zu haben und läßt sich bei plötzlich eintretendem Bedürfniß jeder Zeit leicht vermehren. Es werden daher auch der Anwendung der Menschenarbeit für die Zwecke der Trockenlegung der Baugrube einige kurze Betrachtungen zu widmen sein.

Die Anwendung thierischer Kraft bietet die zuletzt erwähnten Vortheile nicht, und die dazu erforderlichen Maschinen bilden für einfache Verhältnisse ein Hinderniß für ihre Anwendung, so daß sie nur ausnahmsweise zur Verwendung kommt.

Wo bei beschränkter Baustelle der Raum zur Aufstellung von Maschinen nur schwer abgewonnen werden kann, da werden die vertikal stehenden Pumpen anderen Schöpfmaschinen gegenüber mancherlei Vortheile bieten schon darum, weil bei ihnen die Förderhöhe leicht durch Veränderung des oberen Ausflusses vermindert werden kann.

Bei der Auswahl von Schöpfmaschinen wird endlich — mit Rücksicht auf die unausbleiblichen Verunreinigungen des Wassers — die Konstruktion derselben so zu wählen sein, daß der Mechanismus möglichst einfach, leicht zugänglich und nur selten reparaturbedürftig ist.

Die im Grundbau angewandten Apparate zur Wasserhebung lassen sich nun im Wesentlichen in die nachstehenden Kategorien bringen:

- 1) Das Wasser wird in Eimer oder Kästen gefüllt und gehoben; hierher gehören die Handeimer, Eimerketten (Morien), Eimerräder, Schöpfräder.
- 2) Das Wasser wird durch ausgeübte Stoßwirkung in die Höhe geworfen; hierher zählen die Wurf-schaufel, Schwungschaufel.
- 3) Das Wasser wird in beweglichen Kanälen gehoben, so beim Schneckenrad, der Wasserschnecke (Archimedischen Schraube oder Sonnenmühle).
- 4) Das Wasser steigt in festen Kanälen oder Röhren auf und das Heben geschieht:
 - entweder durch Schaufelwerke, Paternosterwerke; durch auf- und abwärts bewegte Kolben (Kolbenpumpen);
 - durch rotirende Flügelwellen (Centrifugalpumpen, Kreiselpumpen);
 - durch Wasser- und Dampfstrahlen (Wasserstrahlpumpen, Dampfstrahlpumpen).

Die Tendenz dieser Arbeit, welche den Schluß des IV. Bandes der Bau-Construktionslehre des Hochbaues bildet, wird es rechtfertigen, wenn im Nachfolgenden nur die wichtigeren und zur Zeit im Hochbau gebräuchlicheren Arten der Wasserschöpf-Vorrichtungen besprochen werden.

§. 7.

Auf beschränkten Bauplätzen, in engen Straßen, oder wo geringfügige Wassermengen aus den Fundamentgruben zu heben sind, kann das Wasser oft unmittelbar durch Handeimer ausgeschöpft werden. Die Arbeiter bedürfen dazu zwar keiner besonderen Einübung; soll aber der Effekt ein günstiger sein, so ist als Regel zu beobachten: daß die Arbeiter nicht über dem auszuschöpfenden Wasser, sondern — etwa bis zur Kniehöhe — in demselben stehen, wobei der Wassereimer etwa 1 Meter über dem Wasserspiegel ausgegossen wird. Ist nämlich die Hubhöhe größer, so wird die Arbeit zu ermüdend; es müssen dann zwei Reihen Arbeiter über einander aufgestellt werden, wodurch man bis zu 2 Meter Hubhöhe erreichen kann. Hierbei stellen die Arbeiter der unteren Reihe ihre gefüllten Eimer rechts neben die Arbeiter der oberen Reihe; diese entleeren sie und stellen sie links neben sich nieder, von wo sie der untere Arbeiter fortnimmt und wiederum füllt, u. s. f. Man verwendet hiezu lederne oder häufene Feuereimer, weil diese leicht und gewöhnlich in genügender Zahl zu haben sind; jeder Eimer soll etwa 0,01 cbm fassen und auf jeden Arbeiter ist ein Eimer zu rechnen. Die Arbeit geschieht mit stündlichen Pausen und werden bei Tage zwei, bei Tag- und Nachtarbeit drei Abwechslungen gerechnet. Jeder Arbeiter kann bei 1 m Hubhöhe 15mal in der Minute ausschütten, er fördert daher per Minute $15 \cdot 0,01 = 0,15$ cbm. Stehen zwei Reihen über einander, so leeren zwei Arbeiter pr. Minute bei 2 m Hubhöhe 12 Eimer aus: das Förderquantum pro Minute ist daher $12 \cdot 0,01 = 0,12$ cbm.

Bezeichnet hiernach M die Wassermenge und H die Hubhöhe, so findet man bei einer Reihe von Arbeitern deren Anzahl N aus der Gleichung:

$$1) \quad N = \frac{M \cdot H}{0,15}.$$

Bei zwei Reihen Arbeiter und doppelter Hubhöhe ist

$$2) \quad N = \frac{M \cdot H}{0,12};$$

der Effekt ad 1) verhält sich daher zu demjenigen ad 2) wie 15 : 12 oder wie 5 : 4.

Wenn hiernach die Wassermenge und die Hubhöhe gegeben sind, so findet man leicht die erforderliche Zahl der Arbeiter; dabei bleibt zu beachten, daß die Hubhöhe nur zwischen 1 und 2 Meter sich bewegen darf.

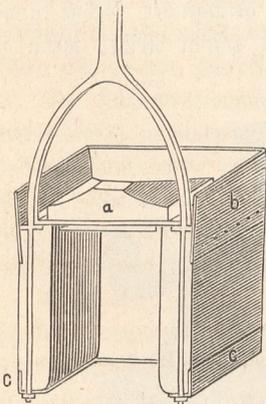
§. 8.

Außer den Handeimern kommen bei Hochbauten am meisten die Pumpen zur Trockenlegung der Baugrube zur Verwendung, denn ihre Anschaffungskosten sind sehr

mäßige und man bedarf nur geringen Raumes zu ihrer Aufstellung. Sie sind zwar zur Zeit auch leihweise zu haben, indessen kommt bei abgelegenen Baustellen und auf dem Lande doch zuweilen der Fall vor, daß auf leihweise Beschaffung nicht zu rechnen ist und daß man sie daher vom Zimmermann oder Brunnenbauer besonders anfertigen lassen muß. In diesem Falle werden sie aus Holz quadratisch im Querschnitt von 5 bis 8 cm starken kiefernen Brettern oder Bohlen angefertigt. Innerhalb werden die Röhren der Pumpenstiefel glatt gehobelt, mit Feder und Nut verbunden und die Fugen „kalfatert“, d. h. getheert und mit Berg verstopft. In Entfernungen von 1 m und am oberen und unteren Ende werden eiserne Zugbänder umgelegt, mittelst deren die Röhre nach erfolgtem Austrocknen fest zusammengezogen werden kann.

Der Kolben dieser Pumpen wird aus einem Stück trockenem Eschenholz (*Alnus glutinosa*) in den Wandungen 4 bis 6 cm stark ausgearbeitet und so groß hergestellt, daß zwischen Kolben und Stiefel höchstens 5 bis 7 mm Spielraum verbleiben. Oberhalb erhält derselbe einen schrägen Einschnitt, um die sogenannte Liderung (b) aus starkem Leder aufzunehmen (Fig. 28).

Fig. 28.



Das Ventil besteht aus einer in Del getränkten Lederscheibe, auf welcher ein Holzdeckel a befestigt ist, der die lichte Kolbenöffnung 1,5 cm überdeckt; unterhalb der Lederscheibe wird eine dünne Metallplatte, welche geringere Abmessungen hat als die lichte Weite des Kolbens, mit eisernen

Nägeln befestigt und dadurch auch mit dem Holzdeckel verbunden. Die Lederscheibe wird nur an einer Seite mit Kupfernägeln an den Kolbenstock festgenagelt, die übrigen drei Seiten liegen frei auf und lassen das Wasser hindurchtreten, sobald der Deckel gehoben wird. An der Unterkante wird der Kolbenstock mit einem eisernen Ringe umgeben, der bündig in den Stock eingelassen ist.

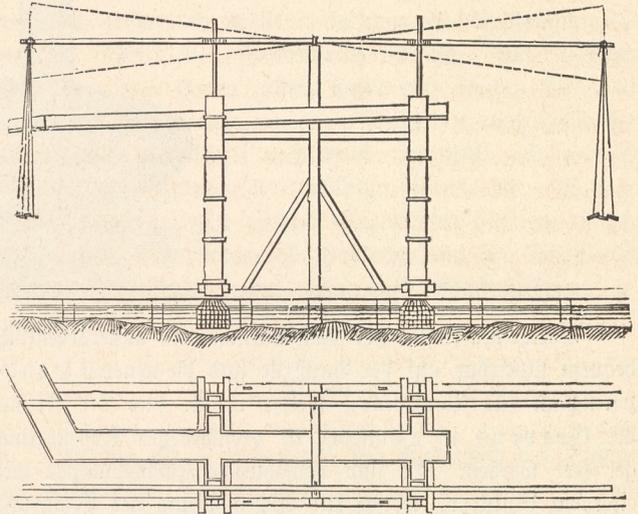
Die Kolbenstange ist unterhalb mit einer eisernen Gabel versehen, welche in Schraubenspindeln ausgeht; letztere reichen durch den ganzen Kolbenstock hindurch und werden an dem unteren Eisenringe durch Schraubenmuttern befestigt. Die Gabel ist derartig gebogen, daß sie die Bewegung des Ventiles nicht hindert.

Am unteren Ende des Pumpenstiefels wird stets ein Bodenventil angebracht, welches ähnlich wie das Kolbenventil gestaltet und durch Schrauben mit dem Pumpenstiefel fest verbunden ist.

Um das Eindringen von Unreinigkeiten in die Pumpe zu vermeiden, bringt man endlich zwischen dem Schwellgerüst, auf dem die Pumpe steht, dichte Gitter an.

Sollen diese Pumpen nun zur Entleerung der Baugrube Verwendung finden, so stellt man sie am besten paarweise auf und läßt die Mannschaft mittelst Zugleinen an einem horizontalen Hebel wirken, wie Fig. 29 zeigt. Die Knebel

Fig. 29.



an den Zugleinen hängen — bei Horizontalstellung des Hebels — 1,1 m über dem Boden und kann jeder Arbeiter an seinem Knebel mit 20 kg wirken und per Minute 25 Züge machen. — Die Anordnung des Hebels ist so zu treffen, daß die Kolbengeschwindigkeit nicht über 75 cm und nicht unter 16 cm per Sekunde beträgt. — Daß die Pumpenröhren zur Verminderung der Reibung vertikal stehen müssen, ist einleuchtend.

Die Wassermenge, welche paarweis combinirte Pumpen pro Minute liefern, ist das Produkt der Höhe des Kolbenhubes in den Querschnitt des Stiefels und die Anzahl der Kolbenhübe per Minute; hiervon dürfen jedoch — wegen des unvermeidlichen Hubverlustes — nur 5% in Rechnung gestellt werden. Bezeichnet wiederum:

- M die Wassermenge der Pumpen per Minute,
- N die Anzahl der Arbeiter,
- H die Förderhöhe und
- B die Weite des quadratischen Pumpenstiefels,

dann ist nach Cotelwein

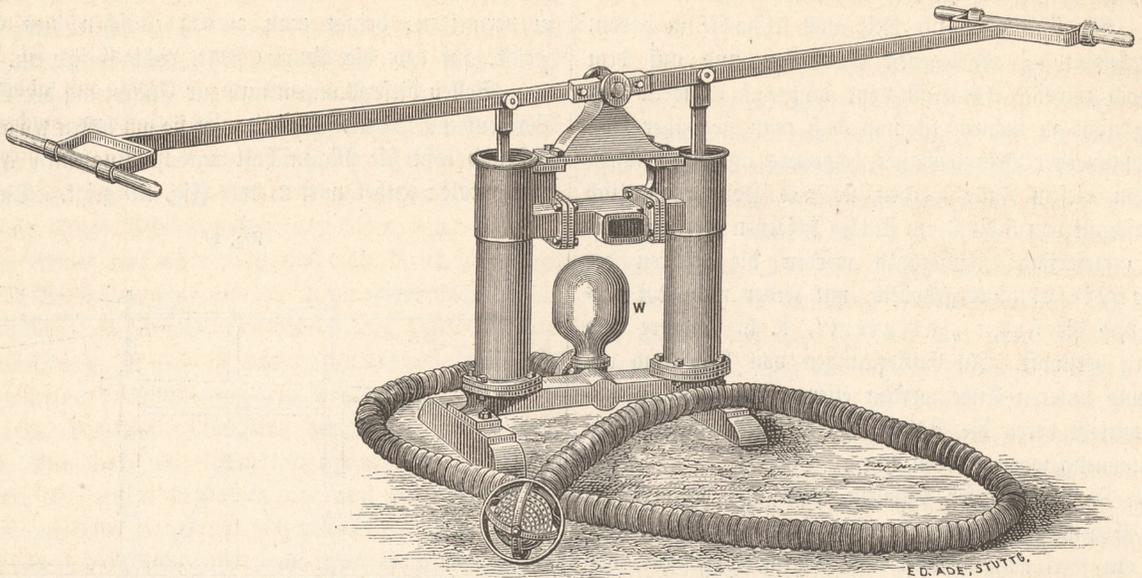
$$M \cdot H = 2,2 N \frac{B}{(5 B + 1)}.$$

Nimmt man beispielsweise $B = 0,23$ m, so wird

$$M \cdot H = 2,2 \cdot N \frac{0,23}{5 \cdot 0,23 + 1} = 0,24 N;$$

diese Förderungsmethode ist daher vortheilhafter, als die in §. 7 besprochene mittelst Handeimern.

Fig. 30.

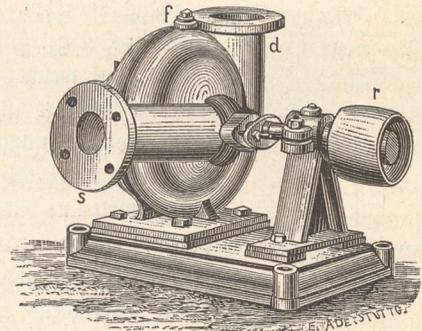


Vortheilhafter in der Konstruktion und außerordentlich bequem placirbar auf der Baustelle sind die neueren Handpumpen für Bauzwecke, welche u. A. von der Firma W. Garvens in Hannover in verschiedener Ausführung geliefert werden. Es sind gewöhnliche Kolbenpumpen mit eisernem Cylinder, welche zur Ausschöpfung der Baugrube meistens als transportable Doppelpumpen konstruirt werden, um die Anstellung einer größeren Anzahl von Arbeitern an derselben Pumpe zu gestatten (Fig. 30.) Jeder der beiden Cylinder hat eine lichte Weite von 15 bis 16 cm und es liefern diese Pumpen bei einer Saughöhe bis zu 8,8 m, wenn sie von 4 Mann in Bewegung gesetzt werden, in der Stunde etwa 15 cbm Wasser. Als Saugröhren werden fast ausschließlich Gummispiralschläuche von 6,5 cm Lichtweite verwendet; am unteren Ende des Schlauches ist ein kupferner Saugkorb mit schmiedeeisernem Schutzkorb angebracht, um die größten Unreinigkeiten von der Pumpe abzuhalten. Das gemeinschaftliche Saugrohr mündet in den Windkessel w, wodurch die Gleichmäßigkeit der Wasserzuströmung regulirt wird. Die Pumpe liefert an Wasser 0,8 desjenigen Volums, welches ihre Kolben beschreiben, d. h. ihr Güteverhältniß ist 0,8.

Die Centrifugalpumpen beanspruchen zu ihrem Betriebe immer eine größere Kraft als Kolbenpumpen guter Konstruktion, da ihr Güteverhältniß höchstens = 0,7 ist, aber sie haben den Vorzug großer Einfachheit und verhältnißmäßiger Billigkeit; sie leiden auch nicht beim Heben von unreinem Wasser, noch versagen sie den Dienst. Fig. 31 stellt eine einfache Centrifugalpumpe in der Ansicht dar, worin s das Saugrohr, d das Druckrohr und r die Scheibe für den Betriebsriemen bezeichnet, deren Welle das Schaufelrad in Bewegung setzt. — Ist die Pumpe so aufgestellt, daß ihr das Wasser von selbst zufließt, so erfordert sie kein

Ventil; soll sie aber saugend wirken — was bis zu 7 m Höhe angänglich ist —, dann muß am unteren Ende des Saugrohres ein Fußventil von genügender Größe angebracht werden, damit die Pumpe gefüllt bleibt, wenn sie

Fig. 31.



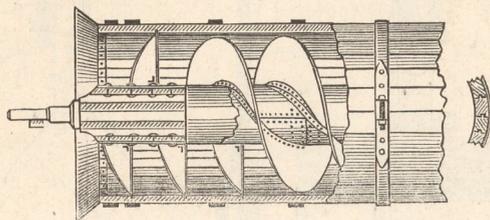
außer Betrieb gesetzt wird. Vor dem Inbetriebsetzen wird die Pumpe nebst der Saugleitung ganz mit Wasser gefüllt, denn dieselbe versagt, sobald sich Luft in der Saugleitung befindet. Zum Zweck des Auffüllens dient der Füllpfropfen f.

Als Motor zum Betriebe wird meistens eine Lokomobile benützt; Reparaturen der Pumpe sind nur durch die Maschinenbauanstalt ausführbar.

Handelt es sich um die Bewältigung großer Wassermassen, so ist die von Archimedes erfundene Wasserschnecke allen anderen Schöpfmaschinen vorzuziehen, obwohl sie viel Raum erfordert. Sie liegt geneigt, etwa unter einem Winkel von 33°, und ihre Wirksamkeit wird durch tiefes Eintauchen nicht alterirt: man kann sie also in die gefüllte Baugrube stellen, daß sie dieselbe zu entleeren vermag, ohne ihre Lage zu ändern. Unreinigkeiten im Wasser sind ohne Einfluß auf die Funktion der Schnecke, sofern sie nicht größer sind, als die Wege der Schneckenwindung.

Eine solche Schnecke besteht aus einer hölzernen Spindel und einem Holzmantel; zwischen beiden befinden sich drei schneckenartig gewundene Kanäle (Fig. 32), durch deren Umdrehung die Wasserförderung vor sich geht. Der Mantel

Fig. 32.



wird aus 6 — 8 cm starken Brettern gespundet hergestellt, die Schneckengänge, mit 30° Neigung zum Mantel, aus 2—3 cm starken Brettchen, welche in Mantel und Spindel mit Falz eingelassen werden. Besser ist es jedoch, eine eiserne Spindel aus Blech mit angenieteten Gängen herzustellen. Um den Mantel werden Schraubenzwingen in 0,5 m Abstand gelegt, die nach erfolgtem Schwinden des Holzes nachzuziehen sind. — Wegen Durchbiegung der Spindel ist es vortheilhaft, diese Schnecken nicht länger als 8 m herzustellen und in der Hauptsache aus Eisen zu construiren.

Die Schneckentrommel ist mit ihrem oberen und unteren Zapfen in einem Rahmen gelagert, dessen Untertheil an einer Haspelwelle hängt, wodurch die Schnecke nach Bedürfniß gehoben und gesenkt werden kann. — Der günstigste Winkel für die Neigung der Schnecke ist nach d'Aubuisson's Versuchen gleich 30°.

Beim Fundiren der Steuerfreien-Niederlage zu Harburg wurde eine derartige Wasserschnecke angewendet, deren Spindeldurchmesser 38,9 cm, und deren innerer Manteldurchmesser 87 cm betrug. Sie machte in der Minute 16 bis 20 Umdrehungen und förderte in einer Umdrehung 0,1245 cbm Wasser. Rechnet man im Durchschnitt 18 Umdrehungen, so ergibt dies pro Minute 2,241 cbm und pro Tag von 24 Stunden ein Förderquantum von $60 \cdot 2,241 \cdot 24 = 3227$ cbm. Als Betriebsmaschine diente eine alte Lokomotive. — Eine zusammenhängende Darstellung der ganzen Betriebs-Anlage gibt Clafen, in: „Handbuch der Fundirungs-Methoden.“ Leipzig 1879. Taf. 1 Fig. 1 bis 7.

Wenn auch die Wassermenge, welche in jedem besonderen Falle aus der Baugrube zu fördern sein wird, im voraus allgemein nicht bestimmbar ist, so kann doch ein Mittelwerth dadurch gewonnen werden, daß man das Wasser unter Anstellung einer bestimmten Anzahl von Arbeitern bis auf eine gewisse Tiefe ausschöpft und nachdem dies geschehen, beobachtet, um wieviel der Wasserspiegel in der Minute steigt. Durch Wiederholung der Beobachtung kann ein mittleres Maß gefunden werden, welches mit der Horizontalausdehnung der Baugrube multipliziert, die per Minute

zu hebende Wassermenge ergibt, eine Bestimmung, welche freilich auf besondere Genauigkeit nicht Anspruch machen kann.

Da die zu hebende Wassermenge von der Flächenausdehnung der Baugrube zum großen Theile mit abhängt, so kommt es darauf an, diese möglichst klein zu machen. In dessen darf der Raum in derselben nicht zu beschränkt sein, um die Wasserhebungsmaschinen aufstellen und auch die übrigen Arbeiten in der Baugrube vornehmen zu können. Bei größeren Bauten wird die Baugrube etwa 1,5 Meter ringsum größer sein müssen, als die größte Ausdehnung des unteren Theils der Fundamente beträgt. Am sichersten wird man aber immer gehen, wenn man in den Grundriß der Fundamente alle in der Baugrube aufzustellenden Gegenstände einzeichnet und dann beurtheilt, ob man zu den nöthigen Arbeiten den gehörigen Raum hat. Eine zu kleine Baugrube kann große Verlegenheiten bereiten, eine zu große wird aber immer die Baukosten um ein Erkleckliches erhöhen, besonders wenn man zum Wasserschöpfen gezwungen ist.

§. 9.

In den §§. 4 und 5 ist das Ausheben des Bodens in wasserfreiem Terrain und in künstlich trocken gelegten Baugruben besprochen worden. Es geschieht durch Ausgraben und kann dies Verfahren selbst bis auf geringe Tiefe, d. h. bis etwa 30 cm unter Wasser fortgesetzt werden; bei größerer Wassertiefe muß das Heben der Erde durch Baggern erfolgen. Es erübrigt daher nur eine Uebersicht der im Grundbau vorkommenden Baggerarbeiten und Geräthe zu geben; von der Vorführung der im eigentlichen Fluß- und Seebau vorkommenden Baggermaschinen ist hier ganz abzusehen.

Die Baggerarbeiten kommen im Grundbau hauptsächlich bei der Fundirung im Wasser vor, ferner beim Ausheben einzelner Stellen der Baugrube, wenn das Wasserschöpfen nicht zum Ziel führt oder wegen zu starker Auflockerung des Baugrundes nicht rathsam erscheint, endlich bei der Herstellung von Tangedämmen und Spundwänden.

Zu den älteren Baggerapparaten gehört der Stielbagger; seine Handhabung geschieht meist direkt mit der Hand und das den Boden lösende Geräth erhält bei consistentem Boden eine der Schippe ähnliche Form. Für Sandboden und Schlamm wird an einem eisernen, zugeschärften Bügel ein Sack zur Aufnahme des Bodens befestigt; man nennt das Instrument alsdann Sackbagger. In feinigem Boden endlich wird dem Bagger die Form eines Rechens gegeben, der den Boden auflockert. Gewöhnlich wird der Stielbagger durch 2 Arbeiter direkt gehandhabt; er ist dann bei geringer Wassertiefe und bei Arbeiten von kleinerem Umfange wohl anwendbar.

Bei größeren Arbeiten und vermehrter Wassertiefe sind die Eimerbagger, welche jetzt gewöhnlich als Eimer-Ketten-Bagger konstruirt werden, vortheilhafter. Die Kette besteht aus langen Gliedern und trägt in Abständen von 2—4 Kettengliedern die einzelnen aus Blech angefertigten Eimer, welche mit ihrer verstärkten Schneide in den Boden eingreifen, sich füllen und den Inhalt in die sogen. Schüttrinne werfen. Im Grundbau finden, besonders auf beschränkter Baustelle, die Vertikalbagger, Anwendung. Zum Verlängern der Eimerkette müssen einzelne Glieder eingesetzt, beim Verkürzen solche herausgenommen werden können. Während des Brunnen senkens pflegt man die Baggerapparate direkt auf die Oberfläche desselben zu setzen, in anderen Fällen werden feste Gerüste errichtet, von diesen aus gebaggert und der Boden in Schubkarren oder Rollwagen entfernt.

In Holland sind Schaufelbagger gebräuchlich, bei denen die Schaufeln an einer Kette befestigt sind, sich in einem geneigten Troge bewegen und so den Boden emporheben. Die alten Rabbagger kommen z. Zeit kaum mehr in Gebrauch.

Unter den neueren Geräthen, welche sich Eingang verschafft haben, sind folgende zu erwähnen:

Der Sackbohrer, Taf. 71 Fig. 6, ein mit zugespitzter Eisenstange versehener, zugespitzter, halbrunder Rahmen, welcher einen Sack trägt, der sich bei der Drehung des Bohrers mit Boden füllt. Dieses Instrument wird mit Vorliebe beim Einsenken von Brunnen angewendet. Gewöhnlich faßt der Sack des Bohrers nur 0,03 bis 0,05 cbm Inhalt, weil die Leinwand ein größeres Gewicht nicht wohl tragen kann. Bei größeren Tiefen und weiten Brunnenkesseln ist die Leistungsfähigkeit des Apparates nur gering, weil das häufige Herausheben des Bohrers viel Zeitverlust hervorruft.

Etwas besserer Erfolg wird beim Senken größerer Brunnen mit dem Drehbagger erreicht, indem der eiserne Bügel desselben mittelst einer Kette quer über die Brunnensohle nach einer am Brunnenkranz angebrachten Rolle hingezogen wird. Hierbei gräbt sich der Bügel in den Boden ein, der Sack füllt sich und wird mittelst der Winde aufgezogen.

Neue Apparate. In Folge der häufigeren Anwendung von Senkbrunnen zu Fundirungen sind nun auch die Baggerapparate vervollkommen und leistungsfähiger hergestellt worden. So ist die indische Schaufel als ein für die Brunnen senkung sehr nutzbares Gerath zu bezeichnen, welches auch in Deutschland — u. A. beim Bau der Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn*) — vortheilhafte Anwendung fand. Ihre Konstruktion ist in Fig. 33 u. 34 dargestellt. Die Schaufel ist an einer langen hölzernen

Fig. 33.

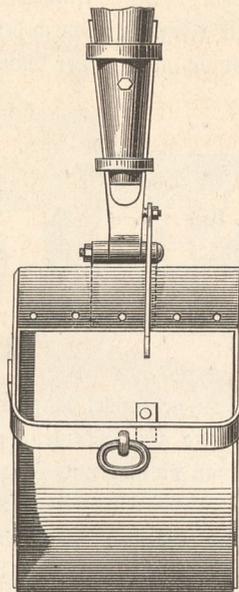
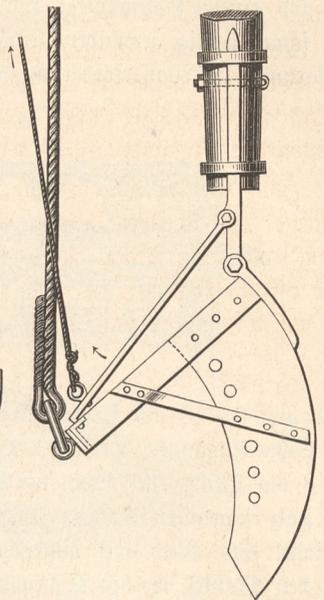


Fig. 34.



Stange, drehbar um ein Charnier, befestigt, und steht mit einem Winkelhebel in fester Verbindung. In der angegebenen Stellung wird die Schaufel an einer Kette oder einem Seil herabgelassen und auf die hölzerne Stange oberhalb ein kräftiger Druck ausgeübt, wobei sich die Schaufel in den Boden eingräbt. Dann wird mittelst des dünneren Seiles die Spreize ausgehoben und das Tau b angezogen, also die Schaufel um das Charnier gedreht, dadurch in horizontale Stellung gebracht und so mit dem auf ihr lagernden Boden hochgezogen. — Unter günstigen Verhältnissen wurden mittelst zweier Schaufeln bei 10stündiger Arbeit im Durchschnitt 10 cbm Boden aus 5—6 Meter Tiefe gefördert und dadurch der Brunnen in dieser Zeit um 0,30 m gesenkt. Größere Steine konnten mit der Schaufel verhältnißmäßig leicht gefaßt und gehoben werden.

Der Millroy'sche Excavator*), zuerst bei Gründung der Clyde-Brücke im Jahre 1876 angewandt, ist eine Combination von 8 an Charnieren in einem achtseitigen Rahmen hängenden Schaufeln von dreieckiger Grundform. Beim Hinablassen hängen sie vertikal und dringen durch das Gewicht des Apparats in den Boden ein. Durch ein System von 8 Ketten, die am untern Ende der Schaufeln angreifen, lassen sich dieselben um ihre Charniere drehen und heben dabei den Boden wie auf einer geschlossenen Plattform empor. — Die durchschnittliche tägliche Senkung eines Brunnenpfeilers mittelst des Excavators betrug 4,88 m, eine Leistung, welche

*) Zeichnung und Beschreibung des Excavators von Millroy finden sich u. A. im Jahrg. 1868 der Deutschen Bauzeitung S. 470, auch in Clasen, Handbuch der Fundirungs-Methoden, S. 29 u. 30 u. Taf. 2, Fig. 8.

*) Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1876. S. 35 und 197.

den Effekt aller früher beschriebenen Apparate in den Schatten stellt.

Der Excavator ist neuerdings durch Anwendung krummer Schaufeln verbessert worden von Bruce und Bathe (Vergl. auch Deutsche Bauz. 1875 S. 32). Er bildet im geschlossenen Zustande einen halbkugelförmigen Behälter.

Zum Senken tiefer Brunnen ist sodann die Sandpumpe mit Vortheil benützt worden. Sie besteht aus einem, auf dem Deckel eines runden Kastens befestigten oben offenen Cylinder, in welchem ein Kolben (ohne Ventil) auf und nieder bewegt wird. Der Deckel des Kastens,

Fig. 35.

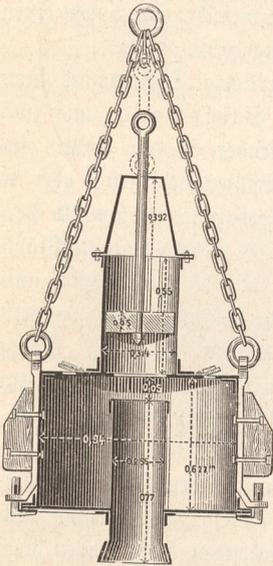


Fig. 35, ist mit 12 Ventilen versehen, welche das Entweichen des Wassers gestatten, den Zutritt aber verhindern. Der Boden des Kastens trägt ein vertikales, nach unten vorstehendes Rohr, welches bis 10 cm unter den Deckel reicht. Der Apparat hängt an 4 Ketten, die sich in einem Ring vereinigen; eine starke Kette ist durch diesen Ring geschlungen, sie wird über eine Rolle am Dreifuß geleitet und die Sandpumpe mittelst einer Winde gehoben. Beim Gebrauch *) fassen 9 Mann die Kette, an welcher der Kolben hängt, und schnellen ihn wie einen Rammbär in die

Höhe; hierdurch wird Luftverdünnung bewirkt und das Saugrohr mit Wasser und Sand gefüllt. Beim Füllen des Kolbens entweicht das Wasser durch die Ventile, der Sand aber fällt auf den Boden des Kastens.

Es wurden täglich im Maximum 22,2 cbm gefördert und der Brunnen pro Tag durchschnittlich um 0,837 m gesenkt.

Entfernung von Hindernissen unter Wasser.

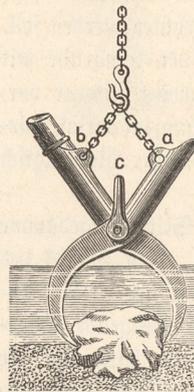
Häufig stößt man beim Senken von Brunnen, wie überhaupt beim Baggern, auf große Steine, Baumstämme, Felsstücke, welche oft nur mit großer Schwierigkeit gehoben werden können. Wenn Baumstämme gehoben werden sollen, so sucht man den Stamm von dem ihn umlagernden Boden durch Baggern und Kraken zu befreien und dann mittelst Bügeln und Haken zuerst eine Schnur, und an dieser eine Kette unter ihm durchzuziehen und am Hebezeug zu be-

*) Brunnen-Anlage der Berliner Wasserwerke von H. Gill; vergl. Deutsche Bauzeitung 1871. S. 110 ff.

festigen. Ist das Durchziehen der Kette nicht möglich, so wird eine lange eiserne Schraube in den Stamm eingeschraubt und an dieser die Hebekette befestigt oder man sucht denselben mit Zangen zu fassen.

Steine und Felsstücke kann man mittelst des sogenannten Steinkorbes, eines Geflechtes von Ketten, hochziehen. Gebräuchlicher ist die Greifzange oder Teufelklaue, die in Fig. 36 im geschlossenen Zustande dargestellt ist und

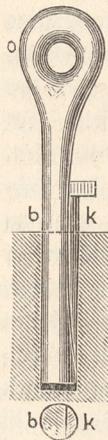
Fig. 36.



aus zwei, mit mehreren Zinken versehenen Doppelarmen besteht, die durch einen Drehbolzen verbunden sind; wenigstens einer derselben ist mit einem langen hölzernen Stiel versehen, der über Wasser reicht und theils zum Öffnen der Zange, theils zum Ansetzen derselben an den zu hebenden Stein dient. Beide Arme sind von einem Bügel umfaßt, der die Enden des Bolzens aufnimmt. Aufgehängt wird die Zange an den Drehen a und b der Art, daß durch den Seitenzug der Kettenenden die Zange fest zusammengeschlossen wird. Herabgelassen wird sie an dem Bügel c hängend, wobei das Öffnen derselben nicht gehindert wird.

Wenn sehr große und schwere Steine unter Wasser zu heben sind, so wird in dieselben ein cylindrisches Loch eingebohrt und in dieses der aus 2 Theilen bestehende Steinwolf eingesetzt, Fig. 37. Derselbe besteht aus einem cylindrischen 25 cm langen Bolzen, an welchem ein Aufhänger angegeschweißt ist. Man setzt den Bolzen b mit Keil k in das gemeißelte Loch des rauhen Steines ein, und hier werden beide durch Reibung festgehalten, während der Bolzen in die Höhe gezogen wird.

Fig. 37.



Auch Sprengarbeiten können im Grundbau erforderlich werden, so zur Zerkleinerung geschlossener Felsen oder einzelner schwerer Steinstücke unter Wasser. Diese Materie hat hier jedoch eine mehr nebensächliche, dagegen im Fluß- und Hafenbau eine große Bedeutung.

C. Umschließung der Baugrube. — Fangedämme.

§. 10.

Bei Hochbauten im festen Lande sind die Schwierigkeiten der Wasserbewältigung nur selten erheblicher Natur, indessen kommen auch Fundirungen an fließenden oder stehenden Gewässern vor, z. B. bei Landhäusern am Seeufer, Speichergebäuden an Kanälen (ein in Seestädten sehr häufig-

ger Fall). Unter solchen Verhältnissen ist die Baugrube nach der Wasserseite hin offen und bedarf daher hier eines Abchlusses durch künstliche Wände, welche gemeinhin Fangedämme genannt werden. Da diese Arbeiten mit zur Darstellung der Baugrube gehören, so sollen sie an dieser Stelle mit besprochen werden.

Die Umschließungskörper zum Schutz einer Baugrube gegen das Wasser heißen Seitenfangedämme — wenn sie das Zutringen desselben von der Seite her abhalten sollen — und Grundfangedämme, wenn dadurch der Zudrang des Wassers von der Sohle her verhütet werden soll. Die letztgenannte Anordnung, den Boden der Baugrube mit wasserdichten Erdschichten zu überdecken, kommt seltener vor, weil in solchem Falle Beton als Dichtungsmaterial vorgezogen wird: wir werden diese Methode daher hier füglich übergehen können.

Was die allgemeine Anordnung der Seitenfangedämme anlangt, so müssen sie im Stande sein, dem Druck des äußeren Wassers zu widerstehen, müssen gegen die Angriffe des Wassers an ihrer Außenfläche genügende Sicherung erhalten und endlich auch dicht genug sein, um die Bildung von Wasseradern — welche sich leicht erweitern und dann gefahrdrohend für den Damm werden — zu verhindern. Das Durchsickern kann sowohl durch den Damm selbst, als unter dessen Sohle erfolgen, es ist daher bei der Konstruktion auf diese Eventualitäten Rücksicht zu nehmen. — Ferner kommt die Höhe desselben in Betracht, weil von dieser Abmessung die Stärke des Dammes und seine sonstige Konstruktion abhängig ist. Um diese Höhe zu bestimmen, muß die Wasserstandshöhe, welche während der Zeit des Grundbaues zu erwarten steht, genau bekannt sein. In diesem Sinne geben genau geführte Wasserstandstabellen, wo solche vorhanden sind, die beste Auskunft. — Den höchsten bekannten Wasserstand pflegt man hierbei nicht zu Grunde zu legen, weil die Gründungsarbeiten stets in der Jahreszeit vorgenommen werden, wo die niedrigen Wasserstände eintreten. — Ist dagegen der Umfang der Arbeiten so groß, daß deren Vollenbung eine längere Zeit in Anspruch nimmt, oder tritt auch in der günstigsten Bauzeit ein Wechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser ein, so ist es gerathen, die Baugrube unter Wasser zu setzen, und bei Eintritt des niedrigen Wassers wieder leer zu pumpen. Zu solchem Zweck versieht man den Fangedamm mit einem Einlaßsieb.

Da der Fangedamm in seinem oberen Theil selten dicht genug ist, um den Durchgang des Wassers zu verhindern, so pflegt man seine Höhe 30 cm größer zu nehmen als den während der Bauzeit angenommenen höchsten Wasserstand.

Der Konstruktion nach unterscheidet man:

- 1) Erddämme,
- 2) Fangedämme mit einseitiger Holzbekleidung,

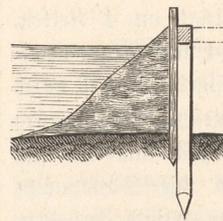
3) Hölzerne, isolirt stehende Fangedämme (Spundwände).

4) Kasten-Fangedämme.

Bis zur Höhe von 1 m genügt ein bloßer Erddamm ohne alle Bekleidung; solche Erdkörper sind zur Umschließung der Baugrube besonders da von Wichtigkeit, wo sie aus gewachsenem Boden stehen bleiben können. Leichtert lagert sich die Erde und läßt sich auch besser comprimiren, wenn sie sich wenigstens auf einer Seite gegen eine feste Holzwand lehnt, die man dann immer auf der Seite anbringt, welche der Baugrube zugewendet ist. Hierher gehört auch der, noch weiterhin zu besprechende Fall, in welchem man das Fundament des Bauwerks mit einer Wand von gespundeten Bohlen umgibt und gegen dieselbe von außen einen Thonschlag anbringt, der als Fangedamm dient.

Statt der immerhin beschwerlichen Spundwand kann man sich häufig der sogenannten Stülpwand, aus zwei Reihen in den Fugen sich überdeckender, in den Boden eingetriebener Bohlen bedienen, oder es wird eine verholzte Pfahlwand hergestellt, d. h. es werden einzelne Pfähle eingerammt, auf diese ein Holm aufgezapft und dahinter eine doppelte Brettwand gelehnt, Fig. 38. Solche Konstruktionen können nur bis zur Höhe von 1,5 m in Frage kommen.

Fig. 38.

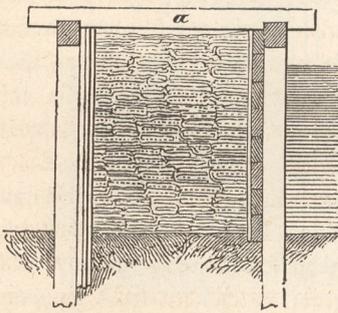


Am häufigsten werden die Fangedämme mit zwei senkrechten Holzwänden konstruirt, welche den Erddamm einschließen; sie heißen dann Kastenfangedämme. Die Erdschüttung zwischen den einschließenden Holzwänden stellt hauptsächlich die Wasserdichtigkeit her, und diese muß daher eine gehörige Breite bekommen. Außerdem dienen die Oberflächen der Fangedämme sehr oft zum Materialtransport oder als Lagerplätze für diese, oder zur Aufstellung von Geräthen u., und erfordern daher aus diesem Grunde schon immer eine angemessene Breite. Bei niedrigen Fangedämmen ist diese gewöhnlich der Höhe gleich und nur, wenn die Fangedämme eine Höhe von 3 m und darüber erreichen, pflegt man die Breite derselben in einem kleineren Verhältniß zunehmen zu lassen als die Höhe. Hieraus hat sich die in Deutschland sehr verbreitete Regel gebildet: den Fangedämmen bis zu 2,5 m Höhe die Höhe zur Breite zu geben, darüber hinaus aber die Breite dadurch zu bestimmen, daß man zur halben Höhe 1,25 m addirt. Ein 5 m hoher Fangedamm würde hiernach $\frac{5}{2} + 1,25 = 3,75$ m Breite erhalten. Die Franzosen machen die Breite bis zu 3 m Höhe dieser gleich, und lassen bei größerer Höhe die Breite um $\frac{1}{3}$ der Mehrhöhe wachsen, danach würde ein 5 m hoher Fangedamm $3 + \frac{1}{3} \cdot 2 = 3,66$ m Breite bekommen. Diese Breite bezieht sich immer auf den eigentlichen Erdkörper.

In neuerer Zeit macht man indessen die Fangedämme häufig schwächer, man steift sie ab und erreicht den erforderlichen Grad von Dichtigkeit durch gute Füllmaterialien.

Die Konstruktion der Fangedämme ist folgende. Zwei Reihen Pfähle werden in einem lichten Abstände gleich der Breite des Fangedammes, mit Berücksichtigung der gegen die Pfähle zu stellenden Dielen, so tief in den Boden gerammt, daß sie dem Wasserdrucke gehörig widerstehen können, auch dann noch, wenn der etwa weiche Boden auf der Seite gegen die Baugrube vertieft werden muß. Man pflegt gewöhnlich anzunehmen, daß die Pfähle so tief in der Erde stecken müssen, als sie über dieselbe hervorragen. In den Reihen läßt man zwischen zwei Pfählen einen Raum von 1 bis 1,5 m. Die beiden Pfahlreihen, deren Pfähle einander gerade gegenüberstehen, werden dann gewöhnlich in gleicher Höhe abgeschnitten und verholnt, wie Fig. 39 im Querschnitt zeigt.

Fig. 39.



Um die Pfähle gegen den Erddruck zu schützen, werden die Holme durch übergekämmte Zangen verbunden, welche man eben so weit aus einander legt als die Pfähle in den Reihen von einander entfernt sind. Um das Abschneiden der Pfähle zu vermeiden, kann man auch an den Außenseiten der Pfähle in passender Höhe schwächere Hölzer auf gegen die Pfähle geschraubte Knaggen legen und über diese die Zangen greifen lassen. Es behalten dann die Pfähle ihre ganze Länge, was immer vortheilhaft für ihren künftigen, anderweitigen Gebrauch ist (Fig. 40). Häufig

Fig. 40.

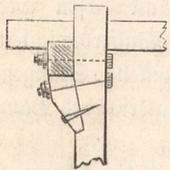
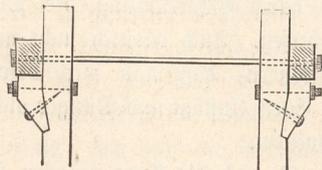


Fig. 41.



werden dabei die Zangen durch eiserne Anker ersetzt (Fig. 41). In einzelnen Fällen werden die Holme ganz fortgelassen und die Pfähle unmittelbar durch doppelte, mit denselben überblattete Zangen gehalten.

Ehe man die Zangen auf den Holmen der Pfahlreihen befestigt, müssen die dichten Dielenwände, gegen welche sich die Erde der Fangedämme lehnen soll, angebracht werden. Gewöhnlich bestehen diese aus horizontal hinter die Pfähle gelegten Dielen, von denen aber die untersten bei etwas bedeutender Wassertiefe schwer in ihrer Lage zu erhalten sind, be-

vor sie durch die Füllerde festgedrückt werden. Man vereinigt sie daher zu ganzen Tafeln, indem man vertikale, starke Leisten quer über die Dielen nagelt und die Länge der Tafeln so einrichtet, daß der Stoß zweier derselben immer auf einen Pfahl trifft (Fig. 42). Um diesen Stoß noch mehr zu dichten, rammt man innerhalb noch eine

Fig. 42.

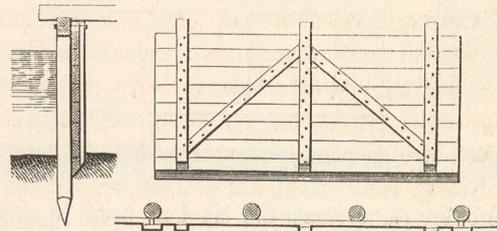
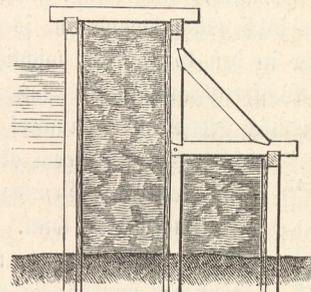


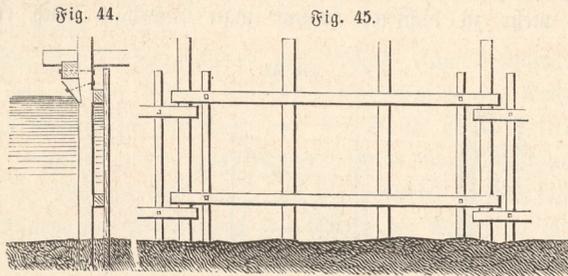
Fig. 43.



Diele vor denselben; sonst werden die Tafeln dadurch festgehalten, daß man sie oberhalb an den Holm der Pfahlreihen nagelt. Um einen möglichst dichten Schluß an der Sohle des Fangedammes zu erhalten, ist es gut, wenn man innerhalb der äußeren Pfahlreihe und dicht an derselben eine Rinne ausbaggert, so daß die unteren Dielen der Tafeln etwas in den Grund dringen.

Die dem Innern der Baugrube zugewendete Dielenwand hat den Erddruck des Dammes auszuhalten, dem nach dem Trockenlegen der Baugrube kein Wasserdruck entgegenwirkt, so daß hier schon eine steifere Konstruktion nöthig wird, wenn auf der Außenseite die erwähnten Tafeln noch genügen. Man kann dann den beabsichtigten Zweck oft dadurch erreichen, daß man die innere Dielenwand als eine Stülpwand mit lothrecht eingerammten Dielen konstruirt. Reicht dies nicht aus, so kann man die Dielen einer solchen Stülpwand zwischen dem Holme und dem Grunde noch einmal durch horizontale Gurtungen unterstützen, welche man, wenn der Wasserstand es erlaubt, in dieser Gegend an die innere Seite der Pfähle befestigt, oder bei höherem Wasserstande mittelst angenagelter vertikaler Latten an den Pfählen hinabschiebt und festhält, und gegen welche sich dann die Dielen der Stülpwand lehnen. Diese Kiegel reichen mit ihren Enden immer etwas über die Pfähle hinaus und liegen

daher einer immer tiefer oder höher als der benachbarte. Oberhalb muß dann hinter den Pfählen ein Riegel von derselben Stärke befestigt werden, damit die Stülpwand vertikal zu stehen kommt und der Fangedamm in seinem Erdkörper nicht unten schmaler wird als oben (Fig. 44 u. 45).



Wird der Fangedamm 3,5 bis 4 m hoch, so muß man zur Bekleidung seiner Hinterseite schon eine Spundwand wählen, welche ihrer großen Steifigkeit wegen einen sehr sicheren Schluß gewährt, und bringt man auch an der Vorderwand eine solche Spundwand an, so wird durch das Eindringen beider in den Grund der wichtige Vortheil erreicht, daß der Wasserzudrang in die Baugrube unter dem Fangedamme hindurch bedeutend vermindert wird, was be-

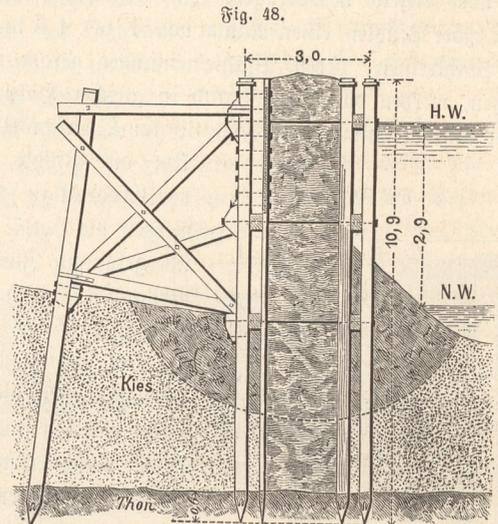
sonders bei kieseligem oder sonst Wasser durchlassendem Grunde von großer Bedeutung werden kann. Hierbei werden die oberen Zwingen, wie in Fig. 47, entweder unabhängig von den Holmen angeordnet, oder man benützt den Holm als eine der Zwingen (Fig. 46). Die Zwingen veranlassen innerhalb

des Fangedammes leicht ein Aufhängen der Füllerde, sie werden daher häufig bei Einfüllen des Bodens entfernt und die untere überhaupt fortgelassen.

Wird der Fangedamm sehr hoch, so daß er auch eine bedeutende Breite erhalten muß, so reicht die bisher beschriebene Konstruktion nicht mehr aus, und man verfährt dann auf andere Weise. Die Breite wird in zwei oder auch wohl in drei gleiche Theile getheilt, und es werden eben so viele Fangedämme hinter einander von geringerer Breite und abnehmender Höhe im Zusammenhange erbaut, wie beispielsweise Fig. 43 einen solchen zeigt. Zuerst errichtet man nämlich einen gewöhnlichen Fangedamm, jedoch nur halb so breit, als er seiner Höhe nach sein müßte. Ist dieser fertig, so beginnt man mit dem Wasseraus schöpfen, bis der Wasserstand auf die Hälfte der Höhe des Dammes gesunken ist. Alsdann wird der zweite, nur halb so hohe Fangedamm erbaut, der aber nur eine Reihe Pfähle bekommt und natürlich an der Seite des ersten liegt, welche gegen die Baugrube gekehrt ist. Die Zangen dieses zweiten Dammes werden einerseits auf den Holm der niedrigen Pfahlreihe gekämmt und mit dem andern Ende an die

Pfähle des höheren Fangedammes mit schwalbenschwanzförmigen Blättern angeblattet und festgenagelt. In diese Zangen und gegen die Pfähle werden dann noch Streben oder Büge mit Verfazungen befestigt, welche dem Wasserdrucke gegen den oberen Theil des äußeren Dammes kräftig entgegenwirken. Ist auch dieser zweite Fangedamm fertig, so wird der Wasserspiegel bis auf die beabsichtigte Tiefe gesenkt.

Als ein Beispiel von Verstreben an der inneren Seite des Fangedammes geben wir in Fig. 48 den Fangedamm vom Bau des Parlamentshauses in London.



Wo ein Fangedamm gegen ein höheres Ufer ausläuft, muß dieses ausgeschnitten und der Fangedamm noch eine Strecke lang in dasselbe hinein fortgeführt werden. Der Anschluß an Mauern oder steile Felsen, ein Fall, der gerade bei Hochbauten ziemlich oft vorkommen dürfte, bleibt immer sehr schwer wasserdicht zu bewirken, und man sucht sich durch Verbreiterung des Dammes an diesen Stellen zu helfen. Auch dadurch sucht man die Wasserdichtigkeit zu vergrößern, daß man mit Stroh umwickelte Stangen in den Ecken einstößt und Dünger als Füllmaterial des Dammes verwendet.

Da sich die Erde in allen scharfen Ecken schwer comprimiren läßt, so sucht man solche bei der Anlage von Fangedämmen zu vermeiden, dadurch, daß man selbst rechte, jedenfalls aber spitze Winkel, durch Abschneiden in zwei stumpfe verwandelt.

Zum Füllen der Fangedämme muß man sich einer gleichmäßigen feinen Erde bedienen, welche sich recht fest lagert und bei der Berührung mit Wasser nicht gleich in einen weichen Brei verwandelt wird. Eine Hauptbedingung bleibt die Reinheit der Erde von größeren Steinen, Holzstücken zc. Gemeiniglich wird ein recht zäher Thon für

das beste Füllmaterial der Fangedämme gehalten, und wenn man denselben in recht dünnen Schichten einbringen kann, so rechtfertigt er auch diese Meinung. In tiefem Wasser ist die Anwendung desselben immer bedenklich, und gewöhnliche Dammerde verdient in solchem Falle den Vorzug*). Der Sand, welchen man als untauglich zum Bau von Fangedämmen zu bezeichnen pflegt, hat alle die schädlichen Eigenschaften des Thons, namentlich das Ballen in größere Brocken, nicht, und wenn er auch ein geringes Durchsickern des Wassers nicht verhüten wird, so können sich in demselben doch auch niemals starke Wasseradern bilden, weil er die Bildung von Kanälen gerade durch seinen geringen Zusammenhang verhindert. Nur muß man bei der Anwendung des Sandes als Füllmaterial besonders für eine recht dichte Holzwand an der innern Seite des Fangedammes sorgen, so daß durch diese die Sandkörner nicht durch das Wasser fortgeführt werden können. Ist eine solche Wand vorhanden, so lagert sich der Sand durch den großen Wasserdruck ungemein fest und gibt alsdann einen sehr guten Fangedamm. Zusatz von Kalkbrei ($\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{15}$) zum Sand macht denselben als Füllmaterial besonders geeignet. Das beste, aber auch theuerste Material ist der Beton, wovon später die Rede sein wird.

Das Füllen der Fangedämme muß rasch und mit Vorsicht geschehen. Man legt gewöhnlich über die Zangen eine Art Dielenboden, häuft auf diesem eine bedeutende Masse Erde an und sucht diese dann plötzlich in den Fangedamm zu stürzen. Dies Verfahren ist besonders dann rathsam, wenn das Füllmaterial aus einer Erdart besteht, die im Wasser leicht erweicht wird.

Erfüllt ein Fangedamm seinen Zweck nicht, d. h. hindert er das Hindurchtreten größerer Wassermassen nicht, so muß man den vorhandenen Leck zu dichten suchen, doch die desfallsigen Versuche niemals auf der der Baugrube zugewendeten Seite vornehmen, weil sie hier vergeblich sein würden, da alle vor den Leck gebrachten Stopfmittel durch den großen Wasserdruck sogleich fortgedrängt und unwirksam gemacht werden würden**). Von der Außenseite werden dergleichen Arbeiten durch den Wasserstand erschwert, und es bleibt nichts anderes übrig, als passende Gegenstände hier zu versenken, welche vielleicht gerade durch den Zug der durchdringenden Wasseradern in den Leck hineingezogen werden und denselben nach und nach verstopfen. Wenn man die Oeffnung des Lecks auf der Außenseite seiner Lage nach kennt, so kann man in dieser Gegend ein hinreichend

großes Stück wasserdichter Leinwand versenken, welche durch den Wasserdruck selbst fest an den Damm gedrückt wird. Auch durch die Versenkung von Dünger, welcher mit recht viel Stroh vermengt ist, gelingt zuweilen eine Verstopfung des Lecks, wenn durch den Zug des Wassers Stroh in die Oeffnung gezogen wird. Wenn man den Grund der Undichtigkeit des Dammes in dem Vorhandensein mehrerer feiner Wasseradern vermuthen muß, so hilft zuweilen noch folgendes Mittel. Man schüttet nämlich vor dem Damm recht fein vertheilten feinkörnigen Sand in kleinen Portionen in das Wasser. Die einzelnen feinen Sandkörnchen sinken langsam zu Boden und folgen hierbei sehr leicht dem Zuge bewegter Wasserfäden, so daß sie auf diese Weise durch das Wasser selbst in den Fangedamm geführt werden, wo sie leicht so viel Hindernisse finden, daß sie liegen bleiben und so die Lecke nach und nach verstopfen. Die Tugend der Geduld wird man bei einer solchen Arbeit indessen zu üben Gelegenheit haben. Die Gefahr der Entstehung von undichten Stellen ist am meisten da vorhanden, wo Constructionstheile quer durch den Damm reichen. Für die meisten vorkommenden Zwecke sind dieselben in der Regel zu vermeiden, bei Constructionen von großer Höhe wird indessen eine Querverbindung unerläßlich und dann (wie in Fig. 48) meist durch eiserne Anker bewirkt, wobei die Bildung von Wasserkanälen allerdings nicht ausgeschlossen ist. Aus diesem Grunde sollte jeder hohe Fangedamm, wie oben erwähnt, in verschiedene Theile zerlegt werden.

Will man den Leck im Innern eines Fangedammes stopfen, so geschieht dies durch Rammen und Stampfen, indem man an der betreffenden Stelle die Erde so weit ausgräbt, als es der Wasserstand erlaubt, und dann fetten Thon einstampft, und überhaupt durch Stampfen und Rammen die Erde möglichst zu comprimiren sucht, oder man baggert auch die Erde ganz aus und füllt die betreffende Stelle von unten aus neu auf. Hierbei muß man aber die Baugrube voll Wasser laufen lassen, damit die Ursache zum Durchströmen des Wassers beseitigt wird, weil, wenn dieses in der gemachten Oeffnung stattfindet, eine Dichtung derselben nicht gelingen wird.

Besondere Vorsicht verlangt auch die Herstellung von Fangedämmen auf weichem Untergrunde; hier ist — um die genügende Stabilität zu erhalten — auf tief hinabreichende Pfähle Rücksicht zu nehmen, und jedenfalls der schlammige Boden sorgfältig zu entfernen, ehe man mit dem Einfüllen des Dichtmaterials beginnt.

Beseitigung der Fangedämme. Hat der Damm seinen Zweck erfüllt, so darf durch Entfernung der in den Boden hinabreichenden Pfähle der Boden nicht gelockert werden; es wird daher zweckmäßiger sein, die Pfähle abzuschneiden als sie auszuziehen.

*) Perronet hat beim Bau der Neuilly-Brücke gewöhnlicher Dammerde, die er in der Nähe der Baustelle fand, den Vorzug vor Thon gegeben.

***) Unterwaschene Stellen schützt man durch Steinschüttungen und Eintreiben von Pfahl- und Bohlenwänden.

Von den Fundamenten.

§. 11.

Unter dem Fundamente eines Gebäudes, verstehen wir die von Erde bedeckten Mauern, auf welchen dasselbe ruht, und man nennt diese Mauern speciell Grund- oder Fundamentmauern, wenn sie nur zu dem angegebenen Zwecke errichtet werden. Bei Gebäuden mit Unterkellerung dienen die Kellermauern den darüber stehenden auch als Fundamente, heißen aber Kellermauern, und nur diejenigen Theile, welche noch unter die Keller-sole hinabreichen, nehmen wieder den Namen Fundamentmauern an, weil sie den Kellermauern und so auch den über der Erde befindlichen Mauern zum Fundamente dienen. Nur wenn man ein Gebäude auf zu Tage anstehenden Felsen errichten will, und derselbe gegen die Angriffe der Witterung eben so beständig ist, als das darauf zu setzende Mauerwerk, kann man das Gebäude ohne alles Fundament lassen. Aber auch der Felsen zeigt in der Regel feine Risse und Spuren von Verwitterung, so daß sich hierdurch die allgemeine Regel begründet: Jedes Gebäude von einiger Wichtigkeit so tief zu fundamentiren, daß die untersten Schichten des Mauerwerks nicht vom Frost erreicht werden können. Diese Tiefe wird, wie oben erwähnt, in unserem Klima 1 bis 1,5 m nicht überschreiten. Tiefer in den festen Baugrund hinabzugehen, bedingt eine unnütze Vergrößerung der Baukosten; denn die hie und da verbreitete Ansicht, daß ein Gebäude um so tiefer fundamentirt werden müsse, je höher und schwerer es sei, beruht auf einem Vorurtheile. Es kommt vielmehr einzig und allein darauf an, daß der erreichte Baugrund das Gewicht des Gebäudes sicher zu tragen im Stande sei, gleichviel in welcher Tiefe er liegt.

Um die verschiedenen Gründungs-methoden, welche man bei Hochbauten anzuwenden pflegt, kennen zu lernen, wollen wir dieselben übersichtlich nach den früher klassificirten Baugründen besprechen.

Gründung auf gutem, festen Baugrunde.

§. 12.

I. Hat man Felsboden als Baugrund und sich auch durch sorgfältige Untersuchungen von seiner Güte als Baugrund überzeugt, so wird man die Baugrube nur so tief zu eröffnen haben, daß die Einwirkungen des Frostes und der Nässe auf die unteren Schichten der Fundamentmauern aufhören.

Wie wir schon früher angegeben haben, muß die Oberfläche des Felsens, auf der man die Fundamentmauern aufzuführen will, geebnet und von den größeren Hervorragungen befreit werden. In manchen Fällen aber kann

es auch rathsam werden, eine zu glatte Felsenoberfläche absichtlich rauh zu machen, um eine bessere Verbindung der unteren Steinschichten mit dem Felsen durch den Mörtel zu bewirken. Am besten dürfte es indessen in einem solchen Falle sein, den Felsen mit einer dünnen Schicht Beton zu bedecken, welcher sich den Unebenheiten des Felsens überall leicht anschließt, fest daran haftet und sich gut mit dem Mauerwerke des Fundaments verbindet. Soll auf stark zerklüftetem, sonst aber festem Gestein (wie die weichen Kalksteinarten zuweilen sind) unter Wasser fundirt werden, so ist es oft nicht möglich, den Wasserzudrang in die Baugrube abzuhalten, und es bleibt dann wieder eine Betonschicht von gehöriger Stärke das beste Mittel; nach deren Erhärtung eine Trockenlegung der Baustelle am ehesten gelingen wird, so daß man darüber mit dem Mauerwerk des Fundaments beginnen kann.

II. Aber nicht nur den gewachsenen Felsboden haben wir zu den guten und festen Baugründen gezählt, sondern auch aufgeschwemmten Boden, wie Kies, Sand, Lehm etc. Bei diesen Gründen wird man die oben erwähnte Rücksicht gegen das Eindringen von Nässe und Frost noch weniger aus den Augen setzen dürfen, schon deshalb nicht, weil das Fundament bei einem solchen Boden immer so tief hinabreichen muß, daß Ungeziefer unter demselben hindurch nicht den Weg in das Innere des Gebäudes findet.

Wenn man auf Kies in bedeutender Tiefe zu fundiren und dabei mit Grundwasser zu kämpfen hat, so wird die Arbeit oft dadurch bedeutend erschwert, daß sich eine solche Baugrube, auch mit Hilfe der wirksamsten Maschinen, nicht trocken legen läßt, indem der Kies dem Wasser sehr leicht den Durchgang gestattet, und dieses um so reichlicher aus der Sole der Baugrube hervorzuströmen pflegt, je kräftiger man das Wasserschöpfen betreibt. Grober Kies wird nun hierdurch zwar nicht merklich gelockert, doch wird auch in diesem Falle wieder die Versenkung einer Lage Beton am leichtesten zum Ziele führen.

III. Hat man auf einem Sandgrunde zu fundiren, so wird man das Gebäude nicht auf die obere Sandschicht setzen können, weil eine gewisse Einsenkung erfolgen wird. Nach Hagen ist die Last, welche eine gegebene Grundfläche in reinem Sandboden tragen kann, dem Quadrat der Tiefe der Einsenkung proportional. Kennt man daher die Einsenkung, d. h. die Entfernung der Unterfläche des Fundaments von der Oberfläche der Sandschicht e , die zu tragende Last L und eine aus Versuchen zu bestimmende Konstante k , so wird man haben:

$$e^2 k = L,$$

$$e = \sqrt{\frac{L}{k}} \text{ und}$$

$$k = \frac{L}{e^2},$$

man findet daher die Konstante k , wenn man mit dem Quadrat der Tiefe, bis zu welcher eine Last in Sand ein-
sinkt, diese selbst dividirt.

Hat man auf diese Weise durch unmittelbare Versuche die Tiefe bestimmt, bis zu welcher man das Fundament in die Sandschicht zu versenken hat, und sich von der geschlossenen Lage und der gehörigen Mächtigkeit der Sandschicht überzeugt, so kommt es besonders darauf an, die Entstehung von Quellen in der Sandschicht zu verhüten, weil sie dadurch aufgelockert wird und möglicherweise ihre Tragkraft verliert. Man wird daher, wenn sich Grundwasser zeigt, ein starkes Wasserschöpfen vermeiden müssen, und das beste Mittel wird wieder die Bedeckung der Sohle der Baugrube mit einer Betonlage sein, bevor man mit dem Wasserschöpfen beginnt. Zuweilen kann man sich aber auch dadurch helfen, daß man die Baugrube in kleine Parzellen theilt, und jede derselben für sich behandelt, ein Verfahren, das man bei schlechtem Baugrunde überhaupt mit Vortheil anwenden kann. Es ist dann für eine möglichst gute Verbindung der pfeilerweise aufgeführten Fundamente zu sorgen, d. h. man wird die einzelnen Pfeiler mit Verzahnungen oder Abtreppungen und nur eben so hoch aufmauern, als unumgänglich nothwendig ist, damit man noch eine möglichst große, im Zusammenhang aufgeführte Mauermaße über diesen Pfeilern erhält, welche am meisten für die Solidität des Fundaments garantiert. Um die Entstehung von Quellen zu verhüten, kann man auch das Fundament mit einer Spundwand umgeben, die in reinem Sande am leichtesten ausführbar ist.

Die Eigenschaft des reinen Sandes, daß die einzelnen Körner desselben eine starke Reibung erleiden, sich deshalb in ihrer Lage erhalten und auch einen verschiedenartigen Druck unter sich ausgleichen, läßt ihn bei Fundirungen so vortheilhaft erscheinen, daß man ihn auch da, wo er nicht vorhanden war, zu Fundirungen angewendet hat, indem man denselben als untersten Theil des Fundaments künstlich in die Baugrube brachte. Der eigentliche Zweck ist in diesem Falle die Vertheilung der Last mittelst des Sandes auf eine größere Grundfläche, und wir werden daher bei den Fundirungen auf schlechtem Baugrunde auch die Sandschüttungen zu besprechen haben.

IV. Den Thon haben wir schon früher, jedoch nur unter den Umständen als einen guten Baugrund bezeichnet, wenn er gehörig trocken ist. Sehr schwere Gebäude werden sich in einem solchen Boden nämlich immer, wenn auch unbedeutend, senken. Man kann diesem Uebelstande nun begegnen und denselben auf ein Minimum reduciren, wenn man die Sohle der Baugrube stark comprimirt, bevor man das Mauerwerk darauf setzt. Dies wird am besten erreicht, wenn faustgroße Steine regelmäßig und hochkantig, wie ein Pflaster, dicht nebeneinandergesetzt und mit Handram-

Fig. 49.

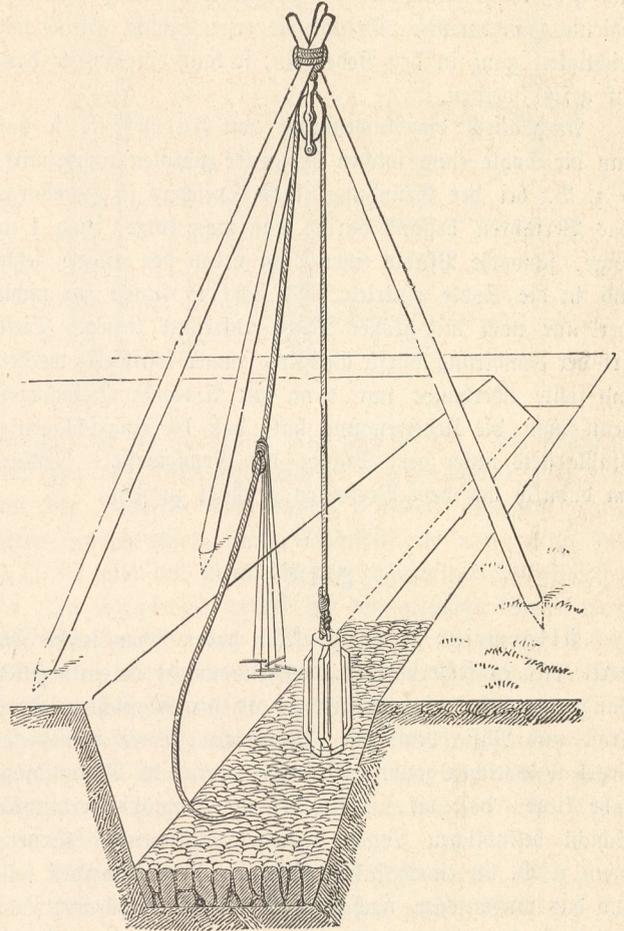
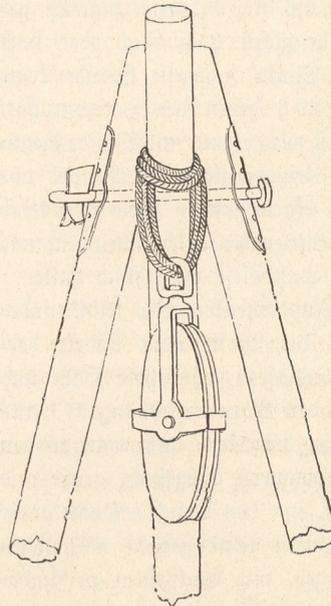


Fig. 50.



men eingetrieben werden. Mit Vortheil bedient man sich hierbei der sogenannten Schwungramme, Fig. 49. Ein einfaches, dreibeiniges, aus gewöhnlichen Stangen verbundenes Gestell (Fig. 50) trägt in seinem Scheitel eine feste Rolle, über welche ein Tau geht, an dem der Rammloß hängt. Derselbe wird von mehreren Arbeitern, die an dem Tause ziehen, leicht bis auf 1 m Höhe und darüber aufgezogen, und dann von zwei Mann beim Herunterfallen leicht auf die Stelle geleitet, wo er den

Stoß ausüben soll. Eine solche Ramme hat eine bedeutend größere Wirkung als die gewöhnliche, von zwei Mann bediente Handramme. Dringt die erste Schicht Steine mit Leichtigkeit ganz in den Boden ein, so kann eine zweite darauf gesetzt werden.

Auch durch die Anwendung von Füllpfählen hat man die Sohle einer solchen Baugrube zuweilen comprimirt, so z. B. bei der Gründung eines Speichers in Hamburg. Das Verfahren bestand darin, daß man kurze, etwa 1 m lange, schwache Pfähle einen dicht neben den andern setzte und in die Sohle eintrieb, bis sich die letzten gar nicht, oder nur noch mit großer Mühe eintreiben ließen. Dieser Art der Fundirung dürfte übrigens immer kostspielig werden und sollte überhaupt nur dann zur Anwendung kommen, wenn man die Ueberzeugung hat, daß die eingeschlagenen Pfähle stets unter dem Stande des Grundwassers bleiben, um dadurch vor dem Verfaulen geschützt zu sein.

§. 13.

Allgemeine Regeln. Wir haben schon früher bemerkt, daß es fehlerhaft ist, das Fundament in einen guten Baugrund tiefer einzuschneiden, als die Rücksichten gegen Frost und Rässe bedingen. Man kann jedoch von dieser Regel abzuweichen gezwungen werden, wenn die Vermuthung nahe liegt, daß die, unter der als tragfähig erkannten Schicht befindlichen Lagen seitwärts ausweichen können; wenn z. B. an einem jähen Abhange fundirt werden soll, und das Ausweichen nach dem Thale hin befürchtet werden muß.

In einem solchen Falle wird man die Sohle der Baugrube so tief senken müssen, bis sie mit dem zunächst gelegenen Punkte der Thalsohle gleich hoch liegt oder doch eine, von ihr nach diesem Punkte gezogene Gerade keine größere Neigung als etwa 20° gegen den Horizont hat, denn die Erfahrung lehrt, daß weiche und mit Wasser durchzogene Erdarten sich unter keinem flacheren Winkel abböcken. Man darf daher in einem solchen Falle auch keine steilen Abtreppungen in der Baugrubensohle anbringen, wie etwa bei Felsboden, sondern muß diese ganz flach halten.

Was die Anlage der Fundamentmauern selbst anbelangt, so wissen wir, daß die Breite oder Stärke derselben, festen Baugrund vorausgesetzt, von ihrer Höhe und der Stärke der darauf stehenden Mauern abhängt*), und wir haben daher nur noch zu bemerken, daß man zu den untersten Schichten der Grundmauern ausgesucht große und flache Steine verwenden muß, um den Druck auf eine große Fläche zu vertheilen. Hat man keine großen natürlichen Steine, und ist man gezwungen, mit Backsteinen zu funda-

mentiren, wie dies z. B. in Hamburg ganz gewöhnlich geschieht, so sollten die untersten Schichten, die man am besten auf eine dünne Sandschicht setzt, in schnell erhärtendem Mörtel vermauert werden. Sind die Grundmauern später dem Wasser ausgesetzt, so muß man auf sorgfältiges Verstreichen der Fugen in den Mauerhäuptern sehen, damit das Wasser nicht Eingang in das Innere der Mauer findet.

Die Regel, alle Mauern eines Gebäudes immer in gleicher Höhe und im genauesten Zusammenhang aufzuführen, findet auch bei den Grundmauern ihre volle Anwendung, es sei denn, daß man an irgend einer Stelle ein stärkeres Setzen des Grundes voraussetzen muß, und daß man diese möglichst schnell zu comprimiren sucht.

Damit die Grundmauern gehörig austrocknen können, dürfen sie nicht sofort nach ihrer Auführung mit Erde hinterfüllt werden, eine Regel, gegen welche sehr häufig verstoßen wird. Die Maurer pflegen nämlich, sobald sie einige Schichten gemauert haben, die Fundamentgräben mit der Füllerde vollzustampfen, um auf dieser einen Stand zu gewinnen und so ein Gerüst zu ersparen; zugleich auch oft, um eine mangelhafte Arbeit möglichst schnell dem Auge zu entziehen. Nur wenn man die Wände der Baugrube beinahe senkrecht abgegraben hat und die Mauern nahe an diese heranrücken, muß man den geringen Zwischenraum gleichzeitig mit dem Auführen der Mauern ausfüllen, weil dies späterhin nicht so vollständig geschehen kann. Dann sollten aber immer Steinbrocken als Füllmaterial verwendet werden.

Gründung auf schlechtem Baugrunde.

§. 14.

Wie es zwischen einem untadelhaft guten und einem ganz schlechten Baugrunde mancherlei Abstufungen gibt, ebenso modificiren sich auch die Fundirungsarten in den betreffenden Fällen; zwischen dem mühelosen Aufmauern der Fundamente auf festem, trockenem Felsgrunde und der kostspieligen Befestigung eines weichen Moorbodens gibt es daher mancherlei Modifikationen, immer aber wird es nicht unbedeutenden Vorbereitungen bedürfen, ehe mit den eigentlichen Fundamentmauern begonnen werden kann.

Eine der hier zur Anwendung kommenden Konstruktionen besteht in der Verbreiterung des Fundaments. Aus der allgemeinen Konstruktionslehre ist bekannt, daß man den Fundamentmauern auch auf festem Baugrunde einen breiteren Fuß gibt: jene Verbreiterung bezweckt nur die Vergrößerung der Stabilität, während die Verbreiterung des Fundaments lediglich die Vertheilung des Druckes auf eine größere Grundfläche bewirken soll, wodurch die Pressung auf die Quadrateinheit des Baugrundes eine geringere wird.

*) Vergl. Allgemeine Bau-Construktionslehre, Thl. I.

Denn jeder Baugrund, auch der schlechteste, widersteht einem gewissen Drucke, so lange dieser nicht größer ist als seine Tragfähigkeit. Vertheilt man aber den Druck auf eine große Fläche, so kann man diese Vertheilung am Ende so weit treiben, daß der auf die Quadrateinheit des Baugrundes kommende Druck mit der Tragfähigkeit derselben im Gleichgewichte steht, oder besser, von letzterer übertroffen wird.

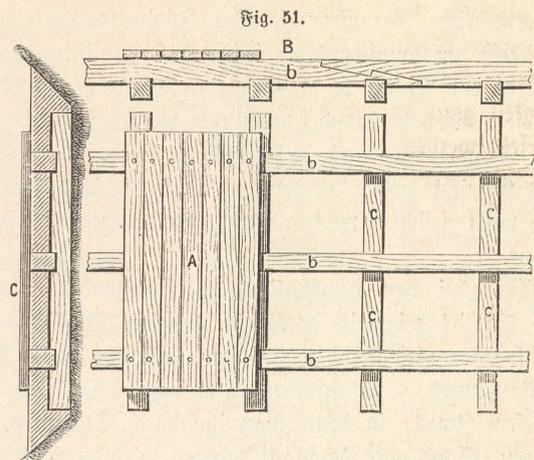
Ein weicher und nachgiebiger Baugrund ist indessen selten von so gleichförmiger Beschaffenheit, daß er an jeder Stelle denselben Widerstand leistet, auch wird es oft unmöglich, die Last des Gebäudes auf die Unterfläche des Fundaments ganz gleichmäßig zu vertheilen. Deshalb werden außer der Verbreiterung der Fundamente gewöhnlich noch solche Zwischenlagen angeordnet, daß die Unterfläche derselben einen innigen Zusammenhang zeigt, daß namentlich nicht einzelne Theile des Fundaments unabhängig von den andern tiefer einsinken können, vielmehr das ganze Gebäude gleichmäßig sinken muß — was in manchen Fällen ohne allen Nachtheil geschehen kann. — Dieser Zusammenhang der tragenden Theile soll der Art sein, daß weder die absolute, noch die Bruchfestigkeit des Materials überschritten werden kann.

Derartige steife Zwischenlagen wurden bei nicht ganz incompressiblem Untergrunde früher häufiger als jetzt angewandt, man nennt sie Roste und unterscheidet Schwellroste und Pfahlroste. Die letztgenannte Fundirungsweise auf Pfählen gehört auch jetzt noch zu den häufiger ausgeführten künstlichen Gründungsarten, während die Fundirung auf Schwellrost neuerdings seltener gewählt wird, weil in den Fällen, wo sie sich wirklich nutzbringend erweist, in den meisten Fällen Beton vorgezogen wird.

§. 15.

Gründung auf Schwellrost. Wir haben die in Deutschland gebräuchliche Konstruktion eines solchen Rostes bereits im II. Theil der „Allgemeinen Bau-Constructiionslehre“ (Kap. 5, §. 5) kennen gelernt. Es werden hierbei die unmittelbar auf dem geebneten Boden liegenden Querschwellen *c, c*, Fig. 51, an denjenigen Stellen, wo die Langschwellen sie treffen, 5—8 cm tief eingeschnitten, während die Langschwellen in voller Stärke bleiben. Sind zwei solche Schwellen zu stoßen, so geschieht es über einer Querschwelle durch schräges Hackenblatt oder durch stumpfen Stoß unter Anwendung eiserner Klammern; mehr als ein Stoß soll auf einer solchen Querschwelle nicht vorkommen.

In Frankreich legt man nicht die Quer-, sondern die Langschwellen auf den geebneten Boden, und streckt die Querschwellen als Zangen darüber. Zwischen den letzteren und parallel mit ihnen sind Bohlen auf den Langschwellen verlegt. Hat man hinreichend große Steine als Füllmaterial, so bleiben die Bohlen auch wohl ganz fort. — Eine ähnliche Konstruktion mit überschrittenen Querschwellen unter



Fortlassung der Rostbohlen zeigt Taf. 66 *). Die Rostfelder sind hier mit einem Steinpflaster aus pyramidal gestalteten, mit der Breitseite nach unten gestellten Steinen gefüllt, deren Zwischenräume mit Steinplittern ausgezwickt sind. Taf. 67 gibt den Grundriß des zugehörigen Erdgeschosses.

In England werden auf dem geebneten Boden große Steine ausgebreitet und auf diesen ruhen die weniger dicken, als breiten überschrittenen Rostbalken, die durch aufgenagelte Bohlen zusammengehalten werden**).

Ein fester Schwellrost wird auch erreicht, wenn zwei, sich unter rechtem Winkel kreuzende Lagen von 18 cm dicken Halbhölzern eben verlegt und unter sich durch eiserne Nägel verbunden werden***).

Allgemeines. Obwohl die Schwellroste nicht soviel Steifigkeit besitzen, um unter Einfluß großer Belastung vor jeder Biegung gesichert zu sein, so gewähren sie doch — namentlich im Anfange des Baues — große Vortheile, d. h. so lange der Mörtel noch nicht erhärtet ist, und die Mauern noch nicht genügenden Zusammenhang haben, um dem Einsinken einzelner Theile des Fundamentes widerstehen zu können. Die Steifigkeit des Rostes wird also erheblich vergrößert, wenn man die ersten Fundamentschichten so lange ohne weitere Aufmauerung stehen läßt, bis die Erhärtung vor sich gegangen ist, und das Einsinken einzelner Steine der Schicht wird unter allen Umständen verhindert. — Immer wird man aber gut thun — wenn auch Beispiele gleichmäßiger Senkung (ohne Risse in den Mauern) hier und da zu constatiren sind — den Schwellrost nie anders als auf gleichmäßig comprimibarem Grunde zu verwenden.

Einen großen Vortheil gewährt der Schwellrost durch

*) Stationsgebäude zu HeideIsheim auf der württembergischen Westbahn.

**) Die Tragfähigkeit der Langschwellen wird hierbei erheblich geschwächt.

***) Telford legte bei der Severn-Brücke zu Tewkesburg die 15 cm starken Bohlen diagonal zur Fugrichtung des Mauerwerkes, die Bohlenlagen waren mit einer Spundwand umschlossen.

die vortreffliche Verankerung aller Fundamenttheile unter sich mittelst der Längsschwellen; solche Ankerung ist namentlich überall da von Nutzen wo die tragenden Wände von Gewölben auf diese Weise mit einander verbunden werden können. Aus diesem Grunde muß auch auf tüchtigen Verband der Stöße großes Gewicht gelegt werden. — Daß die Unterlage der Stöße wohl gesichert werden muß, wurde ebenfalls früher erwähnt.

Auch bei den gewöhnlichen Krostkonstruktionen, wie solche Fig. 51 zeigt, ist der Raum zwischen den Quer- und Längsschwellen nicht hohl zu belassen, sondern — am besten mit Mauerwerk — auszufüllen. Hat man Thon und Lehm zu diesem Zweck, so kann man ihn durch Stampfen comprimiren, Sand und Bauschutt dagegen wird durch Rammen im angenehmsten Zustande häufig gut comprimirt.

Gegen Unterspülung des Fundamentes und zur Sicherung des Bodens gegen seitliches Ausweichen umschließt man den Schwellkrost gern mit einer Spundwand. Das Ausdrängen der Erde unter dem Koste wird dadurch allerdings verhindert, aber der Krost dadurch gegen Unterspülung nicht zweifellos gesichert, weil Spundwände nie vollständig wasserdicht herzustellen sind, und könnte dies auch im Innern der Spundwand geschehen, so wird doch bei starkströmenden Wasseradern die Möglichkeit einer äußeren Entblösung von Erde nicht ausgeschlossen sein, wodurch die Spundwand eingebogen werden kann. Daraus folgt als Regel, daß bei quelligem Terrain der Schwellkrost überhaupt nicht am Platze ist.

Spundwände haben aber den Vortheil, daß sie eine feste Umschließung der Baugrube und dadurch deren Trockenlegung erleichtern. Um ein gleichmäßiges Sinken der Konstruktionstheile des Krostes zu ermöglichen, darf derselbe daher nirgend mit der Spundwand in Berührung gebracht werden. Gewöhnlich benützt man die vordere Längsschwelle als Lehre beim Einrammen der Spundwand, wodurch diese nahe an den Krost zu stehen kommt und die Fuge zwischen beiden durch die Schwelle gedeckt erscheint.

Gründung auf Sandschüttung.

§. 16.

Eine weitere Methode der Verbreiterung des Fundaments besteht, wie wir schon kurz erwähnt haben, in der Anwendung einer starken Sandschüttung. Der Zweck ist hier wieder, ein ungleichmäßiges Einsinken des Gebäudes dadurch zu verhüten, daß der besonders nachgebende Stellen treffende Druck auf festere Umgebungen übertragen wird. In Frankreich hat man von diesem Verfahren schon seit längerer Zeit und häufig Gebrauch gemacht, und in Surinam soll es ganz allgemein angewendet werden.

Die Erfahrung scheint es zu bestätigen, daß man mit einer solchen Sandschüttung dieselben Zwecke wie durch einen liegenden Krost erreicht, natürlich ohne die Verankerung, welche mit letzterem bezweckt werden kann. Es ergeben sich aber für die Sandschüttung die zwei wichtigen Vortheile, daß eine solche beinahe unter allen Umständen wohlfeiler und leichter ausführbar ist, schon deshalb, weil sie keineswegs so tief zu liegen braucht, daß sie immer unter dem niedrigsten Grundwasserstande bleibt, da die Festigkeit einer Sandablagerung durchaus nicht leidet, wenn sie auch abwechselnd naß und trocken wird. Es kommt dabei einzig darauf an, dieselbe vor der unmittelbaren Berührung stark bewegten Wassers zu schützen. Die Anwendung des Sandes auf die angegebene Weise rechtfertigen auch die in dieser Beziehung angestellten Versuche. Diese ergeben, daß der Sand den Druck auf die unteren Schichten innerhalb einer unter 45° geneigten Böschung vertheilt.

Wendet man eine solche Sandschüttung an Stelle eines liegenden Krostes an, so wird sie zwar weder ein Sinken im Allgemeinen, noch ein ungleichförmiges Senken ganz verhüten können, doch kann dies ein liegender Krost eben so wenig, wenn die Veranlassung dazu in dem Baugrunde gegeben ist.

Eine Sandschüttung bildet immer eine sehr feste Sohle in der Baugrube, welche einzelne Steine des Fundaments nicht einsinken läßt, und wenn der Grund an einzelnen Stellen besonders weich, oder die Last sehr groß sein sollte, so wird der Druck nach Maßgabe der Tragfähigkeit des Grundes durch die Sandschicht sehr gleichmäßig vertheilt, und durch dieselbe ein ungleiches Einsinken, innerhalb gewisser Grenzen, sehr sicher vermieden.

Die ersten Versuche mit einer solchen Fundirung wurden im Jahre 1823 in Paris beim Bau des Kanals St. Martin gemacht; es wurde ein Theil der Kaimauern auf einer 1 m hohen Sandschüttung gegründet. In Bayonne stellte man im Jahre 1831 eine Bastion der Befestigung mittelst einer Sandschüttung auf sehr weichen Boden. Hier zeigte sich zwar ein sehr ungleiches Setzen, was aber dadurch seine Erklärung findet, daß der Baugrund ungleich tief war, so daß die Sandschüttung an einer Stelle beinahe den festen Grund erreichte, während sie an einer andern 1 1/2 m darüber und zwar auf einer eben so hohen, weichen und preßbaren Erde lag. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß in diesem Falle der liegende Krost ein ungleiches Setzen eben so wenig verhüten haben würde, wie die Sandschüttung.

Man hat auch den Versuch gemacht, dem Sande durch Begießen mit Kalkmilch einen größeren Zusammenhang zu geben, und es läßt sich aus den gelungenen Versuchen mit dem sogenannten Sandkalkpfeibau schließen, daß ein solches Verfahren besonders dort mit Nutzen anzuwenden

sein wird, wo man befürchten muß, daß der Sand durch bewegte Wasseradern angegriffen werden könnte.

In Hamburg hat man im Jahre 1839 ein Schlachthaus auf einer Sandschüttung fundirt, welches sich zwar gesenkt hat, aber so gleichmäßig, daß keinerlei Nachtheile daraus erwachsen sind. Der Baugrund bestand aus fast unergründlichem Moorboden, in welchem die längsten Pfähle unter der Ramme förmlich verschwanden, außerdem war es fast unmöglich, mit der Gründung so tief hinabzugehen, wie solches ein Holzrost erfordert hätte. Es wurde daher in den Fundamentgräben eine ca. 3 m tiefe und 5 m in der Sohle breite Sandschüttung angeordnet, welche man dadurch sehr fest lagern konnte, daß man Gelegenheit hatte, durch eine sogenannte Wasserkunst die Baugrube von Zeit zu Zeit mit Wasser zu füllen, welches den Sand von oben nach unten durchzog und unterhalb seinen Abfluß fand, indem der Wasserstand der nicht weit entfernten Elbe zur Ebbezeit bedeutend niedriger war als die Sohle der Baugrube. Auf dieser Sandbettung wurde dann das Fundament 1,4 m stark von Backsteinen angelegt, und so abgesetzt, daß es auf eine Höhe von 2,2 m noch 0,78 m Stärke behielt, worauf dann die Stagenmauern gesetzt wurden.

Auch das Terrain des jetzigen Bahnhofes der Berlin-Hamburger Eisenbahn zu Berlin bildete früher ein Wiesensland, welches unter der Perronhalle auf 8,8 bis 12,5 m Tiefe Morast und Torfuntergrund zeigte*). Dieser Wiesensboden wurde innerhalb der Grenzen des Empfangsgebäudes bis auf den festen Untergrund ausgehoben, darauf Sand in dünnen Lagen eingeschüttet; durch Eingießen von Wasser festgeschlämmt und so die Baugrube wieder gefüllt. Bevor mit dem Aufmauern der Fundamente begonnen wurde, hielt man es für nöthig, unter denselben durchgängig einen liegenden Rost anzulegen, der offenbar ohne Nachtheil hätte fehlen können. Einige Stellen in der Nähe des Schiffahrtskanales konnten ohne Gefahr nicht ausgehoben werden; hier wurde daher auf Senkbrunnen gegründet, die bis in die gewachsenen Schichten hinabgeführt wurden: trotz dieser Ungleichartigkeit der Fundamente hat das große und schwere Gebäude keinerlei Spuren von Rissen erkennen lassen.

Die Gründung des thüringischen Bahnhofes zu Leipzig erfolgte auf eine Sandschüttung, die nach jeder Richtung sich um 3 m weiter ausdehnte als die äußern Umfassungsmauern.

Ebenso wurden die Hochbauten des Bahnhofes der Breslau-Schweidnitz-Freiburger Eisenbahn auf Sandschüttung fundirt**). Die über dem guten Baugrunde lagernde Moorschicht von 1,2 bis 3 m Höhe wurde durch Baggerung weggeräumt und durch Sandschüttung ersetzt. Unter die Funda-

mente der Gebäude wurde ein Rundsteinpflaster gelegt, dessen kräftiges Abrammen, vermöge der daraus hervorgegangenen Erschütterungen die Consolidation der Sandschicht vollendete, die 3 Wochen hindurch periodisch mit Hilfe einer Dampfpumpe mit Wasser überschüttet worden war.

Bei Ausführung von Sandfundamenten wird also das Erdreich bis zur nöthigen Tiefe mit der Doffirung ausgehoben, die der Bodenbeschaffenheit entspricht und die Breitenausdehnung der Sohle der Baugrube zweckmäßig so bemessen, daß die von den Außenkanten der unteren Druckfläche (des Fundamentes) unter 45° gezogenen Linien noch innerhalb der Sohle der Baugrube fallen.

Zuweilen ist man gezwungen, um die Stärke der Sandschüttung nicht durch Einschneiden der Fundamente zu verringern, das Gebäude direkt auf die Sandschüttung und im Niveau des umgebenden Erdreiches aufzusetzen. Damit nun für die Fundamente diejenige Tiefe unter Terrain erreicht werde, welche erfahrungsmäßig erforderlich ist, um die nachtheiligen Wirkungen des Frostes abzuhalten, so muß das Gebäude mit einem rampenartigen Erdaufwurfe versehen werden. Die Kellerräume sind in diesem Falle im Rez-de-chaussée anzulegen.

Gründung auf Pfahlrost.

§. 17.

Wenn man einen festen Baugrund nicht erreichen, denselben aber unter einer weichen, nachgebenden Schicht mit Sicherheit vermuthen kann, so wendet man den Pfahlrost an, dessen Konstruktion wir bereits kennen lernten*). Der eigentliche Zweck des Pfahlrostes ist, die Last des Gebäudes mittelst der Pfähle durch die weiche Erdschicht hindurch auf den festen Baugrund zu übertragen. Es ist indessen nicht selten, daß man den Pfahlrost auch da anwendet, wo die Pfähle keine festere Erdschicht als die bereits durchdrungene erreichen, also mit ihren Spitzen nicht auf festem Grunde aufstehen. In diesem Falle ist es nur die an der Peripherie der Pfähle stattfindende Reibung, welche ein tieferes Einsinken derselben und der von ihnen getragenen Last verhindert, und man pflegt aus dem leichteren oder schwereren Eindringen der Pfähle unter den Schlägen des Rammklozes auf ihre geringere oder größere Tragfähigkeit zu schließen.

Die Konstruktion des Rostes selbst erleidet mancherlei Veränderungen, und die wichtigsten von diesen werden wir kurz erwähnen. Bei der Anwendung des Pfahlrostes bleibt es, wie bei dem liegenden Roste, eine Hauptbedingung, denselben immer so anzuordnen, daß seine Oberfläche unter

*) Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1856. S. 487.

***) Deutsche Bauzeitung. Jahrg. 1875. S. 375.

*) Vergl. Allgem. Bau-Construktionslehre. II. Theil, S. 84.

dem niedrigsten Stande des Grundwassers bleibt. Es gibt zwar einige Beispiele, wo diese Regel umgangen ist, indem man voraussetzte, der Boden um den Krost herum würde, durchaus vor dem Zutritt der Luft geschützt, seine Feuchtigkeit behalten, besonders wenn er aus einer fetten, zähen Erdart besteht. Solche Ausnahmen mögen in einzelnen Fällen glücken, bleiben aber immer gefährlich, und deshalb immer — Ausnahmen.

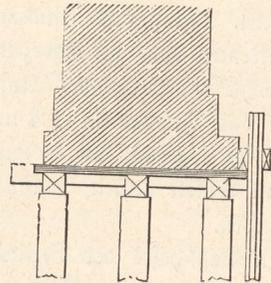
Zu den Pfählen des Krostes wird gewöhnlich das Holz der Kiefer oder Föhre (*pinus sylvestris*), doch auch Erlen- und sonst hartes und gerade gewachsenes Holz verwendet. Zu dem eigentlichen Krostbelag nimmt man gern Eichenholz, wenn es nicht zu theuer kommt, doch ist Nadelholz ebenfalls sehr wohl anwendbar.

Da jedes Fundament in einer gewissen Richtung Widerstand leisten muß, so kann der Fall vorkommen, daß man die Pfähle eines Krostes nicht vertikal, sondern geneigt einrammen muß, wenn nämlich die Richtung der Resultirenden aus den auf das Fundament wirksamen Pressungen nicht vertikal ist, denn es ist einleuchtend, daß die Pfähle den größten Widerstand leisten werden, wenn sie in der Richtung dieser Resultirenden eingerammt sind. Diese Betrachtung wird besonders in dem Falle wichtig, in welchem nur die Pfähle mit ihren Spitzen den festen Boden erreichen und mit ihrer übrigen Länge in einem weichen, nachgebenden Grunde stecken. Bei Hochbauten werden die erwähnten Rücksichten selten zu nehmen sein, indem die Resultirende aus den Pressungen auf das Fundament in den meisten Fällen vertikal gerichtet, oder so wenig von dieser Richtung abweichend sein wird, daß sie unbedenklich als vertikal angenommen werden kann. Bei Wasser-, namentlich Brückenbauten, kommt es dagegen nicht selten vor, daß die Krostpfähle unter einer Neigung gegen die Vertikale eingerammt werden und auch der Krostbelag geneigt angeordnet wird.

Bei der Anwendung des Pfahlkrostes ist die Anordnung einer Spundwand sehr gewöhnlich. Ihr Zweck ist hier im Wesentlichen der, eine Verminderung des Wasserzudranges während des Baues und ein Zusammenhalten des Erdkörpers unterhalb des Krostes zu bewirken. Da hier ein Einsinken des Krostes durch Compression des Baugrundes nicht vorausgesetzt werden kann, (wie dies bei dem liegenden Krost der Fall ist), so ist eine innige Verbindung der Spundwand mit dem Krost nicht nachtheilig, und man erreicht dadurch den wichtigen Vortheil, auch unter dem Krost Spundwände anordnen zu können; eine Konstruktion, welche das Durchdringen von Wasseradern wirksam verhindert. Die Anordnung mehrerer, dann meist paralleler Spundwände kommt hauptsächlich bei Wasserbauwerken, namentlich bei Schleusen und Wehren vor. Im Hochbau kommen die Spundwände meistens nur als Umfassungen des Krostes vor, und finden alsdann die passendste Stelle vor der äußersten Pfahlreihe,

weil sie so den Zweck, den Krost zu schützen, am vollständigsten erreichen. In vielen Fällen wird es dabei vorthelhaft sein, die Spundwand nicht zu nahe an die Pfahlreihe zu stellen, um das Eindringen der Pfähle dieser Reihe nicht zu erschweren, denn früher als diese Pfähle muß die Spundwand jedenfalls eingerammt werden, weil ihre Herstellung noch mehr erschwert werden würde, wenn der Boden durch das Einrammen der Krostpfähle bereits comprimirt wäre. Bei solcher Stellung der Spundwand kann man dieselbe zuweilen bis 1 m über den Krost hinaufreichen lassen und — indem man einen Thonschlag dahinter bringt — sie zugleich als einen niedrigen Fangedamm für die Baugrube benutzen. In Fig. 52, welche ein Beispiel solcher Anordnung zeigt, reichen dann die Zangen und Dielen des Krostes bis dicht an die Spundwand, so daß hierdurch die eingeschlossene Erde, der Thonschlag und auch wohl die in den Krostfeldern angebrachte Ausmauerung bedeckt und geschützt werden. Unsere Figur zeigt zugleich statt des gewöhnlichen Holmes zwei schwächere Zangenhölzer, welche

Fig. 52.



mit den schwachen Spundpfählen verbolzt sind, und von denen das innere auf den Dielen des Krostes liegt.

Da die Spundwand und der Krost immer vom Grundwasser bedeckt bleiben sollen, so wird man die beschriebene Konstruktion nur in dem Falle anwenden können, wenn der Wasserspiegel in der Baugrube so weit gesenkt werden kann, daß der Krost die tiefere Lage erhält. Die Spundwand kann übrigens nach Auführung der Fundamente bis zur Höhe des niedrigsten Wasserstandes abgebrochen werden. Geht dies nicht an, oder besteht die Spundwand aus stärkeren Pfählen, bei denen man den starken Holm nicht gern entbehrt, so legt man diesen hart an die vordere Längschwelle des Krostes und bolzt ihn mit dieser zusammen. Die Zangen und der Bohlenbelag reichen dann über den Holm der Spundwand hinweg, dürfen aber in dem Falle, daß die Spundwand dem fließenden Wasser ausgesetzt ist, nicht überstehen. Während die Zangen mit den Krostschwellen verkrämmt sind, liegen sie auf dem Holme mit einem Blatte stumpf auf, weil man den Holm nicht gern durch die Einschnitte der Krämme schwächt. (Fig. 53.)

An Abweichungen von der bisher erörterten Konstruktion sind folgende zu nennen:

1) Die bei den Franzosen übliche Anordnung, die Spundwand in die erste Reihe der Krostpfähle zu setzen, wobei die eigentlichen Krostpfähle a Fig. 54 Spundpfähle sind und eben so tief eingerammt werden müssen als die übrigen Krostpfähle, während die Zwischenräume mit schwä-

Fig. 53.

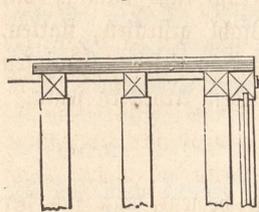
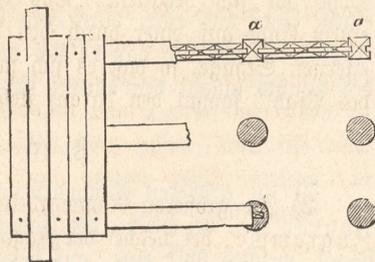


Fig. 54.



cheren Spundpfählen ausgefüllt werden, ist nicht zu empfehlen. Denn die Spundwand soll ja die Kostpfähle schützen, und diesen Zweck verfehlt sie bei der ersten Reihe, welche jedenfalls des Schutzes am bedürftigsten ist, durchaus; außerdem wird die Ausführung einer solchen Spundwand, bei welcher einzelne stärkere Pfähle tiefer herabreichen als die übrigen, außerordentlich schwierig.

2) Eine weitere Abweichung besteht darin, die Zangen über den Kostschwelen ganz fortzulassen, wie solches in England, Frankreich und Holland ganz gewöhnlich zu geschehen pflegt. Die Zangen eines Pfahlrostes haben nämlich einen ganz andern Zweck als die Unterlagen oder Querschwellen des liegenden Rostes. Letztere sollen den Langschwelen eine Unterstüzung gewähren und den Druck auf dieselben gleichmäßig vertheilen helfen, die Zangen aber haben nur den Zweck, die Langschwelen, über welche sie geklämmt sind, in ihrer Lage zu erhalten und ein Ausweichen derselben nach der Seite, wenn ein solches Bestreben vorhanden sein sollte, zu verhüten. Denn die Langschwelen des Pfahlrostes werden durch die Pfähle überall hinreichend unterstüzt. Da nun bei Hochbauten fast immer das Bestreben, die Langschwelen seitwärts zu verschieben, fehlt, so rechtfertigt sich das Fortlassen der Zangen in solchen Fällen vollkommen, da die Lage der Langschwelen außerdem durch den festgenagelten Dielenbelag angemessen gesichert ist.

3) In England, wo das Holz hoch im Preise steht, geht man noch weiter, und läßt auch den Dielenbelag fort, doch ist dies bei dem Pfahlrost gefährlicher als bei dem liegenden, weil schon die ersten Schichten des Mauerwerks, wenn sie auf keinem Dielenbelage ruhen und der Boden nachgiebig ist, in den Kostfeldern sich senken, wodurch der Verband des Mauerwerks gestört werden würde.

Dagegen wird diese Methode da mit Vortheil angewendet, wo der Pfahlrost nur den Zweck hat, bei eintretenden Unterspülungen des an sich tragfähigen aber leicht beweglichen Bodens die Last des Bauwerkes alsdann auf tiefere Schichten zu übertragen und so im Nothfalle als Reserve zu dienen.

Wo, wie in Deutschland, das Holz einen so hohen Preis noch nicht erreicht hat, da behält man den Kostbelag am besten bei, die Zangen aber können unbedenklich fortgelassen werden.

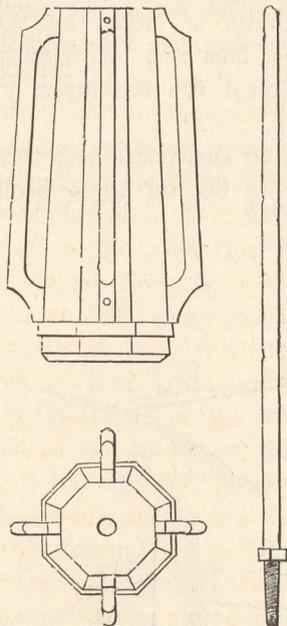
§. 18.

Ausführung der Rammarbeiten.

Nicht nur bei den Fundirungen auf Koft, sondern auch in manchen anderen Fällen, wird das Einschlagen von Pfählen bis auf eine bedeutende Tiefe auf den Baustellen nöthig. Bekanntlich bedient man sich zu dieser Arbeit der Ramme. Der Haupttheil derselben ist der Rammkloß, Rammbar, eine Eisenmasse oder ein schwerer Holzkloß, welcher stoßweise auf den Pfahl wirkt und ihn dadurch in den Boden treibt. Das Heben des Rammkloßes, um den Stoß ausüben zu können, wird auf verschiedene Weise bewirkt, und hiernach unterscheidet man: Handrammen, Zugrammen, Kunstrammen, Dampfgrammen und in neuester Zeit auch Pulverrammen.

1) Die einfachste Ramme ist die Handramme, sie besteht nur aus dem Rammkloß, welcher unmittelbar und aus freier Hand durch Arbeiter gehoben und auf den Pfahl herabgestoßen wird. Zu diesem Zwecke sind an demselben — in der Regel vier — Bügel angebracht, welche den Arbeitern als Handhaben dienen und gewöhnlich so lang sind als der Kloß, damit die Arbeiter in verschiedenen Höhen angreifen können.

Fig. 55.

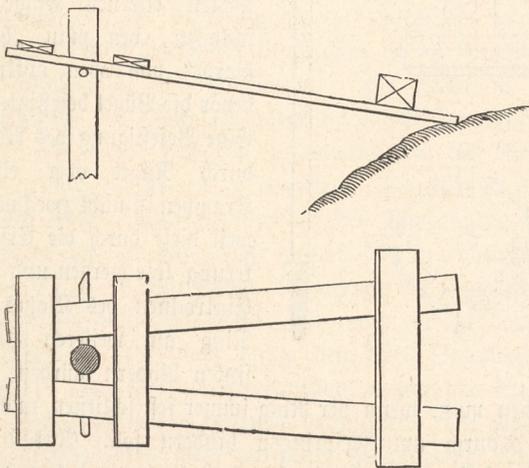


Das ganze Geräth besteht aus Holz, die Form ist meistens eine abgestumpfte achtförmige Pyramide, die sich ohne großen Holzverlust aus einem runden Stamme bilden läßt. Fig. 55 zeigt eine solche Handramme im Auf- und Grundriß. Unten wird der Kloß mit einem starken eisernen Ringe beschlagen, den man „handwarm“ von oben auftreibt, bevor die Bügel befestigt sind. Eine Befestigung des Ringes durch Nägel oder eiserne Krampen ist nicht zweckmäßig, weil diese durch die Erschütterung lose werden und beim Eintrocknen des Kloßes den Ring am weiteren Herabsinken hindern würden, was geschehen muß, wenn der Ring immer fest schließen und den Kloß dadurch am Zerspringen hindern soll. Aus diesem Grunde soll auch recht trockenes Holz verwendet und der Ring so angebracht werden, daß er anfänglich etwa 16 bis 18 cm. vom unteren Ende des Kloßes entfernt bleibt. Das zweckmäßigste Material zu einem solchen Rammkloße ist Eichen- oder Kiefernholz.

Der Gebrauch der Handramme setzt immer kräftige und eingetübte Arbeiter voraus. Man darf hierbei etwa 12,5 kg Gewicht des Kloses, bei 1 m Hubhöhe auf jeden Arbeiter rechnen, und da sich deren nicht mehr als vier anstellen lassen, so beschränkt sich das ganze Gewicht des Rammklozes auf etwa 50 kg. So lange der Pfahl noch hoch steht, muß der Klotz sehr hoch gehoben werden, wobei die Arbeiter ängstlich werden. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, und den Effekt der Ramme zu erhöhen, sucht man die Richtung des Klotzes dadurch zu fixiren, daß man auf dem Pfahle eine schmiedeeiserne Stange anbringt, welche den Klotz führt. Fig. 55 zeigt bei A eine solche von 1,5 m Länge und 4 cm Durchmesser. Sie ist am untern Ende mit einem Gewinde und dicht darüber mit einem vier- oder sechseckigen Ansatz versehen, um sie mit einem Schlüssel fassen zu können. Nun wird möglichst genau in der Achse des Pfahls ein passendes Loch vorgebohrt und in dieses die Stange so eingeschraubt, daß sie in die Verlängerung der Pfahlachse fällt. Auch der Rammklotz muß in der Richtung seiner Achse durchbohrt werden, so daß er mit hinreichendem Spielraume an der eisernen Stange auf- und niedergleiten kann; an seiner Unterfläche erhält er eine Vertiefung, damit er nicht auf den eckigen Ansatz der Stange aufstößt. Weil die Arbeiter hierbei ein Herabfallen des Klotzes nicht mehr zu fürchten haben, so arbeiten sie dreister und mit mehr Kraft. Die eiserne Stange kann nach dem Einrammen des Pfahls wieder ausgeschraubt und von neuem gebraucht werden.

Um das Einrammen mittelst der Handramme noch mehr zu erleichtern, kann man, nach Fig. 56, ein kleines Gerüst

Fig. 56.



anwenden, auf welchem die Arbeiter stehen, und hier nicht nur durch ihr eigenes Gewicht den Effekt der Arbeit erhöhen, sondern dieselbe auch dadurch erleichtern, daß sie den Kopf des Pfahls immer in derselben zweckmäßig gewählten

Höhe vor sich behalten. Das Gerüst ruht nämlich mit einem Ende auf einer durch den Pfahl gesteckten, starken, eisernen Stange, so daß es sich mit dem tieferen Einsinken des Pfahls sammt den darauf stehenden Arbeitern senkt.

§. 19.

2) Zu größeren Rammarbeiten bedient man sich der Zugramme, bei welcher der Rammklotz an dem Rammtau hängt, welches über eine, auf besonderem Gestelle befestigte Rolle, die Rammscheibe, geht, und von den Arbeitern mittelst an dem Rammtau befestigter Leinen, stoßweise in die Höhe geschneilt wird. Der Rammklotz findet Führung an dem Gestell selbst, so daß er sicher den Pfahl treffen muß.

Die Einrichtung der Zugrammen ist in den verschiedenen Gegenden ebenfalls verschieden. Fig. 1, Taf. 68 stellt eine in Norddeutschland übliche Ramme dar, die sich durch die Menge starker Hölzer und ihr daraus sich ergebendes großes Gewicht auszeichnet. Dies sichert ihr zwar einen festen Stand, erschwert aber auch ihr Aufstellen und den Transport von einem Pfahle zum andern (das sogenannte „Verfahren“).

Die Ramme besteht aus einem Schwellwerk, auf dem die Ruthe und Streben aufstehen. Da Ruthe a zur Leitung des Rammklozes dient, nimmt sie oben die Rammscheibe auf, über welche das Rammtau geht, sie wird durch die beiden Seitenstreben b b gehalten, und diese drei Hölzer bilden mit der Schwelle c die Vorderwand der Ramme. Sie wird durch die beiden Hinterstreben d d in ihrer vertikalen Stellung gehalten. Letztere tragen einen einfachen Hornhaspel, der als Winde dient, mit welcher mittelst des Pfahltaues e die einzurammenden Pfähle ausgerichtet werden. Das Pfahltau geht über zwei feste Rollen in einem auf der Ruthe drehbar befestigten Holze, dem sogenannten Triezkopfe t.

Die Verbindung der verschiedenen Hölzer wird durch Zapfen und eiserne Ueberwürfe bewirkt, um sie leicht herstellen und lösen zu können. Eine Ausnahme machen die Streben, welche an ihrem oberen Ende in die Läufer Ruthe mit Verfazung eingelassen und durch einen Bolzen mit Splint befestigt sind. Eine der Streben in der vorderen Wand ist mit Sprossen versehen, um als Leiter zu dienen.

Das Aufstellen einer solchen Ramme geschieht in der Art, daß man die vordere Wand in horizontaler Lage zusammensetzt, dann, während sie flach auf dem Boden liegt, die übrigen Verbandstücke an den zugehörigen Stellen befestigt. Alsdann wird an dem oberen Theile der Läufer Ruthe ein Tau befestigt und mittelst einer Winde oder eines Flasenzuges angezogen, wobei man anfänglich durch Anheben dem Aufrichten der Vorderwand zu Hülfe kommt. Bald muß aber der Zug an dem Taue gemäßiget werden, und endlich sucht man durch ein zweites, an dem Kopf der

Ramme angebrachtes Stopfstau, an welchem man einige Arbeiter anstellt, ein zu heftiges Aufschlagen der Verschwellung auf den Boden zu verhüten. Beim Niederlegen ist das Verfahren gerade das umgekehrte. Hat man mehrere Rammen aufzurichten, so wird man nur bei der ersten das beschriebene Verfahren anzuwenden haben, und sich dieser dann zum Aufrichten der übrigen mit Vorteil bedienen können. Dasselbe gilt beim Niederlegen der Rammen.

Das Verstellen der Rammen auf der Baustelle, das sogenannte „Verfahren“ derselben, geschieht nicht durch Zerlegen, sondern sie werden nur stehend, mit Hilfe von Hebebäumen auf untergelegten Walzen z. verschoben, wobei man übrigens große Vorsicht anzuwenden hat, um ein Umschlagen hoher Rammen zu verhüten.

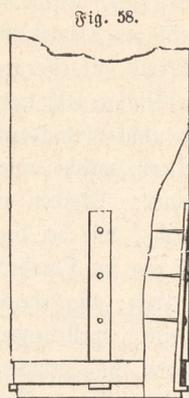
3) Fig. 2, Taf. 68, zeigt die nach ganz gleichen Principien konstruirte, sogenannte Winkelramme. Sie unterscheidet sich von der vorigen nur durch eine andere Verschwellung, und dient zum Einpfählen in den Winkeln und Ecken der Baugrube, wo man mit der vorigen Ramme etwa nicht zukommen kann. Sie ist sehr schwierig aufzurichten, und man wird daher, wenn beide Arten von Rammen auf der Baustelle sind, die Winkelrammen zuletzt und mit Hilfe der übrigen aufrichten.

§. 20.

Bei beiden Rammen hat der Rammkloz dieselbe Gestalt und die Einrichtung, welche Fig. 57 zeigt. Er hat vier Arme, welche seitwärts an der Läufer ruthe vorbeigehen, und von denen je zwei hinter derselben durch einen Kegel verbunden sind. Hierbei kann sich der Kloz nicht sicher gegen die ziemlich schmale Fläche der Läufer ruthe lehnen, und schwankt daher etwas, was immer zunimmt, wenn durch den Gebrauch sich die scharfen Kanten der Hölzer abgerundet haben.

Der Kloz besteht gewöhnlich aus Holz, häufig auch aus Eisen; sein Gewicht schwankt zwischen 300 und 500 kg, je nach dem leichteren oder schwereren Eindringen der Pfähle, und man pflegt als Regel anzunehmen, daß der Kloz wenigstens nicht leichter sein dürfe, als der einzurammende Pfahl. Hölzerne Rammkloze werden gewöhnlich aus Eichenholz angefertigt, und ist dazu recht gesundes und trockenes Holz auszusuchen, um ein Aufreißen, Zersplittern oder Stumpfschlagen des Klozes zu verhüten. Der heftigen Stöße wegen muß der Kloz mit einigen eisernen Ringen beschlagen werden. Meistens bearbeitet man den Kloz prismatisch und im Querschnitt quadratisch. Oben und unten erhält er einen etwa 1,5 cm tiefen Einschnitt für die eisernen

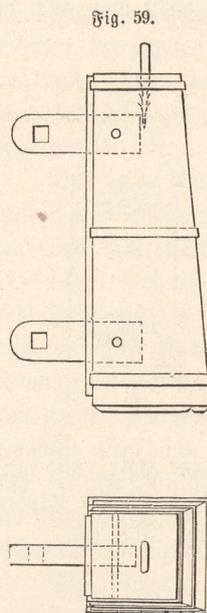
Ringe. Diese Einschnitte sind nöthig, weil an der der Läufer ruthe zugekehrten Seite keine Beschlagtheile vorstehen dürfen. Jeder Ring wird zwar durch Nägel befestigt, meistens aber durch eiserne, hakenförmige Schienen festgehalten, welche man auf den Mitten der Seiten des Rammklozes einläßt, festnagelt, und welche mit ihrem umgebogenen Theile den Ring festhalten, wie dies Fig. 58 zeigt.



Durch eine solche Befestigung werden die Ringe zwar von dem Herab-

fallen geschützt, nicht aber vor dem Loswerden, wenn das Holz des Klozes zusammen trocknet. Es ist daher besser, den Kloz pyramidal zu bearbeiten, so daß er sich an drei Seiten stark nach oben zu verjüngt, und nur an der vierten, mit welcher er sich an die Läufer ruthe lehnt, senkrecht zur Grundfläche bleibt. Die Ringe haben nämlich das Bestreben, in Folge der starken Stöße an dem Kloze herunterzugleiten, und werden daher bei einer pyramidalen Form desselben durch das Rammen selbst immer wieder fest aufgetrieben, wenn sie durch das Eintrocknen des Holzes lose geworden sind. Die Ringe müssen stark, namentlich der untere wenigstens 1,5 cm dick und 5 cm breit gemacht werden. Die Ringe stehen nun natürlich auf allen Seiten des Ramm-

klozes um ihre Stärke vor, und damit sie die Läufer ruthe nicht beschädigen, wird auf dieser Seite ein glatt gehobeltes eichenes Brett an den Kloz genagelt, welches passende Einschnitte für die Ringe hat. Alle Nägel zc. fallen nun natürlich fort, und damit der unterste Ring auch wirklich an dem Kloze herabgleiten kann, muß er in seiner Weite so bemessen werden, daß er anfänglich gegen 16 bis 18 cm von der Unterfläche entfernt bleibt. Die Ringe werden des festeren Schließens wegen „handwarm“ aufgetrieben. Der in Fig. 59 gezeichnete Rammkloz zeigt die hier beschriebene Anordnung. Derselbe gehört zu der in Fig. 3, Taf. 68, dargestellten Ramme,



und hat nur zwei Arme, doch läßt er sich auch leicht so einrichten, daß er zu den Rammen Fig. 1 und 2, Taf. 68 gebraucht werden kann.

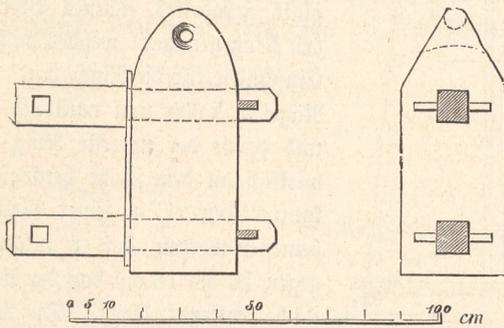
Die Befestigung der Arme am Rammkloz erfordert ebenfalls Aufmerksamkeit. Es ist rathsam, die Arme mit ihrem ganzen Querschnitte in den Kloz einzulassen und sie

durch einen 1,5 cm starken Bolzen zu befestigen, der durch den ganzen Klotz geht, wie dies in Fig. 59 angedeutet ist. Oft sieht man die äußersten Enden der Arme mit eisernen Ringen beschlagen, welche bei den heftigen Stößen lose werden und das Aufspringen der Arme auch nicht verhindern, sondern herabfallen und dadurch den Arbeitern, welche unter der Ramme stehen, gefährlich werden können. Werden an den hinteren Enden der Arme Niegel nötig, wie bei dem Rammklotze, Fig. 57, so müssen 5 bis 7 cm im Quadrat große Löcher in die Arme gestemmt werden; die ebenso starken Niegel haben dann an der Seite einen vorstehenden Kopf, so daß sie sich nicht durchziehen können, und erhalten auf der andern am besten einen gewöhnlichen eisernen Versteck-Nagel.

Zur Befestigung des Rammtaues erhält der Klotz eine Dese aus starkem Schmiedeeisen, welche so in der Oberfläche des Klotzes befestigt wird, daß sie in der vertikalen Schwerlinie des Klotzes sich befindet, was das Rammen sehr erleichtert. Das Rundenisen der Dese muß 3 bis 4 cm stark sein. Die Dese muß durchaus in kaltem Zustande in die genau vorgebohrten Löcher eingetrieben werden.

Gußiserne Rammklotze sind im Ganzen bei Zugrammen selten, wenigstens da nicht im Gebrauche, wo das Holz nicht zu hoch im Preise steht. Sie zerschlagen die Köpfe der Pfähle leicht, und diese müssen daher bei Anwendung solcher Rammklotze mit eisernen Ringen beschlagen werden. Um die Läufer ruthe mehr zu schonen, macht man auch bei

Fig. 60.



eisernen Klotzen die Arme gewöhnlich von Holz, und verzieht die Fläche des Klotzes, welche sich gegen die Läufer ruthe lehnt, mit einem Holzfutter. Vergl. Fig. 60.

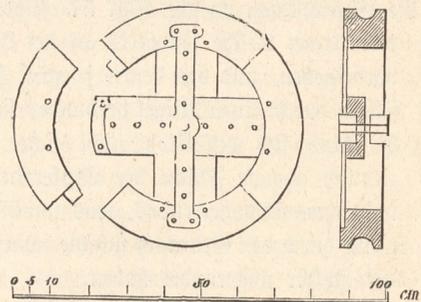
§. 21.

Ein weiterer Theil der Ramme ist die Rammscheibe, diejenige feste Rolle, über welche das Rammtau geht. Dieselbe muß so angebracht werden, daß sie das Tau parallel zur Läufer ruthe führt, d. h. es muß eine aus dem Schwerpunkte des Rammklotzes parallel zur Läufer ruthe gezogene Linie die Rammscheibe tangiren. Eine solche Führung des

Rammtaues wird besonders dann als nötig erkannt werden, wenn der Klotz, wie beim „Setzen“ eines Pfahls, recht hoch gehoben werden muß. Ferner soll die Scheibe sich in einer Vertikalebene befinden, welche die Mitte der Läufer ruthe schneidet. Diese Bedingungen sind notwendig, um die Reibung zu verringern. Die Scheibe darf ferner keinen zu kleinen Durchmesser bekommen, weil diese die Widerstände, welche aus der Steifigkeit des Taus und aus der Zapfenreibung entstehen, so bedeutend vermehrt, daß man bei einem 600 kg schweren Klotze und 4 cm starkem Tau die Kraft zum Aufziehen des ersteren um 50 kg vermindern kann, wenn man den Durchmesser der Scheibe von 26 auf 72 cm bringt. In England will man sogar die Erfahrung gemacht haben, daß man den fünften Theil der Mannschaft entbehren konnte, wenn statt der üblichen Scheiben von 25 cm, deren von 1,2 m Durchmesser angewendet werden. Diese Scheiben hatten dann aber die Verbesserung, daß die Achse sich mit ihren Zapfen in Pfannen drehte, während man sonst gewöhnlich die Scheibe um einen, im Ramngerüst befestigten Bolzen sich drehen läßt.

Die Scheiben bestehen in der Regel aus Weißbuchenholz (*carpinus betulus*) oder Birke, und zu kleinen Scheiben kann das Material der Kegelfugeln, das feste Buchholz genommen werden. Kleine Scheiben werden aus dem vollen Holze gedreht, größere radartig aus Felgen und Armen zusammengefezt, wie Fig. 61 zeigt. Die beiden Arme sind

Fig. 61.



überblattet und in die Felgen verzapft, zwei eiserne, kreuzweise auf entgegengesetzten Seiten in das Holz eingelassene Schienen bilden zugleich die Buchsen, womit die Scheibe den Bolzen umfaßt, der ihr als Drehachse dient.

Die Scheibe findet ihre Befestigung in einem Schlitze, der Läufer ruthe, und die Drehachse bildet ein durch die Läufer ruthe gesteckter Splintbolzen, welchen man häufig so groß macht, daß auch die Bolzen, welche die Seitenstreben befestigen, hindurchgehen. (Vergl. Fig. 3, Taf. 68.)

Die „Rille“ für das Tau ist in der Scheibe gewöhnlich nur flach eingeschnitten, und damit das Tau nicht herauspringen kann, verzieht man die Läufer ruthe an beiden Seiten mit breiten Backenflüchen, welche dies verhüten. Diese

Backenstücke müssen auf jeder Seite wenigstens einen Schraubenbolzen erhalten.

Gußeiserne Rammscheiben haben außer einer größeren Festigkeit und Dauer noch den Vortheil, daß sie durch den Gebrauch sehr glatte Kissen bekommen, wodurch das Rammtau geschont wird.

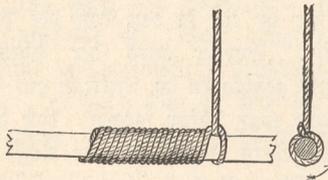
Das Rammtau ist der Abnutzung am meisten ausgesetzt, und aus diesem Grunde wird es stärker als nöthig genommen. Ein stärkeres Tau ist aber von größerem Durchmesser und Gewicht, und vermehrt den Widerstand, der aus der Steifigkeit des Seiles entspringt. Man muß daher das beste Material zu einem solchen Tau verwenden, um den Durchmesser so klein als möglich zu erhalten. Wenn dies der Fall, und die Arbeit eine sorgfältige ist, so genügt eine Stärke von 3—3,5 cm für einen 600 kg schweren Rammkloß. Wird das Tau in einer eisernen Dese an dem Rammkloße befestigt, so muß diese vorher einige Zoll dick mit altem Tauwerk bewickelt werden, damit das Tau eine weiche Unterlage bekommt und nicht zu scharf gebogen zu werden braucht.

Am andern Ende des Rammtaues werden die Zugleinen, an denen die Arbeiter ziehen, angesteckt, und es müssen deren so viele sein als Arbeiter. Sie sind nur etwa 1,5 cm stark, müssen aber ausreichend lang sein, damit sie weit oben an dem Rammtau angesteckt werden können und keinen zu schrägen Zug veranlassen, wodurch ein großer Theil der Zugwirkung verloren geht. Am besten ist es, die Leinen alle an einem gemeinschaftlichen Taue a Fig. 62,

Fig. 62.



Fig. 63.



dem sogenannten Kranztaue, einzuschlingen und dieses auf die in der Figur angegebene Art an dem Rammtau zu befestigen („anzustechen“).

Es kommt darauf an, daß die Enden der Zugleinen, an welchen die Arbeiter mittelst Knebeln angreifen, immer in der richtigen Höhe sich befinden, und zwar vor den Augen der Arbeiter, wenn der

Rammkloß auf dem Pfahle aufsteht. Da nun aber mit dem tieferen Eindringen des Pfahls sich die Zugleinen in Beziehung auf den Standpunkt der Arbeiter verkürzen, so kann die richtige Länge derselben auch nur immer für eine kurze Zeit stattfinden, und man muß daher ein Mittel haben,

die Länge leicht zu verändern. Am Einfachsten erreicht man dies, wenn man nach Fig. 63 die Leine mehrere Male um den, etwa 4 cm starken und 40 cm langen hölzernen Knebel schlingt und die letzte Windung verkehrt aufsteckt; dreht man nun den Knebel nach der Richtung des Pfeils, so verlängert sich die Zugleine von selbst.

§. 22.

Die weiter vorn beschriebenen Rammgerüste sind in Deutschland zwar sehr gebräuchlich, aber wie wir schon erwähnt haben, sehr beschwerlich, und um den Gegenstand nicht über die Gebühr auszudehnen, wollen wir von den mancherlei üblichen Rammern nur noch eine beschreiben, welche sich durch ihre Einfachheit auszeichnet und zugleich den Vortheil gewährt, mit derselben Pfähle in schräger Richtung einschlagen und sie auch als Kunststramme gebrauchen zu können. Hagen, dessen Werke wir hauptsächlich folgen, nennt diese in Fig. 3, Taf. 68 dargestellte Ramme die Stützenramme, und bemerkt, daß sie hauptsächlich in den Dfseehäfen im Gebrauche sei.

Sie besteht nur aus einer verschwellten Vorderwand und der Stütze A, gegen welche sich erstere lehnt. Zwei Taue, am oberen Ende befestigt und um eingeschlagene Pfähle geschlungen, sichern den Stand der Ramme noch mehr, sollen aber nur dann nöthig sein, wenn die Ramme eine ganz oder nahezu senkrechte Stellung bekommt. Eine Windevorrichtung ist nicht vorhanden, und statt des sonst üblichen Triektopfes ist an dem vorderen Ende der Stütze ein starker Haken angebracht, in welchem der obere Block eines Flaschenzuges hängt, der zum Setzen der Pfähle benutzt wird.

Eine solche Ramme läßt sich sehr leicht zusammensetzen, leichter auf unebenen Boden aufstellen und leicht „verfahren“; zu letzterer Arbeit sind, selbst wenn die Ramme gegen 11—12 m hoch ist, nur 6—8 Mann erforderlich. Sie steht zwar nicht so fest als eine mit vollständiger Verschwellung versehene Ramme, auf welcher außerdem noch die Bedienungsmannschaft steht, doch verhüten ein Paar mit Umsicht angebrachte Kopftaue das Umschlagen vollständig. Die Schwelle liegt nur an drei Punkten, da wo die Streben und die Läufer Ruthe auf ihr aufstehen, auf dem Boden, um beim Verfahren der Ramme mit Brechstangen unten die Schwelle fassen zu können.

Diese Ramme gehört zu den sogenannten Scheerennrammen, indem die Läufer Ruthe einen Schliz zeigt, durch welchen die beiden Arme des Rammkloßes hindurchgreifen und durch einen Riegel gehalten werden. Diesen Schliz kann man dadurch bilden, daß man aus der stärkeren Läufer Ruthe eine 4—5 cm starke Diele herauschneidet, doch bleibt es immer vorzuziehen, die Ruthe aus zwei Hölzern zusammenzusetzen. Man kann diese Ramme auch so auf-

stellen, daß der einzuschlagende Pfahl sich hinter der Schwelle befindet, wozu man den Klotz nur von der andern Seite mit seinen Armen durch die Läufer ruthe zu stecken braucht.

Mit der an den Rammen Fig 1, Taf. 68, angebrachten Winde kann man zwar das Setzen der Pfähle sehr sicher vornehmen, doch geht diese Arbeit, weil an der Winde nur wenig Mann Platz haben, sehr langsam, und da es an Arbeitern nie fehlt, so kommt man mit einem Flaschenzuge, bei dem sich mehr Leute anstellen lassen, rascher zum Ziele.

§. 23.

Die Zahl der Arbeiter bei einer Zugramme wird nach dem Gewichte des Rammklozes bestimmt, und man rechnet dabei 14 bis höchstens 15 kg auf den Mann. Im Durchschnitt wird man dann auf eine Hubhöhe von 1,4–1,5 m rechnen können.

Hat man eine große Anzahl Pfähle, namentlich Grundpfähle, d. h. solche, die ganz im Grunde stecken, einzuschlagen, so bedient man sich mit Vortheil zweier verschiedenen Rammen, einer mit einem leichteren, 150 bis 200 kg schweren Klotze, die dann mit 12 bis 16 Mann zu besetzen ist, und einer mit einem schwereren Klotze und zahlreicherer Mannschaft. Mit der ersten Ramme wird der Pfahl gesetzt, und erst, wenn die Schläge des leichteren Klotzes ohne erhebliche Wirkung bleiben, rückt man mit der ersten Ramme weiter und rammt mit dem schwereren Klotze den Pfahl völlig fest. Die zweite Ramme findet den Pfahl immer schon in bedeutender Tiefe und bedarf daher keiner großen Höhe.

Der Platz, welchen die Arbeiter an den Zugleinen einnehmen, heißt die Rammtube, und diese muß so groß sein, daß sie für jeden Arbeiter 0,4–0,6 qm Raum gewährt. Die Arbeiter dürfen nicht so dicht stehen, daß sie sich gegenseitig hindern, aber doch so nahe zusammen als thunlich, damit der Zug der an der äußeren Peripherie des Hauses stehenden kein zu schiefer wird.

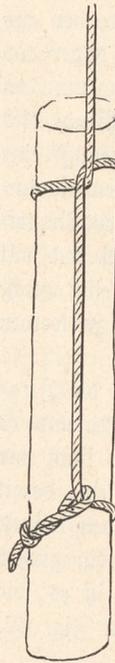
Die Rammarbeit ist eine so anstrengende, daß die Arbeiter sehr häufig ruhen müssen. Es werden jedesmal 20 bis 25 Schläge rasch hinter einander gemacht, was man eine „Riße“ nennt, und dann tritt eine Pause von 2 bis 3 Minuten ein. Ein zuverlässiger Arbeiter, der bei den übrigen Autorität genießt, leitet die Arbeit durch seinen Zuruf, er führt gewöhnlich keine Zugleine, sondern das untere Ende des Rammtaues. Dieses nennen die Arbeiter an manchen Orten das Schwanztau, und daher hat jener Arbeiter den Namen Schwanzmeister bekommen.

Ein anderer Arbeiter, am besten ein Zimmermann, leitet das Aufrichten der einzurammenden Pfähle, das „Setzen“ derselben, und sorgt für die Einhaltung der richtigen Stellung des Pfahls, indem er denselben fortwährend beobachtet und durch Anbinden mit Stricken oder Abspreizen

an der Läufer ruthe oder andern durch die Localität gebotenen Gegenständen in der gehörigen Richtung zu erhalten sucht, bis der Pfahl so tief eingedrungen ist, daß man ein Verdrehen desselben nicht mehr zu befürchten hat. Dieser Arbeiter führt den Namen Pfahlmeister.

Soll ein Pfahl gesetzt werden, so wird er an das Bindetau, welches von dem Triekopfe herabhängt, oder an ein Tau, welches an dem unteren Blocke des Flaschenzuges befestigt ist, „angefloht“, d. h. so befestigt, wie es Fig. 64 zeigt, und in die Höhe gezogen, bis er frei vor der Läufer ruthe schwebt. Alsdann wird er in die Lage gebracht, in welcher er eingerammt werden soll, und man kommt hierbei leichter und sicherer zum Zweck, wenn man den Pfahl langsam herabläßt und durch Drehen etwas im Grunde zu befestigen sucht, als wenn man denselben von einiger Höhe herabfallen („einschießen“) läßt, wobei er zu leicht die Richtung verliert und dann auf's Neue gehoben werden muß.

Fig. 64.



Soll ein Pfahl so tief eingerammt werden, daß der Kopf desselben tiefer zu stehen kommt als die Schwelle der Ramme, und hat man hierzu keine besonders eingerichtete Scheerenramme, so muß man sich eines sog. Aufsezers bedienen. Ein solcher besteht aus einem eichenen Klotze, welcher oberhalb mit einem oder zwei Armen, ähnlich wie der Rammklotz, sich an die Läufer ruthe lehnt. Unterhalb ist er mit einem etwa 15 cm. langen, starken, eisernen Dorn versehen, der in ein in den Kopf des Pfahls vorgebohrtes Loch eingreift. Vorher wird der Pfahl, welcher gewöhnlich „stumpf“ geschlagen ist, senkrecht auf seine Achse abgeschnitten, und man muß dafür sorgen, daß das Loch für den Dorn des Aufsezers genau in der Achse des Pfahls eingebohrt wird. Ohne Noth darf man einen solchen Aufsezer nicht anwenden, denn durch denselben wird die Wirkung des Rammklozes bedeutend geschwächt; (nach angestellten Versuchen um $\frac{1}{3}$).

§. 24.

Bei weitem vortheilhafter als die vorbeschriebene Zugramme ist die „Kunstgramme“, die sich von der ersteren im Wesentlichen dadurch unterscheidet, daß der Wär nicht direkt durch Menschenkraft, sondern mit Hülfe einer Winde gehoben wird, an deren Kurbel die Arbeiter wirken. Bei der Zugramme findet nämlich eine sehr unzweckmäßige Verwendung der Arbeitskraft statt, weil auf eine sehr große Anstrengung der zahlreichen Mannschaft, während 40 bis 60 Sekunden stets eine Ruhepause von 2 bis 3 Minuten

eintreten muß; auch ist der Fleiß einer größeren Anzahl dicht gedrängt stehender Arbeiter schwer zu controliren. Rechnet man auf eine Hitze mit Einschluß der Erholungspausen 4 Minuten Zeit, so gibt dies pro Stunde 15 Hizen und in einem Tage von 10 Arbeitsstunden 150 Hizen. Rechnet man ferner vom Gewicht des Rammkloßes 15 Kilogramm pro Mann bei 1,5 m Hubhöhe, und 20 Hübe in einer Hitze, so findet man das mechanische Moment eines Arbeiters während eines Tages = $150 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 20 = 67500$ Meterkilogramm.

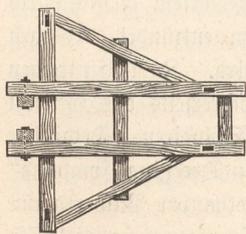
Während hiernach bei einem 600 kg schweren Bär 40 Arbeiter an der Zugramme nöthig sind, genügen zum Aufwinden eines Bärs von gleichem Gewicht an der Kunstramme 4 Arbeiter, und ein Schlag der Kunstramme bewirkt bei schwer durchdringbarem Boden oft ein tieferes Eindringen des Pfahles als eine mehrstündige Arbeit an der Zugramme. Ein Vergleich der Betriebskosten beider Ramm-Methoden, der von Köpfe beim Bau der steuerfreien Niederlage in Harburg angestellt wurde, ergab: daß eine Zugramme zwar zweimal so schnell arbeitet als die Kunstramme, daß sie aber viermal so theuer ist, als jene, und neunmal soviel Arbeiter erfordert.

Dies Ergebnis fand annähernd auch bei den direkten, von Bauvillier angestellten Versuchen zur Vergleichung der Leistungen der Zugramme und jener der Kunstramme Bestätigung.

Während bei vielen Bodenarten die schnelle Aufeinanderfolge der einzelnen Schläge der Zugramme vortheilhaft für das Eindringen der Pfähle ist, zeigt sich der Vortheil der Kunstramme erst dann am deutlichsten, wenn die Pfähle schon tief eingedrungen sind und der Widerstand gegen weiteres Eindringen ein größerer ist. Man pflegt daher das Setzen des Pfahles und das anfängliche Einstoßen mit der Zugramme und einem leichten Bär zu bewirken und erst hinterher die Kunstramme mit großer Hubhöhe wirken zu lassen.

Die Konstruktion des Gerüsts der Kunstramme weicht im Wesentlichen nicht von demjenigen ab, welches wir bei der Zugramme kennen lernten, nur muß für solide Befestigung der Winde auf dem Schwellwerk Sorge getragen werden, damit sie im Stande ist, den Bär zu heben. Fig. 65 stellt den Grundriß einer in England sehr gebräuchlichen Kunstramme dar, Fig. 66 und 67 zeigt dieselbe in Vorder- und Seitenansicht. — Die Schwellen, die mit Bolzen an ihnen befestigten Läuferuthen und die beiden eingezapften Hinterstreben bilden ein festes Trapez, auf dem die Rammscheibe

Fig. 65.

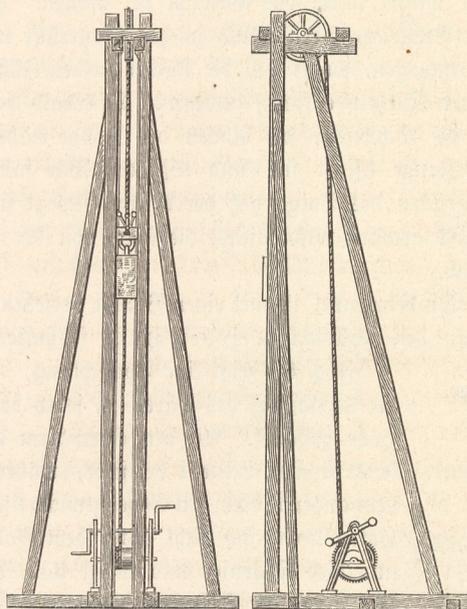


Auflager findet. Auf diesen Schwellen kann nun auch die Winde sicher mittelst Bolzen befestigt werden.

Der Rammbar der Zugramme wird stets aus Eisen hergestellt und erhält ein Gewicht bis zu 600 kg; darüber hinaus geht man nicht gern, wenn der Bär noch durch 4 Mann mit einer gut konstruirten Winde gehoben werden soll. Die Fallhöhe des Bären beträgt 6 bis 8 m bei einer Höhe des Rammgerüsts von 8 bis 10 m. Bei der hier

Fig. 66.

Fig. 67.



dargestellten Kunstramme bewegt sich der Bär zwischen den Läuferuthen, wobei die letzteren unter das Schwellgerüst hinabreichen können, wenn der Pfahlkopf tiefer als diese eingestoßen werden soll. Der gußeiserne Bär ist mit ausgehobelten Ruten versehen, in welche glatt bearbeitete quadratische Eisenschienen, welche an der Innenseite der Ruthen befestigt sind, eingreifen. An diesen Schienen findet der Bär eine sichere Führung.

Der wichtigste Theil des Apparates ist der am Rammtau befestigte Haken, welcher den Rammkloß faßt; er muß eine solche Einrichtung erhalten, daß er den Bär sicher faßt, in der bestimmten Höhe ihn losläßt, ihm dann folgt und von neuem faßt. Für die in Fig. 66 bis 67 dargestellte Ramme ist zu diesem Zweck ein zangenförmiger Doppelhaken angebracht. Diese Zange (Fig. 68) trägt an ihren oberen Armen gußeiserne, mit Ruten versehene Rollen und hat ihren Drehpunkt in einem Gußstück, dem sogen. Fallblock, welches den Zweck hat, die Kette wieder herunterzuziehen, wenn der Bär ausgelöst worden ist. Die beiden Haken haben unten abgerundete Flächen, die beim Aufstoßen auf die Dese des Bären zurückweichen und da-

Fig. 68.



durch das Eingreifen der Haken in die Dese gestatten; die inneren Flächen sind Kreisbögen, deren Mittelpunkt in der Drehachse der Haken liegt, damit die Dese des Bären leicht wieder herausgleiten kann, wenn die Zange geöffnet wird.

Befindet sich nun der Bär unten, der Fallblock mit Zange oben und wird das Vorgelege ausgerückt, so fällt der Fallblock hinab, während das Gewicht der Rollen die Zange schließt; sie stößt aber im Fallen auf die Dese des Bären, öffnet sich dabei, nimmt die Dese auf und schließt sich sofort wieder durch das Gewicht der Rollen. Hierauf wird das Vorgelege der Winde wieder eingerückt und der Bär emporgezogen, wobei sich die Rollen an den Führungsschienen der Ruthen entlang bewegen. Oberhalb verengen sich aber die Schienen, die Rollen der Zange nähern sich also, die Zange öffnet sich und läßt den Bär fallen. — Beim Ausrücken des Vorgeleges der Winde bewegt sich auch der Fallblock abwärts und wickelt die Kette von der Windetrommel ab.

Die Windetrommel ist mit einer Bremse versehen, durch welche man den Fallblock in jeder Höhe festhalten kann.

Fig. 69.

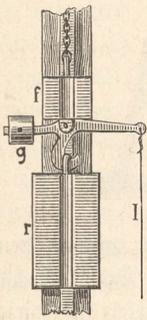


Fig. 69 zeigt eine Vorrichtung, die auch die Auslösung des Bären in jeder beliebigen Höhe gestattet. An dem einen Arm des Hakens ist eine Leine *l* befestigt, während auf dem anderen Arm ein Gegengewicht sitzt. Der Haken dreht sich dicht unter dem Fallblock *f* in einem Charnier und es ist klar, daß der Haken aus der Dese des Bären herauschnappen muß, sobald an der Leine *l* gezogen wird.

Da die Tauen bei den Kunstrammen einer starken Abnutzung unterworfen sind, ist es zweckmäßiger, Ketten dazu zu verwenden.

§. 25.

Häufig werden die Kunstrammen in neuerer Zeit mittelst Dampf betrieben und zwar entweder durch eine Lokomobile oder eine kleine Dampfmaschine, welche auf das Schwellgerüst gestellt wird. Der Dampf tritt dabei durch charnierartig bewegliche Rohre vom Dampfkessel zu dem vertikal über dem Pfahle aufgestellten Dampfcylinder, an dessen Kolbenstange der Bär befestigt ist. Die eigentliche Dampf-ramme ist von Nasmyth erfunden und arbeitet mit kleiner Hubhöhe aber schnell auf einander folgenden Schlägen. Denn es ist zuweilen vortheilhaft, einen Rammbär von größerem Gewicht auf geringere Höhe zu heben, dafür aber die Anzahl der Schläge zu vergrößern. Diese Erfahrung hat man bei gewissen Bodenarten (z. B. im Moorboden) gemacht. Wenn hier die Schläge der Ramme schnell auf einander folgen, so bleibt der Boden in Schwingung und

der Pfahl erhält nicht Ruhe, sich wieder mit der umgebenden Erde fester zu verbinden, während schon nach Verlauf einiger Stunden seine Widerstandsfähigkeit sich bedeutend zu vergrößern pflegt.

Die erste Anwendung der Dampf-ramme geschah bei den Hafenbauten in Devonport im Jahre 1845; 18—20 m lange Pfähle sollen hier in 2 bis 3 Minuten 10 bis 12 m tief eingerammt worden sein. Zum Einrammen von Spundpfählen hat sie sich dagegen gar nicht bewährt, weil das Verstellen der Ramme großen Zeitaufwand verursacht und mindestens $\frac{1}{4}$ der Zeit mit den Reparaturen der Maschine verloren geht.

Eine beim Grundbau der Weichselbrücke bei Dirschau angewendete Nasmyth'sche Dampf-ramme ist ausführlich publicirt in Förster's Bauzeitung, Jahrg. 1850, so daß wir uns hier mit einer kurzen Beschreibung derselben begnügen und die näheren Details dem Privatstudium des Lesers überlassen können. *) Das Gewicht des Bären, der Kolbenstange und des Kolbens betrug 1400 kg, das des Dampfcylinders und des Dampfgehäuses etwa zusammen 2000 kg. Die Ramme machte in der Minute 60—70 Schläge und das Einrammen eines Pfahls wurde durchschnittlich in 10 Minuten mit etwa 600 Schlägen beendet. Die größte Hubhöhe der Maschine betrug 89 cm.

Kunstrammen mit indirekt wirkender Dampfkraft, bei welchen der Bär durch eine continuirlich bewegte Kette ohne Ende erfaßt und gehoben wird, um am Ende des Hubes abzufallen, sind von R. Scott und von Sissons und White konstruirt und beim Umbau der Westminster-Brücke mit Erfolg angewendet worden. Eine Dampf-ramme nach dem System Sissons-White mit einigen neueren Verbesserungen vom Ingenieur Reden ist im „Praktischen Maschinen-Ingenieur“ 1873, S. 115 dargestellt. In Deutschland beschäftigen sich mit ihrer Fabrikation Menck und Hambroek in Ottenfen.

Auch die von dem Amerikaner Mr. Shaw erfundene Pulverramme hat sich in vielen Fällen vortheilhaft bewährt. Als bewegende Kraft des Rammbären wird hier ein starker Druck in dem Mörser oder der Kanone erzeugt, die direkt über dem einzudrückenden Pfahl aufsteht. In diesen Mörser wird die Patrone geworfen, die sich durch den Schlag des herabfallenden Bären entzündet, wodurch der Bär wieder emporgeschleudert wird. Zum Eintreiben wirkt einerseits das Mörsergewicht, andererseits das Gewicht des Bären und der Rückschlag beim Explodiren. Detaillirte Zeichnungen der von der „American-Dredging-Company“ für die Ausstellung in Philadelphia erbauten Pulverramme neuester Konstruktion findet man in „Engineering“ 1876,

*) Vergl. auch: Clasen, Fundirungsmethoden S. 44—46.

§. 408 auch in Clasen's „Fundierungsmethoden“, S. 49 bis 53.

Nachdem die Pulverramme sich in Amerika gut bewährt hat, wird dieselbe jetzt auch in Deutschland gebaut (von Riedinger in Augsburg). Bei der größeren Sorte haben Bär und Mörser ein Totalgewicht von zusammen 2000 kg; die kleinere Sorte ist für 6 m Tiefgang des Pfahles bei einem Gewicht des Mörsers von 300 kg und des Bären von 700 kg berechnet. Sie wurde beim Bau der Elbbrücke zu Dresden angewendet, worüber Ingenieur Ruhn*) berichtet. Zur Bedienung waren 6—8 Mann und 1 Vorarbeiter zum Dirigiren der Bremse erforderlich, ein zweiter besorgte das Einwerfen der Patronen in den Mörser. Die Ramme wurde auf einem Schiffe postirt, die Detonationen beim Betriebe aber waren so bedeutend, daß für Fuhrwerke in der Nähe Schwierigkeiten entstanden. —

Obwohl die Leistung eine recht erhebliche war (das Einrammen eines Pfahles in festgelagertem Kies auf 2 bis 2,5 m Tiefe erforderte nur 25—30 Minuten Zeit), dürfte sich doch die Pulverramme für Fundierungen weniger als die Dampf-Rammramme neuester Konstruktion**) empfehlen, da die Anschaffungskosten etwas größer sind, als bei der Pulverramme und die Kosten des Einrammens pro Pfahl unter ziemlich gleichen Verhältnissen sich verhielten wie 6,1 : 8,75 Mark.

In der Nähe vorhandener Gebäude dürfen übrigens Dampf-Rammrammen mit großen Fallhöhen und schwerem Bär auch nicht angewendet werden, weil durch die starken Erschütterungen bei der Arbeit des Einrammens in den Nachbargebäuden Risse entstehen. (Vergl. Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1877, S. 110.)

§. 26.

Arbeitsleistung bei verschiedenen Rammern. Kosten des Rammens.

Die tägliche Leistung eines Arbeiters an der Zugramme wurde oben (§. 24) zu 67500 mk berechnet, wobei noch 5% für Seilwiderstand und Reibung in Abzug zu bringen sind.

Die tägliche Leistung an der Kurbel der Rammramme beträgt dagegen 150—180000 mk, von denen etwa 75 bis 80% als Nutzwirkung auf den Rammbaren übertragen werden, also überhaupt 110—140000 mk.

Bei den durch Dampfkraft betriebenen Rammrammen ist der Effekt meist nicht so günstig, wegen der entstehenden großen Reibungswiderstände: aber die geringeren Kosten der

Dampfkraft machen ihre Anwendung doch vortheilhaft für alle umfangreicheren Arbeiten, weil sich hier die konstanten Kosten für Maschine und Zubehör vertheilen. Die Kosten des Rammens setzen sich zusammen aus den Kosten der Arbeitsleistung und denjenigen der Geräte (Maschinen), Gerüste und Zubehör und ihrer Reparatur.

a) Bei den durch Menschen betriebenen Rammrammen rechnet man die Anschaffungskosten pro Stück zu 8—900 Mark, bei Zugrammen zu 5—700 Mark. Das Anlagekapital und dessen Verzinsung ist also gering.

b) Ueber die Anschaffungskosten verschiedener Arten von Dampf-Rammrammen und deren Leistung bei den Hellingsbauten für den Kriegshafen in der Kieler Bucht verweisen wir auf die Tabelle von Franzius in der Zeitschr. des Hannov. Arch.- u. Ingen.-Vereins. 1876. S. 69. Es betragen die Anschaffungskosten:

1) der Rasmuth'schen Ramme	25,000 Mk.
2) „ Schwarzkopf'schen Dampfzugramme	14,200 „
3) „ Dampf-Rammramme von Sijons und White (mit Kette ohne Ende)	6,300 „
4) „ Dampf-Rammramme No. 1.	4,000 „
5) „ Dampf-Rammramme No. 2.	3,300 „

Die Reparaturen bei den Zugrammen beruhen hauptsächlich auf dem schnellen Verbrauch der Tau- und Zugseilen. Nach Köpke*) stellten sich die Kosten des Tauwerks beim Bau der steuerfreien Niederlage in Harburg pro Meter Rammtiefe auf 12 Pf.

Bei den Rammrammen kommen solche Kosten nicht vor, aber der Verbrauch an eisernen Ringen für die Pfahlköpfe, welche wegen des harten Schlages des Bären leicht springen, ist größer als bei Anwendung von Zugrammen. Die Kosten betragen bei dem eben genannten Bau pro Meter Rammtiefe fast 20 Pf.

Als Anhaltspunkt für die Vergleichung sei endlich bemerkt, daß bei einem und demselben Bau**) die Arbeitsleistung pro Meter eingerammten Rostpfahl

für die Handzugramme	7,00 Mk.
„ „ Rammramme mit Menschenbetrieb	2,75 „
„ „ „ „ Dampfbetrieb rot.	1,00 „

betrug, doch sind in der letztgenannten Zahl die Kosten des Vor- und Unterhaltens der Ramme nicht inbegriffen. Die gewöhnliche Zugramme arbeitet also sehr unökonomisch; sie sollte daher nur zum Einrammen leichter Hölzer verwendet werden.

Wo die Anwendung der Dampfkraft aus örtlichen Gründen oder sonstwie ausgeschlossen ist, empfiehlt sich daher in den meisten Fällen die Rammramme mit Menschen-

*) Deutsche Bauzeitung. Jahrg. 1875. S. 443.

**) Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover 1878. S. 27.

Breymann, Bau-Construktionslehre. IV. Zweite Auflage.

*) Zeitschrift des Hann. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1860. S. 292.

**) Bau der Elbbrücke bei Pirna.

betrieb. Die Dampfmaschine arbeitet schnell und vortheilhaft, wenn der Umfang der Arbeiten groß genug ist, um die Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals zu rechtfertigen.

§. 27.

Von den Holzpfählen.

Obwohl die Konstruktion der Koste und Spundwände im vierten und fünften Kapitel des zweiten Theils der allgemeinen Baukonstruktions-Lehre besprochen worden ist, müssen wir hier doch auf einen wichtigen Theil derselben, die Pfähle, ausführlicher eingehen. Die unter der Ramm- einzutreibenden Pfähle werden als Spiz- und Spundpfähle unterschieden. Erstere sind stets mit einer Spitze versehen, letztere haben gewöhnlich eine Zuschärfung in Form der Schneide und, als charakteristisches Merkmal, die Spundung. Unter den Spizpfählen unterscheidet man wieder Lang- und Grundpfähle, je nachdem sie nur zum Theil oder auf ihre ganze Länge eingetrieben werden. Zu den letzteren oder Grundpfählen gehören gewöhnlich die Kostpfähle, obgleich sie auch, aber nur unter Wasser, als Langpfähle vorkommen können.

Was das Material anbelangt, so haben wir hier zunächst nur das Holz im Auge, obgleich auch eiserne Pfähle angewendet werden.*) Da es eine Hauptbedingung ist, daß der einzurammende Stamm einen recht geraden Wuchs hat, so sind es vorzüglich die Nadelhölzer, welche zu Grundpfählen benützt werden, und von diesen besonders wieder das Kiefernholz, weil dasselbe, seines reichen Harzgehalts wegen, der abwechselnden Nässe und Trockenheit am besten widersteht. Auch Eichen-, Buchen- und Ellernholz wird zu Pfählen verwendet, die letztgenannten Arten namentlich in England. Man kann übrigens fast alle Hölzer zu Pfählen gebrauchen, mit alleiniger Ausnahme der ganz weichen Hölzer, wie Pappeln und Weiden zc.

Was die Stärke der Kostpfähle betrifft, so ist diese allerdings von ihrer Länge abhängig, doch kommen auch noch andere Umstände in Betracht, welche auf die Stärke von Einfluß sind, so die Beschaffenheit des Grundes, der Umstand, ob sie Grund- oder Langpfähle sind, ob sie in letzterem Falle stark strömendem Wasser ausgesetzt sind, ob sie einen schiefen Druck zu ertragen haben u. dgl. m., worauf wir hier nicht näher eingehen. Im Allgemeinen dürften Pfähle von 22 bis 25 cm Durchmesser, wie sie in England und Frankreich ganz allgemein angewendet werden, hinreichen, auch die größten Lasten sicher zu unterstützen. Nach Perronet's Regel sollen 5 bis 6 m lange Pfähle eine

mittlere Stärke von 26 mm erhalten, und auf jede Zunahme der Länge um 2 m eine Stärkezulage von 50 mm; doch bemerkt er dabei, daß bei langen Pfählen, welche zum größten Theile im Grunde stecken, auch eine Stärkezunahme von 25 mm auf jede 2 m größere Länge genügen werde.

Die Pfähle müssen vor dem Einrammen von der Rinde befreit werden; das Abhauen des Splintes ist nicht nöthig, denn wenn dieser auch wenig Dauer gewährt, so gibt er doch einen schützenden Mantel für das Kernholz ab.

Sehr wichtig ist die Bestimmung der Länge der Kostpfähle, und besonders schwierig wird diese Bestimmung, wenn die Pfähle den festen Baugrund gar nicht erreichen, sondern nur durch die Widerstände, welche sie an ihrer Oberfläche in dem umgebenden Erdreich finden, die Last tragen sollen. Ist ein fester Untergrund zu erreichen, so läßt sich durch eine sorgfältige Untersuchung mittelst Erdbohrer oder Visittreisen die nothwendige Länge der Pfähle hinreichend genau ermitteln, wenn man die Untersuchungen auf mehrere Stellen des Bauplazes ausdehnt. Tritt aber der zuerst erwähnte Fall ein, so dürfte nichts anderes übrig bleiben, als mehrere Pfähle zur Probe einzurammen und aus der nothwendigen Länge dieser auf die der übrigen zu schließen; daß man hierbei die Probepfähle natürlich gleich an solchen Stellen einschlagen wird, an denen man sie später stehen lassen und benützen kann, versteht sich von selbst. Man schlage indessen lieber einige Probepfähle mehr und an den verschiedensten Orten des Bauplazes, um ein möglichst genaues Resultat in Beziehung auf die Länge zu erhalten. Denn wählt man diese zu groß, so wird der Preis ein größerer und das Setzen derselben beschwerlicher. Wählt man dagegen die Länge zu gering, so muß man die Pfähle pfropfen, wodurch aber, wie bei der Konstruktion der Koste selbst*) schon bemerkt wurde, keine große Sicherheit erlangt wird. Zuweilen kann man sich dadurch noch helfen, daß man die Pfähle näher an einander stellt, und so bei einer gleichmäßig vertheilten Belastung die auf den einzelnen Pfahl treffende verringert. Immer bleiben aber zu kurze Pfähle ein Uebelstand, und man wird daher gut thun, dieselben lieber etwas zu lang als zu kurz zu wählen.

Die häufig erörterte Frage, ob man die Pfähle mit dem Stamm- oder Wipfelende nach unten einrammen soll, wird sich nach Perronet dahin beantworten lassen, daß man an die Stelle des Pfahls, welche den meisten Angriffen ausgesetzt ist, den größten Querschnitt desselben bringt. Diese Stelle ist bei Langpfählen die, wo sie den Grund verlassen. Kostpfähle wird man immer mit dem Wipfel nach unten einrammen, besonders dann, wenn sie den festen Grund nicht erreichen und nur vermöge der Reibung an ihrer Oberfläche tragen sollen.

*) In neuester Zeit sind derartige Konstruktionen wenig angewandt, weil Gründungen auf pneumatischem Wege und Fundierungen „auf Brunnen“ größere Vortheile bieten.

*) Vergl. auch Th. II. der allg. Konstruktionslehre, S. 83.

Die Vorsichtsmaßregeln, welche man bei dem Anschneiden der Spitze an die Pfähle zu beobachten hat, sowie die Frage der Zweckmäßigkeit und Gestalt der eisernen Schuhe, sind bereits im zweiten Theile der allg. Constructionslehre abgehandelt, so daß wir hier nur noch Einiges über die Tragfähigkeit der Pfähle anführen wollen.

§. 28.

Tragfähigkeit der Pfähle.

Daß Pfähle unter ihrer Belastung zerdrückt werden, ist nicht leicht zu besorgen; weit eher ist die Gefahr vorhanden, daß sie seitwärts ausweichen, oder tiefer eingedrückt werden, besonders dann, wenn sie keinen festen Untergrund erreicht haben. Der lose Grund, welcher in diesem Falle die Pfähle trägt und umgibt, läßt sie sehr oft schon bei dem Einrammen zu keinem absolut festen Stande kommen, aber man wird solchen Pfählen immerhin eine gewisse Last zu tragen geben können, wenn sie unter einer größeren Belastung auch tiefer eingetrieben werden könnten.

Will man also bei einer Gründung auf Rost die nöthige Sicherheit erreichen und durch zu langes Rammen nicht unnöthige Kosten verursachen, so kommt es nur darauf an, die Pfähle so weit „zum Stehen zu bringen“, daß sie dem auf sie treffenden Drucke mit Sicherheit widerstehen können. Man pflegt nun aus dem leichteren oder schwereren Eindringen des Pfahls unter den letzten Hieben des Rammens auf ihre Tragfähigkeit zu schließen, indem man annimmt, daß von zwei unter ganz gleichen Umständen und in denselben Boden eingerammten Pfählen derjenige die größere Last tragen wird, welcher unter den letzten Hieben derselben Ramme am wenigsten „gezogen hat“. Stoß und Druck sind aber in ihren Wirkungen auf einen eingerammten Pfahl zu verschieden, als daß sie eine Vergleichung zuließen, wenn sie auch zuweilen gleiche Wirkungen hervorbringen.

Die Beziehungen, welche zwischen der Tragfähigkeit und dem Maße des Eindringens der Rost-Pfähle unter den letzten Schlägen des Rammbären stattfinden, lassen sich theoretisch aus der Lehre vom Stoß fester Körper ableiten. Auf diese näher einzugehen ist hier nicht der Ort, es wird vielmehr genügen die Resultate der Entwicklung mitzutheilen. Bezeichnet P das Gewicht des Bären, Q das des Pfahles, h die Fallhöhe des Rammbären, e das Maß, um welches der Pfahl unter dem letzten Schläge eingedrungen ist, dann ist die Last L, welche der Pfahl tragen kann:

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

Da aber der volle Stoß des Bären beim Eindringen des Pfahles in die Erde nie zur Wirkung kommt (am

meisten noch im Sandboden, bei den elastischen Bodenarten nur theilweis), so pflegt man den Pfahl nie so stark zu belasten, sondern rechnet die zulässige Belastung e gleich $\frac{1}{4}$ der theoretischen, so daß

$$L = \frac{1}{4} \cdot \frac{h \cdot P^2 \cdot Q}{e(P + Q)^2} \text{ und daraus } e = \frac{1}{4} \cdot \frac{h \cdot P^2 \cdot Q}{L(P + Q)^2}$$

Die in der Praxis üblichen Regeln bezwecken oft noch größere Sicherheit. So stellt Perronet die Regel auf, daß 19 bis 20 cm starke Rundpfähle nur mit 25000 kg und solche von 28 cm Stärke mit nicht mehr als 50000 kg zu belasten seien. — In Bezug auf das Eindringen beim Rammen gibt Perronet die Regel an: daß ein Rostpfahl nur dann als feststehend anzusehen sei, wenn derselbe während mehrerer Hieben von 25—30 Schlägen mit einem 300 bis 350 kg schweren Bär und 1,25 m Hubhöhe nur 1 bis 2 Linien (2—4 mm) tief eindringt. Bei weniger belasteten Langpfählen soll man sich mit 6—12“ (12—25 mm) begnügen können.

Anm. Das Maß des Eindringens der Pfähle, welches sich aus dieser Perronet'schen Regel ergibt, ist nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ des Werthes, der sich aus obiger Formel für e berechnen läßt, d. h. $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{20}$ des theoretischen.

Nach Perronet sind bei der Brücke über die Seine bei Neuilly die, 0,32 m im Durchmesser starken, Pfähle jeder mit 52,850 kg, die der Brücke zu Orleans mit 52,450 kg belastet worden. Sie wurden so lange gerammt, bis sie unter einem 50 kg schweren Rammkloze, während 16 auf einander folgenden Hieben von 30 Schlägen, nur noch 4,5 mm in der Hiebe zogen. Bei der Brücke zu Orleans wurden die äußeren Pfähle jedes Pfeilers als feststehend angesehen, wenn sie bei einer Hiebe von 25 Schlägen mit dem 450 kg schweren Kloze noch 3,4 mm zogen, und die mittleren Pfähle durften sogar noch 6,75 mm ziehen. Der siebente Pfeiler dieser Brücke senkte sich aber um 0,48 m.

Nach Sganzi haben die Erfahrungen bei größeren und bedeutenden Bauten gezeigt, daß ein Pfahl als gehörig feststehend zu betrachten und eine dauernde Belastung von 25,000 kg zu tragen im Stande ist, wenn er bei der Anwendung einer Kunstramme in der Hiebe von 10 Schlägen mit einem 600 kg schweren Bär, welcher 3,6 m hoch herabfällt, nur noch 1 cm tief eindringt; oder wenn die Zugramme angewendet wird, eben so tief bei einer Hiebe von 30 Schlägen mit demselben Rammkloze und einer Fallhöhe desselben von 1,2 m.

In Holland, wo der weiche Grund es sehr selten erlaubt, die Pfähle so weit einzurammen, daß sie unter den letzten Hieben nur noch wenige Linien ziehen sollten, belastet man dieselben auch weit geringer, etwa nur mit 10000 kg, ja mitunter nur mit 5500 kg.

Beim Bau der Junction Docke in Hull, wo einzelne

Pfähle bis zu 27,000 kg*) belastet sind, ramnte man dieselben so lange, bis sie unter 80 Schlägen von 1,83 m Höhe mit einem 590 kg schweren Rammkloze nicht tiefer als 38 cm eindrangen.

Man sieht, daß die Annahmen über die Tragfähigkeit der Pfähle und die hin und wieder gemachten Erfahrungen sehr von einander abweichen, und daß es daher nicht wohl thunlich ist, allgemein gültige Regeln in dieser Beziehung aufzustellen, sondern daß man mit der größten Aufmerksamkeit alle Umstände erwägen und die verschiedenen Erscheinungen bei der Rammarbeit sorgfältig notiren muß, um mit einiger Wahrscheinlichkeit das Richtige zu treffen. Ganz besondere Vorsicht erfordert immer der Thonboden, weil sich in diesem die durch die eingerammten Pfähle hervorgebrachte Spannung später ausgleicht. Ueberhaupt gewährt die Führung eines genauen Rammregisters vielfachen Nutzen; es giebt dem ausführenden Architekten die Mittel an die Hand, sein Verfahren nöthigenfalls rechtfertigen zu können, und schärft im Allgemeinen die Aufmerksamkeit, wodurch manchen unangenehmen Folgen vorgebeugt werden kann, wenn sich die erzeugenden Ursachen schon während des Baues zu erkennen geben und in ihrer wahren Größe gemessen werden können.

Bei wichtigen Rammarbeiten, namentlich für Pfahlroste, ist es üblich, einen „Pfahlriß“ anzufertigen, aus welchem die Stellung der einzelnen Pfähle und die Nummer zu ersehen ist, welche sie im Rammregister erhalten. Ein solches Register erhält folgende Rubriken: 1) das Datum des Einrammens; 2) Zahl der Arbeiter an der Ramme; 3) die Nummer des Pfahles im Pfahlriß; 4) die ganze Länge desselben; 5) die Länge im Boden; 6) die mittleren Pfahldurchmesser; 7) das Gewicht des Bären; 8) die Fallhöhe des Bären; 9) das Maß des Eindringens während der letzten Hizen oder Schläge.

§. 29.

Ausziehen und Abschneiden der Pfähle unter Wasser.

Wenn Pfähle schief oder unrichtig eingeschlagen worden sind und wieder entfernt werden sollen, so dienen dazu, wenn einfache Mittel nicht ausreichen: der Wuchtebaum, Winde-Vorrichtungen, Schrauben-Vorrichtungen und der hydrostatische Druck.

Um die Wirkung des Wuchtebaums zu verstärken, werden Lasten an dessen längerem Hebelsarm angehängt, auch läßt man Arbeiter dieses Ende mit angebundenen Seilen abwärts ziehen (wuchten). Als Windevorrichtung wird die

gewöhnliche Wagenwinde und die Haspelwinde gebraucht, auch in Verbindung mit Rollen oder Flaschenzügen, welche an einem, über dem Pfahl aufgestellten Bock befestigt werden.

Hölzerne oder eiserne Schrauben werden fast stets paarweis angewendet (2 Stück bilden einen „Satz“) und gleichzeitig gedreht, sie erhalten dann einen gemeinsamen Spurbalken.

Bei Pfählen, die im tiefen Wasser stehen, benützt man wohl auch Schiffe, die zunächst durch Belastung beschwert, also eingetaucht, dann mit dem Pfahl fest verbunden und hierauf entlastet werden. Der in solcher Art auf den Pfahl wirkende starke Zug, in Verbindung mit einer, durch das Bedienungspersonal erzeugten, wiegenden Bewegung des Schiffes, genügt häufig zum Ausziehen des Pfahles.

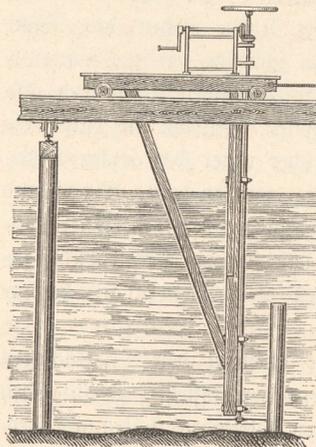
Zum Abschneiden der Pfähle an solchen Orten, wo eine Trockenlegung der Baugrube nicht zulässig ist, also unter Wasser, bedient man sich der Grundsäge, besonders da, wo eine größere Anzahl von Pfählen in gleicher Höhe zu kappen ist, wie bei Grundpfählen, Spundwänden und anderen Konstruktionen. Sie ist entweder

a) eine gerade Säge mit horizontal geführtem Sägeblatt, und das Säge-Gatter wird durch das Anziehen von Seilen bewirkt oder es wird das Sägeblatt in einem dreieckigen Rahmen pendelartig aufgehängt (Pendelsäge);

b) eine Bogen-Säge, d. h. sie erhält ein segmentförmiges Sägeblatt ebenfalls mit horizontaler Führung;

c) auch Kreissägen wendet man zum Abschneiden der Pfähle an; sie können mittelst Handkurbel und konischen Rädern von einer horizontalen Welle aus durch zwei Arbeiter in Bewegung gesetzt werden. Fig. 70 zeigt diese Anordnung. Der Wagen, auf dem die Vorrichtung ruht, wird durch ein Seil, welches um die Trommel einer Winde gelegt sein kann, regelmäßig angezogen. Durch entsprechende Einrichtung der Apparate b und c ist es möglich, Pfähle bis zu 6 m Wassertiefe abzuschneiden.

Fig. 70.



§. 30.

Beton- und Mörtel-Materialien.

Wir haben bereits in §. 4. der Gründung auf Beton gedacht, einer Gründungsmethode, welche hauptsächlich bei

*) Bei der Theißbrücke in Szegedin ist die stärkste Belastung, welche ein Pfahl unter dem Widerlagspfeiler zu tragen hat, sogar ca. 40 Tonnen (40,000 kg), bei der Elbbrücke bei Pirna 35,300 kg.

Wasserbauten in Anwendung kommt, und zwar da, wo es nicht opportun erscheint, eine wasserfreie Baugrube herzustellen. In neuerer Zeit findet sie jedoch auch bei Hochbauten Anwendung.

Unter Béton (Concret, Gußmauerwerk,) versteht man ein unter Wasser erhärtendes Gemenge aus Mörtel und Steinstücken. Schon im Alterthum finden sich Spuren dieser Gründungsweise, und Vitruv und Plinius sprechen davon unter dem Namen Signinum opus. Nach Vitruv wurden 5 Theile reinen Sandes mit 2 Theilen Kalk gemengt, und zu diesem Gemenge noch Steinstücke hinzugefügt, deren Gewicht das eines Pfundes nicht überschritt. Plinius schreibt vor, daß der Mörtel aus 5 Theilen feinen Sandes und Kiesel und 2 Theilen des besten Kalkes bestehen solle, zu welchem dann 9 Theile Steine zu mengen seien, die wiederum das Gewicht eines Pfundes nicht überschreiten sollen. Dieses Gußmauerwerk wurde besonders zur Darstellung der Cisternen und zum Bau der römischen Heerstraßen verwendet.

Die Gründung auf Beton erfordert immer nur geringe konstruktive Anordnungen, dagegen die Auswahl geeigneter Materialien und zweckmäßiger Vorrichtungen zum Bereiten und Verfertigen des Betons. Diese, in neuerer Zeit vielfach angewendete Fundirungsmethode ist für die Praxis von so hervorragender Bedeutung, daß sie eine eingehendere Besprechung erheischt.

Bei Bereitung des Betons kommt es in erster Linie auf die Beschaffung eines geeigneten Mörtels an; wir haben daher die Materialien, aus denen dieser bereitet wird, vorerst zu behandeln. Derselbe soll hydraulisch sein, d. h. die Eigenschaft haben, im Wasser zu erhärten, im Gegensatz zum Luftmörtel, der zu seiner Erhärtung den Zutritt von Luft erfordert.

Luftmörtel ist nun eine Mischung von Kalkhydrat mit einem Zusatz von Sand; die Verbindung beider ist rein mechanisch und die Erhärtung des Gemenges erfolgt durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft. Beim hydraulischen Mörtel ist der Prozeß dagegen ein rein chemischer, und es ist dazu das Vorhandensein von Kiesel Erde erforderlich, welche dem Kalk natürlich oder künstlich beigemischt ist und in der Regel durch Glühen chemisch aufgeschlossen wurde. Unter Zutritt des Wassers bildet sich dann ein Kalkerde-Silikat und der Prozeß wird erleichtert, wenn die Kiesel Erde in Verbindung mit anderen Mineralkörpern vorkommt. Dies ist der Fall beim Thon, der die Kiesel Erde chemisch und mechanisch gebunden enthält und durch Brennen zu einem bindfähigen Körper wird, welcher die Verbindung befördert. Weitere Beimischungen, welche Einfluß auf die Bildung des Wassermörtels ausüben, sind Eisen- und Manganoxyd, Bittererde u. s. w. Zuweilen kommen diese Stoffe in der Natur im richtigen Verhältnisse gemischt vor, sie bilden dann gebrannt und gelöscht den natürlichen hydraulischen Kalk, oder es wird

eine künstliche Mischung vor dem Brennen vorgenommen, wobei künstlicher hydraulischer Kalk (Cement) als Produkt entsteht*).

Der in der Natur vorkommende kohlen saure Kalk ist nun entweder reiner Kalkstein (wie der Marmor und die meisten dichten Kalksteine), oder es kommen darin mannigfache Verunreinigungen an Kiesel Erde, Thonerde, Talkerde, Eisen- und Mangan-Oxyd vor, welche bis 50 % der Masse betragen können. Kalksteine, in denen diese Nebenbestandtheile nicht mehr als 8 % ausmachen, ergeben beim Brennen den sogenannten fetten Kalk, der durch das Löschen sein Volum erheblich vermehrt und einen starken Sandzusatz verträgt. Dagegen liefern die Kalkgesteine mit einer größeren Menge von Nebenbestandtheilen einen mageren Kalk, der nicht, wie der fette, in Gruben, sondern durch Besprengen mit Wasser gelöscht wird, wobei er zu Pulver zerfällt. Diese Kalke vergrößern ihr Volum nicht beim Löschen, sie „gedeihen“ nicht, sind durch Thon- und Bittererde dunkler gefärbt und vertragen keinen so starken Sandzusatz, wie der fette Kalk.

Die hydraulischen Eigenschaften eines Kalkes werden nun vorzugsweise durch das Vorherrschen der Thonerde bedingt. 10 % Thon und Bittererde geben einen etwas hydraulischen Mörtel; sind 20 bis 30 % beigemischt, so löst er sich noch gut und ist als Wasserkalk meist gut zu brauchen, ohne daß man nöthig hat, ihn künstlich zu pulverisiren. Zu Mörtel verarbeitet, verträgt er noch einen starken Sandzusatz.

Beträgt der Thon mit chemisch gebundener Kiesel Erde 30 bis 40 %, so muß er in der Regel schon künstlich zu Pulver zerkleinert, d. h. gemahlen werden. Steigt endlich der Thonerde-Gehalt über 50 %, so bedarf ein solcher magerer Kalk zur Bildung von Mörtel einer Beimischung von fettem Kalk.

§. 31.

Roman-Cement. Portland-Cement.

Hydraulische Kalke gibt es an verschiedenen Orten, von besonderer Güte ist aber der oben erwähnte, aus England bezogene und in Norddeutschland vielfach angewendete Roman-Cement. Er wird aus Lesesteinen (Mergelinen), welche in der Nähe der Insel Sheppy und an der Themsemündung gefunden werden, gebrannt. Nach dem Brennen wird er gemahlen und kommt als ein braunes, sehr sorgfältig in Tonnen gepacktes Pulver in den Handel. Er muß vor der Berührung mit der Luft geschützt werden, wenn er nichts von seiner Bindekraft verlieren soll. Man

*) Die von dem Engländer Parker 1796 im London-Clay entdeckten und zu Roman-Cement verarbeiteten Kalksteinnieren gehören beispielsweise zu den natürlichen, hydraulischen Kalken.

kann ihn ohne allen Sandzusatz verwenden, doch will man die Bemerkung gemacht haben, daß der Cement rascher erhärtet, wenn man ihm etwas reinen scharfen Sand zusetzt. Es scheint, als ob ein Zusatz von mehr als der Hälfte Sand die Güte des Mörtels nicht beeinträchtigt. Den Mörtel aus diesem Cement darf man nur unmittelbar vor seiner Verwendung bereiten, denn er erhärtet noch weit rascher als der aus Traß bereitete. Ein guter Roman-Cement-Mörtel ist nicht nur undurchdringlich für das Wasser, sondern er hält sich eben so gut an der Luft, wo er abwechselnd naß wird und den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist; eine Probe, die der Traßmörtel nicht besteht. In Hamburg werden häufig ganze Häuserfacaden mit Roman-Cement gepußt und gewähren dann eine große Dauer.

Das von Parker eingeschlagene Verfahren der Cementbereitung durch Zerkleinern, Brennen und nachheriges Pulverisiren des natürlichen Kalksteins hat bekanntlich eine große Nachahmung gefunden, indem hierfür geeignete Kalksteine sich auch an anderen Orten vorfinden. So fand man bald nach Parker's Entdeckung in Frankreich in den Geröllen am Strande von Boulogne ein Material, welches dem Sheppystone in der Zusammensetzung ähnlich war und einen vorzüglichen Roman-Cement lieferte. — Bekannt sind auch der Roman-Cement von Pilsberge bei Osnabrück, von Ruffstein in Tyrol u. a. m.

Die Kalkstein-Arten, welche den Roman-Cement liefern, sind jedoch nicht so allgemein verbreitet, wie Thon und kohlen-saurer Kalk, worin jene Bestandtheile getrennt vorkommen; es lag daher nahe, daß man Versuche anstellte, durch künstliche Mischung beider Materialien einen Cement herzustellen, der dem Roman-Cement an Güte gleichkäme. Solche Versuche unternahmen Vicat 1818, Chambers 1821, Frost 1822, doch ohne sonderliche Erfolge.

Im Jahre 1824 ließ sich John Aspdin in Leeds ein Patent auf einen Cement geben, den er durch Brennen einer Mischung aus gelöschtem Kalk und Thon gewann. Er hatte im Aussehen und in der Härte einige Ähnlichkeit mit dem in London als Baustein gebräuchlichen Portlandstein und erhielt daher von dem Erfinder den Namen **Portland-Cement**, der seitdem für die künstlich hergestellten Cemente allgemein angenommen ist; in Frankreich heißt er „Ciment Portland“. Es verging jedoch noch längere Zeit und gehörten mancherlei Erfahrungen dazu, ehe es gelang, einen so vorzüglichen Cement zu erzeugen, wie er jetzt von den renommirten Fabriken geliefert wird.

Bei der Fabrikation werden die Rohmaterialien, kohlen-saurer Kalk und kiesel-saurer Thon, meist im Verhältniß von 70 : 30 (im trocknen Zustande) gemahlen und geschlämmt, und durch nochmaliges Schlämmen oder durch mechanische Mittel innig gemischt. (Zur Sicherstellung des Verhältnisses zwischen Thon und Kalk ist eine chemische Analyse uner-

läßlich.) Aus der Schlämme fließt der Roh-Cement in die Ablagerungs-Bassins, wo er so lange steht, bis das Wasser verdunstet; nun wird die teigartige Masse ziegelförmig herausgestochen, getrocknet und dann in Brennöfen gebrannt. Die Hitze muß so groß sein, daß die kiesel-saure Thonerde aufgeschlossen und die Kohlen-säure des Kalkes vollständig ausgetrieben wird. — Alkaliarmen Rohmaterialien muß noch ein Flußmittel (zur Beförderung des Zusammenfließens) zugesetzt werden.

Das gar gebrannte Material kommt zunächst auf die Zerkleinerungsmaschine (Hartgußwalzen) und dann auf die Mahlgänge, wo es so fein als möglich gemahlen und zum Schluß gesiebt wird.

Das fertige Fabrikat ist ein scharfes krystallinisches Pulver von grünlichgrauer Farbe; sein schnelles oder langsameres Binden hängt von der Zusammensetzung und dem Grade des Brennens ab. Im Allgemeinen gelten die langsam bindenden Cemente für geeigneter zur Herstellung eines festen Mörtels, als die schnell bindenden.

Loose gemessen wiegt ein Hektoliter Portland-Cement 120 kg; bei der Verpackung in Tonnen wird die Masse im Verhältniß von 5 : 4 verdichtet.

Für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement sind im Jahre 1877 auch für Deutschland gültige „Normen“ aufgestellt worden. Wir geben untenstehend die mittelfst Erlaß vom 10. November 1878 vom Königl. Preussischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten aufgestellten Normen*).

*) **Normen** für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement, aufgestellt von dem königl. preussischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mittelfst Erlaß vom 10. November 1878.

I. Das Gewicht der Tonnen und Säcke, in welchen Portland-Cement in den Handel gebracht wird, soll ein einheitliches sein; es sollen nur Normal-Tonnen von 180 kg brutto und 170 kg netto, halbe Tonnen von 90 kg brutto und 83 kg netto, sowie Säcke von 60 kg Brutto-Gewicht von den Fabriken gepackt werden.

Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2% nicht beanstandet werden.

Die Tonnen und Säcke sollen die Firma der betreffenden Fabrik und die Bezeichnung des Brutto-Gewichts mit deutlicher Schrift tragen.

II. Je nach der Art der Verwendung ist Portland-Cement langsam oder rasch bindend zu verlangen.

Für die meisten Zwecke kann langsam bindender Cement angewandt werden und es ist diesem dann wegen der leichteren und zuverlässigeren Verarbeitung und wegen seiner höheren Bindkraft immer der Vorzug zu geben.

Als langsam bindend sind solche Cemente zu bezeichnen, welche in einer halben Stunde oder in längerer Zeit erst abbinden.

III. Portland-Cement soll volumbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, daß ein dünner, auf Glas oder Dachziegel ausgegossener Kuchen von reinem Cement unter Wasser gelegt

Portland-Cement wird durch längeres Lagern langfamer bindend und gewinnt bei trockener, zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft.

Die Bindekraft soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt und mit richtig construirten Zerreißungs-Apparaten vorgenommen werden. Sehr umfangreiche Versuche über die Festigkeit der Cemente hat Dr. Michaelis in Berlin angestellt (siehe dessen Broschüre „Zur Beurtheilung des Cementes.“ Berlin 1876.). Die größte Zugfestigkeit, die er beim besten Cement ohne Sandzusatz beobachtete, betrug ca. 100 kg pro qcm Querschnitt nach einem Jahr Erhärtung unter Wasser, und man darf jeden Cement, der in diesem Alter 70 kg pro qcm trägt, als vorzüglich bezeichnen.

Beim Mörtel aus Portland-Cement und Sand ist die Hauptfache der Erhärtung in 3 Monaten abgewickelt,

auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder keine Rantenrisse zeigen darf.

IV. Portland-Cement soll so fein gemahlen sein, daß eine Probe desselben auf ein Sieb von 900 Maschen pro qcm höchstens 20 % Rückstand hinterläßt.

V. Die Bindekraft von Portland-Cement soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt werden. Daneben empfiehlt es sich, zur Controle der gleichmäßigen Beschaffenheit der einzelnen Lieferungen, auch die Festigkeit des reinen Cements festzustellen. Die Prüfung soll auf Zugfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen und mittels Probekörper von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Zerreißungs-Apparaten. Die Zerreißungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche vorzunehmen.

VI. Gut, langsam bindender Portland-Cement soll bei der Probe mit 3 Gewichtstheilen Normal-Sand auf 1 Gewichtstheil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimal-Zugfestigkeit von 10 kg pro qcm haben.

Bei einem bereits geprüften Cement kann die Probe, sowohl des reinen Cements als des Cements mit Sandmischung, als Control für die gleichmäßige Güte der Lieferung dienen.

Der Normal-Sand wird dadurch gewonnen, daß man einen möglichst reinen Quarz-Sand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro qcm sibt, dadurch die größten Theile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittelst eines Siebes von 120 Maschen pro qcm noch die feinsten Theile entfernt.

Die Probekörper müssen sofort nach der Entnahme aus dem Wasser geprüft werden.

Cement, welcher eine höhere Festigkeit als 10 kg pro qcm zeigt (s. oben), gestattet in den meisten Fällen einen größeren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkt betrachtet, sowie wegen seiner (größern Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Bei schnell bindenden Portland-Cementen ist die Zugfestigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere, als die oben angegebene.

sie nimmt nach 6 Monaten nicht mehr wesentlich zu und ist mit Jahresfrist so weit beendet, daß ein Zuwachs fast nicht mehr nachzuweisen ist. Ueber das Mischungsverhältniß der Cementmörtel hat Dr. Michaelis Verhältnißzahlen ermittelt. Danach kann man noch eine Mischung von Portland-Cement mit 8 Theilen Sand anwenden, aber er fällt zu „kurz“ aus, es fehlt ihm die Plasticität. Diese kann jedoch durch Zusatz von etwas gelöschtem Kalk erreicht werden. Am besten ist es dabei, die trockne Mischung von Cement und Sand mit Kalkmilch anzuarbeiten und der Kalkmilch nur so viel Kalkbrei zuzusetzen, als nothwendig ist, um den Mörtel bildsam zu machen.

Cementmörtel soll nach Dr. L. Erdmenger so trocken wie möglich verarbeitet werden, weil die Festigkeit mit der Verringerung des Wasserzusatzes zunimmt, indem der Cement sich dann dichter ablagert.

§. 32.

Puzzolane. Traß und Traß-Mörtel.

Bei den künstlichen Cementen werden die Stoffe, welche die zu einem hydraulischen Mörtel erforderlichen Elemente enthalten, vor dem Brennen beigemischt, dann gemeinschaftlich gebrannt und hierauf zu Pulver zerkleinert. Im Gegensatz dazu ist das Verfahren bei der Darstellung sogenannter hydraulischer Mörtel ein abweichendes, indem hierbei gewöhnlicher fetter Kalk verwendet und dieser durch Beimischung gewisser Bestandtheile geschickt gemacht wird, unter Wasser zu erhärten. Solche Zusätze sind: die Puzzolane, die Santorin-Erde und der Traß, ferner Ziegelmehl, auch Asche und Schlacken von Steinkohlen.

Die Puzzolane ist ein vorzüglicher vulkanischer Luff, welcher in Italien am Abhange des Appenin, an den Ufern der Tiber, vorzugsweise aber am Fuße des Vesuv (bei Puzzuola) gefunden wird und schon von den Römern statt des Sandes als Zusatz zum Mörtel benützt wurde. Sie ist eine zerreibbare, meistens gelbbraune Masse und besteht aus 44,5 Kieselerde; 15 Thonerde; 8,8 Kalk; 4,7 Magnesia; 1,4 Kali; 4,1 Natron; 12,0 Eisen- und Titan-Oxyd; 9,2 Wasser.

Die Santorin-Erde ist ebenfalls ein vulkanisches Produkt (von der griechischen Insel Santorin), welches dort gegraben und ohne Weiteres zur Mörtelbereitung benützt wird. Sie ist hell graugelb oder röthlich und hat bei den Hafengebäuden zu Triest und Fiume ausgedehnte Anwendung gefunden.

Der Traß wird aus dem festen vulkanischen Luffstein gewonnen, dessen weitaus größte Lager sich im Nettetthal bei Andernach a. Rhein befinden, während im Brohlthal nur noch relativ geringe Massen von festem Luffstein

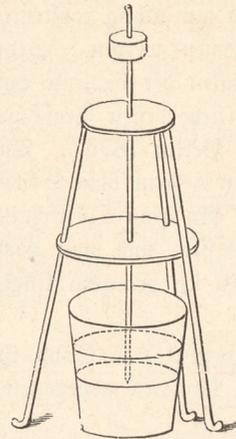
ausgebeutet werden, dagegen werden von Brohl aus große Quantitäten von sogen. Brohler Bergtraß (Tuffasche, welche zu beiden Seiten des Thales in mächtigen Lagern vorkommt) in den Handel gebracht. Der beste Traß kommt in den untersten Lagen vor und muß durch Sprengung mit Pulver gewonnen werden. Er wird zur Mörtelbereitung verwendet und ist ein gesuchter Handelsartikel. Die oberen Lagen des Trasses haben einen viel geringeren Werth, und werden jetzt noch zum Ausmauern der Fachwerkwände verwendet. Eine dritte Art des Vorkommens ist die in Form von Sand, also im schon zerkleintem Zustande. Der feste, zuerst erwähnte Traß ist der beste, und heißt deshalb auch ächter Traß, während die oberen, weicheren Sorten und der erwähnte Sand, welche auch wohl hie und da zur Mörtelbereitung verwendet werden, aber ein bei weitem geringeres Material liefern, wilder Traß genannt werden.

Der Traß enthält vielfach andere Materialien eingesprengt, namentlich Thonschieferstücke von verschiedener Größe, Bimsstein und Holzkohle. Die Farbe variiert vom Grauen in's Braune und geht oft in ein helles Blau über, letzteres jedoch nur, wenn die Stücke vorher ganz ausgetrocknet waren. Um den Traß mit einiger Sicherheit beurtheilen zu können, darf er noch nicht pulverisirt sein, sondern man muß ganze Stücke der Prüfung unterwerfen. Die Stücke müssen, wenn der Traß das Prädikat gut erhalten soll, möglichst fest sein, sich namentlich an den Ecken und Kanten nicht leicht abbrechen, noch weniger dürfen sich aber kleine Stücke zwischen den Fingern zerreiben lassen, auch muß er rein von den genannten Einsprengungen sein und sich „scharf“ anfühlen. Häufig gibt man dem grauen Traß den Vorzug vor dem braunen, und schätzt den hellblauen am höchsten; aber die Farbe allein ist kein sicheres Kennzeichen. Hat man bereits pulverisirten Traß zu untersuchen, so beurtheilt man denselben nach dem Niederschlage im Wasser, und hält den für den besten, der sich rasch und vollständig niederschlägt und keine verschiedenen Schichtungen erkennen läßt. Doch auch diese Probe ist wenig zuverlässig, weil auch der wilde Traß, wenn er sonst nur rein ist, sich kaum von dem ächten unterscheiden läßt.

Das sicherste Verfahren zur Prüfung des Trasses bleiben immer direkte Versuche über seine Bindekraft, wenn man ihn zu Mörtel verarbeitet. Die in Frankreich übliche Methode der Prüfung besteht in Folgendem: man füllt mit einer Quantität des frisch bereiteten Mörtels ein gewöhnliches Trinkglas etwa bis zur Hälfte und schüttet dann vorsichtig Wasser darüber. Um nun die eigentliche Probe vorzunehmen, hat man einen kleinen Apparat, der nach Fig. 71 aus einem kleinen dreibeinigen Boock mit zwei parallelen horizontalen Böden, und aus einem von diesen Böden vertikal geführten, etwa 3mm starken Stahlfest besteht, der unten zugespitzt und oben mit einem Gewicht

von 0,5 kg beschwert ist. Nach Verlauf von 24 Stunden, nachdem man den Mörtel, wie beschrieben, in das Glas gefüllt hat, wird derselbe der ersten Probe unterworfen, indem man das Glas unter den Boock bringt und die

Fig. 71.



Stahlspeise auf die Oberfläche des Mörtels wirken läßt, und aus der Geschwindigkeit und Tiefe des Eindringens derselben auf die Güte des Mörtels schließt. Ein „vorzüglicher“ Mörtel läßt schon nach dieser kurzen Zeit die Nadel gar nicht mehr eindringen. Braucht er 48 Stunden Zeit, um diesen Widerstand zu leisten, so heißt er nicht mehr „stark hydraulisch“, und wenn er einen Monat gebraucht, um zu erhärten, so nennt man ihn „schwach hydraulisch“, und bleibt er endlich nach dieser Zeit noch weich, so fehlt ihm die Eigenschaft, unter Wasser zu erhärten, in dem gewöhnlichen Sinne wenigstens, ganz, und er wird nicht mehr zu den hydraulischen Mörteln gerechnet. Diese Prüfungsmethode gibt jedenfalls ein Mittel an die Hand, die Güte verschiedener Mörtel gegenseitig zu beurtheilen und bei der Bereitung das beste Verhältniß der Mischung auszumitteln.

Bei dem im Jahre 1877 für die Harburger Hafenschleuse gelieferten Traß ist als Bedingung vorgeschrieben worden, daß Druckproben mit Würfeln von 10 cm Seite aus 2 Volumtheilen Traß und 1 Volumtheil Fettkalk nach 40tägiger Erhärtungsdauer (1 Tag in der Luft und 39 Tage im Wasser) die Festigkeit von 1700 kg (17 kg pro qcm) bei 15° R. aufweisen sollten*).

Der ächte Traß wird in größeren Stücken gebrochen und dann in Stampfwerken oder zwischen Mühlsteinen zerkleinert. Das Zerkleinern muß immer unter genauer Controle geschehen, damit die Güte des Materials außer Zweifel ist. Man geht daher am sichersten, wenn man bei bedeutenden Bauten, wo eine große Quantität gebraucht wird, das Zerkleinern auf der Baustelle selbst vornehmen läßt. Die Arbeit ist aber sehr beschwerlich, weil der Traß außerordentlich hart ist, doch wird in Holland, wo man sehr viel dieses Materials verbraucht, derselbe nur in Stücken eingeführt.

Zum reinen Traßmörtel, der keinen Zusatz von Sand erhält, nimmt man gewöhnlich auf eine Cubikeinheit Kalkbrei zwei Cubikeinheiten pulverisirten Traß; doch hängt das jedesmalige Mischungsverhältniß von der Güte des Kalkes ab, und man geht am sichersten, wenn man dieses Verhältniß durch direkte Versuche ermittelt. Versuche haben ergeben, daß der gute Traßmörtel einen geringen Zusatz von reinem scharfen Sande sehr wohl vertragen kann, und wenn das

*) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1878. S. 273.

damit aufzuführende Mauerwerk nicht immer unter Wasser bleibt, so versetzt man den Traß zur Hälfte mit Sand; und solchen Mörtel, den man wohl verlängerten Traßmörtel nennt, hält man zu Mauerwerk über Wasser für noch geeigneter als den reinen Traß ohne Sandzusatz.

§. 33.

Die Bereitung des Traßmörtels geschieht auf die Art, daß man zuerst, nachdem Kalk und Traß in dem bestimmten Verhältniß abgemessen sind, auf einem dichten Dielenboden eine Lage Kalkbrei ausbreitet und dann den Traß unter fortwährendem Durcharbeiten mit der Kalkkrücke nach und nach zusetzt. Den besten Mörtel erhält man, wenn bei der Bereitung möglichst wenig Wasser zugesetzt wird, doch ist alsdann die Arbeit sehr beschwerlich und ermüdend, während ein größerer Wasserzusatz dieselbe sehr erleichtert.

Wenn sehr große Mörtelmengen zu bereiten sind, wie dies bei Betonbereitung gewöhnlich der Fall zu sein pflegt, so bedient man sich häufig der Mörtelmaschinen. Im Allgemeinen haben diese gegenüber der Bereitung aus freier Hand den Nachtheil, daß bei den Maschinen mehr Wasser zugesetzt werden muß, wodurch der Mörtel leicht an Güte, und besonders leicht an der Eigenschaft verliert, in sehr kurzer Zeit unter Wasser zu erhärten. Die Mörtelmaschinen bestehen gewöhnlich aus hohlen Cylindern von Holz oder Eisenblech, welche um ihre Achse gedreht werden oder auch feststehen, und innerhalb eine bewegliche Achse haben. Die Mischung des Kalkes mit dem Traßpulver wird dann durch bewegliche und feststehende Messer im Innern des Cylinders bewirkt, zwischen welchen die Masse hindurchgetrieben wird. Näher auf diese Maschinen hier einzugehen, verbietet der Raum, und wir verweisen in dieser Beziehung auf das Hagen'sche Werk, in welchem mehrere derselben beschrieben sind.

Der fertige Mörtel wird möglichst rasch verarbeitet, weil er schon wenige Stunden nach seiner Bereitung merklich zu erhärten anfängt.

Man hat häufig Versuche gemacht, den immer ziemlich theuren Traß durch Surrogate zu ersetzen, und am meisten Ziegelmehl benutzt; zuweilen aber auch besonders feine Thonerde zu diesem Zwecke eigens gebrannt; doch bleiben dergleichen Versuche immer gewagt, und bis jetzt hat es noch nicht gelingen wollen, den Traß durch ein anderes Material bei der Bereitung von hydraulischem Mörtel aus gewöhnlichem fetten Kalle zu ersetzen.

§. 34.

Nächst der Mörtelbereitung erfordert auch die Auswahl der Steine, welche man zum Beton verwenden will,

Breymann, Bau-Construktionslehre. IV. Zweite Auflage.

große Aufmerksamkeit. Sie sollen eine möglichst rauhe Oberfläche zeigen und möglichst scharfkantig sein, doch werden diese Eigenschaften nicht als notwendig zur Erhärtung erachtet, da man in England den Beton gewöhnlich aus Flußkies darstellt, dessen Steine, wie alle Flußgeschlebe, mehr oder weniger sphärische Gestalten zeigen. Endlich müssen die Steine an sich eine hinlängliche Festigkeit besitzen, um ein festes Mauerwerk zu geben. Vor der Vermengung werden die Steine stark mit Wasser genäßt, um dem Mörtel das zum Erhärten nöthige Wasser nicht zu entziehen. Diese Vorsicht ist besonders dann nöthig, wenn die Steine das Wasser begierig einsaugen, wie z. B. Backsteine und einige Sandsteinarten. Letztere eignen sich besonders gut zur Betonbereitung, doch sind auch Granit, Grauwacke und die festeren Arten Kalkstein brauchbar. Man hat auch Backsteine zu diesem Zwecke besonders scharf brennen und dann in passende Stücke zerschlagen lassen. Wenn man den Mörtel absondert bereitet, so werden die Steine gewöhnlich in möglichst gleicher Größe (nicht über 5 cm im Durchmesser) verlangt, obgleich die Engländer gerade umgekehrt es als eine Bedingung der Brauchbarkeit des Kieles aufstellen, daß die Steine von möglichst großer Verschiedenheit in Beziehung auf ihre Größe sein müssen. Bei letzterem Material muß der Kies aber auch den Sand zum Mörtel ersetzen, was bei der obigen Bereitungsart nicht nöthig ist, weshalb bei dieser die Bedingung der gleichen Größe der Steine immer rathsam bleiben möchte, um nicht zu kleine, leicht zerbröckelnde Steine in die Masse zu bekommen.

Um das richtige Verhältniß der Steine zum Mörtel zu bestimmen, kann man auf die bekannte Weise die Größe des cubischen Inhalts der Zwischenräume zwischen einer bestimmten Quantität Steine ausmitteln, und diesen als Maß des hinzuzusetzenden Mörtels annehmen. Bei den Betonfundirungen der Schleusen an der Ruhr hat man zu 12 Cubikeinheiten Steinbrocken 6 Cubikeinheiten Mörtel hinzugesetzt, und daraus 13 Cubikeinheiten Beton erhalten. Hiernach wären z. B. zu 100 Cubikmeter Beton 94 Cubikmeter Steine und 46 Cubikmeter Mörtel erforderlich. Bei dem Schleusenbau zu St. Valery an der Somme nahm man zu einem Cubikmeter Beton 0,87 Cubikmeter Steine und 0,45 Cubikmeter Mörtel.

In London benützt man zur Betonbereitung, wie schon erwähnt, den aus der Themse gebaggerten Kies aus kleineren und größeren Stücken unter Zusatz von hydraulischem Kalk. Ein häufiger vorkommendes Mischungsverhältniß ist das von 5 Theilen Themsekies auf 1 Theil hydraulischen Kalk, doch geht man auch darunter*). Als beste Mischungs-

*) So hat man beim Bau des Zuchthauses in Westminster mit 8 Theilen Kies und 1 Theil Kalk noch ein gutes Resultat erzielt, obgleich die 7 (engl.) Fuß mächtige Betonlage noch unter der höchsten Fluth lag.

art hat man dort folgende anerkannt: man mischt den gemahlten Kalk trocken mit dem Kiese recht sorgfältig und schüttet dann die erforderliche Menge Wasser zu; dann schippt man die Masse 2- bis 3mal um und verbraucht sie sofort. Sobald der frisch bereitete Beton in die Baugrube geworfen ist, tritt durch das Löschen des Kalkes eine Bewegung der Masse ein, so daß Kalk und Wasser nicht mehr Raum einnehmen, als der Kalk allein, wodurch ein dichteres Lagern des Kieses bewirkt wird. Der Wasserzusatz soll auch bei den hydraulischen Kalken so gering als möglich sein.

Als Beispiele von Betonmischungen in Deutschland führen wir folgende an:

Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn: 1 Raumtheil (Stettiner) Portland-Cement, 3 Raumtheile scharfer Mauer sand, 5 Raumtheile Steinschlag. (Zeitschrift für Bauwesen 1876.)

Hellingsbauten in Kiel: 100 Theile Schotter, 43,6 Theile Mörtel, bestehend aus 1 Theil Cement, 1,4 Theile Sand.

Rheinbrücke bei Wesel: Zu 1 cbm Beton sind verwendet 0,75 cbm Steinschlag, 0,19 cbm Kies, 0,456 cbm Mörtel aus 1 Theil Kalkpulver, 1 Traß, 1 1/2 Sand.

In der Regel rechnet man auf 2 Raumtheile Steinbrocken einen Theil Mörtel; die Betonmasse wird dann etwa 1/10 größer als das Volum der Steinbrocken. 1 cbm Beton erfordert also 0,90 cbm Steine und 0,45 cbm Mörtel.

Die Festigkeit des Betons wird etwa derjenigen des Mörtels gleichgesetzt, doch nimmt man sie auch geringer als diese an, zu etwa 5 kg pro qcm.

Das Mischen des Betons.

§. 35.

Der Beton kann auf zweierlei Weise bereitet werden. Entweder mengt man, wie in England häufig geschieht, Kalk, Sand und Steine gleichzeitig und verarbeitet sie gemeinschaftlich unter Zusatz von Wasser, oder man stellt zunächst den Mörtel her und mengt diesen dann mit Steinfrüden. Die letztere Methode ist auf dem Continent gebräuchlicher, bietet auch größere Sicherheit für die Güte des Betons, weil dabei eine innigere Mischung der Materialien zu erreichen ist.

a) Das Mörtel-Mischen geschieht entweder mit der Hand oder durch Mörtelmaschinen.

Mörtelmaschinen sind entweder nach Art der Thonschneider construirt, welche aus einer vertikalen Trommel von Holz oder Eisen bestehen, worin die Mörtel-Materialien durch eine mit Messern oder Armen versehene vertikale Welle gemischt werden. Man hat dergleichen mit Pferde- und Maschinen-Betrieb. Oder es werden eiserne Rechen in einer horizontalen ringsförmigen Grube um eine vertikale

Achse bewegt. Endlich hat man Einrichtungen in Form der Mahlgänge, bei denen bewegliche Mühlsteine angewendet werden, die durch Druck wirken und so die Mischung der Sandkörner mit den Kalktheilen befördern.

Größere Aufmerksamkeit als der Kalkmörtel erfordert die Anfertigung der Cementmörtel, denn hier muß die Mengung eine besonders innige sein, auch das vorgeschriebene Verhältniß zwischen Cement und Sand genau innegehalten werden. In Frankreich wird bei kleineren Verbrauchsmengen der Cement und der Sand auf kleinen Tischen mit seitlichem Rande ausgebreitet und mit einer Mauerkelle gut durcheinander gearbeitet. Hierbei kann die Mischung in kurzer Zeit geschehen, ehe das Binden des Cements beginnt. Der so fertig gemischte Mörtel fällt dann in einen untergestellten Eimer und wird zum Verwendungsort getragen.

b) Auch die Bereitung des Betons aus gehörig präparirten Mörtel- und Steinbrocken wird vielfach durch Handarbeit bewirkt, weil viele Ingenieure dieser Bearbeitungsmethode den Vorzug vor der Mischung in Betonmaschinen geben. Kleinere Mengen Beton werden stets durch Handarbeit bereitet; indem auf einem Bretterboden die vorher angefeuchteten Steine in Portionen von 0,3 bis 0,4 cbm regelmäßig ausgebreitet werden, so daß sie eine niedrige Schicht bilden; auf diese wird der Mörtel dann in kleineren Portionen nachgeworfen und mit Schaufeln oder eisernen Rechen so lange durchgearbeitet, bis die Steine vollständig mit Mörtel umhüllt sind. Diese Arbeit ist schwierig, weil dem Mörtel nur wenig Wasser zugefügt werden darf, um dessen Bindekraft und Erhärtungsfestigkeit nicht zu verringern, namentlich in Fällen, wo Cementmörtel zur Anwendung kommt. (Vergl. §. 31. Schluß.)

Bei Anfertigung großer Massen Beton bedient man sich auch der Maschinen. Bei den Schleusenbauten an der Ruhr bestand eine solche, nach Hagen, aus einer achtseitigen Trommel von Holz, welche an einer eisernen Achse befestigt war und sich mit dieser umdrehen ließ. Die Trommel war 1,8 m lang, 0,95 m weit und machte in der Minute etwa 9 Umdrehungen. Die Bewegung geschah durch eine Dampfmaschine. Eine der 8 Seiten bestand aus einer Klappe, durch welche etwa 0,36 cbm Steine und 0,18 cbm Mörtel eingebracht wurden, welche nach 18 Minuten vollständig durchgearbeitet waren und 14 cbm Mörtel gaben. Die Entleerung der Trommel geschah durch dieselbe Klappe.

Eine andere Methode der Bearbeitung ist diejenige in sogenannten Fallwerken, d. h. hölzernen Gerüsten, in welchen schräg gestellte Brettwände über einander angebracht sind, in solcher Anordnung, daß die oben eingebrachten Materialien von der ersten auf die zweite, dritte u. s. w. Abtheilung fallen und unten fertig gemischt ankommen.

Die Betonmühlen endlich bestehen, wie die Mörteltrommeln aus geneigt liegenden hohlen Cylindern, die lang-

sam gedreht werden und das fertige Material in die zum Weiterbefördern bestimmten Gefäße entleeren.

§. 36.

Nach der Darstellung der Betonmasse kommt es darauf an, dieselbe auf die Sohle der Baugrube zu bringen, wenn nicht etwa die Vereitung auf dieser selbst geschieht. Die Engländer pflegen den Beton auf Dielen, oder in Rutschen, welche nach der Baugrube zu ein starkes Gefälle haben, in diese hinabzuwerfen, damit durch die Erschütterung des Fallens die einzelnen Theile näher an einander getrieben werden und die Masse compakter wird. Sobald der Beton an den Ort seiner Verwendung geschafft ist, muß er sogleich ausgebreitet und geebnet werden, bevor er Zeit hat, sich zu setzen, weil aus einem späteren Aufrühren der Masse große Nachtheile erwachsen können. Man soll ihn überhaupt so wenig als möglich umrühren, und nur die Oberfläche der zuletzt aufgebrachten Lage ebnen, um eine horizontale Fläche zu erhalten. Man schüttet die einzelnen Lagen 18—26 cm stark und bringt keine zweite auf, bevor sich die erste nicht gesetzt hat, was übrigens bei einer nicht zu kleinen Baugrube in der Regel schon eingetreten ist, ehe man das Ende der Schicht erreicht hat.

Das Beispiel einer Betonfundirung im Trocknen liefert die eines Wasserbehälters für den Gasometer der Gasanstalt in Eplingen unweit Stuttgart.

Dieser Behälter hat einen Durchmesser von 14,3 m im Dichten, und besteht aus einer ringförmigen 4,66 m hohen Mauer, welche auf einer Betonscheibe von 20 m Durchmesser und 0,57 m Dicke ruht. Das Profil der Mauer ist innerhalb vertikal, an der Erdseite aber mit mehreren Abzügen versehen, wodurch die Mauerdicke von unten 1,57 m auf oben 0,88 m Stärke reducirt wird. Das untere 2,3 m hohe Stück der Mauer ist in seinem der Erde zugekehrten Theile sammt den Abzügen aus Beton gebildet, und nur der innere Theil besteht aus Backsteinen; und zwar in der ganzen Höhe in gleicher Stärke von 3 Stein. Die vertikale Fuge zwischen diesem Mauertheile und dem Beton ist durch den oberen, überlegenden 4 Stein starken Mauertheil geschlossen. Ganz oben ist die Mauer durch zwei 0,28 m hohe Quaderschichten bekrönt.

Der Beton bestand aus 1 Theil gewaschenem Neckarsand, 2 Theilen hydraulischem (Ulmer) Kalk und 3 Theilen gleichfalls gewaschenem Neckarkies etwa in der Größe von Taubeneiern und welschen Nüssen. Diese 6 Theile gaben 4,5 Theile Beton.

Die Arbeit geschah von Hand in zwei nebeneinander befindlichen hölzernen Kalkbühnen. In der einen wurde durch 4 Mann der Kalk und Sand zuerst trocken gemischt, dann das nöthige Wasser mit einer Gieskanne zugefügt und der Mörtel darauf in die zweite Pfanne anderen 4 Mann

zugeworfen, welche ihn mit dem in die Pfanne gebrachten Kiese mischten und den fertigen Beton in die Kübel füllten, in denen er den Maurern zugetragen wurde, welche die Schüttung besorgten. Auf diese Weise wurden, durch 30 Mann, in einem Sommertage 14—16 cbm Beton bereitet und geschüttet. Es wurden keine andern Werkzeuge als gewöhnliche eiserne Schaufeln (Schippen) benützt. Die Arbeit war aber sehr anstrengend, weil sie ununterbrochen fortgesetzt werden mußte, da der Beton sehr schnell erhärtete. In den seit 10—15 Minuten geschütteten Beton konnte man mit einem Stocke nur wenig und mit Anstrengung einbringen.

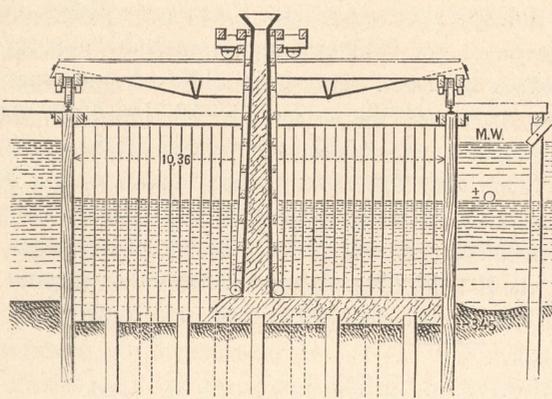
Das Versenken des Betons.

Diese Methode ist aber nur anwendbar, wenn man eine wasserfreie Baugrube hat. Ist dies nicht der Fall, so tritt als Hauptbedingung die auf, daß der zu versenkende Beton möglichst wenig mit dem Wasser in Berührung kommt, damit der Kalk desselben nicht ausgewaschen wird. Es kommt daher zunächst darauf an, in der Baugrube ruhiges Wasser zu schaffen, was dadurch geschehen kann, daß man sie mit festen Wänden (Fangedämmen) umgibt; oder ist sie überhaupt im festen Lande eröffnet, so daß das Wasser in derselben nur durch die Sohle der Baugrube eindringt, so müssen die Schöpfmaschinen während der Versenkung des Betons ruhen, oder es darf der Wasserspiegel in der Baugrube während dieser Operation nicht gesenkt werden, damit kein Strömen des Wassers von unten nach oben eintritt, wodurch die Dichtigkeit der Betonschüttung gefährdet werden würde. Ist die Baugrube in einem fließenden Gewässer gelegen, so muß sie wenigstens mit einer leichten Spundwand umgeben werden, die ein heftiges Strömen des Wassers verhindert.

Da ein freies Hinabschütten des Betons durch tiefes Wasser aus dem oben angeführten Grunde unzulässig ist, kann man ihn entweder durch eine Art Trichter, welcher bis zu der betreffenden Schicht hinabreicht, oder mittelst Kästen, die langsam hinabgelassen und unten umgekippt oder auf andere Weise entleert werden, versenken.

Der Trichter wird aus Holz oder aus Eisenblech angefertigt und je nach der Beschaffenheit der Baustelle entweder auf einer über Wasser angebrachten Rüstung mittelst Schlitten oder Wagen bewegt oder bei größerer Breite der Baustelle zwischen zwei Rähnen aufgestellt. Fig. 72 zeigt die Anordnung eines hölzernen Trichters mit seiner Schiebep Bühne; derselbe bleibt während der Betonirung bis über Wasser gefüllt, und indem er langsam vorgerückt wird, fließt unten die Betonmasse aus, die am obern Ende durch Nachschütten entsprechend ergänzt werden muß. Zum Zweck des leichtern Entleerens construirt man den Trichter mit parallelen Wänden oder besser mit geringer Erweiterung nach unten.

Fig. 72.



Der Trichter ruht auf einem Wagen, der sich rechtwinklig zu Bahn der Schiebebühne verrücken läßt; es muß ferner dafür gesorgt sein, daß er höher und tiefer gerückt werden kann. Der frisch geschüttete Beton wird durch am Trichter angebrachte Walzen geebnet.

Das Betonfundament wird hierbei aus einzelnen Streifen gebildet, die zusammen eine Schicht von $\frac{2}{3}$ bis 1 m Dicke ausmachen. Um das Fundament möglichst dicht zu erhalten, pflegt man gewöhnlich mehrere solche Schichten so anzuordnen, daß die Fugen der Streifen sich decken. Zweckmäßig ist es, mit der Richtung der Streifen abzuwechseln, diese also kreuzweis anzubringen.

Die Versenkung des Betons mittelst Trichter hat mancherlei Nachteile und Unbequemlichkeiten. Dahin gehört der Umstand, daß die ganze Betonmasse aus vielen schmalen Streifen und dünnen Schichten besteht, die alle an ihren Oberflächen mit dem Wasser in Berührung gewesen sind, wodurch ein starkes Auswaschen des Mörtels entsteht und Mörtelschlamm abgesetzt wird, der die Verbindung mit den

nächsten Streifen hindert. Ferner ist die Unterbrechung der Arbeit am Abend mit der Unbequemlichkeit verbunden, daß, wenn man den Trichter so weit vorschiebt, daß er sich ganz entleert, Wasser in denselben tritt, oder wenn man ihn mit Beton gefüllt stehen läßt, dieser während der Nacht erhärtet und am Morgen hinabgestoßen werden muß. Letzteres kann man vermeiden, wenn man den Trichter während der Nacht durch den Wächter einige Mal vorschieben läßt, wodurch der Beton in Bewegung kommt. Es ist indessen das Leeren des Trichters vorzuziehen, weil man die erste Füllung desselben durch das in demselben stehende Wasser mittelst Kästen vornehmen kann. Bei großen Wassertiefen ist außerdem die Bewegung des Trichters schwierig.

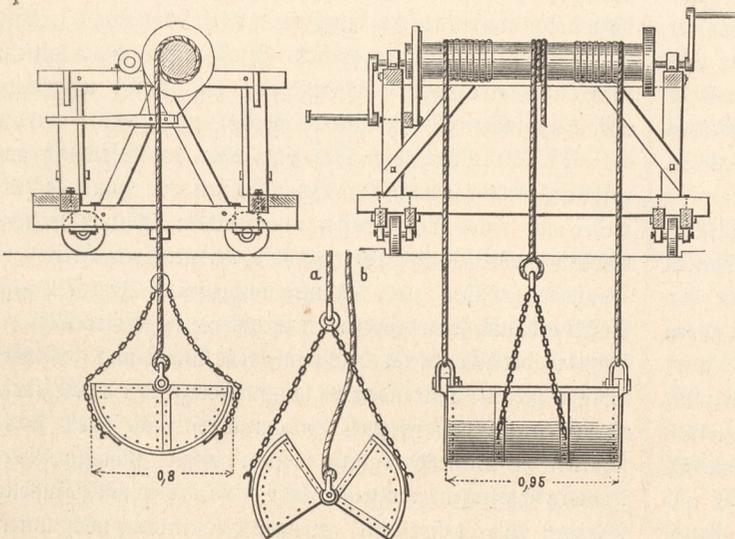
Das Versenken des Betons mittelst Kästen hat den Vortheil, daß derselbe weit weniger mit dem Wasser in Berührung kommt, und überhaupt die Masse desselben mehr in ungestörtem Zusammenhange bleibt. Die Vorrichtung zum Versenken kann aus einer leichten Winde bestehen, an welcher der ca. 0,2 cbm Beton fassende Kasten an zwei Tauen hängt (Fig. 73 und 74). Die Winde muß sich auf dem früher erwähnten Gerüste, oder auf einer schwimmenden Rüstung leicht über jede Stelle der Baugrubensohle bringen lassen, um an dieser den gefüllten Kasten versenken zu können. Ist derselbe vorsichtig bis auf die Sohle der Baugrube, oder bis auf die bereits versenkte Betonschicht hinabgelassen, so wird die Welle der Winde um ca. 90 Grad gedreht, wodurch der Kasten wieder so weit gehoben wird, daß er mittelst der in den Figuren sichtbaren Leine umgekippt oder wie in Fig. 73^a durch Öffnen des Bodens geleert werden kann. Die obere Fläche einer auf diese Weise gebildeten Betondecke muß dann doch ausgeebnet werden, wozu man sich einer an Stangen befestigten gußeisernen Platte bedienen kann, welche man aber mehr drückend als stampfend anwendet, um das Wasser nicht zu stark zu bewegen. Letzteres muß vermieden werden, um ein Auswaschen des Kalkes aus den oberen Theilen der Betondecke zu verhüten. Eine vollkommene Abebnung ist auch nicht gerade erforderlich, weil ein Betonbett doch immer noch übermauert wird.

Der zu schüttende Beton verlangt stets eine feste Umgrenzung, und wird er unter Wasser versenkt, so wird man diese Umschließung durch eine Spundwand darstellen, deren Holm über das Wasser reicht und benützt werden kann, um die Rüstung für die Versenkungsvorrichtungen zu tragen. Hat man eine wasserfreie Baugrube, so wird man leichte Pfähle einschlagen, und durch an diese genagelte Bretter oder Dielen die Umschließung bilden, welche man, wenn der Beton erhärtet ist, wieder fortnimmt.

Fig. 73.

Fig. 73a.

Fig. 74.



§. 37.

Eine Betonschüttung kann als eine Art Gußmauerwerk*) angesehen werden, welches weniger Festigkeit zeigt, als ein mit denselben Materialien regelmäßig hergestelltes; woraus die Nothwendigkeit folgt, ersterem eine größere Stärke zu geben als letzterem. Die Stärke, welche man einem Betonbette geben muß, ist zum Theil von dem Umstande abhängig, ob man unter Wasser fundirt oder nicht. Ist letzteres der Fall, so ist die Last, welche das aufzuführende Gebäude ausübt und die Beschaffenheit des Untergrundes allein maßgebend. Fundirt man aber unter Wasser, und hat die Absicht, nach dem Erhärten des Betons die Baugrube wasserfrei zu machen, so hat das Betonbett dem Drucke der von unten nach oben wirkenden Quellen zu widerstehen, welcher wiederum von dem Stande des Oberwasserspiegels abhängig ist, wenn das Bauwerk, wie z. B. eine Schleuse, einen Aufstau des Wassers bewirken soll. In diesem Falle wird man immer gut thun, diesen Druck durch das Gewicht des Betonbettes aufzuheben und hiernach seine Abmessungen einzurichten. Das spezifische Gewicht des erhärteten Betons kann man in diesem Falle, wegen der unvermeidlichen kleinen Hohlungen im Innern der Masse, nicht wohl größer als 1,5—1,8 annehmen, bei im Trocknen aufgeführten und zusammengerammten Beton aber vielleicht gleich 2 setzen. Der Beton ist immer ein kostbares Material, und man schränkt seine Abmessungen daher gern auf ein Minimum ein, doch pflegt man selbst bei kleinen Schleusen die Stärke nicht unter 0,90 m zu machen, und sonst größer. So hat man das Betonbett unter der St. Katharinen-Dockschleuse, wo die Baugrube eine Breite von 21,3 m hatte, 2,2 m stark gemacht.

Hat man keinen Wasserdruck zu befürchten, so wird die Stärke des Betonbettes von der Last des zu tragenden Gebäudes und der Beschaffenheit des Baugrundes abhängen, und da letzterer als schlecht oder nachgebend vorausgesetzt werden muß, weil man sonst keine derartige kostspielige Fundirung anwenden würde, so wird immerhin eine so bedeutende Stärke der Betonbettung nöthig sein, daß durch dieselbe eine etwaige ungleiche Belastung durch das Bauwerk ausgeglichen oder übertragen werden kann. Die Wirkung des Betonbettes wird sich in diesen Fällen mit der eines liegenden Kofses vergleichen lassen, und um diese noch sicherer zu erreichen, dürfte eine Stärke von 0,75—1 m die geringste Stärke sein, welche man einem Betonbette geben darf, wenn dasselbe eine gleichmäßige Vertheilung des Druckes auf den Untergrund bewirken soll. Die vortheilhafte Wirkung großer zusammenhängender Mauermassen bei Fundirungen auf

schlechtem Boden hat sich durch die Erfahrung herausgestellt, und eine solche wird in den berührten Fällen durch eine hinlänglich starke Betonbettung am sichersten erreicht. Da die Tragfähigkeit eines nachgebenden Baugrundes durch Vergrößerung der drückenden Fläche ebenfalls vergrößert wird, so ist es nöthig, das Betonbett immer bedeutend breiter anzulegen, als die darauf zu setzende Mauer, und man hat bis jetzt ziemlich allgemein angenommen, daß diese größere Breite bei kleineren Bauwerken etwa 0,75 m betragen müsse. Ist das Gebäude aber bedeutend und der Baugrund schlecht, so muß man in der ganzen Grundfläche desselben den Grund ausgraben und das Betonbett sich über die ganze Baugrube erstrecken lassen. In einem solchen Falle kann dasselbe eine geringere Stärke bekommen, als wenn nur einzelne Mauern auf Beton fundirt werden. In letzterer Beziehung mag folgendes Beispiel als Beleg dienen. In den Marjchen bei Warl in Hertfordshire wollte man ein Haus auf einem Boden erbauen, der so schlecht und sumpfig war, daß ziemlich lange Pfähle ohne bedeutenden Widerstand eindringen und keinen festen Grund erreichten. Das Gebäude wurde auf einem Schwellrost gegründet. Dieser war aber nicht im Stande, den ungleichmäßigen Druck, welchen das Gebäude ausübte, zu vertheilen, demzufolge bekam das Gebäude so bedeutende Risse und Sprünge, daß es abgetragen werden mußte. Da nun aber an dieser Stelle das Gebäude errichtet werden mußte, so entschloß man sich zu einer Betonfundirung. Zu diesem Zweck wurde die Baugrube um 1,80 m breiter als das ca. 14 m im Gebirte messende Gebäude bis zu einer Tiefe von 2,13 m, welche durch den starken Wasserzudrang bedingt wurde, ausgehoben und auf die noch durchaus weiche und nachgebende Sohle eine Betonschüttung von 1,80 m Stärke aufgebracht, deren Seitenwänden man einige Dossirung gab. Einen Monat lang ließ man den Beton sich setzen, und führte dann das Mauerwerk des Gebäudes auf, und obgleich die Umfangsmauern bedeutend mehr lasteten als die Scheidewände im Innern, so hat sich das Gebäude doch gut erhalten und durchaus keine ungleiche Senkung wahrnehmen lassen. Bei der Betonfundirung für den Bau des Neuen Museums in Berlin handelte es sich darum, die Säulenhalle eines eingeschlossenen Hofes zu gründen. Wegen der umgebenden tief fundamentirten Gebäude war ein seitliches Ausweichen des übrigens ganz morastigen Grundes nicht zu befürchten. Diese Gebäude waren auf einem Pfahlrostes fundam. In gleichem Niveau mit dem Bohlenbelag dieses Pfahlrostes wurde zur besseren Vertheilung des Druckes eine 1 m starke Sandschicht ausgebreitet, und darauf eine Betonschicht von 1,88 m Breite und 0,94 m Stärke in der früher beschriebenen Weise gebracht. Diese Betonschicht wurde während ein bis zwei Jahren mit einer bedeutenden Menge von Baumaterial belastet, von weit größerem Gewicht als der spätere Säulen-

*) Vergl. den I. Theil der allgem. Bau-Construktionslehre.

bau, um eine möglichst starke Compression noch vor Benützung des Fundaments zu bewirken.

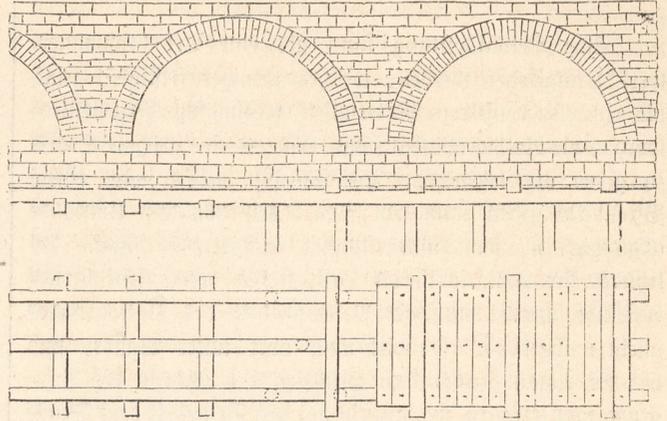
Ein großer Vortheil der Gründung auf Beton, gegenüber der Gründung auf einem Schwellrost, liegt in dem Umstande, daß man mit dem Beton nicht bis unter den niedrigsten Stand des Grundwassers hinabzugehen braucht, was bei dem Schwellrost immer nöthig ist. Ueberhaupt dürfte die Betonfundirung überall da, wo die Materialien sich nicht zu theuer stellen, bei einem schlechten, moorigen Boden den übrigen Fundirungsarten vorzuziehen sein, wie denn auch in neuerer Zeit immer häufiger Anwendung von derselben gemacht wird.

Gründung mit Erdbögen.

§. 38.

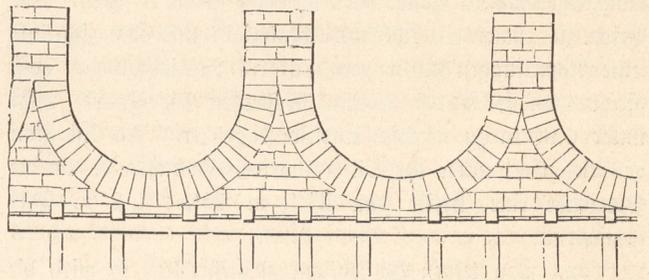
In manchen Fällen ist man genöthigt, sehr tief hinreichende Fundamentmauern aufzuführen. Um hierbei an Material zu sparen, mauert man nur einzelne Pfeiler und verbindet dieselben oberhalb durch Bögen, welche mit ihrem äußeren Scheitel noch unter dem Terrain liegen; diese werden horizontal abgeglichen und dann der Sockel des Gebäudes darauf gesetzt. Hierbei kann man bei einer fetten „gut stehenden“ Erdart auch das Grundgraben auf die Pfeiler beschränken, und dann die stehen gebliebene Erde von einem Pfeiler zum andern nach der Form des zu wölbenden Bogens abstechen, so daß dieselbe als Lehrgerüst für die Fundament-Bögen dient. Eine solche Gründung pflegt man daher wohl eine Fundirung mit „Erdbögen“ zu nennen. Dergleichen Bögen sollen nicht flacher als im Halbkreise und nicht schwächer als 2 Stein gewölbt werden, und an den Ecken der Gebäude sollen die Pfeiler gleich der 4- bis 5fachen Gewölbstärke stark gemacht werden, während die Mittelpfeiler 1,25 m stark herzustellen sind. Die Tiefe der Erdbögen richtet sich, wie überhaupt die Stärke der Fundamentmauern, zunächst nach der Stärke der Sockelmauern. Bei den Frontmauern mehrstöckiger, stark belasteter Gebäude wird man wohl unter jeden Fensterpfeiler auch einen Widerlagspfeiler anordnen müssen, und alsdann wird man auch die Halbkreisform der Bögen in den meisten Fällen beibehalten können. Ist hierbei der Grund, auf dem die Pfeiler der Bögen stehen, nicht absolut fest, so wird man immer gut thun, das unterste Banket ganz durchgehen zu lassen, so daß die Fundamentmauer eine Ansicht wie Fig. 75 zeigt. Ist aber der Grund so beschaffen, daß man sich zu einer Gründung der Pfeiler auf Pfahlrösten entschließt, so müssen diese mit ihren Langschwelen immer durch die ganze Länge der Grundmauer hindurch reichen. Bei stark belasteten Gebäuden bleibt diese Gründungsart immer bedenklich, wenn man nicht ganz incompressiblen Boden voraussetzen darf, denn

Fig. 75.



die einzelnen Pfeiler dürfen sich an keiner Stelle setzen, weil daraus die übelsten Folgen entstehen können. Schon wenn die Pfeiler sehr verschiedene Höhe bekommen, tritt die Gefahr eines verschiedenen Setzens ein. In dieser Beziehung wird ein starkes, eine große Masse bildendes, durchgehendes Banket eine ungleiche Senkung immer am sichersten verhindern und dürfte ebenso wirksam sein als umgekehrte flache Bögen, Fig. 76,

Fig. 76.



zwischen den Pfeilern, ein Verfahren, das häufig angewendet wird und auch schon den alten Römern bekannt gewesen sein muß, weil es sich bei den Substruktionen der Engelsburg in Rom findet. Am sichersten wird man gehen, wenn man beides mit einander verbindet, d. h. auf ein durchgehendes (nun schwächeres) Banket noch umgekehrte Bögen setzt.

Anwendungen.

§. 39.

Bei leichteren Gebäuden kann man von der Regel, unter jedem Fensterpfeiler einen Widerlagspfeiler anzuordnen, abgehen, und auch die Halbkreisform der Erdbögen in Kreissegmente verwandeln, wie dies ein Paar bei den

württembergischen Eisenbahnbauten ausgeführte und auf den Taf. 69 und 70 dargestellte Fundirungen zeigen. Bei der auf Taf. 69 dargestellten Wagenremise auf dem Bahnhofe in Cannstatt beträgt die Spannweite der Erdbögen 4 m und die Pfeilhöhe 1,38 m, die Stärke der Bögen 0,56 m und der äußere Bogenscheitel liegt noch 0,6 m unter dem Terrain; die mittleren Widerlagspfeiler sind 1,4 m, die Endwiderlager 2,3 m stark; die Höhe dieser Pfeiler bis zum Kämpfer beträgt 1,38 m, die Tiefe der Bögen (nach ihrer Achse gemessen) 1,4 m in den Fronten und 1,05 m in den Giebeln. Der Sockel hat eine Stärke von 2 1/2 Stein, und die mit dem Sockel 5,4 m hohen Frontmauern sind 2 Stein stark; die mit großen Thoröffnungen durchbrochenen Giebel sind im untern Theile 3 Stein, im Dachgiebel noch 2 Stein stark.

Ganz ähnlich ist der in Taf. 71 dargestellte Lokomotivschuppen auf dem Bahnhofe in Eßlingen fundam. entirt, nur mit dem Unterschiede, daß bei dem letzteren Gebäude die Fensterpfeiler keineswegs mit den Widerlagspfeilern der Erdbögen korrespondiren, was bei ersterem der Fall ist. Diese Fundirungsarten wurden in beiden Fällen aus Ersparniß gewählt, weil die genannten Bahnhöfe in der Aufschüttung der Bahn liegen.

Wenn in einem sonst guten und festen Baugrunde weiche, grundlose Stellen oder sogenannte „faule Aern“ eines ehemaligen Wasserlaufs vorkommen, so kann man veranlaßt werden, solche Stellen mit einem oder mehreren Bögen zu überspannen. Die Spannweite eines solchen Bogens richtet sich aber, da für seine Form der Halbkreis immer anzurathen ist, nach der Tiefe der Fundamente, weil er mit seinem äußern Scheitel unter dem Sockel bleiben muß. Ist eine solche Stelle breiter, so müssen in derselben einzelne Pfeiler gegründet und mit Bögen zusammengewölbt werden. Die Gründung solcher, wie überhaupt aller einzelnen Pfeiler, muß aber immer mit der äußersten Sorgfalt geschehen, und man muß ihnen einen möglichst breiten Fuß geben. Sind Roste für dieselben nöthig, so sollten sich diese immer unter mehreren Pfeilern im Zusammenhang erstrecken, und bei einzelnen schlechten Stellen auf beiden Seiten noch bis in den guten, festen Grund. Auf solchen Rosten sollte man ferner immer erst ein nicht zu schwaches, durchgehendes Banket aufführen, und darauf erst die Pfeiler setzen, wenn man es nicht vorzieht, dergleichen schlechte Stellen in ihrer ganzen Tiefe auszumauern oder, was hier häufig zweckmäßig sein wird, mit einer Betonschüttung auszufüllen. Es kann auch Fälle geben, daß in einem Grunde, den man zwar als gut zu bezeichnen berechtigt ist, (bei dem aber doch eine geringe gleichförmige Senkung vorausgesetzt werden muß,) einzelne Stellen, wie eingerammte alte Pfähle oder große Steine zc., vorkommen, welche ein solches Setzen unterbrechen würden, dann werden auch solche Stellen mit einem Bogen zu über-

wölben sein und zwar so, daß zwischen der Leibung des Bogens und dem festen Gegenstand ein angemessener Zwischenraum bleibt, damit das ganze Fundament sich gleichförmig setzen kann.

Erinnern müssen wir hier noch an das, was schon im ersten Theile der allgemeinen Konstruktionslehre über die Fundamente einzelner starkbelasteter Pfeiler, wie sie namentlich bei Magazinen, Kirchen zc. vorkommen, gesagt worden ist, weil solche Pfeiler oft mehr zu tragen haben, als gleich große Theile der Frontmauern. Bei einigermaßen zweifelhaftem Grunde wird es immer gerathen sein, solche einzelne Pfeiler auf ein durchgehendes Banket zu setzen, und dieselben, wenn sie hoch werden, oberhalb durch Bögen unter sich und mit den Fundamenten der Frontmauern zu verbinden, um ein Schwanken unmöglich zu machen. Sind indessen bei einem schlechten Baugrunde die Front- und die stark belasteten Mittelmauern eines Gebäudes, etwa auf Roste, vorsichtig gegründet, so kann man zur Ersparung an Mauerwerk kurze, nur ihr eigenes Gewicht tragende Querscheidemauern und Wände ganz auf Bögen setzen, die man über die auch unter diesen Wänden immer durchgeführten Roste schlägt, nur hat man darauf zu sehen, daß die Langschweller dieser Roste mit denen der Front- und Mittelmauern gut verbunden werden, damit durch den Seitenschub der erwähnten Bögen keine nachtheiligen Verschiebungen hervorgerufen werden.

Gründung auf Senkbrunnen.

§. 40.

Zu den Pfeilerfundirungen gehört auch die zuerst von Gilly beschriebene, „auf gemauerten Senkbrunnen“. In einem Hefte des Magazin encyclopédique ou journal de Sciences etc. vom Jahre 1803, wird die Methode dieser Gründung von einem arabischen Schriftsteller, der im Jahre 1161 Aegypten durchreiste, mitgetheilt. Auch in den im Jahre 1802 zu Paris edirten „Mémoires sur les travaux des constructions hydrauliques“ par Alex. le Goux de Flaix etc. wird gesagt, daß die Gründung auf Brunnen schon im Jahre 1630 in Indien üblich gewesen sei. Philibert de l'Orme erwähnt in seinem 1567 in Paris erschienenen Werke über die Architektur, Tom. I. p. 46, etwas Aehnliches. In Berlin kam im Jahre 1798 der Bürger Benjamin George ganz von selbst auf diese, von allen bisherigen Methoden verschiedene Gründung, und wendete dieselbe zur Fundirung eines massiven Gebäudes von zwei Etagen Höhe an; seit dieser Zeit ist dieselbe bei mehreren, zwei und drei Etagen hohen Gebäuden in Ausföhrung gekommen, indessen nicht bei allen mit gleich gutem Erfolg.

Gilly sagt über die Anwendung dieser Fundirung Folgendes: „Wenn der feste Baugrund sich erst in einer Tiefe von $4\frac{1}{2}$ bis 6 m und mehr unter aufgefüllter, lockerer Erde, oder unter mit Wasser vermengtem Sand befindet, resp. mit Torf oder Morast bedeckt ist, so mußte nach der bisherigen Gründungsmethode (Betonfundirungen waren damals noch nicht bekannt) ein liegender Krost oder ein Pfahlrost gewählt werden, weil in solcher Tiefe eine bloße Ausmauerung, wegen des vielen Wassers schöpfens und Ausgrabens der Baustelle, die Kosten eines Krostes in der Regel übersteigt. In diesem Falle und wenn der feste Baugrund nicht viel über 6 m unter der Oberfläche der Erde angegriffen wird, ist die Gründung auf Brunnen als Zeit und Kosten sparend, mit Vortheil anzuwenden.“

Form und Anordnung der Brunnen. Unter den verschiedenen Grundrißformen, welche man den Senkbrunnen gegeben hat, ist die kreisförmige — wie sie bei gewöhnlichen Hauswasserbrunnen üblich ist — die günstigste für das Senken, zugleich die widerstandsfähigste gegen den seitlichen Druck des Bodens. Diese Form war die ursprüngliche, und wird auch jetzt noch für Ingenieurbauten vielfach als die allein richtige bezeichnet, obwohl auch rechteckige und unregelmäßige Formen sich gut bewährt haben. Solche Brunnen sind zum Theil in sehr bedeutenden Dimensionen ausgeführt worden: so an der Oldenburgischen Bahn kreisrund bis zu 6,5 m äußerem Durchmesser, rechteckige bei den Brückendfundirungen der Venlo-Hamburger Bahn bis zu 6,7 m Länge bei 4,5 m Breite und 7 m Tiefe.

Die Tiefe, bis zu welcher Brunnen ausgeführt sind, überschreitet, wenigstens in Deutschland, das Maß von 8 m nicht. Dagegen ist man in Ostindien bei einer Brücke der Rajpootana-Staatsbahn 18 m tief hinabgegangen,*) und die Brunnen der Jumna-Brücke bei Delhi sollen 25 m unter Niedrigwasser stehen.

Die Größe der Grundfläche der Brunnen richtet sich nach der Tragfähigkeit des Baugrundes, doch kann die Inanspruchnahme bei Kies- und Sandboden zwischen 3,0 und 3,5 kg pro qcm angenommen werden.

Zur Unterstützung des Brunnenmauerwerks beim Senken (Vgl. auch den II. Abschnitt, S. 299) dienen Brunnenkränze von Holz oder Eisen.

Hölzerne Kränze werden einfach aus 2 bis 3 Bohlenlagen nach der gegebenen Grundrißform zusammengesetzt und durch Bolzen und Nägel verbunden (Taf. 71, Fig. 2).

Zur Erleichterung des Eindringens pflegt man sie jedoch

Fig. 77. gegenwärtig im Profil keilartig, (nach Fig. 77)



herzustellen, auch an der untersten Kante wohl mit einem Eisenringe zu armiren. Für größere

Brunnen erhält der Kranz nicht die volle Breite des Mauerunges, sondern wird, wegen des leichtern Einsinkens, schmaler gemacht, auch das Mauerwerk nur in dieser Breite begonnen und erst durch Auskragung allmählich auf die volle Stärke gebracht. Bei bedeutender Wandstärke des Brunnens wird der Kranz auch ganz aus Eisen hergestellt und mit schmiedeeisernen Verstärkungsrippen, welche zur Versteifung der Kranzplatte dienen, versehen. Die Stärke des Brunnenmauerwerkes soll so groß bemessen sein, daß es widerstandsfähig genug ist, um den Druck des Bodens, den Wasserdruck, das Eigengewicht und die spätere Belastung mit Leichtigkeit zu tragen. Eine zu große Wandstärke würde den im Innern nöthigen Raum für das Senken und Ausbaggern beschränken, auch das Ausmauern unbequem machen. Man pflegt daher kleinere Brunnen bis zu 2 m äußerem Durchmesser mit 1 Stein (0,25 m) starken Wandungen und bis zu 3,5 m Durchmesser mit $1\frac{1}{2}$ Stein starker Wandung auszuführen. Die rechteckigen Brunnen der Venlo-Hamburger Bahn sind bei 6,7 m und 4,5 m Seitenabmessung $2\frac{1}{2}$ Stein stark ausgeführt worden.

Das Mauerwerk der Brunnen wird aus scharf gebrannten Backsteinen in Cement ausgeführt, seltener in hydraulischem (Traß) Mörtel, es wird an der Außenfläche auch mit Cement gepuht, theils um es undurchlässig für Wasser zu machen, theils um die Reibung beim Senken zu vermindern. Die dazu verwendeten Ziegeln sind entweder als Keile geformt oder in dieser Art zugehauen. Das Aufmauern erfolgt in der Regel in Absätzen, wobei zu beachten bleibt, daß dem Brunnenmauerwerk, ehe es mit dem Wasser in Berührung kommt, Zeit zum Erhärten gelassen werden muß.

Das Senken des Brunnens geschieht im Hochbau meistens vom festen Boden aus; bei den eigentlichen Wasserbauten von festen oder schwimmenden Gerüsten aus; wir werden hier nur die erstgenannte Art des Senkens näher in Betracht zu ziehen haben. Zu dem Ende wird an der Fundirungsstelle das Terrain, soweit es der Wasserandrang erlaubt, abgegraben, der Brunnenkranz verlegt und hierauf die ringförmige Mauer bis zu solcher Höhe aufgeführt, wie solche den jedesmaligen Verhältnissen vortheilhaft erscheint. Nach genügender Erhärtung des Mauerwerks wird mit dem Senken begonnen, und dieses bei geringer Wandstärke zur Sicherheit mit Brettern und Tauen geschieht, um bei nicht ganz vertikalem Senken das Ausdrängen der Steine zu verhindern. Nachdem das im Brunnen etwa gesammelte Wasser ausgeschöpft worden ist, wird das Senken dadurch bewirkt, daß ein Arbeiter mit der Hacke oder dem Stoßeisen das Erdreich unter dem Holzkranze fortgräbt; dadurch verliert derselbe seine Unterstüßung und sinkt tiefer ein. Die Erde wird durch Werfen oder Heben in Kübeln entfernt und diese Operation so lange fortgesetzt, als die Wasser-

*) Engineering. 1875. II. S. 162.

bewältigung durch Pumpen oder Schöpfen nicht zu schwierig ist. Wird der Wasserandrang zu stark, so muß man zum Baggern übergehen. Bei gleichmäßigem sandigen Boden bewirkt man das Senken am besten durch Herstellung einer trichterförmigen Baggergrube, in welche der Boden unter dem Druck der Brunnenwand von den Seiten aus nachfällt. Zur Beseitigung des Bodens unter Wasser eignet sich, je nach Art und Beschaffenheit des Bodens, der Sackbohrer, Taf. 71, Fig. 6, der Trichterbohrer und die indische Schaufel, Fig. 28 u. 29, auch senkrechte Baggerapparate mit Hand- oder Dampftrieb. (Vergl. S. 9.) Größere Steine, Hölzer oder andre Hindernisse werden durch die Teufelsklaue (Fig. 31), den Steinwolf (Fig. 32) oder sonstwie entfernt.

Auf Taf. 71 ist in Fig. 5 die einfachste Art der Brunnen-senkung dargestellt. Der aufgemauerte Brunnen ist mit einem Gerüst bedeckt, auf welches sich die Arbeiter stellen, von hier aus den Sandbohrer hinablassen, und diesen mittelst eines Knebels so lange drehen, bis sich der Sack mit Boden gefüllt hat, der dann an Tauern herausgezogen wird. Als Belastung des Brunnens sind hier Mauersteine angemessen auf dem Gerüst vertheilt, einfacher und gebräuchlicher ist die Belastung durch Eisenbahnschienen. Bei einiger Uebung bringen es nun die Arbeiter bald dahin, daß der Brunnen senkrecht hinabsinkt, oder sie suchen die stärker gesenkte Seite durch stärkeres Unterhöhlen des entgegengesetzten Theiles des Brunnenkranzes wieder in die Waage zu bringen.

Ann. Da man bei allen Brunnenfundirungen die Beobachtung gemacht hat, daß das umgebende Erdreich bei der angewandten Methode der Excavation auch über die Grenzen des Kessels hinaus eine Lockerung erfährt, so empfiehlt es sich überall da, wo zwei oder mehrere Brunnen dicht neben einander abgeteuft werden sollen, dieselben gleichzeitig zu mauern und zu senken, weil sie — in Folge der Bodenauflockerung — in der Nähe des angrenzenden Cylinders einen geringeren Widerstand finden und sich schief stellen. Bei Fundirung von Brückenpfeilern pflegt man diese Regel besonders scharf in's Auge zu fassen und dann von drei nebeneinander stehenden Brunnen zuerst die beiden äußern zu senken und hinterher den mittleren, wobei die Widerstände immer symmetrisch ausfallen.

Ausfüllen der Brunnen. Ist der Brunnen bis auf den festen Boden hinabgesenkt, so muß die Brunnensohle möglichst horizontal abgeglichen werden, ehe man an die Ausfüllung des Kessels geht. Früher pflegte man einen hölzernen Bohlenboden hinabzulassen und diesen mit großen Steinen zu beschweren, nachdem er mit Stangen fest und möglichst horizontal gelagert worden war. Dann wurden kleinere Steine und Steinbrocken, endlich hydraulischer Mörtel in Kübeln hinabgelassen und mittelst langer Stangen die Lagerung der Materialien, so gut es eben anging, bewirkt, und diese Manipulation fortgesetzt, bis die Höhe der Wasserstandslinie erreicht war. — Diese Methode ist auf Taf. 70, Fig. 1 unter A, zur Darstellung gebracht. Aber es ist klar, daß dieselbe wenig Gewähr für eine regelrechte Umhüllung der Steine mit Mörtel gewährt und daß der

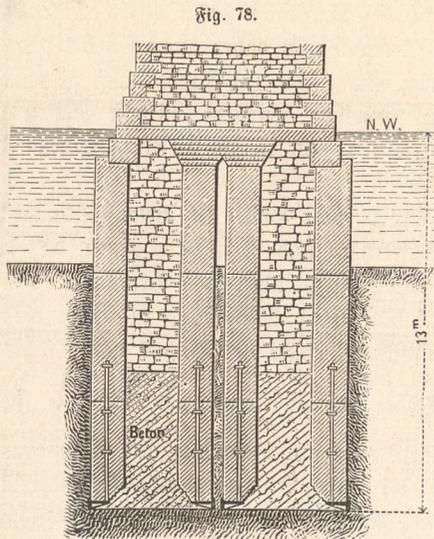
letztere durch das Umrühren des Wassers ausgewaschen wird. Seit zwei Decennien ist daher ausnahmslos das Ausfüllen der Brunnen mit Beton zur Anwendung gekommen. Das Einbringen desselben geschieht mittelst Kästen oder auch mit Betontrichtern und ist in S. 36 eingehend beschrieben worden.

Die Stärke oder Höhe der Betonschüttung richtet sich nach der Wasserhöhe und ist so zu bemessen, daß das Betonbett nach dem Auspumpen des Brunnens dem äußeren Wasserdruck hinreichend Widerstand zu leisten vermag. Bei einem specifischen Gewicht des Betons von 1,6 bis 2,5 muß also die Höhe der Schüttung $\frac{1}{1,6}$ bis $\frac{1}{2,5}$ der Wassertiefe betragen. Behufs Schonung des Brunnenmauerwerks macht man bei tiefen Brunnen das Betonbett reichlich stark, da der Preis der Betonirung denjenigen des Füllmauerwerks nicht so erheblich übersteigt.

Das Betonbett muß nun hinreichende Zeit zum Erhärten erhalten (in der Regel 14 Tage), dann erst kann mit dem Auspumpen des Wassers vorgegangen werden. Hiernächst erfolgt die Ausmauerung des Brunnens mit Bruchstein oder Ziegelmauerwerk. Hierbei ist das Setzen des Füllmauerwerks nicht ganz zu umgehen, es bedarf also einer sorgfältigen Ausführung desselben.

Hat sich das innere Brunnen-Mauerwerk erst hinreichend gesetzt, so kann mit dem weiteren Aufbau der Brunnenpfeiler begonnen werden. Zu dem Ende werden die Brunnenpfeiler etwa 0,5 m hoch mit regelmäßigen Steinen, wie solches Taf. 71 Fig. 1 bei B im Grundriß und unter C in der Ansicht zu sehen ist, übermauert und abgeglichen, dann wird das Mauerwerk eingezogen (Fig. 1 bei C und D) und das Widerlager der Bögen hergerichtet, die mit 0,5 bis 0,75 m Pfeilhöhe ausgewölbt, hintermauert und zur Aufnahme des Sockelmauerwerks abgeglichen werden. Die Höhe der Bögen im Scheitel beträgt mindestens $1\frac{1}{2}$ Stein und ist im Uebrigen abhängig von der Größe der zu tragenden Last.

Außer der Unterstüzung durch Gewölbe kann die Verbindung einzelner Brunnen, welche zusammenhängende Theile eines Bauwerks unterstützen, auch durch Uebertragung der Mauer-schichten und durch Steinplatten, bezw. durch Quadern bewirkt werden. (Vergl. Fig. 78. Fundirung eines Brückenpfeilers auf Brunnen.) Die Entfernung der Brunnenpfeiler von einander richtet sich bei Hochbauten in der Regel nach der Stellung der Fensterpfeiler des Gebäudes, wie solches der Grundriß Fig. 7 auf Taf. 71 zeigt, in welchem die Brunnenpfeiler nach der üblichen Weise eingezeichnet sind. Bei freistehenden Gebäuden ist es rathsam, die Ecken des Gebäudes besonders zu verstärken, was durch paarweis vorgelegte Brunnenpfeiler geschieht, von welchen einhüftige Strebebögen gegen die Ecken des Gebäudes ausgehen (Taf. 71 Fig. 8).



Ann. Es verdient Erwähnung, daß die neuere Ingenieur-Wissenschaft sich seit etwa 20 Jahren (auch **eiserner Versenkungs-körper** bedient hat, in der Regel weiter, eiserner, oben offener Cylinder, so an der Theißbrücke zu Szegedin und der Brücke über den Niemen bei Kowno 1859, bei welcher der französische Ingenieur Cézanne pneumatische Fundirung zur Anwendung brachte. Die gußeisernen Röhrencylinder blieben oben offen, und das Aufsetzen der Röhrentrommeln geschah von einem Gerüst aus. Von hier wurde auch das Verlängern der Luftschächte, das Versetzen der Glocke mit den Luftschleusen vorgenommen. Die Hebung des Bodens geschah in Kübeln. — Nachdem so die Röhren bis zur erforderlichen Tiefe gesenkt waren, wurde zuerst der untere Arbeitsraum mit Beton gefüllt und nach Fortnahme der Decke des Luftraums und der Schächte ist dann auch der obere Theil der Röhren mit Beton gefüllt worden. Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1863, S. 371.

Auch die inzwischen eingestürzte Tay-Brücke in Schottland, bei welcher man die eisernen Brunnen durch Backsteinmauerwerk ausgefüllt hatte, um dem Eisen genügende Steifigkeit zu geben, ist hier zu nennen. Dieselbe ist in den Jahren 1871—1878 ausgeführt. Die Cylinder wurden am Ufer vollständig montirt; man fuhr sie auf Prahmen an die Baustelle und ließ sie durch die Ebbe auf den Grund mittelst comsenten, setzte Luftschleusen auf und bewirkte das weitere Versenken primirter Luft in der gewöhnlichen Weise.

Es wird genügen, diese Methode hier kurz erwähnt zu haben. Ausführliche Mittheilungen über das letztgenannte Bauwerk finden sich in den Jahrg. 1878 und 79 von „Engineering“, „The Builder“ und in „Glaser's Annalen“.

§. 41.

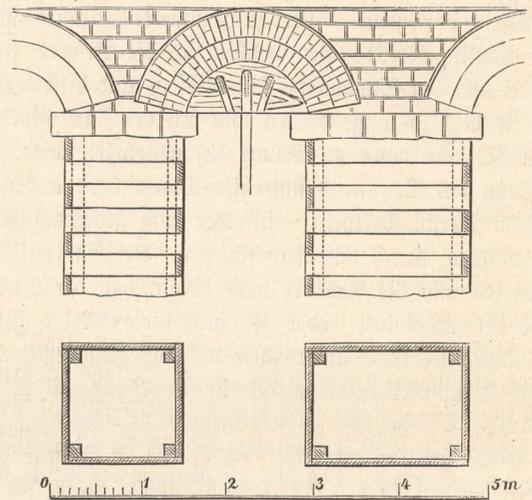
Gründung mittelst hölzerner Senkkästen.

Bei nicht zu großer Tiefenlage des Baugrundes finden mitunter hölzerne Senkbrunnen, sog. „Senkkästen“, Anwendung, deren Wandungen nicht einen Theil des Fundamentes bilden, nicht selbst tragen, sondern nur das Fundamentmauerwerk schützen und gegen das anliegende Terrain abschließen sollen, im übrigen aber, wie die Brunnen, versenkt werden.

Bei einfachster Anordnung fertigt man sie aus 4 cm starken vertikalen Bohlen, welche an der Innenseite durch Leisten und Streben verbunden sind und durch provisorische Spreizen gestützt werden. Bei größerem Durchmesser werden die Bohlen horizontal angeordnet und durch Eckstiele in ihrer Lage erhalten. Die Kästen werden vom Zimmermann in der Art angefertigt, daß das Hirnholz der an die Eckstiele angenagelten 4 cm starken Bohlen wechselseitig auf der einen Seite freiliegt, auf der anderen von einer Bohle bedeckt wird (Fig. 79). Um das Einsenken möglichst zu fördern, sind die 4 Stiele an ihrem unteren Ende, auch

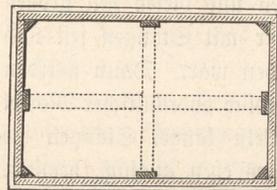
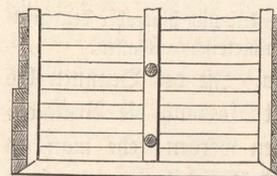
Fig. 79.

Aufriß.



die unterste Lage Bohlen ringsumher auf der Innenseite des Kastens abgeschragt, auch macht man sie in den unteren Lagen gern stärker als in den oberen (Fig. 80).

Fig. 80.



Die Grundform der Kästen kann die des Quadrates oder Rechtecks sein und ist abhängig von der Dicke der Wand, zu deren Unterstüzung die Kästen bestimmt sind und von der Lage der Wände zu einander. Während die Breiten-Dimension der Kästen, im Lichten gemessen, die Stärke der zu tragenden Wand nach rechts und links um je 15 cm überschreitet, ergibt sich die zweite oder Längen-Dimension nach Feststellung der zulässigen Entfernung der Kästen, welche 2,5 m nicht überschreiten soll. Sind daher 2 Scheidewände etwa 3,5 m von einander entfernt, so kann der überschüssige Zwischenraum durch Vergrößerung der Länge der Kästen auf das

zulässige Maß reducirt werden. Wo Wände zusammen-treffen, außerdem an den Ecken des Gebäudes, sind Kästen von größerer Dimension nöthig, doch überschreitet man das Mittelmaß selten um mehr als um 60—80 cm. So ergibt sich eine Vertheilung der Kästen, wie solche der Grundriß (Fig. 78) zeigt.

Vor dem Versenken eines Kastens pflegt man die oberen Bodenschichten zunächst soweit abzugraben, als es nach Beschaffenheit des Baugrundes und des Wasserstandes thunlich ist, und dann den Kasten aufzustellen. Hierauf kann ein Arbeiter leicht das Einsenken um 60—70 cm bewirken, indem er die vierte oder fünfte Bohle auf einer Seite des Kastens los schlägt und durch die Oeffnung so lange Boden hinauswirft, bis Grundwasser und Morast die Anwendung des Spatens ausschließen. Bei dem folgenden Bohren mit dem Sackbohrer ist die Arbeit genau derjenigen beim Senken von Brunnen gleich; durch Fluchtschnur und Loth ist dabei die Arbeit zu controliren. Vor dem Ausbohren ist der Kasten mit Kreuzhölzern und Brettern abzudecken, so daß nur eine Oeffnung von 80 cm im Quadrat bleibt, durch welche das Herauswinden des Sackbohrers ermöglicht ist. Das Belasten des Kastens erfolgt mit Eisenbarrn oder Kalksteinen. Ist der tragfähige Baugrund erreicht, so erfolgt das Einschütten von Beton auf Höhe von 1—1,25 m, wozu Cement, scharfer Mauer-sand und Steinbrocken erforderlich sind. In Berlin wählt man dazu kleingeschlagene, hartgebrannte Ziegeln.

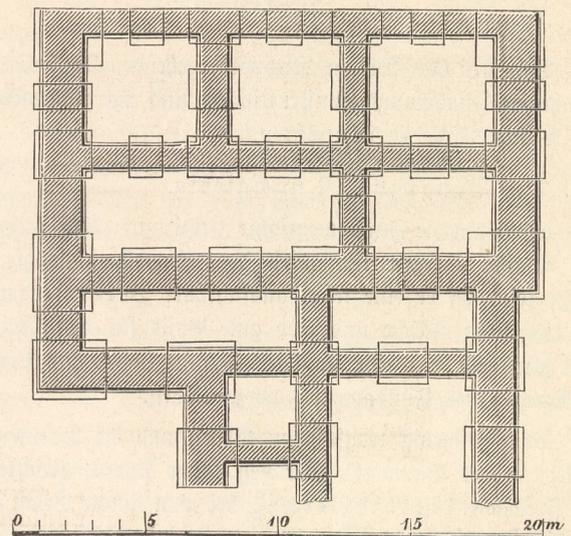
Hat man dem Beton 5—6 Tage Zeit zum Erhärten gelassen, so findet, nach Auspumpen des Wassers, die Ausmauerung des Kastens mit Bruchsteinen (Kalksteinen) statt.

Die Verbindung der einzelnen Kästen wird durch Wölbung hergestellt und zu diesem Zweck die Kämpferschicht nach jeder Seite der Bogenöffnung 15 cm vorgezogen; darauf werden in einem Abstand gleich der Lichtweite des Kastens 2 Lehrbögen gestellt (Fig. 79) und durch ein Brettstück verbunden. Eine unten zugespitzte Latte ist mit dem Bogen verbunden, sie reicht bis in die Erde hinab und gibt ihm unverrückbare Stellung. Auf dieser ist auch der Mittelpunkt durch einen Nagel bezeichnet. Beim Wölben wird dann die Fugenrichtung der Schichten mit der Schnur (Seier) bestimmt. Der Zwischenraum der Bögen wird mit Erde ausgefüllt und dadurch die Verschalung gespart. Die Wölbstärke der Bögen beträgt 2 Stein.

Eine ausgedehnte Anwendung der Kastensundirung wurde beim Bau der Nationalgalerie in Berlin gemacht (1866). Hier bestand der auszuhebende Boden aus etwa 3 m Humus, darauf folgte ein 1 bis 3 m mächtiges Lettenlager, dessen Hauptbestandtheil Infusorien waren, dann 0,5 m Torf und darunter der kiesartige Sandboden, der genügende Tragfähigkeit zeigte. Der Sommerwasserstand gestattete das Ausschachten der Baugrube bis zu 4 m Tiefe

Fig. 81.

Grundriß.



und es wurden daher, bei 7 bis 8 m Gesamttiefe des Fundamentes, die hölzernen Kästen 3 bis 4 m hoch gewählt; sie erhielten unter den Umfassungsmauern Abmessungen von $2,8 \times 5,2$ m, unter den Ecken des Gebäudes von $3,5 \times 6,6$ m. Bei der günstigen Beschaffenheit der oberen Bodenschichten genügte es, die Kastenwände aus nur 4 cm starken Brettern herzustellen. Die Lettenschicht begünstigte das trockene Ausheben des Bodens bis zum Grundwasserspiegel, so daß nur die letzten 2 bis 2,5 m Tiefe unter Wasser (mit dem Sackbohrer) beseitigt wurden.

Die Ausfüllung der Brunnen ist bis auf 1,3 bis 1,6 m Höhe mit Beton erfolgt, einer Mischung von 1 Raumtheil Portland-Cement, 1 Theil Sand und 6,4 Theilen Steinbrocken, welche 7,4 Volumtheile Beton ergaben. Der Raum über dem Beton wurde, wie oben das Kalkstein-Mauerwerk, ausgefüllt und die einzelnen Brunnenpfeiler durch Erdbögen verbunden.

Eine der Versenkung hölzerner und eiserner Brunnen ähnliche Fundirungsmethode ist diejenige mittelst „Caissons“, d. h. kastenartig verbundener, größerer Wände aus Holz oder Schmiedeeisen, welche zur Umhüllung der Baugrube auf den Baugrund hinabgelassen werden. Sie sind fast nur zur Fundirung von Brückenpfeilern zur Anwendung gekommen, namentlich da, wo der gute Baugrund von leichten Bodenschichten überdeckt war, die dem Eindringen der Umschließungskörper wenig Widerstand entgegensetzten. Die Versenkung erfolgt in der Regel zwischen 2 Schiffen. Da diese Konstruktion recht eigentlich nur dem Gebiete des Wasserbaues angehört, kann sie hier füglich außer Acht bleiben.

§. 42.

Rückblicke. Die in den vorhergehenden Kapiteln besprochenen Fundirungs-Construktionen sind im Allgemeinen auf wenige Fälle zurückzuführen.

I. Der Baugrund ist nachgiebig.

a) Wenn die Fundamentsohle dabei unter dem niedrigsten Wasser belegen ist, wird der **Schwellrost** wohl am Platze sein, da er eine leicht ausführbare Verbreiterung der tragenden Fläche und eine gute Basis für das Mauerwerk gewährt. Bei sehr ungleichmäßigem Boden sind Probebelastungen des Fundamentes vorzunehmen.

b) Bei wenig tragfähigen Böden und bei bedeutender Erhebung des Bauwerks über den festen Boden, gleichzeitig als Fundamentverbreiterung bei nicht starker Belastung, ist die **Sandschüttung** indicirt. — **Steinschüttung** dagegen bildet bei thonigem Untergrund lediglich ein Mittel zur Verdichtung des Bodens.

II. Die Last des Mauerwerks muß auf tiefliegende Schichten übertragen werden.

Hier behält die altbewährte Fundirung auf **Pfahlrost** ihre volle Bedeutung, namentlich mit einer neueren Modifikation, welche bei genügender Festigkeit der oberen Bodenschichten sehr zu empfehlen ist, nämlich mit der Abänderung, den hölzernen Krostbelag durch eine Betonlage zu ersetzen.

III. Das Fundament muß bis auf den tiefliegenden, festen Baugrund hinabgeführt werden.

a) Ist der Boden gleichmäßig und leicht durch Bagern zu entfernen oder genügend undurchlässig, so wird bis zu bedeutender Tiefe die **Brunnenfundirung** gute Resultate liefern, bei ungleichmäßigem Boden und wo Hindernisse vorkommen, da verliert sie ihren Werth.

b) Bei geringerer Tiefenlage des festen Baugrundes, und zwischen fest umschließenden Pfahlwänden werden auch **Betonfundamente** bis zu großer Flächenausdehnung mit Nutzen angewandt.

Sonstige, seltener verwandte Gründungsmethoden haben für die Zwecke des Hochbaues einen relativ geringen Werth und können daher hier übergangen werden.

IV. Abschnitt.

Die Bauführung.

Zur Leitung großer und complicirter Bauwerke, an welchen im Interesse rascher Förderung viele Bauarbeiter beschäftigt sind, gehört nicht allein genaue Kenntniß der Bauconstruktionen und Baumaterialien, sondern auch Umsicht, Aufmerksamkeit und vor Allem eine Summe von Erfahrungen, welche der angehende Baumeister sich in der Regel erst erwerben soll. — Wir werden uns demnach die Aufgabe stellen, jene Grundsätze festzustellen, welche den leitenden Architekten auch ohne vorherige jahrelange Erfahrungen in den Stand setzen, Bauausführungen zu übernehmen und mit Geschick zu leiten.

Die erste Anforderung, welche an Architektur-Schöpfungen überhaupt, namentlich aber an Monumentalbauten gestellt werden muß, ist **Solidität**. In diesem Sinne verdienen die Denkmäler des klassischen Alterthums unsre volle Beachtung, denn durch Gediegenheit des Materials und Sicherheit der Construktion haben dieselben Jahrtausende überdauert! Mögen sie ein Sporn sein für die lebende Generation, auch ihrerseits ehrenvolle Zeugnisse des

baulichen Schaffens den nachkommenden Geschlechtern zu hinterlassen.

Ein höchst bedeutender Anlauf dazu ist in den mächtigen Bauten für den internationalen Verkehr bereits genommen. Ihnen stellen sich die neueren Monumental-Ausführungen des Staates und der Communen zur Seite, welche das freudige Streben nach stylvoll konstruktiver Behandlung und das Vermeiden jeder Scheinconstruktion erkennen lassen. Dieses Streben nach Wahrheit aber ist es, welches auch den modernen Meister befähigen wird, seinen Werken einen mehr als ephemeren Werth zu verleihen!

Vorarbeiten.

§. 1.

Ehe wir zur Beschreibung der einzelnen Stadien der Bauausführung übergehen, ist mit einigen Worten der Vorarbeiten zu gedenken, welche vor Beginn des Baues er-