UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

III. Abschnitt. Der Grundbau.

urn:nbn:de:hbz:466:1-96800

Visual Library

Dritter Abschnitt.

Der Grundbau.

Vorbemerkungen.

Die Festigkeit und Dauer eines Gebäudes hängt nicht allein von der Güte der verwendeten Materialien und deren zweckmäßiger Verbindung ab, sondern es muß dasselbe auch vor allem auf *fester, tragfähiger und unwandelbarer Unterlage ruhen*. Diese Unterlage darf, so lange das Gebäude darauf steht, keinerlei Veränderungen erfahren, sie muß vielmehr unter allen Umständen dasselbe 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 Baugrundes zu betreiben haben.

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

Bevor wir aber zu den eigentlichen Fundierungen übergehen, 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. In der Regel ist — mit Ausnahme der Fälle, wo festes Gestein zu Tage tritt — die oberste Schicht des natürlichen Bodens humusreich; dieser lockere Mutterboden würde von der Last eines darauf gestellten Gebäudes zusammengedrückt werden. Dasselbe würde stattfinden, wenn die obere Erdschicht aus gefülltem Boden, Schutt u. dergl., besteht. Da endlich der Regen in die meisten Bodenarten eindringt und dieselben erweicht, so würde durch das eingedrungene Wasser, wenn der Frost diese Schichten erreicht, die Sohle des Bauwerkes emporgehoben, während beim Schmelzen des Eises die Bodenschicht auf ihr geringeres Volumen zurückgeht und die Fundamentsohle sich wiederum senkt. Um für das Bauwerk eine feste, unwandelbare Basis zu schaffen, muß dasselbe so weit unter die Oberfläche hinabgeführt werden, bis eine genügend tragfähige Erdschicht angetroffen wird, welche dem Einfluß der Atmosphärilien entrückt ist. Die oberen Schichten des Baugrundes — sofern sie nicht aus wetterbeständigen Felsen bestehen — sind demnach abzutragen (*abzuschachten*), und diese Aushebung, welche man die *Baugrube* nennt, ist so tief anzulegen, daß ihre Sohle *unter* der Frostlinie, also in unseren Gegenden 1 bis 1,5 m unter der Oberfläche bleibt. Findet sich in solcher Tiefe eine tragfähige, wenig zusammendrückbare und genügend *mächtige* Schicht vor, so kann das Bauwerk, nach geschehener Abgleichung der Sohle, direkt darauf gesetzt werden, wenn der Neigungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

winkel der Schicht ein derartiger ist, daß Rutschungen oder Unterspülungen nicht zu besorgen sind.

Wird in dieser Tiefe eine Schicht von genügender Tragfähigkeit nicht gefunden, so sucht man diese entweder durch Aufgraben bis zu größerer Tiefe zu erreichen, oder, wo dies nicht möglich ist, da pflegt man den Untergrund so umzugestalten, daß auf der vorbereiteten Basis die Aufführung des Bauwerkes zulässig ist. Welche Mittel dann zur Befestigung des Baugrundes anzuwenden sein werden, hängt im wesentlichen davon ab, ob die Gründung im Trocknen oder unter Wasser geschieht.

Da aber die mineralogische Beschaffenheit und die Lagerungsverhältnisse der Erdschichten mannigfach wechseln, so wird man das Bauwerk entweder direkt auf die Sohle der Baugrube aufsetzen, oder man wird mehr, resp. weniger steife Zwischenlagen zur Ausführung des Grundbaues nötig 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 (Nagelflue), 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 selbst ohne Anwendung künstlicher Mittel geeignet sein, bedeutende Bauwerke zu tragen.

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

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

Aus vorstehender Klassifikation ergiebt sich: daß die Tragfähigkeit eines Baugrundes wesentlich auf der Gleichförmigkeit und Festigkeit des Materials, der Mächtigkeit und Lagerungsart der Schichten und deren Verhalten gegen die Einwirkung des Wassers und der Atmosphäre beruht. Hierzu werden einige speziellere Bemerkungen unerläßlich sein.

1) Der geschlossene Fels hat bei annähernd horizontaler (söhliger) Schichtung für die meisten Bauwerke eine ausreichende Tragfähigkeit, wenn die Mächtigkeit desselben 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 welchen 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 Flötze ebenso leicht seine Unterstützung verlieren, ein Fall, der namentlich häufiger beim Steinkohlenbergbau eintritt, wo große Massen herausgefördert werden und infolgedessen, nach Jahren, Einsenkungen entstehen. Hier müssen die entstandenen Höhlungen soweit angänglich ausgefüllt oder mit künstlichen Stützpfeilern 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 Felstrümmer in Bewegung geraten können. — Andere 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 geraten, 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 aus sogenannten losen Geschieben besteht. —

2) Der Kies kann als eine bei starker Wasserströmung entstandene, aus gerundeten Stücken bestehende Rollsteinablagerung 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 komprimierbaren 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 Wasserschöpfens eine entsprechend starke Betonunterlage 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 Wasserschöpfen möglichst vermeiden, damit nicht der Grund aufgelockert werde. Am zweckmäßigsten wird sich hierbei eine Betonschüttung erweisen, welche die Quellen verstopft und ein wasserdichtes Bett herstellt. — Seiner Textur nach liefert der grobkörnige, scharfe Sand einen vorzüglichen Baugrund, doch kann unter günstigen Verhältnissen auch Sand von feinem Korn noch als guter Baugrund gelten, namentlich wenn das Unterspülen der Baugrube durch seitliche Begrenzung der Baustelle sorgsam verhindert wird.

Da die Sandkörner infolge starker Reibung sich in ihrer Lage zu einander erhalten und den Druck gleichmäßig verteilen, so hat man den Sand mit Vorteil auch als Zwischenlage auf andere Erdarten aufgeschüttet und dadurch den Druck der Fundamente auf eine größere Grundfläche zu verteilen gesucht.

Der Thon, besonders der blau gefärbte, gehört nicht zu den vorzüglichen Baugründen, namentlich dann nicht, wenn er abwechselnd vom Wasser erweicht und wieder trocken werden kann; seine Masse wird dadurch eine wechselnde; bei der durch die Volumveränderung hervorgerufenen Bewegung wird das Gebäude sich setzen, was stets gefährlich ist. Aus diesem Grunde schon muß man in Thonboden so tief hinabgehen, daß die erwähnte Volumveränderung nicht zu befürchten steht. Bleibt andererseits der Feuchtigkeitsgrad des Thones konstant, so kann er zu den guten Baugründen gerechnet werden; doch wird immer bei Fundierungen auf Thon mit großer Vorsicht zu verfahren sein. Ist nun der Thon sehr fett, so bekommt derselbe beim Austrocknen Risse und ist dabei ein ungleichmäßiges Setzen der Fundamentsohle vorauszusehen. Hier kann es nur zweckmäßig sein, wie oben schon erwähnt wurde, die Fundamente auf eine entsprechend breite und hohe Sandschichtung zu stellen. Ist der Thon weich, nachgiebig und wenig dicht, so kann man denselben durch Einstampfen einer oder mehrerer Lagen faustgroßer Steine verdichten und auf solche Weise auch weichen Boden, wenn nur genügend feste Schichten darunter liegen, zum Tragen großer Lasten geschickt machen. —

Alle aus Thon und Sand gemischten Bodenarten haben, je nachdem der eine oder der andere Bestandteil 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 bis 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“, bei dem man immer auf ein gewisses „Setzen“ wird rechnen müssen und danach seine Einrichtungen zu treffen hat. Auf derartigem Baugrunde sollten nur Gebäude errichtet werden, welche weder die Tragfähigkeit des Bodens erheblich beanspruchen, noch auf längere Dauer berechnet sind, also provisorische Bauten und Fachwerkbauten aus Holz oder Eisen.

Der Baugrund liegt nun entweder ganz trocken oder ist nur zuweilen resp. stets von Wasser aufgeweicht. Im letzten Falle nennt man den Grund „feucht“ und, wenn er aufgeweicht und sehr nachgiebig 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 naheliegender, großer Wasserbehälter (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 Fundierungsarbeiten 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 außer von der Mächtigkeit der Schicht auch von der Struktur derselben ab, bei Felsboden also von der Härte und Festigkeit des betreffenden Gesteines. Folgende Tabelle giebt die Druckfestigkeit verschiedener Felsarten in Quadratcentimetern und Kilogrammen an, die man jedoch in der Praxis etwa nur mit dem 10. Teile in Anspruch zu nehmen pflegt.

Basalt	1200	bis	1800	kg
Basaltlava . . .	400	„	700	„
Granit	360	„	1000	„
Grauwacke . . .	600	„	800	„
Kalkstein	200	„	240	„
Marmor	220	„	500	„
Porphyr	300	„	500	„
Sandstein	150	„	550	„
Serpentin . . .	700	„	800	„
Syenit	1000	„	1200	„
Tuffstein	50	„	60	„
Trachyt	60	„	200	„

Den auf den Baugrund ausgeübten Druck empfängt auch die Unterfläche des Baumateriales, 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 bis 9 kg pro qcm, während die Druckfestigkeit des Betons 5 bis 6 kg pro qcm beträgt. Da nun die meisten der vorgenannten Felsarten eine weit höhere Belastung erlauben, so wird bei Fundierung 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 Baupolizeiordnung für Berlin gestattet nur eine Belastung von 2,5 kg pro qcm.

Die Vorarbeiten des Grundbaues.

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 spezielle Bodenuntersuchungen unterbleiben können; dagegen wird in allen zweifelhaften Fällen eine sorgfältige Untersuchung erforderlich sein, weil der mit einer künstlichen Fundierung 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:

1) Das Aufgraben.
2) Die Untersuchung mit dem Sondiereisen.
3) Die Untersuchung mit dem Erdbohrer.
4) Das Einschlagen von Probepfählen.
5) Das Belasten.

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

II. Das Sondiereisen 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 Öhr 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 aufgegraben 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 poliert; 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 versieht und diese mit Talg ausfüllt. Trotz alledem sind die mit dem Visitiereisen zu erreichenden Resultate ungenau und unsicher, denn es ist schwer zu bestimmen, in welcher Tiefe sich die Höhlungen gefüllt haben. Zur Handhabung des Sondiereisens gehören sehr geübte Arbeiter.


Fig. 1.

III. Der Erdbohrer ist dasjenige Instrument, welches die zuverlässigsten Resultate bei Untersuchung des Baugrundes gewährt; es giebt 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 bis 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 Kenntnis der Bodenschichten erlangt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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 Konsistenz des Erdmaterials, das durchbohrt werden soll — mehr oder weniger geschlossene Cylinder, die man entweder mit einer durchgehenden, zugespitzten oder in einer Schraube endigenden Achse versieht, oder es wird der obere Teil des Cylindermantels mit dem Bohrgestänge verschweißt oder vernietet. Anstatt des Cylinders wählt man für weniger konsistente Bodenarten häufig eine konische Form des Mantels.

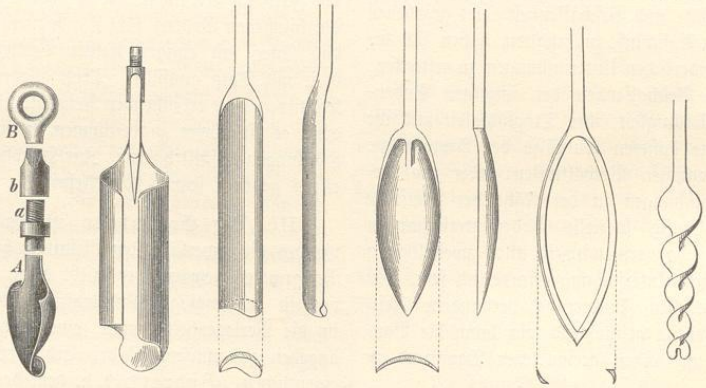
Zum Durchschneiden des Rasens und der in den oberen Bodenschichten vorkommenden Wurzeln benutzt man den Schneidebohrer (Fig. 2), einen aus Stahl hergestellten Löffel mit schraubenförmiger Endung, der mit dem 3 bis 4 cm starken Bohrgestänge verschweißt ist. Die Bohrstange endet bei a in einem Schraubengewinde, auf welches das Kopfstück B mittels einer Schraubenhülse aufgeschraubt wird; das runde Öhr desselben dient zum Durchstecken einer Handhabe, mittels welcher der Bohrer gedreht wird. Zur Verlängerung des Gestänges kann man nach Erfordern beliebig viele Mittelstücke (von 2 bis 4 m Länge) zwischenschrauben.

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

Wenn der Bohrer im Querschnitt nur einen Halbkreis oder ein Segment bildet, so nennt man das Instrument einen Löffelbohrer[1]) (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 benutzten Bohrer müssen in eine Spitze auslaufen, damit sie sich genau in die Achse des Bohrloches einstellen lassen. (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.

Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.



Zur Erweiterung von Bohrlöchern dient auch die in Fig. 9 dargestellte sogenannte amerikanische Zunge, mit mehreren Schraubenwindungen, und der Trepanierbohrer mit ∽förmigen Querschnitt, der unterst in eine scharfe Spitze ausläuft.

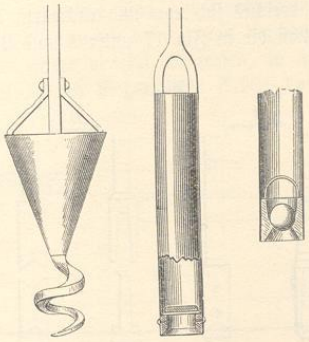
Wo die Bohrlöcher durch leichter bewegliche Schichten (z. B. im Alluvialboden durch wechselnde Lagen von Lehm, Sand, Kies, Letten) getrieben werden müssen, da werden sich die Seitenwände, namentlich unter Wasser, nicht

1) Diese Figuren sind entlehnt dem vortrefflichen Werke: „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“. Herausgegeben von Edmund Heusinger von Waldegg. I. Bd., VII. Kapitel. „Grundbau“.

halten und es ist daher eine Ausfütterung des Bohrloches durch Röhren erforderlich. Diese sogenannten Futterröhren haben dann die volle Weite des Bohrloches 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 Scharnier 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 Krebsschere.

ad b) Bestehen die zu untersuchenden Erdschichten aus feinkörnigem Sande oder aus schlammigem Boden, so benutzt 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 benutzt man häufiger den Ventilbohrer oder Ventillöffel (Fig. 11), einen unten offenen Cylinder

Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.



von Eisenblech, 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 mittels einer leichten Stange oder durch ein Hanfseil möglichst rasch auf- und niederbewegt, 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 erkennen, 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 konsistente und tragfähige Sandschicht ähnlich dem Triebsand erscheint und zu unnötiger Vertiefung des Bohrloches anregt. In diesem Falle leisten die Futterröhren vorzügliche Dienste, indem sie die Wandungen des Bohrloches 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 aufpfropfen 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 Teil eine ringförmige Verstärkung, damit sie den Widerstand des Bodens leichter überwinden. — Das Eintreiben der Röhren geschieht bei geringen Tiefen durch Drehen mittels umgelegter Zwingen, bei größerer Tiefe durch Einrammen, wobei besondere Holzklötze untergelegt werden. Die Weite des Futterrohres wird dabei mindestens 4 cm größer genommen, als der Durchmesser des Sandbohrers.

Diese Methode, im Schwemmsand zu bohren, ist noch mit einem Nachteil behaftet, indem die im Bohrloch hochgetriebenen Sandteile das Gestänge verklemmen und die Arbeit derartig hindern, daß der Ventilbohrer seine Dienste vollständig versagt. Um solche Übelstände zu vermeiden, hat Jensen nach einer schon früher von Fouvelle für Felsbohrungen angewandten Methode Druckwasser verwendet, d. h. in das Futterrohr ein engeres Druckrohr eingeschoben, durch welches mittels einer Druckpumpe ein Wasserstrahl unter starkem Druck auf den sandigen Grund unterhalb des Futterrohres geleitet ist. Hierbei lockert das eingetriebene Wasser die Bodenteile auf der Sohle des Bohrloches auf und treibt den Sand in dem ringförmigen Raume zwischen dem Gestänge und der Futterröhre rapid zu Tage, wobei die Bohrung sichtlich vorschreitet.[1]) Es wird übrigens auch zum Eintreiben von Pfählen und Spundwänden Druckwasser verwendet.

Die Ingenieure Chauvit und Catelineau haben durch Versuche auch die Geschwindigkeit festzustellen versucht, mit welcher der Wasserstrom eindringen mußte, um

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

Bodenteile 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	„	Grand von 2 cm Korn,
1,0 m	„	kleine Kiesel.

ad c) Zum Bohren in Felsboden bedient man sich der sogenannten Meißelbohrer, die mit einem festen Gestänge oder an Seilen gehoben werden und beim Niederfallen das Gestein zertrümmern. Hierbei wird der Bohrer nach jedem Schlage etwas gedreht, um immer neue Stellen des Gesteines zu treffen. Der Bohrmeißel (Fig. 13) besteht, wenigstens im unteren Teil, aus Stahl und wird gehärtet, nach unten schlank ausgeschmiedet 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

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 16.

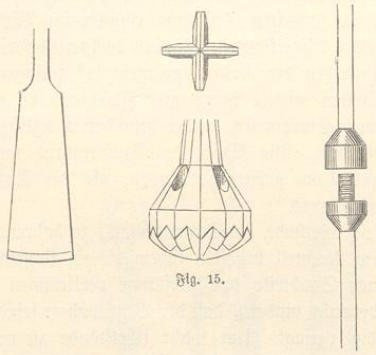


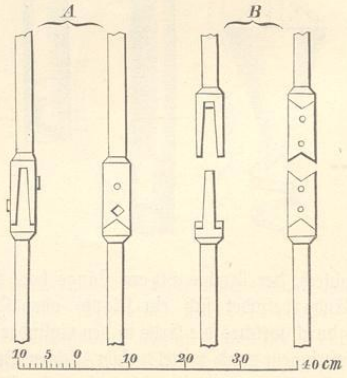
Fig. 15.

immer wieder zu ihrer vollen Länge ausgeschmiedet werden, damit sich das 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 Steine 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 miteinander verbunden werden können. In Fig. 16 ist das Ende des einen Gliedes mit einer Schraubenspindel, das andere mit einer Schraubenmutter versehen, und das Gestänge ist an der Verbindungsstelle verstärkt. Wenn man die aufeinander treffenden Flächen flach ansteigend abdreht und Sorge trägt, daß die Schraubenspindel den Grund der Schraubenmutter nicht ganz erreichen kann, so wird man die einzelnen Glieder fest miteinander verbinden können und die abgedrehten Flächen werden eine genaue Centrierung des Gestänges erwirken. Diese Verbindungsart ist zwar einfach und von der Art, daß ein längeres Gestänge nicht leicht schlottert, aber sie hat den Übelstand, daß man das letztere nur nach einer Seite drehen kann; auch rosten die Schraubenmuttern leicht ein, was ebenfalls als ein Nachteil 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

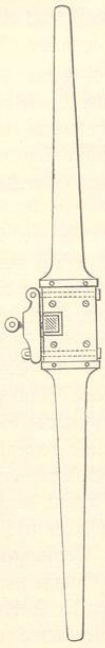
Fig. 17.



Verbindung an. Hier ist das eine Ende des Gestänges mit einer Gabel versehen, welche das folgende Stück umfaßt, und mit diesem durch zwei Schraubenbolzen verbunden. Die Muttern sind auf entgegengesetzten Seiten der Gabel einzulassen, damit die Lösung schneller, durch zwei Mann, bewirkt werden kann.

Bei Anfertigung des Gestänges ist die größte Genauigkeit zu beobachten, damit die einzelnen Glieder desselben

Fig. 18.



in jeder Reihenfolge aneinander 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 Öhr zur Aufnahme des Durchsteckstockes versehen sein, bei größeren Längen muß dasselbe jedoch mit einem Windeseil 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 Baugrundes bohrt, nicht durchaus notwendig ist, dieselben genau vertikal abzuteufen, so erleichtert eine solche Stellung des Bohrers die Arbeit doch ungemein,

Fig. 19a.

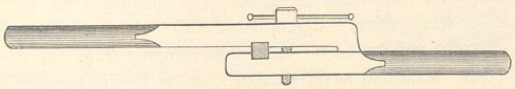
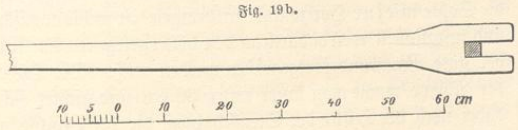
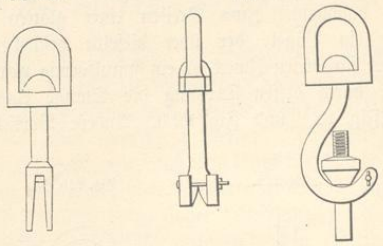


Fig. 19b.



und deshalb ist es (wenigstens bei einiger Tiefe) vorteilhaft, 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 Gestängegliedes 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 Teil eines Gestängegliedes Platz findet,

Fig. 20a. Fig. 20b.

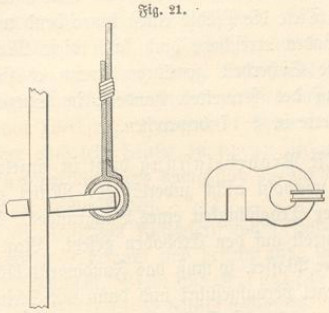


nicht aber die an den Enden desselben angebrachte Verstärkung. Während des Bohrens werden die beiden Enden des Hakens noch durch einen kleinen Bolzen verbunden, um das Gestänge desto sicherer fassen zu können. Der Haken ist oben mit einem Wirbel versehen und so geformt, daß das gefaßte Stück in seine Schwerachse 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 Vorteil ist.

Daß beim Absenken tiefer Bohrlöcher größere Gerüste nötig sind, an welchen das Gestänge hängt, versteht sich

Fig. 21.



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 anderen Ende das Bohrgestänge trägt.

Entsteht während des Bohrens ein Bruch des Gestänges, so bedient man sich zum Herausschaffen des abgebrochenen Teiles sogenannter Fanginstrumente, welche man am oberen Teil 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. 22a und Fig. 22b). Andere Vorrichtungen,

Fig. 22a.



Fig. 22b.



welche bestimmt sind, das Gestänge zu fassen oder Futterröhren herauszuziehen, als da sind der sogenannte Krätger, die dreiarmige Gabel u. s. w., können hier unerörtert bleiben; wir verweisen zu diesem Zwecke auf das „Handbuch der Wasserbaukunst" von Hagen und das „Handbuch der Ingenieurwissenschaften" von Heusinger v. Waldegg, I. Bd., 2. Hälfte.[1])

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 Speziellen wird diese Materie in § 17 besprochen.

V. Die Probebelastung 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 Probebelastung, 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.

1) Auch „Handbuch der Fundierungsmethoden" von Ludwig Klasen. Leipzig 1895.

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 Konfiguration 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 nötigen 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 Mauerwerkes 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, solange die Resultante sämtlicher Pressungen gegen die Vertikale keine größere Neigung hat als 15°. Bei abfallendem Terrain muß die Sohle daher treppenförmig, d. h. „in Absätzen" hergestellt werden, wobei jeder der Absätze horizontal zu liegen kommt. 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 des bequemeren Arbeitens halber gern in Länge und Breite etwas größer anlegt, als die auszuführenden Fundamente. Bei schwierigen Fundierungen (auf Brunnen, Senkkästen, Beton) wird dagegen die Baugrube nur auf den zum Tragen der Fundamente erforderlichen Raum eingeschränkt. Im übrigen wird das weitere Verfahren wesentlich durch die Beschaffenheit des Baugrundes beeinflußt.

Fels- oder Steingrund. Die Fundamentsohle darf nur bei Felsarten, welche keiner Verwitterung unter-

liegen, direkt auf der Bodenfläche begonnen werden; hier hat man nur nötig, 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 Gesteines werden mit Mauerwerk ausgefüllt oder überwölbt; hierbei muß häufig die Kluft erweitert und mit centrischen 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 Schnurgerüstes von der Fluchtlinie des Gebäudes, denn begreiflicherweise müssen diese außerhalb der Dossierung 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 böschen sich freilich, frei aufgeschüttet, etwa unter 45° oder 40° ab, doch genügt für eine zusammenhängende gewachsene Erdwand erfahrungsmäßig (und für kürzere Zeit) ein geringerer Böschungswinkel. Diese Erwägungen sind vor Eröffnung der Baugrube nötig, damit man im stande ist, die Größe derselben zu bestimmen und den Kubikinhalt der auszugrabenen Masse zu berechnen. Auch ergeben sich immer größere Unbequemlichkeiten, wenn man die Dossierungen anfänglich zu klein angenommen hat.

Bei tiefen Baugruben pflegt man sogenannte Bänke (Banquets) anzuordnen, d. h. die Böschungen mit Absätzen zu versehen. Dieselben gewähren Vorteile beim Transport der ausgegrabenen Erde und als Lagerplätze für Baumaterialen. Zu diesem Zwecke sollten die Bänke nicht unter 40 bis 50 cm Breite haben, und wenn die ausgegrabene Erde mittels Schaufeln von einer Bank zur anderen geworfen werden soll, so darf die senkrechte Höhe der Bänke übereinander höchstens 1,8 bis 2 m betragen. Dauert ein Grundbau lange, so daß die Böschungen der Baugrube den Winterfrösten, den Frühjahrs- und Herbstregen u. s. w. ausgesetzt sind, so muß man dieselben durch Einzäunungen, Faschinen, Bretter- oder Strohbelege noch mehr zu sichern suchen, je nachdem die obwaltenden Umstände und besonders die vorhandene Lokalität das eine oder andere dieser Mittel ratsam machen.

Hindert die Lokalität 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 einschlagt und hinter diese Bretter oder Bohlen schiebt, an denen die Erde eine Stütze findet. Die Bretter u. s. w. 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 Erddruckes ab. Sind nur Fundamentgräben auszuheben, so daß die gegenüberstehenden Wände der Baugrube nicht weit voneinander entfernt sind, so kann man durch querüber angebrachte Steifen, hinter welche man Brettstücke legt, oft ohne große Mühe und Kosten die nötigen Verschalungen herstellen.

§ 5.

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

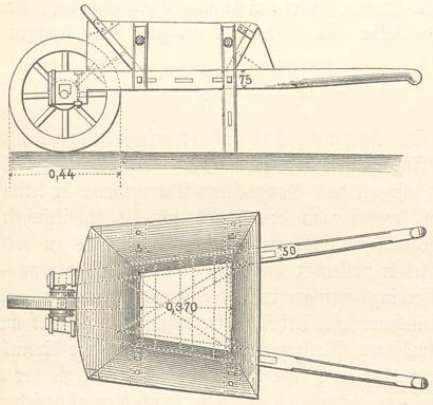
Das Werkzeug zum Auflockern und Verladen der Erde ist im allgemeinen bekannt und besteht aus: Grabscheit (Spaten), Schaufel, Picke und Kreuzpicke, auch das Heb- oder Brecheisen wird häufig gebraucht. Das erstere Handwerkszeug haben die Arbeiter häufig selbst und bringen es mit auf die Baustelle, in welchem 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 Geräte 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 Konstruktion zu sehen, wozu namentlich gehört, daß diese Instrumente am Öhr eine hinreichende Eisenstärke bekommen, auch darf das Öhr selbst nicht zu kurz, sondern muß immer gegen 7 bis 8 cm lang und mit einem gehörig starken Nacken versehen sein. Eine ordentliche Picke ist von der Spitze bis zum Öhr 30 bis 40 cm lang.

Zum Transport der aufgehauenen Erde dienen Schiebkarren und Handkippkarren, und bei beschränkten Baugruben, wie solche im Hochbau zuweilen vorkommen, ist auch die Tragebutte — namentlich im Württembergischen — ein landesübliches Transportmittel. In Norddeutschland ist dagegen die Schiebe- oder Kumptkarre, und zwar für Transportweiten bis zu 80 und 100 m, durchgängig im Gebrauch.

In Fig. 23 ist eine solche Schiebkarre, nach der in Norddeutschland gebräuchlichen (der englischen ähnlichen) Konstruktion, in Grundriß und Ansicht dargestellt. Diese

Fig. 23.

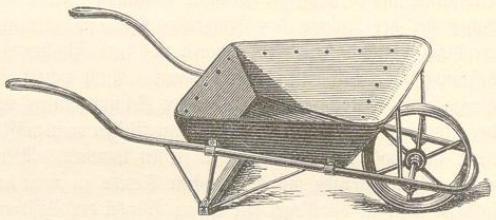


Form, mit ihrem nach oben sich stark erweiternden, pyramidalen Kasten erleichtert das Ausstürzen des geladenen Bodens. Die fortbewegte Last wird hier zum Teil durch das Rad unterstützt, zum Teil mittels der Karrbäume vom Arbeiter getragen. Da nun das Tragen eine größere Arbeitsleistung verlangt als das Schieben, so muß der Schwerpunkt der Last zweckmäßig so nahe der Radachse gebracht werden, als es eben die Manipulation des Be- und Entladens gestattet. Zur Verminderung der Reibung empfiehlt es sich, das Rad möglichst groß zu nehmen, doch ist eine Grenze dadurch gezogen, daß das Umkippen der Karre nicht erschwert werden darf. Die Schwerlinie des beladenen Karrens liegt etwa auf $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Distanz zwischen der Radachse und den Handgriffen der Karrbäume. Diese Karren fassen $^1/_{14}$ bis $^1/_{15}$ cbm lose Erde; unter Berücksichtigung der Auflockerung wird man im Durchschnitt 15 bis 16 Karrenladungen auf 1 cbm gewachsenen Stichboden rechnen können.

Das Holz der Karre muß trocken und zähe sein. Zum Gestell nimmt man Esche- oder Eiche-, zum Kasten Pappel- oder Kiefer-, zur Nabe des Rades Eichenholz; zum Radkranze eignet sich Eschen-, zu den Sprossen Buchenholz. Die Füße des Gestelles werden unter sich und mit den Karrbäumen durch eiserne Bänder verbunden. Die Achsen aus 2 cm starkem Rundeisen stecken fest in der Nabe des Rades und drehen sich mit dieser in den Zapfenlagern, welche am einfachsten aus ein paar Klötzchen harten Weißbuchenholzes hergestellt und mit Schraubenbolzen unter den Karrbäumen befestigt werden. Sind diese ausgelaufen, so kann man sie leicht durch neue ersetzen. Der schmiedeeiserne Beschlag einschließlich der Achse kann zu 8 bis 9 kg angenommen werden, und die Kosten einer vollständigen Schiebkarre stellen sich auf 10 Mark.

In neuerer Zeit sind wegen ihrer großen Haltbarkeit auch eiserne Karren im Gebrauch. Fig. 24 zeigt ein

Fig. 24.



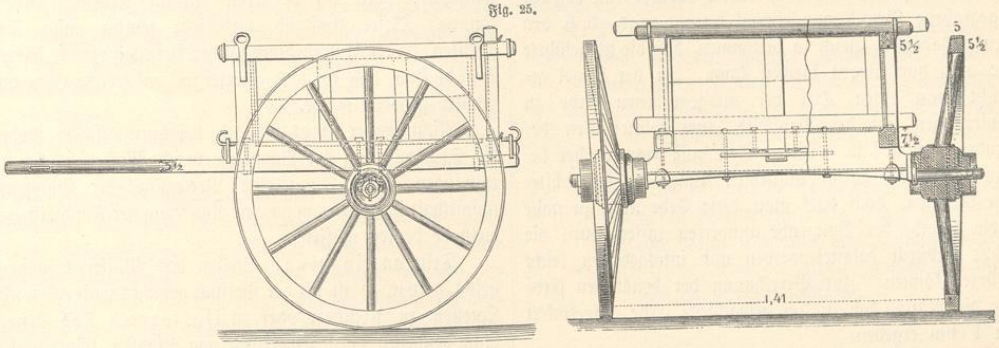
Muster dieser Art nach amerikanischem System; das Gestell ist aus schmiedeeisernem Gasrohr gebogen und darauf der Kasten von starkem Eisenblech festgenietet. Dies Gestell umschließt das Rad mit schmiedeeisernem Radkranze; in die gußeiserne Nabe sind Achse und Speichen, sämtlich von Schmiedeeisen, mit eingegossen und die Achslager an dem Gestell mit Schrauben befestigt. Eine solche Karre faßt ungefähr 0,077 cbm, wiegt 33 kg und kostet 25 Mark.

Die Karrbahnen für die Karren werden von 5 cm starken, 21 bis 24 cm breiten Dielen möglichst lang hergerichtet, um die Stöße zu vermeiden. Als dazu geeignet ist das Holz der Eiche und Buche zu empfehlen; trotzdem wird vielfach auch Kiefernholz (wegen des geringeren Preises) hierzu genommen.

Obwohl der Handkarrentransport unter Umständen noch bis zu einer Weite von 80 und 100 m vorteilhaft sein kann, pflegt man doch schon bei geringeren Distanzen zu einer vollkommeneren Art des Transportes zu schreiten, nämlich zum Transport mit zweirädrigen Handkipp-

karren. In Fig. 25 ist die Konstruktion einer häufiger vorkommenden Handkippkarre dargestellt. Dieselbe faßt $^1/_3$ bis $^1/_2$ cbm Boden und wird von zwei Arbeitern mit 1 m Geschwindigkeit fortgezogen, wobei die Bahn bis

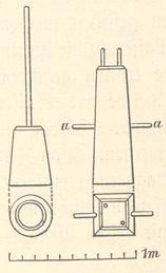
Fig. 25.



1 Proz. steigen kann; bei größerer Steigung ist noch ein dritter Arbeiter zum Stoßen nötig. — Die Länge des Kastens muß kurz bemessen sein, damit man ihm zum Zweck des Entladens eine Neigung von 45° geben kann; die Hinterwand ist deshalb zum Herausnehmen eingerichtet. Man rechnet überschläglich auf 1 cbm gewachsenen Stichboden 3 Ladungen, bei Felsboden 3,5 Ladungen. Die Fahrbahn besteht aus 8 bis 13 cm starken Bohlen, welche bis zu ihrer Oberfläche in den Boden eingebettet und durch untergelegte Querhölzer gesichert werden. — Der Preis der kompletten Kippkarre nebst Beschlag ist 80 bis 100 Mark. Für größere Transportweiten werden zweckmäßig Pferdekippkarren angewendet, deren Beschreibung, da sie beim Hochbau selten Verwendung finden, hier unterbleiben soll.

Da nicht selten der Fall vorkommt, daß auch Auffüllungen von der ausgegrabenen Erde hergestellt werden müssen, wobei man in der Regel deren baldigste Komprimierung wünscht, so wollen wir hier noch eines Gerätes gedenken, das außerdem noch mancher Anwendung fähig ist, wir meinen den Stampfer (Fig. 26). Die Wirksamkeit desselben steht mit den aufgewendeten Kosten selten im richtigen Verhältnis, weil er nicht mit der gehörigen Kraft gehandhabt wird. Will man eine Erdauffüllung überhaupt durch Stampfen komprimieren, so muß man sich daher der Handramme (Fig. 27) bedienen, die ein Gewicht von 8 bis 10 kg hat. Die Arbeit mit derselben gehört allerdings zu den anstrengenden, aber sie ist auch von einiger Wirkung.

Fig. 26. Fig. 27.



So wie man nur zweckmäßig gestaltete Werkzeuge und Geräte anwenden sollte, ebenso müssen auch die vorhandenen Arbeitskräfte zweckmäßig verwendet werden. Die stärksten Arbeiter stellt man daher zum Aufhauen der festen Erde an, die schwächsten werden am besten mit dem Beladen der Schiebkarren beschäftigt.

Die Zahl der anzustellenden Arbeiter, namentlich das Verhältnis der Aufhauer zu den Aufladern und Karrenschiebern, hängt von den jedesmaligen Umständen ab, besonders wird die Beschaffenheit des Bodens und die Entfernung des Transportes maßgebend sein, so daß sich spezielle Regeln nicht wohl geben lassen. Verwittertes, zerklüftetes und rolliges Gestein erfordert viele Mühe; am wenigsten jede schon früher aufgelockerte Garten- und Ackererde. Mehr Arbeit verursacht dagegen grober, kiesiger oder stehender Sand; noch mehr Quellsand, dann Lehm, Thon. Zwei Arbeiter, welche in 1,5 bis 2 m Abstand an einer geraden Wand arbeiten, hindern einander nicht, wohl aber, wenn sie in 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 Schachte unter einem Schachtmeister, wodurch die Aufsicht erleichtert wird. Der Schachtmeister ist übrigens Arbeiter wie die anderen, nur führt er für seinen Schacht allein das Wort, erhält die Arbeit zugeteilt und verteilt 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 transportieren, 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 vorteilhaft, 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 Proz. etwa nur 25 m betragen 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 Abladeplatz gleich so bestimmen, daß die hingeführte Erde auch dort liegen bleiben kann. In der Regel gebraucht man einen Teil der ausgegrabenen Erde zu Planierungen auf der Baustelle, zum Hinterfüllen der Grundmauern u. s. w. Diesen Teil 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 aufwerfen lassen, weil die Wände dadurch belastet werden und infolgedessen leicht einstürzen können. Zur Berechnung der benötigten Erde diene die Notiz, daß 3 cbm gewachsene Erde aufgelockert etwa 4 cbm ergeben.

§ 6.

Mit dem Ausheben und Fortführen des Bodens ist aber die Baugrube sehr oft noch nicht so hergestellt, daß man mit der Fundierung 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 Fundierungsart 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 auflockern. Ein solcher Fall kann um so leichter eintreten, wenn die Umgebungen des Baugrundes aus undichten und durchlässigen Schichten bestehen. Will man indessen unter solchen Umständen die Baugrube dennoch trocken legen, so wird man hierzu den Zeitpunkt benutzen 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 in derselben Zeit eine doppelte Wassermenge 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 Änderung der Fundierungsmethode denken müssen.

Tritt an einzelnen Stellen das Wasser besonders heftig hervor, so ist oft der Versuch gemacht worden, solche Quellen zu dichten oder zu isolieren. Das erstere kann geschehen durch Eintreiben von Pfählen, Einstampfen von trockenem Thon oder von Beton und durch ähnliche Mittel, welche bei ruhigem Wasser zum Ziele führen. Wirksamer ist das Isolieren, 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 Beton oder Thon, welche über die ganze Baugrube in hinreichend starker Schicht ausgebreitet wird; doch muß dem Beton 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 gröberen 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. Übrigens erfolgt die Entnahme des Wassers möglichst nahe der Oberfläche, wo es am wenigsten mit festen Bestandteilen verunreinigt ist.

Endlich ist darauf zu achten, daß das Wasser nicht höher gehoben wird, als es nach dem äußeren Gefälle

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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 Tier- oder Menschenkräfte anzuwenden sind. Die erstgenannten erfordern zwar geringe Betriebskosten, aber große Anlagekosten, und können daher erst bei einem größeren Umfange der Arbeiten in Betracht kommen, wo die Anlagekosten 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 Benutzung 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 Fundierungsarbeiten von geringerem Umfang und vorübergehender Dauer selbst dann noch, wenn sie sich im Gegensatz zur Maschinenarbeit als unökonomisch erweist: denn sie erfordert keinerlei Vorbereitung, läßt sich auf dem beschränktesten Bauplatze verwerten, ist überall leicht zu haben und läßt sich bei plötzlich eintretendem Bedürfnis jederzeit 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 tierischer Kraft bietet die zuletzt erwähnten Vorteile nicht, und die dazu erforderlichen Maschinen bilden für einfache Verhältnisse ein Hindernis 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 Vorteile schon darum bieten, 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 (Norien), Eimerräder, Schöpfräder.
2) Das Wasser wird durch ausgeübte Stoßwirkung in die Höhe geworfen; hierher zählen die Wurfschaufel, Schwungschaufel.
3) Das Wasser wird in beweglichen Kanälen gehoben, so beim Schneckenrad, der Wasserschnecke (Archimedischen Schraube oder Tonnenmühle).
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 rotierende Flügelwellen (Centrifugalpumpen, Kreiselpumpen);
   durch Wasser- und Dampfstrahlen (Wasserstrahlpumpen, Dampfstrahlpumpen).

Die Tendenz dieser Arbeit, welche den Schluß des IV. Bandes der Baukonstruktionslehre des Hochbaues bildet, wird es rechtfertigen, wenn nur die wichtigeren und zur Zeit im Hochbau gebräuchlicheren Arten der Wasserschöpfvorrichtungen 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 m über dem Wasserspiegel ausgegossen wird. Ist nämlich die Hubhöhe größer, so wird die Arbeit zu ermüdend; es müssen dann zwei Reihen Arbeiter übereinander aufgestellt werden, wodurch man bis zu 2 m 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 hierzu lederne oder hanfene 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 Abwechselungen gerechnet. Jeder Arbeiter kann bei 1 m Hubhöhe 15mal in der Minute ausschütten, er fördert daher per Minute $15 \cdot 0{,}1 = 0{,}15$ cbm. Stehen zwei Reihen übereinander, so leeren zwei Arbeiter per Minute bei 2 m Hubhöhe 12 Eimer aus: das Förderquantum per 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 Arbeitern 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 m sich bewegen darf.

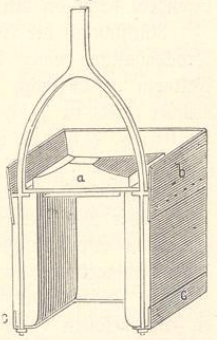
§ 8.

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 auch zur Zeit 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 glatt gehobelt, mit Feder und Nut verbunden und die Fugen „kalfatert", d. h. geteert und mit Werg verstopft. In Entfernungen von 1 m und am oberen und unteren Ende werden eiserne Zugbänder umgelegt, mittels deren die Röhre nach erfolgtem Austrocknen fest zusammengezogen werden kann.

Der Kolben dieser Pumpen wird aus einem Stück trockenen Elsenholz (allnus 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).

Das Ventil besteht aus einer in Öl 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.

Fig. 28.

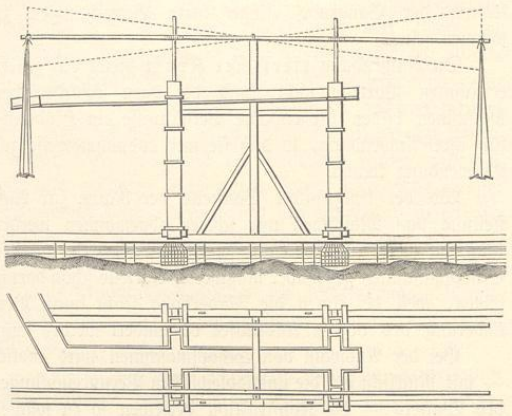


Die Kolbenstange ist unterhalb mit einer eisernen Gabel versehen, welche in Schraubenspindeln ausgeht; letztere reichen durch den ganzen Kolbenstock hindurch und werden an dem unteren Eisenringe durch Schraubenmuttern befestigt. Die Gabel ist derartig gebogen, daß sie die Bewegung des Ventiles nicht 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, sogenannte Saugkörbe (siehe Fig. 29) an.

Fig. 29.



Sollen diese Pumpen nun zur Entleerung der Baugrube Verwendung finden, so stellt man sie am besten paarweise auf und läßt die Mannschaft mittels Zugleinen an einem horizontalen Hebel wirken, wie Fig. 29 zeigt. Die Knebel 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 paarweise kombinierte Pumpen per 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 $^5/_6$ in Rechnung gestellt werden. Bezeichnet daher 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 Eitelwein

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

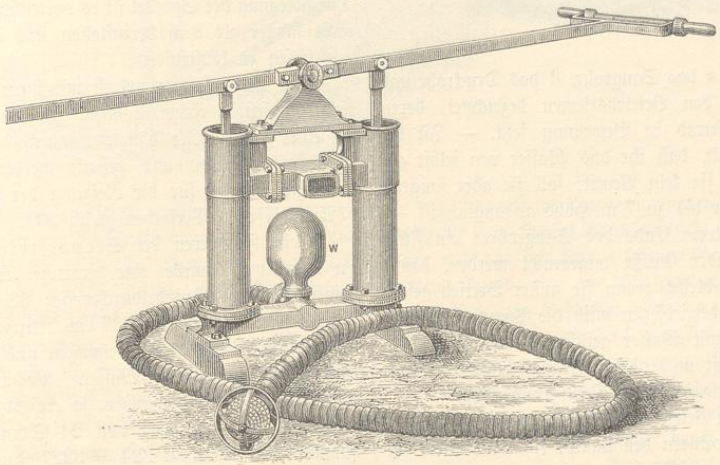
Nimmt man beispielsweise B = 0,23 m, so wird

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

diese Förderungsmethode ist daher vorteilhafter als die in § 7 besprochene „mittels Handeimern".

Vorteilhafter in der Konstruktion und außerordentlich bequem placierbar auf der Baustelle sind die „Handpumpen für Bauzwecke", auch Kanalpumpen genannt. Es sind gewöhnliche Kolbenpumpen mit eisernem Cylinder, welche zur Ausschöpfung der Baugrube meistens als transportable Doppelpumpen konstruiert 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 vier 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 [1]) Saugkorb mit schmiedeeisernem Schutzkorb angebracht, um die gröbsten Unreinigkeiten von der Pumpe abzuhalten. Das gemeinschaftliche Saugrohr mündet in den Windkessel w, wodurch die Gleichmäßigkeit der Wasserzuströmung reguliert wird. Die Pumpe liefert an Wasser 0,8 desjenigen Volumens, welches ihre Kolben beschreiben, d. h. ihr Güteverhältnis ist 0,8.

Fig. 30.



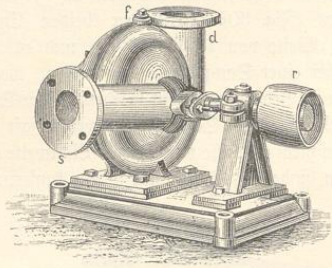
Bei Inbetriebsetzung ist diese Kanalpumpe anzugießen, d. h. die Pumpenstiefel müssen des besseren Saugens wegen mit reinem Wasser gefüllt werden. — Da bei sandigem Boden das Eindringen von Sand in die Kolben unvermeidlich ist, so muß von Zeit zu Zeit eine Spülung mit reinem Wasser stattfinden.

Die Centrifugalpumpen beanspruchen zu ihrem Betriebe immer eine größere Kraft als Kolbenpumpen

1) Statt des kupfernen Saugkorbes verwendet man auch solche aus perforiertem Eisenblech.

guter Konstruktion, da ihr Güteverhältnis höchstens = 0,7 ist, aber sie haben den Vorzug großer Einfachheit und verhältnismäßiger Billigkeit; sie leiden auch nicht beim Heben von unreinem Wasser, noch versagen sie den Dienst. Fig. 31 stellt eine einfache Centrifugalpumpe in der

Fig. 31.



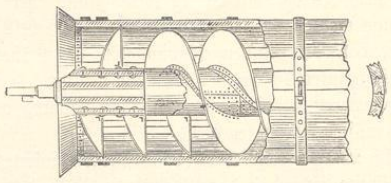
Ansicht dar, worin s das Saugrohr, d das Druckrohr und r die Scheibe für den Betriebsriemen bezeichnet, deren Welle das Schaufelrad in Bewegung setzt. — Ist die Pumpe so aufgestellt, daß ihr das Wasser von selbst zufließt, so erfordert sie kein Ventil; soll sie aber saugend wirken — was nur bis zu 7 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 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 benutzt; 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 alteriert: man kann sie also in die gefüllte Baugrube stellen, so 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 Wasserbeförderung vor sich geht. Der Mantel wird aus 6 bis 8 cm starken Brettern gespundet hergestellt, die Schneckengänge, mit 30° Neigung zum Mantel, aus 2 bis 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 er-

Fig. 32.



folgtem Schwinden des Holzes nachzuziehen sind. — Wegen Durchbiegung der Spindel ist es vorteilhaft, diese Schnecken nicht länger als 8 m herzustellen und in der Hauptsache aus Eisen zu konstruieren.

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

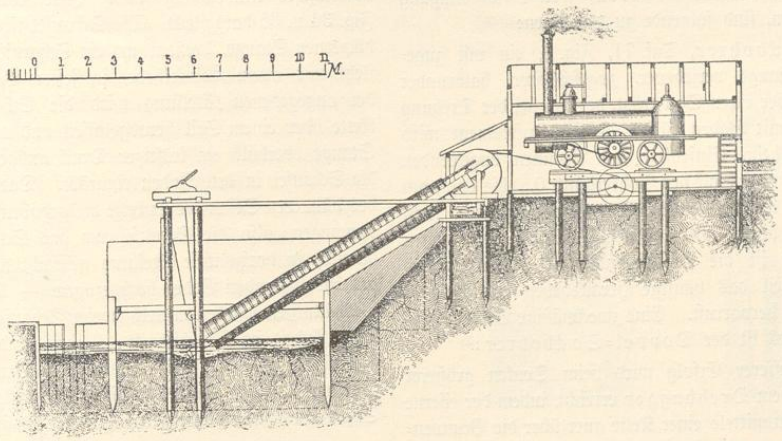
Beim Fundieren der Steuerfreien-Niederlage zu Harburg wurde eine derartige Wasserschnecke angewendet, deren Spindeldurchmesser 38,9 cm und deren innerer Manteldurchmesser 87 cm betrug. Sie machte in der Minute 16 bis 20 Umdrehungen und förderte in einer Umdrehung 0,1245 cbm Wasser. Rechnet man nur im Durchschnitt 18 Umdrehungen, so ergiebt dies pro Minute 2,241 cbm und pro Tag von 24 Stunden ein Förderquantum von 60 . 2,241 . 24 = 3227 cbm. Als Betriebsmaschine diente eine alte Lokomotive. — Eine zusammenhängende Darstellung der ganzen Betriebsanlage giebt Ludwig Klasen in: „Handbuch der Fundierungsmethoden", Leipzig 1895, Seite 21 und 22, dem die Fig. 33 entnommen ist.

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 Mittelwert 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 ergiebt, eine Bestimmung, welche freilich auf besondere Genauigkeit nicht Anspruch machen kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da die zu hebende Wassermenge von der Flächenausdehnung der Baugrube zum großen Teil mit abhängt, so kommt es darauf an, diese möglichst klein zu machen. Indessen 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 m ringsum größer sein müssen, als die größte Ausdehnung des unteren Teiles 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 beurteilt, ob man zu den nötigen 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.

Fig. 33.



§ 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 indessen, nur eine Übersicht der im Grundbau vorkommenden Baggerarbeiten und Geräte 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 Fundierung 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 ratsam erscheint, endlich wenn die Baugrube durch Fangedämme und Spundwände umschlossen ist.

Zu den älteren Baggerapparaten gehört der *Stielbagger*; seine Handhabung geschieht meist direkt mit der Hand und das den Boden lösende Gerät erhält bei konsistentem 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 steinigem Boden endlich wird dem Bagger die Form eines *Rechens* gegeben, der den Boden auflockert. Gewöhnlich wird der Stielbagger durch zwei 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 Eimerkettenbagger konstruiert werden, vorteilhafter. Die Kette besteht aus langen Gliedern und trägt in Abständen von 2 bis 4 Kettengliedern die einzelnen, aus Blech angefertigten Eimer, welche mit ihrer verstählten Schneide in den Boden eingreifen, sich füllen und den Inhalt in die sogenannte Schüttrinne werfen. — Im Grundbau finden, besonders auf beschränkter Baustelle, *Vertikalbagger* Anwendung. Zum Verlängern der Eimerkette müssen einzelne Glieder eingesetzt, beim Verkürzen solche herausgenommen werden können. Während des Brunnensenkens pflegt man die Baggerapparate direkt auf die Oberfläche desselben zu setzen, in anderen Fällen werden feste Gerüste errichtet, von diesen ausgebaggert 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 Radbagger kommen zur Zeit kaum mehr in Gebrauch.

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

Der Sackbohrer, Taf. 71, Fig. 6, ein mit zugespitzter Eisenstange versehener, zugeschärfter, 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 0,07 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. Eine zweckmäßige Verbesserung des Sackbohrers ist der Doppel-Sackbohrer:[1])

Etwas besserer Erfolg wird beim Senken größerer Brunnen mit dem Drehbagger erreicht, indem der eiserne Bügel desselben mittels 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 mittels der Winde aufgezogen.

Neuere Apparate. Infolge der häufigeren Anwendung von Senkbrunnen zu Fundierungen sind auch die Baggerapparate vervollkommnet und leistungsfähiger hergestellt worden. So ist die indische Schaufel als ein für die Brunnensenkung sehr nutzbares Gerät zu bezeichnen, welches auch in Deutschland — u. a. beim Bau der Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn[1]) — vorteilhafte Anwendung fand. Ihre Konstruktion ist in Fig. 34 u. 35 dargestellt. Die Schaufel ist an einer langen hölzernen Stange, drehbar um ein Scharnier, 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 mittels des dünneren Seiles die Spreize ausgehoben und das Tau b angezogen, also die Schaufel um das Scharnier gedreht, dadurch in horizontale Stellung gebracht und so mit dem auf ihr lagernden Boden hochgezogen. — Unter günstigen Verhältnissen wurden mittels zweier Schaufeln bei 10stündiger Arbeit im Durchschnitt 10 cbm Boden aus 5 bis 6 m Tiefe gefördert und dadurch der Brunnen in dieser Zeit um 0,30 m gesenkt. Größere Steine konnten mit der Schaufel verhältnismäßig leicht gefaßt und gehoben werden.

Fig. 34.

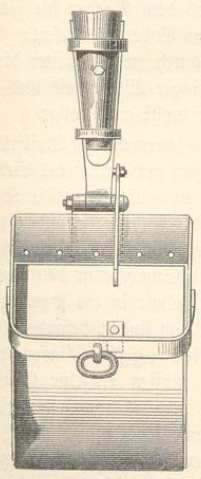
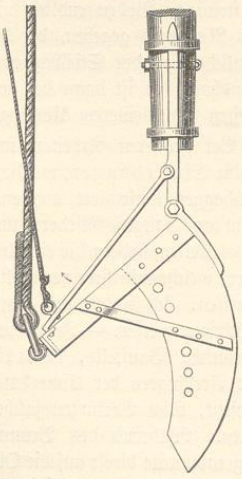


Fig. 35.



1) Exc. Mines of Proceed. of the Instit. of Civil-Ingineers 1881—1882.

Der Millroy'sche Exkavator,[2]) zuerst bei Gründung der Clydebrücke im Jahre 1876 angewandt, ist eine Kombination von acht an Scharnieren in einem achtseitigen Rahmen hängenden Schaufeln von dreieckiger Grundform. Beim Hinablassen hängen sie vertikal und dringen durch das Gewicht des Apparates in den Boden ein. Durch ein System von acht Ketten, die am unteren Ende der Schaufeln angreifen, lassen sich dieselben um ihre Scharniere drehen und heben dabei den Boden wie auf einer geschlossenen Plattform empor. — Die durchschnittliche, tägliche Senkung eines Brunnenpfeilers mittels des Exkavators betrug 4,88 m, eine Leistung, welche den Effekt aller früher beschriebenen Apparate in den Schatten stellt.

Dieser Exkavator ist von Bruce und Bathe durch Anwendung krummer Schaufeln verbessert worden (Deutsche Bauzeitung 1875, S. 32). Er bildet im geschlossenen Zustande einen halbkugelförmigen Behälter.

Zum Senken tiefer Brunnen ist sodann die Sandpumpe mit Vorteil benutzt 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. 36, ist mit zwölf Ventilen versehen, welche das

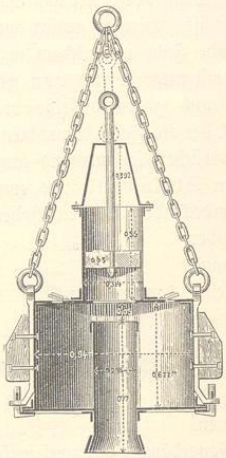
1) Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1876, S. 35 u. 197.

2) Zeichnung und Beschreibung des Exkavators von Millroy finden sich u. a. im Jahrg. 1868 der Deutschen Bauzeitung S. 470, auch in Klasen, Handbuch der Fundierungs-Methoden, S. 51.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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 vier 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 mittels einer Winde gehoben. Beim Gebrauch[1]) fassen neun 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.

Fig. 36.



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 Kratzen zu befreien und dann mittels Bügeln und Haken zuerst eine Schnur und an dieser eine Kette unter ihm durchzuziehen und am Hebezeug zu befestigen. 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 mittels des sogenannten Steinkorbes, eines Geflechtes von Ketten, hochziehen. Gebräuchlicher ist die Greifzange oder Teufelsklaue, die in Fig. 37 im geschlossenen Zustande dargestellt ist und 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 teils zum Öffnen der Zange, teils 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 Öhren a und b derart, 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.

Fig. 37.

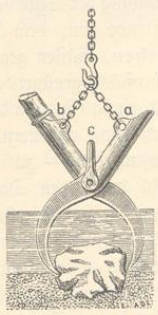
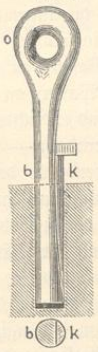


Fig. 38.



Wenn sehr große und schwere Steine unter Wasser zu heben sind, so wird in dieselben ein cylindrisches Loch eingebohrt und in dieses der aus zwei Teilen bestehende Steinwolf eingesetzt (Fig. 38). Derselbe besteht aus einem cylindrischen, 25 cm langen Bolzen, an welchem ein Aufhängering eingeschweißt ist. Man setzt den Bolzen b mit Keil k in das gemeißelte Loch des rauhen Steines ein, und hier werden beide durch Reibung festgehalten, wenn der Bolzen in die Höhe gezogen wird.

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.

Umschließung der Baugrube. Fangedämme.

§ 10.

Bei Hochbauten im festen Lande sind die Schwierigkeiten der Wasserbewältigung nur selten erheblicher Natur, indessen kommen auch Fundierungen an fließenden oder stehenden Gewässern vor, z. B. bei Landhäusern am Seeufer, Speichergebäuden an Kanälen (ein in Seestädten sehr häufiger Fall). Unter solchen Verhältnissen ist die Baugrube nach der Wasserseite hin offen und bedarf daher hier eines Abschlusses durch künstliche Wände, welche gemeinhin Fangedämme genannt werden. Da diese Arbeiten mit zur Darstellung der Baugrube gehören, so sollen sie an dieser Stelle besprochen werden.

1) Brunnenanlage der Berliner Wasserwerke von H. Gill; vergl. Deutsche Bauzeitung 1871, S. 110 ff.

Die Umschließungskörper zum Schutz einer Baugrube gegen das Wasser heißen Seitenfangedämme — wenn sie das Zudringen 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.

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 Vollendung eine längere Zeit in Anspruch nimmt, oder tritt auch in der günstigen Bauzeit ein Wechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser ein, so ist es geraten, die Baugrube unter Wasser zu setzen und bei Eintritt des niedrigen Wassers wieder leer zu pumpen. Zu solchem Zwecke versieht man den Fangedamm mit einem Einlaßsieb.

Da der Fangedamm in seinem oberen Teil 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.

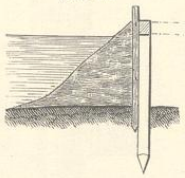
Der Konstruktion nach unterscheidet man:

1) Erddämme,
2) Fangedämme mit einseitiger Holzbekleidung,
3) hölzerne, isoliert stehende Fangedämme (Spundwände),
4) Kastenfangedämme.

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. Leichter lagert sich die Erde und läßt sich auch besser komprimieren, 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 Bauwerkes mit einer Wand von gespundeten Bohlen umgiebt 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 verholmte Pfahlwand hergestellt, d. h. es werden einzelne Pfähle eingerammt, auf diese ein Holm aufgezapft und dahinter eine doppelte Brettwand gelehnt (Fig. 39). Solche Konstruktionen können nur bis zur Höhe von 1,5 m in Frage kommen.

Fig. 39.

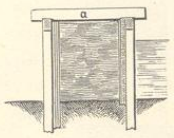


Am häufigsten werden die Fangedämme mit zwei senkrechten Holzwänden konstruiert, welche den Erddamm einschließen; sie heißen dann Kastenfangedämme. Durch die zwischen den einschließenden Holzwänden eingestampfte Erdschüttung wird der Fangedamm wasserdicht und darum muß der Damm eine ausreichende Breite erhalten. Häufig dienen die Oberflächen der Fangedämme zum Materialientransport, als Materiallagerplätze, oder zur Aufstellung von Geräten u. s. w., und erfordern daher aus diesem Grunde schon immer eine ausreichende 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 Verhältnis zunehmen zu lassen als die Höhe. Hieraus hat sich die in Deutschland sehr verbreitete Regel herausgebildet: 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 addiert. 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 ein Drittel der Mehrhöhe wachsen, danach würde ein 5 m hoher Fangedamm $3 + {}^1/_3 \cdot 2 = 3{,}66$ 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 Undurchlässigkeit durch gute Füllmaterialien.

Die Konstruktion dieser Fangedämme ist folgende: Zwei Reihen Pfähle werden in einem lichten Abstande gleich der Breite des Fangedammes, mit Berücksichtigung der gegen die Pfähle zu stellenden Bohlen, 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 verholmt, vergl. Fig. 40. Um die Pfähle gegen den Erddruck zu schützen, werden die Holme durch übergekämmte Zangen a verbunden, welche man ebenso weit auseinander legt, als die Pfähle in den Reihen voneinander entfernt sind.

Fig. 40.



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 vorteilhaft für ihren künftigen anderweitigen Gebrauch ist (Fig. 41). Häufig werden dabei die Zangen durch eiserne Anker ersetzt (Fig. 42). In einzelnen Fällen werden die Holme ganz fortgelassen und die Pfähle unmittelbar durch doppelte, mit denselben überblattete Zangen gehalten.

Fig. 41.

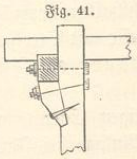
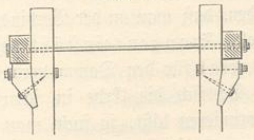
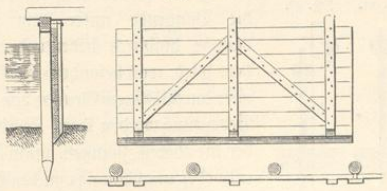


Fig. 42.



Ehe man die Zangen auf den Holmen der Pfahlreihen befestigt, müssen die dichten Holzwände, gegen welche sich die Erde der Fangedämme lehnen soll, angebracht werden. Gewöhnlich bestehen diese aus horizontal hinter die Pfähle gelegten Bohlen, von denen aber die untersten bei etwas bedeutender Wassertiefe schwer in ihrer Lage zu erhalten sind, bevor sie durch die Füllerde festgedrückt werden. Man vereinigt sie daher zu ganzen Tafeln, indem man vertikale, starke Leisten quer über die Bohlen nagelt und die Länge der Tafeln so einrichtet, daß der Stoß zweier derselben immer auf einen Pfahl trifft (Fig. 43). Um diesen Stoß noch mehr zu dichten, rammt man innerhalb noch eine Bohle 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

Fig. 43.



es gut, wenn man innerhalb der äußeren Pfahlreihe und dicht an derselben eine Rinne ausbaggert, so daß die Tafeln in den Grund dringen können.

Die dem Innern der Baugrube zugewendete Bohlenwand hat den Erddruck des Dammes auszuhalten, dem nach dem Trockenlegen der Baugrube kein Wasserdruck entgegenwirkt, so daß hier schon eine steifere Konstruktion nötig wird, wenn auf der Außenseite die erwähnten Tafeln noch genügen. Man kann dann den beabsichtigten Zweck oft dadurch erreichen, daß man die innere Holzwand als eine Stülpwand mit lotrecht eingerammten Pfählen konstruiert. Reicht dies nicht aus, so kann man die Bohlen einer solchen Stülpwand zwischen dem Holme und dem Grunde noch einmal durch horizontale Gurtungen unterstützen, welche man, wenn der Wasserstand es erlaubt, an die innere Seite der Pfähle befestigt, oder bei höherem Wasserstande mittels angenagelter vertikaler Latten an den Pfählen hinabschiebt und festhält, und gegen welche sich dann die Bohlen der Stülpwand lehnen. Diese Riegel 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 schmäler wird als oben. (Fig. 44 und 45.)

Fig. 44.

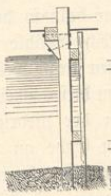
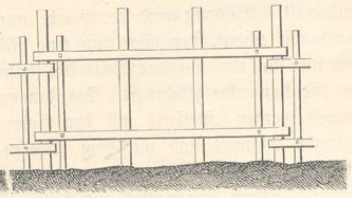


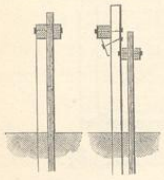
Fig. 45.



Wird der Fangedamm 3,5 bis 4 m hoch, so muß man zur Bekleidung seiner Hinterseite schon eine Spundwand

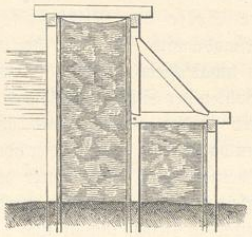
wählen, welche ihrer großen Steifigkeit wegen einen sehr sicheren Schluß gewährt, und bringt man auch an der Vorderwand eine solche Spundwand an, so wird durch das Eindringen beider in den Grund der wichtige Vorteil erreicht, daß der Wasserzudrang in die Baugrube unter dem Fangedamme hindurch bedeutend vermindert wird, was besonders bei kiesigem oder durchlässigem Grunde von großer Bedeutung werden kann. Hierbei werden die oberen Zwingen, wie in Fig. 47, entweder unabhängig von den Holmen angeordnet, oder man benutzt 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.

Fig. 46. Fig. 47.



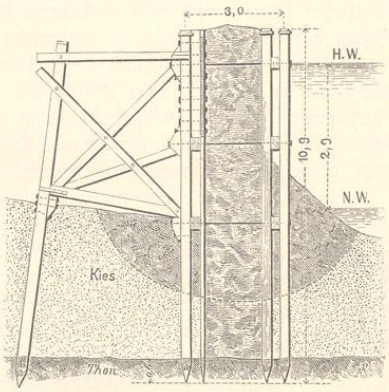
Wird der Fangedamm sehr hoch, so daß er auch eine bedeutende Breite erhalten muß, so reicht die bisher beschriebene Konstruktion nicht mehr aus, und man verfährt dann auf andere Weise. Die Breite wird in zwei oder auch wohl in drei gleiche Teile geteilt, und es werden eben so viel Fangedämme hintereinander von geringerer Breite und abnehmender Höhe im Zusammenhange erbaut, wie beispielsweise Fig. 48 einen solchen zeigt. Zuerst errichtet man nämlich einen gewöhnlichen Fangedamm, jedoch

Fig. 48.



nur halb so breit, als er seiner Höhe nach sein müßte. Ist dieser fertig, so beginnt man mit dem Wasserausschöpfen, 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 anderen 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 Versatzungen befestigt, welche dem Wasserdruck gegen den oberen Teil des äußeren Dammes kräftig entgegenwirken. Ist auch dieser zweite Fangedamm fertig, so wird der Wasserspiegel bis auf die beabsichtigte Tiefe gesenkt.

Fig. 49.



Als ein Beispiel von Verstrebungen an der inneren Seite des Fangedammes geben wir in Fig. 49 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 vorhandene Mauern (ein Fall, der gerade bei Hochbauten ziemlich oft vorkommen dürfte) ist immer schwer wasserdicht herzustellen; gewöhnlich sucht man sich durch Verbreiterung des Dammes an diesen Stellen zu helfen. Auch dadurch kann das Dichthalten vergrößert werden, daß man an der Verbindungsstelle mit Stroh umwickelte Stangen einstößt und Dünger als Füllmaterial für den Damm verwendet.

Da sich die Erde in scharfwinkeligen Ecken schwer komprimieren läßt, so sucht man diese Anlage bei Fangedämmen dadurch zu vermeiden, daß man rechte, jedenfalls aber spitze Winkel durch Abschneiden der Spitze 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 u. s. w. 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 aber immer bedenklich und gewöhnliche Dammerde verdient in solchem

Falle den Vorzug.[1]) Der Sand, welchen man meist als untauglich zum Bau von Fangedämmen zu bezeichnen pflegt, hat alle jene schädlichen Eigenschaften des Thones — 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 *inneren* Seite des Fangedammes sorgen, so daß durch diese die Sandkörner nicht vom Wasser fortgeführt werden können. Ist eine solche Wand vorhanden, so lagert sich der Sand durch den großen Wasserdruck ungemein fest und giebt alsdann einen sehr guten Fangedamm. Zusatz von Kalkbrei ($^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$) zum Sand macht denselben als Füllmaterial besonders geeignet. Das beste, aber auch das teuerste Material zu diesem Zweck 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 ratsam, 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 bezüglichen Versuche niemals auf der der Baugrube zugewendeten Seite vornehmen, weil sie hier vergeblich sein würden, da alle vor den Leck gebrachten Stoffmittel durch den großen Wasserdruck sogleich fortgedrängt und unwirksam gemacht werden würden.[2]) 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 Öffnung 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 Öffnung gezogen wird.

Wenn man den Grund der Undichtigkeit des Dammes in dem Vorhandensein mehrerer feiner Wasseradern vermuten muß, so hilft zuweilen noch folgendes Mittel: Man schüttet nämlich vor dem Damme recht fein verteilten 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 indessen bei einer solchen Arbeit immer zu üben Gelegenheit haben.

Die Gefahr der Entstehung von undichten Stellen ist am meisten da vorhanden, wo Konstruktionsteile *quer durch den Damm* reichen. Für die meisten vorkommenden Zwecke sind dieselben in der Regel zu vermeiden, bei Konstruktionen von großer Höhe wird indessen eine Querverbindung unerläßlich und dann (wie in Fig. 49) meist durch eiserne Anker bewirkt, wobei die Bildung von Wasserkanälen allerdings auch nicht ausgeschlossen ist. Aus diesem Grunde sollte jeder hohe Fangedamm, wie oben erwähnt, in verschiedene Teile 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 komprimieren 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 Öffnung stattfindet, eine Dichtung derselben nicht gelingt.

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 Dichtmateriales 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.

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

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

Von den Fundamenten.

§ 11.

Unter dem Fundamente eines Gebäudes verstehen wir die unterhalb der Erdoberfläche befindlichen Mauern, auf welchen dasselbe ruht, und man nennt diese Mauern speziell 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 Teile, welche noch unter die Kellersohle 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 anstehendem Felsen errichten will, und derselbe gegen die Angriffe der Witterung ebenso beständig ist, als das darauf zu setzende Mauerwerk, dann kann man das Gebäude ohne Fundament aufführen. 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 fundamentieren, daß die untersten Schichten des Mauerwerkes 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 fundamentiert werden müsse, je höher und schwerer es sei, beruht auf einem Vorurteile. 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 Gründungsmethoden, welche man bei Hochbauten anzuwenden pflegt, kennen zu lernen, wollen wir dieselben übersichtlich nach den früher klassifizierten Baugründen besprechen.

Gründung auf gutem, festen Baugrunde.

§ 12.

I. Hat man den Felsboden als Baugrund und sich auch durch sorgfältige Untersuchungen von seiner Güte als Baugrund überzeugt, so wird man die Baugrube nur so tief zu legen 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 aufführen will, geebnet und von den größeren Hervorragungen befreit werden. In manchen Fällen aber kann es auch ratsam 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 weicheren Kalksteinarten zuweilen sind) unter Wasser fundiert 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 die Trockenlegung der Baustelle am ehesten gelingen wird, so daß darüber mit dem Mauerwerk des Fundamentes begonnen werden 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 u. s. w. 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, damit nicht Ungeziefer unter dem Fundament hindurch den Weg in das Innere des Gebäudes findet.

Wenn man auf Kies in bedeutender Tiefe zu fundieren 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 Sohle der Baugrube hervorzuquellen 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 fundieren, so wird man das Gebäude nicht auf die obere Sandschicht setzen können, weil eine gewisse Einsenkung erfolgen würde. Nach Hagen ist die Last, welche eine gegebene Grundfläche in reinem Sandboden tragen kann, dem Quadrat der Tiefe der Einsenkung proportional. Nennt man daher die Einsenkung, d. h. die Entfernung der Unterfläche des Fundamentes von der Oberfläche der Sandschicht e, die zu tragende Last L und eine aus Versuchen zu bestimmende Konstante k, so wird man haben:

$$e^2 k = L,$$

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

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

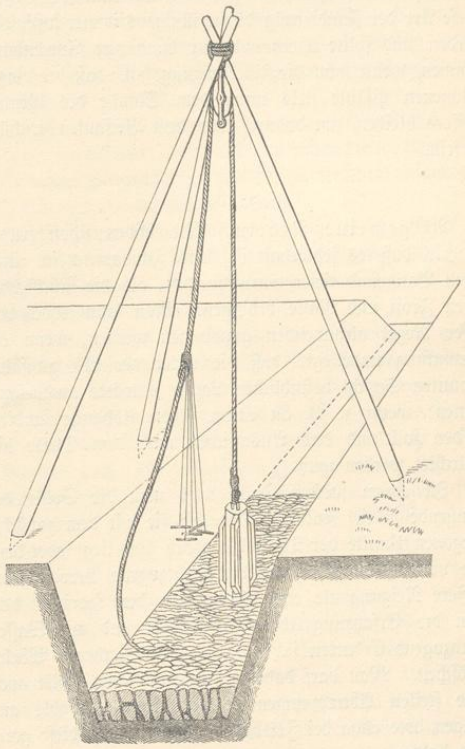
man findet daher die Konstante k, wenn man mit dem Quadrat der Tiefe, bis zu welcher eine Last in Sand einsinkt, diese selbst dividiert.

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 kleinere Trennstücke zerlegt und jede derselben für sich behandelt, ein Verfahren, das man bei schlechtem Baugrunde überhaupt mit Vorteil anwenden kann. Es ist dann für eine möglichst gute Verbindung der pfeilerweise aufgeführten Fundamente zu sorgen, d. h. man wird die einzelnen Pfeiler mit Verzahnung oder Abtreppung und nur so hoch aufmauern, als unumgänglich notwendig ist, damit man noch eine möglichst große, im Zusammenhang aufgeführte Mauermasse über diesen Pfeilern erhält, welche am meisten für die Solidität des Fundamentes garantiert. Um die Entstehung von Quellen zu verhüten, kann man das Fundament auch mit einer Spundwand umgeben, die in reinem Sande am leichtesten ausführbar ist.

Die Eigenschaft des reinen scharfen 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 Fundierungen so vorteilhaft erscheinen, daß man ihn auch da, wo er nicht vorhanden war, zu Fundierungen angewendet hat, indem man denselben als untersten Teil des Fundamentes künstlich in die Baugrube brachte. Der eigentliche Zweck ist in diesem Falle die Verteilung der Last mittels des Sandes auf eine größere Grundfläche, und wir werden daher bei den Fundierungen auf schlechtem Baugrunde auch die Sandschüttungen zu besprechen haben.

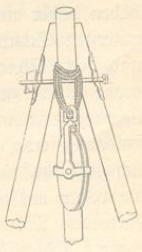
IV. Den Thon haben wir schon früher, jedoch nur in dem Falle als guten Baugrund bezeichnet, wenn er gehörig trocken ist. Sehr schwere Gebäude werden sich in einem solchen Boden nämlich immer, wenn auch unbedeutend, senken. Man kann diesem Übelstande nun begegnen und denselben auf ein Minimum reduzieren, wenn man die Sohle der Baugrube stark komprimiert, bevor man das Mauerwerk darauf setzt. Dies wird am besten erreicht, wenn faustgroße Steine regelmäßig und hochkantig, wie ein Pflaster, dicht nebeneinandergesetzt und mit Handrammen eingetrieben werden. Mit Vorteil bedient man sich hierbei der sogenannten Schwungramme

Fig. 50.



(Fig. 50). Ein einfaches, dreibeiniges, aus gewöhnlichen Stangen verbundenes Gestell (Fig. 51) trägt in seinem Scheitel eine feste Rolle, über welche ein Tau geht, an dem der Rammklotz hängt. Derselbe wird von mehreren Arbeitern, die an dem Taue ziehen, leicht bis auf 1 m Höhe und darüber aufgezogen und dann beim Herunterfallen von zwei Arbeitern 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.

Fig. 51.



Auch durch die Anwendung von Füllpfählen hat man die Sohle einer solchen Baugrube zuweilen kompri-

miert, 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 anderen setzte und in die Sohle eintrieb, bis sich die letzten gar nicht oder doch nur mit großer Mühe eintreiben ließen. Diese Art der Fundierung dürfte übrigens immer kostspielig werden und sollte überhaupt nur dann zur Anwendung kommen, wenn man die Überzeugung 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 Nässe bedingen. Man kann jedoch von dieser Regel abzuweichen gezwungen werden, wenn die Vermutung naheliegt, daß die unter der als tragfähig erkannten Schicht befindlichen Lagen seitwärts ausweichen können; wenn z. B. an einem jähen Abhange fundiert 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 abböschen. 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,[1]) 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 verteilen. Hat man keine großen natürlichen Steine, und ist man gezwungen, mit Backsteinen zu fundamentieren, 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 komprimieren sucht.

Damit die Grundmauern gehörig austrocknen können, dürfen sie nicht sofort nach ihrer Aufführung 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 Aufführen 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 guten und einem schlechten Baugrunde mancherlei Abstufungen giebt, ebenso modifizieren sich auch die Fundierungsarten in den betreffenden Fällen; immer aber bedarf es nicht unbedeutender Vorbereitungen, ehe mit dem Aufmauern der Fundamente begonnen werden kann.

Eine der unerläßlichsten Konstruktionen besteht in der Verbreiterung des Fundamentes. Es ist bekannt, daß man den Fundamentmauern auch auf festem Baugrunde einen breiteren Fuß giebt. Während diese Verbreiterung aber nur die Vergrößerung der Stabilität bezweckt, soll die Verbreiterung des Banketts lediglich die Verteilung des Druckes auf eine größere Grundfläche bewirken, wodurch die Pressung auf die Quadrateinheit des Baugrundes eine geringere wird. Denn jeder Baugrund, auch der schlechteste, wird einem gewissen Drucke Widerstand leisten, der seiner Tragfähigkeit entspricht. Verteilt man jedoch den Druck auf eine größere Fläche, so kann man es erreichen, daß der auf die Flächeneinheit des Baugrundes entfallende Druck auch mit der Tragfähigkeit derselben im Gleichgewichte steht, resp. von letzterer übertroffen wird.

[1]) Vergl. Allgemeine Baukonstruktionslehre, I. Teil.

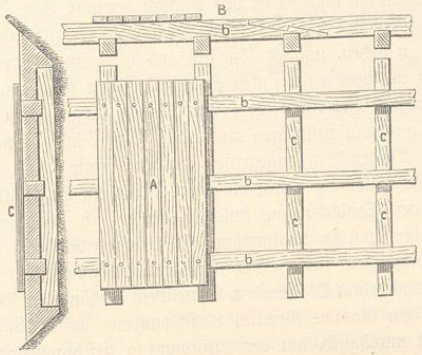
Ein weicher und nachgiebiger Baugrund ist indessen selten von so gleichförmiger Beschaffenheit, daß er an jeder Stelle denselben Widerstand zu leisten vermag, auch wird es oft unmöglich, die Last des Gebäudes auf die Unterfläche des Fundamentes gleichmäßig zu verteilen. Deshalb werden außer der Verbreiterung der Fundamente gewöhnlich noch besondere Zwischenlagen angeordnet, wodurch die Unterfläche derselben in innigeren Zusammenhang gebracht wird, so daß namentlich nicht einzelne Teile des Fundamentes — unabhängig von den anderen — tiefer einsinken können, sondern das ganze Gebäude als Continuum gleichmäßig sinken muß. Infolge dieses Zusammenhanges der tragenden Teile soll weder die absolute, noch die Bruchfestigkeit des Materiales überschritten werden.

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

§ 15.

Gründung auf Schwellrost (liegender Rost). Wir haben die in Deutschland gebräuchliche Konstruktion eines solchen Rostes bereits im II. Teil der „Allgemeinen Baukonstruktionslehre“ (Kap. 5, § 4, mit Taf. 18) kennen gelernt. Es werden hierbei die unmittelbar auf dem geebneten Boden liegenden Querschwellen c c (Fig. 52) an denjenigen Stellen, wo die

Fig. 52.



Langschwellen sie treffen, 5 bis 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, doch soll mehr als ein Stoß 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.

In England werden auf dem geebneten Boden große Steine ausgebreitet und auf diesen ruhen die weniger dicken als breiten überschnittenen Rostbalken, die durch aufgenagelte Bohlen zusammengehalten werden.[1])

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.[2])

Allgemeines. Obwohl die Schwellroste nicht so viel Steifigkeit besitzen, um unter Einfluß großer Belastung vor jeder Biegung gesichert zu sein, so gewähren sie doch — namentlich im Anfange des Baues — große Vorteile, d. h. so lange der Mörtel noch nicht erhärtet ist und die Mauern noch nicht genügenden Zusammenhang haben, um dem Einsinken einzelner Teile 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 des Mauerwerkes vor sich gegangen ist; das Einsinken einzelner Steine der Schicht wird dadurch unter allen Umständen verhindert. — Immer wird man aber gut thun, den Schwellrost nie anders als auf gleichmäßig komprimierbarem Grunde zu verwenden.

Einen großen Vorteil gewährt der Schwellrost durch die vortreffliche Verankerung aller Fundamentteile unter sich mittels der Langschwellen; solche Ankerung ist namentlich überall da von Nutzen, wo Gewölbe tragende Wände auf diese Weise miteinander verbunden werden. Aus diesem Grunde muß auch auf tüchtigen Verband der Stöße großes Gewicht gelegt werden. — Daß die Unterlage der Stöße wohl gesichert werden muß, wurde bereits erwähnt.

Auch bei den gewöhnlichen Rostkonstruktionen, wie solche Fig. 51 zeigt, ist der Raum zwischen den Quer- und Langschwellen nicht hohl zu belassen, sondern — am besten mit Mauerwerk — auszufüllen. Hat man Thon und Lehm zu diesem Zweck, so kann man ihn durch Stampfen komprimieren, Sand und Bauschutt dagegen kann durch

1) Die Tragfähigkeit der Langschwellen wird hierbei erheblich geschwächt.

2) Telford legte bei der Serwenbrücke zu Tewkesburg die 15 cm starken Bohlen diagonal zur Fugenrichtung des Mauerwerkes, die Bohlenlagen waren mit einer Spundwand umschlossen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Rammen im angenäßten Zustande gut komprimiert werden. Sehr gut hat sich auch das Einbringen eines mageren Betons bewährt.

Gegen Unterspülung des Fundamentes und zur Sicherung des Bodens gegen seitliches Ausweichen umschließt man den Schwellrost gern mit einer Spundwand. Das Ausdrängen der Erde unter dem Roste wird dadurch allerdings verhindert, aber der Rost 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 stark strömenden Wasseradern die Möglichkeit einer äußeren Entblößung von Erde nicht ausgeschlossen sein, wodurch die Spundwand eingebogen werden kann. Daraus folgt als Regel:

daß bei quelligem Terrain der Schwellrost überhaupt nicht am Platze ist.

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

Gründung auf Sandschüttung.

§ 16.

Eine weitere Methode der Verbreiterung des Fundamentes 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 nachgiebige Stellen treffende Druck auf festere Umgebungen übertragen wird. In Frankreich hat man von diesem Verfahren schon seit längerer Zeit Gebrauch gemacht. Die Erfahrung scheint es zu bestätigen, daß man mit einer solchen Sandschüttung dieselben Zwecke wie durch einen liegenden Rost erreicht, natürlich ohne die Verankerung, welche mit letzterem erzielt werden kann. Es ergeben sich aber für die Sandschüttung die zwei wichtigen Vorteile, daß eine solche beinahe unter allen Umständen leichter ausführbar und daher wohlfeiler 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 in der angegebenen 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 Böschungslinie verteilt.

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

Eine Sandschüttung bildet immer eine sehr feste Sohle in der Baugrube, welche einzelne Steine des Fundamentes 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 verteilt und durch dieselbe ein ungleiches Einsinken innerhalb gewisser Grenzen sehr sicher vermieden.

Die ersten Versuche mit einer solchen Fundierung wurden im Jahre 1823 in Paris beim Bau des Kanales St. Martin gemacht; es wurde ein Teil der Kaimauern auf einer 1 m hohen Sandschüttung gegründet. In Bayonne stellte man im Jahre 1831 eine Bastion der Befestigung mittels einer Sandschüttung auf sehr weichen Boden. Hier zeigte sich zwar ein ungleiches Setzen, was aber dadurch seine Erklärung fand, daß der Baugrund nicht in gleicher Tiefe lag, so daß die Sandschüttung an der einen Stelle beinahe den festen Grund erreichte, während sie an einer anderen $1^1/_2$ m darüber, und zwar auf einer ebenso mächtigen Schicht weicher und preßbarer Erde lag. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß in diesem Falle der liegende Rost ein ungleiches Setzen ebenso wenig verhütet haben würde, wie die Sandschüttung.

Man hat auch ferner 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 Sandkalkpisébau schließen, daß ein solches Verfahren dort mit Nutzen anzuwenden sein wird, wo man befürchten muß, daß der Sand durch bewegte Wasseradern angegriffen werden könnte.

In Hamburg wurde im Jahre 1839 ein Schlachthaus auf einer Sandschüttung fundiert, welche sich zwar gesenkt hat, aber doch so gleichmäßig, daß keinerlei Nachteile hieraus erwachsen sind. Der Baugrund bestand aus fast unergründlichem Moorboden, in welchem die längsten Pfähle unter dem 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, das die Sandschicht von oben her durchzog und unterhalb Abfluß fand, indem der Wasserstand der nicht weit entfernten Elbe zur Ebbezeit bedeutend niedriger als die Sohle der Baugrube war. 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. Hierauf wurden die Etagenmauern gesetzt.

Auch das Terrain des jetzigen Bahnhofes der Berlin-Hamburger Eisenbahn zu Berlin bildete früher ein Wiesenland, welches unter der Perronhalle auf 8,8 bis 12,5 m Tiefe Moraſt und Torfuntergrund zeigte.[1]) Dieser Wiesenboden 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 nötig, unter denselben durchgängig einen liegenden Rost anzulegen, der offenbar ohne Nachteil 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 keine Spur 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 äußeren Umfassungsmauern.

Ebenso wurden die Hochbauten des Bahnhofes der Breslau-Schweidnitz-Freiburger Eisenbahn in Breslau auf Sandschüttung fundiert.[2]) Die über dem guten Baugrunde lagernde Moorschicht von 1,2 m Höhe wurde durch Baggerung weggeräumt und durch Sandschüttung ersetzt. Unter die Fundamente der Gebäude wurde ein Rundsteinpflaster gelegt, dessen kräftiges Abrammen vermöge der daraus hervorgegangenen Erschütterungen die Konsolidation der Sandschicht vollendete, die drei Wochen hindurch periodisch mit Hilfe einer Dampfpumpe mit Wasser überschüttet worden war.

Bei Ausführung von Sandfundamenten wird also das Erdreich bis zur nötigen Tiefe mit der Dossierung 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 nachteiligen Wirkungen des Frostes abzuhalten, muß das Gebäude mit einem rampenartigen Erdaufwurfe versehen werden. Die Kellerräume werden in diesem Falle im Rez-de-chaussée angelegt.

Gründung auf Pfahlrost.

§ 17.

Wenn man einen festen Baugrund durch Aufgraben nicht erreichen, denselben aber unter einer weichen, nachgebenden Schicht mit Sicherheit vermuten kann, so wendet man den Pfahlrost an, dessen Konstruktion in Kap. V, § 4 des II. Teiles der „Allgemeinen Baukonstruktionslehre“ behandelt ist. Der eigentliche Zweck des Pfahlrostes ist, die Last des Gebäudes mittels 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 Grund 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 Rammklotzes 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 dem niedrigsten Stande des Grundwassers bleibt. Es giebt zwar einige Beispiele, wo diese Regel umgangen ist, indem man voraussetzte, der Boden um den Rost 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 sind deshalb als Ausnahmen zu betrachten.

Zu den Pfählen des Rostes wird gewöhnlich das Holz der Kiefer oder Föhre (pinus sylvestris) verwendet. Zu dem eigentlichen Rostbelag nimmt man gern Eichenholz, wenn es nicht zu teuer kommt, doch ist Nadelholz ebenfalls sehr wohl anwendbar.

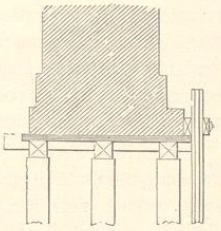
1) Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1856, S. 487.
2) Deutsche Bauzeitung 1875, S. 375.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da jedes Fundament in einer gewissen Richtung Widerstand leisten muß, so kann der Fall vorkommen, daß man die Pfähle eines Rostes nicht vertikal, sondern geneigt einrammen muß, wenn nämlich die Richtung der Resultierenden 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 Resultierenden 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 Resultierende 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 Brücken- und Uferbauten, kommt es dagegen nicht selten vor, daß die Rostpfähle unter einer Neigung gegen die Vertikale eingerammt werden und auch der Rostbelag geneigt angeordnet wird.

Bei der Anwendung des Pfahlrostes 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 Rostes zu bewirken. Da hier ein Einsinken des Rostes durch Kompression des Baugrundes nicht vorausgesetzt werden kann (wie dies bei dem liegenden Roste der Fall ist), so ist eine innige Verbindung der Spundwand mit dem Roste nicht nachteilig, und man hat dadurch den wichtigen Vorteil, daß das Durchdringen vorhandener Wasseradern wirksam verhindert wird. Die Anordnung *mehrerer*, dann meist paralleler Spundwände kommt fast nur bei Wasserbauwerken, namentlich bei Schleusen und Wehren vor. Im Hochbau kommen die Spundwände nur als Umfassungen des Rostes vor, und finden alsdann die passendste Stelle *vor* der äußersten Pfahlreihe, weil sie so den Zweck, den Rost zu schützen, am vollständigsten erfüllen. In vielen Fällen wird es nur vorteilhaft 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 Rostpfähle bereits komprimiert wäre. Bei solcher Stellung der Spundwand kann man dieselbe zuweilen bis 1 m über den Rost hinaufreichen lassen und — indem man einen Thonschlag dahinter bringt — sie zugleich als einen niedrigen Fangedamm für die Baugrube benutzen. Fig. 53 zeigt ein Beispiel solcher Anordnung; es reichen die Zangen und der Belag des Rostes bis dicht an die Spundwand, so daß hierdurch die eingeschlossene Erde, der Thonschlag und auch wohl die in den Rostfeldern angebrachte Ausmauerung bedeckt und geschützt werden. Unsere Figur zeigt zugleich statt des gewöhnlichen Holmes zwei schwächere Zangen, welche mit den (schwachen) Spundpfählen verbolzt sind und von denen das innere auf dem Belage des Rostes liegt.

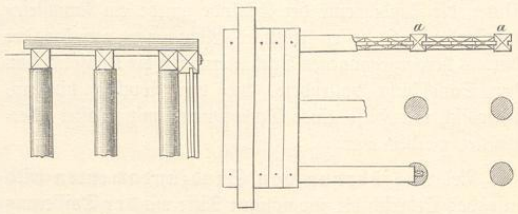
Fig. 53.



Da die Spundwand und der Rost 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 Rost die tiefere Lage erhält. Die Spundwand kann übrigens nach Aufführung der Fundamente bis zur Höhe des niedrigsten Wasserstandes abgeschnitten 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 Langschwelle des Rostes 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 Rostschwellen verkämmt sind, liegen sie auf dem Holme mit einem Blatte stumpf auf, weil man den Holm nicht gern durch die Einschnitte der Kämme schwächt (Fig. 54).

Eine *Abweichung* von der bisher erörterten Konstruktion bildet die bei den Franzosen übliche Anordnung, die Spundwand in die erste Reihe der Rostpfähle zu setzen, wobei die eigentlichen Rostpfähle a (Fig. 55) Spundpfähle

Fig. 54. Fig. 55.



sind und ebenso tief eingerammt werden müssen, als die übrigen Rostpfähle, während die Zwischenräume mit schwächeren Spundpfählen ausgefüllt werden. Diese Anordnung ist *nicht* zu empfehlen, denn die Spundwand soll die Rostpfähle 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 ihrigen, außerordentlich schwierig.

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

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

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

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

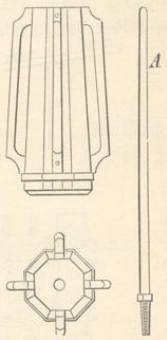
Ausführung der Rammarbeiten.

§ 18.

Nicht nur bei den Fundierungen auf Rost, sondern auch in manchen anderen Fällen wird das Einschlagen von Pfählen bis auf eine bedeutende Tiefe auf den Baustellen nötig. Bekanntlich bedient man sich zu dieser Arbeit der Ramme. Der Hauptteil derselben ist der Rammklotz, Rammbär, eine Eisenmasse oder ein schwerer Holzklotz, welcher stoßweise auf den Pfahl wirkt und ihn dadurch in den Boden treibt. Das Heben des Rammklotzes, um den Stoß ausüben zu können, wird auf verschiedene Weise bewirkt, und hiernach unterscheidet man: Handrammen, Zugrammen, Kunstrammen, Dampframmen und in neuester Zeit auch Pulverrammen.

1) Die einfachste Ramme ist die Handramme, sie besteht nur aus dem Rammklotz, 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 als Handhaben dienen und gewöhnlich so lang sind, als der Klotz, damit die Arbeiter in verschiedenen Höhen angreifen können. Das Gerät besteht ganz aus Holz; die Form ist meistens eine abgerundete, achtseitige Pyramide, die sich ohne großen Holzverlust aus einem runden Stammabschnitte bilden läßt. Fig. 56 zeigt eine solche Handramme im Grundriß und Aufriß. Unten wird der Klotz 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 Klotzes den Ring am weiteren Herabsinken hindern würden, was geschehen muß, wenn der Ring immer fest schließen und den Klotz dadurch am Zerspringen hindern soll. Aus diesem Grunde soll auch recht trockenes Holz verwendet und der Ring so angebracht werden, daß er anfänglich 16 bis 18 cm vom unteren Ende des Klotzes entfernt bleibt. Das zweckmäßigste Material zu einem Rammklotze ist Eichen- oder Rüsternholz.

Fig. 56.

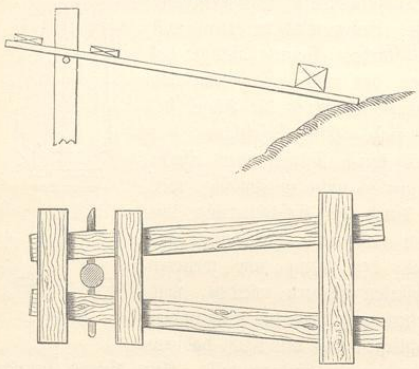


Der Gebrauch der Handramme setzt immer kräftige und eingeübte Arbeiter voraus. Man darf hierbei etwa 12,5 kg Gewicht des Klotzes bei 1 m Hubhöhe auf jeden Arbeiter rechnen, und da sich deren nicht mehr als vier anstellen lassen, so beschränkt sich das ganze Gewicht des Rammklotzes auf etwa 50 kg. So lange der Pfahl noch hoch steht, muß der Klotz sehr hoch gehoben werden, wobei die Arbeiter ängstlich werden. Um diesen Übelstand zu beseitigen und den Effekt der Ramme zu erhöhen, sucht man die Richtung des Klotzes dadurch zu fixieren, daß man auf dem Pfahle eine schmiedeeiserne Stange anbringt, welche den Klotz führt. Fig. 56 zeigt bei A eine solche von 1,5 m Länge und 4 cm Durchmesser. Sie ist am unteren 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 Pfahles 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 Spielraum an der eisernen Stange auf und nieder gleiten kann; an seiner Unterfläche erhält er eine Vertiefung, damit er nicht auf den eckigen Ansatz der Stange auftößt. Da die Arbeiter hierbei ein Herabfallen des Klotzes nicht mehr zu fürchten haben, arbeiten sie dreister und mit mehr Kraft. Die eiserne Stange kann nach dem Einrammen des Pfahles wieder ausgeschraubt und von neuem gebraucht werden.

Um das Einrammen mittels der Handramme noch mehr zu erleichtern, kann man, nach Fig. 57, ein kleines Gerüst

Fig. 57.



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 Pfahles immer in derselben zweckmäßig gewählten Höhe vor sich behalten. Das Gerüst ruht nämlich mit dem vorderen Ende auf einer durch den Pfahl gesteckten, starken, eisernen Stange, so daß es sich bei tieferem Einsenken des Pfahles samt 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 mittels an dem Rammtau befestigter Leinen stoßweise in die Höhe geschnellt 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. 71, 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 anderen (das sogenannte „Verfahren").

Die Ramme besteht aus einem Schwellwerk, auf dem die Ruten und Streben aufstehen. Die Rute a zur Leitung des Rammklotzes nimmt oberhalb die Rammscheibe auf, über welche das Rammtau geht, und wird durch die beiden Seitenstreben bb gehalten; diese drei Hölzer bilden mit der Schwelle c die Vorderwand der Ramme, die durch die Hinterstreben dd in ihrer vertikalen Stellung gehalten wird. Letztere tragen einen einfachen Hornhaspel, der als Winde dient, mit welcher — mittels des Pfahltaues e — die einzurammenden Pfähle aufgerichtet werden. Dieses Pfahltau läuft über zwei feste Rollen, in einem auf der Rute befestigten Holze, dem sogenannten „Triezkopfe" t.

Die Verbindung der genannten Hölzer wird, um sie leicht herstellen und lösen zu können, durch Zapfen und eiserne Überwürfe bewirkt. Eine Ausnahme machen die Streben, welche an ihrem oberen Ende in die Läuferrute mit Versatzung eingelassen und durch einen Bolzen mit Splint befestigt sind. Eine der Streben in der vorderen Wand ist mit Sprossen versehen, um als Leiter zum Aufsteigen 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. Hierauf wird am oberen Teile der Läuferrute ein Tau befestigt und mittels einer Winde oder eines Flaschenzuges angezogen, wobei man durch Anheben dem Aufrichten der Vorderwand zu Hilfe kommt. Bald muß aber der Zug an dem Taue gemäßigt werden, und endlich sucht man durch ein zweites, an dem Kopfe der Ramme angebrachtes Stopftau, an welchem man einige Arbeiter anstellt, ein zu heftiges Aufschlagen der Verschwellung auf den Boden zu verhüten. Beim Niederlegen ist das Verfahren 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", geschieht nicht durch Zerlegen, sondern sie werden nur stehend, mit Hilfe von Hebebäumen auf untergelegten Walzen u. s. w., verschoben, wobei

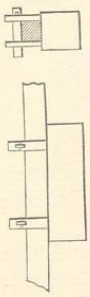
man übrigens große Vorsicht anzuwenden hat, um ein Umschlagen hoher Rammen zu verhüten.

3) Fig. 2, Tafel 71, zeigt eine, nach ganz gleichen Prinzipien konstruierte, Winkelramme. Sie unterscheidet sich von der vorigen nur durch die abweichende Verschwellung und dient zum Einpfählen in Winkeln und Ecken der Baugrube, wo man mit der vorbeschriebenen Ramme etwa nicht zukommen kann. Sie ist 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.

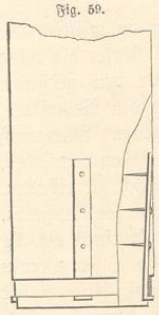
Bei beiden Rammen hat der Rammklotz dieselbe Gestalt und die Einrichtung, welche Fig. 58 zeigt. Er hat vier Arme, welche seitwärts an der Läuferrute vorbeigehen und von denen je zwei hinter derselben durch einen Riegel verbunden sind. Hierbei kann sich der Klotz nicht sicher gegen die ziemlich schmale Fläche der Läuferrute lehnen und schwankt daher etwas, was immer zunimmt, wenn durch den Gebrauch sich die scharfen Kanten der Hölzer abgerundet haben.

Fig. 58.



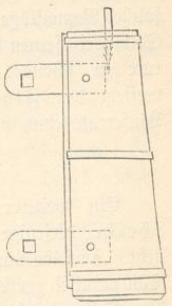
Der Klotz besteht gewöhnlich aus Holz, häufig auch aus Eisen; sein Gewicht schwankt zwischen 300 und 400 kg, je nach dem leichteren oder schwereren Eindringen der Pfähle, und man pflegt als Regel anzunehmen, daß der Klotz wenigstens nicht leichter sein dürfe, als der einzurammende Pfahl. Hölzerne Rammklötze werden gewöhnlich aus Eichenholz angefertigt, und ist dazu gesundes und trockenes Holz auszusuchen, um das Aufreißen, Zersplittern resp. Stumpfschlagen des Rammklotzes zu verhüten. Der heftigen Stöße wegen muß letzterer mit einigen eisernen Ringen beschlagen werden. Meistens gestaltet man den Klotz prismatisch und seinen Querschnitt quadratisch. Ober- und unterhalb erhält er einen etwa 1,5 cm tiefen Einschnitt zum Einlegen der eisernen Ringe. Diese Einschnitte sind nötig, weil an der der Läuferrute zugekehrten Seite Beschlagteile nicht vorstehen dürfen. Jeder Ring wird zwar durch Nägel befestigt, meistens aber noch durch eiserne, hakenförmige Schienen festgehalten, welche man auf den Mitten der Seiten des Rammklotzes einläßt und festnagelt, durch die umgebogenen Ecken wird dann der Ring festgehalten, wie Fig. 59 mit Ansicht und Durchschnitt verdeutlicht.

Fig. 59.

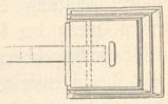


Durch solche Befestigung werden die Ringe zwar vor dem Herabfallen geschützt, nicht aber vor dem Loswerden, wenn das Holz des Klotzes zusammengetrocknet ist. Man thut daher besser, den Klotz pyramidal zu bearbeiten, so daß er sich an drei Seiten nach oben stark verjüngt und nur an der vierten Seite, welche sich an die Läuferrute lehnt, senkrecht zur Grundfläche bleibt. Die Ringe haben nämlich das Bestreben, infolge der starken Stöße an dem Klotze 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, namentlich der untere, wenigstens 1,5 cm dick und 5 cm breit gemacht werden. Sie stehen allerdings auf allen Seiten des Rammklotzes um ihre Stärke vor, und damit sie die Läuferrute nicht beschädigen, wird auf dieser Seite ein glatt gehobeltes eichenes Brett, welches passende Einschnitte für die Ringe hat, an den Klotz genagelt. Alle Nägel u. s. w. fallen nun natürlich fort, und damit der unterste Ring auch wirklich an dem Klotze 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.

Fig. 60.



Der in Fig. 60 gezeichnete Rammklotz zeigt die hier beschriebene Anordnung. Derselbe gehört zu der in Fig. 3 auf Tafel 71 dargestellten Ramme und hat nur zwei Arme, doch läßt er sich auch leicht so umformen, daß er zu den Rammen Fig. 1 und 2 derselben Tafel gebraucht werden kann.



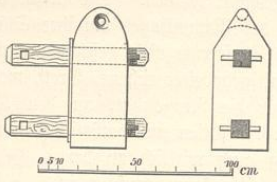
Die Befestigung der Arme am Rammklotz erfordert ebenfalls Aufmerksamkeit. Es ist ratsam, dieselben mit ihrem ganzen Querschnitte in den Klotz einzulassen und durch einen 1,5 cm starken Bolzen, der durch den ganzen Klotz geht, festzuhalten, wie dies Fig. 59 andeutet. Oft sieht man die äußersten Enden der Arme mit eisernen Ringen beschlagen; diese werden bei den heftigen Stößen lose und können das Aufspringen der Arme auch nicht verhindern, sondern fallen herab und können dadurch den Arbeitern, welche unter der Ramme stehen, gefährlich werden. Sind an den hinteren Enden der Arme Riegel nötig, wie in Fig. 58, so müssen 5 bis 7 cm im Quadrat große Löcher in die Arme gestemmt werden; die ebenso starken Riegel haben dann auf einer Seite einen vorstehenden Kopf, so daß sie sich nicht durchziehen können

und erhalten auf der anderen am besten einen gewöhnlichen, eisernen Vorstecknagel.

Zur Befestigung des Rammtaues erhält der Klotz eine Öse aus Schmiedeeisen, welche so in der Oberfläche des Klotzes befestigt wird, daß sie sich in der Schwerlinie des Klotzes befindet, was das Rammen sehr erleichtert. Die aus 3 bis 4 cm starkem Rundeisen geschmiedete Öse muß aber im kalten Zustande eingetrieben werden.

Gußeiserne Rammklötze sind bei Zugrammen verhältnismäßig selten, und da nicht im Gebrauche, wo das Holz mäßig im Preise steht, denn sie zerschlagen die Köpfe der Pfähle leicht, und diese müssen daher bei Anwendung

Fig. 61.



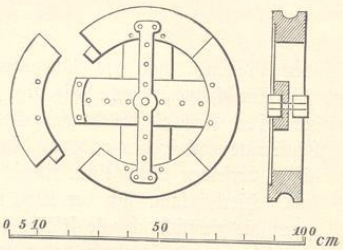
solcher Rammklötze mit eisernen Ringen beschlagen werden. Selbst bei eisernen Rammklötzen macht man, um die Läuferrute zu schonen, die Arme gewöhnlich von Holz und versieht die Fläche des Klotzes, welche sich gegen die Läuferrute lehnt, mit einem „Holzfutter". Vergl. Fig. 61.

§ 21.

Ein weiterer Teil der Ramme ist die Rammscheibe, diejenige feste Rolle, über welche das Rammtau geht. Dieselbe muß so angebracht werden, daß sie das Tau parallel zur Läuferrute führt, d. h. es muß eine aus dem Schwerpunkte des Rammklotzes parallel zur Läuferrute gezogene Linie die Rammscheibe tangieren. Eine solche Führung des Rammtaues wird besonders dann nötig, wenn der Klotz wie beim „Setzen" eines Pfahles recht hoch gehoben werden muß. Ferner soll sich die Scheibe in einer Vertikalebene befinden, welche die Mitte der Läuferrute schneidet, um die Reibung zu verringern. Auch darf die Scheibe keinen zu kleinen Durchmesser bekommen, weil dadurch die Widerstände, welche aus der Steifigkeit des Taues und aus der Zapfenreibung entstehen, so bedeutend vermehrt werden, daß man z. B. bei einem 600 kg schweren Klotze und 4 cm starken Taue die Kraft zum Aufziehen des Klotzes 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 der fünfte Teil der Mannschaft entbehrt werden kann, wenn statt der üblichen Scheiben von 25 cm solche von 1,2 m Durchmesser angewendet werden. Diese Scheiben haben dann aber die verbesserte Konstruktion, daß die Achse sich mit ihren Zapfen in Pfannen dreht, während sonst die Scheibe gewöhnlich um einen, im Rammgerüst befestigten, Bolzen ihre Umdrehung macht.

Die Scheiben bestehen in der Regel aus Weißbuchenholz oder Birkenholz; zu kleinen Scheiben kann das feste Pockholz verwendet werden. Kleine Scheiben werden aus dem vollen Holze gedreht, größere aus Felgen und Armen radartig zusammengesetzt, wie Fig. 62 zeigt. Die Arme

Fig. 62.



sind überblattet und in die Felgen verzapft; zwei eiserne, in das Holz eingelassene Schienen bilden die Buchsen, mit denen die Scheibe den Bolzen, der ihr als Drehachse dient, umfaßt.

Die Scheibe findet ihre Befestigung in einem Schlitze der Läuferrute, und als Drehachse wirkt ein durch die Läuferrute gesteckter Splindbolzen (siehe Fig. 3, Tafel 71).

Die „Rille" für das Tau ist in der Scheibe gewöhnlich nur flach eingeschnitten, und damit das Tau nicht herausspringen kann, versieht man die Läuferrute an beiden Seiten mit breiten Backenstücken, welche dies verhindern.

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

Das Rammtau ist der Abnutzung am meisten ausgesetzt, und aus diesem Grunde wird es stärker als nötig 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 bis 3,5 cm für einen 600 kg schweren Rammklotz. Wird das Tau in einer eisernen Öse an dem Rammklotze befestigt, so muß diese vorher einige Zoll dick mit Hanf bewickelt werden, damit das Tau eine weiche Unterlage bekommt, auch nicht zu scharf gebogen zu werden braucht.

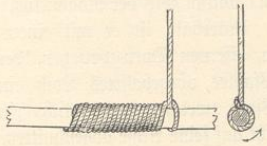
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Am anderen Ende des Rammtaues werden die Zugleinen, an denen die Arbeiter ziehen, angesteckt; deren müssen so viele sein als Arbeiter. Die Leinen sind etwa nur 1,5 cm stark, sollen aber ausreichend lang sein, damit sie weit oben an dem Rammtau angesteckt werden können und keinen zu schrägen Zug veranlassen, wodurch ein großer Teil der Zugwirkung verloren ginge. Am besten ist es, die Leinen alle an einem gemeinschaftlichen Taue a (Fig. 63),

Fig. 63.



Fig. 64.



dem sogenannten Kranztaue, einzuschlingen und dieses auf die in der Figur angegebene Art an dem Rammtaue zu befestigen („anzustecken").

Es kommt darauf an, daß die Enden der Zugleinen, an welchen die Arbeiter mittels Knebeln angreifen, immer in der richtigen Höhe sich befinden, und zwar vor den Augen der Arbeiter, wenn der Rammklotz auf dem Pfahle auffitzt. Da die Zugleinen aber mit dem tieferen Eindringen des Pfahles sich in Beziehung auf den Standpunkt der Arbeiter verkürzen, so können dieselben auch nur immer für eine kurze Zeit die richtige Länge behalten, und man muß daher im stande sein, die Länge leicht zu verändern, was am einfachsten erreicht wird, wenn man nach Fig. 64 die Leine mehrere Male um den, etwa 4 cm starken und 40 cm langen, hölzernen Knebel umschlingt und die letzte Windung verkehrt aufsteckt; dreht man nun den Knebel nach der Richtung des Pfeiles, so verlängert sich die Zugleine von selbst.

§ 22.

Die vorbeschriebenen Rammgerüste sind in Deutschland zwar sehr gebräuchlich, aber, wie schon erwähnt, auch beschwerlich. Um den Gegenstand jedoch nicht über Gebühr auszudehnen, wird es genügen, noch eine Ramme zu beschreiben, die sich durch ihre Einfachheit auszeichnet und zugleich den Vorteil gewährt, daß sich mit derselben Pfähle auch in schräger Richtung einschlagen lassen und sie als Kunstramme gebraucht werden kann. Hagen, dessen Werke wir hier folgen, nennt diese (in Fig. 3, Taf. 71, dargestellte) Ramme die Stützenramme und bemerkt, daß sie hauptsächlich in den Ostseehäfen im Gebrauche sei. Sie besteht außer der verschwellten Vorderwand nur aus der Stütze A, gegen welche erstere sich lehnt. Zwei Taue, die am oberen Ende der Rute befestigt und unten um eingeschlagene Pfähle geschlungen sind, sichern den Stand der Ramme noch mehr, sollen aber nur nötig sein, wenn die Ramme eine nahezu senkrechte Stellung bekommt. Eine Windevorrichtung ist nicht vorhanden, und statt des sonst üblichen Trietzkopfes 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 schnell zusammensetzen, leicht auf unebenem Boden aufstellen und ebenso leicht „verfahren"; zu letzterer Arbeit sind, selbst wenn die Ramme gegen 11 bis 12 m hoch ist, nur sechs bis acht 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 Läuferrute auf ihr aufstehen, auf dem Boden, um beim Verfahren der Ramme die Schwelle unten mit Brechstangen fassen zu können.

Diese Ramme gehört zu den sogenannten Scherenrammen, indem die Läuferrute einen Schlitz hat, durch welchen die beiden Arme des Rammklotzes hindurchgreifen und durch einen Riegel gehalten werden. Diesen Schlitz kann man dadurch bilden, daß man aus der stärkeren Läuferrute eine 4 bis 5 cm starke Diele herausschneidet; doch bleibt es immer vorzuziehen, die Rute aus zwei Hölzern zusammenzusetzen. Man kann diese Ramme auch so aufstellen, daß der einzuschlagende Pfahl sich hinter der Schwelle befindet, wozu man den Klotz nur von der anderen Seite mit seinen Armen durch die Läuferrute zu stecken braucht.

Mit der an der Ramme Fig. 1, Taf. 71, angebrachten Winde kann man zwar das Setzen der Pfähle sehr sicher vornehmen, doch geht diese Arbeit, weil an der Winde nur wenige Mann Platz haben, langsam, und da es an Arbeitern selten 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 Rammklotzes bestimmt, und man rechnet dabei 14 bis höchstens 15 kg auf den Mann. Im Durchschnitt wird man dann auf eine Hubhöhe von 1,4 bis 1,5 m rechnen können.

Hat man eine große Anzahl Pfähle, namentlich Grundpfähle, d. h. solche, die ganz im Grunde stecken, einzu-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

schlagen, so bedient man sich mit Vorteil zweier verschiedener 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 Rammstube, und diese muß so groß sein, daß sie für jeden Arbeiter 0,4 bis 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 Haufens 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 hintereinander gemacht, was man eine „Hitze" nennt, und dann tritt eine Pause von zwei bis drei Minuten ein. Ein zuverlässiger Arbeiter, der bei den übrigen Autorität genießt, leitet die Arbeit durch seinen Zuruf, er führt keine Zugleine, sondern das untere Ende des Rammtaues. Dieses nennen die Arbeiter an manchen Orten das Schwanztau, und daher führt jener Arbeiter den Namen Schwanzmeister.

Fig. 65.



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 Pfahles, indem er denselben fortwährend beobachtet und durch Anbinden mit Stricken oder Abspreizen an der Läuferrute oder anderen durch die Lokalität 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 Windetau, welches von dem Trietzkopfe herabhängt, oder an ein Tau, welches an dem unteren Blocke des Flaschenzuges befestigt ist, „angeflohrt", d. h. so befestigt, wie es Fig. 65 zeigt, und in die Höhe gezogen, bis er frei vor der Läuferrute schwebt. Alsdann wird er in die Lage gebracht, in welche er eingerammt werden soll, und man kommt hierbei leichter und sicherer zum Ziel, wenn man den Pfahl langsam herabläßt, aber durch Drehen im Grunde zu befestigen sucht, als wenn man denselben von einiger Höhe herabfallen („einschießen") läßt, wobei er leicht die Richtung verliert und aufs neue gehoben werden muß.

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 Scherenramme, so muß man sich eines sogenannten Aufsetzers bedienen. Ein solcher besteht aus einem eichenen Klotze, welcher oberhalb mit einem oder zwei Armen, ähnlich wie der Rammklotz, sich an die Läuferrute lehnt. Unterhalb ist er mit einem etwa 15 cm langen, starken, eisernen Dorn versehen, der in ein in den Kopf des Pfahles 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 Aufsetzers genau in der Achse des Pfahles eingebohrt wird. Ohne Not darf man einen solchen Aufsetzer nicht anwenden, denn es wird durch dieselben die Wirkung des Rammklotzes bedeutend geschwächt (nach angestellten Versuchen um ein Drittel).

§ 24.

Bei weitem vorteilhafter als die vorbeschriebene Zugramme ist die „Kunstramme", die sich von der ersteren im wesentlichen dadurch unterscheidet, daß der Bär nicht direkt durch Menschenkraft, sondern mit Hilfe 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 zwei bis drei Minuten eintreten muß; auch ist der Fleiß einer größeren Anzahl dicht gedrängt stehender Arbeiter schwer zu kontrollieren. Rechnet man auf eine Hitze mit Einschluß der Erholungspausen vier Minuten Zeit, so giebt dies pro Stunde 15 Hitzen und in einem Tage von 10 Arbeitsstunden 150 Hitzen. Rechnet man ferner vom Gewicht des Rammklotzes 15 kg pro Mann bei 1,5 m Hubhöhe und 20 Hübe in einer Hitze, so findet man das mechanische Moment eines Arbeiters während eines Tages $= 150 . 15 . 1{,}5 . 20 = 67500$ Meterkilogramm.

Während hiernach bei einem 600 kg schweren Bär 40 Arbeiter an der Zugramme nötig sind, genügen zum Aufwinden eines Bärs von gleichem Gewicht an der Kunstramme vier 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 beim Bau der steuerfreien Nieder-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

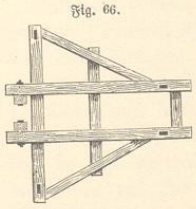
lage in Harburg angestellt wurde, ergab: daß eine Zugramme zwar zweimal so schnell arbeitet als die Kunstramme, daß sie aber viermal so teuer ist, als jene, und neunmal soviel Arbeiter erfordert.

Dies Ergebnis fand annähernd auch bei den direkten, von Vauvillier 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 vorteilhaft für das Eindringen der Pfähle ist, zeigt sich der Vorteil 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 Gerüstes 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. 66 stellt den Grundriß einer in England sehr gebräuchlichen Kunstramme dar, die Fig. 67 und 68 zeigen dieselbe in Vorder- und Seitenansicht. — Die Schwellen, die mit Bolzen an ihnen befestigten Läuferruten und die beiden eingezapften Hinterstreben bilden ein festes Trapez, auf dem die Rammscheibe Auflager findet. Auf diesen Schwellen kann nun auch die Winde sicher mit Bolzen befestigt werden.

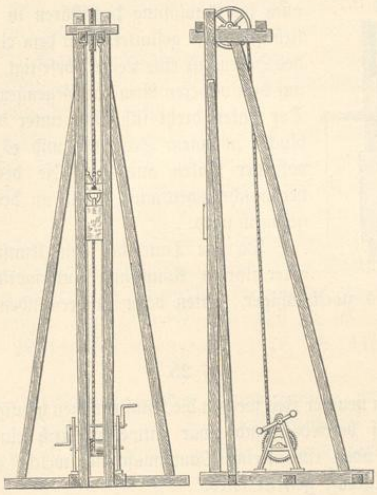
Fig. 66.



Der Rammbär der Kunstramme wird stets aus Eisen hergestellt und erhält ein Gewicht bis zu 600 kg; darüber hinaus geht man nicht gern, wenn der Bär noch durch vier Mann mit einer gut konstruierten Winde gehoben werden soll. Die Fallhöhe des Bären beträgt 6 bis 8 m bei einer Höhe des Rammgerüstes von 8 bis 10 m. Bei der hier dargestellten Kunstramme bewegt sich der Bär zwischen den Läuferruten, wobei die letzteren unter das Schwellgerüst hinabreichen können, wenn der Pfahlkopf tiefer als diese eingestoßen werden soll. Der gußeiserne Bär ist mit ausgehobelten Nuten versehen, in welche glatt bearbeitete quadratische Eisenschienen, welche an der Innenseite der Ruten befestigt sind, eingreifen. An diesen Schienen findet der Bär eine sichere Führung.

Der wichtigste Teil des Apparates ist der am Rammtau befestigte Haken, welcher den Rammklotz 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. 67 und 68

Fig. 67. Fig. 68.



dargestellte Ramme ist zu diesem Zwecke ein zangenförmiger Doppelhaken angebracht. Diese Zange (Fig. 69) trägt an ihren oberen Armen gußeiserne, mit Nuten versehene Rollen und hat ihren Drehpunkt in einem Gußstück, dem sogenannten 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 Öse des Bären zurückweichen und dadurch das Eingreifen der Haken in die Öse gestatten; die inneren Flächen sind Kreisbögen, deren Mittelpunkt in der Drehachse der Haken liegt, damit die Öse des Bären leicht wieder herausgleiten kann, wenn die Zange geöffnet wird.

Fig. 69.



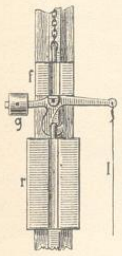
Befindet sich nun der Bär unten, der Fallblock mit Zange oben und wird das Vorgelege ausgerückt, so fällt der Fallblock hinab, während das Gewicht der Rollen die Zange schließt; sie stößt aber im Fallen auf die Öse des Bären, öffnet sich dabei, nimmt die Öse auf und schließt sich sofort wieder durch das Gewicht der Rollen. Hierauf wird das Vorgelege der Winde wieder eingerückt und der Bär emporgezogen, wobei sich die Rollen an den Führungsschienen der Ruten 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

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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. 70 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 den Fallblock k in einem Scharnier und es ist klar, daß der Haken aus der Öse des Bären herausschnappen muß, sobald an der Leine l gezogen wird.

Fig. 70.



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

§ 25.

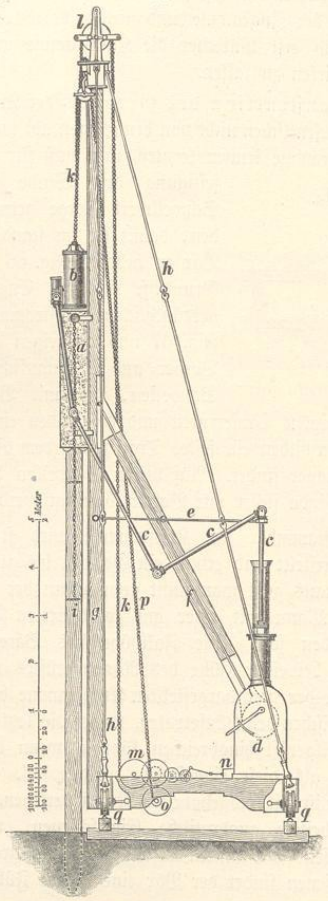
In neuerer Zeit werden die Kunstrammen häufig mittels Dampf betrieben, und zwar entweder durch eine Lokomobile oder eine kleine Dampfmaschine, welche auf das Schwellgerüst gestellt wird.

Da aber die Anschaffung der Nasmyth'schen Dampframme ein sehr bedeutendes Kapital erfordert, so wird sich für Fälle, wo die Ausgabe von 25000 Mark nicht lohnend ist, auch die Verwendung einer Ramme mit Pferdebetrieb empfohlen. Eine solche Einrichtung ist von dem Ingenieur Laferrère benutzt und im „Portefeuille économique des machines“ 1875, S. 66, mitgeteilt worden. Als Göpelwelle wurde die Achse eines Erdtransportwagens benützt; sie wird von einem Halslager umfaßt. Der Göpelbaum, an dessen Enden je ein Pferd wirkt, ist an den Speichen des Rades festgeschraubt und im ganzen 7,0 m lang. Abbildung und Beschreibung findet der Leser auch in Klasen, Handbuch der Fundierungen, S. 81.

Eine eigentümliche Ramme ist in Holland angewendet worden, die von Booy & Co. in Luik ausgeführte „Wippramme“. Die Kunstrammen haben nämlich den Übelstand, daß die Pausen zwischen den einzelnen Schlägen zu lang sind, wodurch die Schlagwirkung des Bären — namentlich im Triebstande — abgeschwächt wird, indem das umgebende Erdreich Zeit gewinnt, umso fester an den Pfahl zu adhärieren, je längere Zeit zwischen den einzelnen Pausen vergeht. Mittels der Wippramme soll ein Pfahl mit halb so viel Schlägen auf dieselbe Tiefe wie mit der Zugramme eingeschlagen werden können und die Kostenersparnis 34 Proz. betragen. In diesem Falle dürfte die Wippramme gute Dienste leisten. Dieselbe ist zur Darstellung gebracht im Jahrg. 1869 der Deutschen Bauzeitung S. 631.

Die Dampfkraft wurde zuerst im Jahre 1844 zum Heben des Bären in Anwendung gebracht, dieselbe ist von Nasmyth erfunden und arbeitet mit kleiner Hubhöhe, aber schnell auf einander folgenden Schlägen; denn es ist zuweilen vorteilhaft, einen Rammbär von größerem Gewicht auf geringere Höhe zu heben, dafür aber die Anzahl der Schläge zu vergrößern. Diese Erfahrung ist namentlich im Moorboden Hollands gemacht worden. Wenn hier die Schläge der Rammen schnell auf einander folgten, blieb der Boden in Schwingungen und der Pfahl konnte sich mit der umgebenden Erde nicht fest verbinden, was nach Verlauf einiger Stunden zu geschehen pflegt.

Fig. 71.



In Fig. 71 ist eine beim Grundbau der Weichselbrücke in Dirschau angewendete Nasmyth'sche Dampframme in

der Seitenansicht dargestellt. Auf der hinteren Seite des 4,50 m langen und 4,0 m breiten Schwellenwerkes der Ramme, welche mittels Rädern auf einem Schienengleis verschiebbar ist, steht der Dampfkessel d, während in der Mitte der vorderen Seite die 14,0 m hohe Läuferrute aufgestellt ist. Im Rammgehäuse a befindet sich der Bär, b ist der Dampfcylinder, c die Dampfleitung, e eine Stange zur Befestigung des Dampfrohres, f eine Strebe zum Absteifen der Läuferrute gegen den Dampfkessel. Der Kopf der Läuferrute ist mittels vier eiserner Zugstangen h mit dem Schwellwerk der Ramme verbunden. Der einzurammende Pfahl ist mit i bezeichnet und k ist die Kette, woran die Rammvorrichtung hängt. Dieselbe ist über die Rolle l im Triezkopf nach der Trommel m geführt, die durch eine kleine Dampfmaschine n getrieben wird.

Zum Aufziehen der einzurammenden Pfähle dient die Trommel o und die Kette p, die Umdrehung der Trommel o wird durch die Dampfmaschine n besorgt, welche auch den Dampfkessel mit Speisewasser versieht und die Ramme mittels der Laufräder q auf dem Schienengleise verschiebt.

Um die Ramme in Thätigkeit zu setzen, zieht man an der schwachen Kette, die von der Steuerungsstange nach dem Fußboden des Rammgerüstes hinabgeführt ist; dadurch wird eine Sperrklinke ausgelöst, so daß nunmehr der Dampf aus dem Kessel durch die 7 cm weite Rohrleitung in den Schieberkasten des Dampfcylinders und in den oberhalb befindlichen Cylinder strömt und dieser den mit ihm verbundenen Schieber heben kann. Jetzt hebt auch der Dampf den Kolben und den mit ihm verbundenen Rammbär; letzterer erfaßt, ehe er seinen Lauf beendet, den Winkelhebel c, der den Dampfschieber in seinen tiefsten Stand zurückzieht, wobei der Dampfzufluß gehemmt wird und der Dampf durch Kanäle ins Freie gelangt.

Bei der hier getroffenen Einrichtung hat die Maschine keine bestimmte Hubhöhe, was sehr wichtig ist; die größte Hubhöhe ist 89 cm, der Dampfzufluß wird schon bei 63 cm abgesperrt und das Entweichen des Dampfes findet bei 65 cm Hub statt.

Darstellung und Beschreibung der Dampframme sind zuerst publiziert in Försters Bauzeitung, Jahrg. 1850. Das Gewicht des Rammbären, der Kolbenstange und des Kolbens beträgt 1400 kg, das des Dampfcylinders und des Rammgehäuses etwa 2000 kg. Die Ramme macht in der Minute 60 bis 70 Schläge und wurden die Pfähle in den sandigen, mit Lehm vermischten Boden 5 bis 6 m tief eingeschlagen. Das Einschlagen eines Pfahles war mit etwa 600 Schlägen, d. h. in durchschnittlich 10 Minuten beendet.

Die erste Anwendung der Dampframme geschah bei den Hafenbauten in Devonport im Jahre 1845; 18 bis 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 die starken Erschütterungen Beschädigungen der Maschine hervorrufen, wodurch im günstigsten Falle mindestens ein Viertel der Zeit mit den Reparaturen der Maschine verloren geht.

Kunstrammen mit indirekt wirkender Dampfkraft, bei welchen der Bär durch eine kontinuierlich bewegte Kette ohne Ende erfaßt und gehoben wird, um am Ende des Hubes abzufallen, sind von R. Scott und von Sissons und White konstruiert und beim Umbau der Westminsterbrücke mit Erfolg angewendet worden. Eine Dampframme nach dem System Sissons-White mit einigen neueren Verbesserungen vom Ingenieur Reden ist im „Praktischen Maschineningenieur“ 1873, S. 115, dargestellt.

In Deutschland werden Dampframmen nach verschiedenen Systemen von der Maschinenfabrik Menck & Hambrock in Ottensen ausgeführt, und zwar nach Tafel 72, Fig. 1. Dampframmen mit rücklaufender Kette, deren Gerüst auf Walzen steht, so daß es sich gut fortbewegen läßt und für enge Baugruben eignet. Das Gerüst ist ganz aus Eisen hergestellt und die Läuferrute besteht aus 2 eisernen Flachschienen, welche mit einem kiefernen Balken verbolzt sind, so daß dadurch eine sichere Führung für den Bär entsteht. Die beiden Flachschienen sind durch ausgehobelte schmiedeeiserne Querstöcke derartig verbunden, daß sie ihre gegenseitige Lage nicht verändern können, wodurch die Wirkung der seitlichen Prellschläge des Rammbärs auf den Holzbalken aufgehoben wird. Zur weiteren Sicherung gegen das Aufspalten des Balkens ist derselbe noch in der üblichen Weise durch eiserne Schrauben und Klammern gebunden.

Für hölzerne Handzugrammen bewährt sich ebenfalls das System der rücklaufenden Kette am besten. Rammgerüst und Läuferruten bestehen aus Holz. An Stelle der Dampfwinde tritt eine Handwinde, wie solches Fig. 4, Tafel 72 veranschaulicht.

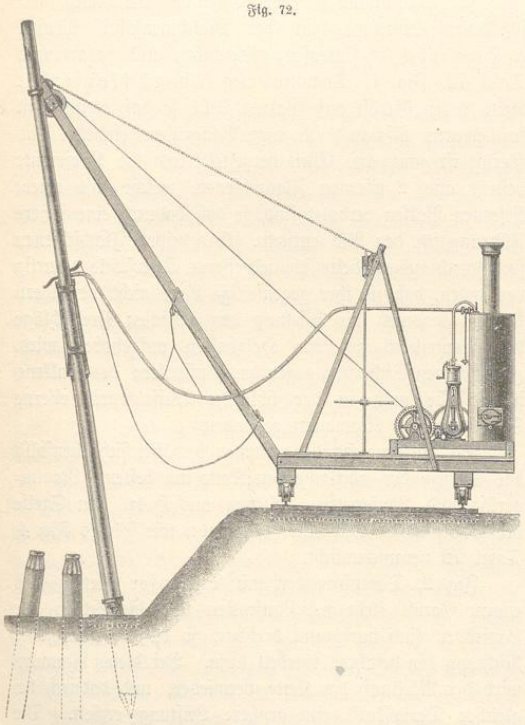
Fig. 2, Dampframmen mit endloser Kette; das eiserne Gerüst steht auf Laufrollen und die Achsen der Laufräder sind horizontal drehbar, so daß es nach jeder Richtung hin befahren werden kann. Bei diesen Rammen wird der Rücklauf der Kette vermieden, und dadurch bei gleicher Dampfkraft eine größere Leistung erzielt. Die Maschinenleistung derselben ist gleich gut bei kleinen und großen Fallhöhen, man kann also bei weichem wie bei hartem Boden mit gleichbleibender Leistung leichte und

schwere Schläge abgeben. Die Läuferruten stehen auf dem Fußrahmen, weshalb die Pfähle nicht ganz eingeschlagen werden können, sondern circa $^1/_2$ m über dem Erdboden stehen bleiben. Die Läuferruten sind wiederum aus Eisen und Holz zusammengesetzt.

Fig. 3, Dampframmen mit direkt wirkendem Bär. Hier wird der Bär nicht durch ein Windewerk und Kette gehoben, sondern der Dampf hebt direkt den Bär und durch das Abstellen des Dampfes wird er auch zum Fallen gebracht. Derselbe ist nämlich als Dampfcylinder mit einer nach oben durchgehenden hohlen Kolbenstange konstruiert, durch welche der Dampf in den Bär gelangt. Die Maschine ruht hiernach auf dem Pfahlkopf und sinkt mit dem Pfahl in dem Maße, wie dieser in den Boden sinkt.

Diese Rammen mit dem direkt wirkenden Bär geben die besten Leistungen von dem genannten System, aber jede solche Ramme hat wegen ihrer beschränkten Fallhöhe nur eine begrenzte Schlagkraft; die Zahl der Schläge in der Minute schwankt zwischen 40 und 30.

Fig. 72.



Menck & Hambrock bauen auch Dampframmen nach dem System Lacour. Der Rammbär ist hier — wie der vorbeschriebene — als Dampfcylinder konstruiert, die Kolbenstange geht aber nicht nach oben, sondern nach unten aus dem Bären heraus, wo sie mit ihrem Ende auf den Pfahlkopf stößt und dadurch den Stützpunkt für den Bären abgiebt. Auf dem Bären befindet sich der Dreiwegehahn für den Dampf-Ein- und Austritt, welcher durch einen Gummischlauch mit dem Kessel verbunden ist. Da der Schlauch die Schläge des Bären mitmachen muß, so findet infolge der Wirkung des heißen Dampfes auf den Schlauch starker Verschleiß desselben statt. Ein Übelstand des Lacour'schen Bären ist auch das Austreten heißen Kondensationswassers aus dem Bären, wodurch der darunter stehende Pfahlkopf aufgeweicht wird und häufig abgeschnitten werden muß.

Fig. 73.

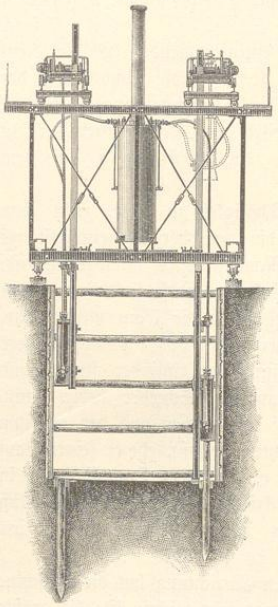


Fig. 74.

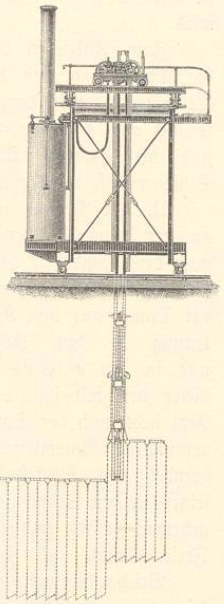


Fig. 72 veranschaulicht ein von Menck & Hambrock dargestelltes Rammgerüst mit direkt wirkendem Bär. Die Läuferruten hängen hier an einem fahrbaren Krahn, der zugleich die Dampfwinde trägt. Die Ausladung des Krahnes läßt sich verändern und nach jeder Richtung schräg stellen, was dann von Vorteil ist, wenn die Ramme nicht neben oder über den einzuschlagenden Pfählen gestellt werden kann. Für die Fundierung langer Futtermauern stellt man die Ramme auf einen Unterwagen und dieser läuft auf einem Gleise in der Richtung der Mauer.

Zum Einschlagen paralleler Spundwände oder Bohlenwände für Kanalisationsarbeiten in wasserführendem Boden sind auch die in Vorder- und Seitenansicht dargestellten

Doppeldampframmen von Menck & Hambrock (Fig. 73 und 74) zu empfehlen. Die Rammgerüste überspannen die Baugrube und laufen auf Schienen, welche über die Baugrube gelegt werden, nachdem die Erdwände abgesteift sind. Die Läuferruten können bis auf den Boden der Baugrube hinabgelassen, aber auch so hoch gehoben werden, daß ihre Unterkante mit Terrainhöhe abschneidet und man mit der Ramme über die Absteifungen der Baugrube hinwegfahren kann. Das Gewicht des Bären beträgt 600 kg und die Dampfzuführung erfolgt durch Schläuche.

Auch die von dem Amerikaner Mr. Shaw erfundene Pulverramme hat sich in vielen Fällen vorteilhaft 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 Explodieren. Detaillierte Zeichnungen der von der „American Dredging Company“ für die Ausstellung in Philadelphia erbauten Pulverramme findet man in „Engineering“ 1876, S. 408.

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 Kuhn[1]) berichtet. Zur Bedienung waren sechs bis acht Mann und ein Vorarbeiter zum Dirigieren der Bremse erforderlich, ein zweiter besorgte das Einwerfen der Patronen in den Mörser. Die Ramme wurde auf einem Schiffe postiert, 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 bis 30 Minuten Zeit), dürfte sich doch die Pulverramme weniger als die Dampfkunstramme für Fundierungen[2]) 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 Mk.

1) Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1875, S. 443.

2) Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieurvereins 1868, S. 27.

Übrigens dürfen in der Nähe vorhandener Gebäude Dampfkunstrammen 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 Rammen. Kosten des Rammens.

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

Die tägliche Leistung an der Kurbel der Kunstramme beträgt dagegen 150000 bis 180000 mkg, von denen 75 bis 80 Proz. als Nutzwirkung auf den Rammbären übertragen werden, also überhaupt 110000 bis 140000 mkg.

Bei den durch Dampfkraft betriebenen Kunstrammen ist der Effekt meist nicht so günstig wegen der entstehenden großen Reibungswiderstände; aber die geringeren Kosten der Dampfkraft machen ihre Anwendung doch vorteilhaft für alle umfangreicheren Arbeiten, weil sich hier die konstanten Kosten für Maschine und Zubehör verteilen. 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 Kunstrammen rechnet man die Anschaffungskosten pro Stück zu 8 bis 900 Mark, bei Zugrammen 5 bis 700 Mark. Das Anlagekapital und dessen Verzinsung ist also gering.

b) Über die Anschaffungskosten verschiedener Arten von Dampframmen und deren Leistung bei den Hellingsbauten für den Kriegshafen in der Kieler Bucht verweisen wir auf die Tabelle von Franzius in der Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieurvereins 1876, S. 69. Es betrugen die Anschaffungskosten:

1) der Nasmyth'schen Ramme . . . 25000 Mk.
2) „ Schwartzkopf'schen Dampfzugramme . . . . . 14000 „
3) „ Dampframme von Sissons und White (mit Kette ohne Ende) 6000 „
4) „ Dampfkunstramme Nr. 1 . . . 4000 „
5) „ Dampfkunstramme Nr. 2 . . . 3000 „

Die Reparaturen bei den Zugrammen beruhen hauptsächlich auf dem schnellen Verbrauch der Taue und Zugleinen. Nach Köpke[1]) stellten sich die Kosten des

1) Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieurvereins 1860, S. 292.

Tauwerkes beim Bau der steuerfreien Niederlage in Harburg pro Meter Rammtiefe auf 12 Pf.

Bei den Kunstrammen 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 betrugen bei dem eben genannten Bau pro Meter Rammtiefe fast 20 Pfennig.

Als Anhaltspunkt für die Vergleichung sei endlich bemerkt, daß bei einem und demselben Bau[1]) die Arbeitsleistung pro Meter eingerammten Rostpfahl

für die Handzugramme . . . . . 7,00 Mk.
„ „ Kunstramme 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 und 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 Kunstramme mit Menschenbetrieb. Die Dampframme arbeitet schnell und vorteilhaft, wenn der Umfang der Arbeiten groß genug ist, um die Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitales zu rechtfertigen.

§ 27.

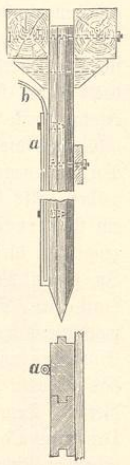
Verfahren zum Einspülen von Pfählen und Spundwänden mittels Druckwasser.

Wir haben im § 3 gelegentlich der Besprechung neuerer Bohrmethoden erwähnt, daß die Anwendung des Ventilbohrers im Schwemmsand mit Schwierigkeiten verbunden ist, da dieser seine Dienste hierbei versagt. Es wurde hervorgehoben, daß zur Vermeidung dieser Übelstände ein ursprünglich von Fouvelle für Felsbohrungen angewendetes Verfahren, nämlich die „Einspülung mittels Druckwasser," zur Verwendung gelange.

Außer älteren Versuchen, die in England und Amerika in den Jahren 1853 und 1862 stattfanden, von welchen letzteren der Jahrgang 1874, Seite 62, berichtet, nehmen wir Bezug auf die Mitteilungen der Deutschen Bauzeitung, Jahrg. 1873, S. 92, aus welchen hervorgeht, daß im Niederhafen zu Hamburg bei ziemlich erheblicher Wassertiefe (2,50 bis 6,50 m) Pfähle in ähnlicher Weise in Sandboden eingespült wurden und gute Resultate ergaben.

Beim Bau der Posen-Belgarder Eisenbahn wurden ebenfalls Spundwände ohne Rammen mittels Druckwasser in den Sand eingetrieben. Die anstehende Torfschicht war 2,7 m stark und lagerte auf Triebsand von großer Mächtigkeit.[1]) Es wurde eine 5,5 m lange, 21 cm breite kieferne Bohle mit einem Gasrohr a (Fig. 75) von 36 mm Außengewinde so verbunden, daß sich dasselbe nicht nach oben schieben konnte. In dasselbe wurde ein engeres Rohr lose hineingesteckt und mit dem Schlauch einer Druckpumpe in Verbindung gebracht. Die am oberen Ende der Bohle angebrachten, auf Knacken ruhenden und verbolzten Querhölzer dienten zur Aufnahme der Belastung.

Fig. 75.



Eine Belastung von 700 kg drückte die Bohle bequem durch das Torflager, jetzt wurde die Pumpe in Thätigkeit gesetzt und die Bohle sank bis zu 3,50 m Tiefe. Durch Vermehrung der Belastung auf 790 kg sank sie ferner auf 3,75 m und nachdem die Belastung bis auf 1100 kg gesteigert und die Pumpe abwechselnd zur Anwendung gekommen war, erreichte die Bohle eine Tiefe von 4,50 m.

Nach Entfernung der Belastung gab man der Bohle noch 70 Schläge mit einer 50 kg schweren Handramme, wodurch sie im Verlauf von 37 Minuten vollständig feststand und 2,0 m tief im Sand steckte. Als Hauptsache beim Senken ergab sich die Lehre, das innere Rohr immer in richtiger Höhe zu halten, damit der Wasserstrahl immer voll zur Wirkung kam.

Beim Neubau des Gerichtsgebäudes zu Braunschweig, in den Jahren 1879 bis 1882 konnte ein großer Teil der Rostpfähle mit Rücksicht auf die Nähe der Gebäude nicht mit der Ramme niedergetrieben werden und wurden dieselben nach der in Fig. 76 dargestellten Methode eingespült (vergl. Centralblatt d. Bauverw. 1882, S. 467). Zu beiden Seiten des Pfahles wurden 5 cm weite eiserne Druckrohre mit Krampen befestigt und nach der Spitze des Pfahles zu gebogen. Oberhalb waren dieselben durch Gummispiralschläuche mit den Hydranten der städtischen Wasserleitung verbunden. Der Druck in der Leitung betrug im Maximum vier Atmosphären.

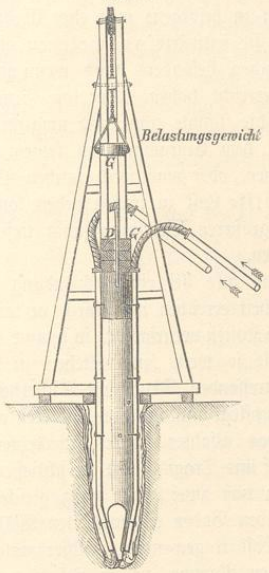
In dem Kopf der Pfähle wurde ein 1 m langer eiserner Dorn d eingesetzt, über welchen die gußeisernen Belastungsgewichte geschoben wurden, wenn der Pfahl zu schwimmen anfing. Das Auflegen der Gewichte erfolgte von einem leichten Rammgerüst aus mittels Bockwinde. — Die 6 m langen, 30 cm starken Pfähle wurden bis auf 5 m eingespült und nur das letzte Sechstel mit einem

1) Bau der Elbbrücke bei Pirna.

1) Vergl. Zeitschrift des Ingenieurvereins Hannover, Jahrgang 1877.

700 kg schweren Rammbären nachgerammt. Im ganzen sind 263 Pfähle mit Wasser eingespült worden und brauchte jeder Pfahl durchschnittlich 10 Minuten.

Fig. 76.



Die Kosten für das Einspülen und Nachrammen eines Pfahles betrugen an

Arbeitslohn	4,00	Mk.
Wasser	1,14	„
Gerät	1,90	„
Reparatur u. s. w.	0,46	„
zusammen	7,50	Mk.

Die übrigen Pfähle sind mit Dampframmen von Menck & Hambrock eingerammt, doch wurde des Vergleiches wegen auch ein Teil der Pfähle mit der gewöhnlichen Kunstramme eingetrieben, wobei sich die nachstehenden Kosten für den 6 m langen Pfahl bei beiden Methoden herausstellten:

	Kunstramme	Dampframme
Anschaffungskosten	1,665 Mk.	2,65 Mk.
Betriebskosten	7,000 „	4,00 „
zusammen	8,665 Mk.	6,65 Mk.

d. h. das Einspülen stellte sich teurer als das Einrammen mit der Dampframme.

§ 28.

Von den Holzpfählen.

Obwohl die Konstruktion der Roste und Spundwände im vierten und fünften Kapitel des zweiten Teiles der Allgemeinen Baukonstruktionslehre besprochen worden ist, müssen wir hier doch auf einen wichtigen Bestandteil derselben, die Pfähle, ausführlicher eingehen. Die unter der Ramme einzutreibenden Pfähle werden als Spitz- 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 Spitzpfählen unterscheidet man wieder Lang- und Grundpfähle, je nachdem sie nur zum Teil oder auf ihre ganze Länge eingetrieben werden. Zu den letzteren oder Grundpfählen gehören gewöhnlich die Rostpfähle, obgleich sie auch, aber nur unter Wasser, als Langpfähle vorkommen können.

Was das Material anbelangt, so haben wir hier zunächst das Holz im Auge, obgleich auch eiserne Pfähle angewendet werden.[1]) Da es eine Hauptbedingung ist, daß der einzurammende Stamm einen recht geraden Wuchs hat, so sind es vorzüglich die Nadelhölzer, welche zu Grundpfählen benutzt werden, und von diesen besonders wieder das Kiefernholz, weil dasselbe, seines reichen Harzgehaltes 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 u. s. w.

Was die Stärke der Rostpfähle 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. dergl. 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 um 50 mm; doch bemerkt er dabei, daß bei langen Pfählen, welche zum größten Teile im Grunde stecken, auch eine Stärkezunahme von 25 mm auf je 2 m Mehrlänge genügen werde.

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

1) In neuester Zeit sind derartige Konstruktionen wenig angewandt, weil Gründungen auf pneumatischem Wege und Fundierungen „auf Brunnen" größere Vorteile bieten.

Sehr wichtig ist die Bestimmung der Länge der Rostpfähle, und besonders schwierig wird diese, wenn die Pfähle den festen Baugrund nicht erreichen, sondern nur durch die Widerstände, welche sich an ihrer runden Oberfläche in dem umgebenden Erdreich finden, die Last tragen sollen. Ist ein fester Untergrund zu erreichen, so läßt sich durch eine sorgfältige Untersuchung mittels Erdbohrer oder Visitiereisen die notwendige Länge der Pfähle hinreichend genau ermitteln, wenn man die Untersuchungen auf mehrere Stellen des Bauplatzes ausdehnt. Tritt aber der zuerst erwähnte Fall ein, so dürfte nichts anderes übrig bleiben, als mehrere Pfähle zur Probe einzurammen und aus der notwendigen 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 benutzen kann, versteht sich von selbst. Man schlage indessen lieber einige Probepfähle mehr und an den verschiedensten Orten des Bauplatzes ein, um ein möglichst genaues Resultat in Beziehung auf die Länge zu erhalten. Denn wählt man diese zu groß, so wird der Preis ein höherer 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 Roste[1]) bemerkt wurde, keine große Sicherheit erlangt wird. Zuweilen kann man sich dadurch helfen, daß man die Pfähle näher aneinander stellt und so bei einer gleichmäßig verteilten Belastung die auf den einzelnen Pfahl treffende verringert. Immer bleiben aber zu kurze Pfähle ein Übelstand, 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 Pfahles, welche den meisten Angriffen ausgesetzt ist, den größten Querschnitt desselben bringt. Diese Stelle befindet sich bei Langpfählen da, wo sie den Grund verlassen. Rostpfähle 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.

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 Teile der Allgemeinen Baukonstruktionslehre abgehandelt, so daß wir hier nur noch Einiges über die Tragfähigkeit der Pfähle anführen wollen.

1) Vergl. auch Allgemeine Baukonstruktionslehre, II. Teil, Seite 83.

§ 29.

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 umgiebt, 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 nötige Sicherheit erreichen und durch zu langes Rammen nicht unnötige Kosten verursachen, so kommt es nur darauf an, die Pfähle so weit „zum Stehen zu bringen", daß sie dem sie treffenden Druck mit Sicherheit widerstehen können. Man pflegt nun aus dem leichteren oder schwereren Eindringen des Pfahles unter den letzten Hitzen 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 Hitzen 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 Rostpfähle 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 Entwickelung mitzuteilen. Bezeichnet P das Gewicht des Rammbären, Q das des Pfahles, h die Fallhöhe des Rammbären, e das Maß, um welches der Pfahl unter dem letzten Schlage eingedrungen ist, dann ist die Last L, welche der Pfahl tragen kann:

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

Da aber der volle Stoß des Bären beim Eindringen des Pfahles in die Erde nie zur Wirkung kommt (am meisten noch im Sandboden), so pflegt man den Pfahl nie so stark zu belasten, sondern rechnet die zulässige Belastung e gleich einem Viertel der theoretischen, so daß

$$L = {}^1/_4 \cdot \frac{h \,.\, P^2 \,.\, Q}{e\,(P + Q)^2} \text{ und daraus } e = {}^1/_4 \cdot \frac{h \,.\, P^2\, Q}{L\,(P + Q)^2}.$$

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 sagt Perronet, daß ein Rostpfahl nur dann als feststehend anzusehen sei, wenn derselbe während mehrerer Hitzen von 25 bis 30 Schlägen mit einem 300 bis 350 kg schweren Bär und 1,25 m Hubhöhe nur ein bis zwei Linien (2 bis 4 mm) tief eindringt. Bei weniger belasteten Langpfählen soll man sich mit sechs bis zwölf Linien begnügen können.

Anm. Das Maß des Eindringens der Pfähle, welches sich aus vorstehender Perronet'schen Regel ergiebt, ist nur $^1/_4$ bis $^1/_5$ des Wertes, der sich aus der Formel für e berechnen läßt, d. h. $^1/_{16}$ bis $^1/_{20}$ des theoretischen.

Nach Perronet sind bei der Brücke über die Seine bei Neuilly die, 0,32 m im Durchmesser starken, Pfähle jeder mit 52850 kg, die der Brücke zu Orleans mit 52450 kg belastet worden. Sie wurden so lange gerammt, bis sie unter einem 500 kg schweren Rammklotze, während 16 aufeinander folgenden Hitzen von 30 Schlägen, nur noch 4,5 mm in der Hitze zogen. Bei der Brücke zu Orleans wurden die äußeren Pfähle jedes Pfeilers als feststehend angesehen, wenn sie bei einer Hitze von 25 Schlägen mit dem 450 kg schweren Klotze 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 Sganzin haben die Erfahrungen bei größeren und bedeutenden Bauten gezeigt, daß ein Pfahl als gehörig feststehend zu betrachten und eine dauernde Belastung von 25000 kg zu tragen im stande ist, wenn er bei der Anwendung einer Kunstramme in der Hitze von 10 Schlägen mit einem 600 kg schweren Bär, welcher 3,6 m hoch herabfällt, nur noch 1 cm tief eindringt; oder — bei Anwendung der Zugramme — ebenso tief in einer Hitze von 30 Schlägen mit demselben Rammklotze 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 Hitzen nur noch wenige Linien ziehen sollten, belastet man dieselben noch 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 27000 kg belastet sind, rammte man dieselben so lange, bis sie unter 80 Schlägen von 1,83 m Höhe mit einem 590 kg schweren Rammklotze nicht tiefer als 38 cm eindrangen.

Man sieht, daß die Annahmen über die Tragfähigkeit der Pfähle und die hin und wieder gemachten Erfahrungen sehr voneinander abweichen, und daß es daher nicht wohl thunlich ist, allgemein giltige Regeln in dieser Beziehung aufzustellen, sondern daß man mit der größten Aufmerksamkeit alle Umstände erwägen und die verschiedenen Erscheinungen bei der Rammarbeit sorgfältig notieren 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. Überhaupt gewährt die Führung eines genauen Rammregisters vielfachen Nutzen; es giebt dem ausführenden Architekten die Mittel an die Hand, sein Verfahren nötigenfalls 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.

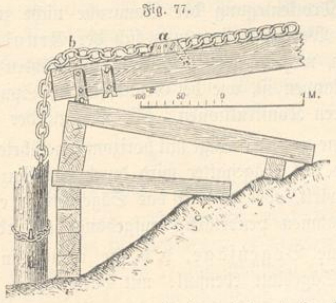
Bei wichtigen Rammarbeiten, namentlich für Pfahlroste, ist es üblich, einen „Pfahlriß" anzufertigen, aus welchem die Stellung der einzelnen Pfähle und die Nummer zu ersehen ist, welche sie im Rammregister erhalten. Ein solches Register erhält folgende Rubriken: 1) das Datum des Einrammens; 2) Zahl der 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 Hitzen oder Schläge.

§ 30.

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, Windevorrichtungen, Schraubenvorrichtungen und der hydrostatische Druck.

Fig. 77.



Einen Wuchtebaum, mit dem bedeutende Wirkungen erzielt werden konnten, beschreibt Hagen im Handbuch der Wasserbaukunst II, S. 223. Derselbe bestand aus

Kiefernholz, war 11,0 m lang und mit zwei Drehlagern versehen, die von dem Ende 31 resp. 62 cm entfernt waren. Zunächst wurde das vordere Lager benutzt und mit dem Wuchtebaum an sich ein Zug von 14000 kg ausgeübt. Sobald aber das hintere Ende mit einem 375 kg schweren Bär belastet wurde, wurde die Zugkraft des Hebels doppelt so groß.

Die um den Pfahl B geschlungene Kette lag am vorderen Ende des Wuchtebaumes in einer durch eiserne Balken hergestellten Vertiefung. Sie konnte bei a mittels eines durchgesteckten Bolzens festgehalten werden, wenn der Wuchtebaum den Pfahl anzog.

Näheres im Hagen'schen Werke.

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

Bei Pfählen, die im tiefen Wasser stehen, benutzt 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.

Wo eine größere Anzahl von Pfählen ausgezogen werden soll und es lohnend ist, hierzu besondere Maschinen anzuschaffen, da dürfte sich die in der „Deutschen Bauzeitung", Jahrg. 1877, Seite 334, dargestellte Maschine empfehlen. Sie fand auf einem 16 m langen und 16 m breiten Prahm Aufstellung. Die Mitte des Prahms nahmen der stehende Röhrenkessel und die horizontale Dampfmaschine von 20 Pferdekräften ein. Am Ende des Prahms ist ein Ausleger aus zwei Rundhölzern errichtet, an welchem ein vierrolliger Flaschenzug hängt.

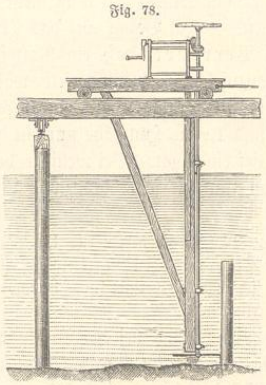
Zum Abschneiden der Pfähle an solchen Orten, wo eine Trockenlegung der Baugrube nicht zulässig ist, also unter Wasser, bedient man sich der Grundsäge, besonders da, wo eine größere Anzahl von Pfählen in gleicher Höhe zu kappen ist, wie bei Grundpfählen, Spundwänden und anderen Konstruktionen. Sie ist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

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

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

c) auch Kreissägen wendet man zum Abschneiden der Pfähle an; sie können mittels Handkurbel und konischen Rädern von einer horizontalen Welle aus durch zwei Arbeiter in Bewegung gesetzt werden. Fig. 78 zeigt diese Anordnung. Der Wagen, auf dem die Vorrichtung ruht, wird durch ein Seil, welches um die Trommel einer Winde

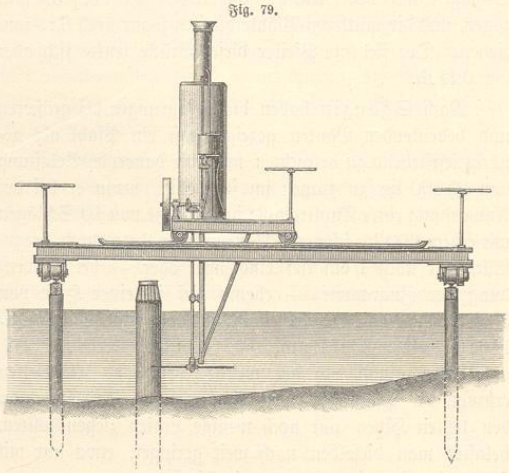
Fig. 78.



gelegt sein kann, regelmäßig angezogen. Durch entsprechende Einrichtung der Apparate b und c ist es möglich, Pfähle bis zu 6 m Wassertiefe abzuschneiden.

Die neuere Wasserbautechnik verwendet zum Abschneiden von Pfählen unter Wasser vielfach transportable Dampfmaschinen mit Kreissägen (Fig. 79).

Fig. 79.



Dieselben ruhen auf einem eisernen Unterwagen mit darauf laufendem Oberwagen. Die Kreissäge sitzt am unteren Ende einer vertikalen Welle, die unter den Wasserspiegel reicht und die Pfähle bis 40 m unterhalb der Laufschienen des Wagens abschneidet.

Zwecks Fortbewegung des Wagens sind Antriebsmechanismen für Handbetrieb vorhanden. Das Abschneiden

geschieht schnell und sicher. Der Preis eines derartigen Apparates nebst Unterwagen von 7,0 m Länge, nebst Dampfmaschine von vier Pferdekräften, ist 4000 Mark.

Die Beton- und Mörtelmaterialien.

§ 31.

Bereits in § 4 dieses Abschnittes wurde der Gründung auf Beton gedacht, einer Methode, welche hauptsächlich bei Wasserbauten zur Anwendung kommt, und zwar da, wo es schwierig erscheint, eine wasserfreie Baugrube herzustellen. Dieselbe findet auch bei Hochbauten vielfach Anwendung.

Geschichtliches. Unter „Beton“ (Konkret, Gußmauerwerk) versteht man ein unter Wasser erhärtendes Gemenge aus Mörtel und Steinstücken. Schon im Altertum finden sich Spuren dieser Gründungsweise, und Vitruv und Plinius sprechen davon unter dem Namen „Signinum opus“. Nach Vitruv wurden 5 Teile reinen Sandes mit 2 Teilen Kalk gemengt und zu diesem Gemenge noch Steinstücke hinzugefügt, deren Gewicht ein Pfund nicht überschreiten durfte. Plinius schreibt vor, daß der Mörtel aus 5 Teilen feinen Sandes und Kieses und 2 Teilen besten Kalkes bestehen solle, zu dem dann 9 Teile Steine zu mengen seien. Dieses Gußmauerwerk wurde insbesondere zur Darstellung von Cisternen und zum Bau römischer Heerstraßen verwendet.

Die Gründung auf Beton erfordert immer nur geringe konstruktive Anordnungen, dagegen die Auswahl geeigneter Materialien und zweckmäßiger Vorrichtungen zum Bereiten und Versenken des Betons. Diese in neuerer Zeit vielfach angewendete Fundierungsmethode 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 Hinzutritt 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 Kieselerde, welche dem Kalk natürlich oder künstlich beigemischt ist, erforderlich. Unter Zutritt des Wassers bildet sich dann ein Kalkerdesilikat, und der Prozeß wird erleichtert, wenn die Kieselerde in Verbindung an andere Mineralkörper gebunden vorkommt. Dies ist nun der Fall beim Thon, der die Kieselerde chemisch und mechanisch gebunden enthält und durch das Brennen zu einem bindefähigen Körper wird. Weitere Beimischungen, welche Einfluß auf die Bildung des Wassermörtels ausüben, sind Eisen- und Manganoxyd, auch Bittererde. Zuweilen kommen diese Stoffe in der Natur im richtigen Verhältnisse gemischt vor, sie bilden dann gebrannt und gelöscht den natürlichen hydraulischen Kalk,[1]) oder es wird eine künstliche Mischung vor dem Brennen vorgenommen, wobei künstlicher hydraulischer Kalk (Cement) als Produkt entsteht.

Der in der Natur vorkommende kohlensaure Kalk ist nun entweder reiner Kalkstein (wie der Marmor und die meisten dichten Kalksteine), oder es kommen darin mannigfache Verunreinigungen an Kieselerde, Thonerde, Talkerde, Eisen- und Manganoxyd vor, welche bis 50 Proz. der Masse betragen können. Kalksteine, in denen diese Nebenbestandteile nicht mehr als 8 Proz. ausmachen, ergeben beim Brennen den sogenannten fetten Kalk, der durch das Löschen sein Volumen erheblich vermehrt und einen starken Sandzusatz verträgt. Dagegen liefern die Kalksteine mit einer größeren Menge von Nebenbestandteilen 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 Volumen 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 Proz. Thon und Bittererde geben einen schwach hydraulischen Mörtel; sind 20 bis 30 Proz. beigemischt, so löscht er sich noch gut und ist als Wasserkalk auch unpulverisiert noch zu brauchen. Er verträgt einen starken Sandzusatz.

Beträgt der Thonerdegehalt einschließlich der chemisch gebundenen Kieselerde 30 bis 40 Proz., so muß das Gestein in der Regel schon künstlich zerkleinert, d. h. gemahlen werden. Steigt der Thonerdegehalt endlich über 50 Proz., so bedarf solch magerer Kalk zur Bildung von Mörtel sogar der Beimischung von fettem Kalk.

§ 32.

Romancement. Portlandcement.

Hydraulische Kalke giebt es an verschiedenen Orten, von besonderer Güte ist aber der in § 31 erwähnte, aus England bezogene und in Norddeutschland vielfach angewendete Romancement — in Frankreich „Ciment naturel“

1) Die von dem Engländer Parker 1796 im London-Clay entdeckten und zu Romancement verarbeiteten Kalksteinnieren gehören beispielsweise zu den natürlichen hydraulischen Kalken.

oder „Ciment Romain“. — Er wird aus Lesesteinen (Mergelnieren), welche in der Nähe der Insel Sheppey und an der Themsemündung im sogenannten London clay gefunden werden, gebrannt. Nach dem Brennen wird er gemahlen und kommt als ein braunes, sehr sorgfältig in Tonnen verpacktes Pulver in den Handel. Derselbe ist vor der Berührung mit der Luft zu schützen, wenn er nichts von seiner Bindekraft verlieren soll. Man kann ihn zwar ohne Sandzusatz verwenden, doch will man die Bemerkung gemacht haben, daß der Cement rascher erhärtet, wenn man ihm etwas reinen, scharfen Sand zusetzt. Ein Zusatz von mehr als der Hälfte Sand scheint die Güte des Mörtels nicht zu beeinträchtigen. Den Mörtel aus diesem Cement darf man nur unmittelbar vor seiner Verwendung bereiten, denn er erhärtet noch weit rascher als der aus Traß bereitete hydraulische Mörtel.

Ein guter Romancementmörtel ist nicht nur undurchdringlich für das Wasser, sondern er hält sich ebenso gut an der Luft, wo er abwechselnd naß wird und den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, eine Probe, die der Traßmörtel nicht besteht. In Hamburg sind ganze Häuserfassaden mit Romancement geputzt worden und gewähren bei guter Ausführung große Dauer.

Das von Parker eingeschlagene Verfahren der Cementbereitung durch Zerkleinern, Brennen und nachheriges Pulverisieren des natürlichen Kalksteines hat bekanntlich eine große Nachahmung gefunden, indem die dafür geeigneten Kalksteine auch an anderen Orten vorkommen. So fand Lesage, sechs Jahre nach Parkers Entdeckung, in den Geröllen am Strande von Boulogne ein Material, welches dem Sheppeystone in der Zusammensetzung ähnlich war und einen vortrefflichen Romancement lieferte. — Bekannt sind auch der Romancement von Pilsberge bei Osnabrück, von Kufstein in Tirol u. a. m.

Da die Kalksteinarten, welche den Romancement liefern, jedoch nicht so allgemein verbreitet sind, wie Thon und kohlensaurer Kalk, lag es nahe, daß man Versuche anstellte, um durch künstliche Mischung beider Materialien einen Cement herzustellen, der dem Romancement 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 **Portlandcement**, 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 renommierten Fabriken geliefert wird.

Bei der Fabrikation werden die Rohmaterialien, nämlich kohlensaurer Kalk und kieselsaurer Thon, meist im Verhältnis von 70 : 30 (im trockenen 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 unerläßlich.) Aus der Schlämme fließt der Rohcement in die Ablagerungsbassins, 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 kieselsaure Thonerde aufgeschlossen und die Kohlensäure des Kalkes vollständig ausgetrieben wird. — Alkaliarmen Rohmaterialien muß noch ein Flußmittel (zur Beförderung des Zusammensinterns) 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.

Lose gemessen wiegt ein Hektoliter Portlandcement 120 kg; bei der Verpackung in Tonnen wird die Masse im Verhältnis von 5 : 4 verdichtet.

Für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement sind im Jahre 1877 auch für Deutschland giltige „Normen“ aufgestellt worden. Wir geben untenstehend die mittels Erlaß vom 10. November 1878 vom Königl. Preußischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten aufgestellten Normen.[1])

1) **Normen** für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement, aufgestellt von dem königl. preußischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mittels Erlaß vom 10. November 1878.

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

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

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

II. Je nach der Art der Verwendung ist Portlandcement langsam oder rasch bindend zu verlangen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Portlandcement wird durch längeres Lagern langsamer bindend und gewinnt bei trockener, zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft.

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

Beim Mörtel aus Portlandcement und Sand ist die Hauptsache der Erhärtung in 3 Monaten abgewickelt, sie nimmt nach 6 Monaten nicht mehr wesentlich zu und ist mit Jahresfrist so weit beendet, daß ein Zuwachs fast nicht mehr nachzuweisen ist. Über das Mischungsverhältnis der Cementmörtel hat Dr. Michaelis Verhältniszahlen ermittelt. Danach kann man noch eine Mischung von Portlandcement mit 8 Teilen 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 trockene Mischung von Cement und Sand mit Kalkmilch abzuarbeiten und der Kalkmilch nur so viel Kalkbrei zuzusetzen, als notwendig 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.

§ 33.

Puzzolane. Traß- und Traßmörtel.

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 Bestandteile geschickt gemacht wird, unter Wasser zu erhärten. Solche Zusätze sind: die Puzzolane, die Santorinerde und der Traß, ferner Ziegelmehl, auch Asche und Schlacken von Steinkohlen.

Die Puzzolane ist ein vorzüglicher vulkanischer Tuff, welcher in Italien am Abhange des Apennin, an den Ufern der Tiber, vorzugsweise aber am Fuße des Vesuv (bei Puzzuoli) gefunden wird und schon von den Römern statt des Sandes als Zusatz zum Mörtel benutzt 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 Titanoxyd; 9,2 Wasser.

Die Santorinerde ist ebenfalls ein vulkanisches Produkt (von der griechischen Insel Santorin), welches dort gegraben und ohne weiteres zur Mörtelbereitung benutzt wird. Sie ist hell graugelb oder rötlich und hat

---

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 Bindekraft 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. Portlandcement soll volumenbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, daß ein dünner, auf Glas oder Dachziegel ausgegossener Kuchen von reinem Cement unter Wasser gelegt auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder keine Kantenrisse zeigen darf.

IV. Portlandcement soll so fein gemahlen sein, daß eine Probe desselben auf einem Siebe von 900 Maschen pro Quadratcentimeter höchstens 20 Proz. Rückstand hinterläßt.

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

VI. Guter, langsam bindender Portlandcement soll bei der Probe mit 3 Gewichtsteilen Normalsand auf ein Gewichtsteil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimalzugfestigkeit von 10 kg pro Quadratcentimeter haben.

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

Der Normalsand wird dadurch gewonnen, daß man einen möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro Quadratcentimeter siebt, dadurch die gröbsten Teile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen pro Quadratcentimeter noch die feinsten Teile entfernt.

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

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

Bei schnell bindenden Portlandcementen ist die Zugfestigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere als die oben angegebene.

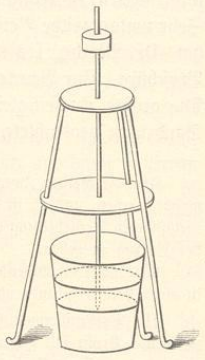
bei den Hafenbauten zu Triest und Fiume ausgedehnte Anwendung gefunden.

Der Traß wird aus dem festen vulkanischen Tuffstein gewonnen, dessen weitaus größtes Lager sich im Nettethal bei Andernach a. Rhein befindet, während im Brohlthal nur noch relativ geringe Massen von festem Tuffstein ausgebeutet werden; dagegen werden von Brohl aus große Quantitäten von sogenanntem 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 Wert und werden jetzt meistens zum Ausmauern der Fachwerkswände verwendet. Eine dritte Art des Vorkommens ist die in Form von Sand, also im schon zerkleinerten Zustande. Der feste, zuerst erwähnte Traß ist der beste und heißt deshalb auch „echter Traß", während die oberen, weichen 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 wird.

Der Traß enthält vielfach andere Materialien eingesprengt, namentlich Thonschieferstücke von verschiedener Größe, Bimsstein und Holzkohle. Die Farbe variiert vom Grauen ins 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 beurteilen zu können, darf er noch nicht pulverisiert 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 giebt 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 pulverisierten Traß zu untersuchen, so beurteilt 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 echten unterscheiden läßt.

Das sicherste Verfahren zur Prüfung des Trasses bleiben immer direkte Versuche über seine Bindekraft, wenn man ihn als Mörtel verarbeitet. Die in Frankreich übliche Methode der Prüfung besteht im folgenden: man füllt mit einer Quantität des frisch bereiteten Mörtels ein gewöhnliches Trinkglas etwa bis zur Hälfte und schüttet dann vorsichtig Wasser darüber. Zur Vornahme der eigentlichen Probe dient der Apparat Fig. 80, bestehend aus einem kleinen, dreibeinigen Bocke mit zwei parallelen horizontalen Böden, und aus einem zu diesen Böden vertikal geführten, etwa 3 mm starken Stahlstift, 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 Bock bringt und die Stahlspitze 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 ganz, und er wird nicht mehr zu den hydraulischen Mörteln gerechnet. Diese Prüfungsmethode giebt jedenfalls ein Mittel an die Hand, die Güte verschiedener Mörtel gegenseitig zu beurteilen und bei der Bereitung das beste Verhältnis der Mischung auszumitteln.

Fig. 80.



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 Volumteilen Traß und 1 Volumteil Fettkalk nach 40tägiger Erhärtungsdauer (1 Tag in der Luft und 39 Tage im Wasser) die Festigkeit von 1700 kg (17 kg pro Quadratcentimeter) bei 15° R. aufweisen sollten.[1])

Der echte Traß wird in größeren Stücken gebrochen und dann in Stampfwerken oder zwischen Mühlsteinen zerkleinert. Das Zerkleinern muß immer unter genauer Kontrolle geschehen, damit die Güte des Materiales 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

1) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1878, S. 273.

viel von diesem Material verbraucht, derselbe nur in Stücken eingeführt.

Zum reinen Traßmörtel, der keinen Zusatz von Sand erhält, nimmt man gewöhnlich auf eine Kubikeinheit Kalkbrei zwei Kubikeinheiten pulverisierten Traß; doch hängt das jedesmalige Mischungsverhältnis von der Güte des Kalkes ab, und man geht am sichersten, wenn man dieses Verhältnis 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 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 nennen kann, hält man zu Mauerwerk über Wasser für noch geeigneter als den reinen Traß ohne Sandzusatz.

§ 34.

Die Bereitung des Traßmörtels geschieht auf die Art, daß man zuerst, nachdem Kalk und Traß in dem bestimmten Verhältnis 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 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 Nachteil, 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 teuren 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 Kalke zu ersetzen.

§ 35.

Nächst der Mörtelbereitung erfordert auch die Auswahl der Steine, welche man zum Beton verwenden will, 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 Flußgeschiebe, 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 nötige Wasser nicht zu entziehen. Diese Vorsicht ist besonders dann nötig, 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 schlagen lassen. Wenn man den Mörtel abgesondert 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 Kieses 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 nötig ist, weshalb bei dieser die Bedingung der gleichen Größe der Steine immer ratsam bleiben möchte, um nicht zu kleine, leicht zerbröckelnde Steine in die Masse zu bekommen.

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

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In London benutzt 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 Mischungsverhältnis ist das von 5 Teilen Themsekies auf 1 Teil hydraulischen Kalk, doch geht man auch darunter.[1]) Als beste Mischungsart hat man dort folgende anerkannt: Man mischt den gemahlenen Kalk trocken mit dem Kiese recht sorgfältig und schüttet dann die erforderliche Menge Wasser zu; dann schippt man die Masse zwei bis dreimal 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 Raumteil (Stettiner) Portlandcement, 3 Raumteile scharfer Mauersand, 5 Raumteile Steinschlag. (Zeitschrift für Bauwesen 1876.)

Hellingsbauten in Kiel: 100 Teile Schotter, 43,6 Teile Mörtel, bestehend aus 1 Teil Cement, 1,4 Teilen Sand.

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

In der Regel rechnet man auf 2 Raumteile Steinbrocken 1 Teil Mörtel; die Betonmasse wird dann etwa 1/10 größer als das Volumen 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 Quadratcentimeter.

§ 36.

Das Mischen des Betons.

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 Steinstücken. Die letztere Methode ist auf dem Kontinent gebräuchlicher, bietet auch größere Sicherheit für die Güte des Betons, weil dabei eine innige Mischung der Materialien zu erreichen ist.

a) Das Mörtelmischen geschieht entweder mit der Hand oder durch Mörtelmaschinen.

Mörtelmaschinen sind entweder nach Art der Thonschneider konstruiert, welche aus einer vertikalen Trommel von Holz oder Eisen bestehen, worin die Mörtelmaterialien durch eine mit Messern oder Armen versehene vertikale Welle gemischt werden. Man hat dergleichen mit Pferde- und Maschinenbetrieb. Oder es werden eiserne Rechen in einer horizontalen ringförmigen 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 Kalkteilen befördert.

Größere Aufmerksamkeit als der Kalkmörtel erfordert die Anfertigung der Cementmörtel, denn hier muß die Mengung eine besonders innige sein, auch das vorgeschriebene Verhältnis zwischen Cement und Sand genau innegehalten werden. In Frankreich wird bei kleineren Verbrauchsmengen der Cement und der Sand auf kleinen, mit seitlichem Rande versehenen Tischen ausgebreitet und mit einer Mauerkelle gut bearbeitet. Hierbei kann die Mischung in kurzer Zeit geschehen, ehe das Binden des Cementes 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 präpariertem 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 Schichte 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 zugesetzt werden darf, um dessen Bindekraft und Erhärtungsfestigkeit nicht zu verringern, namentlich in Fällen, wo Cementmörtel zur Anwendung kommt.

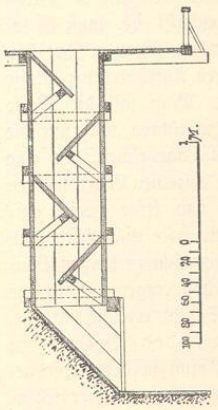
Eine ältere Methode der Bearbeitung ist diejenige in sogenannten Fallwerken (Fig. 81), d. h. hölzernen Gerüsten, in welchen schräg gestellte Bretterwände übereinander angebracht sind, in solcher Anordnung, daß die oben eingebrachten Materialien von der ersten auf die zweite, dritte u. s. w. Abteilung fallen und unten fertig gemischt ankommen.

Zur Anfertigung großer Betonmassen bedient man sich der Maschinen, und zwar pflegt in der Regel mit der

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

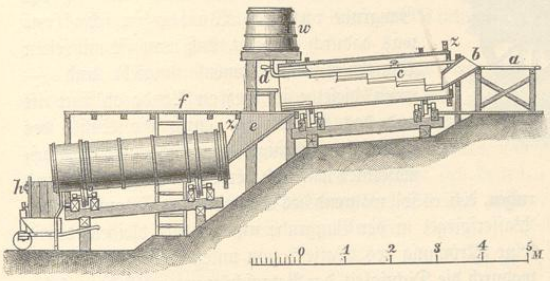
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 81.



Mörtelmaschine eine Betonmaschine verbunden zu sein. In ersterer wird der Beton aus den Rohmaterialien (Cement und Sand) gemischt und fällt unmittelbar in die damit verbundene Betonmaschine, wo dann nur die gehörig genäßten Steinbrocken zugesetzt werden. Eine solche Einrichtung wurde schon bei der Fundierung der Schleuse des Ihlekanals mit Erfolg angewendet (vergleiche Hagens Handbuch der Wasserbaukunst I. 2, S. 327). Diese Anlage ist in Fig. 82 dargestellt.

Fig. 82.



Hier bestand die Mörtel- wie die Betonmaschine aus einer hölzernen Trommel von 94 cm Weite und 3,77 m Länge. Sie waren gegen den Horizont um $^1/_{12}$ geneigt. Die Wandungen beider Trommeln bestanden aus 5 cm starken Stäben, und zwar diejenigen der Betontrommel aus Eichenholz. Sie wurden — wie die Fässer — durch starke eiserne Reifen zusammengehalten. Jede Trommel hatte zwei solche Reifen, die auf Friktionsrollen umliefen, während die Trommeln selbst durch Triebwerke in Bewegung gesetzt wurden und in der Minute sechs Umdrehungen machten.

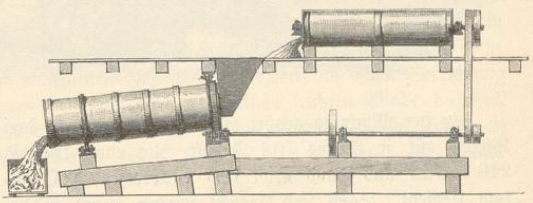
Der in der oberen Trommel bereitete Cementmörtel wurde gemischt aus 3 Teilen Portlandcement und 1 Teil Sand. Zum Abmessen dienten flache Kästen; diese wurden auf den Tisch a, Fig. 82, gestellt und von einem Arbeiter in den Trichter b geschüttet. Zunächst wurden Sand und Cement trocken gemischt und wenn die Mischung die Hälfte der Trommellänge durchlaufen hatte, ließ man Wasser aus dem Behälter w durch ein Rohr mit Hahn in die Trommel einströmen und bei c auf die Mischung niederträufeln. Der Wasserzutritt wurde durch einen Arbeiter, je nach der Konsistenz des austretenden Mörtels, reguliert.

Dem auf die geneigte Ebene e fallenden Mörtelgemisch wurde hier der nötige Steinschlag zugesetzt und die Steine in Handkarren herangefahren, nachdem vorher alle erdigen Bestandteile durch Auswaschen unter einer Pumpe entfernt worden waren. Diese Karren enthielten je 60 l Inhalt, wurden auf die Rüstung f gehoben, der halbe Karreninhalt (30 l) periodisch auf die geneigte Ebene a gestürzt und dem aus der oberen Trommel fließenden Mörtel zugesetzt. Mörtel und Steine vermengten sich beim Durchlaufen der unteren Trommel vollständig, so daß die Betonmasse eine durchaus gleichmäßige war.

Aus der unteren Trommel endlich fiel der Beton auf eine drehbare Klappe h und von dieser in einen darunter gestellten Schubkarren. Bei regelmäßigem Gange lieferte die Maschine stündlich 11 cbm fertigen Beton.

Da ein sehr starker Verschleiß der eichenen Trommeln stattfindet, empfiehlt es sich, die Trommeln statt aus Holz aus Gußeisen oder Eisenblech zu konstruieren.

Fig. 83.



Die bekannte Firma Bünger & Leyrer in Düsseldorf fertigt seit Jahren derartige Betonbereitungsmaschinen an. Die Anordnung ist verwandt und in Fig. 83 zur Darstellung gebracht.

Die Mörtelmaschine steht auf der oberen Plattform und so hoch, daß der darin hergestellte Mörtel durch den im Durchschnitt angedeuteten Trichter beständig in die darunter aufgestellte Betontrommel fällt, wobei gleichzeitig Steinschlag (Kies) unter entsprechendem Wasserzufluß aufgegeben werden muß. Hierbei rotiert die Betontrommel um ihre Längsachse und am unteren Ende der Trommel fließt der fertige Beton in bereitgehaltene Transportgefäße, wie dies durch vorstehende Figur veranschaulicht wird.

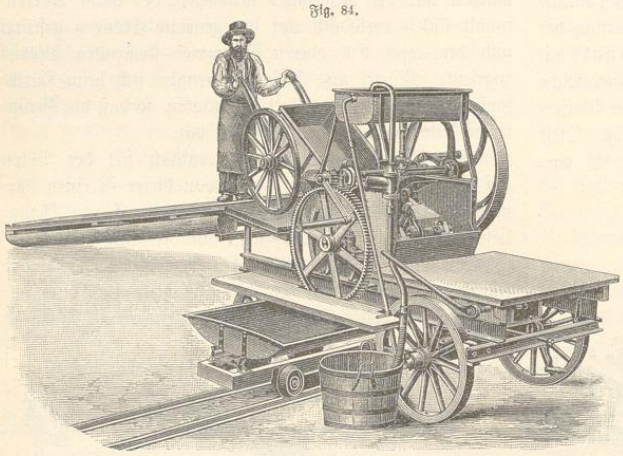
Die Betriebsmaschine wird in der Regel auf der unteren Plattform aufgestellt.

Diese Betonbereitungsmaschinen liefern pro Tag 120 bis 140 cbm fertigen Beton und die Kosten der kompletten Anlage belaufen sich auf 1500 Mark.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 84 zeigt endlich die der Firma Bünger & Leyrer in Düsseldorf patentierte, fahrbare und stationäre Beton- und Mörtelmischmaschine. Diese Maschinen werden auf das Solideste gebaut, und da die Mischung auf mechanischem Wege geschieht, ist man dabei unabhängig von der Verläßlichkeit der Arbeiter. — Zur Bedienung der Maschine wird nur ein Mann erfordert, wobei das Einfüllen mittels Schubkarren geschieht, die sich nach vorn überstürzen lassen.

Fig. 84.



Zu der Mischung gehört etwa der Inhalt von drei Karren mit je 60 bis 70 l Inhalt, also etwa 180 bis 210 l Kies und Sand nebst dem entsprechenden Quantum Cement. Sand und Cement werden zuerst in der Trommel trocken gemischt und darauf erst der Kies (Steinschlag) in dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis und das nötige Wasser zugesetzt. Der fertige Beton fällt aus der Mischtrommel direkt in einen darunter gestellten Betonwagen und geschieht die Abfuhr am besten mittels drehbarer Mulden-Kippwagen. Zwecks regelmäßiger Zufuhr der Betonmaterialien und Abfuhr des Betons empfiehlt sich die Anlage von Gleisen (und Drehscheiben), wie aus Fig. 84 zu ersehen.

Diese Maschine liefert bei bester Mischung nur ein mäßiges Quantum Cement, nämlich pro Stunde 6 bis 8 cbm.

§ 37.

Nach der Darstellung der Betonmasse kommt es darauf an, dieselbe auf die Sohle der Baugrube zu bringen, wenn nicht etwa die Bereitung 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 Teile näher aneinander getrieben werden und die Masse kompakter 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 Nachteile erwachsen können. Man soll die Masse überhaupt so wenig als möglich umrühren und nur die Oberfläche der zuletzt aufgebrachten Lage ebnen, um eine horizontale Fläche zu erhalten. Die einzelnen Lagen werden 18 bis 26 cm stark und keine zweite aufgebracht, 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.

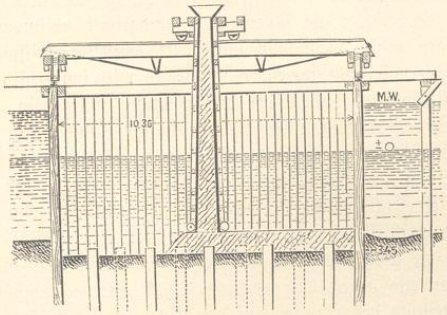
Das Versenken des Betons zu einem Fundamentbett muß in der Weise geschehen, daß der Beton mit dem darüber stehenden Wasser möglichst wenig in Berührung tritt und jede Strömung von ihm abgehalten wird, so lange er nicht erhärtet ist. Es kommt daher zunächst darauf an, in der Baugrube ruhiges Wasser zu schaffen, was dadurch geschieht, daß man sie mit festen Wänden (Fangedämmen) umgiebt und — wenn dieselbe im festen Lande eröffnet ist und das Wasser nur durch die Sohle der Baugrube eindringt — müssen die Schöpfmaschinen während der Versenkung des Betons ruhen, d. h. es soll während des Schüttens der Betonmasse der Wasserspiegel in der Baugrube unverändert bleiben, damit keine Strömung des Wassers von unten nach oben eintritt, wodurch die Dichtigkeit der Betonschüttung gefährdet würde. Liegt die Baugrube aber in einem fließenden Gewässer, so muß sie wenigstens mit einer leichten Spundwand umgeben werden, die das heftige Strömen des Wassers verhindert.

Da das freie 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 mittels 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 mittels Schlitten oder Wagen bewegt oder bei größerer Breite der Baustelle zwischen zwei Kähnen aufgestellt. Fig. 85 zeigt die Anordnung eines hölzernen Trichters mit seiner Schiebebühne; derselbe bleibt während der Betonierung bis über Wasser gefüllt, und indem er langsam vorgerückt wird, fließt unten die Betonmasse aus, die

am oberen Ende durch Nachschütten entsprechend ergänzt werden muß. Zum Zweck des leichteren Entleerens konstruiert man den Trichter mit parallelen Wänden oder besser mit geringer Erweiterung nach unten. Der Trichter

Fig. 85.



ruht auf einem Wagen, der sich rechtwinkelig zur 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 $^2/_3$ bis 1 m Dicke ausmachen. Um das Fundament möglichst dicht zu erhalten, pflegt man gewöhnlich mehrere Schichten, und zwar so anzuordnen, daß die Fugen derselben sich decken. Zweckmäßig ist es, mit der Richtung der Streifen abzuwechseln, diese also kreuzweise anzubringen.

sich auch nach der Höhe einstellen. Die unterhalb angebrachten Walzen dienen zum Ebnen des Betons.

Die Versenkung des Betons mittels 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 die Mörtelmasse ausgewaschen 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 einigemal vorschieben läßt, wodurch der Beton in Bewegung kommt. Es ist indessen das Leeren des Trichters vorzuziehen, weil man die erste Füllung desselben wegen des in demselben stehenden Wassers mittels Kästen vornehmen kann. Außerdem ist die Bewegung des Trichters bei großen Wassertiefen schwierig.

Das Versenken des Betons mittels Kästen hat den Vorteil, daß derselbe weit weniger mit dem Wasser in Berührung kommt und überhaupt die Masse desselben mehr in ungestörtem Zusammenhange verbleibt. Die Vorrichtung zum Versenken kann aus einer leichten Winde bestehen, an welcher der circa 0,2 cbm Beton fassende Kasten an zwei Tauen hängt (Fig. 87, 87 a und 88). Die Winde

Fig. 86. Fig. 87. Fig. 87a. Fig. 88.

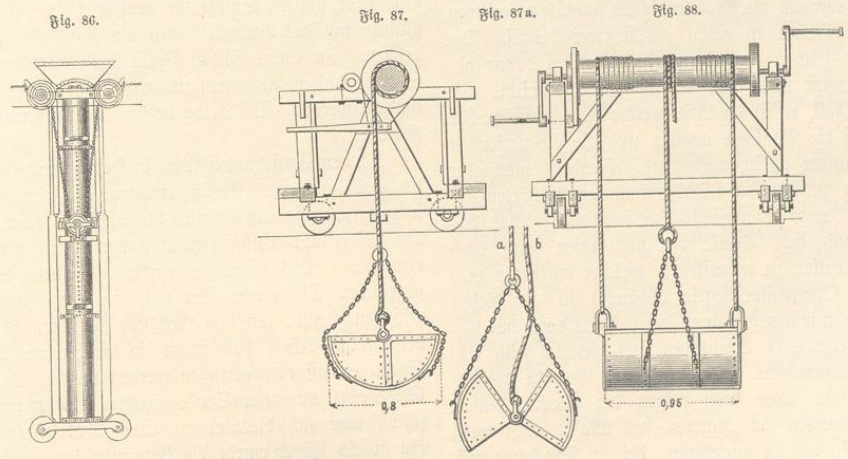


Fig. 86 stellt einen eisernen Trichter zum Versenken von Beton dar; derselbe wird durch Ketten und Winden auf einem hergerichteten Gleise verschoben und läßt muß sich auf dem früher erwähnten Gerüste oder auf einer schwimmenden Rüstung leicht über jede Stelle der Baugrubensohle bringen lassen, um an 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 circa 90° gedreht, wodurch der Kasten wieder so weit gehoben wird, daß er mittels der in den Figuren sichtbaren Leine umgekippt oder wie in Fig. 87[a] durch Öffnen des Bodens geleert werden kann. Die obere Fläche einer auf diese Weise gebildeten Betonlage muß dann noch 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 das Auswaschen des Kalkes aus den oberen Teilen der Betonlage 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 benutzt werden kann, um die Rüstung für die Versenkungsvorrichtung 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.

§ 38.

Jede Betonschüttung kann als eine Art Gußmauerwerk[1]) angesehen werden, welches weniger Festigkeit zeigt, als ein mit denselben Materialien regelmäßig hergestelltes Mauerwerk, woraus mit Notwendigkeit folgt, dem ersteren eine größere Stärke zu geben als letzteres bedarf. Die Stärke eines solchen Betonbettes ist zum Teil davon abhängig, ob man unter Wasser fundiert oder nicht. Ist letzteres der Fall, so ist die Last, welche das aufzuführende Gebäude auf die Bausohle ausübt, und die Beschaffenheit des Untergrundes allein maßgebend. Fundiert man aber unter Wasser und hat die Absicht, nach dem Erhärten des Betons die Baugrube wasserfrei zu machen, so hat das Betonbett auch dem Drucke der von unten nach oben wirkenden Quellen zu widerstehen, welcher wiederum vom Stande des Oberwasserspiegels abhängig ist. 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 wegen der unvermeidlichen kleinen Höhlungen im Inneren der Masse nicht wohl größer als 1,5 bis 1,8 annehmen, bei im Trockenen aufgeführtem und zusammengerammtem Beton aber vielleicht gleich 2 setzen. Der Beton ist aber ein kostbares Material und man schränkt seine Abmessungen daher gern nach Möglichkeit ein.

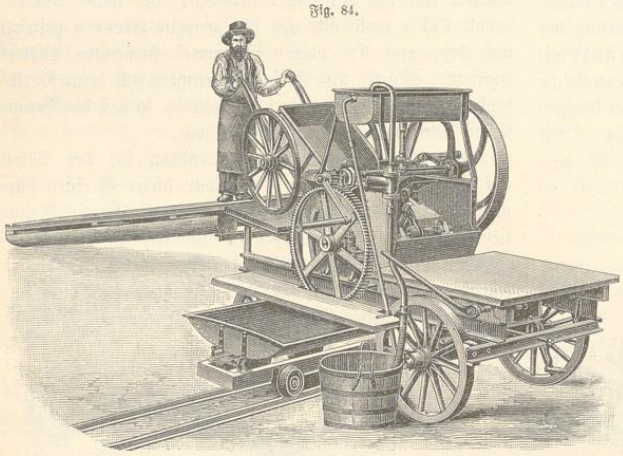
Hat man keinen Wasserdruck zu befürchten, so wird die Stärke des Betonbettes von der Last des zu tragenden Gebäudes und der Beschaffenheit des Baugrundes abhängen, und da letzterer als schlecht oder nachgebend vorausgesetzt werden muß, weil man sonst eine derartige kostspielige Fundierung nicht anwenden würde, so wird immerhin eine so bedeutende Stärke der Betonbettung nötig 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 Rostes vergleichen lassen, und um diese noch sicherer zu erreichen, dürfte eine Stärke von 0,75 bis 1 m das geringste Maß sein, welches man einem Betonbette geben darf, wenn dasselbe eine gleichmäßige Verteilung des Druckes auf den Untergrund bewirken soll. Die vorteilhafte Wirkung größer zusammenhängender Mauermassen bei Fundierungen 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 nötig, 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 ausgedehnt und der Baugrund schlecht, so muß man unter der ganzen Sohlfläche desselben den Grund ausgraben und das Betonbett über die ganze Baugrube ausdehnen. In einem solchen Falle kann dasselbe geringere Stärke erhalten, als wenn nur einzelne Mauern auf Beton fundiert werden. Als Belag dafür möge folgendes Beispiel dienen:

In den Marschen bei Warl in Hertfordshire wollte man ein Haus auf einem Boden erbauen, der sehr schlecht und sumpfig war, so daß ziemlich lange Pfähle ohne bedeutenden Widerstand eindrangen und den festen Grund nicht erreichten. Das Gebäude wurde auf einem Schwellrost gegründet. Dieser war aber nicht im stande, den ungleichmäßigen Druck, den das Gebäude ausübte, zu verteilen, demzufolge bekam das Haus so bedeutende Risse und Sprünge, daß es abgetragen werden mußte. Da das Gebäude aber an dieser Stelle errichtet werden mußte, entschloß man sich diesmal zu einer Betonfundierung. Zu diesem Zweck wurde die Baugrube 1,80 m breiter und länger als das 15 m im Geviert messende Gebäude, und zwar bis zu 2,13 m Tiefe — welche durch den starken Wasserzudrang bedingt war — ausgehoben und auf die

1) Vergl. den I. Teil der Allgemeinen Baukonstruktionslehre.

Fig. 84 zeigt endlich die der Firma Bünger & Leyrer in Düsseldorf patentierte, fahrbare und stationäre Beton- und Mörtelmischmaschine. Diese Maschinen werden auf das Solideste gebaut, und da die Mischung auf mechanischem Wege geschieht, ist man dabei unabhängig von der Verläßlichkeit der Arbeiter. — Zur Bedienung der Maschine wird nur ein Mann erfordert, wobei das Einfüllen mittels Schubkarren geschieht, die sich nach vorn überstürzen lassen.

Fig. 84.



Zu der Mischung gehört etwa der Inhalt von drei Karren mit je 60 bis 70 l Inhalt, also etwa 180 bis 210 l Kies und Sand nebst dem entsprechenden Quantum Cement. Sand und Cement werden zuerst in der Trommel trocken gemischt und darauf erst der Kies (Steinschlag) in dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis und das nötige Wasser zugesetzt. Der fertige Beton fällt aus der Mischtrommel direkt in einen darunter gestellten Betonwagen und geschieht die Abfuhr am besten mittels drehbarer Mulden-Kippwagen. Zwecks regelmäßiger Zufuhr der Betonmaterialien und Abfuhr des Betons empfiehlt sich die Anlage von Gleisen (und Drehscheiben), wie aus Fig. 84 zu ersehen.

Diese Maschine liefert bei bester Mischung nur ein mäßiges Quantum Cement, nämlich pro Stunde 6 bis 8 cbm.

§ 37.

Nach der Darstellung der Betonmasse kommt es darauf an, dieselbe auf die Sohle der Baugrube zu bringen, wenn nicht etwa die Bereitung 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 Teile näher aneinander getrieben werden und die Masse kompakter 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 Nachteile erwachsen können. Man soll die Masse überhaupt so wenig als möglich umrühren und nur die Oberfläche der zuletzt aufgebrachten Lage ebnen, um eine horizontale Fläche zu erhalten. Die einzelnen Lagen werden 18 bis 26 cm stark und keine zweite aufgebracht, 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 Versenken des Betons zu einem Fundamentbett muß in der Weise geschehen, daß der Beton mit dem darüber stehenden Wasser möglichst wenig in Berührung tritt und jede Strömung von ihm abgehalten wird, so lange er nicht erhärtet ist. Es kommt daher zunächst darauf an, in der Baugrube ruhiges Wasser zu schaffen, was dadurch geschieht, daß man sie mit festen Wänden (Fangedämmen) umgiebt und — wenn dieselbe im festen Lande eröffnet ist und das Wasser nur durch die Sohle der Baugrube eindringt — müssen die Schöpfmaschinen während der Versenkung des Betons ruhen, d. h. es soll während des Schüttens der Betonmasse der Wasserspiegel in der Baugrube unverändert bleiben, damit keine Strömung des Wassers von unten nach oben eintritt, wodurch die Dichtigkeit der Betonschüttung gefährdet würde. Liegt die Baugrube aber in einem fließenden Gewässer, so muß sie wenigstens mit einer leichten Spundwand umgeben werden, die das heftige Strömen des Wassers verhindert.

Da das freie 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 mittels 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 mittels Schlitten oder Wagen bewegt oder bei größerer Breite der Baustelle zwischen zwei Kähnen aufgestellt. Fig. 85 zeigt die Anordnung eines hölzernen Trichters mit seiner Schiebebühne; derselbe bleibt während der Betonierung bis über Wasser gefüllt, und indem er langsam vorgerückt wird, fließt unten die Betonmasse aus, die

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 circa 90° gedreht, wodurch der Kasten wieder so weit gehoben wird, daß er mittels der in den Figuren sichtbaren Leine umgekippt oder wie in Fig. 87[a] durch Öffnen des Bodens geleert werden kann. Die obere Fläche einer auf diese Weise gebildeten Betonlage muß dann noch 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 das Auswaschen des Kalkes aus den oberen Teilen der Betonlage 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 benutzt werden kann, um die Rüstung für die Versenkungsvorrichtung 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.

§ 38.

Jede Betonschüttung kann als eine Art Gußmauerwerk[1]) angesehen werden, welches weniger Festigkeit zeigt, als ein mit denselben Materialien regelmäßig hergestelltes Mauerwerk, woraus mit Notwendigkeit folgt, dem ersteren eine größere Stärke zu geben als letzteres bedarf. Die Stärke eines solchen Betonbettes ist zum Teil davon abhängig, ob man unter Wasser fundiert oder nicht. Ist letzteres der Fall, so ist die Last, welche das aufzuführende Gebäude auf die Bausohle ausübt, und die Beschaffenheit des Untergrundes allein maßgebend. Fundiert man aber unter Wasser und hat die Absicht, nach dem Erhärten des Betons die Baugrube wasserfrei zu machen, so hat das Betonbett auch dem Drucke der von unten nach oben wirkenden Quellen zu widerstehen, welcher wiederum vom Stande des Oberwasserspiegels abhängig ist. 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 wegen der unvermeidlichen kleinen Höhlungen im Inneren der Masse nicht wohl größer als 1,5 bis 1,8 annehmen, bei im Trockenen aufgeführtem und zusammengerammtem Beton aber vielleicht gleich 2 setzen. Der Beton ist aber ein kostbares Material und man schränkt seine Abmessungen daher gern nach Möglichkeit ein.

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 eine derartige kostspielige Fundierung nicht anwenden würde, so wird immerhin eine so bedeutende Stärke der Betonbettung nötig 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 Rostes vergleichen lassen, und um diese noch sicherer zu erreichen, dürfte eine Stärke von 0,75 bis 1 m das geringste Maß sein, welches man einem Betonbette geben darf, wenn dasselbe eine gleichmäßige Verteilung des Druckes auf den Untergrund bewirken soll. Die vorteilhafte Wirkung größer zusammenhängender Mauermassen bei Fundierungen 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 nötig, 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 ausgedehnt und der Baugrund schlecht, so muß man unter der ganzen Sohlfläche desselben den Grund ausgraben und das Betonbett über die ganze Baugrube ausdehnen. In einem solchen Falle kann dasselbe geringere Stärke erhalten, als wenn nur einzelne Mauern auf Beton fundiert werden. Als Belag dafür möge folgendes Beispiel dienen:

In den Marschen bei Warl in Hertfordshire wollte man ein Haus auf einem Boden erbauen, der sehr schlecht und sumpfig war, so daß ziemlich lange Pfähle ohne bedeutenden Widerstand eindrangen und den festen Grund nicht erreichten. Das Gebäude wurde auf einem Schwellrost gegründet. Dieser war aber nicht im stande, den ungleichmäßigen Druck, den das Gebäude ausübte, zu verteilen, demzufolge bekam das Haus so bedeutende Risse und Sprünge, daß es abgetragen werden mußte. Da das Gebäude aber an dieser Stelle errichtet werden mußte, entschloß man sich diesmal zu einer Betonfundierung. Zu diesem Zweck wurde die Baugrube 1,80 m breiter und länger als das 15 m im Geviert messende Gebäude, und zwar bis zu 2,13 m Tiefe — welche durch den starken Wasserzudrang bedingt war — ausgehoben und auf die

1) Vergl. den I. Teil der Allgemeinen Baukonstruktionslehre.

immer noch weiche und nachgiebige Sohle eine 1,80 m starke Betonschicht gebracht, deren Seitenwände Dossierung erhielten. Einen Monat lang ließ man den Beton sich setzen und dann führte man das Mauerwerk des Gebäudes auf. Obgleich die Umfassungsmauern bedeutend stärker lasteten als die Scheidewände im Innern, hat das Gebäude sich doch gut erhalten und keine ungleichen Senkungen wahrnehmen lassen.

Bei der Betonfundierung für den Bau des Neuen Museums in Berlin handelte es sich darum, die Säulenhalle eines eingeschlossenen Hofes zu gründen. Wegen der umgebenden, tief fundamentierten Gebäude war ein seitliches Ausweichen des übrigens ganz morastigen Grundes nicht zu befürchten. Diese Gebäude waren auf einem Pfahlroste fundamentiert. In gleichem Niveau mit dem Bohlenbelag dieses Pfahlrostes wurde zur besseren Verteilung 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 Säulenbau, um eine möglichst starke Kompression noch vor Benutzung des Fundamentes zu bewirken.

Auch zur Verbreiterung der Fundamente findet der Cementbeton im Hochbauwesen zweckmäßige Anwendung, da Bruchsteinmauerwerk nicht billiger ist als magerer Cementbeton, auch eine höhere Festigkeit als dieser nicht erreicht. Hierbei richtet sich die Breite der Sohle nach der Tragfähigkeit des Baugrundes und der Belastung durch das Eigengewicht der Mauern, des Daches mit Schnee und Wind, der Decken mit zufälliger Belastung. Wenn nun die Oberfläche der Betonschicht einen Druck von 6 kg pro Quadratcentimeter von der darauf stehenden Frontwand auszuhalten hat, und der Baugrund nur eine Belastung von 3 kg pro Quadratcentimeter erfahren darf, so muß die Sohle der Betonschüttung doppelt so breit sein, als diejenige der Fundamentmauer. — So ist man im stande, die Flächeneinheit des Baugrundes seiner Traghaftigkeit entsprechend normal zu belasten.

§ 39.

Gründung mit Erdbögen.

In manchen Fällen ist man genötigt, sehr tief hinabreichende Fundamentmauern aufzuführen. Um hierbei an Material zu sparen, mauert man nur einzelne Pfeiler auf und verbindet dieselben oberhalb durch Bögen, welche mit ihrem äußeren Scheitel noch unter Terrain liegen; diese werden horizontal abgeglichen und dann der Sockel des Gebäudes darauf gesetzt. Bei einer fetten, „gut stehenden" Erdart kann man auch das Grundgraben auf die Pfeiler beschränken und dann die stehen gebliebene Erde von einem Pfeiler zum anderen nach der Form des zu wölbenden Bogens abstechen, so daß dieselbe als Lehrgerüst für die Fundamentbögen dient. Eine solche Gründung pflegt man daher wohl eine Fundierung mit „Erdbögen" zu nennen. Dergleichen Bögen sollen nicht flacher als im Halbkreise und nicht schwächer als zwei Stein stark ausgewölbt werden, und an den Ecken der Gebäude soll die Pfeilerbreite gleich der vierfachen Gewölbstärke gemacht werden, während die Mittelpfeiler 1,25 m breit herzustellen sind. Die Leibungstiefe der Erdbögen richtet sich, wie die Stärke der Fundamentmauern, zunächst nach der Stärke der Sockelmauern. — Bei den Frontmauern mehrstöckiger, stark belasteter Gebäude ist unter jedem Fensterpfeiler ein Widerlagspfeiler anzuordnen, und — wenn irgend angängig — die Halbkreisform für die Bögen beizubehalten. Ist der Grund, auf den die Fundamentpfeiler zu stehen kommen, nicht absolut fest, so läßt man das unterste Bankett besser ganz durchgehen.

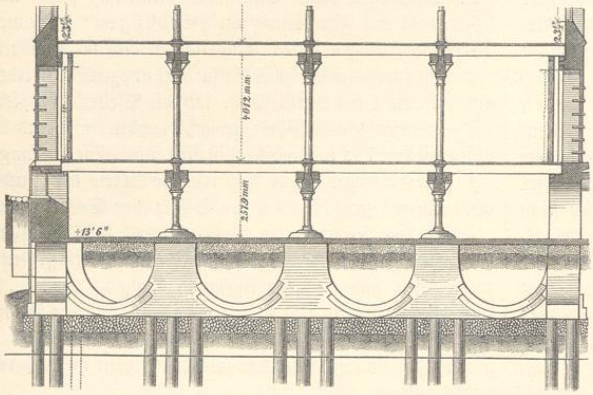
Entschließt man sich zu einer Gründung der Pfeiler auf Pfahlrost, so müssen die Langschwellen immer in der ganzen Länge der Grundmauer durchgehen; wenn man jedoch nicht ganz widerstandsfähigen Boden voraussetzen darf, bleibt diese Gründungsart bei stark belasteten Gebäuden immer bedenklich; namentlich wenn die Pfeiler etwa sehr verschiedene Höhe bekommen, tritt die Gefahr eines ungleichmäßigen Setzens ein. In dieser Beziehung würde also ein starkes, massiges, durchgehendes Bankett jede ungleiche Senkung am sichersten verhindern und ebenso wirksam sein als umgekehrte Bögen zwischen Pfeilern, eine Konstruktion, die schon den alten Römern bekannt gewesen sein muß, weil sich dieselbe bei den Substruktionen der Engelsburg in Rom findet. Am sichersten wird man gehen, wenn man umgekehrte Bögen auf ein durchgehendes (nun schwächeres) Bankett setzt.

Betonschüttungen kommen ferner auch da zur Anwendung, wo man wegen der tiefen Lage des Baugrundes gezwungen ist, auf Grundpfählen zu fundieren. Die Betonschicht wird dann aber zwischen die Pfähle in mäßiger Stärke eingeschüttet, um dieselben nach jeder Richtung hin zu versteifen. Diese Schüttung wird bündig mit der Oberkante der Pfahlköpfe geebnet, und nach Erhärtung derselben werden auf diese ebene Fundamentfläche die Pfeiler des Gebäudes gesetzt, auch wohl durch umgekehrte Bögen verbunden.

Als Beispiel einer solchen Gründung haben wir in Fig. 89 diejenige des großen Getreidespeichers am Kaiserquai in Hamburg dargestellt. Die Entfernung der inneren Stützenreihen beträgt 4,87 m von Mitte zu Mitte, ebenso groß ist der Abstand der Säulen in der Längs-

richtung. Die Grundpfähle sind unter jedem Stützpfeiler angeordnet, und zwar in zwei Reihen von je drei Pfählen. Der von den gußeisernen, durch fünf Geschosse reichenden

Fig. 89.



Deckenstützen aufgenommene Druck wird durch ein System umgekehrter Bögen verteilt. Zu gleichem Zwecke ist auch unter jeder der eisernen Stützen eine große, abgerundete Granitplatte angeordnet.

§ 40.

Bei leichteren Gebäuden kann man von der obigen Regel, unter jedem Fensterpfeiler einen Widerlagspfeiler anzuordnen, abgehen, auch die Halbkreisform der Erdbögen in Kreissegmente verwandeln, wie dies ein Paar bei den württembergischen Eisenbahnbauten ausgeführte und auf der Tafel 73 dargestellte Fundierungen zeigen. Bei dem hier dargestellten Wagenschuppen des Bahnhofes in Cannstatt beträgt die Spannweite der Erdbögen 4 m und deren Pfeilhöhe 1,29 m; die Bögen sind 0,57 m stark und der äußere Bogenscheitel liegt noch 0,6 m unter dem Terrain; die mittleren Widerlagspfeiler sind 1,4 m, die Endwiderlager 2,3 m breit; ihre Höhe bis zum Kämpfer beträgt 1,29 m, die Tiefe der Endbögen (in der Achse gemessen) ist 1,43 m in den Fronten und 1,15 m in den Giebeln. Die Frontmauern sind 2 Stein, der Sockel $2^1/_2$ Stein stark. Die Giebel, mit ihren großen Thüröffnungen, sind im unteren Teile 0,86 m, im Dach noch 2 Stein stark.

Diese Fundierungsart wurde gewählt, um Baukosten zu sparen, weil die genannten Bahnhöfe in der Aufschüttung der Bahn liegen.

Kommen in einem sonst guten und festen Baugrunde weiche, grundlose Stellen, sogenannte „faule Adern“ vor, so kann man ebenfalls veranlaßt werden, solche Stellen mit einem oder mehreren Bögen zu überspannen. Die Spannweite eines solchen Bogens, für dessen Gewölbelinie immer der Halbkreis anzuraten ist, hängt dann von der Tiefe der Fundamente ab, weil er mit seinem äußeren Scheitel unter dem Sockel bleiben muß. Ist eine solche Stelle also 5 bis 6 m breit, so müssen in derselben eventuell einzelne Pfeiler gegründet und durch Bögen zusammengewölbt werden. Die Gründung solcher Pfeiler muß aber mit der äußersten Sorgfalt geschehen und man muß ihnen eine möglichst breite Bankettsohle geben.[1]) Wird die Anlage eines Pfahlrostes nötig, so sind die Pfeiler unter sich in Zusammenhang zu bringen und müssen die Grundpfähle bis in den guten festen Grund hinabreichen. Auf dem Roste hat man dann zunächst ein nicht zu schwaches, durchgehendes Bankett aufzuführen und darauf zu setzen, wenn man es nicht überhaupt vorzieht, dergleichen Stellen in ihrer ganzen Ausdehnung mit Betonschüttung auszufüllen. Wenn in einem ziemlich guten Baugrunde einzelne Stellen, wie eingerammte alte Pfähle oder große Steine u. s. w., vorkommen, welche das Setzen der Mauermassen unterbrechen würden: dann werden auch solche Stellen mit einem Bogen überwölbt, jedoch so, daß zwischen der Leibung des Bogens und dem festen Gegenstand ein angemessener Zwischenraum verbleibt, damit das ganze Fundament sich gleichförmig setzen kann.

Erinnern müssen wir hier noch an das, was schon im ersten Teile der allgemeinen Konstruktionslehre über die Fundamente einzelner stark belasteten Pfeiler, wie sie namentlich bei Magazinen, Kirchen u. s. w. vorkommen, gesagt worden ist, weil solche Pfeiler oft mehr zu tragen haben, als gleich große Teile der Frontmauern. Bei einigermaßen zweifelhaftem Grunde wird es immer geraten sein, solche einzelne Pfeiler auf ein durchgehendes Bankett zu setzen und dieselben oberhalb durch Erdbögen unter sich und durch umgekehrte Bögen mit den Fundamenten der Frontmauern zu verbinden, um jedes Schwanken unmöglich zu machen. Sind aber bei einem schlechten Baugrunde die Front- und starkbelasteten Mittelmauern des Gebäudes — etwa auf Roste — vorsichtig gegründet, so kann man zur Ersparung von Mauerwerk kurze Querscheidewände, die nur ihr eigenes Gewicht tragen, ganz auf Bögen setzen.

§ 41.

Gründung auf Senkbrunnen.

Zu den Pfeilerfundierungen gehört auch die zuerst von Gilly beschriebene „Gründung auf Senkbrunnen“. In einem Hefte des Magasin encyclo-

1) Die Grundfläche der Pfeiler ist rechnerisch derart festzustellen, daß der Quadratmeter Baugrund mit höchstens 25 000 kg belastet

pédique ou journal des Sciences etc. vom Jahre 1803 wird die Methode dieser Gründung nach der Schilderung eines Schriftstellers, der im Mittelalter Ägypten durchreiste, mitgeteilt. Auch in den im Jahre 1802 zu Paris edierten „Mémoires sur les travaux de 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, Tome I, p. 46, etwas ähnliches. In Berlin kam im Jahre 1798 der Bürger Benjamin George ganz von selbst auf diese, von allen bisherigen Methoden abweichende Gründung und wendete dieselbe zur Fundierung eines massiven, zwei Geschoß hohen Gebäudes an; nach dieser Zeit ist die Brunnengründung bei verschiedenen, drei oder vier Geschoß hohen Gebäuden in Ausführung gekommen, wenn auch nicht überall mit gleich gutem Erfolg.

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 Teil in sehr bedeutenden Dimensionen ausgeführt worden: so an der Oldenburgischen Bahn kreisrund bis zu 6,5 m äußerem Durchmesser, rechteckige bei den Brückenfundierungen der Venloo-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[1]), 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 2,5 und 3,5 kg pro Quadratcentimeter angenommen werden.

Zur Unterstützung des Brunnenmauerwerkes beim Senken (vergl. auch den II. Abschnitt, Seite 271) dienen Brunnenkränze von Holz oder Eisen.

Hölzerne Kränze werden aus 2 bis 3 Bohlenlagen nach der gegebenen Grundrißform zusammengesetzt und durch Bolzen und Nägel verbunden (Tafel 74, Fig. 2).

Zur Erleichterung des Eindringens pflegt man sie jedoch gegenwärtig im Profil keilartig (nach Fig. 89[a]) herzustellen, auch an der untersten Kante wohl mit einem Eisenringe zu armieren. Für größere Brunnen erhält der Kranz nicht die volle Breite des Mauerringes, sondern wird, wegen des leichteren 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 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 nötigen 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 $1^1/_2$ Stein starker Wandung auszuführen. Die rechteckigen Brunnen der Venloo-Hamburger Bahn sind bei 6,7 m und 4,5 m Seitenabmessung $2^1/_2$ Stein stark ausgeführt worden.

Fig. 89a.



Das Mauerwerk der Brunnen wird aus scharf gebrannten Backsteinen in Cement ausgeführt, seltener in hydraulischem Mörtel, es wird an der Außenfläche auch mit Cement geputzt, teils um es undurchlässig für Wasser zu machen, teils um die Reibung beim Senken zu vermindern. Die dazu verwendeten Ziegeln sind keilförmig, sogenannte Brunnenziegel, oder sie werden 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 meistenteils vom festen Boden, bei den eigentlichen Wasserbauten von festen oder schwimmenden Gerüsten aus; wir haben hier nur die erstgenannte Art des Senkens in Betracht zu ziehen. Zunächst wird an der Fundierungsstelle das Terrain, soweit es der Wasserandrang erlaubt, abgegraben, der Brunnenkranz verlegt und hierauf die ringförmige Mauer bis zu solcher Höhe aufgeführt, wie solche bei den jedesmaligen Verhältnissen vorteilhaft erscheint. Nach genügender Erhärtung des Mauerwerkes wird mit dem Senken begonnen und dieses bei geringer Wandstärke zur Sicherheit mit Brettern und Tauen geschient, um bei nicht

wird. Werden Senkkästen angeordnet, so darf diese Zahl — mit Rücksicht auf die Reibung der Kastenwandung an den durchstoßenen Schichten — bis auf 30000 kg erhöht werden.

1) Engineering 1875, II, p. 162.

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 Unterstützung und sinkt tiefer ein. Die Erde wird durch Werfen oder Heben in Kübeln entfernt und diese Operation so lange fortgesetzt, als die Wasserbewältigung 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 eignen sich, je nach Art und Beschaffenheit des Bodens, der Sackbohrer (Tafel 74, Fig. 6), der Trichterbohrer und die indische Schaufel (Fig. 34 und 35), auch senkrechte Baggerapparate mit Hand- oder Dampfbetrieb (vergl. § 9, Seite 444). Größere Steine, Hölzer oder andere Hindernisse werden durch die Teufelsklaue (Fig. 37), den Steinwolf (Fig. 38) oder sonstwie entfernt.

Auf Tafel 74 ist in Fig. 5 die einfachste Art der Brunnensenkung dargestellt. Der aufgemauerte Brunnen ist mit einem Gerüst bedeckt, auf welches sich die Arbeiter stellen, von hier aus den Sackbohrer hinablassen und diesen mittels eines Knebels so lange drehen, bis sich der Sack mit Boden gefüllt hat, der dann an Tauen herausgezogen wird. Als Belastung des Brunnens sind hier Mauersteine angemessen auf dem Gerüst verteilt; einfacher und gebräuchlicher ist die Belastung durch Eisenbarren. Bei einiger Übung bringen es nun die Arbeiter bald dahin, daß der Brunnen senkrecht hinabsinkt, oder sie suchen die stärker gesenkte Seite durch stärkeres Unterhöhlen des entgegengesetzten Teiles des Brunnenkranzes wieder in die Wage zu bringen.

Anm. Da man bei allen Brunnenfundierungen die Beobachtung gemacht hat, daß das umgebende Erdreich bei der angewandten Methode der Exkavation auch über die Grenzen des Kessels hinaus eine Lockerung erfährt, so empfiehlt es sich überall da, wo zwei oder mehrere Brunnen dicht nebeneinander abgeteuft werden sollen, dieselben gleichzeitig zu mauern und zu senken, weil sie — infolge der Bodenauflockerung — in der Nähe des angrenzenden Cylinders einen geringeren Widerstand finden und sich schief stellen. Bei Fundierung von Brückenpfeilern pflegt man diese Regel besonders scharf ins Auge zu fassen und dann von drei nebeneinander stehenden Brunnen zuerst die beiden äußeren 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 mittels 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 Tafel 74 in 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 mehr als zwei Dezennien ist daher ausnahmslos das Ausfüllen der Brunnen mit Beton zur Anwendung gekommen. Das Einbringen desselben geschieht mittels Kästen oder auch mit Betontrichtern und ist in § 37 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 spezifischen 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 Brunnenmauerwerkes macht man bei tiefen Brunnen das Betonbett reichlich stark, da der Preis der Betonierung denjenigen des Füllmauerwerkes nicht 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- und Ziegelmauerwerk. Hierbei ist das Setzen des Füllmauerwerkes nicht ganz zu umgehen, es bedarf also einer sorgfältigen Ausführung desselben.

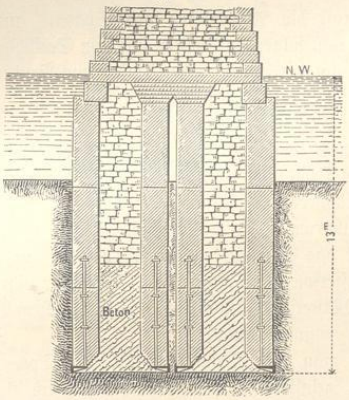
Hat sich das innere Brunnenmauerwerk erst hinreichend gesetzt, so kann mit dem weiteren Aufbau der Brunnenpfeiler begonnen werden. Zu dem Ende werden die Brunnenpfeiler etwa 0,5 m hoch in regelrechtem Steinverband, wie solches Tafel 74, Fig. 1 in Grundriß und Ansicht zu sehen ist, übermauert und abgeglichen, 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 Sockelmauerwerkes abgeglichen werden. Die Stärke der Bögen im Scheitel beträgt mindestens $1\frac{1}{2}$, besser 2 Stein und ist im übrigen abhängig von der Größe der zu tragenden Last.

Außer der Unterstützung durch Gewölbe kann die Verbindung einzelner Brunnen, welche zusammenhängende Teile eines Mauerwerkes unterstützen, auch durch Überkragung der Mauerschichten und durch Steinplatten, beziehungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

weise durch Quadern bewirkt werden. (Vergl. Fig. 90, Fundierung eines Brückenpfeilers auf Brunnen.)

Fig. 90.



Die Entfernung der Brunnenpfeiler voneinander richtet sich bei Hochbauten in der Regel nach der Stellung der Fensterpfeiler des Gebäudes, wie solches der Grundriß Fig. 7 auf Tafel 74 zeigt, in welchem die Brunnenpfeiler in der üblichen Weise eingezeichnet sind. Bei freistehenden Gebäuden ist es ratsam, die Ecken des Gebäudes besonders zu verstärken, was durch paarweise vorgelegte Brunnenpfeiler geschieht, von welchen einhüftige Strebebögen gegen die Ecken des Gebäudes ausgehen.

Anm. Es verdient Erwähnung, daß die neuere Ingenieurwissenschaft sich seit etwa 20 Jahren auch **eiserner Versenkungskörper** bedient hat, in der Regel weiter eiserner, oben offener Cylinder, wie an der Theißbrücke zu Szegedin und der Brücke über den Niemen bei Kowno, bei welcher der französische Ingenieur Cézanne pneumatische Fundierung 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 der Luftschleuse 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 Luftraumes und der Schächte ist dann auch der obere Teil der Röhren mit Beton gefüllt worden. (Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1863, S. 371.)

Auch die inzwischen eingestürzte Taybrücke in Schottland, bei welcher man die eisernen Brunnen durch Backsteinmauerwerck ausgefüttert 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 montiert; man fuhr sie auf Prahmen an die Baustelle und ließ sie durch die Ebbe auf den Grund senken, setzte Luftschleusen auf und bewirkte das weitere Versenken mittelst komprimierter Luft in der gewöhnlichen Weise.

Es wird genügen, diese Methode, welche bisher nur bei Brückenbauten Anwendung gefunden hat, hier kurz erwähnt zu haben. Ausführliche Mitteilungen über das letztgenannte Bauwerk finden sich in den Jahrg. 1878 und 1879 von „Engineering“, „The Buildec“ und in „Glasers Annalen“.

§ 42.

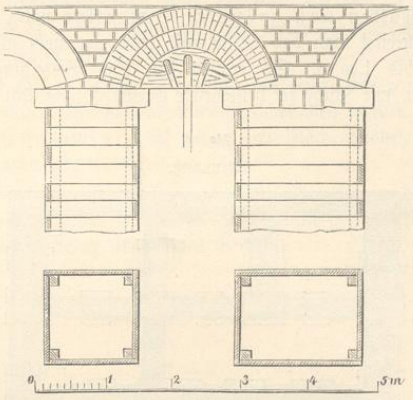
Gründung mittels hölzerner Senkkasten.

Bei nicht zu großer Tiefenlage des Baugrundes finden mitunter hölzerne Senkbrunnen, sogenannte „Senkkasten“, Anwendung, deren Wandungen nicht einen Teil 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 wechselsweise auf der einen Seite freiliegt, auf der anderen von einer Bohle bedeckt wird (Fig. 91). Um das Einsenken

Fig. 91.

Aufriß.

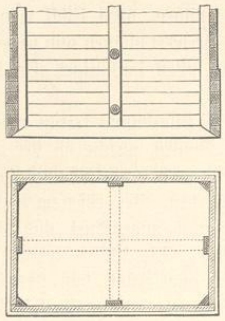


möglichst zu fördern, sind die vier Stiele an ihrem unteren Ende, auch die unterste Lage Bohlen ringsumher auf der Innenseite des Kastens abgeschrägt, auch macht man sie in den unteren Lagen gern stärker als in den oberen (Fig. 92).

Die Grundform der Kästen kann die des Quadrates oder Rechteckes sein und ist abhängig von der Dicke der Wand, zu deren Unterstützung die Kästen bestimmt sind, und von der Lage der Wände zu einander. Während die Breitendimension der Kästen, im Lichten gemessen, die Stärke der zu tragenden Wand nach rechts und links um je 15 cm überschreitet, ergiebt sich die zweite oder Längendimension nach Feststellung der zulässigen Entfernung der

Kästen, welche 2,20 bis 2,50 m nicht überschreiten soll. Sind daher zwei Scheidewände etwa 3,5 m voneinander entfernt, so kann der überschüssige Zwischenraum durch

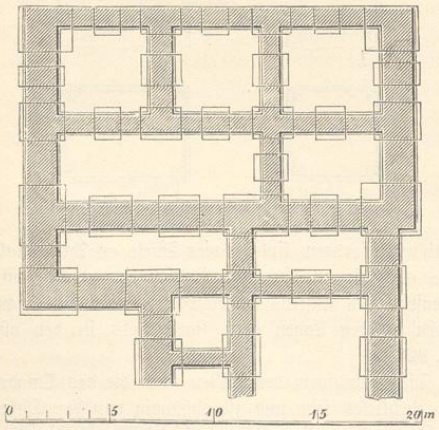
Fig. 92.



Vergrößerung der Länge der Kästen auf das zulässige Maß reduziert werden, doch ist auch die Länge der Kästen nicht erheblich über 2,00 auszudehnen. Wo innen Wände zusammentreffen, außerdem an den Ecken des Gebäudes, sind Kästen von größerer Dimension nötig, doch überschreitet man das Mittelmaß selten um mehr als um 0,80 bis 1,20 m. So ergiebt sich eine Verteilung der Kasten, wie solche der beistehende Grundriß (Fig. 93) zeigt.

Fig. 93.

Grundriß.



Vor dem Versenken der Kasten pflegt man die oberen Bodenschichten zunächst so weit abzugraben, als es nach Beschaffenheit des Baugrundes und des Wasserstandes thunlich ist, und dann den Kasten aufzustellen. Hierauf wird durch einen Arbeitsmann leicht das Einsenken um 60 bis 70 cm bewirkt, indem er die vierte oder fünfte Bohle auf einer Seite des Kastens losschlägt und durch die Öffnung so lange Boden hinauswirft, bis Grundwasser und Morast die Anwendung des Spatens ausschließen. Bei dem nun folgenden Bohren mit dem Sackbohrer ist die Arbeit genau derjenigen beim Senken von Brunnen gleich, wobei die Stellung des Kastens durch Fluchtschnur und Lot zu kontrollieren ist. Der Kasten wird sodann mit Kreuzhölzern und Brettern abgedeckt, so daß nur eine Öffnung von 80 cm im Quadrat bleibt, durch welche das Heraufwinden des Sackbohrers ermöglicht ist. Das Belasten erfolgt mit Eisenbarren. Ist der tragfähige Baugrund erreicht, so erfolgt das Einschütten von Beton bis zur Höhe des Grundwasserspiegels, wozu ein Gemisch von Cement, scharfem Mauersand und Steinschlag in üblichem Verhältnis zur Verwendung gelangt.

Hat man dem Beton fünf bis sechs Tage Zeit zum Erhärten gelassen, so findet, nach erfolgtem Auspumpen des Wassers, die weitere Ausmauerung des Kastens mit Klinkern in Cementmörtel statt.

Die Verbindung der einzelnen Kasten wird durch Wölbung hergestellt, zu welchem Zweck man die Kämpferschichten nach jeder Seite der Bogenöffnung etwa 15 cm vorzuziehen pflegt. Darauf werden in einem Abstande gleich der lichten Entfernung der Kasten zwei Lehrbögen gestellt (Fig. 91) und durch ein Brettstück verbunden. Eine unten zugespitzte Latte ist mit dem Bogen verbunden, sie reicht bis in die Erde hinab und giebt ihm unverrückbare Stellung. Auf dieser ist auch der Mittelpunkt durch einen Nagel bezeichnet. Beim Wölben wird dann die Fugenrichtung der Schichten mit der Schnur (Leier) bestimmt. Der Zwischenraum der Bögen wird mit Erde ausgefüllt und dadurch die Verschalung gespart. Die Wölbstärke der Bögen beträgt zwei Stein.

Eine ausgedehnte Anwendung der Kastenfundierung wurde beim Bau der Nationalgallerie in Berlin gemacht (1866). Hier bestand der auszuhebende Boden aus etwa 3 m Humus, darauf folgte ein 1 bis 3 m mächtiges Lettenlager, dessen Hauptbestandteil 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, 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 Bohlen herzustellen. Die Lettenschicht begünstigte das trockene Ausheben des Bodens bis zum Grundwasserspiegel, so daß nur die letzten

2 bis 2,5 m unter Wasser (mit dem Sackbohrer) beseitigt wurden.

Die Ausfüllung der Brunnen erfolgte bis auf 1,3 bis 1,6 m Höhe mit Beton, einer Mischung von 1 Raumteil Portlandcement, 1 Teil Sand und 6,4 Teilen Steinbrocken, welche 7,4 Volumteile Beton ergaben. Der Raum über dem Beton wurde, wie oben, durch Kalksteinmauerwerk ausgefüllt und die einzelnen Brunnenpfeiler durch Erdbögen verbunden.

Eine der Versenkung hölzerner und eiserner Brunnen ähnliche Fundierungsmethode ist diejenige mittels „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 Fundierung 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 zwei Schiffen. Da diese Konstruktion recht eigentlich nur dem Gebiete des Wasserbaues angehört, kann sie hier füglich außer Acht bleiben.

§ 43.

Rückblicke. Die in den vorhergehenden Kapiteln besprochenen Gründungsarten 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** 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 Bauwerkes über dem festen Boden, gleichzeitig als Fundamentverbreiterung bei nicht starker Belastung, ist die **Sandschüttung** indiziert. — **Steinschüttung** dagegen bildet bei thonigem Untergrund lediglich ein Mittel zur Verdichtung des Bodens.

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

Hier behält die altbewährte Fundierung 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 Rostbelag 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 Baggern zu entfernen, so wird bis zu bedeutender Tiefe die **Brunnenfundierung** gute Resultate liefern, bei ungleichmäßigem Boden und wo Hindernisse vorkommen, da verliert sie ihren Wert.

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 Gründungsarten haben für die Zwecke des Hochbaues einen relativ geringen Wert und können daher übergangen werden.