

(Halse) in lotrechter Lage festgehalten wird. Es ruht so die ganze Last des Torflügels in der Pfanne, wodurch eine sehr leichte Bewegung der Torflügel erreicht wird (Fig. 6 und 7, T. 60).

Sehr breite Tore werden oft als Schiebetore mit einem oder auch mit zwei Flügeln angeordnet (siehe Schlosserarbeiten, T. 63).

Tore, durch welche gefahren wird, sollen zum Schutze der Torgewände steinerne oder eiserne „Radabweiser“ und zum Schutze der verkehrenden Fußgänger in der Hausflur erhöhte Trottoirs — Perrons genannt — erhalten.

3. Ventilationsöffnungen.

Diese haben den Zweck, reine, unverdorbene Luft in die Räume oder die verdorbene, schlechte Luft aus denselben gelangen zu lassen. Die Zufuhr der reinen Luft kann bei großen Räumen durch in Außenmauern angebrachte, verschließbare Öffnungen erfolgen, welche bei beheizten Räumen mit dem Ofen durch Kanäle verbunden sein sollen.

Den Querschnitt der Ventilationsöffnungen macht man bei Ziegelmauerwerk gewöhnlich als Vielfaches der Ziegeldicke, also $\frac{15}{15}$, $\frac{15}{23}$, $\frac{23}{23}$, $\frac{30}{30}$ u. dgl.; er muß nach der Größe des Raumes bestimmt werden (siehe Ventilationsanlagen). Führt die Öffnung direkt von außen durch die Mauer in den Raum, so ist sie womöglich nicht geradlinig, sondern gebrochen anzulegen, um dadurch den direkten Luftzug zu verhindern. Die Wände der Luftkanäle sind möglichst glatt zu verputzen und vor Feuchtigkeit zu schützen. An der Außenseite sind diese Öffnungen gegen das Eindringen von Ungeziefer mit einem Drahtgitter zu versehen, an der inneren Seite werden schließbare eiserne Klappen oder Schuber angebracht und diese mittels Pratzen bündig in das Mauerwerk versetzt.

Die Abfuhr verdorbener Luft erfolgt meist durch Abzugskanäle, welche schlotartig in den Haupt- und Mittelmauern angebracht und bis über Dach geführt werden. Die Einmündung in diese Schlote erfolgt 10 bis 30 *cm* ober dem Fußboden und unter dem Plafond und wird ebenfalls durch Klappen oder Jalousien abgeschlossen.

V. Fundierungen.

Für die Dauerhaftigkeit eines jeden Bauwerkes ist es unbedingt notwendig, daß der Baugrund gleichmäßig und genügend tragfähig sei, damit das Bauwerk keine ungleichmäßigen Setzungen erfahre.

Die infolge der Last des Bauwerkes durch Pressung des Baugrundes beinahe immer eintretenden Setzungen müssen gleichmäßig vor sich gehen und bald zum Stillstande kommen. Bei einem ungleichartigen oder wenig tragfähigen Baugrund würden sich einzelne Teile des Bauwerkes mehr, andere weniger oder gar nicht setzen, so daß Risse in dem Mauerwerk entstehen müßten, welche den Bestand des Baues eventuell gefährden könnten.

Bei gleichartigem und genügend tragfähigem Baugrunde ist die Fundamentbasis so groß zu machen, daß der Baugrund durch die Last des Baues in keinem Teile mehr als zulässig — je nach der Bodengattung $1\frac{1}{2}$ bis 6 *kg* pro *cm*² — belastet werde. Ferner muß die Fundamentsohle so tief gelegt werden, daß sie vom Froste nicht erreicht werden kann. Die Frosttiefe beträgt je nach den klimatischen Verhältnissen 0.70 bis 1.20 *m*.

A. Arten des Baugrundes.

Die verschiedenen Bodengattungen werden je nach ihrer Tragfähigkeit in guten, mittleren und schlechten Baugrund eingeteilt.

Als guter Baugrund werden alle Fels- und jene Bodengattungen bezeichnet, welche eine sichere Tragfähigkeit von mindestens $2\frac{1}{2}$ bis 6 kg pro cm^2 besitzen, also wie erwähnt, Felsen, ferner Schotter, rescher Sand, trockener Ton und Lehm.

Zu dem mittleren Baugrund zählen jene Bodenarten, die eine Tragfähigkeit von zirka 1 bis 2 kg pro cm^2 besitzen, z. B. nasser Lehm oder Ton, weicher, eventuell mit Lehm oder Ton gemengter Sand u. dgl.

Als schlechter Baugrund gelten: Humuserde, Torf, Moor und alle aufgeschütteten oder angeschwemmten, weichen Bodengattungen, welche eine geringere Tragfähigkeit als 1 kg pro cm^2 besitzen, daher für eine solide Gründung vorerst entweder ganz entfernt oder künstlich verstärkt werden müssen.

Felsboden kann bei einer Mächtigkeit von 3.00 m und bei günstiger, vor dem Abgleiten gesicherter Schichtung auch dann als vorzüglicher Baugrund gelten, wenn unter demselben eine mindere Bodengattung lagert. Bei verwitterbarem Felsen muß mit der Fundamentsohle bis auf die Frosttiefe hinabgegangen werden. Zerklüftungen müssen bezüglich ihrer Haltbarkeit und Wasserundurchlässigkeit vorerst untersucht werden. Ungefährliche Klüfte werden einfach voll gemauert, gefährliche aber vorerst ausgebrochen.

Schotter, Kies oder rescher Sand bilden bei einer Mächtigkeit von 3.00 m und vor dem seitlichen Ausweichen sowie vor Unterwaschungen geschützt, ebenfalls einen sehr guten Baugrund.

Ton-, Lehm- oder Mergelgrund bildet bei einer Mächtigkeit von 3.00 m einen guten Baugrund, wenn derselbe vor Wasserandrang geschützt ist und nicht zu rasch austrocknen kann, in welchem Falle er Risse bekommen und ungleiche Senkungen veranlassen würde.

Humuserde und aufgeschütteter oder angeschwemmter Boden sind als Baugrund für massive Bauten unbrauchbar und müssen für solche vollständig entfernt werden; sie sind als Baugrund nur für leichte Holzbauten zulässig.

Sumpf-, Moor- oder Torfgrund ist nicht nur als Baugrund ungeeignet, sondern auch in hygienischer Hinsicht gefährlich.

Fundierungen in solchem Boden sind oft kostspieliger als das ganze Bauwerk; man wird daher solche Gründe möglichst meiden.

B. Einfluß des Grundwassers auf Fundierungen.

Als Grundwasser bezeichnet man jenes Niederschlagswasser, welches im durchlässigen Boden nach abwärts sickert, auf einer wasserundurchlässigen Schicht je nach den Neigungsverhältnissen auf dieser Schicht entweder weiter fließt (Grundwasserstrom) oder sich in einem Becken ansammelt (stehendes Grundwasser). Die Bewegung des Grundwassers kann mit Rücksicht auf den Widerstand durch den Erdboden nur eine sehr träge sein. Nähert sich die undurchlässige Schicht der Erdoberfläche, so tritt zuweilen das Grundwasser als Quelle zutage. (Bei Ausgrabung von Fundamenten u. dgl. können ebenfalls Quellen auftreten.)

Das Grundwasser übt auf alle Bodenarten einen zerstörenden Einfluß aus, indem es den Boden auflockert und dadurch dessen Tragfähigkeit vermindert, ferner Bewegungen einzelner Bodenpartien, oft auch ganzer Schichten hervorruft. Ist dabei der Grundwasserstand nicht konstant, sondern veränderlich, so ist dies für den Baugrund noch schädlicher, da der Boden durch die mechanische Bewegung des Wassers in erhöhtem Maße aufgelockert und die Gefahr der direkten Befeuchtung des Fundament- und Kellermauerwerkes durch das aufsteigende Grundwasser vermehrt wird.

Die genaue Ermittlung der Grundwasserverhältnisse eines Bauplatzes ist somit von großer Wichtigkeit und muß stets vor Beginn eines Baues durchgeführt

werden, weil hiervon die Art der Fundierung desselben abhängig ist. Die Ermittlung erfolgt durch Bodensondierungen und Beobachtung der Wasserstände benachbarter Brunnen und hat sich nicht auf den Bauplatz allein, sondern auch auf die weitere Umgebung desselben zu erstrecken. Hierbei sind auch alle sonstigen Umstände zu erheben, die den Grundwasserstand beeinflussen. Ungünstige Verhältnisse können oft dadurch behoben werden, daß man den Grundwasserzufluß entweder durch Ableitung oder Tieferführung absperrt. Näheres hierüber im Kapitel „Entwässerung des Bodens“.

C. Untersuchung des Baugrundes.

Lassen sich die Verhältnisse des Baugrundes durch die in der Nähe bereits ausgeführten Bauten und Brunnen oder auf Grund der örtlichen geologischen Kenntnisse nicht hinreichend konstatieren, so muß man die Art des Baugrundes auf eine der im folgenden angegebenen Weise untersuchen, und zwar: 1. durch Aufgraben von Schächten oder Brunnen, 2. durch Sondieren, 3. durch Bohrungen oder 4. durch Eintreiben von Pfählen (Probepfählen).

Ad 1. Durch **Aufgraben** (Ausheben von Schächten) lassen sich die Bodenverhältnisse am besten bestimmen; dieses Verfahren kommt aber bei größeren Tiefen sehr teuer, es wird daher bloß in wichtigen Fällen und nur bei voraussichtlichen Tiefen bis höchstens 5·00 *m* angewendet.

Ad 2. Das **Sondieren** geschieht mit dem Sondiereisen (Fig. 1, T. 19) und mit dem Brecheisen. Das Sondiereisen besteht aus einem 2 bis 3 *m* langen, 2 bis 3 *cm* dicken, unten zugespitzten und oben mit einer Handhabe versehenen Eisenstab. Zuweilen werden auch mehrere Stäbe bis zu 5 *m* Länge zusammengeschraubt. Am Schafte sind Kerben eingehauen, welche vor dem Eintreiben in den Boden mit Unschlitt ausgeschmiert werden. Das Sondiereisen wird entweder mit den Händen in den Boden gestoßen oder eingerammt. Durch den Widerstand beim Eintreiben und die beim Herausziehen an dem Unschlitt haftenden Bodenteile kann man die Art des Bodens annähernd beurteilen.

Stößt man auf einen harten Gegenstand, so kann man durch Hineinstoßen eines Brecheisens an dem hohlen oder dumpfen Ton erkennen, ob die Schicht mächtig oder dünn ist.

Dieses Sondieren ist wenig verläßlich, kann daher nur als eine Voruntersuchung betrachtet werden.

Ad 3. Das **Bohren**. Dieses gestattet, Bodenuntersuchungen auf große Tiefen vorzunehmen und gibt über die Art der Bodenschichtung sehr genauen Aufschluß. Man unterscheidet die Bohrer je nach der Art ihrer Verwendung in **Dreh-** und **Stoßbohrer**. Die gebräuchlichsten Bohrer sind folgende:

a) Der **Zylinderbohrer** zum Bohren in weicheren Erdgattungen (Moor, Ton, Muttererde) hat eine durchgehende, unten zugespitzte Achse (Fig. 2, T. 19), einen aufgeschlitzten, schraubenförmig gebogenen Boden und eine ebenfalls geschlitzte Mantelfläche mit geschärftem Rande aus gestähltem Eisenbleche. Je nach der Zähigkeit des Bodens ist der Schlitz in der Mantelfläche größer oder kleiner; bei sehr weichem Boden verwendet man eventuell Bohrer mit vollkommen geschlossener Mantelfläche. Nach Einstellung der Bohrarbeit wird durch Heben des Bohrers mit dem Bohrstücke jenes Bodenmaterial zutage gefördert, welches sich in der erbohrten Tiefe vorfindet.

Der Zylinderbohrer (Fig. 3, T. 19) besitzt eine Boden- und eine Mantelschneide aus Stahlblech; er ist für festere Bodengattungen geeignet.

b) Der **Löffelbohrer**. Für weiches Gestein oder auch bei festem Ton, Mergel usw. benützt man Löffelbohrer, die nur einen kleinen Teil einer Zylinderfläche bilden (Fig. 4, T. 19). Diese Form verwendet man auch zum Vorbohren und bewirkt die Erweiterung des Bohrloches durch einen Löffelbohrer von der Form nach Fig. 5, T. 19.

c) Der Schraub Bohrer (Fig. 6, T. 19) besteht aus einem unteren Schraubengewinde mit größerer und einem oberen mit kleinerer Steighöhe; beide sind auf einem konischen Körper befestigt. Das steilere Gewinde bewirkt ein schnelleres Eindringen in den Boden. Dieser Bohrer eignet sich nur für geringere Tiefen. Beim Herausziehen des Bohrers muß das ganze im Bohrloche befindliche Material mitgehoben werden.

d) Der Ventilbohrer (Fig. 7, T. 19) eignet sich beim Bohren in einem weichen, mit Wasser gemischten Material (Schlamm, Sand, Kies usw.), das aus den früher beschriebenen Bohrern abfließen würde. Dieser Bohrer besteht aus einem geschlossenen Zylinder, der unten ein Klappen- oder Kugelventil enthält.

Der Bohrer wird durch Aufstoßen auf den Grund gefüllt. Der Ventilbohrer dient auch zum Heraufheben des Bohrschlammes aus Bohrlöchern, die mittels anderer Bohrer erzeugt wurden.

Bei den meisten Erdarten, welche die Anwendung des Ventilbohrers verlangen, sind gewöhnlich auch Futterröhren nötig, um das Bohrloch frei zu halten. Diese werden aus Eisenblech oder Mannesmannrohren erzeugt, müssen innen glatt sein und erhalten gewöhnlich am unteren Ende einen zugeschärften Rand, den man durch einen Außenring verstärkt. Je nach der Bodengattung wird der Rand gestählt oder mit Sägezahnung versehen. Die Rohre werden eingedreht oder eingerammt. Bei passenden Erdarten, frei von Steinen, Hölzern u. dgl., kann man die Rohre außen auch mit einem Schraubengewinde versehen. Der Durchmesser der Rohre ist 4 cm größer als jener der Bohrer. Bei größeren Tiefen werden mehrere Futterröhren zusammengestoßen. Jedes Rohr enthält an seinem oberen Ende eine angenietete Muffe mit Schraubengewinde, in welche das nächstfolgende Rohr eingeschraubt wird.

Beim Bohren durch sehr feinen Trieb sand kann man zum Heraustreiben desselben auch Druckwasser (von einer Wasserleitung oder einer Pumpe kommend) verwenden, welches durch das im Innern der Futterröhre eingesetzte, bis an das Ende des Bohrloches reichende Druckwasserrohr mittels eines Schlauches zugeleitet wird.

Diese Art der Förderung hat den Nachteil, daß die Bohrproben verschiedener, aufeinander folgender Schichten durcheinander gemengt werden, so daß man über die Zusammensetzung des Bodens keinen genügenden Aufschluß erhält.

e) Die Meißel-, Kreuz- und Kronenbohrer (Fig. 8, 9 und 10, T. 19) dienen als Stoß- oder Schlagbohrer für verschiedene Gesteinsarten. Hierbei bekommt man das betreffende Steinmaterial im zerriebenen Zustande, so daß die Festigkeit desselben nur nach den Fortschritten der Bohrarbeit beurteilt werden kann. Günstiger sind in dieser Hinsicht die sogenannten Kernbohrer (Fig. 12, T. 19), zu welchen auch der Diamantbohrer (ein am unteren Rande mit schwarzen Diamanten besetzter Kernbohrer) gehört. Es sind dies Drehbohrer, welche einen festen Bohrkern liefern, der auf alle seine Eigenschaften hin untersucht werden kann.

Für Baugrunduntersuchungen werden die Kernbohrer wohl nie angewandt, sondern meist nur bei Tiefbohrungen und im Tunnelbau.

Die von H. Mayer in Hannover erfundenen Erdborner entsprechen allen Bohrzwecken besser, indem sie rascher und sicherer arbeiten und auch leichter zu handhaben sind als die vorbeschriebenen Bohrer gattungen.

Der Triumphbohrer, Fig. 14, dient zum Bohren in gleichmäßigen Bodenschichten (Ton- oder Lehmboden). Der Bohrer ist spiralförmig konstruiert und im oberen Teile mit einem geschlossenen Zylinder umgeben, welcher das gebohrte Material am Bohrer festhält. Zur Bedienung genügen 2 Mann, welche den Bohrer beim Dreher *D* (Fig. 14) fassen und in den Boden eindrehen, wodurch das zu bohrende Material zuerst vollständig losgeschnitten und dann im Zylinder aufgenommen wird. Zum Hochziehen des Bohrers dienen bei geringen Tiefen die Heber *h*

und h^1 (Fig. 14), welche abwechselnd nach Bedarf immer tiefer am Gestänge g (Fig. 14) anzusetzen sind, bis der Bohrer zutage gefördert ist. Bei größeren Tiefen kommen eigene Hebevorrichtungen zur Anwendung.

Die Leistungsfähigkeit des Bohrers soll bei gleichmäßigem Lehm- oder Tonmaterial und bei 10 *cm* Bohrlochweite 5 *m* Tiefe in einer Stunde und 10 *m* Tiefe in 3 Stunden betragen. In tieferen Lagen nimmt die Leistungsfähigkeit natürlich immer mehr ab. Trifft man auf Steine, so werden diese mit dem Steinmeißel (Fig. 15) entweder durchgeschlagen oder seitwärts geschoben, was die Leistungsfähigkeit ebenfalls vermindert.

Durch Anwendung einer praktischen Vorrichtung soll der Bohrer auch in Kies, Sand, Trieb sand u. dgl. gut verwendbar sein, bei fließendem, nassem Boden natürlich nur mit Anwendung von Futterrohren. Das Gestänge kann bei geringeren Tiefen rasch und ohne zeitraubendes Schrauben verlängert oder verkürzt werden.

Der zweiseidige Zylinder- Erdbohrer (Fig. 16) eignet sich vorwiegend zum Bohren in Mutterboden, Sand, Kies usw. und kommt hauptsächlich da zur Verwendung, wo es sich um größere Löcher bis zu 60 *cm* Durchmesser handelt.

Der Universalbohrer (Fig. 17 *a* und *b*) ist zylinderförmig konstruiert, mit seitlich zuschiebbarem Schitz und mit einer an- und abschraubbaren Ventilklappe versehen. Dieser Bohrer gestattet im trockenen Gelände, in Ton, Lehm, Kies, Sand, Braunkohle usw. ohne verschlossenen Schlitz und Ventilklappe zu bohren, in schwimmendem Gelände dagegen den Schlitz mittels Schieber zu schließen und die Ventilklappe anzuschrauben. In letzterem Zustande füllt sich der Zylinder durch einfaches Drehen bis zum oberen Rande; beim Hochziehen fällt die Klappe zu und das erbohrte Gut wird an die Oberfläche befördert. Infolge der eigenen Schneidestellung dreht er sich nicht wie manche Bohrer fest, sondern schneidet sich frei und ist infolgedessen leicht hochzuheben. Dieser Universalbohrer kann je nach der Größe Steinstücke bis 20 *cm* Durchmesser aufnehmen, er kann auch bei Brunnen grabungen an Stelle des Sackbohrers vorteilhafte Verwendung finden.

Ad 4. Probepfähle sind zugespitzte Pfähle, welche in den Boden eingerammt werden. Nach dem Widerstand, den die Pfähle beim Eintreiben finden, kann man die Tragfähigkeit des Bodens beurteilen. Diese Art der Untersuchung ist jedoch ungenau und geben solche Probepfähle noch keinen Aufschluß über Schichtung und Art des Baugrundes.

Stößt man auf Stein, so muß einerseits die Ausdehnung desselben, andererseits bei konstatiertem Felsen auch dessen Mächtigkeit untersucht werden, indem man auf geringe Entfernungen voneinander mehrere Pfähle einrammt, bzw. mehrere Bohrlöcher in dem Felsen ausführt.

D. Tragfähigkeit des Baugrundes.

Über die Tragfähigkeit der Bodenarten lassen sich keine allgemein gültigen Angaben machen.

Nach den Bestimmungen des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines (1890) sind für die verschiedenen Bodenarten folgende Belastungen zulässig:

Für sehr weichen Boden höchstens	1.0 <i>kg</i> pro <i>cm</i> ² ;
für Lehm und Tegel, sehr feucht, dann Sand von mindestens 1 <i>m</i> Mächtigkeit, jedoch gegen Ausweichen geschützt, bis	1.5 „ „ „
für sandigen Schotter, fest, von geringer Mächtigkeit oder wech- selnd geneigter Lagerung, dann Lehm und Tegel, trocken, stehend oder teilweise stehend und gegen Ausweichen geschützt, bis	2.5 „ „ „

für festgelagerten grobkörnigen Schotter, dann sogenannten Plattelschotter in größerer Mächtigkeit, ferner liegenden Lehm und Tegel, trocken, bis	5.5 kg pro cm^2 ;
für lockeren, wasserhaltigen Boden, Fundierung mit Anwendung einer Pilotage, bis	2.0 „ „ „
für lockeren, wasserhaltigen Boden, Fundierung mit Anwendung einer Pilotage und 60 cm Betonlage, bis	3.0 „ „ „
für groben Schotter, ferner für festen, trockenen Tegel in horizontaler Lagerung und in großer Mächtigkeit, bis	6.0 „ „ „
für festen, nicht verwitterten Felsboden	10.0 „ „ „

Bei Projektverfassungen sollen diese Angaben nie überschritten werden.

Für die Fundierung wichtiger Bauten empfiehlt es sich, direkte Belastungsproben zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Baugrundes vorzunehmen.

Die hierfür zur Verwendung gelangenden Vorrichtungen und Apparate beruhen auf dem Prinzip, daß eine bekannte Last mittels eines Stempels von bestimmter Fläche auf den Baugrund übertragen und aus der Größe der Einsenkung des Stempels die Tragfähigkeit des Bodens berechnet wird. Je größer die Grundfläche des Stempels, desto größer ist die Genauigkeit der Probe.

Da erfahrungsgemäß ein gleichmäßiges Setzen eines Gebäudes bis zu 20 mm für dessen Bestand ohne Gefahr ist, so kann man jene Last, unter welcher der Stempel bis 20 mm in den Baugrund einsinkt und bei ein- bis zweitägiger Belassung dieser Last auf dem Stempel keine weitere Einsenkung desselben hervorruft, als die Tragfähigkeit des Bodens in bezug auf eine Fläche gleich der Grundfläche des Stempels bezeichnen. Die Tragfähigkeit pro Flächeneinheit kann dann leicht berechnet werden. Aus dem arithmetischen Mittel mehrerer solcher Proben an verschiedenen Stellen des Bauplatzes erhält man die Tragfähigkeit des Baugrundes im allgemeinen, von welcher zur Sicherheit aber nur 70 bis 75% als zulässige Belastung gerechnet werden dürfen.

Eine einfache, leicht herstellbare Vorrichtung zur Vornahme einer Probebelastung ist in Fig. 18, T. 19, dargestellt. In der zu untersuchenden Bodenschicht wird eine 20 cm tiefe, 60 cm im Quadrat messende Grube ausgehoben und deren Sohle vollkommen horizontal ausgeglichen; auf die Sohle wird eine hölzerne Unterlage (Spiegel) aus 5 cm dicken, gefugten Pfosten genau horizontal verlegt. Auf diese Unterlage wird ein kubischer Mauerkörper von 60 cm Seitenlänge, aus Ziegeln in Zementmörtel, Beton oder aus einem Quader bestehend, hergestellt, in dessen oberen Teil in der Mitte eine Hülse aus schwachen Brettern eingesetzt wird, die zur Aufnahme der Meßlatte dient. Auf den Mauerkörper wird ein quadratischer Rost aus 18/21 cm Kanthölzern, von 1 m Seitenlänge aufgelegt und auf diesen ein gleich großer Bretterboden aus 5 cm dicken Pfosten aufgenagelt.

Bei Verwendung eines Quaders kann die Belastungsprobe sogleich, bei Mauerwerk jedoch erst 5 bis 6 Tage nach Herstellung des Mauerkörpers vorgenommen werden. Vor Beginn wird eine Meßlatte in die Hülse des Mauerkörpers eingesteckt. Im oberen Teile erhält die Meßlatte eine Führung zwischen 2 Kanthölzern, die quer über die Sondengrube gelegt werden. Nun wird auf den Rost die Belastung aufgebracht, wozu sich am besten Ziegel eignen, die schichtenweise auf den Bretterboden des Rostes aufgelegt werden. Das durchschnittliche Gewicht eines Ziegels muß durch Abwägen mehrerer Ziegel ermittelt werden. Auf den Quadratmeter Bretterboden lassen sich 25 Ziegel in einer Lage aufbringen. Nach Auflegen mehrerer Lagen, z. B. von 5, wird die Einsenkung des Mauerkörpers an der Meßlatte abgelesen und notiert; sodann wird mit dem Auflegen der Ziegel so lange fortgesetzt und die Einsenkung notiert, bis dieselbe zirka 20 mm erreicht oder keine weitere Einsenkung mehr stattfindet. Die Gesamtlast wird sodann 1 bis 2 Tage auf dem Roste liegen gelassen, um zu erheben, ob nach dieser Zeit keine weitere Einsenkung des Mauerkörpers stattgefunden habe. Das Ablesen der Einsenkungen

an der Meßplatte erfolgt entweder an der Oberfläche der als Führung dienenden Kanthölzer oder besser mit dem Nivellierinstrument.

Das Gewicht aller Belastungsziegel samt dem Eigengewicht von Spiegel, Mauerkörper und Rost gibt die Tragfähigkeit der Bodenschicht auf die Fläche von $60 \times 60 = 3600 \text{ cm}^2$, woraus die Tragfähigkeit pro cm^2 ermittelt wird. (Ein Mauerkörper aus Ziegeln in Zementmörtel wiegt samt Spiegel, Rost und Bretterboden zirka 500 kg .)

Wird diese Belastungsprobe an 2 bis 3 Stellen des Bauplatzes vorgenommen, so erhält man aus dem arithmetischen Mittel ziemlich genau die mittlere Tragfähigkeit des Baugrundes; 75% dieser ermittelten Tragfähigkeit ergeben, wie bereits früher erwähnt, die zulässige Belastung des Bodens.

Ein anderer, recht praktischer Apparat ist der sogenannte *F u n d a m e n t p r ü f e r* des Wiener städtischen Ingenieurs *M a y e r* (Fig. 19, T. 19). Derselbe ist 2 kg schwer, kann in 3 Teile, *A*, *B* und *C*, durch Abschrauben zerlegt und in einem Futterale verpackt werden. Der Teil *A* enthält ein mit einer Skala versehenes Federdynamometer von 25 kg Tragkraft; *C* dient zur Befestigung der Preßstempel, welche eine Querschnittsfläche von 5, 10, 15 und 20 cm^2 haben, während der mittlere Teil *B* bloß die Verbindung der Teile *A* und *C* bewirkt.

Die Handhabung des Instrumentes erfolgt in der Weise, daß dasselbe mittels der beiden umlegbaren Handhaben vertikal gegen den zu untersuchenden Grund gedrückt wird, bis ein deutlicher, aber nicht über 10 mm tiefer Eindruck erfolgt. Aus dem Vergleiche des ausgeübten Druckes, welcher an der Skala abzulesen ist, mit der Querschnittsfläche des Preßstempels ergibt sich sodann unmittelbar die zulässige Belastung des Baugrundes. Natürlich wird man die Versuche an mehreren Stellen vornehmen müssen, um dadurch ein verhältnismäßig sicheres Resultat zu erzielen.

Das Eigengewicht des oberen Teiles *A*, welches 1 kg beträgt und bei den Belastungsproben mitwirkt, wird der verschiebbare Schlitten *n* an der Skala genau anzeigen, allfällige Abweichungen können durch die am Kopfe angebrachte Schraubenmutter leicht behoben werden.

Sollte bei den Versuchen ein seitliches Ausweichen und Auftreiben des Baugrundes bemerkbar sein, was namentlich bei sandigem Grunde eintritt, so stellt man in dem zu untersuchenden Grunde eine trichterartige, oben 15 bis 20 cm weite und ebenso tiefe Grube her, deren Sohle etwas größer ist als der Durchmesser des zur Verwendung gelangenden Preßstempels; die Versuche werden dann in solchen Gruben vorgenommen. Die Einsenkung des Preßstempels soll 10 mm nicht übersteigen. Versuche, welche eine wesentlich tiefere Einsenkung ergeben, sind außer Betracht zu lassen.

Zur Prüfung von schotterigem Baugrund ist das Instrument nicht geeignet, doch wird eine Prüfung in solchen Fällen meistens überflüssig sein, weil die volle Tragfähigkeit eines derartigen Baugrundes selten ausgenützt wird.

Von demselben Ingenieur wurde auch der in Fig. 20, T. 19, dargestellte *P r ä z i s i o n s a p p a r a t* konstruiert. Bei diesem wird auf eine kleine Fläche des Baugrundes ein durch eine gleichmäßig wachsende Belastung zunehmender Druck ausgeübt und gleichzeitig an einer Skala beobachtet, welche Einsenkungen hierdurch jeweilig an der Druckstelle bewirkt werden. Bei der Benützung des Apparates wird vorausgesetzt, daß innerhalb der zulässigen Belastungen des Baugrundes die Einsenkung mit der Belastung proportioniert wächst. Nehmen die Einsenkungen plötzlich rascher zu, als der Proportion entsprechen würde, so ist die Grenze der Tragfähigkeit überschritten.

In der Figur bezeichnet *a* den Preßstempel, welcher mittels des Schraubengewindes *b* in dem Führungsbolzen *c* befestigt ist, welcher letzterer sich in der Hülse *d* frei auf- und abwärts bewegen kann und an seinem oberen Ende die Unterlagsplatte *e* trägt; diese nimmt die nach und nach aufgelegten Belastungsproben *Q* in der Weise

auf, daß sie mit Hilfe eines genau in der Mitte angebrachten Loches auf die Führungstange f gesteckt werden. Die Belastung wird daher auf den Preßstempel vollkommen zentral übertragen. In der Hülse d ist seitlich ein Schlitz ausgespart, in welchem sich der in dem Führungsbolzen f befestigte Mitnehmerarm g frei auf- und abwärts bewegen kann.

Um das seitliche Ausweichen, bzw. Aufsteigen des Baugrundes während der Belastungsprobe zu verhindern, ist die Hülse d mit einem breiten, ringförmigen Untersatz h versehen; außerdem wird für jeden Preßstempel ein zu dem Kaliber desselben passender Einsatz i angebracht. Das Feststellen des Apparates wird durch 3 Arme k bewirkt, welche mit den an den äußeren Enden angebrachten Spitzen l in den Boden eindringen.

Die durch das Auflagern der Belastungsplatten bewirkte Einsenkung des Preßstempels überträgt sich mittels des Mitnehmerarmes g auf den Bolzen der Mikrometerschraube m und durch diesen auf den Kolben n , der mit einer Kautschukhülle überzogen ist, die einerseits infolge ihrer Elastizität den Kolben beständig nach aufwärts zu bewegen sucht und andererseits gegen das Gefäß o einen dichten Verschuß herstellt. (Bei einer neueren Ausführung wird statt der Kautschukhülle der Kolben dicht eingeschliffen und durch eine Spiralfeder nach aufwärts gedrückt.)

Das mit Quecksilber gefüllte Gefäß o kommuniziert mit einer dünnen Glasröhre p , längs welcher eine Millimeterskala angebracht ist, an welcher der Stand der Quecksilbersäule noch in Zehntelmillimetern abgelesen werden kann. Da der lichte Durchmesser der Glasröhren bloß $\frac{1}{10}$ desjenigen des Gefäßes beträgt, daher der Querschnitt des letzteren hundertmal so groß ist als jener des Glasrohres, so wird jede Bewegung des Kolbens eine hundertfach größere Bewegung in dem Glasrohre hervorrufen. Mittels der Mikrometerschraube kann bei Beginn der Beobachtung die Quecksilbersäule auf 0 gestellt werden. Zur Korrektur der durch Temperaturschwankungen hervorgerufenen Änderung im Stande der Quecksilbersäule ist an der Rückseite des Skalabrettes ein kleines Thermometer angebracht.

Die Preßstempel haben einen Querschnitt von 5, 10, 15 und 20 cm^2 und die Belastungsplatten ein Gewicht von je 10 kg , so daß aus der Anzahl der aufgelegten Platten die Belastung pro cm^2 Baugrund sofort bestimmt werden kann.

Zur Durchführung der Belastungsversuche werden die Belastungsplatten nacheinander auf die Unterlagsplatte aufgelegt, bei jeder Platte wird die Veränderung der Quecksilbersäule unter Berücksichtigung etwa eingetretener Temperaturschwankungen beobachtet. Verzeichnet man die erzielten Beobachtungsergebnisse in ein Diagramm (Fig. 20 *a*, T. 19), so ergibt jene Stelle desselben, an der die Proportionalität in der Einsenkung verschwindet, wo also die Anstiegslinie von einer Geraden $a b$ in eine Kurve $b c$ übergeht (also hier der Punkt b), die größte zulässige Belastung, welche im vorliegenden Falle 6.5 kg pro cm^2 beträgt. Die hierzu eintretende Setzung ist 2.3 mm .

Von der ermittelten, größten zulässigen Belastung per 6.5 kg pro cm^2 dürfen aber nur 70 bis 75%, d. i. 4.55 bis 4.87 kg wirklich in Rechnung gezogen werden.

Der Anwendung der angeführten Apparate muß immer die übliche Sondierung und Untersuchung des Baugrundes vorangehen; sie kann also diese Vorarbeiten nicht ersetzen, sondern sie soll dieselben nur ergänzen.

E. Fundierungsarbeiten.

Die Art und Weise der Fundierung eines Bauobjektes kann je nach der Größe und dem Gewichte desselben sowie nach der Beschaffenheit des Baugrundes eine sehr verschiedene sein.

1. Fundierung auf gutem Baugrunde.

Bei diesem kann das Fundamentmauerwerk ohne besondere Vorkehrungen direkt auf die Sohle des Fundamentgrabens aufgesetzt werden.

Selten wird man gleich unter der Humusschichte einen festen, tragfähigen Baugrund finden, man wird vielmehr erst durch Tiefergraben einen solchen suchen müssen.

Die Fundamentsohle der Außenmauern darf der zerstörenden Wirkung des Frostes nicht ausgesetzt sein, sie muß daher — ausgenommen bei wetterbeständigem Felsen — in die Frosttiefe, d. i. 0.70 bis 1.20 *m* tief gelegt oder durch eine dementsprechende Erdanschüttung geschützt werden.

Die Fundamentfläche eines Bauobjektes ist so groß zu machen, daß der durch die Last des Bauwerkes auf den Baugrund ausgeübte Druck nicht größer sei, als die zulässige Beanspruchung der betreffenden Bodengattung. Aus diesem Grunde wird meistens eine Verbreiterung der Mauern im Fundamente nötig sein, welche gewöhnlich 15 *cm* unter dem Bauhorizonte (Kellersohle) in der Form einer nach einer oder nach beiden Seiten vorspringenden Stufe — dem sogenannten Fundamentabsatz — beginnt (Fig. 1 *a* und 3, T. 20).

Mauern, die längs einer Straße hinführen und in der Baulinie liegen, kann man unter dem Bauhorizont um 15 *cm* über die Baulinie hinausreichen lassen (Mauerrecht). Man wird also in diesem Falle sowie bei allen Außenmauern die Verbreiterung für Kellermauern nach außen und die Fundamentverbreiterung nach innen anlegen (Fig. 1 *b*, T. 20). Steht aber die Außenmauer knapp an der Grenze des Nachbargrundes (z. B. eine Feuermauer), so müssen beide Verbreiterungen nach innen verlegt werden. Bei Mittelmauern, Scheidemauern usw. kann die Verbreiterung auf beiden Seiten erfolgen (Fig. 1 *c*, T. 20). Ist eine größere Basis für Fundamente notwendig, so wird man mehrere Absätze anordnen (Fig. 2, T. 20). Die Höhe des verbreiterten Fundamentmauerwerkes muß mindestens, wie in der Figur angedeutet, $\frac{1}{3}$ der Mauerdicke betragen, weil sonst leicht Trennungen im Mauerwerke eintreten könnten.

Auf horizontalem Boden und gleichartigem Baugrunde legt man die Fundamentsohle für das ganze Bauwerk in eine gleich tiefe horizontale Ebene. Bei geböschten Stütz- oder Futtermauern kann die Fundamentsohle auch senkrecht zur Böschungslinie, also geneigt angelegt werden.

Auf geneigtem Boden treppt man die Fundamente so ab, daß die Länge jeder Stufe mindestens die dreifache Höhe derselben beträgt, weil sonst die Stufe bei eintretender Belastung abgedrückt würde, daher das Bauwerk abrutschen könnte.

Wenn auf Fels- oder Steinboden fundiert werden muß, ist der Boden horizontal zu ebnen, eventuell in Stufen abzutreten (Fig. 4, T. 20).

Die Tiefe der Fundamente ist derart festzusetzen, daß der tragfähige Baugrund und bei Außenmauern auch die Frosttiefe erreicht werde. Durch Aushebung zu tiefer Fundamente würden die tragende Bodenschichte geschwächt und die Fundamente unnütz verteuert werden.

2. Steinpackung.

Bei sehr feuchtem Ton-, Letten-, Lehm- oder Mergelgrund kann durch Einschlagen von Klaubsteinen in die Fundamentsohle (Fig. 3, T. 20) das Tragvermögen derselben erhöht werden. Auf diese Steinpackung soll aber womöglich zuerst eine Betonschichte aufgetragen und auf dieser erst das Fundamentmauerwerk aufgeführt werden.

Diese Art Verbesserung des Baugrundes kann nur bei leichten Bauwerken in Anwendung kommen und nur dann, wenn der Baugrund gleichmäßig ist, daher keine ungleichen Setzungen eintreten können.

3. Roste.

Bei Baugründen mit hohem Grundwasserstand kann die Last des Bauwerkes durch hölzerne Roste oder Pfähle auf eine breitere Fundamentbasis gleichmäßig

verteilt, bzw. auf einen tragfähigeren Boden übertragen werden. Für diesen Zweck dienen Pfosten, Bohlen oder Balken bzw. Pfähle aus Kiefern-, Lärchen-, Rotbuchen-, am besten aber aus Eichenholz. Das Holz muß jedoch beständig unter Wasser bleiben, weil es nur dann eine unbegrenzte Dauer gewährleistet.

Das Einbauen der Roste soll zur Zeit des niedrigsten Grundwassers erfolgen und muß das ganze Holzwerk mindestens 30 *cm* unter dem niedrigsten Wasserstand zu liegen kommen.

Je nach dem zur Verwendung gelangenden Holzmaterial und der dadurch bedingten Konstruktionsart unterscheidet man:

a) den Bohlenrost, b) den Schwellenrost und c) den Pfahl- oder Pilotenrost.

a) Der Bohlenrost.

Bei diesem werden zirka 8 *cm* dicke, 20 bis 30 *cm* breite, 4 bis 5 *m* lange Bohlen in der Längsrichtung des Fundamentgrabens in Abständen gleich der Bohlenbreite auf die geebnete, eventuell gestampfte Fundamentsohle gelegt (Fig. 7, T. 20) oder es wird ein doppelter Bohlenbelag nach Fig. 8, T. 20, angeordnet. Die Zwischenräume werden mit Beton oder mit Steintrümmern ausgefüllt.

Besser entspricht ein doppelter Bohlenrost, bei welchem die Querbohlen auf 1·2 bis 2 *m* Entfernung in die Fundamentsohle eingegraben werden und senkrecht darauf ein dicht aneinander schließender Bohlenbelag gelegt wird. Die Zusammenstöße der Bohlen müssen aber abwechselnd über die Querpfeiler zu liegen kommen. Wenn nötig, kann man beide Bohlenlagen auch mit Holznägeln verbohren.

Der Bohlenrost eignet sich nur für leichte Bauwerke und für ziemlich gleichmäßige Bodenverhältnisse.

b) Der Schwellenrost.

(Fig. 9, T. 20.)

Dieser für schwere Bauwerke bestimmte Rost besteht aus 2 Lagen 20 bis 30 *cm* starker Balken. Die Balken der unteren Lage — die Querschwellen — sind 0·60 bis 1·50 *m* voneinander entfernt, die der oberen Lage — die Langschwellen — kreuzen die unteren und sind in diese zirka 5 *cm* eingekämmt oder so überschritten, daß die oberen Langschwellen ungeschwächt bleiben.

Vor dem Legen des Rostes muß der Boden geebnet werden. Die Querschwellen werden dann in den Boden horizontal eingegraben, festgestampft und darüber Langschwellen gelegt. Die Zwischenräume zwischen den Schwellen werden am besten mit Beton ausgestampft oder ausgemauert; man kann selbe aber auch mit Schutt, Lehm, Ton usw. bis zur Oberkante der Langschwellen ausfüllen.

Manchmal werden auch die Langschwellen mit den Querschwellen bündig oder nur teilweise überblattet, manchmal wird ein Pfostenbelag aufgenagelt. Letztere Anordnung ist aber nicht empfehlenswert, da das Mauerwerk sich mit dem Beton oder der Steinfüllung besser verbindet als mit den Pfosten. Die Langschwellen werden stets über einer Querschwelle gestoßen und die Stöße so verteilt, daß über einer Querschwelle nur ein Stoß zu liegen kommt. Manchmal werden nur Langschwellen allein angeordnet und deren Zwischenräume gut ausgemauert.

Bei den Ecken wechseln die Langschwellen mit den Querschwellen (Fig. 9 a, T. 20) so, daß bei nicht bündiger Lage der Balken die Höhenlage des Rostes in jedem der beiden Fundamente verschieden ist. Wenn der Baugrund gleichmäßig tragfähig ist, so wird man aus Ersparungsrücksichten die tiefere Rostlage für die schwächere Mauer wählen.

c) Der Pfahl- oder Pilotenrost.

(Fig. 10, T. 20.)

Bei sehr weichem und ungleichmäßigem Baugrund kann der Bohlen- oder Schwellenrost auf Pfähle (Piloten) gesetzt werden, welche an den Kreuzungsstellen der Rosthölzer in den Boden eingetrieben (ingerammt) werden.

Die Piloten aus Eichen-, Buchen-, Lärchen- oder Föhrenholz sollen bis zu einer Länge von 4.00 *m* mindestens 24 *cm* stark sein; bei längeren Piloten soll deren Stärke für jedes weitere Längenmeter um 2.5 *cm* zunehmen.

Die Piloten reichen entweder bis auf den tragfähigen Boden, so daß die Last mit Hilfe der Piloten auf diesen übertragen wird, oder sie wirken nur durch die große Reibung mit dem sie umgebenden, an und für sich nicht tragfähigen Bodenmaterial.

Was die zulässige Belastung der Piloten anbelangt, muß man unterscheiden zwischen jener Belastung, welche die Pilote nach ihrer Knickfestigkeit tragen darf, und jener Belastung, welche abhängig ist von der Reibung, welche die Pilote beim Eindringen in den Boden findet.

Erstere kann bei lockerem Boden und bis 7 *m* langen Pfählen mit 20 *kg*, bei festerem Boden und kürzeren Pfählen mit 40 *kg* pro *cm*² des Querschnittes angenommen werden. Dies gilt aber nur bei jenen Piloten, welche durch die nachgiebige Schichte bis in den tragfähigen Boden eingetrieben werden.

Die von der Reibung im Boden abhängige, zulässige Belastung einer Pilote wird von Fall zu Fall durch Beobachtung beim Einrammen ermittelt, wie dies später erklärt werden wird.

Im allgemeinen werden die Piloten in 0.80 bis 1.00 *m* voneinander abstehenden Reihen, in Entfernungen von 1.00 bis 1.30 *m* (Mitte zu Mitte) eingerammt.

Bei sehr nachgiebigem Boden können die Piloten auch näher als 1.00 *m*, selbst bis auf Entfernungen gleich der eigenen Stärke nebeneinander angeordnet werden.

Jede Pilote ist so tief in den Boden einzurammen, bis sie nach einer Hitze (20 bis 30 Schläge) nicht mehr zieht, d. h. nur mehr wenige Millimeter in den Boden eindringt und der Rammklotz zu tanzen (zurückzuprallen) beginnt.

Auf die entsprechend eingerammten und in einer horizontalen Ebene abgesägten Piloten (Grundpfähle genannt) kann entweder ein Schwellenrost aufgezapft oder bei leichteren Bauten ein Bohlenrost ohne Verzapfung aufgelegt werden.

Bei weniger nachgiebigem Boden kann auch die Aufsetzung eines Rostes entfallen; in diesem Falle werden die Piloten etwa 30 *cm* über der Sohle abgeschnitten und wird zwischen die Piloten und etwas darüber reichend eine 0.60 bis 1.00 *m* hohe Betonschichte eingestampft (Fig. 6, T. 20).

Wenn das Einrammen der Pähle aus irgendeinem Grunde untunlich ist, z. B. in der Nähe von Objekten, welche durch die Erschütterung beim Einrammen Schaden leiden könnten, so wird es bei geeignetem Baugrund geboten sein, Schraubepfähle (Fig. 13, T. 19) anzuwenden, welche nicht eingerammt, sondern in den Grund eingebohrt werden. Diese Pfähle haben an ihrer Spitze eine schneckenförmige, eiserne Schraube und können entweder aus Holz, bloß mit Eisenbeschlägen oder ganz aus Eisen und innen hohl sein. In letzterem Falle wird der Hohlraum nach dem Einschrauben mit Beton ausgefüllt.

Wäre ein seitliches Unterwaschen des Pfahl- oder auch des Schwellenrostes zu befürchten, so müßte nach Fig. 9, T. 20, eine Spundwand auf jener Seite, an der die Unterwaschung eintreten könnte, ganz unabhängig von der Rostkonstruktion hergestellt werden, welche ebenfalls mindestens 30 *cm* unter dem niedersten Wasserstand liegen muß.

4. Allgemeines über Pilotierungen.

Je nach der Art und Verwendung der Pfähle oder Piloten unterscheidet man Grund- oder Rostpfähle, welche bei Fundierungen angewendet und ganz in den Boden eingetrieben werden, und Langpfähle, welche über den Boden emporragen, wie z. B. bei Brückenpfeilern. Bei Spundwänden werden die Pfähle oder Bohlen als Spundpfähle oder Bohlenpfähle bezeichnet.

Die Länge der Pfähle wird durch Sondierung und Probepiloten ermittelt, die Stärke derselben kann nach folgender Erfahrungsformel abgeleitet werden: $d = 12 + 3l$, worin d den Durchmesser des Pfahles in cm und l die Länge desselben in m bezeichnet. Darnach wäre also für einen $6 m$ langen Pfahl ein Durchmesser von $12 + 3 \times 6 = 30 cm$ erforderlich. Unter $4 m$ lange Piloten soll man aber mindestens $24 cm$ stark machen.

Die Pfähle werden entrindet und mit dem Wipfelende nach unten in den Boden getrieben; am unteren Ende werden sie auf zwei- bis dreifache Pfahlstärke in Form einer vierseitigen Pyramide, die unten etwas abgestumpft wird, manchmal auch kegelförmig zugespitzt. Für schotterigen oder mit Wurzeln vermengtem Boden werden die Spitzen mit schmiedeeisernen oder gußeisernen, 8 bis $10 kg$ schweren Schuhen (Fig. 23 und 24, T. 19) armiert. Die schmiedeeisernen Schuhe sind widerstandsfähiger gegen Bruch, sie haben eine gestählte Spitze und werden mit vier Federn (Armen) an die Pilotenspitze festgenagelt; die Federn sind in das Holz zu versenken, damit die Reibung beim Einrammen vermindert wird.

Die Köpfe der Pfähle werden nach Fig. 21, T. 19, mit einem zirka $20/70 mm$ starken, eisernen Ringe versehen und die Kanten oberhalb desselben abgestumpft, damit sie durch das Schlagen der Ramme nicht aufgebürstet (zerschlagen) werden. Nach dem Eintreiben wird der Ring abgenommen. Für feldmäßige Pilotierung eignet sich besonders der englische Bandring, welcher mit zirka $60 cm$ langen Haken (Fig. 22, T. 19) zum Auflegen der Gerüstpfosten, auf welchen die Arbeiten stehen, versehen ist.

Wenn der Kopf von den Schlägen des Rammklotzes zu einer schwammigen Masse zusammengeschlagen ist und der dadurch gebildete Polster die Wirkung der Schläge zu sehr abschwächt, so muß man den Kopf bis zum festen Holze abschneiden und den Ring neuerdings aufpassen.

Das Einrammen der Pfähle geschieht bei schwachen Pfählen (bis $15 cm$ Durchmesser und 2.00 bis $3.00 m$ Länge) am einfachsten mit der Handramme. Für größere Pfähle verwendet man Zug-, Kunst- oder Dampfrahmen.

Jede Ramme wirkt dadurch, daß der Hauptbestandteil derselben, der Rammklotz oder Bär, in der Richtung des auszuführenden Schlages über den Pfahl gehoben, sodann frei auf den Kopf des Pfahles fallen gelassen wird.

Die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Schlagwerke läßt sich am besten aus nachfolgender Tabelle erkennen, bei welcher durchaus Sandboden in Betracht genommen ist.

Gattung der Ramme	Schläge pro Minute	Bär-gewicht in kg	Hubhöhe in m	Zahl der Arbeiter	Ein-getriebene Pfahllänge pro Tag (8 Std.) in m	An-schaffungs-kosten in Schillingen
Handramme	30	100—120	0.60—1.00	2—4	2—4	80
Zugramme	30	150—600	1.20—1.50	10—30	4—10	1.500
Handkunstramme ..	0.5—1	600—800	2—6	4—5	6—7	2.000
Dampfkunstramme .	3—6	600—800	2—6	3	24—27	9.000
Nassmythramme ...	75—100	2500	0.75—1.00	5	54—74	60.000

a) Das Einrammen der Pfähle.

Ist die Baugrube in der entsprechenden Tiefe ausgegraben, so wird der Standort der einzelnen Piloten nach dem Rostplane mit numerierten Pflöcken bezeichnet.

Leicht handliche, bis 6 m lange Piloten werden aus freier Hand aufgestellt (angesetzt). Bei schweren Piloten geschieht das Ansetzen mit Zuhilfenahme der Schlaggerüste mittels Seilen oder Ketten.

Die Schlagwerke ruhen entweder auf unterlegten Schwellen direkt auf dem Boden oder sie sind auf Bockgerüsten, die mit einer Bedielung versehen sind, aufgesetzt.

Das Einrammen beginnt mit leichten Schlägen, bis die Pilote eine Führung hat, hierauf werden die Schläge taktmäßig nacheinander gegeben; 15 bis 30 solcher, unmittelbar aufeinander folgender Schläge nennt man eine Hitze. Nach jeder Hitze ist eine kleine Pause zu machen, damit die Leute ausruhen und die Spannungen im Boden sich wieder ausgleichen können. Das Eintreiben der Pfähle muß genau in der angegebenen Richtung geschehen, wozu jede Pilote mittels Hebeln, eventuell unter Zuhilfenahme von Seilen oder Ketten entsprechend dirigiert werden soll.

Die Hitzen werden so lange fortgesetzt, bis der Pfahl nicht mehr zieht, d. h. bis er entweder gar nicht mehr oder nach jeder Hitze nur mehr einige mm eindringt und der Rammklotz zu tanzen (zurückzuprallen) beginnt.

Hierauf gibt man noch 2 bis 3 Hitzen ab und läßt dann den Pfahl ruhen. Man hat beobachtet, daß vollständig eingerammte Piloten bei neuerlichem, nach einigen Tagen vorgenommenen Rammen wieder „ziehen“, welcher Umstand von dem Nachlassen der beim Rammen erzeugten Spannungen im Baugrunde herrührt. Bei wichtigen Bauten muß daher nach einigen Tagen, eventuell öfters nachgeschlagen werden.

Reicht der Rammbar nicht bis auf die Pilote herab, so bedient man sich eines kurzen, eichenen Pilotenstückes als Verlängerung, auf das dann die Schläge geführt werden. Dieses Pilotenstück — Aufsetzer oder Rammknecht genannt — steckt mit einem Dorn in einer entsprechenden Bohrung der Pilote und trägt oben den Armierungsring.

Schlecht gehende Piloten müssen herausgezogen werden, dies geschieht entweder mit einem Wuchtbäum hebelartig (Fig. 26, T. 19) oder bequemer mittels starken Wagenwinden (Fig. 25, T. 19). Bei letzterer Art steckt man auf die Pilote einen eisernen Ring, der mittels Klammern festgehalten wird und setzt 2 oder 4 Winden an, mit denen man gleichzeitig arbeitet.

b) Bestimmung der Tragfähigkeit der Piloten.

Die Tragfähigkeit jener Piloten, die nicht bis zur tragfähigen Schichte hinabreichen, sondern durch die Reibung zur Wirksamkeit kommen, welche sie beim Eindringen in den Boden finden, muß durch Schlagen von Probepiloten ermittelt werden. Auf Grund dieser Erprobung und der ermittelten Gesamtlast des Bauobjektes wird sodann die Anzahl der notwendigen Piloten bestimmt.

Bedeutet Q das Gewicht des Rammklotzes in kg , q das Gewicht der Pilote in kg , h die Fallhöhe des Bärs in m und e die Eindringungstiefe der letzten Hitze in m , so läßt sich die Tragfähigkeit T durch folgende Formel bestimmen:

$$T = \frac{1}{4} \cdot \frac{h \cdot Q^2 \cdot q}{e \cdot (Q + q^2)}, \text{ wobei vierfache Sicherheit genommen ist.}$$

Wäre z. B. $Q = 500$, der Pilotendurchmesser $d = 0.30 m$ und die Länge der Pilote $= 5.00 m$, ferner $h = 1.50 m$ und $e = 0.004 m$, so würde sich hieraus vorerst unter Zugrundelegung eines Gewichtes des Holzes pro $m^3 = 800 kg$ ergeben:

$$\begin{aligned} q &= \frac{\pi d^2}{4} \times 5 \times 800 \\ &= \frac{3.14 \times 0.30^2}{4} \times 5 \times 800 = 282 kg \end{aligned}$$

und somit

$$T = \frac{1}{4} \cdot \frac{1.50 \times 500^2 \times 282}{0.004 \cdot (500 + 282)^2} = 10.800 kg = 10.8 t.$$

Die so berechnete Tragfähigkeit darf aber nicht die der Knickfestigkeit der Pilote entsprechende Belastung, d. i. bei mehr als 4 m langen Piloten 20 kg pro cm^2 , überschreiten. Dies ist hier der Fall, denn $\frac{\pi \cdot 30^2}{4} \cdot 20 = 14.120 \text{ kg}$.

Wäre z. B. die Konstruktionslast eines Gebäudes = 12.500 t, die Nutzlast = 7350 t, somit die Gesamtlast = 19.850 t, und es seien 0.30 m starke Piloten zur Verfügung, welche die oben berechnete Tragfähigkeit besäßen, so braucht man im ganzen $\frac{19.850 \text{ t}}{10.8}$ rund 1840 Stück Piloten.

5. Betonpfähle System Strauss.

(Fig. 15, 16, 17, T. 20.)

Dieses ausgezeichnete System besteht im allgemeinen darin, daß man ein eisernes Leitrohr auf dem Wege des gewöhnlichen Bohrverfahrens und Herausbefördern des Bohrgutes entweder bis zur Tiefe des tragfähigen Bodens oder nach Erfordernis auf eine gewisse Tiefe in den Boden versenkt, das Bohrloch unter beständigem Heben des Leitrohres schichtenweise mit Stampfbeton ausfüllt und diesen derart feststampft, daß er das Bohrloch je nach der Dichte des Bodens mehr oder weniger erweitert (Fig. 17, T. 20). Dadurch wird nicht nur der Boden verdichtet, sondern auch zwischen diesem und Betonpfahl eine derart rauhe Fläche geschaffen, daß der Pfahl durch die Reibung mit dem anschließenden Boden imstande ist, eine ganz bedeutende Last auf diesen zu übertragen. Bei schotterigem Boden wird die Reibung zwischen diesem und den Pfahlwänden noch dadurch vermehrt, daß die meisten an den Pfahl anschließenden Steine vom weichen Beton gebunden werden und bei Erhärtung des Betons an diesen festhaften. Man kann auf diese Weise den Betonpfahl mit Leichtigkeit auf jede beliebige Tiefe ausführen. Ökonomischerweise wird man dort, wo der tragfähige Baugrund nicht zu tief liegt, den Pfahl bis zu diesem hinabreichen lassen, bei bedeutenden Tiefen aber die Last des Bauwerkes durch die Reibung auf den anschließenden Boden übertragen. In diesem Falle kann die notwendige Tiefe des Pfahles, wie bei Holzpfählen erläutert wurde, berechnet werden, woraus aber eine bedeutend größere Sicherheit wie bei Holzpfählen sich ergeben wird.

Die Ausführung des Pfahles erfolgt gleich nach beendigter Bohrung (Fig. 15 und 16, T. 20). Das Bohrgerüste mit der Verrohrung dient zugleich auch zum Aufhängen und Betätigen einer Büchse mit Bodenklappe zum Einbringen des Betons und des Betonstößels (Fig. 17, T. 20). Sobald eine Schichte Beton in das Rohr eingebracht ist, wird das Rohr unter gleichzeitigem energischem Stößeln des Betons um ein geringes in die Höhe gezogen, worauf der gestampfte Beton über den unteren Rand der Verrohrung hinaustritt und bei fortgesetztem Stößeln den ihn umgebenden Boden verdrängt und verdichtet.

Bei diesem Vorgang bildet sich, wie die Erfahrung zeigt, selbst in festeren Bodenschichten immer ein beträchtlich dickerer Pfahl als dem Durchmesser der Verrohrung entsprechen würde. Sobald die Komprimierung des Bodens und damit auch die Verdichtung des Betons selbst ihre Grenze erreicht haben, wird neuer Beton nachgefüllt und gestößelt, das Leitrohr hierbei abermals ein wenig hochgezogen und der oben beschriebene Vorgang wiederholt, bis allmählich das ganze Rohr hochgezogen und der Pfahl betoniert ist. Das Rohr wird jeweilig nur so hoch gezogen, daß auch nach vollzogener Stößelung im Rohr noch ein wenig Beton ansteht.

Es ergibt sich aus dieser Herstellungsweise eigentlich von selbst, daß der Beton in weicheren Bodenschichten sich mehr ausbreiten wird als in härteren, da letztere sich weniger zusammendrücken und verdrängen lassen. Infolgedessen bildet der Strauss-Pfahl eine Art Differentialpfahl, da er sich in seiner Stärke den Härte- oder Weichheitsgraden der verschiedenen Bodenschichten anpaßt. Sein

Querschnitt wechselt somit von Schichte zu Schichte, es bilden sich regelrechte Knoten in den weicheren Bodenschichten, und zwar sind die Verdickungen umgekehrt proportional den Dichtigkeitsgraden der Bodenschichten an den betreffenden Stellen.

Es ist klar, daß jeder Knoten, jede Verdickung, mit einem Worte die ganze Außenfläche des Pfahles mit ihrer großen Rauigkeit, eine bedeutend größere Lastübertragung gewährleistet als Holzpfähle, außerdem ist es bei Betonpfählen ganz gleichgültig, ob sie über oder im Grundwasser zur Ausführung gelangen.

Die Eignung der Betonpfähle nach System *Strauss* zur Dichtung des Bodens oder zur Erreichung tragfähiger Schichten bei Gründungen ist daher über jedem Zweifel erhaben. Die Ausführung übernimmt die Firma *Rella & Neffe* in Wien.

6. Sandschüttung.

(Fig. 11, T. 20.)

Sandschüttungen sind nur dann zweckentsprechend, wenn kein seitliches Ausweichen und keine Unterspülung derselben vom Wasser zu befürchten und der Baugrund ein gleichmäßiger, stark zusammendrückbarer Boden ist. Die Sandschüttung soll mindestens 75 *cm* hoch sein und aus grobem, reschem Sande bestehen. Mit der Höhe der Sandschüttung nimmt deren Tragfähigkeit im allgemeinen zu. Eine 2 *m* hohe Sandschüttung kann mit 2 bis 3 *kg* pro *cm*² belastet werden.

Der Druck, welchen die auf die Oberfläche der Sandschüttung aufgesetzte Mauer auf die Sandschüttung selbst ausübt, verpflanzt sich infolge der Reibung der einzelnen Sandkörner nach einwärts auf die anschließenden Sandkörner und nach abwärts auf eine mit der Tiefe der Schüttung stets wachsende Fundamentbasis. Die Begrenzungslinie dieser Druckübertragung fällt ungefähr mit einer Böschungslinie von 2:1 zusammen. Die Fundamentbasis *B* (Fig. 11, T. 20) ist also gleich der Mauerbreite *b* mehr 2mal der halben Höhe der Sandschüttung *h*,

$$\text{also } B = b + 2 \cdot \frac{h}{2} = b + h.$$

Macht man die Schüttung breiter, so wird ein Teil des Sandes nicht mehr zur Druckübertragung ausgenützt und man hat unnützerweise die Fundamentaushebung zu breit gemacht. Bleibt man aber unter diesem Maße, so wird die druckverteilende Eigenschaft des Sandes bei schlechtem Baugrunde nicht voll ausgenützt.

Zur Ausführung wird der etwas befeuchtete Sand auf die geebnete Sohle in 15 bis 30 *cm* hohen Schichten lagenweise eingebracht und etwas gestampft.

Beim Stampfen sollen schwächere Bretter, auf welchen die Arbeiter stehen, auf die Sandschüttung gelegt werden, damit die Schüttung nicht durch direktes Betreten wieder gelockert werde.

Die fertige Sandschüttung wird „eingeschlämmt“, d. h. so lange mit Wasser begossen, bis sie vollkommen gesättigt ist; das Wasser wird dann an der tiefst gelegenen Stelle der Baugrube, dem sogenannten Sumpf, wo es zusammenläuft, wieder ausgepumpt. Durch das Einschlämmen wird eine vollständige Setzung und dichte Lagerung der Sandschüttung erzielt, es soll daher stets zur Anwendung kommen. Nach dem Einschlämmen soll die Sandschüttung durch zirka eine Woche mit Fundamentsteinen provisorisch belastet werden, wodurch eine weitere Setzung erreicht wird. Vor Aufmauern des Mauerwerkes kann die oberste Schichte durch Aufgießen von Kalkmilch gedichtet werden; besser ist aber die Auftragung einer 15 bis 30 *cm* hohen Betonschichte (Fig. 11, T. 20).

Die Sandschüttung kann auch in der Weise ausgeführt werden, daß bis zum festen Grunde Schächte ausgehoben, diese mit Sand gefüllt und oben mit einer durchlaufenden Sandschichte in Verbindung gebracht werden. Man hat auch Pfähle eingerammt, diese herausgezogen und die Hohlräume sodann mit Sand ausgefüllt (Sandpfähle, Fig. 12, T. 20). Im letzteren Falle wird der Boden durch das Ein-

rammen der Pfähle verdichtet und in diesem Zustande durch das nachherige Einfüllen von Sand erhalten.

7. Betonbettung.

(Fig. 5, T. 20.)

Diese heute vielfach gebräuchliche Fundierungsart ist geeignet, alle besprochenen, zumeist sehr kostspieligen Roste in ökonomischer und zweckentsprechender Weise zu ersetzen. Ein ganz bedeutender Vorteil liegt darin, daß die Fundamentsohle nicht wie bei den Rosten unter dem niedersten Grundwasser liegen muß.

Eine 0.50 bis 1 m hohe Betonschichte genügt für nicht allzuschwere Bauwerke.

Die Druckverteilung in einer Betonplatte erfolgt im allgemeinen unter einem Winkel von 45° nach abwärts. Es kann sonach der Übergang zur notwendigen Breite der Fundamentsohle unter 1:1 erfolgen, weswegen Betonfundamente im allgemeinen weniger hoch und massiv ausfallen als solche aus anderem Mauerwerk (Fig. 5, T. 20).

Bei schweren Bauwerken und geringer Tragfähigkeit des Baugrundes kann zur Verdichtung des Bodens unter der Betonschichte auch eine Pilotierung ausgeführt werden, wie dies bei der Rotunde der Wiener Weltausstellung geschah und in Fig. 6, T. 20, dargestellt erscheint.

Der Beton wird in 10 bis 20 cm hohen Schichten in die geebnete Baugrube eingebracht und lagenweise festgestampft. Ist die Sohle der Baugrube unter Wasser, so muß dieses zuerst ausgepumpt werden. Bei großem Wasserandrang kann auch der Beton als Gußbeton mittels entsprechend weiten Röhren, welche bis zur Sohle hinabreichen, in das Wasser versenkt werden. In fließendem Wasser muß die Baugrube durch Spundwände abgeschlossen werden.

Unter Wasser oder im nassen Boden ist nur Portlandzement zu verwenden, während im trockenen Boden auch die Verwendung von Romanzement genügt.

Bei Anwendung von Portlandzement wird das Mischungsverhältnis je nach der notwendigen Härte des Betons 1:3:5 bis 1:4:8 genügen (siehe Betonierungen). Bei trockenem Baugrunde hat man noch geringere Mischungsverhältnisse mit den besten Erfolgen angewendet.

An der adriatischen Küste verwendet man für Wasserbauten mit Vorteil folgende Mischung: $3\frac{1}{2}$ Teile Santorinerde, 1 Teil gelöschten Kalk, $3\frac{1}{2}$ Teile Schlägelschotter.

8. Fundierung auf massiven Pfeilern und auf Erdbögen.

(Fig. 13 und 14, T. 20.)

Die Fundierung auf Pfeilern empfiehlt sich, wenn fester, tragfähiger Boden mit nicht zu mächtigen weichen Schichten überlagert ist. Solche Grundpfeiler (zumeist in Bruchsteinmauerwerk ausgeführt) bringt man unter den am meisten belasteten Konstruktionsteilen in Entfernungen von 3.00 bis 4.00 m (Mitte zu Mitte) an und verbindet sie oben mit starken Gewölbegurten, auf welchen sodann die Mauern der oberen Geschosse ruhen. Die Pfeiler reichen unbedingt bis auf den festen Grund und erhalten die erforderliche Verstärkung (Verbreiterung der Basis). Die Pfeiler müssen so stark gemacht werden, daß in ihnen die Maximalbelastung für die betreffende Mauerwerksgattung nicht überschritten wird. Die Fundamentverstärkung (Verbreiterung) muß nach der größten zulässigen Beanspruchung der betreffenden Bodengattung ermittelt werden. Die Ausführung geschieht derart, daß man für die einzelnen Pfeiler bis zum tragfähigen Boden Schächte aushebt, deren Wände entsprechend bölzt und dann die Mauerung unter sukzessiver Entfernung der nicht mehr notwendigen Bölzung ausführt, gleichzeitig aber auch zwischen Erdwand und Mauerung Erde feststampft.

Bei weichem, mit Wasseradern durchzogenem oder sumpfigem Baugrund können die Pfeiler auch mittels Senkbrunnen hergestellt werden (siehe Brunnenarbeiten), wenn der tragfähige Baugrund nicht allzu tief liegt. Die fertigen Senkbrunnen werden mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt und dann so wie gemauerte Pfeiler übergurtet.

Ist der Baugrund trocken, aber von geringer Tragfähigkeit, so kann die Fundamentbasis dadurch vergrößert werden, daß man zwischen die Pfeiler umgekehrte Gewölbebögen, sogenannte „E r d b ö g e n“ spannt (Fig. 14, T. 20), welchen die Aufgabe zufällt, die Belastung auf die ganze Länge des Fundamentes zu verteilen, ohne daß man die Mauerung voll ausführen braucht. Diese Fundierungsart bezweckt also bloß eine Ersparnis an Mauerwerk.

9. Fundierungen im Grundwasser.

(Tafel 21.)

Sowohl bei der Ausgrabung der Fundamente als auch bei der Herstellung der Gründung selbst muß das in die Grube eventuell eingedrungene Wasser mittels Eimern u. dgl. ausgeschöpft, bei größerem Wasserandrang aber mit kräftigen Pumpen ausgepumpt werden.

a) Einschließen der Baugrube.

Ist der Zudrang des Grundwassers in die Baugrube ein derartiger, daß er selbst mit den kräftigsten Pumpen nicht bewältigt werden kann, so wird man die Wände der Baugrube mit einer wasserundurchlässigen Wand (Spundwand) bekleiden und diese Spundwand bis in die wasserundurchlässige Schichte einrammen (Fig. 1, T. 21). Hierdurch wird der Wasserzudrang in die Grube zum größten Teile verhindert; die durch die Fugen der Wände und durch die Grubensohle noch eindringende, geringe Wassermenge kann leicht ausgepumpt werden. Bleibt diese Spundwand zum Schutze der Gründung gegen seitliche Unterwaschungen permanent in der Baugrube, wie z. B. bei Wasserbauten, so muß sie von der Gründung vollständig getrennt sein, damit sie die Setzungen des Bauwerkes nicht beeinträchtigt.

Für Fundamenttiefen bis zu 3·5 m genügen für die Ausführung der Spundwände 10 bis 14 cm dicke, 25 bis 35 cm breite Bohlen (Bohlenwände), für größere Tiefen müssen Pfähle (Balken) angewendet werden (Pfahlwände).

Die Bohlenwände erhalten an den Ecken Pfähle als Verstärkung (Fig. 2, T. 21). Schwächere Bohlen werden mit der Keilspundung, stärkere auch mit der Quadratspundung oder mit eingeschobenen, eventuell harten Holzleisten miteinander verbunden (Fig. 3, T. 21). Pfähle werden bloß stumpf aneinanderstoßend eingerammt; sie erhalten meist einen trapezförmigen Querschnitt (Fig. 4, T. 21) und werden beim Einrammen so gestellt, daß jeder Pfahl mit der breiteren der beiden parallelen Seiten an den vorhergehenden Pfahl anschließt.

Die Tiefe der Spund- oder Pfahlwand richtet sich nach der Bodenbeschaffenheit und nach der Mächtigkeit der wasserführenden Schichte.

Die Ausführung der Wand wird wesentlich erleichtert, wenn man die Baugrube, soweit es die Haltbarkeit des Bodens zuläßt, zuerst bis zum Grundwasserspiegel aushebt und erst dann das Einrammen beginnt. Zum Einrammen werden 20 bis 30 Bohlen oder Pfähle nebeneinander aufgestellt, mit Zangen festgehalten und dann einzeln, anfangs mit mäßigen, dann aber mit immer kräftigeren Schlägen eingetrieben (siehe Zimmermannsarbeiten „Spundwände“ und T. 5).

Sind die Boden- und Grundwasserverhältnisse derart, daß die Trockenlegung der Baugrube auch mittels Spundwänden nicht möglich ist und führt auch der Versuch, die Bodenentwässerung mittels Kanälen oder einer Drainageanlage zu bewirken, zu keinem günstigen Resultate, so bleibt nichts anderes übrig, als die Fundierung unter Wasser vorzunehmen.

b) Aushebung unter Wasser.

Bis zu 60 *cm* unter dem Grundwasserspiegel kann die Aushebung der Fundamentgrube noch mit der Stichschaufel, so wie im Trockenen bewirkt werden. Hierbei wird man einzelne Teile der Baugrube, z. B. eine halbe Tagesleistung, rasch, wötmöglich mit Ablösung, bis auf die notwendige oder erreichbare Tiefe ausheben, worauf diese Teile sich allmählich mit Wasser füllen werden. Man beginnt dann den zweiten und dritten Teil, indem man zwischen den Teilen einen etwa 50 *cm* breiten Damm stehen läßt, welcher erst nach Vollendung der Aushebung abgegraben wird.

Liegt die Fundamentsohle tiefer, so kann zur weiteren Aushebung, bis zu 2 *m* Tiefe, die Baggerschaufel (Fig. 5, T. 21) benützt werden und die Aushebung bei schmalen Gruben von den Rändern der Grube aus, bei breiten von eigenen, in der Grube herzustellenden Brücken aus bewirkt werden.

Bei größeren Tiefen der Baugrube muß man sich zur weiteren Aushebung des Sackbaggers (Fig. 6, T. 21) oder Sackbohrers (Fig. 7, T. 21) bedienen. Die Handhabung derselben erfolgt von eigens für diesen Zweck hergestellten Gerüstbrücken aus. Trifft man während des Baggerns auf größere Steine, so sucht man dieselben durch Umbaggern zu senken und läßt sie dann auf der Sohle der Grube liegen; wäre dies nicht statthaft, so müßten sie mit eisernen Rechen oder mit der Teufelsklaue (Fig. 8, T. 21) gehoben werden. Baumstämme u. dgl. müssen ebenfalls entfernt und können auf dieselbe Weise gehoben werden. Stößt man beim Baggern auf größere Wurzeln, so können diese mit dem Meißelbohrer (Fig. 9, T. 19) abgetrennt und dann, wie früher angedeutet, herausgehoben werden.

c) Verstärken der Fundamentsohle durch Roste und Betonschüttungen.

Nach bewirkter Aushebung wird der zumeist wenig und ungleichmäßig tragfähige Baugrund verstärkt werden müssen; dies kann durch die früher beschriebenen Roste geschehen, wird heute aber vorteilhafter durch Betonschüttungen bewirkt.

Nachdem bei einer Verstärkung des Baugrundes durch Roste alle Holzteile mindestens 30 *cm* unter den niedersten Wasserstand zu legen sind, um ihren Bestand zu sichern, so muß die Baugrube jedenfalls auf die Zeit der Arbeit trockengelegt werden, weshalb auch die Einschließung der Baugrube mit Spundwänden notwendig sein wird.

Man kann in diesem Falle, bei Anwendung eines Pfahlrostes, auch die Spundwand aus Pfählen herstellen und diese statt einer gewöhnlichen Pfahlreihe zum Tragen des Bauwerkes mitverwenden. Dann müssen aber die Pfähle der Spundwand mit den übrigen Pfählen durch Zangen wenigstens teilweise verbunden werden; Bohlenwände wären für diesen Zweck zu schwach.

Durch Betonschüttungen ist eine Verstärkung der Fundamentsohle viel einfacher und billiger herzustellen, weil man die Schüttung auch unter Wasser vornehmen kann, daher die Herstellung einer Spundwand und das Auspumpen des Wassers entfällt; auch wird durch die Betonschüttung eine wasserundurchlässige Schichte hergestellt, welche der Ausführung und dem Bestand des Fundamentmauerwerkes zugute kommt.

Bei der Ausführung einer Betonschüttung unter Wasser sollen folgende Grundsätze beachtet werden:

a) Die weiche Betonmasse soll möglichst lange vor der Einwirkung des Wassers geschützt, daher in geschlossenen Behältern versenkt werden.

b) Man soll möglichst große Betonmassen auf einmal versenken, weil durch das größere Gewicht eine festere Lagerung der Betonmasse stattfindet und dieselbe dichter wird.

c) Nach erfolgter Schüttung darf kein Ausgleichen oder Stampfen stattfinden, weil dadurch der Mörtel ausgespült und der Zement sich als Schlamm oben ablagern würde.

Die Einbringung der Betonmasse kann durch stückweise Schüttung mittels Betonsäcken oder Betonkasten oder durch kontinuierliche Schüttung mittels Trichtern, Röhren u. dgl. erfolgen.

Für die stückweise Schüttung mit Betonstücken sind zylindrische, oben und unten offene Säcke, mit zirka 0.3 m^3 Inhalt (Fig. 10 a, T. 21), aus dichter, geteilter Leinwand gebräuchlich, die am oberen und unteren Ende mit Ringen aus Tauen versteift sind. Die untere Öffnung wird vor dem Einbringen der Betonmasse mit einer Seilschleife (Fig. 10 b, T. 21) geschlossen (Fig. 10 c, T. 21). Durch rasches Ziehen an einer an der Schleife befestigten Leine löst sich die Schleife, wodurch sich der Boden öffnet.

Der gefüllte, an zwei über Rollen laufenden Seilen hängende Sack wird bis auf den Grund versenkt, sodann wird die Schleife durch rasches Ziehen an der betreffenden Leine unten geöffnet und der Sack wieder rasch emporgezogen; die Betonmasse bleibt natürlich am Boden liegen.

Durch entsprechende, stückweise Verschiebung der an einem Balken befestigten Rollen ist die Fortsetzung der Schüttung so zu regeln, daß jede neue Schüttung an die vorhergehende anschließt. Bei breiten Fundamentgruben können zwei oder auch mehrere Säcke nebeneinander angeordnet werden, so daß die Schüttung auf die ganze Grubenbreite auf einmal bewirkt werden kann.

Für die stückweise Schüttung mit Kasten können hölzerne oder eiserne Kasten verschiedener Größe gebraucht werden.

Hölzerne Kasten haben gewöhnlich nach Fig. 11, T. 21, einen aus 2 Klappen bestehenden Boden, welcher während des Herablassens von zwei leicht lösbaren Riegeln r in geschlossener Lage erhalten wird. Ist der Kasten an der richtigen Stelle bis auf den Grund versenkt, so werden durch Ziehen an zwei an den Riegeln befestigten Leinen l erstere geöffnet und der Kasten etwas emporgehoben, worauf sich die Klappen öffnen und die Betonmasse herausfällt.

Eiserne Kasten erhalten gewöhnlich die in Fig. 12 a, b, T. 21, dargestellte Form eines geteilten, auf beiden Seiten geschlossenen Halbzylinders. Die beiden Teile sind in der Zylinderachse drehbar miteinander verbunden. Während des Herablassens des gefüllten Kastens hängt derselbe auf 2 Seilen s , welche an den Achsenenden derart befestigt sind, daß der Kasten geschlossen bleibt. Hat der Kasten den Grund erreicht, so werden diese Seile gelöst, dagegen wird an einem an der Mantelfläche befestigten Seile s_1 rasch angezogen, wodurch sich beide Halbzylinderteile, wie Fig. 12 c, T. 21, zeigt, öffnen und die Betonmasse zu Boden fällt.

Bei den eisernen Kasten kommt die Betonmasse während der Entleerung des Kastens seitlich noch weniger mit dem Wasser in Berührung als bei Holzkasten. Bei beiden darf aber die Entleerung nicht früher erfolgen, als bis der Kasten den Grund erreicht hat.

Bei der stückweisen Schüttung darf die Versenkung in der Höhe des Wasserspiegels nur langsam bewirkt werden, damit nicht durch zu rasches Überfluten der Betonmasse der Mörtel fortgeschwemmt werde; hierdurch wird der rasche Gang der Arbeit etwas beeinträchtigt. Durch Zudecken des Betonkastens mit geteilter Leinwand, welche entsprechend befestigt und mit Gewichten an den Seiten noch beschwert wird, kann man auch diesen Übelstand größtenteils beseitigen.

Die kontinuierliche Schüttung eignet sich für schmale, langgestreckte Fundierungen mit mäßiger Wassertiefe besser als die stückweise Schüttung, sie gestattet auch einen raschen Baufortschritt und wird daher im Hochbau häufiger angewendet.

Die Betonbehälter haben die Form von Trichtern oder umgekehrten Trichtern von quadratischem Querschnitt (Fig. 13 a und b, T. 21) und werden entweder ganz

aus Eisenblech oder aus Brettern erzeugt und innen mit Eisenblech beschlagen. Die inneren Flächen des Trichters dürfen das Anhaften des Betons nicht begünstigen, weshalb Holzflächen glatt gehobelt sein müssen und bei Eisenkonstruktionen keine Nieten u. dgl. vorragen dürfen.

Der Trichter erhält bei schmalen Fundamentgruben an der unteren Seite möglichst die Breite der Grube (Fig. 15, T. 21), damit die Betonmasse beim Ausfließen aus dem Trichter möglichst direkt an die Grubenwände anschließe und nicht durcheinander geworfen werde, weil sonst ein Auswaschen des Mörtels eintreten könnte.

Bei breiteren Fundamentgruben werden zu diesem Zwecke gewöhnlich mehrere Trichter nebeneinander aufgestellt und auch gleichzeitig betrieben, wodurch die Schüttung auf die ganze Breite der Grube auf einmal erfolgen kann.

Die Trichter werden vertikal über der Fundamentsohle aufgestellt und an einem Gerüste auf Wagengestellen so befestigt, daß man sie in der Richtung der Fundamentgrube, wenn nötig aber auch senkrecht darauf verschieben kann (Fig. 15, T. 21).

Bei Beginn der Betonschüttung wird der Trichter bis auf die Grubensohle hinabgelassen und mit Betonmasse gefüllt, worauf derselbe dann langsam so hoch gehoben wird, als man die Betonschicht dick machen will. Sodann wird der Trichter am Wagengestelle befestigt und die Schüttung kontinuierlich fortgesetzt, indem man den Trichter langsam nach vorwärts bewegt, gleichzeitig aber fortwährend Betonmasse hineinschüttet, so daß der Trichter immer bis etwas über den Wasserspiegel gefüllt bleibt.

Die Schüttung soll nicht unterbrochen werden, weil sonst die Betonmasse im Trichter erhärten würde. Wenn eine Unterbrechung dennoch eintreten muß, so ist der Trichter ganz zu entleeren und dann die Arbeit wieder so zu beginnen, wie früher erklärt wurde.

Während der Schüttung muß der Trichter langsam und vorsichtig vorwärts bewegt werden, damit eine gänzliche Entleerung desselben auch bei unebener Sohle nicht erfolgen könne. Gerät man mit dem Trichter über ein größeres Loch, so ist es möglich, daß sich derselbe trotz aller Vorsicht plötzlich entleert. In diesem Falle darf aber nicht die Betonmasse einfach in den mit Wasser gefüllten Trichter geworfen werden, weil sich dadurch der Zement vollständig vom Sand und Schotter trennen würde, es muß vielmehr vor neuerlicher Füllung des Trichters das Wasser aus demselben entfernt werden. Man kann hierbei zuerst versuchen, den Trichter durch Herablassen in die noch weiche Betonmasse zu versenken, dadurch den weiteren Zufluß des Wassers abzusperren und den Inhalt auszupumpen. Sollte dies nicht gelingen, so kann in den Schütttrichter ein engerer Fülltrichter eingesteckt werden, welcher unten mit 2 Klappen geschlossen und mit Betonmasse gefüllt wird. Sobald der Fülltrichter bis zum Boden versenkt ist, öffnet man durch eine Vorrichtung mittels Zugleinen die Klappen und zieht den Trichter in die Höhe, füllt aber gleichzeitig oben frische Betonmasse so lange nach, bis der Schütttrichter wieder vollgefüllt und das Wasser aus demselben verdrängt ist (Fig. 16, T. 21).

Wenn der Trichter am unteren Ende senkrecht zu seiner Achse abgeschnitten ist, so wird die Betonmasse beim Ausfließen aus demselben an den drei freiliegenden Stellen bis auf den Grund hinabkollern, dabei vom Wasser teilweise umspült und dadurch auch der Zement stellenweise ausgewaschen. Man wird daher vorteilhaft den unteren Teil des Trichters, wie in Fig. 14, T. 21, dargestellt, der Höhe der Betonschüttung entsprechend nach *a b* schräg abschneiden. Dadurch wird die Berührung des Betonmasse mit dem Wasser in engen Baugruben ganz verhindert, in breiteren Gruben aber nur an 2 Seiten teilweise ermöglicht. Auch wird die Verschiebung der Trichters durch die (in der Richtung des in der Figur angedeuteten Pfeiles) drückende Betonmasse wesentlich erleichtert.

d) Sandschüttungen unter Wasser.

Bei Sandschüttungen unter Wasser ist es Grundregel, daß bei eventueller Bewegung des Grundwassers die Schüttung vor einer Lockerung ihrer Lagerung oder vor einer Unterspülung durch eine entsprechend vorgelegte, dichte Spundwand geschützt werde.

Das Einbringen des Sandes in die Baugrube soll nicht mit der Schaufel, sondern in größeren Partien, z. B. mit Erdtragen, Schiebtruhen u. dgl. erfolgen. Die Schüttung muß lagenweise gestampft oder gewalzt werden, damit eine dichte Lagerung der Sandkörner erfolge. Zum Stampfen werden Sandpracker (Fig. 17, T. 21) und zum Walzen eigene Steinwalzen verwendet, welche letztere auf der Sandschüttung mit Seilen gezogen werden.

10. Fundierungen in offenen Gewässern.

Bei offenen Gewässern muß derjenige Teil des Baugrundes, auf welchen die Fundierung fällt, vorerst mit einer wasserdichten Wand (Spundwand) oder mit einem Damm (Fangdamm) eingeschlossen werden. Der eingeschlossene Teil wird dann vor Beginn der Fundierungsarbeiten mit kräftigen Pumpen trockengelegt.

In stehenden Gewässern kann die Einschließung des Baugrundes bei einem Wasserstand bis zu 1.00 m mit einer Spundwand oder mit einer nach Fig. 18 a, T. 21, hergestellten Bohlenwand erfolgen. Zur Herstellung einer vollständigen Abdichtung muß an der Außenseite der Wand eine Lehmschüttung vorgelegt werden, wie die Fig. 18 a, T. 21, andeutet.

In fließenden Gewässern oder bei einem Wasserstand über 1.00 m Tiefe müssen nach Fig. 18 b, T. 21, auf zirka 1.50 m voneinander entfernt Holzwände hergestellt werden. Zwischen beiden Wänden wird eine Lehmschüttung eingebracht.

Bei durchlässigem Boden (Schottergrund) wird eine Bohlenwand nicht genügen, weil das Wasser durch den Schotter in die Baugrube eindringen würde. In diesem Falle wird an der inneren Seite der Baugrube eine Spundwand herzustellen sein, bei welcher die Bohlen oder Pfähle bis in die wasserundurchlässige Schichte eingetrieben werden müssen.

Selbstverständlich müssen diese Fangdämme noch mindestens 50 cm über den höchsten Wasserstand emporragen, damit sie bei Hochwasser nicht überflutet werden.

Bei hohem Wasserstand und sehr tiefen Fundierungen (Brückenpfeilern u. dgl.) werden meistens pneumatische Fundierungen angewendet.

Die pneumatische Fundierung (siehe Fig. 19, T. 21) erfolgt mittels eiserner Kasten (Caissons) *a*, welche aus festen, durch Konsolen *c* verstärkten Blechwänden und einer aus Blechen und genieteten Trägern gebildeten Decke *d*, die das Innere der Caissons nach oben abschließt, bestehen. In die Decke ist der Förderschacht *b* eingesetzt, der ebenfalls aus Blech hergestellt ist und luftdicht an den Caisson anpaßt. Auf dem Förderschacht sitzt die Ein- und Ausschleuskammer *S*, welche gegen ersteren mittels einer Klappe K_1 luftdicht verschließbar ist. Die Kammer *S* besitzt eine hermetisch verschließbare Einsteigöffnung \ddot{O} , zumeist zwei Materialförderschläuche f_1 und f_2 und steht überdies mit einer Luftkompressionsmaschine durch das Zuleitungsrohr *r* in Verbindung. Ein Arm dieses Rohres mündet unterhalb der Klappe K_1 ; mittels des Ventils v_1 kann die Lufteinströmung in die Schleuse *S* abgesperrt werden.

Der Caisson wird von einem festen Gerüste aus allmählich versenkt und ist in dem Maße, als derselbe sinkt, auf die Decke desselben das Mauerwerk aufzubringen, so zwar, daß das Mauern stets ober Wasser erfolgt. Hat der Caisson den Grund erreicht, so begeben sich die Arbeiter in die Schleusenkammer, schließen die Öffnung \ddot{O} und es wird nun durch *r* Luft eingepreßt, bis dieselbe alles Wasser bis zum unteren

Rande der Caissonwand verdrängt hat. K_2 und K_3 sind hierbei geschlossen, K_1 hingegen offen.

Auf einer an der Wand des Förderschlauches b befindlichen Leiter steigen die Arbeiter in den Caisson a und beginnen den Materialaushub. Die Förderung des Materials geschieht mittels eines hydraulischen Aufzuges durch den Förderschacht. Zum Auswurf des Materials ins Freie werden die Klappen K_2 geöffnet, die Materialkübel in die Schläuche entleert und hierauf die Klappen K_2 wieder geschlossen. Außen stehende Arbeiter öffnen nun K_3 , worauf das Material herausfällt. Die Klappen K_3 werden dann wieder geschlossen.

Um die durch die Preßluft fest angedrückten Klappen K_2 öffnen zu können, werden die Ventile v_2 geöffnet, so daß sich die Schläuche f ebenfalls mit der komprimierten Luft füllen können.

Wichtig ist der Vorgang beim Ablösen der Arbeiter. Die abzulösenden Arbeiter steigen hinauf in die Schleuse S . Ein Arbeiter hebt die Klappe K_1 , während gleichzeitig das Ventil v_2 geschlossen, bei einem anderen Ventil v_3 die gepreßte Luft der Schleuse entweichen gelassen wird. Sobald die Luft oben dünner geworden ist, wird K_1 durch die unten befindliche gespanntere Luft fest nach aufwärts gedrückt. Schließlich hat der Druck auf die Schleusentüre derart nachgelassen, daß das Öffnen derselben und das Aussteigen der Arbeiter möglich ist. Die neue Partie steigt ein, v_3 wird geschlossen, v_1 geöffnet und sobald die Luft in S dieselbe Pressung hat wie die im Förderschacht b , fällt die Klappe K_1 durch das eigene Gewicht herab, worauf sich die Arbeiter in den Caisson begeben können.

Das Ein- und Ausschleusen der Arbeiter muß, damit dasselbe ungefährlich verlaufe, sehr langsam vorgenommen werden.

Sobald die Ausgrabung so weit vorgeschritten ist, daß man tragfähigen Boden erreicht hat, wird der Caisson mit Beton ausgefüllt, so daß nun der ganze Pfeiler massives Mauerwerk bildet.

VI. Deckenkonstruktionen.

Decken nennt man jene Konstruktionen, welche die Stockwerke eines Gebäudes in horizontaler Richtung voneinander trennen oder einen Raum nach oben abschließen. Man macht sie aus Holz, Stein oder Eisen oder auch aus Kombination dieser Materialien.

Bis zu einer gewissen Grenze ist es ökonomisch, die Deckenträger (Balken, Eisenträger u. dgl.) in geringen Entfernungen voneinander zu legen. Hierdurch kann deren Höhe und auch die ganze Konstruktionshöhe der Decke geringer gehalten werden, daher auch an Umfassungsmauerwerk erspart wird.

1. Dübel- oder Dippeldecke.

(Fig. 1, T. 22.)

Diese besteht aus unmittelbar aneinander anschließenden, quer über den einzudeckenden Raum gelegten Balken (D i p p e l b ä u m e n), die durch Entzweischneiden von Rundhölzern gewonnen und behufs besseren gegenseitigen Anschlusses an den Stoßfugen etwas behauen werden. Sie erhalten an beiden Enden ein 15 cm breites Auflager auf den Mauern bzw. auf einem 15 cm breiten Brett (R a s t l a d e n) oder besser auf einem 15/15 cm starken lärchenen Balken (R a s t s c h l i e ß e), welcher gleichzeitig als Zugschließe armiert werden kann.

Dort, wo die Dippelbäume den Rauchsloten zu nahe kommen würden, müssen dieselben a u s g e w e c h s e l t werden. Hierzu schneidet man ihre Enden ab und legt sie auf einen W e c h s e l, der mit den ersten, beiderseits des Rauchslothes normal aufruhenden Dippelbäumen durch die schiefe Anblattung mit