

## A. Wasserbeschaffung mittels Schachtbrunnen.

Bei dieser Beschaffungsart wird von der Erdoberfläche bis zur wasserführenden Schichte ein Schacht gegraben und das Wasser mit Schöpfeimern oder Pumpen zutage gefördert.

Die Tiefe des Brunnenschachtes richtet sich nach der Tiefenlage der wasserführenden Schichte. Diese, sowie die Beschaffenheit des Bodens muß stets zuerst annähernd ermittelt werden, um kostspielige Brunnenarbeiten zu vermeiden. Diesbezüglich werden die in der nächsten Umgebung vorhandenen Brunnen sowie die in dem betreffenden Orte ansässigen Brunnenmacher Aufschluß geben. Man kann auch aus der Gestalt und Lage sowie den sonstigen Anzeichen des Terrains auf vorhandene Schwierigkeiten für den Brunnenbau schließen. Endlich kann auch durch Bohrungen die geeignetste Stelle für die Anlage eines Brunnens ermittelt werden.

Die sicherste Jahreszeit, ergiebige Quellen aufzusuchen und Brunnen zu graben, sind die Monate August, September und Oktober; denn findet man in dieser zumeist trockenen Zeit genügend Wasser, so kann man auf eine dauernde Ergiebigkeit des Brunnens ziemlich sicher schließen.

Für Wohngebäude wird man den Brunnen auf dem den häuslichen Zwecken am besten entsprechenden Platze anlegen, muß aber die Entfernung und die Lage gegenüber den etwa vorhandenen Senkgruben, Düngergruben u. dgl. so bestimmen, daß eine Verunreinigung des Brunnens unbedingt ausgeschlossen bleibt.

Der Brunnenschacht soll das umgebende Terrain um 40 bis 60 *cm* überragen und mit einem geeigneten Deckel aus Stein oder Beton geschlossen werden; Holzdeckel sind nicht zu empfehlen.

Das an den Brunnen anschließende Terrain soll gegen den Brunnenschacht mäßig ansteigen und in der nächsten Nähe des Brunnens wasserdicht gepflastert sein, damit das Tagwasser nicht in den Schacht eindringen kann.

Durch Anbringung von Ventilationsöffnungen unmittelbar unter oder in dem Brunnendeckel ist für einen hinreichenden Luftwechsel im Brunnenschacht vorzusorgen. Diese Öffnungen müssen mit engmaschigen Drahtgittern verschlossen sein.

Um die Wasserergiebigkeit eines Brunnens wenigstens annähernd zu messen, läßt man den Brunnen während 24 Stunden unberührt stehen, schöpft ihn dann vollständig aus und beobachtet die Zeit, welche zur Erreichung des früheren Wasserstandes notwendig ist.

Die Herstellung der Schachtbrunnen zerfällt in 2 Teile:

1. in das Abteufen und Verkleiden des Schachtes und
2. in die Herstellung der Wasserförderungsanlage.

### 1. Abteufen und Bekleiden des Brunnenschachtes.

#### a) Brunnen mit Holzverkleidung.

(Fig. 2, T. 87.)

Bei den mit Brettern verkleideten Schachtbrunnen erhalten die die Bretterwände stützenden Brunnenkränze ein quadratisches Gevierte von 1.20 bis 1.60 *m* Lichtweite, sie werden je nach der Lichtweite aus 15/20 oder 20/25 *cm* starken Kanthölzern hergestellt und an den Ecken bündig überblattet; der oberste Kranz — Flügelkranz — (Fig. 2 A) erhält 0.50 bis 1.20 *m* lange, über die Wandseite desselben vorragende Teile (Flügel) zur Auflagerung und Befestigung auf den Erdboden.

Der Brunnenkranz besteht aus 2 Schwellen *a* und zwei darüber liegenden Kappen *a'* (Fig. 2 A). Die 4 Seiten der Kappen und Schwellen heißen, je nachdem sie nach oben, nach unten, gegen die Erdwand oder gegen den Brunnenschacht gerichtet

sind, Sicht-, Ort-, Wand- oder Brunnenseite. In der Mitte der Schwellen und Kappen wird an der Brunnenseite ein Sägeschnitt  $p$  zum Einrichten der Kränze in die vertikale Lage angebracht.

Die einzelnen Kränze werden auf 0.80 bis 1.10  $m$  Distanz (Verzugstiefe) untereinander angeordnet und die Schwellen der unteren Kränze an die Kappen der oberen Kränze mit  $4/5$   $cm$  starken Hängelatten  $e$  (Fig. 2 B) hängend festgenagelt.

Die an die Erdwand anschließenden Verzugsbretter werden an die Brunnenkränze mit Keilen festgekeilt, sie reichen von der Sichtseite eines Kranzes bis 10  $cm$  über die Ortseite des nächsten Kranzes hinaus und werden an der Ortseite auf 5  $cm$  Länge abgeschrägt. Die Wandbretter des ersten Verzuges überragen den Flügelkranz um etwa 5  $cm$ , um mit einer anschließenden, kleinen Anschüttung dem Eindringen des Regenwassers vorzubeugen.

In unhaltbarem Boden wird zwischen die Verzugsbretter zweier aufeinanderfolgender Verzüge je ein 2.5  $cm$  dickes, 15  $cm$  breites Pfändebrett  $g$  (Fig. 2 B) angeordnet.

Die Eckbretter des ersten Verzuges werden wegen des Ausschnittes für die Flügel 37  $cm$ , alle anderen aber 15 bis 20  $cm$  breit gemacht. Die Dicke der Verzugsbretter wird bei 1.20  $m$  Schachtweite mit 4  $cm$ , bei größerer Schachtweite und in unhaltbarem Boden aber mit 4.5  $cm$  angeordnet.

Abteufen des Schachtes in haltbarem Erdreich (Fig. 2 C).

Zuerst wird der Boden geebnet, dann der Flügelkranz  $a$  horizontal gelegt und jeder Flügel mit 3 Hakenpflocken (Haftpflöcke)  $d$  befestigt.

Die Verzugsbretter werden wandweise zugeschnitten, indem man 2 Kranzstücke in gleicher Distanz, wie sie im Brunnen voneinander entfernt sind, auf den Boden legt, darüber die Bretter auflegt und diese darnach in der erforderlichen Größe vorreißt. Mit Rücksicht auf die Lage und Übergreifung der in den Ecken befindlichen Verzugsbretter ist das eine Eckbrett oben um  $1\frac{1}{2}$  und unten um  $2\frac{1}{2}$  Brettdicken breiter zu schneiden. Außerdem sind bei den Eckbrettern des obersten Verzuges die Ausnehmungen für den Flügelkranz auszuschneiden.

Nachdem die Erde bis 20  $cm$  unter die Verzugstiefe ausgehoben wurde, werden die Schwellen eines gewöhnlichen Kranzes auf Verzugstiefe an die Kappen des Flügelkranzes durch je zwei aufgenagelte Hängelatten befestigt, sodann die Kappen aufgelegt und die Sägeschnitte des oberen und unteren Kranzes ins Lot gebracht, worauf der untere Kranz mit Keilen  $k$  gegen die Erdwand provisorisch verspreizt (abgekeilt) wird.

Sodann erfolgt das Einziehen der Verzugsbretter  $f$ , und zwar immer von den Ecken aus. Beim Eintreiben der Bretter wird auf die Köpfe derselben ein hartes Brettstück gelegt, um diese durch die Hammerschläge nicht zu zertrümmern. Die Eckbretter übergreifen sich wechselweise. Ihre schiefe Führung erhalten die Wandbretter durch Führungskeile  $k_1$ , die zwischen die Wandbretter des folgenden und des vorhergehenden Verzuges eingesteckt werden.

Um Platz für die Bretter des nächsten Verzuges zu gewinnen, werden zwischen die Bretter des ersten Verzuges und den Wandseiten des gewöhnlichen Kranzes  $1\frac{1}{2}$  Brett starke Keile  $k_2$  eingetrieben. Die etwa zwischen den Erdwänden und den Verzugsbrettern entstehenden Hohlräume werden beim Einziehen der Verzugsbretter mit Erde, Rasen, Gras usw. voll ausgefüllt.

Die folgenden Verzüge sind in gleicher Weise herzustellen wie der erste. Vor dem Einziehen eines Verzugsbrettes wird der betreffende Keil herausgeschlagen, vorher aber der zunächst liegende Keil etwa angezogen. Nach dem Einziehen des Brettes wird dasselbe oben mit einem  $\frac{1}{2}$  Brett starken und unten mit einem  $1\frac{1}{2}$  Brett starken Keile gegen den Brunnenkranz abgekeilt.

Abteufen des Schachtes in unhaltbarem Erdreich.

Beim Bau eines Schachtbrunnens in unhaltbarem Boden legt man die Flügel der Schwellen des Flügelkranzes auf 4 bis 5  $m$  lange Pfosten.

Das Zuschneiden der Verzugsbretter geschieht wie beim Baue in haltbarem Boden, nur ist für das einzulegende Pfändebrett *g* (Fig. 2 *B*) außer der  $1\frac{1}{2}$  bzw.  $2\frac{1}{2}$ fachen Dicke der Verzugsbretter noch der Raum für die Dicke des Pfändebrettes zu berücksichtigen.

Nachdem etwas mehr als die halbe Verzugstiefe (in sehr unhaltbarem Boden entsprechend weniger) ausgegraben ist, wird ein Hilfskranz gelegt. Das ist ein gewöhnlicher Kranz, an dessen Wandseite Latten *h* (Fig. 2 *B*) von der Dicke der Verzugsbretter angenagelt sind. Das Legen des Hilfskranzes erfolgt so wie das eines gewöhnlichen Kranzes, nur werden die Hängelatten, damit selbe später nicht hindern, 20 *cm* seitwärts der Überblattungen angenagelt. Das Einziehen der Verzugsbretter wird wieder in zwei diagonal gegenüberliegenden Ecken begonnen und wie früher erklärt fortgesetzt.

Unter Führung des Hilfskranzes werden nun die Verzugsbretter von einer Ecke beginnend einzeln nach und nach weiter eingetrieben, von dem Eintreiben aber die Keile der anschließenden Bretter mäßig angezogen. Gleichzeitig wird die Ausgrabung fortgesetzt, bis man auf zirka 0.20 *m* unter die Verzugstiefe gelangt ist, worauf der erste gewöhnliche Kranz, wie früher beschrieben, gelegt und mit Hängelatten an den Flügelkranz befestigt wird. An die Verzugsbretter werden die Pfändebretter gelegt und zwischen diese und dem Kranze  $1\frac{1}{2}$  Brett dicke Keile eingetrieben. Nun kann der Hilfskranz entfernt und der nächste Verzug in gleicher Weise fortgesetzt werden.

#### Setzen des Wasserkastens.

Kommt man auf Wasser, so muß der Bau ohne Unterbrechung (mit Ablösung der Arbeiter) fortgesetzt und das eindringende Wasser beständig ausgeschöpft werden.

Sobald aus der Sohle des Brunnens Wasser emporquillt, wird der Brunnenkranz für den letzten Verzug gelegt, welcher keine Hängelatten braucht, und der letzte Verzug vollendet.

Bei sehr tiefen Brunnen, ferner bei unhaltbarem Erdreich werden in den Ecken der Kränze noch Stützen *St* (Fig. 4) aufgestellt. Hierauf kann der Wasserkasten *B* (Fig. 4) eingesetzt werden.

Der Wasserkasten ist ein aus 5 *cm* dicken Pfosten gefertigter, 1.00 bis 1.25 *m* hoher Kasten, ohne Boden und ohne Deckel, dessen äußere Breite kleiner ist als die lichte Weite des Brunnens. In den Ecken werden die Pfosten des Kastens verschränkt und in der Mitte durch quer darüber genagelte, schmale Pfosten verbunden. Die Wände des Kastens werden mit entsprechend großen Bohrlöchern versehen, durch welche das Wasser eindringt.

Der Kasten wird unter sukzessivem Ausgraben der Erde so weit versenkt, daß seine Oberkante die Sichtseite des letzten Kranzes um 2 bis 3 *cm* überragt. Das während der Arbeit eindringende Wasser muß fortwährend ausgeschöpft werden.

Ist der Boden nicht sandig, so wird die Sohle innerhalb des Wasserkastens 15 bis 30 *cm* hoch mit kleinen Kiessteinen und rein gewaschenem Sand bedeckt.

#### Anwendung einer Brunnenbüchse.

Ist der Wasserzulauf so bedeutend, daß er nicht mehr durch Ausschöpfen bewältigt werden kann, muß aber die Brunnensohle dennoch tiefer gelegt werden, so geschieht dies mit Hilfe einer Brunnenbüchse (Fig. 3). Diese besteht aus einem hohlen Zylinder aus Kienföhrenbohlen (Dauben), welcher seinem äußeren Durchmesser nach etwas kleiner ist als die lichte Weite des Brunnens und je nach der erforderlichen Tiefe bis 5 *m* lang sein kann. Die Dauben sind an der unteren Seite zugespitzt und mit starken Eisenreifen zusammengehalten.

Diese Brunnenbüchse wird auf die geebnete Brunnensohle gestellt und mit einem Gerüste beschwert. Die Dauben werden dann nacheinander in den Boden eingetrieben. Gleichzeitig wird die Erde mit dem Brunnenpieß (Fig. 11) gelockert und mit der Baggerschaufel oder dem Sackbohrer (Fig. 10) herausgehoben.

Wenn eine Brunnenbüchse für die notwendige Brunnentiefe nicht hinreicht, so kann innerhalb der ersten Brunnenbüchse noch eine zweite mit kleinerem Durchmesser in gleicher Weise geschlagen werden.

#### b) Brunnen mit gemauerten Wänden.

Gemauerte Brunnen erhalten einen kreisrunden Querschnitt, dessen Durchmesser je nach dem Wasserbedarfe 1.00 bis 4.00 *m* angenommen wird.

Bei haltbarem Boden wird der Brunnen stückweise ausgegraben und gleichzeitig ausgemauert, dabei wird im Mauerwerk auf je 1.00 bis 1.50 *m* Tiefe (14 bis 20 Ziegelsteine) ein Kranz aus hochkantig gestellten Ziegeln hergestellt, welcher teilweise in die Erdwände eingreift und das Herabgleiten der Mauer verhindert (Fig. 9). Die Krönung des Brunnenmauerwerkes wird durch einen stärkeren Ring bewirkt.

Bei Herstellung der tieferen Schichten wird zuerst die Ausgrabung im lichten Durchmesser des Mauerwerkes vorgenommen, das fertige Mauerwerk gegen die Brunnensohle mit Ständern *S* (Fig. 9) abgebölzt und erst dann die noch fehlende Aushebung für das Verkleidungsmauerwerk der unteren Schichte bewirkt. Auf die geebnete Sohle wird nun wieder ein in die Erdwand eingreifender Kranz mit hochkantig gestellten Ziegeln gemauert, darüber das übrige Mauerwerk mit liegenden Ziegeln aufgeführt und nach allmählicher Entfernung der Ständer stückweise an den oberen Kranz angeschlossen. Auf diese Art kann auch bei minder haltbarem Boden der Schacht bis zur wasserführenden Schichte hergestellt werden.

Bei haltbarem Boden und bei kleinerem Brunnendurchmesser wird häufig auch ohne Bölzung gearbeitet. Manchmal wird im haltbaren Erdreich sogar der ganze Schacht bis zur Brunnensohle ausgegraben und erst dann mit Mauerwerk verkleidet.

Zum Ausmauern verwendet man in der Regel gut gebrannte Mauerziegel, welche je nach dem Brunnendurchmesser als Läufer oder Binder angeordnet werden können (Fig. 1 *B*). Die gegen die Erdwand sich erweiternden Stoßfugen können mit Zwickelsteinen ausgefüllt werden. Solider ist die Ausmauerung mit entsprechenden Keilziegeln (Fig. 1 *A*). Im übrigen sind die allgemeinen Regeln für den Ziegelverband einzuhalten.

Nur bei Mangel an geeignetem Ziegelmateriale kann auch fester, lagerhafter Bruchstein für das Brunnenmauerwerk verwendet werden.

Der obere Teil des Brunnenmauerwerkes soll jedenfalls in Zementkalk- oder Portlandzementmörtel ausgeführt werden, damit Sickerwasser nicht in den Brunnen eindringen kann; im unteren Teile können die Ziegel auch trocken vermauert werden.

#### c) Brunnen mit Betonwänden.

Die kreisrunden Brunnenschächte, 1.00 bis 4.00 *m* im Durchmesser, können statt mit Ziegel oder Bruchstein mit Beton verkleidet werden, was in vielen Fällen vorteilhafter, manchmal auch ökonomischer ist.

Der Beton wird mit dem Fortschreiten der Ausgrabung in 50 *cm* hohen Ringschichten zwischen einen entsprechend aufgestellten und gegen die Erdwand verspreizten, zerlegbaren Blechzylinder und die Erdwand eingestampft. Für den Anschluß an das obere, fertige Betonmauerwerk muß der oberste Teil jeder Betonschichte von seitwärts eingestampft werden. Nach genügendem Erhärten des eingestampften Betons wird der zerlegbare Blechzylinder abgenommen, die Tiefergrabung um die nächste Schichte fortgesetzt und die Betonierung derselben auf dieselbe Weise wieder vorgenommen.

Bei haltbarem Boden kann man auch 1 bis 2 *m* tief ausgraben und erst dann in 2 bis 4 Schichten den Beton auf einmal einstampfen. Die Betonierung wird dadurch insofern etwas vereinfacht, als man den sonst nach jeder 50 *cm* hohen

Schichte notwendigen und schwieriger herzustellenden Anschluß an die obere Betonierung einige Male erspart.

Der Beton schließt sich an die rauhe Erdwand innig an, wodurch ein Abgleiten des fertigen Betonmauerwerkes bei der Untergrabung desselben nicht stattfinden kann, daher auch keine Böschung nötig ist.

Betonbrunnen verhindern bei guter Ausführung das Eindringen von Sickerwasser aus höheren, eventuell verunreinigten Schichten; die glatten Wände erschweren die Ansammlung von Ungeziefer und verhindern besser als das Ziegelmauerwerk mit seinen Fugen die Bildung einer schädlichen Pflanzenvegetation im Brunnenschachte.

#### d) Bekleidung des Brunnenschachtes bei großem Wasserandrang und bei unhaltbarem Erdreich.

Die im vorhergehenden besprochenen Arten der Ausmauerung wird man gewöhnlich auch nach Erreichung des Grundwassers fortsetzen können, da der Wasserzulauf zur Schachtsohle meist nur ein geringer ist und leicht durch Schöpfwerke bewältigt werden kann.

Ist aber der Wasserandrang so bedeutend, daß ein Auspumpen nur schwer möglich ist, und wäre zu fürchten, daß die Brunnenwände beim Untergraben des fertigen Mauerwerkes einstürzen, so muß auch bei den vorbeschriebenen Ausmauerungsarten eine Brunnenbüchse, wie früher erklärt, geschlagen werden, wenn man die Tiefergrabung fortsetzen will.

Wenn der Boden sehr unhaltbar ist (z. B. Sandboden), so ist es ratsam, den Schacht zuerst mit Brunnenkränzen und Verzugsbrettern auf die früher erwähnte Art zu bekleiden und dann erst von der Sohle aus die Bekleidung mit Mauerwerk zu beginnen.

Mit dem Fortschreiten des Mauerwerkes werden die Brunnenkränze von unten beginnend nacheinander entfernt und die Verzugsbretter erst nach dem Aufmauern eines Verzuges zwischen Mauerwerk und der Erdwand herausgezogen. Auf diese Art wird kein Teil der Erdwand unbekleidet bleiben und ein Nachstürzen derselben ausgeschlossen sein.

#### e) Senkbrunnen.

In weichem, wasserreichem Boden, welcher die direkte Ausgrabung nicht gestattet, kann die Ausführung von Senkbrunnen Platz greifen. Hierbei wird das zylinderförmige Verkleidungsmauerwerk durch Untergrabung allmählich versenkt und nach Maßgabe des Sinkens die Mauerung oben fortgesetzt. Die an die Erdwand anschließende Verkleidung soll möglichst glatt sein, damit keine zu große Reibung auftritt und das Mauerwerk durch das eigene Gewicht, erforderlichenfalls durch das auf der Gerüstung deponierte Material vermehrt, leicht zum Sinken gebracht werden kann.

Das Verkleidungsmauerwerk ruht auf einem aus Holz oder Eisen hergestellten, unten mit einer Schneide versehenen Brunnenkranz (Fig. 7 und 8). Ein ungleichmäßiges Sinken des Mauerwerkes wird dadurch verhindert, indem man den unteren Mauerteil mit mehreren, 1 bis 1.50 m voneinander abstehenden, mit Ankerbolzen verbundenen Brunnenkränzen zu einem Ganzen verbindet (Fig. 7) oder indem man den ganzen Mauerkörper mit einem Eisenblechmantel umgibt (Fig. 8). Dieser zylindrische Mantel kann gleichzeitig mit der Aufmauerung nach oben verlängert werden, wodurch auch die Reibung an den Erdwänden reduziert und das seitliche Eindringen des Wassers verhindert wird.

Bei haltbarem Boden wird zu Beginn der Brunnengrabung zuerst ein etwas größerer Schacht *a*, eventuell mit geböschten Erdwänden (Fig. 8 *a*) ausgehoben und von der Sohle dieses Schachtes erst der Senkbrunnen begonnen, nachdem durch eine ringförmige Ziegelrollschar *b* der obere Rand des Schachtes bekleidet wurde.

Mit dem Senkmauerwerk kann man eventuell auch erst auf der Sohle eines provisorisch mit Holz verkleideten Schachtes beginnen, den man bis zum Niveau des Grundwasserspiegels abgeteuft hat. Nach Vollendung des mittels Senkbrunnens weiter ausgeführten, unteren Brunnenteiles kann dann auch die Holzverkleidung des oberen Teiles durch eine Mauer- oder Betonverkleidung ersetzt werden.

Auch bei Senkbrunnen kann die Vertiefung der Brunnensohle bei geringerem Wasserandrang durch Ausgraben und Ausschöpfen des Wassers bewirkt werden. Bei größerem Wasserandrang wird jedoch die Vertiefung bei geringeren Brunnentiefen zumeist mit dem Sackbohrer (Fig. 10) und bei größeren Brunnentiefen häufig mit dem Baggerhaspel (Fig. 8) vorgenommen. Der Sackbohrer wird mit einem langen Stiele vom Gerüste aus durch 2 Mann entsprechend gedreht und dann mit einer Leine aufgezogen, entleert und neuerdings hinabgelassen; dabei wird er immer an eine andere Stelle der Sohle angesetzt, so daß die Untergrabung in allen Teilen gleichmäßig fortschreitet. Der Baggerhaspel wird durch 2 oder 4 Mann gedreht, wodurch die an der Brunnensohle angelangten eisernen Körbe den Boden lockern, sich mit Erdmaterial füllen und dann hinaufgezogen werden.

In besonderen Fällen kann es notwendig werden, daß zur Beseitigung von Hindernissen selbst Taucher verwendet werden müssen.

#### f) Brunnenbau im Felsboden.

Im Felsboden soll man die kostspielige und ganz unverläßliche Ausführung von Schachtbrunnen gänzlich vermeiden. Stoßt man aber beim Bau eines Schachtbrunnens zufällig auf Felsen, so muß man alle Umstände genau erwägen, bevor man sich entschließt, den Brunnenbau im Felsen fortzusetzen. In vielen Fällen wird man gut tun, den Brunnenbau an dieser Stelle ganz aufzugeben. Ist man aber mit der Ausführung des Brunnenschachtes auf eine beträchtliche Tiefe gelangt und sprechen die örtlichen Verhältnisse für den Weiterbau des Schachtbrunnens im Felsen, so muß man die hierzu nötigen Sprengarbeiten mit der größten Vorsicht beginnen und bis zur Erreichung der wasserführenden Schichte fortsetzen. Hierzu können nur seichte Bohrlöcher mit geringen Dynamitladungen in Anwendung kommen. Die Bohrlöcher sind so anzulegen, daß man zuerst in der Brunnensohle durch schräge Anordnung der Bohrlöcher einen Trichter aussprengt, welcher dann allmählich durch vertikal geführte Bohrlöcher zu einem Zylinder erweitert wird. Näheres über Felssprengung ist im Kapitel Steinbrecherarbeiten enthalten. Nach jeder vorgenommenen Sprengung entwickeln sich durch den Sprengstoff schädliche Gase im Brunnenschachte, welche den Arbeitern gefährlich werden können. Man muß daher nach jeder Sprengung zuerst frische Luft in den Schacht einpumpen, bevor die Arbeiter die Abraum- und Sprengarbeiten fortsetzen. Hierbei muß die frische Luft mittels einer Luftpumpe u. dgl. durch ein entsprechend weites Rohr bis zur Sohle des Brunnenschachtes eingetrieben werden, worauf die Stickluft nach oben abziehen wird. Einen raschen Luftwechsel im Brunnenschachte kann man auch dadurch erzielen, daß man angezündeten Brennstoff (Stroh, Hobelspäne) in den Brunnenschacht hinabläßt und rasch wieder aufzieht. Einerseits durch die Erwärmung, andererseits durch die rasche Auf- und Abwärtsbewegung des angezündeten Brennstoffes wird die sonst träge Luft im Brunnenschachte in Bewegung gebracht und dadurch eine ziemliche Lufterneuerung erreicht.

Bei Wasserandrang muß man dieses durch Ausschöpfen oder Auspumpen entfernen, um die Sprengarbeit fortsetzen zu können. Die Dynamitladungen müssen mit der Sprengkapsel wasserdicht adjustiert sein, bevor sie in die Bohrlöcher eingeführt werden.

Ist der Wasserzufluß ein hinreichender, so wird die Bohrarbeit nach entsprechender Abgleichung eingestellt und das Schöpfwerk eingebaut. Die Felswände werden nur in besonderen Fällen (lockerer Felsen) mit Mauerwerk bekleidet. Zeigen

sich im Felsen Risse oder Klüfte, durch welche das Wasser abfließen würde, so müssen diese mit rasch bindendem Zement ausgegossen oder ausbetoniert werden.

Stoßt man beim Graben eines Schachtbrunnens auf kleinere Felsmassen (Blöcke), so werden diese in der vorbeschriebenen Weise durchgesprengt, der Bau des Schachtbrunnens wird dann, wenn nötig, in der begonnenen Art und Weise fortgesetzt.

## 2. Wasserförderungsanlagen.

### a) Schöpfwerk mit Schwingbaum.

Dies besteht nach Fig. 4, T. 88, aus dem Ständer *a*, dem Schwingbaum oder Schwengel *b*, an dessen Wipfelende die Brunnenstange *c* samt dem Wassereimer *e* befestigt ist. Das andere Ende des Schwingbaumes wird derart durch angeschraubte Holzklötze o. dgl. beschwert, daß der mit Wasser halb gefüllte Eimer im Gleichgewicht erhalten wird.

Die Länge der Brunnenstange muß gleich sein der Tiefe des Wasserspiegels unter dem Brunnenrand.

Setzt man die Tiefe von dem oberen Rande des Brunnens bis 0.50 *m* unterhalb des Wasserspiegels = *z*, so muß die Entfernung *m* der Ständermitte von dem Lichtraume des Brunnens ebenfalls = *z*, die Höhe *h* des Drehzapfens des Schwingbaumes über dem horizontalen Boden =  $\frac{1}{2}z$ , die Länge des Vorderarmes des Schwingbaumes *a* = 1.2 *z* und die Länge des anderen Armes *b* = 0.9 *z* betragen.

Bei hinreichendem Wasserzufluß kann ein Mann pro Stunde  $\frac{125}{z} hl$  Wasser schöpfen, wobei *z* die Hubhöhe in Metern bedeutet.

### b) Schöpfwerk mit Haspel.

Gewöhnlich wird, wie in Fig. 9, T. 87, dargestellt, an jedem Ende einer über die Welle gewundenen Kette ein Eimer angehängt, so daß beim Drehen der Welle der eine Eimer aufgezogen und der andere gleichzeitig hinabgelassen wird. Statt der Kette kann auch ein Seil verwendet werden, welches so oft um die Welle geschlungen wird, daß es bei der einseitigen Mehrbelastung nicht gleiten kann.

Die Leistungsfähigkeit pro Stunde bei einer erforderlichen Hubhöhe des Wassers gleich *z* in Metern ist  $\frac{320}{z} hl$ .

### c) Pumpen. (T. 88.)

Man unterscheidet zwei Hauptgattungen von Pumpen: die Saug- und die Druckpumpen. Andere Pumpen haben im wesentlichen eine gleiche Wirkung.

Die Saugpumpe (Fig. 9) besteht aus dem Saugrohre *s*, welches in das Wasser hineinreicht, dem Pumpenrohre oder Stiefel *p*, dem in letzterem beweglichen Kolben *k* mit dem Kolbenventil *v* und dem Saug- (Boden-) Ventil *a*.

Beim Kolbenhub wird unter dem Kolben die Luft im Stiefel verdünnt; Infolge des Druckes der äußeren Luft auf den Spiegel des Brunnenwassers öffnet sich das Bodenventil und das Wasser steigt im Saugrohre. Beim Kolbenniedergang schließt sich das Bodenventil, die im Stiefel befindliche Luft öffnet das Saugventil und entweicht. Bei fortgesetztem Pumpen steigt das Wasser allmählich in dem Stiefel bis zum Kolbenventil *v* und es tritt dann Wasser über den Kolben, welches bei den folgenden Kolbenhüben so weit gehoben wird, daß es beim Auslaufrohre *d* abfließt.

Der Luftdruck sollte das Wasser in dem Saugrohr bis auf 10.00 *m* heben, wegen der Reibungswiderstände jedoch, dann wegen Undichtheiten bei den Ventilen

kann man nur mit einer Saughöhe von  $7.50\text{ m}$  rechnen. Der höchste Kolbenstand darf daher nicht mehr als  $7.50\text{ m}$  über dem Wasserspiegel liegen.

Die **D r u c k p u m p e** (Fig. 10) unterscheidet sich von der Saugpumpe dadurch, daß am Kolben kein Ventil, sondern an der Seite des Stiefels ein **S t e i g r o h r**  $r$  und darin ein **S t e i g v e n t i l**  $b$  angebracht ist. Auch diese Pumpe hat ein Saugrohr, weshalb sie eigentlich als Saug- und Druckpumpe wirkt.

Das durch die Kolbenhübe in den Stiefel eingedrungene Wasser wird durch die Kolbenniedergänge, bei denen sich das Saugventil schließt, hingegen das Steigventil öffnet, in dem Steigrohr in die Höhe getrieben.

Das Wasser kann mittels der Druckpumpe bis zu jeder beliebigen Höhe gepreßt werden, wenn man nur den nötigen Druck auf den Kolben zu äußern imstande ist und wenn die Konstruktionsteile der Pumpe den Druck der Wassersäule im Steigrohr aushalten.

Um die Stöße beim Pumpen zu mildern und insbesondere die Ventile zu schonen, ist bei Pumpen mit großer Druckhöhe im Steigrohr zumeist ein Windkessel (Fig. 11) eingeschaltet. Sollte die Luft während des Gebrauches der Pumpe allmählich entwichen sein, so kann durch Öffnen des Hahnes  $h$  der **W i n d k e s s e l** wieder mit Luft gefüllt werden.

Die **S a u g- u n d D r u c k p u m p e** (Fig. 12).

Ist die Brunntiefe eine so große, daß man mit einer Saugpumpe nicht ausreicht, so wird der Pumpenstiefel bis auf die zulässige Tiefe (höchster Kolbenstand max.  $7.50\text{ m}$  über dem Wasserspiegel) in den Brunnschacht versetzt und das Wasser von dort mittels Steigrohr emporgedrückt; die Kolbenstange erhält in diesem Falle im Brunnschachte eine besondere Führung, damit sie sich bei den Niedergängen nicht ausbiege.

Die **d o p p e l t w i r k e n d e P u m p e** (Fig. 13).

Bei den bisher besprochenen Pumpen tritt in der Bewegung des Wassers beim Auf- und Niedergang des Kolbens in einem Teile der Leitung ein Stillstand ein. Um dies zu vermeiden, verwendet man die doppelt wirkenden Pumpen (Fig. 13), bei welchen das Wasser sowohl beim Auf- als auch beim Abwärtsgehen des Kolbens angesaugt und gleichzeitig hinaufgedrückt wird. Der Stiefel ist oben und unten geschlossen, in demselben bewegt sich ein Kolben ohne Ventil. Der Stiefel ist mit einem Saug- und einem Steigrohre  $s$  und  $st$  in Verbindung und besitzt vier Ventile, welche sich alle in der Richtung vom Saug- zum Druckrohr öffnen. Hebt sich der Kolben, so öffnen sich die Ventile  $v_1$  und  $v_2$ , während sich die beiden anderen durch den Druck des Wassers schließen. Beim Niedergang des Kolbens geschieht das entgegengesetzte Öffnen und Schließen der Ventile. Das Wasser ist also auf diese Weise sowohl im Saug- als auch im Steigrohr beständig in Bewegung; dies ist ein großer Vorteil dieser Pumpen, weil hierdurch heftige Stöße vermieden werden.

Die **F l ü g e l p u m p e** (Fig. 16).

In einem zylindrischen Gehäuse sind auf einem Zapfen, der seine Lager in den beiden Zylinderdeckeln hat, zwei Flügel  $f_1$  und  $f_2$  fest aufgekeilt. Diese Flügel schließen an die zylindrischen Flächen gut an und sind mit den Ventilen  $v_2$  und  $v_3$  versehen. Die Flügel können durch einen an dem Zapfen befestigten Hebel  $H$  hin und her bewegt werden. Der untere Teil des Gehäuses ist durch drei Stege, von denen zwei die Ventile  $v_1$  und  $v_4$  besitzen und der dritte hermetisch an den Zapfen anschließt, unterteilt.

Wird der Hebel  $H$ , wie der Pfeil andeutet, gehoben, so schließen sich die Ventile  $v_2$  und  $v_4$ , während sich  $v_1$  und  $v_3$  öffnen und ein Teil des in der Kammer befindlichen Wassers beim Druckrohr  $D$  abgeht. Beim Hebelniedergang tauschen die Ventilpaare ihre Wirkungsweise.

### Der Nortonsche oder Ramm-Brunnen (Fig. 8).

Wenn die wasserführende Schichte nicht tiefer als 8.00 *m* liegt und es die Bodenbeschaffenheit ermöglicht, kann bei Vermeidung der Schachtaushebung das Saugrohr einer Pumpe direkt mittels eines Schlagwerkes bis zur wasserführenden Schichte in den Boden eingetrieben und das Wasser mit einer oben aufgeschraubten Saugpumpe gehoben werden. Das Saugrohr (Rohrgestänge) ist aus mehreren 50 *mm* weiten, schmiedeeisernen Röhren zusammengesetzt, die durch Muffenverschraubung miteinander verbunden werden. Das unterste Rohr (Spitzrohr) ist seitlich mit kleinen Löchern versehen und unten mit einer massiven Spitze abgeschlossen.

Behufs Einrammens des Rohrgestänges wird das 1.9 *m* lange Spitzrohr auf den Boden gestellt (Fig. 8 *B*), daran in passender Höhe eine Klemme *K* festgeschraubt und darüber ein eiserner Dreifuß mit dem Schlagwerk aufgestellt. Sodann wird mit einer kleinen Zugamme das Spitzrohr so lange eingerammt, bis die Klemme, auf welche der Hojer *H* wirkt, nahe dem Boden ist. Hierauf wird die Klemme entsprechend höher geschraubt und das Einrammen so lange fortgesetzt, bis das Spitzrohr nahezu ganz im Boden steckt. Als Führung für den Hojer dient anfangs das vertikal gestellte Spitzrohr und später eine daraufgesetzte, dem äußeren Rohrdurchmesser gleiche Führungsstange. Es wird nun das zweite Stück des Rohrgestänges an das Spitzrohr geschraubt und auf die gleiche Weise eingerammt und ebenso jedes weitere Rohr.

Zur Untersuchung, ob man schon auf Wasser gestoßen ist, läßt man einen Senkel in das eingerammte Rohr hinab. Ist das Wasser im Rohre zirka 50 *cm* hoch, so kann das Rammen eingestellt und die Pumpe aufgeschraubt werden. Das Ende des letzten Rohres soll nicht mehr als 1.00 *m* über den Boden ragen, was durch rechtzeitige Verwendung der der Brunnengarnitur beigegebenen Halbrohre erreicht werden kann. — Zur Vollendung des Brunnens kann ein gemauerter oder betonierter Sockel hergestellt und eine entsprechende Brunnenmuschel samt Abflußrigole angeordnet werden.

Die Baupumpe (Fig. 15) ist eine doppelt wirkende Saug- und Druckpumpe mit einer bedeutenden Leistungsfähigkeit von 370 *l* in der Minute bei 30 Doppelhüben. Sie dient meistens zum Auspumpen größerer Wassermassen aus Baugruben, Brunnen.

Die Rundlaufpumpe der Firma Klinger in Gumpoldskirchen bei Wien besitzt eine solche Einrichtung, daß beim Rotieren des Kolbens ein Hin- und Hergehen der Schieber bewirkt und dadurch eine Saug- und Druckwirkung hervorgerufen wird, die geeignet ist, bedeutende Wassermengen aus der Tiefe zu fördern.

Die Kreiselpumpe beruht in ihrer Wirkung auf dem Prinzip der Hydrodynamik. Die Förderung erfolgt dadurch, daß durch ein rasch umlaufendes Rad, das mit Schaufeln versehen ist, die an der Achse des Rades zugeführte Kraft auf die Flüssigkeit übertragen wird. Fig. 3, T. 97, stellt eine Niederdruckkreiselpumpe dar. Das schneckenartig gebaute Gehäuse birgt ein exzentrisch gelagertes Rad, welches, in Drehung versetzt, bei *a* ein Druckmaximum erzeugt, wodurch die Flüssigkeit durch den Druckstutzen in die anzuschließende Leitung getrieben wird. Durch diese bewegte Flüssigkeit entsteht eine Saugwirkung im Saugstutzen, die die Flüssigkeit der Pumpe zuführt. Niederdruckkreiselpumpen eignen sich zur Förderung von Wassermengen bis 25 *m* Höhe.

Für größere Förderhöhen verwendet man Hochdruckkreiselpumpen, welche in ihrer Bauart den Wasserturbinen ähnlich sind.

Vielfach werden auch je nach der zu bewältigenden Förderhöhe eine Anzahl Pumpensätze (Elemente) aneinandergereiht und ist dann die Gesamtförderhöhe die Summe der Förderhöhen eines Elementes.

Bei elektrischen Antrieben wird die Pumpe mit dem Motor meist direkt gekuppelt und auf gemeinsamer Grundplatte montiert.

Vor der Inbetriebsetzung muß die Pumpe mit Wasser gefüllt werden, wozu ein Füllhahn vorgesehen ist.

Gegenüber der Kolbenpumpe zeichnet sich die Kreiselpumpe besonders durch den Wegfall der bei unreiner Flüssigkeit leicht undicht werdenden Ventile und durch das stoßfreie Fördern aus. Berücksichtigt man weiters die einfachere Montage, den besseren Wirkungsgrad sowie die kleineren Abmessungen bei gleicher Leistung, so gebührt, namentlich bei Vorhandensein motorischer Kraft, der Kreiselpumpe in den meisten Fällen der Vorzug.

D e t a i l s b e i v e r s c h i e d e n e n P u m p e n .

Die gebräuchlichsten Ventilkonstruktionen sind folgende:

Das Klappenventil (Fig. 5). Dieses besteht aus einer Metallscheibe, welche um ein Scharnier drehbar ist, so daß es sich genau über den Rand einer Öffnung legen kann. Die Klappe ist gewöhnlich mit Leder belegt, um einen ganz dichten Anschluß zu erzielen. Oft hat das Klappenventil kein Scharnier, sondern nur ein Stück Leder, dessen eines Ende an der Seite der zu schließenden Öffnung befestigt ist.

Das Kegelveatil (Fig. 7). Es besteht aus einem abgestumpften Metallkegel, welcher genau in eine kegelförmige Öffnung paßt. In der Mitte trägt es einen Führungsstift, welcher mit einem Bügel die Bewegung des Ventils begrenzt.

Das Kugelveatil (Fig. 6). Bei diesem wird eine kreisförmige Öffnung durch eine Kautschuk- oder Metallkugel geschlossen, indem sie sich an den Rand derselben anlegt. Die Kugel braucht keine Führung, da sie in jeder Lage imstande ist, die Öffnung zu schließen. Die Bewegung der Kugel muß aber durch Verengung des Rohres, durch Anordnung eines Bügels oder sonstwie begrenzt werden, damit sich die Kugel nicht zu weit von der Öffnung entfernen kann.

A n d e r e K o n s t r u k t i o n s t e i l e s i n d :

Der Kolben. Dieser soll möglichst dicht an die Wände anschließen und doch leicht beweglich sein. Er besteht zumeist aus Lederscheiben, die durch zwei Metallplatten, deren Durchmesser etwas kleiner als der Stiefeldurchmesser ist, zusammengehalten werden. Ist das Leder des Kolbens abgenutzt, so werden neue Lederscheiben eingefügt oder die Metallplatten gegeneinander fester angezogen.

Um zu verhüten, daß Verunreinigungen durch das Saugrohr in die Ventilwege gelangen, umgibt man das untere Ende des Saugrohres mit einer siebartigen Umhüllung — dem Saugkorbe — (Fig. 3 und 12). Derselbe soll, damit beim Pumpen nicht Sand aufgewirbelt werde, nie bis an die Brunnensohle reichen, sondern im Wasser frei schweben.

Der Pumpenständer, das ist der äußerlich sichtbare Teil der Pumpe. Er muß so wie das ganze Rohrsystem sicher versetzt sein. Hierzu werden an geeigneten Stellen des Schachtes Unterlagen versetzt und an diese die Rohre befestigt bzw. von ihnen unterstützt oder gespreizt (Fig. 2 und 3).

Die Brunnenrohre. Bei einfachen Pumpen kann sowohl der Stiefel als auch das Saugrohr aus Holz hergestellt werden. Die hölzernen Röhren bestehen zumeist aus Föhrenholz von 15 bis 25 *cm* Durchmesser mit 8 *cm* weiter Bohrung. Am dauerhaftesten ist Schwarzföhrenholz. Das Holz soll vor der Verwendung gut ausgelaugt werden. Die Verbindung der einzelnen Röhren erfolgt durch sogenannte Stopfbüchsen aus Eisen (Fig. 5 und 14). Die Stoßfugen können außerdem noch mit Werg, Teer u. dgl. gedichtet werden.

Besser als hölzerne, sind schmiedeeiserne Röhren, welche bei größeren Saug- und Druckpumpenanlagen immer zur Anwendung gelangen und zum Schutze gegen Rost auch verzinkt sein sollen. Die Verbindung der Eisenrohre erfolgt entweder durch Muffen oder durch Flanschen.

Die Brunnenvase oder Muschel (Fig. 3). Diese leitet das Überwasser direkt in den Kanal, verhindert daher die Durchnässung der Umgebung des Brunnens.

Im Brunnenschachte sollen womöglich Steigeisen in das Verkleidungsmauerwerk versetzt werden, damit man ohne Leiter einsteigen und zu den Ventilen gelangen kann.

Vor Untersuchung alter Brunnenschächte soll man durch langsames Hinablassen einer brennenden Kerze sich überzeugen, ob in denselben der zum Atmen nötige Sauerstoff vorhanden ist. Verlöscht das Kerzenlicht, so ist dies nicht der Fall, und es muß früher so lange reine, sauerstoffreiche Luft eingepumpt werden, bis die Kerze brennt; erst dann kann man hinabsteigen, soll sich aber dennoch anseilen lassen.

Bei Bestellung eines Pumpwerkes müssen der betreffenden Firma folgende Daten bekanntgegeben werden:

1. Die Brunnentiefe von der Deckeloberkante bis zur Brunnensohle mit dem bekannten höchsten und niedersten Wasserstand.
2. Der lichte Durchmesser und das Verkleidungsmaterial des Schachtes.
3. Die Lage und Höhe des Brunnenauslaufes.
4. Bei gewünschter Zuleitung des Wassers an einen bestimmten Ort eine Skizze über Länge und Höhenunterschied der Leitung.
5. Das pro Stunde zu liefernde Wasserquantum.
6. Die Betriebsart der Pumpe (Hand-, elektrischer oder Dampftrieb); bei Handtrieb ist anzugeben, ob ein vertikal beweglicher Schwengel oder ein horizontal beweglicher Hebel oder ein Radtrieb gewünscht wird.

## B. Artesische Brunnen.

Oft ist die Lagerung der Erdschichten eine solche, daß eine wasserdurchlässige Schichte *a* (Fig. 12, T. 87) zwischen zwei undurchlässigen (*b* und *c*) zu liegen kommt. Gelangt nun Niederschlagswasser auf irgendeine Weise in diese Schichte *a*, so sammelt es sich allmählich in dieser an und das an der tiefsten Stelle — bei *d* — befindliche Wasser steht dann unter einem Drucke, welcher dem Höhenunterschied *h* zwischen der höchsten und tiefsten Stelle der wasserführenden Schichte entspricht, insoweit selbe zwischen den zwei undurchlässigen Schichten gelegen ist.

Bohrt man von der Oberfläche aus die Schichte *a* bei *d* an, so wird das Wasser infolge des hydrostatischen Druckes im Bohrloche bis zur Erdoberfläche emporsteigen und eventuell im Strahle sich über dieselbe erheben. So entstehende Brunnen nennt man artesische.

Die Bohrungen müssen oft auf bedeutende Tiefe durchgeführt werden, bevor das Wasser zur Erdoberfläche emporsteigt. Die geeignete Stelle für die Anlage eines Bohrbrunnens kann nicht leicht bestimmt werden. Im allgemeinen gelten weite Talmulden als günstige Stellen hierfür; es können sich aber auch in der Ebene gute Verhältnisse für den Bohrbrunnen vorfinden, weil die wasserführende Schichte oft in großen Ausdehnungen höher gelegene Terraintteile durchzieht und dadurch die Bedingungen für den nötigen Druck gegeben wären.

Der artesische Brunnen in Budapest, vom Ingenieur Zsigmondy im Jahre 1879 erbohrt, hat eine Tiefe von 970 *m* und liefert täglich 1·8 Millionen Liter Wasser. Das aus so bedeutenden Tiefen kommende Wasser hat zumeist eine höhere Temperatur; die des erwähnten Budapester artesischen Brunnens beträgt 74° C.

Die Herstellung solcher Brunnen, die zumeist mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, erfolgt durch Bohrung entweder von der Erdoberfläche oder von der Sohle eines Brunnenschachtes aus. Das Bohren geschieht mit einem der betreffenden Bodengattung entsprechenden Erd- oder Steinbohrer (T. 19), der im Kapitel „Fundierungen“ bei Untersuchung des Baugrundes besprochen wird.

Mit der Tiefe des Bohrloches muß natürlich auch die Länge des Bohrgestänges und dessen Gewicht zunehmen. Die Verlängerung des Gestänges erfolgt häufig mit der Gabelverbindung und Verbolzung und das Heben und Drehen des ganzen