



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente**

**Marx, Erwin**

**Stuttgart, 1901**

2. Abschnitt: Aufgebaute Fundamente.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78727](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78727)

III. Teil, 2. Abteilung:  
FUNDAMENTE.

2. Abschnitt.

Aufgebaute Fundamente.

Für die aufgebauten Fundamente ist kennzeichnend, daß sie fast stets das Herstellen einer Baugrube erfordern, auf deren Sohle das Fundament unmittelbar (von unten nach oben) zur Ausführung kommt. Nur in sehr seltenen Fällen kann vom Ausschachten einer Baugrube abgesehen werden; denn es ist nur bei sehr wenigen zu Tage liegenden, vollkommen widerstandsfähigen Felsarten zulässig, ein Bauwerk unmittelbar darauf zu setzen. Das im Hochbauwesen am häufigsten angewendete Gründungsverfahren besteht vielmehr darin, daß man die oberen, lockeren Bodenschichten abgräbt und auf diese Weise einen Baugrund zu erreichen trachtet, der vollkommen tragfähig oder doch so widerstandsfähig ist, daß man durch eine geeignete Fundamentkonstruktion unmittelbar darauf gründen kann; in manchen Fällen (bei großer Gründungstiefe, z. B. tief gelegenen Keller- etc. Räumen) ist man genötigt, auch noch einen Teil der tragfähigen Bodenschicht auszuheben.

391.  
Uebersicht.

Die Sohle einer derart hergestellten Baugrube muß eine Gestalt und Lage erhalten, welche der Form und Lage der Fundamentbasis entspricht (vergl. Art. 371 u. 372, S. 300 bis 302); auf der Sohle der Baugrube wird das Fundament »aufgebaut«, daher die im vorliegenden gewählte Bezeichnung »aufgebaute Fundamente«.

Diese Gründungsweise ist den anderen Verfahren unbedingt vorzuziehen, weil sie gestattet, die Beschaffenheit des Bodens in allen Einzelheiten kennen zu lernen, die Sohle der Baugrube zu ebnen und zu reinigen und darauf das Fundament mit der erforderlichen Sorgfalt herzustellen. Am vorteilhaftesten ist es hierbei, die Baugrube in solcher Tiefe auszuheben, daß ihre Sohle durch eine vollkommen tragfähige Bodenschicht gebildet wird; alsdann läßt sich auf derselben ohne weiteres die Fundamentmauerung ausführen, wodurch gemauerte Fundamente entstehen. Diesem Verfahren giebt man mit Recht den Vorzug vor anderen. Ist es mit Rücksicht auf die Kosten oder aus anderen Gründen nicht statthaft, ein durchgehendes (volles) Fundamentmauerwerk auszuführen, so trachtet man, wenigstens einzelne Fundamentpfeiler auf den tragfähigen Baugrund zu setzen.

Kann man jedoch mit der Aufstreichfläche des Fundaments nicht auf eine genügend widerstandsfähige Bodenschicht herabgehen, so sind entweder geschüttete oder Schwellrostfundamente zur Ausführung zu bringen; zu ersteren gehören die aus Beton- und die aus Sandschüttungen gebildeten Fundamente.

Vorstehend wurde im wesentlichen die Gründung von Bauwerken berücksichtigt, die auf der festen Erdoberfläche zu errichten sind. Für Bauwerke, die am oder im

offenen Wasser ausgeführt werden sollen, wird die Baugrube durch geeignete Umschließungswände begrenzt und auch innerhalb dieser die allenfalls vorhandene lockere Bodenschicht beseitigt, um auf ganz tragfähigem oder doch genügend widerstandsfähigem Baugrund unmittelbar gründen zu können.

Auch bei den verfenkten Fundamenten wird nicht selten die Herstellung einer Baugrube erforderlich; doch reicht alsdann die Sohle der letzteren niemals bis auf die tragfähige Schicht, und das Fundament wird auch nicht auf dieser Sohle von unten nach oben aufgebaut.

Im vorliegenden Abschnitt wird zunächst die Herstellung der Baugrube besprochen und alsdann zur Vorführung der verschiedenen Arten von aufgebauten Fundamenten geschritten werden.

## 1. Kapitel.

### Baugrube.

#### a) Baugrube im Trockenem.

392.  
Fundament-  
gräben  
und  
Baugrube.

Wenn die Fundamente eines Gebäudes ausgeführt werden sollen, so werden entweder bloß die für die Außen- und Innenwände desselben erforderlichen Baugruben ausgehoben, wodurch letztere in die sog. Fundamentgräben übergehen. Oder es werden, falls unter dem Gebäude Keller oder andere unterirdische Räume vorhanden sein sollen, auch für diese die Ausschachtungen vorgenommen, wonach eine einzige große Baugrube gebildet. In diesem Falle wird zunächst die Baugrube bis zur Sohle der anzuordnenden unterirdischen Räume ausgehoben, und erst innerhalb dieser werden die Fundamentgräben ausgeschachtet.

Dieses Verfahren darf nicht Anwendung finden, wenn das zu errichtende Gebäude unmittelbar an schon bestehende Gebäude stößt und der Bestand der letzteren durch das Ausheben der großen Baugrube gefährdet würde. In solchen Fällen sind zunächst nur die Fundamentgräben für jene Mauern auszuschachten, die winkelrecht zum Nachbargebäude gerichtet sind; durch sofortige Ausführung der betreffenden Grundmauern wird die Verstrebung der Nachbargebäude bewirkt.

Eine einheitliche Baugrube wird auch dann zur Ausführung gebracht, wenn es sich um die Gründung von Bauwerken handelt, die größere geschlossene Massen bilden, wie Gedächtnisäulen, Obeliske, monumentale Brunnen und andere Denkmäler.

393.  
Abmessungen  
und  
Querschnitt.

Die Tiefe der Baugruben, bzw. der Fundamentgräben ist durch die Bodenbeschaffenheit und durch die Fundamentkonstruktion bedingt; sie ergibt sich aus den in Art. 382 (S. 312) entwickelten Grundsätzen. Die wagrechten Abmessungen größerer Baugruben übertreffen in der Regel die Grundriszmasse des zu gründenden Bauwerkes. Um die Grundriszfigur des letzteren wird meist ein Umgang gebildet, der mindestens so breit ist, daß darauf ein Mann stehen kann, also mindestens 30, besser 50 cm; bei größeren Gründungen wird bisweilen an einer oder auch an zwei Seiten ein Umgang angeordnet, der auch zur Lagerung und Fortbewegung verschiedener Materialien zu dienen hat und dann eine Breite von 1,00 bis 1,50 m erhält.

Die Fundamentgräben erhalten häufig keine größere Sohlenbreite als sie durch die Breite der Fundamentbasis und durch die von der Zimmerung beanspruchte Breite bedingt ist.

Der Rauminhalt der auszuschachtenden Bodenmassen ist am geringsten, wenn die Wandungen der Baugrube lotrecht sind. Bei geringer Tiefe und festerem Erdreich läßt sich eine derartige Begrenzung ohne weiteres erzielen; sonst muß eine

Zimmerung zu Hilfe genommen werden. Letztere erzeugt nicht selten große Kosten, so daß es unter Umständen billiger sein kann, wenn man die Baugrube mit geböschten Wandungen aushebt; eine vergleichende Kostenberechnung ist in der Regel ausschlaggebend, den Fall ausgenommen, daß es überhaupt unzulässig ist, die Baugrubenwandungen anders als lotrecht herzustellen.

Der letztgedachte Fall tritt namentlich bei städtischen Bauten ein, wo durch Lagerung des ausgegrabenen Bodens, der Baumaterialien, durch Gerüste etc. schon so viel Raum in Anspruch genommen wird, daß von geböschten Grubenwandungen kaum die Rede sein kann.

### 1) Baugruben ohne Zimmerung.

Fester Felsen, fest gelagertes Gerölle etc., kurz aller Boden, der in Art. 342 (S. 286) als »sehr gut« und als »gut« bezeichnet worden ist, kann in lotrechter Begrenzung abgesprengt, bezw. abgegraben werden. Auch etwas loserer (»ziemlich guter«) Boden bleibt auf geringe Tiefen lotrecht anstehen; insbesondere ist dies

394.  
Baugruben  
ohne  
Zimmerung.

Fig. 675.

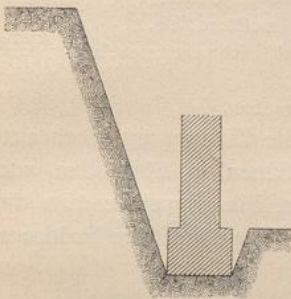
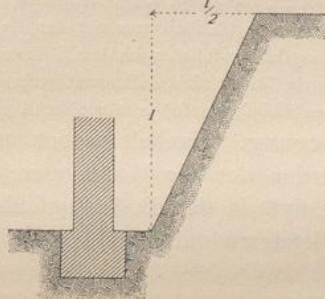


Fig. 676.



häufig bei den Fundamentgräben der Fall, die innerhalb der erschlossenen Baugrube noch besonders ausgehoben werden und meist eine nur geringe Tiefe erhalten (Fig. 676).

Bei größerer Tiefe und bei noch lockerem (»schlechterem«) Boden werden die Gruben-, bezw.

Grabenwandungen gebösch

bösch

ausgeführt (Fig. 675); die Böschung wird, um an Ausschachtungsmasse zu sparen, möglichst steil angelegt. Hat der abzugrabende Boden einigen Zusammen-

hang und ist die Tiefe keine zu große, so genügt in der Regel eine halbmalige<sup>208)</sup> Böschung (Fig. 676); sehr tiefe Baugruben

und Fundamentgräben in leicht beweglichem Erdreich erhalten ein-, anderthalbmalige, selbst noch flachere Böschungen (Fig. 677).

Die geböschten Wandungen tiefer Baugruben erhalten in lotrechten Abständen von 1,50 bis 2,00 m wagrechte Abfätze *A* (Fig. 677), welche Bermen, Bänke oder Bankette heißen; dieselben

vermehrten die Haltbarkeit der Böschungen; von oben herabfallende Erdteilchen werden dafelbst aufgehalten; auch werden sie zur Lagerung und zur Fortbewegung von Materialien benutzt. Derlei Bermen sollten nicht weniger als

40 bis 50 cm Breite erhalten.

208) Die Bezeichnungen halbmalig, dreiviertelmilig, einmalig, fünfviertelmilig, anderthalbmalig etc. geben bei den Böschungen der Erdkörper das Verhältnis  $\frac{a}{t}$  (siehe nebenstehende Figur) oder die Kotangente des Böschungswinkels  $\alpha$  an.



208) Die Bezeichnungen halbmalig, dreiviertelmilig, einmalig, fünfviertelmilig, anderthalbmalig etc. geben bei den Böschungen der Erdkörper das Verhältnis  $\frac{a}{t}$  (siehe nebenstehende Figur) oder die Kotangente des Böschungswinkels  $\alpha$  an.

## 2) Baugruben mit Zimmerung.

395.  
Baugruben  
mit  
Zimmerung.

Soll eine Baugrube mit lotrechten Wandungen in einem Boden hergestellt werden, der ohne Stützung in solcher Begrenzung nicht stehen bleibt, so muß eine sog. Zimmerung, Absteifung, Abpreizung oder Bölzung der Grubenwandungen vorgenommen werden. Dieselbe wird in Holz ausgeführt und besteht im wesentlichen darin, daß man an das zu stützende Erdreich eine Verschalung oder Bekleidung aus stärkeren Brettern oder Bohlen legt und diese durch weitere Hölzer entsprechend stützt. Die Schalbohlen können wagrecht oder lotrecht gelegen sein; hiernach soll im folgenden zwischen wagrechter und lotrechter Zimmerung unterschieden werden.

Eine gute Baugrubenzimmerung soll folgende Bedingungen erfüllen:

α) Die Zimmerung soll so fest sein, daß sie dem in und neben der Baugrube beschäftigten Personal die nötige Sicherheit gewährt.

β) Die Zimmerung soll möglichst wenig Holz erfordern, nicht nur, damit sie thunlichst geringe Kosten erzeugt, sondern auch aus dem Grunde, um den Raum in der Baugrube thunlichst wenig zu verengen.

γ) Um die zur Zimmerung dienenden Hölzer später anderweitig verwenden zu können, sollen sie möglichst wenig behauen und geschnitten, überhaupt möglichst wenig bearbeitet werden.

δ) Die Schalbohlen sollen, soweit als thunlich, nur mit der Hand einzusetzen sein.

ε) Die verschiedenen Zimmerungshölzer sollen nach dem Gebrauch sich leicht entfernen lassen; beim Befestigen derselben soll der anstehende Boden nicht zusammenbrechen.

ζ) Die Zahl der erforderlichen Holzforten soll eine möglichst geringe sein.

396.  
Wagrechte  
Zimmerung.

α) Wagrechte Zimmerung. Handelt es sich um die Zimmerung einer ausgedehnten Baugrube, so werden vor die Wandungen derselben in Abständen von 1,25 bis 2,00 m Pfähle  $p$  (Fig. 678) in den Boden geschlagen, hinter welche man die Schalbohlen  $b$  legt und die letzteren mit Erde hinterfüllt. Je größer der Erddruck

Fig. 678.

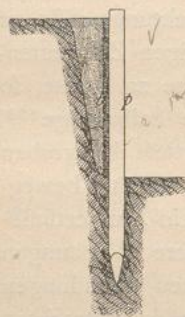


Fig. 679.

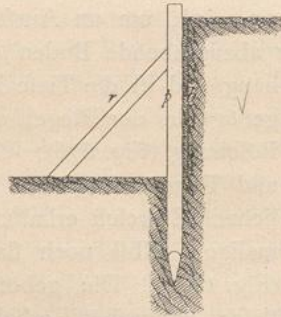
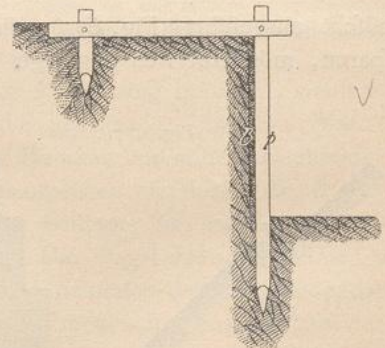
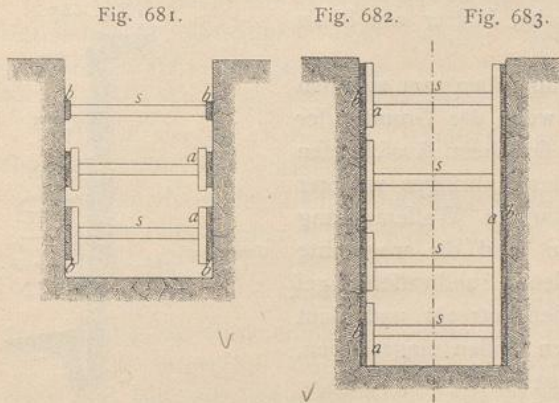


Fig. 680.



ist, auf eine desto größere Tiefe sind die Pfähle einzurammen; erforderlichenfalls stützt man sie durch Streben  $r$  (Fig. 679) oder verankert sie nach rückwärts, wie dies aus Fig. 680 ersichtlich ist. Die Stöße der Schalbohlen müssen auf einen Pfahl treffen; noch besser ist es, die Bohlen nicht aneinander stoßen, sondern einander übergreifen zu lassen. Letzteres empfiehlt sich namentlich dann, wenn der zu stützende Boden feinkörnig, nass und leicht beweglich ist, so daß er unter Umständen aus den Fugen herausquillen würde. In einem solchen Falle werden auch die wagrechten Fugen zwischen den übereinander liegenden Schalbohlen durch besondere Leisten gedeckt.

Wenn enge und langgestreckte Baugruben, bzw. Fundamentgräben gezimmert werden sollen, so ändert man den eben beschriebenen Vorgang dahin ab, daß man die zwei entgegengesetzten Wandungen wechselfeitig gegeneinander absteift; alsdann ist das Einschlagen von Pfählen nicht mehr erforderlich.



(Fig. 682 u. 683). Um den Druck, den mehrere übereinander gelegene Bohlen *b* empfangen, auf eine gemeinschaftliche Steife *s* zu übertragen, ordnet man in diesem, wie im vorhergehenden Falle in Abständen von 1,50 bis 2,00 m lotrechte Hölzer (Brustbohlen) *a* an, zwischen denen die Steifen eingezo-gen werden. Da die Längen der letzteren nicht immer genau passen, so wird zwischen dem einen Hirnende derselben und dem betreffenden lotrechten Holze wohl auch ein Keil eingetrieben.

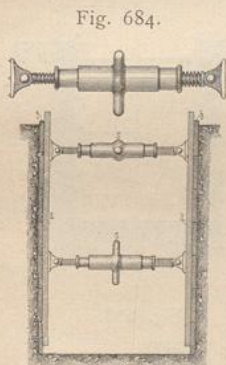


Fig. 684.  
Abspriesswinde  
von Karl Birmel zu  
Freiburg i. B.

Das Eintreiben der Holzsteifen *s*, bzw. der etwa in Anwendung kommenden Keile ist für größere Baugrubentiefen nicht ganz gefahrlos; noch größer ist die Gefahr beim Entsteifen der Baugrube, also beim Heraus-schlagen jener Steifen. Man hat deshalb auch schon Steifen in Anwendung gebracht, die ganz oder zum größten Teile aus Metall hergestellt sind und die mit Hilfe von Schrauben verlängert oder verkürzt werden können. Fig. 684 zeigt eine solche Vorrichtung<sup>209)</sup>.

Erwähnt seien auch die »Absteifungspreizer«, welche Otto M. Gefsner in Annaberg patentiert sind. Die Spreize besteht aus starkem schmiedeeisernem Rohr, welches mit einer Zackenkronen versehen ist; mittels Gewindespindel und Kugelbewegung sind leichte, bequeme und sichere Handhabung, sowie völlig sicheres Festhalten der Schalbohlen ermöglicht.

Die lotrechten Hölzer *a* bestehen entweder aus mehreren Stücken (Fig. 682) oder für je 4 bis 5 Schalbohlen aus einem einzigen Stück (Fig. 683); letzteres ist für besonders starke Zimmerungen zu empfehlen. Indes können beim Ausschachten der Baugrube die Steifen *s* und die lotrechten Hölzer *a* nicht sofort in die durch die obenstehenden Abbildungen veranschaulichte Lage gebracht werden; denn es würde sonst nicht möglich sein, unterhalb einer schon verlegten Schalbohle eine weitere anzubringen. Deshalb müssen während der Grabarbeit die Steifen nur vorläufig eingesetzt werden; die lotrechten Hölzer werden erst später angebracht.

Weder die Steifen *s*, noch die lotrechten Hölzer *a* brauchen scharfkantig behauen zu sein; bei ersteren kann man jede Bearbeitung entbehren; letztere müssen an zwei Seiten regelmäßig behauen werden. Die Schalbohlen *b* erhalten 4 bis 6 cm

<sup>209)</sup> Ueber solche Vorrichtungen siehe: HAUPT, G. Absteifen und Entsteifen tiefer Baugruben durch Schrauben. Deutsche Bauz. 1886, S. 153. — Vorrichtung zum Festspannen der Spreizen bei Bodenausschachtungen. Baugwks.-Ztg. 1897, S. 1602.

Dicke; nicht selten läßt man ihre Dicke von oben nach unten zunehmen. Die Steifen *s* erhalten, je nach der geringeren oder größeren Breite der Baugrube,  $12 \times 12$  bis  $15 \times 15$  cm Querschnittsabmessung. Für die lotrechten Hölzer *a* verwendet man entweder Bohlen von der eben angegebenen Dicke oder, bei bedeutenderem Drucke, Hölzer von 8 bis 10 cm Dicke.

In solcher Weise lassen sich Baugruben von ziemlich großer Tiefe (bis 8 m) auszimmern, wenn das Grundwasser nicht hindernd entgegentritt. Zeigen sich beim Ausschöpfen deselben Schwierigkeiten, so wird das Anbringen weiterer Schalbohlen erschwert, bei sehr starkem Wasserandrang fogar unmöglich gemacht. Alsdann wird die wagrechte Zimmerung nur bis etwas über den Grundwasserspiegel fortgesetzt, und von hier aus werden lotrecht und dicht nebeneinander gestellte Bohlen in den Boden eingetrieben, sonach eine lotrechte Zimmerung angewendet (Fig. 685).

β) Lotrechte Zimmerung. Diese kommt hauptsächlich nur für engere Baugruben, bzw. für Fundamentgräben in Anwendung. Die lotrecht gestellten Schalbohlen *b* (Fig. 686) werden, je nach der Größe des Erddruckes, in Zwischenräumen oder dicht nebeneinander angeordnet; sie werden in demselben Maße durch Hammerschläge nachgetrieben, als die Ausschachtung der Baugrube nach der Tiefe fortschreitet. Der Druck der Schalbohlen wird auf Gurthölzer *c* übertragen, zwischen welche die Steifen *s* eingesetzt werden. Mindestens sind zwei Reihen von Gurthölzern erforderlich, die eine oben, die andere unten; längere Schalbohlen werden nachträglich noch durch Zwischengurte gegen Ausbauchen geschützt (Fig. 687). Keile *k* dienen zur kräftigeren Absteifung der Schalbohlen gegen die Gurthölzer.

Ist die Baugrube sehr tief und der Boden locker, so wird der Erddruck sehr groß und die Reibung zwischen Grubenwandung und Schalbohle sehr bedeutend. Das Eintreiben der letzteren erfordert alsdann einen großen Kraftaufwand; damit die Bohlen den heftigen Hammerschlägen widerstehen und am Kopfe nicht zerpalten, ist es angezeigt, den letzteren mit einem Eisenring zu umgeben. Auch empfiehlt es sich, die Keile *k* etwas zu lüften, sobald die Bohlen nachgetrieben werden sollen.

Auch hier ist es nicht notwendig, Steifen und Gurthölzer scharfkantig zu behauen; erstere erhalten dieselben Querschnittsabmessungen, wie im vorhergehenden Falle, die letzteren 10 bis 12 cm Dicke. Die Bohlen werden je nach der Tiefe der Baugrube 4 bis 6 cm stark gewählt und in Längen von 2,00 bis 2,05 m angewendet. Bei größerer Grubentiefe wird unter die erste Bohlenreihe noch eine zweite Bohlenreihe mit neuen Gurthölzern, wenn nötig noch eine dritte etc. Reihe angeordnet. Damit die Grube nach unten zu nicht enger werde, ist jede neue Bohlenreihe schräg zu führen (Fig. 688).

Eine derartige Baugrubenzimmerung wird besonders schwierig, wenn die Bodenbeschaffenheit wechselt, wenn man unter die Fundamentsohle benachbarter Gebäude zu gehen hat, wenn viel Wasser zu

Fig. 685.

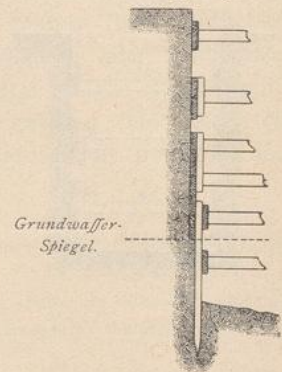


Fig. 686. Fig. 687.

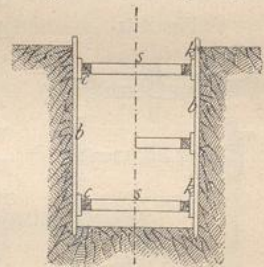
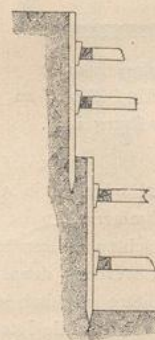


Fig. 688.



bewältigen ist, wenn neben der Baugrube Gegenstände sich im Boden befinden, welche gegen jede, selbst noch so geringe Bewegung zu schützen sind, wie Steinzeugrohre etc.<sup>210)</sup>.

Handelt es sich um die Zimmerung enger und sehr tiefer Baugruben, so übergeht die vorstehend beschriebene Grubenzimmerung in die im Berg- und Tunnelbau übliche Schachtzimmerung<sup>211)</sup>.

Ist eine Baugrube in stark nassem und leicht beweglichem Boden, der unmittelbares Wasserschöpfen nicht gestattet, herzustellen, so treibt man statt der Schalbohlen stärkere Spundbohlen oder -Pfähle ein; wenn notwendig erhöht man die durch die Spundung hervorgebrachte Dichtung noch durch einen Thonschlag etc.

γ) Ein Vergleich beider Zimmerungsverfahren ergibt für die wagrechte Zimmerung folgende Vorteile:

- a) Man ist in den Längenabmessungen der Hölzer nur wenig beschränkt.
- b) Die Schalbohlen leiden nicht so sehr, wie bei der lotrechten Zimmerung (infolge der Hammerschläge).
- c) Man kann in einfacher Weise, dem mit der Tiefe zunehmenden Erddrucke entsprechend, die Zimmerung nach unten an Stärke zunehmen lassen.
- d) Die wagrechte Zimmerung kommt unter gewöhnlichen Verhältnissen bei engen und langgestreckten Baugruben von nicht zu großer Tiefe billiger zu stehen, als die lotrechte Zimmerung.

e) Erstere verdient bei ausgedehnteren Baugruben, bei denen sich nicht eine Wand gegen die andere absteifen läßt, unbedingt den Vorzug; die lotrechte Zimmerung läßt sich in einem solchen Falle nicht einfach genug in Anwendung bringen.

Dagegen zeigt die lotrechte Zimmerung nachstehende Vorteile:

- a) Dieselbe läßt sich nach unten, namentlich bei größeren Tiefen, leicht fortsetzen.
- b) Sie erzeugt, besonders im unteren Teile, infolge der kleineren Zahl von Steifen, eine geringere Einengung des Raumes in der Baugrube, wodurch der Verkehr erleichtert wird.
- c) Man kann jede Schalbohle durch einen Keil besonders an das Erdreich andrücken.
- d) Selten geht eine oder die andere Schalbohle dadurch verloren, daß sie sich aus dem Grunde nicht mehr herausziehen läßt.
- e) Starker Grundwasserandrang ist weniger störend, wie bei der wagrechten Zimmerung.

In allen Fällen, wo man es mit besonders nassem und lockerem Boden und mit Baugruben von geringer Länge zu thun hat, ist die wagrechte Zimmerung der lotrechten vorzuziehen.

### 3) Ausfachung und Trockenlegung.

Die Lösung des auszuhebenden Bodens geschieht meist mittels Grabarbeit, bei festem Gestein mittels Sprengarbeit; die Einzelheiten dieser Bodengewinnung sind in Teil I, Band 5 (Abt. 6: Bauführung) dieses »Handbuches« behandelt worden. Die Beseitigung der gelösten Bodenmassen aus der Baugrube geschieht meist mittels Schaufelwurf; bei größerer Tiefe (über 2<sup>m</sup>) wird ein Umwerfen erforderlich, wozu

<sup>210)</sup> Ein zweckmäßiges Zimmerungsverfahren für solche Fälle teilt *Manck* mit in: Deutsche Bauz. 1871, S. 227.

<sup>211)</sup> Ueber den bergmännischen Ausbau von Schächten vergl.:

RZIHA, F. Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst. Band 2. Berlin 1872. S. 426.

SERLO, A. Bergbaukunde. 2. Aufl. Band 1. Berlin 1873. S. 289.

SICKEL, C. A. Die Grubenzimmerung. Abth. 2: Schachtzimmerung etc. Freiberg 1873.

SCHOEN, J. G. Der Tunnel-Bau. 2. Aufl. Wien 1874. S. 133.

398.  
Vergleich  
der  
Zimmerungen.

399.  
Ausfachung.



Zwischengerüste oder Bühnen notwendig sind, wenn nicht die schon erwähnten Bermen dazu verwendet werden. Bei Tiefen, die etwa 4 bis 6 m überschreiten, wird das Emporschaffen mittels Eimer und Haspelwelle vorteilhafter. Auch über die Erdbewegung ist in der »Bauführung« das Nähere zu finden.

400.  
Trockenlegung  
etc.

Tritt in die Baugrube kein Wasser ein, so kommt zur Lösung und Befestigung der Bodenmassen erforderlichenfalls nur noch die Zimmerung der Baugrube hinzu. Reicht jedoch die Ausschachtung unter den Grundwasserspiegel, so ist als vierte Arbeit noch das Trockenlegen der Baugrube in Betracht zu ziehen. Diese Arbeit ist nur dann entbehrlich, wenn man die Lösung des Bodens mittels Baggervorrichtungen unter Wasser vornimmt; doch kommt dies im Hochbauwesen verhältnismäßig selten vor.

Das Trockenlegen der Baugrube geschieht in folgender Weise:

α) Man gräbt um die Baustelle eine Rinne, in welche das Wasser während der Arbeit abfließt.

β) Man legt neben der Baugrube BrunnenSchächte an, und zwar nach der Richtung hin, von welcher die Wasseradern zufließen; in diesen Schächten wird der Wasserspiegel so tief abgefenkt, daß er unter der Sohle der Baugrube gelegen ist; man schafft durch dieses Mittel nicht nur eine trockene, sondern auch eine feste Baugrube.

Man hat zum gleichen Zwecke auch schon eine größere Zahl von Rohrbrunnen zur Ausführung gebracht<sup>212)</sup>.

γ) Man schöpft das Wasser mittels Pumpen oder anderer Wasserschöpfmaschinen aus. Bei dieser Arbeit stellt man häufig auf der Sohle der Baugrube noch eine kleine Grube, den sog. Sumpf her, aus dem das Schöpfwerk das Wasser unmittelbar hervorholt.

Man erreicht durch Anlage eines Sumpfes den Vorteil, daß man die Sohle der Baugrube ganz wasserfrei machen kann und daß sich darin die groben Verunreinigungen des zu schöpfenden Wassers ablagern. Indes erweisen sich solche Sumpfe nicht immer zweckmäßig; man schafft häufig durch derartige Vertiefungen dem Zudrange des Wassers ein besonders günstiges Gefälle, und es wird eine große Geschwindigkeit erzeugt. Hierdurch wird nicht selten das Aus- und Unterwachen des später herzustellenden, gemauerten oder betonierten Fundamentkörpers eingeleitet. Man muß deshalb, falls man einen Sumpf anlegt, solche Stellen vermeiden, durch deren Vertiefung man dem Grundwasser einen besonders kräftigen Zutritt verschaffen würde.

Befondere Vorsicht erfordert das Trockenlegen der Baugrube in kiefigem und sandigem Boden; da solches Bodenmaterial stark durchlässig ist, so dringt das Wasser bisweilen um so heftiger nach, je kräftiger man schöpft. Auch wird Sand- und feiner Kiesboden durch den andauernden Wasserzutritt merklich gelockert; grober Kiesboden leidet darunter nicht; feiner Sand wird in Triebfand verwandelt.

In solchen Fällen muß die Dichtung der Baufohle mittels einer Betonschicht vorgenommen werden; wird auch für die Seitenwände der Baugrube eine Dichtung erforderlich, so schlage man Spundwände. Auch das Kalfatern der Fugen zwischen

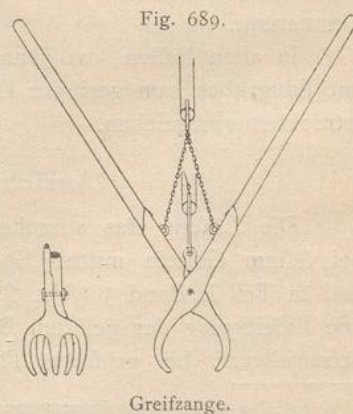


Fig. 689.

Greifzange.

<sup>212)</sup> Siehe: BRETSCHNEIDER. Absenken des Grundwasserspiegels mittels Rohrbrunnen. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 73, 88 — ferner: KREUTER, F. Ein neues Verfahren zur Trockenlegung von Baugruben. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 543.

Fig. 690.



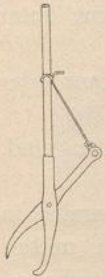
den Schalbohlen der Grubenzimmerung ist mit Erfolg in Anwendung gekommen.

In manchen Fällen zeigen sich in der Baugrube einzelne Quellen; man trachte dieselben zu verschließen, bezw. unschädlich zu machen, teils um an Wasserschöpfen zu sparen, teils um das Auflockern des Bodens zu verhüten.

Mittel hierzu sind:

α) Man ermittelt den Lauf der Quelle und fängt dieselbe an einem oberhalb gelegenen Punkte ab.

Fig. 691.



β) Man verstopft die Quelle, am einfachsten durch Einschlagen eines hölzernen Pfahles; dieses Mittel hat nicht immer den erwünschten Erfolg, namentlich nicht in stark durchlässigem Boden, weil infolge des erhöhten Druckes das Wasser sich einen anderen Weg sucht; an einer anderen Stelle entsteht eine neue Quelle.

γ) Man sperrt die Quelle durch eine dichtende Betonschicht ab.

δ) Man treibt ein eisernes Rohr von entsprechender Höhe in die Quelle; das Wasser der letzteren steigt im Fassungsrohr empor, wenn gehöriger Druck vorhanden ist, fogar über den Grundwasserspiegel.

Bisweilen müssen aus der Baugrube grössere Steine, Baumstämme, Pfähle etc. unter Wasser hervorgeholt werden.

Baumstämme und Pfähle werden am besten mittels Ketten hervorgeholt; das Fassen derselben geschieht dadurch, dass man die Kette mit einer Leine unter dem Stamm hindurchzieht; letztere wird mittels eines mit langem Stiel versehenen eisernen Bügels durchgesteckt. Für kleinere Stämme verwendet man lange Holzschrauben, an denen die Kette befestigt ist und die von oben eingeschraubt werden.

Größere Steine werden mittels der Teufelsklaue oder Greifzange (Fig. 689) gehoben; zum Hervorholen kleinerer Gegenstände dient die Grundzange, die entweder mittels Kette (Fig. 690) oder mittels Stiel (Fig. 691) gehandhabt wird.

Der Wolf, der zum Veretzen von Quadern dient, kann für das Heben von Steinen gleichfalls Verwendung finden; sehr große Steine zerkleinert man wohl auch zunächst durch Sprengen mittels Pulver oder Dynamit.

#### b) Baugrube am und im Wasser.

Bisweilen sind Baugruben auszufschachten und trocken-zulegen, in deren Nähe sich ein offener Wasserlauf, ein Teich, ein See etc. befindet. Besteht der Erdkörper zwischen Baustelle und Wasser aus einem durchlässigen Material, wie Kies, Sand etc., so würden beim Ausschöpfen des Wassers aus der Baugrube die im vorhergehenden Kapitel schon angedeuteten Uebelstände eintreten. Deshalb dichte man in einem solchen Falle jene Seitenwandung der Baugrube, welche dem offenen Wasser zugekehrt ist; am einfachsten und vorteilhaftesten geschieht dies durch eine kräftige Spundwand, deren Wasserdichtheit man, wenn dies notwendig werden sollte, auch noch durch einen hinter dieselbe zu bringenden Thonschlag erhöhen kann.

Bei Bauwerken, die unmittelbar am Wasser, an einem Fluss, See etc. zu errichten sind, wird die Baugrube an drei Seiten durch das anstehende Erdreich zu begrenzen sein, während an der vierten, dem Wasser zugekehrten Seite ein künstlicher Abschluss gebildet werden muss. Derselbe kann aus einer Spundwand, einer Pfahlwand oder einem Fangdamm bestehen; derlei Wände müssen stets ein genügendes Stück in den Uferboden hinein fortgesetzt werden, damit das Hinterspülen derselben verhütet wird.

Dass Hochbauten unmittelbar an einem Flusse, See etc. auszuführen sind, ist ein verhältnismässig feltener Fall; noch viel feltener kommt es vor, dass Hochbauten

401.  
Baugrube  
am  
Wasser.

402.  
Baugrube  
im Wasser.

im offenen Wasser selbst errichtet werden sollen. Deshalb wird es gerechtfertigt sein, wenn im nachstehenden die Herstellung der Baugrube im Wasser nur in allgemeinen Umrissen behandelt, im übrigen jedoch auf jene Litteratur<sup>213)</sup> verwiesen wird, die sich mit der Gründung der Strombrückenpfeiler und anderer im offenen Wasser zu errichtender Ingenieurbauwerke beschäftigt.

Soll im offenen Wasser eine Baugrube hergestellt werden, so ist die Baustelle durch dichte Umschließungswände nach allen Seiten zu begrenzen. Das Maß der zu erreichenden Wasserdichtheit hängt davon ab, ob man die Baugrube ausschöpfen oder ob man nur erzielen will, daß das in der Baugrube befindliche Wasser keine Strömung hat. Das letztere genügt u. a., wenn man ein Betonfundament unter Wasser ausführen will.

Nach Vollendung des Fundaments werden die Umschließungswände ganz oder zum größten Teile entfernt.

Die Umschließung der Baugrube im Wasser geschieht, je nach dem Baugrund, dem Baustoff und der Wassertiefe:

1) Durch Spundwände. Die Konstruktion solcher Wände ist bereits in Art. 154 u. ff. (S. 112 u. ff.) besprochen worden. Es ist nur schwer möglich, mittels einer Spundwand eine vollkommen wasserdichte Umschließung der Baugrube zu bilden; sie empfiehlt sich deshalb insbesondere für jene Fälle, in denen man Fundamente aus Beton, Betonpfeilrosten etc. herzustellen beabsichtigt.

Soll die Wasserdichtheit einer Spundwand erhöht werden, so muß man dies durch wasserdichte Leinwand, durch Ausstopfen der Fugen mit Werg oder Moos, durch Eingießen von Zement in die Fugen etc. zu erreichen trachten. Ist der Wasserdruck groß, so müssen die Spundwände noch gestützt werden, was entweder durch verstreute Pfähle oder durch Steinschüttungen geschehen kann.

Die Spundwand bleibt mit dem unteren Teile (nachdem der obere Teil abgechnitten worden ist) häufig als Schutz des Fundamentkörpers gegen Unterwaschen, gegen Ausweichen des Baugrundes etc. stehen.

Fig. 692. Fig. 693. Fig. 694.

2) Durch Pfahlwände. Bei größerer Wassertiefe ist der Wasserdruck so groß, daß Spundwände nicht mehr die nötige Standfestigkeit haben; alsdann werden sie durch 25 bis 30 cm starke Pfahlwände (Fig. 692 bis 694) ersetzt. Die Pfähle erhalten an der Langseite keine Spundung; daher ist die Wasserdichtheit einer solchen Wand noch geringer, als bei der Spundwand. Die Dichtung wird mit den gleichen Mitteln, wie vorher, erzeugt.

3) Durch Erddämme. Ist man im Raume nicht beschränkt und ist die Wassertiefe nicht groß, so kann man die Baugrube mit Erddämmen umschließen. Der Grad der Wasserdichtheit ist nicht bedeutend; man kann dieselbe vermehren, wenn man eine Stülpwand (siehe Art. 185, S. 137) errichtet und die Erde gegen diese schüttet.

Uebersteigt die Wassertiefe etwa 1 m, so schlägt man rings um die Baustelle Pfahlreihen (lotrecht oder auch schräg) ein, überdeckt dieselben durch Holme und lehnt gegen dieselben eine Bretter- oder Bohlenwand. Gegen die letztere kommt die Erdschüttung zu liegen.

<sup>213)</sup> SCHWARZ, F. Der Grundbau. Berlin 1865. S. 13.

PROMNITZ, J. Die Fangdämme, Spundwände, Rammen und Wassererschöpfmaschinen in ihrer Anwendung bei den Gründungen. Halle 1869.

HAGEN, G. Handbuch der Wasserbaukunst. Theil I, Band 2: Fundierungen. 3. Aufl. Berlin 1870.

FELDEGG, E. v. Allgemeine Constructionslehre des Ingenieurs. Nach Vorträgen von R. Baumwister. Carlsruhe 1879. Theil II: Fundierungen. S. 478.

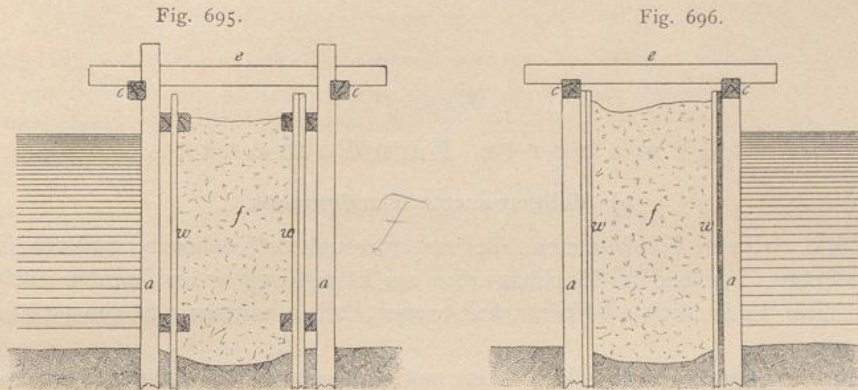
KLASEN, L. Handbuch der Fundierungsmethoden. Leipzig 1879. S. 95.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Band I. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 356.

Sand, Kies etc. sind für solche Dämme ungeeignet. Kleiboden, Thon mit Sand gemengt, Mist, Dünger etc. eignen sich am besten.

4) Durch Kastenfangdämme. Die größte Standfestigkeit und Wasserdichtigkeit kann man mit Kastenfangdämmen erzielen. Sie bestehen aus zwei Holzwänden, zwischen denen ein möglichst wasserundurchlässiger Füllstoff eingebracht wird (Fig. 695 u. 696).

Die Holzwände bestehen entweder aus dicht nebeneinander geschlagenen Pfählen oder aus Bretter-, Stülp- und Spundwänden *w*, die durch Pfahlreihen *a* gestützt werden. Zur Längsverbinding dienen Holme



Kastenfangdämme. —  $\frac{1}{100}$  w. Gr.

und Gurthölzer *e*; um beim Einbringen der Füllung das seitliche Ausweichen der beiden Wände zu verhüten, bringt man eine Querverbindung *e* an, die entweder aus hölzernen Zangen oder eisernen Ankern bestehen kann.

Zur Füllung *f* ist frischer Kleiboden (fette, lehmige und thonige Erde) am besten geeignet, weil er am dichtesten ist; ein Gemenge aus Sand und Thon steht diesem Füllstoff am nächsten; der Thon allein ist ungeeignet, weil er Hohlräume bildet. Betonfüllung erzeugt den höchsten Grad von Wasserdichtigkeit, kommt jedoch am teuersten zu stehen.

5) Durch Schwimmkästen ohne Boden. Ein seitlich geschlossener, meist hölzerner Kasten, der in der Grundrissgestalt dem zu gründenden Bauwerke entspricht, wird auf die Sohle des Wasserlaufes etc. gefenkt; der Erfolg ist nahezu derselbe, wie bei einer Umschließung durch Spundwände.

6) Durch Schwimmkästen mit Boden, auch Senkkästen, Senkschiff oder Caïsson genannt. Die Form eines solchen Kastens entspricht gleichfalls der Grundrissgestalt des zu errichtenden Bauwerkes; durch Verpannung und Kalfaterung der einzelnen Teile wird ein hoher Grad von Wasserdichtigkeit erreicht. Der Boden bleibt unter dem Fundament (als liegender Rost, siehe Art. 439) liegen; die Seitenwände werden entfernt.

Das Trockenlegen der Baugrube, das etwa notwendige Vertiefen derselben, das Hervorholen von größeren Steinen, Baumstämmen etc. geschieht wie unter a, 3.

### c) Gefriergründung.

Wenn die Bodenschicht, auf der gegründet werden soll, stark wasserhaltig ist, namentlich wenn man es mit fog. schwimmendem Boden zu thun hat, so kann man die Baugrubenumschließung auch in der Weise bilden, dass man um das künftige Bauwerk herum einen fog. Frostcylinder herstellt. Durch in den Boden ver-

493.  
Gefrier-  
gründung.

fenkte Eisenrohre wird eine Kältemischung eingeführt, wodurch die diesen Rohren zunächst gelegenen Bodenmassen zum Gefrieren gebracht werden. Innerhalb des so entstandenen ringförmigen Frostcylinders können die lockeren Bodenmassen ausgehoben werden und kann der Fundamentkörper zur Ausführung kommen.

Dieses *Poelsch* patentierte Verfahren ist bisher hauptsächlich beim Abteufen von Schächten in Anwendung gekommen, und zwar mit gutem Erfolg. Es hat auch im Grundbau Eingang gefunden. Als Träger der Kälte wird eine Chlorcalcium- oder Chlormagnesiumlauge benutzt.

## 2. Kapitel.

### Gemauerte Fundamente.

#### a) Vollgemauerte Fundamente.

404.  
Allgemeines.

Diese Art von Fundamenten, die aus einer ununterbrochenen, massiven Mauerung bestehen, kommen im Hochbauwesen am häufigsten vor und werden auch mit Recht, ihrer Einfachheit und Sicherheit wegen, allen anderen Gründungsverfahren vorgezogen.

Das Fundamentmauerwerk ist stets auf vollkommen tragfähigen Baugrund zu setzen; die auszufschachtende Baugrube, bezw. die Fundamentgräben erhalten dementsprechend mindestens eine Tiefe, welche der Mächtigkeit der lockeren, nicht tragfähigen Bodenschichten gleichkommt. Erhält das zu errichtende Gebäude unterirdische Räume und reicht deren Sohle noch in die tragfähige Schicht hinein, so führt man die Sohle der Fundamentgräben, bezw. die Aufstangfläche des Fundamentmauerwerkes noch

0,50 bis 1,00 m unter die Sohle jener Räume hinab (Fig. 697 u. 698).

405.  
Fundament-  
mauerung.

Nachdem die Baugrube, bezw. die Fundamentgräben ausgehoben, hierbei erforderlichenfalls trocken gelegt worden sind, wird ihre Sohle möglichst abgeglichen und geebnet. Soll die Aufstangfläche des Fundaments absatzförmig hergestellt werden (vergl. Art. 381, S. 310) oder soll das Fundamentmauerwerk zahnförmig in den Baugrund eingreifen (siehe ebendaf.), so bereitet man die Grabensohle in entsprechender Weise vor.

Alsdann wird auf der Baufohle ein Mörtelbett ausgebreitet und in dieses die unterste Schicht des Fundamentmauerwerkes verlegt. Bei der hierauf folgenden weiteren Herstellung der Fundamentmauerung ist insbesondere auf die anzuordnenden Fundamentabsätze Rücksicht zu nehmen; in der Höhe eines jeden derselben hat eine Abgleichung des Mauerwerkes stattzufinden. Mufste die Baugrube künstlich trocken gelegt werden, so ist das Wasserschöpfen während der Grundmauerung fortzusetzen.

Fig. 697.

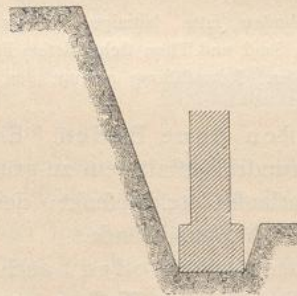
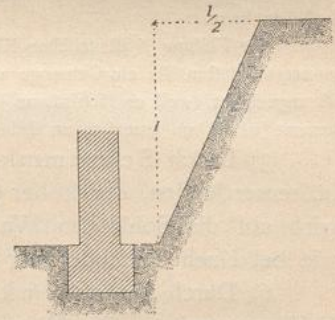


Fig. 698.



Wird das Fundamentmauerwerk auf Felsen aufgesetzt, so soll die Oberfläche des letzteren nicht zu glatt sein; sie muß nötigenfalls aufgeraut werden, damit das darauf ausgebreitete Mörtelbett sich besser damit verbindet. Höhlungen und Klüfte, die etwa im felsigen Untergrund vorhanden sind, werden ausgemauert, ausgegoffen oder mit Gewölben überspannt.

Für die unteren Schichten des Fundamentmauerwerkes verwende man möglichst groÙe, lagerhafte und harte Steine; dieselben sollen um so gröÙer und um so härter sein, je gröÙer der vom darüber stehenden Bauwerk ausgeübte Normaldruck ist. Insbesondere sind für die unterste Mauer-schicht Steine von thunlichster Regelmäßigkeit und nicht zu kleinen Abmessungen zu verwenden. Bei stärkerem Drucke sind am besten rauhe Quader, jedenfalls aber lagerhafte, gut zugehauene Bruchsteine zu verwenden; je nach der GröÙe der Belastung sind derlei Steine 15 bis 50 cm dick zu wählen.

Hie und da (in Baden etc.) ist es, mit gutem Erfolg, üblich, als unterste Lage des Fundaments sog. Bodenplatten anzuwenden; dies sind 20 bis 30 cm dicke, 80 bis 90 cm breite und 1,00 bis 1,50 m lange Sandsteinplatten, auf welche mit lagerhaften Bruchsteinen gemauert wird.

Wenn der Baugrund einige, wenn auch nicht gefährliche Prefsbarkeit befürchten läÙt, so führe man die unteren Schichten des Fundamentmauerwerkes in Rollschichten aus. Die Sohlenschicht besteht alsdann aus groÙen, hochkantig gestellten Quadern oder regelmäÙig behauenen Bruchsteinen; bei Verwendung der letzteren werden die Fugen mit kleineren Steinen ausgekeilt und gut mit Mörtel ausgefüllt.

Aus dem Gefagten geht hervor, daÙ sich Backsteine im allgemeinen nur wenig für Fundamentmauerwerk eignen. Nur bei Bauwerken, die einen geringen Druck auf den Baugrund ausüben, ferner in Fällen, wo gröÙere natürliche Steine nur schwer und bloÙ mit unverhältnismäÙig groÙen Kosten herbeizuschaffen sind, verwende man Backsteine, jedoch nur solche von bester Beschaffenheit, namentlich scharf gebrannte Klinker. In Art. 32 (S. 29 u. 30) wurde bereits gefagt, daÙ sich für solche Fundamente der Stromverband empfiehlt, und auch seine Durchführung dort angegeben.

Für Fundamentmauerwerk von geringerer Dicke und Tiefe, das im Trockenen ausgeführt wird, genügt gewöhnlicher Luftmörtel; bei Gründungen im Wasser ist stets hydraulischer, am besten rasch erhärtender Zementmörtel zu verwenden. Allein auch dickes und tiefes Fundamentmauerwerk, das nicht im Wasser auszuführen ist, erfordert die Benutzung von hydraulischem Mörtel, weil der Luftmörtel im Inneren nicht genügend hart wird. Die Verwendung hydraulischen Mörtels empfiehlt sich um so mehr, je kleiner die zur Grundmauerung benutzten Steine sind, also auch dann, wenn Backsteine genommen werden müssen.

Bei der Herstellung des Fundamentmauerwerkes ist darauf zu achten, daÙ mit Hilfe groÙer Bindersteine ein guter Verband erzielt werde. Das Mauerwerk nur aus äußeren Schalen herzustellen und den Kern aus Füllmauerwerk von ganz un bearbeiteten Steinen bestehen zu lassen, ist ein Verfahren, das zwar leider häufig genug vorkommt, aber als schlecht bezeichnet werden muß.

Weiters ist danach zu streben, daÙ das Fundament thunlichst als sog. zweihäuptiges Mauerwerk ausgeführt werde. Bei Fundamentgräben mit lotrechten Wänden (Fig. 698) ist dies nur schwer zu erreichen; wenn hingegen die unterste Mauer-schicht eben an den Fuß der geböÙchten Baugrubenwand herantritt (Fig. 697), so bleibt das übrige Fundamentmauerwerk ganz frei, so daÙ es in seinen Außenflächen solid und kunstgerecht ausgeführt werden kann und die Luft unbehinderten Zutritt hat.

406.  
Material.

407.  
Ausführung.

Es ist von Wichtigkeit, daß das Fundamentmauerwerk entsprechend austrockne, weil es nur so gehörig »abbinden« kann. Deshalb sollte es möglichst vermieden werden, den Zwischenraum zwischen Grundmauer und Baugrubenwandung sofort nach der Ausführung der ersteren mit Erde auszufüllen. Allerdings läßt sich dieses Verfahren kaum umgehen, wenn der Fundamentgraben mit lotrechten Wandungen ausgefachtet wurde und seine Breite die Dicke der Fundamentmauerung nur um wenig übersteigt<sup>214)</sup>.

Im Anschluß an die Fundamentmauern ist Boden oder Bauschutt, der mit organischen Stoffen verunreinigt ist, zu vermeiden, ebenso Kohlenflocken und Rufs, weil bei deren Auslaugen durch Regen Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Salpeter) an das Mauerwerk gelangen, sein Austrocknen hindern, ja sogar den Mörtel erweichen.

Bislang wurde vorausgesetzt, daß die Fundamentmauerung in einer überhaupt wasserfreien oder in einer trockengelegten Baugrube ausgeführt wird. Obwohl dies das gewöhnliche Verfahren bildet, so kommen doch auch Fälle vor, in denen man das Wasser nicht ausschöpfen kann, insbesondere dann, wenn durch das nachdringende Wasser der Boden zu sehr gelockert würde. Es ist nun allerdings in solchen Fällen am vorteilhaftesten, ein Betonfundament herzustellen; will man indes ein gemauertes Fundament zur Ausführung bringen, so müssen größere Fundamentquadern im Wasser verlegt und auf diese erst das gewöhnliche Mauerwerk aufgesetzt werden.

Für Maschinenfundamente verwendet man mit Vorteil Asphaltmauerwerk. Die von Dampfmaschinen, Prägemaschinen etc. herrührenden Schwingungen erzeugen auf starrem Auflager eine Gegenwirkung, wodurch ihr für das Gebäude nachteiliger Einfluß noch erhöht und der ruhige, sanfte Gang der Maschinen sehr beeinträchtigt wird. Asphaltmauerwerk, ebenso der im nächsten Kapitel noch zu erwähnende Asphaltbeton begegnen den gedachten Mifsständen in trefflicher Weise.

Nach *Malo* stelle man zur Ausführung von Asphaltmauerwerk zuerst eine Form her, die innen mit glattgehobelten Brettern verkleidet ist. Reiner Mastixasphalt, der durchgekocht und auf etwa 180 bis 200 Grad erhitzt ist, wird zunächst auf 5 bis 6 cm Höhe in diese Form gegossen; in dieses Bad legt man Steine von ungleicher Größe, soviel als möglich vorgewärmt, und ordnet sie so, daß die Zwischenräume auf ein thunlichst kleines Maß herabgemindert sind. Auf diese Steinlage gießt man eine weitere Menge heißen Mastix, welcher die Fugen der Steinlage ausfüllt; hierauf bringt man in gleicher Weise eine zweite Steinlage auf, wobei die Steine gut in Verband zu legen sind; alsdann folgt ein drittes Mastixbad, eine dritte Steinlage und so fort, bis die ganze Form ausgefüllt ist.

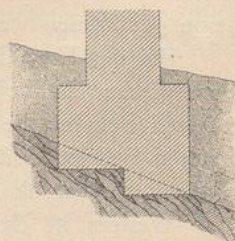
Man kann die Kosten des Asphaltmauerwerkes verringern, ohne seine Vorzüge beträchtlich zu vermindern, wenn man den inneren Kern des Fundamentkörpers aus gewöhnlichem Mörtelmauerwerk herstellt; nur der freie Raum zwischen diesem Kern und den Wänden der Gufsform wird alsdann mit Asphaltmauerwerk ausgefüllt<sup>215)</sup>.

Wurde für eine längere Mauer die Aufstanzfläche des Fundaments abgetreppet und haben die Stufen eine größere Länge, so ist bei stark belasteten Bauwerken, wie dies bereits in Art. 381 (S. 310) gesagt wurde, der über jeder Stufe stehende Mauerkörper unabhängig von dem benachbarten auszuführen, damit nicht durch ungleichmäßige Setzungen Risse hervorgerufen werden (siehe auch Art. 380, S. 309).

Man hat bei steil abfallendem Felsen wohl auch in der Querrichtung der Mauern Abfätze angeordnet (Fig. 699); indes ist dies nur bei sehr großer Mauerdicke und geringer Belastung oder nur dann zu empfehlen, wenn es sich um die Gründung von Einfriedigungsmauern oder ähnlichen untergeordneten Bauwerken handelt. Sonst können bei starkem Drucke leicht schädliche Spaltungen im Mauerwerk hervorgerufen werden.

Sind in dem über den Grundmauern aufzuführenden Tagmauerwerk größere Oeffnungen vorgesehen, wie z. B. Hausthore, größere Schaulenster und Bogen-

Fig. 699.



408.  
Asphalt-  
mauerwerk.

409.  
Mauerwerk  
mit  
Abtreppungen  
und  
Oeffnungen,  
Verankerungen.

<sup>214)</sup> Siehe auch: Ueber mangelhafte Ausführung von Fundamentmauerwerk. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 52.

<sup>215)</sup> Siehe auch: DORMONY, L. *L'asphalte employé pour fondation des machines. La semaine de const.* 1886-87, S. 250.

stellungen etc., so ist das Fundamentmauerwerk diesen Durchbrechungen entsprechend nur dann zu unterbrechen, wenn der stehenbleibende Boden aus Felsen oder einem Gestein besteht, das dieselbe Festigkeit wie das Mauerwerk hat; in den meisten Fällen jedoch wird die unter den Mauerdurchbrechungen durchgehende Fundamentmauerung vorzuziehen sein, damit nicht das Ausweichen der letzteren infolge der in der Regel ifolierten und meist auch gröfseren lotrechten Drücke stattfindet.

Steht zu befürchten, dafs das Fundamentmauerwerk später, infolge stark unterhöhlten Baugrundes etc., schädlichen Biegungen ausgesetzt werden wird, so vermehre man die Zugfestigkeit desselben durch Einziehen schmiedeeiserner Zuganker. (Vergl. auch Teil III, Bd. 6 dieses »Handbuches«, Abt. V, Abschn. 1, Kap. 3: Sicherungen gegen die Wirkung von Bodenfenkungen und Erderfchütterungen.)

Solche eiserne Verankerungen wurden von *Otto* in einem Falle angewendet, wo ungleichmäfsiges Setzen und infolgedessen Rissebildung zu erwarten war.

Diese Konstruktion, welche vom Ausführenden »Mauerrost« genannt wird, besteht darin, dafs das aus Backsteinen in verlängertem Zementmörtel ausgeführte Fundamentmauerwerk durch Bandeisenlagen versteift und verankert wurde; zu gröfserer Sicherheit wurden noch von Aufsen- zu Aufsenmauer durchgreifende Längs- und Queranker eingezogen. Die Bandeisen hatten  $3 \times 25$  mm Querschnitt und wurden in zwei Lagen, eine untere und eine obere, in etwa 10 cm Abstand verlegt<sup>216</sup>).

Ueben die Mauern eines Gebäudes einen starken Druck auf den Baugrund aus, so dafs ein zu bedeutendes Einfunken ihrer Fundamente zu erwarten ist, so sucht man den Druck dadurch auf eine gröfsere Fläche zu verteilen, dafs man zwischen den Mauerfundamenten umgekehrte Gewölbe einspannt. Letztere sind auch dann sehr wirksam, wenn infolge des grossen Druckes zu befürchten ist, dafs der Boden

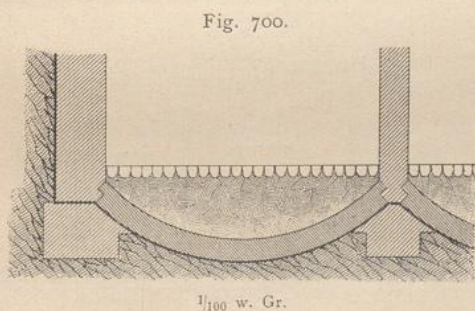
seitlich ausweicht und längs der Mauerfundamente emporsteigt; einem solchen Auftriebe wird durch umgekehrte Gewölbe besser entgegengewirkt, als durch blofse Belastung des Baugrundes.

Die umgekehrten Fundamentgewölbe sind meist Tonnengewölbe, welche zwischen je zwei benachbarten Parallelmauern eingezogen werden (Fig. 700); feltener kommen Kloftergewölbe (sog. Erdkappen) zur Anwendung. Bei der

Ausführung wird zunächst zwischen den Fundamentmauern der Baugrund mit Hilfe einer entsprechend geformten Lehre so abgegraben, dafs er die Gestalt der unteren Wölbflächen erhält; alsdann geschieht die Gewölbmauerung in der sonst üblichen Weise.

Bei den Verstärkungsarbeiten am Turme des Ulmer Münsters wurde u. a. zwischen der nördlichen und südlichen Fundamentmauer ein Bodengewölbe aus Quadern eingezogen, um die bereits vorhandene grofse und bei den Vollendungsarbeiten noch zu vermehrende Belastung des Baugrundes auf eine gröfsere Fläche zu verteilen. Obwohl die Gesamtlast um 1343 200 kg (584 cbm Quadermauerwerk) vergrößert worden ist, wurde doch der Druck auf den Baugrund von 9,47 auf 9,15 kg für 1 qcm herabgemindert<sup>217</sup>).

In neuerer Zeit werden derartige umgekehrte Gewölbe auch dann angewendet, wenn es sich darum handelt, unterirdische Räume, deren Sohle dem Grundwasserstande zu nahe oder sogar unter dem niedrigsten Grundwasserstand gelegen ist, trocken zu legen. Der trocken zu legende Raum wird zunächst durch umgekehrte Gurtbogen in kleinere Felder geteilt, und in diese werden umgekehrte flache Erdkappen aus ganz



410.  
Umgekehrte  
Fundament-  
gewölbe.

<sup>216</sup>) Näheres hierüber siehe: Zur Gründung von Gebäuden auf Kleiboden. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 237.

<sup>217</sup>) Näheres: Deutsche Bauz. 1882, S. 231.



guten Backsteinen in bestem Zementmörtel eingezogen, oder es kommen umgekehrte Tonnengewölbe zur Ausführung. Auch die Außenmauern, die sich an diese Gewölbe anschließen, werden auf 50 cm über dem höchsten Wasserstand wasserdicht aufgeführt. Unterhalb der äußeren (unteren) Wölbflächen breitet man wohl auch noch eine wasserundurchlässige (Isolier-) Schicht aus Lehm Schlag, Asphalt, Asphaltplatten etc. aus (Fig. 699); selbstredend müssen alsdann auch die begrenzenden Grundmauern mit den erforderlichen Isolierschichten versehen werden. (Siehe auch im nächsten Hefte dieses »Handbuches«, Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 12: Schutz der Wände gegen Feuchtigkeit.)

Um die Dicke solcher umgekehrter Gewölbe ermitteln zu können, sei an dieser Stelle mitgeteilt, daß der Druck des Grundwassers gegen ein solches Gewölbe auf 1 qm wagrechter Projektion bei fester Bodenlagerung 1033 t Kilogr. beträgt, wenn  $t$  die Eintauchungstiefe des Wölbseitels unter dem Grundwasserpiegel bezeichnet. Ist der Boden so beweglich, daß er zu einer breiigen Masse werden kann, so setze man statt der Wertziffer 1033 das Einheitsgewicht des Bodens — etwa 1500 bis 1600 — ein.

## b) Pfeilerfundamente.

Pfeilerfundamente, welche nicht aus durchgehendem Fundamentmauerwerk, sondern aus einzelnen gemauerten Fundamentpfeilern bestehen, können zweifacher Art sein, und zwar Pfeilerfundamente für durchgehendes Tagmauerwerk (aufgelöste Fundamente) und Fundamente für einzelne Pfeiler oder Freistützen.

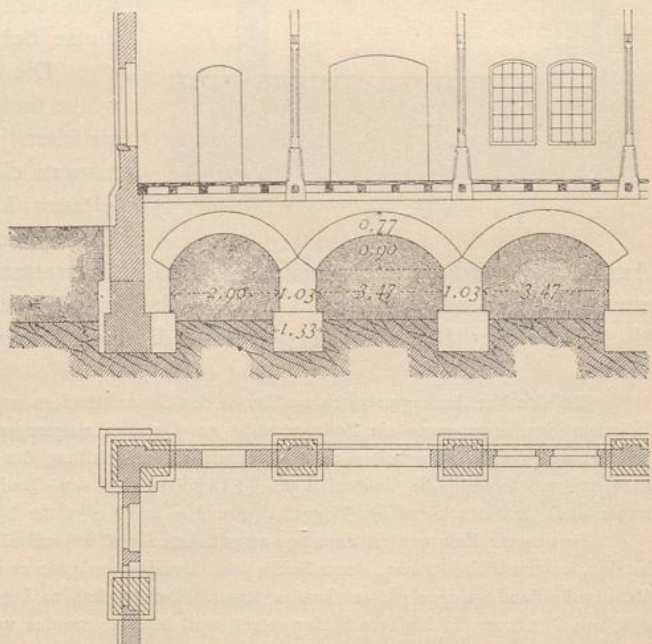
### 1) Pfeilerfundamente für durchgehendes Tagmauerwerk.

417.  
Wefen.

Um an Grundmauerwerk, unter Umständen auch an Grundgrabung zu ersparen, hat man nicht selten bei größerer Mächtigkeit der nicht tragfähigen Schicht und längeren Mauern keine ununterbrochene Fundamentmauerung ausgeführt, sondern nur einzelne Mauerpfeiler auf der tragfähigen Bodenschicht errichtet, diese oben durch Gurtbögen, fog. Grundbögen, miteinander verbunden und nach Abgleichung der Bogenzwickel auf diesem Unterbau das aufgehende oder Tagmauerwerk hergestellt.

Die Fundamentpfeiler müssen bei einer derartigen Anordnung einen so großen wagrechten Querschnitt erhalten, daß sie den vom darauffstehenden Gebäude ausgeübten lotrechten Druck aufzunehmen im Stande sind. Ihr Querschnitt muß demnach so groß gewählt werden, daß die größte darin vorkommende Pressung die zulässige Druckbeanspruchung des Fundamentmauerwerkes nicht überschreitet;

Fig. 701.

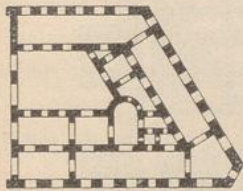


Vom Güterschuppen auf dem Bahnhofe zu Göttingen.

$\frac{1}{200}$  w. Gr.

die letztere ist im vorliegenden Falle höchstens zu 8 bis 10 kg für 1 qcm anzunehmen. Die Fundamentpfeiler haben nach unten eine entsprechende Verbreiterung zu erfahren, damit der in der Basis herrschende Druck das für den vorliegenden Baugrund zulässige Maß nicht übersteigt.

Die Pfeiler werden so angeordnet, daß an die Ecken des Gebäudes jedesmal ein kräftiger Pfeiler zu stehen kommt und daß im übrigen die Achsfenteilung der Fenster- und Thüröffnungen zu Grunde gelegt wird; besonders hat man es zu vermeiden, daß auf die Mitte eines Grundbogens eine Einzellaast zu stehen kommt. (Vergl. Fig. 701 bis 703.)



Fundamentplan zu Fig. 703<sup>215)</sup>.  
1/1000 w. Gr.

Die Fundamentpfeiler sind sorgfältig aus harten, lagerhaften Bruchsteinen in hydraulischem Mörtel, bei großem Drucke ganz aus Quadern oder mit einzelnen Bindercharen zu mauern. Hart gebrannte Backsteine sollten nur ausnahmsweise verwendet und dann nur mit Zementmörtel gebunden werden.

Die Grundbogen sollen so angeordnet werden, daß ihr Scheitel noch unter der Erdoberfläche gelegen ist. Als Bogenform wird, wo es an der erforderlichen Konstruktionshöhe nicht fehlt, am besten der Halbkreisbogen gewählt; bei geringer Höhe wendet man Stichbogen an, deren Stichverhältnis indes nicht kleiner als 1:4 sein sollte. Bisweilen sind auch Spitzbogen ausgeführt worden, die jedoch nur dann zu empfehlen sind, wenn der Scheitel des Grundbogens einem isolierten Einzeldruck ausgesetzt ist. Als Baustoffe für die Grundbogen sind scharf gebrannte Backsteine oder harte und lagerhafte Bruchsteine anzuwenden; Quader sind zwar nicht ausgeschlossen, in der Regel aber zu teuer.

412.  
Grundbogen.

Bei der Gesamtanordnung und Ausführung der Fundamentpfeiler und der sie überspannenden Grundbogen zeigen sich nicht unwesentliche Verschiedenheiten. Die wichtigsten vorkommenden Fälle sind die folgenden.

413.  
Gesamtanordnung  
und  
Ausführung.

a) Man gräbt die lockeren Bodenmassen für jeden Fundamentpfeiler getrennt aus, bis man auf die tragfähige Schicht gelangt; alsdann wird innerhalb jeder schachtartigen Baugrube der Pfeiler bis zur Kämpferhöhe aufgemauert. Erforderlichenfalls ist während der Grundgrabung und der Mauerung die Baugrube wasserfrei zu halten.

Besteht die abzugrabende Bodenschicht aus einer zusammenhängenden, fetten Erdart, so ist häufig keine Zimmerung der schachtartigen Baugruben erforderlich; unter Umständen kann man sogar den zwischen je zwei Pfeilern stehen gebliebenen Erdkörper als Lehrbogen für die Einwölbung des Grundbogens benutzen, indem man diesen Erdkörper nach der Bogenform abgräbt. In derartigen Fällen ist die Ersparnis, welche die Pfeileranordnung den voll gemauerten Fundamenten gegenüber ergibt, eine wesentliche. Zwar steht dem Gewinne an Grundaushhebung und Fundamentmauerwerk, unter Umständen auch an Wassers schöpfen, der Nachteil entgegen, daß das Abteufen einer schachtartigen Baugrube (einschl. des Emporschaffen der ausgegrabenen Bodenmassen) teurer zu stehen kommt, als das einer langgestreckten Grube, daß auch das Mauern in einem solchen engen Schachte nicht bequem und einfach, also auch nicht billig genug vorgenommen werden kann, und daß die Herstellung der Grundbogen teurer zu stehen kommt, als die Ausführung eines gleichen Rauminhaltes von aufgehendem Mauerwerk; indes ist die Ersparnis

<sup>215)</sup> Nach: *Nouv. annales de la const.* 1876, Pl. 26.

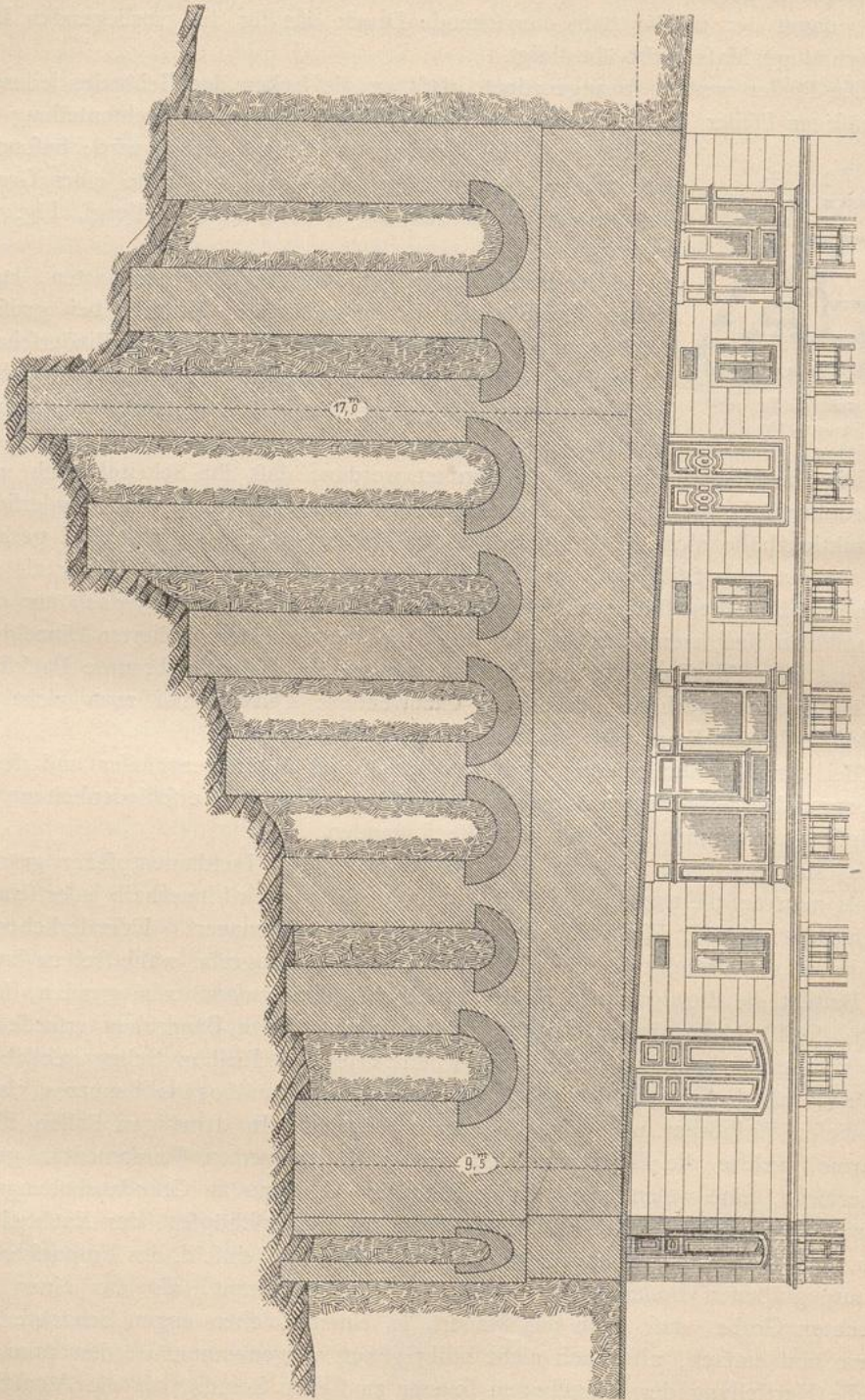


Fig. 703.

Von einem Wohn- und Geschäftshaus zu Madrid<sup>218</sup>), — 1/2000 w. Gr.

doch eine so große, daß sie durch die zuletzt erwähnten Mehrkosten nicht aufgewogen wird. Unter besonders günstigen Verhältnissen kann schon bei 3<sup>m</sup> Gründungstiefe die Pfeilergründung einem vollgemauerten Fundament vorzuziehen sein.

Brennecke giebt auf Grund einer umfangreichen Statistik an, daß, wenn der feste Baugrund 4<sup>m</sup> oder mehr unter dem Grundwasserspiegel gelegen ist, Pfeilerfundamente sich billiger stellen, als durchgehendes Grundmauerwerk<sup>219)</sup>.

β) Wenn jedoch die mit den Fundamentpfeilern zu durchsetzende Bodenschicht locker ist, so müssen die schachtartigen Baugruben ausgezimmert werden; die Zimmerung fällt um so stärker, d. i. um so teurer aus, je lockerer die betreffende Bodenmasse ist, und die Ersparnisse an Grundaushhebung und Fundamentmauerwerk verschwinden zum Teile oder ganz infolge der hohen Kosten der Schachtzimmerung.

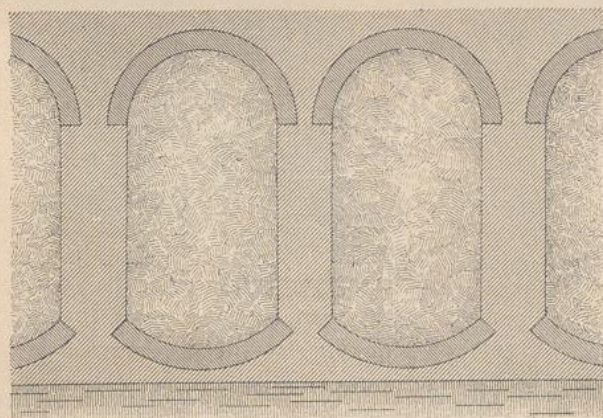
In derartigen Fällen sieht man deshalb von der unter α gedachten Ausführungsweise ab und kann folgende Gründungsverfahren anwenden:

a) Man hebt keine Baugruben aus und ersetzt die von unten nach oben zu mauernden Fundamentpfeiler durch Senkbrunnen oder Senkröhren, die von oben nach unten in den Boden eingesenkt werden. Von diesem Verfahren, welches hauptsächlich bei großer Gründungstiefe und starkem Wasserandrang zu empfehlen ist, wird noch in Kap. 2 u. 3 des nächsten Abschnittes eingehend die Rede sein. Unter gewöhnlichen Verhältnissen läßt sich annehmen, daß bei 5 bis 6<sup>m</sup> Tiefe der Fundamentbasis unter Erdgleiche Pfeilerfundamente noch vorteilhaft sind; bei noch größerer Tiefe kommt die Senkbrunnengründung in der Regel billiger zu stehen. Doch sind Pfeilerfundamente der vorbeschriebenen Art für viel größere Tiefen (z. B. für 17<sup>m</sup> Tiefe bei dem in Fig. 703 dargestellten Gebäude) ausgeführt worden.

b) Man hebt nicht, den einzelnen Pfeilern entsprechend, einzelne schachtartige Baugruben aus, sondern für die ganze Mauer einen einzigen ununterbrochenen Fundamentgraben. Die Auszimmerung einer solchen langgestreckten Baugrube ist häufig

billiger, als die mehrerer einzelner Schächte; auch kann die Mauerung der Pfeiler bequemer und billiger ausgeführt werden.

Ist die Bodenschicht, auf der die Fundamentpfeiler erbaut werden sollen, nicht widerstandsfähig genug, so kann es in einem solchen Falle zweckmäßig sein, über die ganze Länge der Baugrube eine gemauerte Sockelschicht (durchgehendes Bankett) oder eine Betonschicht auszubreiten und erst über dieser mit der Mauerung der Einzelpfeiler zu beginnen.



Pfeilerfundament mit Erd- und Grundbogen. — 1/200 w. Gr.

c) Bisweilen ist man genötigt, auf einer Bodenschicht zu gründen, die zwar gleichmäßig tragfähig, aber noch nicht fest genug ist, die von den einzelnen Funda-

<sup>219)</sup> Siehe: BRENNECKE, L. Wann soll man durchgehende, und wann soll man sog. aufgelöste Grundmauern anwenden? Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 434.

414.  
Ersatz durch  
Brunnenpfeiler  
etc.

415.  
Durchgehendes  
Bankett.

416.  
Erdbogen.

mentpfeilern ausgeübten Drücke mit Sicherheit aufzunehmen. Will man in einem solchen Falle die Drücke auch auf die zwischen den Pfeilern gelegenen Baugrundflächen verteilen, so wende man umgekehrte Gewölbbogen an, die zwischen den Fundamentpfeilern einzuspannen sind (Fig. 704).

Solche umgekehrte Fundamentbogen, Erdbogen, Gegenbogen oder Konterbogen genannt, sind für die Druckverteilung besonders dann geeignet, wenn die für die Fundamente gegebene Konstruktionshöhe im Verhältnis zu den Abständen der einzelnen Pfeiler voneinander so beschränkt ist, daß eine einfache Verbreiterung der Pfeiler oder ein durchgehendes Bankett nicht genügend wirksam ist. Ebenso sind Erdbogen ein vortreffliches Mittel, wenn der Baugrund so nachgiebig ist, daß bei stärkerem Drucke ein Auftrieb des Bodens, d. i. ein seitliches Ausweichen und Emporsteigen desselben zu befürchten steht.

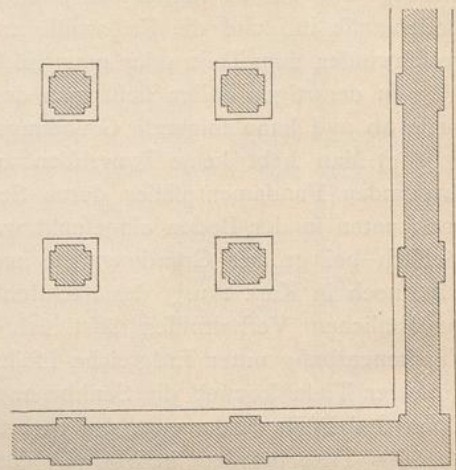
Die Anordnung der Fundamente wird die vorteilhafteste sein, wenn die Druckverteilung über die ganze Fundamentsohle gleichmäßig geschieht; gleichartigen Baugrund vorausgesetzt, wird sich die Form und Stärke der Erdbogen aus dem gleichmäßig verteilten anzunehmenden Gegendruck des Baugrundes auf die Fundamentsohle ergeben. Hiervon ausgehend hat *Koenen*<sup>220)</sup> Form und Stärke solcher Bogen theoretisch unterfucht.

Gewöhnlich werden die Erdbogen in Stichbogen-, feltener in Halbkreisbogenform ausgeführt; die äußere (untere) Wölbfläche derselben muß fest hintermauert sein, damit sie nicht nach unten ausweichen kann. An den Mauerecken sollen die betreffenden Pfeiler so stark sein, daß sie dem einseitigen Wölbchube der Erd- und der Grundbogen Widerstand leisten können.

γ) Am einfachsten und auch vorteilhaftesten wird die Anordnung und Ausführung von Pfeilerfundamenten, wenn die Bodenfläche, auf der das Gebäude zu errichten ist, höher gelegt, d. i. aufgeschüttet werden soll. In einem solchen Falle, der hauptsächlich auf Stadterweiterungsgründen,

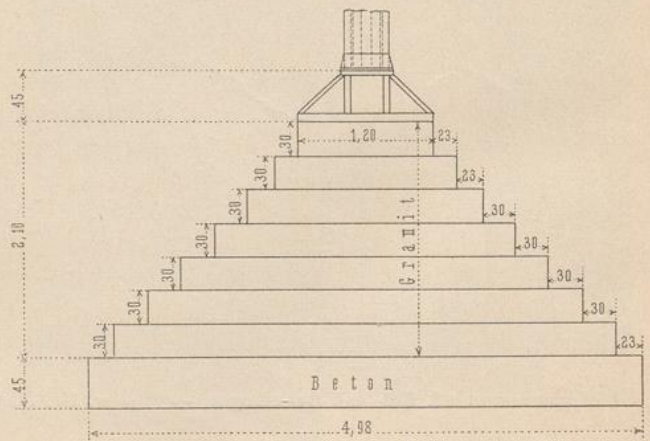
bei Bebauung von früheren Festungsgrabenflächen, auf Bahnhöfen, die im Auftrage gelegen sind, etc. vorkommt, erbaut man die Fundamentpfeiler, bevor die Auf-

Fig. 705.



1/200 w. Gr.

Fig. 706<sup>221)</sup>.



417.  
Pfeiler-  
fundamente  
in  
aufgeschüttetem  
Boden.

<sup>220)</sup> Ueber Form und Stärke umgekehrter Fundamentbögen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 11.

<sup>221)</sup> Nach: Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 425.

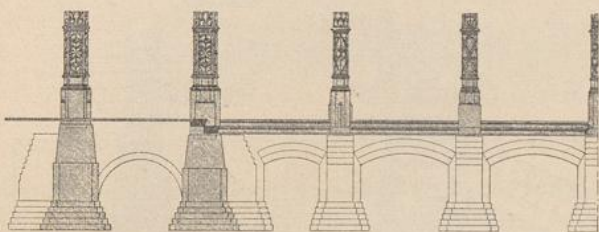
schüttung vorgenommen worden ist. Die Kosten der in dem aufgeschütteten Material herzustellenden Baugrube entfallen alsdann ganz, und die Kostenersparnis bei der Gebäudegründung ist eine sehr wesentliche.

## 2) Fundamente für einzelne Pfeiler.

Nicht selten werden die Decken- und Dachkonstruktionen gröfserer Räume von einzelnen steinernen, hölzernen oder eisernen Säulen, von gemauerten Pfeilern oder sonstigen Freistützen getragen, so dafs der von der gewölbten oder von der Balkendecke, bezw. vom Dache ausgeübte lotrechte Druck von diesen Stützen, unter Um-

418.  
Anordnung.

Fig. 707.



Von der Börse zu Antwerpen<sup>222)</sup>. —  $\frac{1}{200}$  w. Gr.

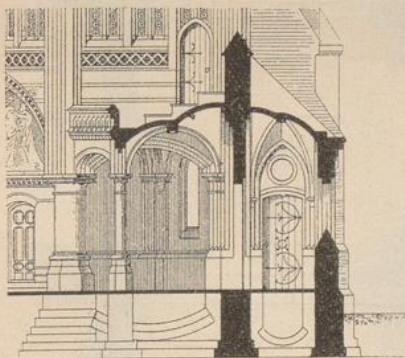
fständen auch noch von den etwa vorhandenen Umfassungswänden aufgenommen wird und auf den Baugrund zu übertragen ist (Fig. 705).

Je nach den Druck- und den Bodenverhältnissen werden die Fundamente der einzelnen Freistützen unabhängig voneinander hergestellt oder durch Zwischen-

konstruktionen in Verbindung gebracht. Hauptfächlich kommen die folgenden Anordnungen vor.

α) Jede Freistütze erhält ein gemauertes Pfeilerfundament für sich, das, mit den entsprechenden Fundamentabfätzen versehen, eine so große Aufstanzfläche erhält, dafs der Baugrund dem herrschenden Drucke mit Sicherheit widerstehen kann. Diese Anordnung ist zu empfehlen, wenn der Baugrund ein sehr guter ist, wenn die Freistützen weit voneinander abstehen und wenn die Last, die sie zu tragen haben, nicht groß ist.

Fig. 708.



Von der St. Johannis-Kirche zu Altona<sup>223)</sup>.  
 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Bei den hohen Häusern in den großen Städten der Vereinigten Staaten wurde auch bei bedeutendem Bodendruck in solcher Weise verfahren, allerdings in dem Falle, dafs guter Baugrund in leicht erreichbarer Tiefe sich vorfand. Nach Fig. 706 wurden würfelförmige Steinblöcke, die je nach der vorhandenen oder angenommenen Tragkraft des Baugrundes kleiner oder größer sind, stufenförmig ver-

setzt; die unterste Schicht wurde aus einer Betonschicht gebildet.

Ueber die besonderen Vorkehrungen, welche bei eisernen Freistützen, insbesondere wenn sie seitlichen Schüben ausgesetzt sind, notwendig werden, ist bereits in Art. 282 (S. 202) die Rede gewesen.

β) Wenn in der gestützten Decken- oder Dachkonstruktion einseitige wagrechte Schübe infolge von unsymmetrischen Belastungen, Erschütterungen, Stößen, Winddruck etc. entstehen können, so empfiehlt es sich, die Fundamentpfeiler gegen den

<sup>222)</sup> Fakf.-Repr. nach: *Gazette des arch.* 1865, S. 41.

<sup>223)</sup> Fakf.-Repr. nach: *Zeitschr. f. Bauw.* 1877, Bl. 7.

Einfluss derselben dadurch zu sichern, daß man zwischen ihnen Gurtbogen, nach Art der früher besprochenen Grundbogen, einspannt. Derlei Versteifungsbogen werden bloß in dem einen Sinne (Fig. 707) oder auch nach beiden einander durchkreuzenden Richtungen angeordnet, je nachdem solche Schübe in der einen oder in beiden Richtungen vorkommen können.

Unter besonders ungünstigen Verhältnissen kann es auch angezeigt sein, in der Höhe dieser Gurtbogen schmiedeeiserne Zuganker einzuziehen.

γ) Aus gleichen Gründen werden bisweilen nahe an der Fundamentsohle in ganz ähnlicher Weise umgekehrte Gurtbogen, die mit den vorher besprochenen Erd- oder Gegenbogen übereinstimmen, angeordnet (Fig. 708 u. 709). Dieselben können auch dazu dienen, den von den Einzelpfeilern auf den Baugrund ausgeübten Druck auf eine größere Fläche zu verteilen und dem etwaigen seitlichen Ausweichen des Bodens entgegenzuwirken.

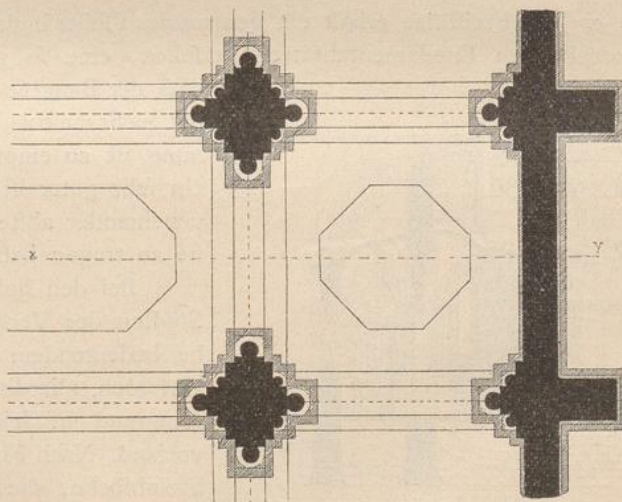
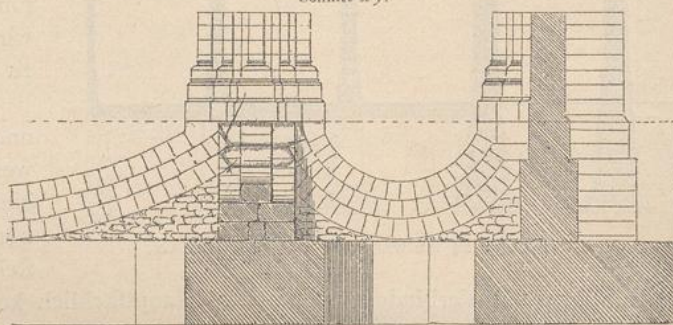
Bisweilen erscheint es zur Sicherung des ganzen Baues angezeigt, Verbindungen, bezw. Absteifungen durch Grund- und Gegenbogen vorzunehmen. Auch wird die Anordnung von Gegenbogen mit der Pfahlrostgründung zugleich angewandt (Fig. 710), wovon noch bei der letzteren die Rede sein wird.

δ) Läßt der Baugrund unter stärkerem ifolierem Drucke das seitliche Ausweichen befürchten, so kann man dem hierdurch hervorgebrachten Auftriebe entweder durch Belastung des zwischen den Fundamentpfeilern befindlichen Bodens oder durch umgekehrte Gewölbe entgegenwirken.

Im ersteren Falle kann eine durchgehende Mauer- schicht (durchgehendes Bankett, siehe Art. 415) angewendet werden; noch besser ist eine Betonschicht, die unter dem ganzen Raume ausgebreitet wird und nicht nur durch ihr Gewicht, sondern auch durch ihre Biegefestigkeit wirkt.

Bei stärkerem Auftriebe werden umgekehrte Gewölbe angewendet und als Tonnen- oder als Kappengewölbe (fog. Erdkappen) ausgeführt. Bei Tonnengewölben

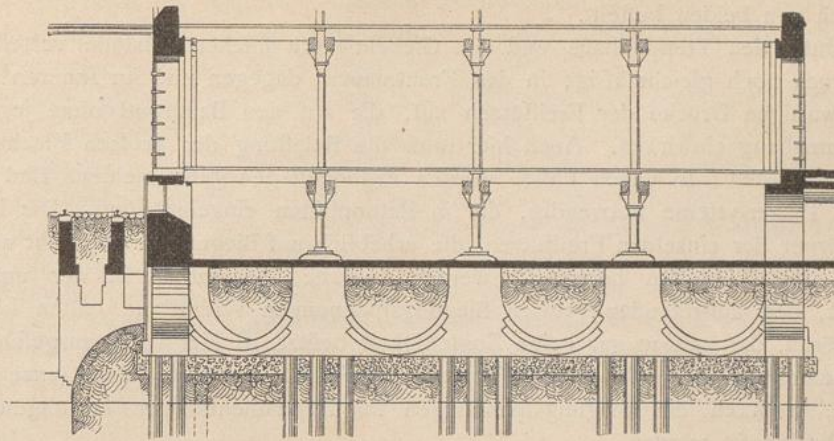
Fig. 709.

Schnitt *xy*.Von der Kirche *de la Bastide* zu Bordeaux<sup>224)</sup>.

1/200 w. Gr.

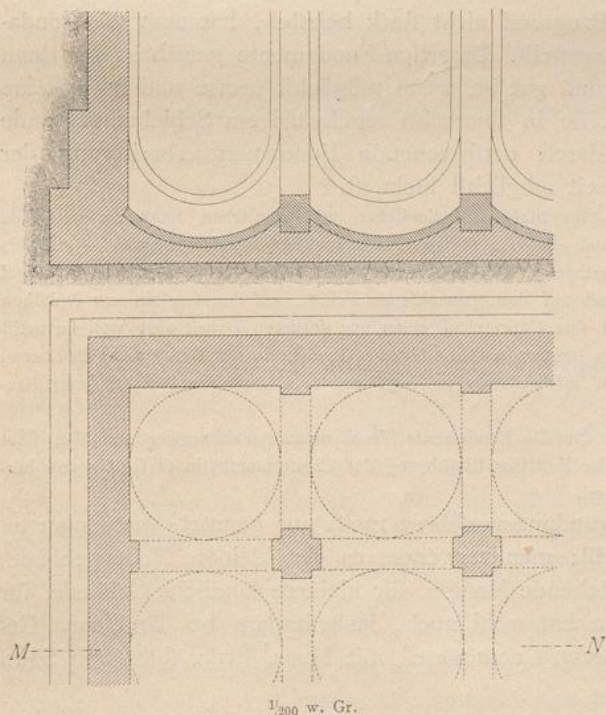
<sup>224)</sup> Fakf.-Repr. nach: Zeitschr. f. Bauw. 1888, Bl. 26.

Fig. 710.

Vom Warenpeicher am Kaiser-Quai zu Hamburg<sup>225)</sup>. —  $\frac{1}{200}$  w. Gr.

werden zwischen den in einer Reihe gelegenen Pfeilern umgekehrte Gurtbogen (Erdbogen) in der einen Richtung angelegt und winkelrecht dazu die Tonnengewölbe eingezeichnet. Sollen Erdkappen ausgeführt werden, so werden zuerst durch umgekehrte Längs- und Quergurtbogen viereckige Räume zwischen je vier Pfeilern gebildet und in diese die umgekehrten Kappen eingezeichnet (Fig. 711). Hier ist stets

eine Untermauerung, die zugleich als Lehre für die Gewölbe dient, zu empfehlen.

Fig. 711.  
Schnitt *M.N.* $\frac{1}{200}$  w. Gr.

e) Besonders eigenartige Verhältnisse liegen bei den neuzeitlichen großen Waren- und Geschäftshäusern unserer Städte vor. Sie bilden häufig nur einen einzigen Raum mit Treppen und Galerien ohne jegliche Zwischenmauern; nur Freistützen tragen die Galerien, Decken und Dächer. Ähnliche Verhältnisse liegen bei manchen Lagerhäusern und Warenspeichern vor. Durch solche Anordnungen wird eine äußerst ungleichmäßige Belastung des Baugrundes hervorgerufen, was bei sehr widerstandsfähigem Boden allerdings bedeutungslos ist, dagegen die weitgehendsten Sicherheitsvorkehrungen nötig macht, wenn der Boden, wie dies in unseren

225) Nach: Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1874, Bl. 39.



größeren Städten meist zutrifft, aus grobem Sand oder Lehm oder aus einem Gemisch von beiden besteht.

Unter den Treppenhaus- und den Giebelmauern solcher Gebäude verteilt sich der Druck noch gleichmäßig; in den Frontmauern dagegen und im Inneren treten die gewaltigen Drücke der Freistützen auf, die auf den Baugrund ohne jeglichen Zusammenhang einwirken. Auch hier muß die Belastung der großen Flächen angestrebt werden. In vielen Fällen werden Erdbogen genügen; meistens sind indes eiserne Trägersysteme notwendig, die in Betonplatten eingelegt sind. Die Fundamentkörper der einzelnen Freistützen, die erheblich auf Biegung beansprucht werden, müssen aus Baustoffen hergestellt werden, welche, namentlich in der untersten Schicht, den auftretenden großen Biegungsspannungen Widerstand leisten können. Kalkmörtel, der nahezu gar keine Zugfestigkeit besitzt, ist hier völlig ausgeschlossen. Dazu kommt noch, daß die Belastungen der Freistützen meist schief (exzentrisch) wirken, wodurch die Biegungsspannungen im Fundamentkörper in ungünstigem Sinne beeinflusst werden.

Ein Weg zur Berechnung solcher Fundamentkonstruktionen wäre der, daß man die Fundamentflächen für die großen Einzellasten um die Fläche der eingelegten Querverbindungen vermehrt und die so erhaltene Gesamfläche durch die Summe der Einzellasten dividiert. Der auf diese Weise erhaltene Einheitsdruck wäre der Berechnung der Erdbogen, bezw. der eisernen Träger zu Grunde zu legen. Durch eine solche Berechnungsweise würde man dem Gedanken gerecht werden, daß die Einzeldrücke zwar verschieden sind, aber doch durch symmetrische Lastverteilungen entstehen, was in den meisten Fällen zutreffen dürfte<sup>226)</sup>.

#### c) Fundamente aus Trockenmauerwerk, Steinpackungen und Steinschüttungen.

419.  
Trocken-  
mauerwerk.

Bei weniger wichtigen Bauwerken, bei solchen, die auf eine lange Dauer keinen Anspruch machen und die den Baugrund nicht stark belasten, hat man die Fundamente aus Trockenmauerwerk hergestellt. Derartige Fundamente gewähren nur dann einige Sicherheit, wenn der Baugrund gut ist, wenn möglichst große und feste Steine zur Anwendung kommen, wenn sie in thunlichst regelmäßigem Schichtenverbande vermauert werden und wenn durch entsprechende Fundamentverbreiterung der Normaldruck auf die Flächeneinheit möglichst klein ist.

Bei einem großen Teile der altägyptischen, hellenischen und römischen Bauwerke sind die Fundamente aus sorgfältig bearbeiteten und ebenso gefügten Quadern ohne jedes Bindemittel — also aus Trockenmauerwerk — ausgeführt (z. B. Parthenon, Thebeion, Erechtheion, Herkules- [früher Vesta-] Tempel in Rom etc.). Viele dieser Bauwerke sind auf den gewachsenen Felsen, auf den Gipfeln von Anhöhen und Bergen gegründet; andere üben auf den Untergrund einen nur geringen Druck aus, weil sie meist mächtig und breit ausgeführte Fundamente besitzen und ihr eigenes Gewicht in der Regel nicht bedeutend ist. Die gewählte Gründungsart erscheint infolgedessen zulässig, was u. a. auch der Bestand jener Bauwerke bis heute beweist.

In Finnland wird seit langer Zeit für die Fundamente Trockenmauerwerk verwendet. Man sieht dort eine Menge alter Kirchen, die aus der Zeit der Einführung des Christentums in dieser Gegend herühren und in solcher Weise gegründet sind.

Gegenwärtig wird dieses Gründungsverfahren meist nur benutzt, wenn man an Arbeit und an Mörtel sparen will; man verwendet es für kleinere Nebengebäude, wie Schuppen etc., für einzeln stehende Mauern, für kleinere ländliche Gebäude, für provisorische Bauwerke etc. Man hat wohl auch, insbesondere bei ländlichen Gebäuden, die Fugen mit Lehm, bezw. Lehmörtel, mit Moos, Erde, selbst mit Sand ausgefüllt.

<sup>226)</sup> Siehe: THRANER. Konstruktionsgrundsätze bei Geschäfts- und Lagerhäusern ohne Zwischenmauern. Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1900, S. 1176.

Wo Mangel an größeren und lagerhaften Steinen ist, hat man die Fundamentgräben wohl auch nur mit einer trockenen Steinpackung ausgefüllt und darauf das Tagmauerwerk gefetzt. Diese noch weniger solide Gründungsweise kann bloß für Bauwerke untergeordneter Natur angewendet werden.

420.  
Stein-  
packungen.

Hierher gehören auch noch die aus Steinschüttungen oder Steinwürfen hergestellten Fundamente, welche bisweilen für solche Bauwerke angewendet werden, die im offenen Wasser zu errichten sind. Sie gewähren den Vorteil, daß sie die immer kostspielige Herstellung einer Baugrube im Wasser nicht erfordern; indes ist ihre Solidität eine sehr geringe. Fundamente aus Steinschüttungen kommen hauptsächlich für Bauten im Meere (Hafendämme, Moli etc.) in Anwendung.

421.  
Stein-  
schüttungen.

Bezüglich der Größe der zu benutzenden Steine sei auf Art. 382 (S. 313) verwiesen. Hat man genügend große Steine nicht in hinreichender Menge zur Verfügung, so kann man wohl auch für den Fundamentkern kleinere Steine verwenden, die Böschungen dagegen aus möglichst großen Steinen herstellen. Ist die Strömung eine sehr bedeutende, so verwendet man künstliche Betonblöcke von 25 bis 50, selbst bis 100 cbm Rauminhalt und darüber; natürliche Steine von solcher Größe kommen meist teurer zu stehen.

Die Steinschüttungen bilden den Uebergang zu den im folgenden Kapitel zu besprechenden »geschütteten Fundamenten«; in gewissem Sinne können sie unmittelbar zu letzteren gezählt werden.

#### Litteratur

über »Gemauerte Fundamente«.

- ENGEL, C. L. Ueber Fundamente aus Bruchsteinen ohne Mörtel. Journ. f. d. Bauk., Bd. 2, S. 23.  
*Fondation de 47 puits maçonnés exécutés à Madrid. Nouv. annales de la constr.* 1867, S. 93.  
 SPIEKER. Fundierung eines Monumentes. Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 124.  
 Ausgeführte Pfeilergründung. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1873, S. 187.  
 Ueber mangelhafte Ausführung von Fundamentmauerwerk. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 52.  
 KOENEN, M. Ueber Form und Stärke umgekehrter Fundamentbögen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 11.

### 3. Kapitel.

#### Fundamente aus Beton- und Sandschüttungen.

Wenn ein genügend widerstandsfähiger Baugrund in angemessener Tiefe nicht vorhanden ist, auch nicht mit Hilfsmitteln erreicht werden kann, die den verfügbaren Geldmitteln, der vorgesehenen Bauzeit oder dem Zwecke des betreffenden Bauwerkes entsprechen; so ist man nicht selten genötigt, in nur geringer Tiefe auf stark pressbarem Baugrund zu fundieren. Bei der Konstruktion der Fundamente ist alsdann das Hauptaugenmerk auf möglichste Herabminderung des Einsinkens, namentlich aber auf Verhütung des ungleichmäßigen Setzens derselben zu richten.

422.  
Geschüttete  
und  
Schwellrost-  
fundamente.

In derartigen Fällen können nicht mehr gemauerte Fundamente angewendet werden, weil dieselben den vom Bauwerk ausgeübten Druck nicht in genügender Weise nach unten verteilen und weil sie bei ungleichmäßiger Beschaffenheit des Baugrundes partielle, d. i. schädliche Einsenkungen erleiden. Alsdann empfehlen sich Beton-, Sand- und Fundamente aus liegenden Rosten.

## a) Betonfundamente.

423.  
Allgemeines.

Konstruktionsteile eines Bauwerkes, die aus Beton hergestellt sind, werden häufig als Gußmauerwerk bezeichnet; dementsprechend schliesen sich an die im vorhergehenden Kapitel behandelten gemauerten Fundamente die Betonfundamente naturgemäfs an.

Das Kennzeichnende dieser Gründungsweise besteht in der Herstellung einer monolithen Fundamentplatte, bzw. eines monolithen Fundamentklotzes, aus einer einheitlichen Masse ohne jegliche Lager- und Stofsugen gebildet. Die monolithische Betonplatte, bzw. der monolithische Betonklotz mufs hoch genug fein und eine genügende Grundfläche haben, um den vom darauf stehenden Bauwerk ausgeübten Druck aufnehmen zu können und in folcher Weise auf den Baugrund zu übertragen, dafs das Fundament keine nachteilige Veränderung erfährt.

Im alten Rom wurden Fundamente aus Gußmauerwerk vielfach zur Anwendung gebracht, wozu die Beschaffenheit des Baugrundes wesentlich beitrug. Der letztere besteht aus aufgehäuften vulkanischen Massen, die ziemlich zähe sind und infolgedessen gestatteten, dafs man die Baugrube mit lotrechten Wänden aushob und dieselbe entweder gar nicht oder nur sehr leicht abzimmerte. Auf folche Weise bildeten die Fundamentgräben ein genügend widerstandsfähiges Bett, in welches das Gußmauerwerk eingebracht und festgestampft werden konnte.

Betonfundamente können ebenfowohl im Trockenem, wie auch in Baugruben ausgeführt werden, aus denen das Grundwasser geschöpft wird; in gleicher Weise können sie auch für Bauwerke im Wasser Anwendung finden. Man kann mit Hilfe einer Schicht hydraulischen Betons das Eindringen des Grundwassers von unten, wenn nötig auch von der Seite verhüten. Der Beton ist auch in vorzüglicher Weise geeignet, etwaige Unregelmäfsigkeiten der Baufohle auszugleichen. Ueberhaupt bilden Beton Gründungen, an richtiger Stelle angewendet und in richtiger Weise ausgeführt, ein vorzügliches Gründungsverfahren.

424.  
Material.

Für die Herstellung eines Betonfundaments ist hydraulischer Beton nicht unbedingt erforderlich; bei Gründungen im Trockenem kann Luftmörtel zur Betonbereitung verwendet werden; dagegen mufs man möglichst rasch erhärtendes Material, am besten Zementbeton wählen, wenn man das Eindringen von Wasser in die Baugrube verhüten will. Für die Güte des zu verwendenden Betons sind auch die Belastung, der er zu widerstehen hat, und der Baugrund, auf den er zu liegen kommt, maßgebend. Zum Tragen von Bauwerken geringer Ausdehnung und mäfsiger Last, sowie bei festerem Baugrunde genügt eine mittlere Beschaffenheit Beton und eine leichte Ausführung. Für das Tragen schwerer Lasten jedoch (4 kg für 1 qcm und darüber), zur Ausgleichung des Druckes über stark pressbarem Boden oder zu Dichtung von Quellen sind die beste Sorte Beton und sehr sorgfältige Arbeit erforderlich. Die sorgfältigste Ausführung ist vor allem dann notwendig, wenn das Bauwerk bei grofser Grundfläche, bei grofsem Wasserdruck und durchlässigem Boden ein wasserdichtes Becken bilden soll.

Der letztgedachte Fall tritt bei der Ausführung gröfserer Behälter ein. Ein interessantes Beispiel hierfür bietet die Gründung des Bühnenraumes im neuen Opernhause zu Paris dar. Man hatte es dort mit einem sehr bedeutenden Grundwasserandrang zu thun; daselbe strömte unter einer Druckhöhe von ca. 5 m zu. Um die Räume unterhalb der Bühne trocken zu erhalten, wurde ein grofses Becken aus Zementbeton ausgeführt.

Bezüglich der Betonbereitung und der dazu zu verwendenden Stoffe sei auf Teil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches« (Abt. I, Abchn. 1, Kap. 4) verwiesen.

Die Mächtigkeit des Betonfundaments ist abhängig von der Beschaffenheit des Betons, von der größeren oder geringeren Pressbarkeit des Baugrundes, von der Größe der auf dem Fundamente ruhenden Last und in manchen Fällen von der Druckhöhe, unter welcher der Wasserzudrang in die Baugrube stattfindet.

Was die erstgenannten drei Faktoren anbelangt, so kann als Anhaltspunkt dienen, daß guter hydraulischer Beton bei ca. 1 m Stärke eine Last von 4 bis 5 kg für 1 qm Nutzfläche mit Sicherheit tragen kann, wenn der Baugrund wenig pressbar ist und die Verhältnisse sonst günstig sind; dagegen nur 2,5 kg, wenn stark nachgiebiger Baugrund vorhanden, oder wenn derselbe ungleichartig, oder wenn die Belastung nicht gleichmäßig verteilt ist. Unter gewöhnlichen Verhältnissen genügt alsdann eine Mächtigkeit des Betonfundaments von 0,75 bis 1,00 m; ja man kann bei geringer Last auch auf 60, selbst auf 50 cm herabgehen.

Hat man Zweifel über die Tragfähigkeit des Baugrundes oder über die zu erwartende Tragfähigkeit einer Betonplatte von bestimmter Dicke (namentlich bei größeren Belastungen), so sind unmittelbare Versuche zu empfehlen. Betonblöcke von der beabsichtigten Breite und Mächtigkeit werden auf dem vorhandenen Baugrunde probeweise ausgeführt und Probelastungen bis zum  $1\frac{1}{4}$ - bis  $1\frac{1}{2}$ -fachen des künftigen Druckes vorgenommen; dabei dürfen sich an den Blöcken weder Aenderungen in der äußeren Form, noch in den Höhenverhältnissen zeigen. Es genügt, im vorliegenden Falle die Versuchslasten nur mit  $1\frac{1}{4}$  bis  $1\frac{1}{2}$  der endgültigen Lasten anzunehmen, weil der Beton im Laufe der Zeit immer härter wird.

Fig. 712.

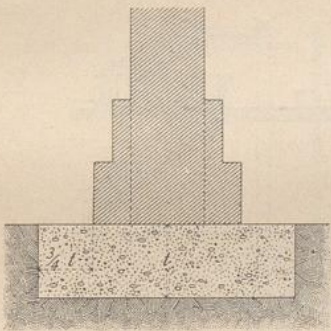
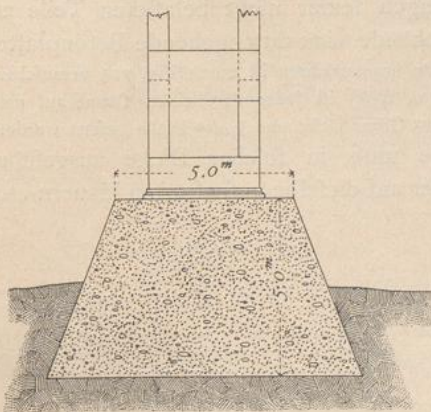


Fig. 713.



Betonfundament einer Freistütze von der Weltausstellungs-Rotunde in Wien (1873).

$\frac{1}{200}$  w. Gr.

Zeigt sich in der Baugrube starker Wasserandrang und soll die Betonplatte in erster Reihe dem durch die Wasserzuflutung entstehenden Auftriebe entgegenwirken, damit alsdann die Baugrube durch Wasserschöpfen trocken gelegt werden könne, so läßt sich nach Art. 382 (S. 313) die erforderliche Stärke der Betonschicht berechnen, indem man die maßgebende Wassertiefe durch das Gewicht der Raumeinheit Beton (2,0 bis 2,2) dividiert.

Die so gefundene Stärke ist, wie an der angezogenen Stelle bereits gesagt wurde, jedenfalls zu groß, da das Wasser bei der Bewegung zwischen den Bodenteilchen einen Widerstand erfährt, der seine Geschwindigkeit verringert. Es ist deshalb nicht notwendig, die berechnete Stärke im Interesse größerer Sicherheit zu vermehren; unter Umständen ist sogar eine Verringerung derselben zulässig.

Die Grundfläche eines Betonfundaments ergibt sich aus seiner Nutzfläche und letztere wieder aus der zulässigen, im vorhergehenden Artikel bereits angegebenen Belastung für die Flächeneinheit. Uebt das auf das Betonfundament aufzusetzende Bauwerk einen größeren als den größten zulässigen Druck aus, so muß derselbe durch entsprechende Verbreiterung des betreffenden Mauerwerkes oder der sonstigen Konstruktionssteile herabgemindert werden (Fig. 712). In den allermeisten Fällen genügt es, wenn die Sohle

des Betonfundaments vor der Grundfläche des darauf gesetzten Baukörpers an allen Seiten um etwa  $\frac{3}{4}$  seiner Stärke vorspringt (Fig. 712). Meist werden parallel epipedisch gestaltete Betonplatten zur Ausführung gebracht (Fig. 712); indes kommen auch Betonklötze vor, deren wagrechter Querschnitt sich nach unten allmählich vergrößert (Fig. 713).

In Rotterdam und anderen holländischen Städten werden bei Gründungen auf Moorboden von bedeutender Mächtigkeit Betonfundamente von sehr großer Breite angewendet, so daß die Betonkörper mit sehr breiten Abfätzen vor den betreffenden Mauern vorspringen. Man erzielt dadurch das gleichmäßige Einlinken des ganzen Gebäudes, welches anfangs sehr beträchtlich ist, später jedoch ganz aufhört.

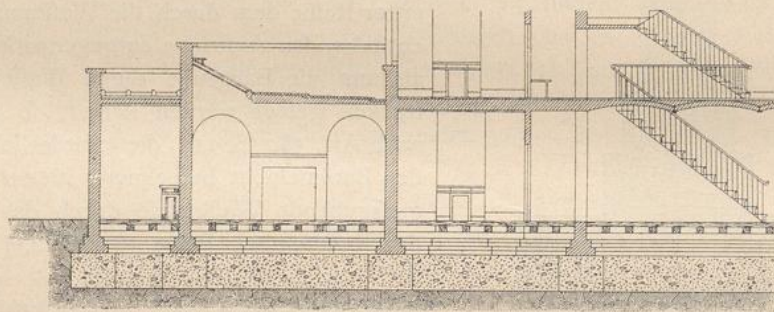
426.  
Durch  
Eiseneinlagen  
verflärkte  
Beton-  
fundamente.

Um eine bessere Druckübertragung zu erzielen, werden in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in die Betonplatten schmiedeeiserne Träger oder Stahlfchienen eingelegt. In Chicago wird zunächst eine rund 30 cm starke Betonplatte zur Ausführung gebracht, und auf diese werden zwei gleichfalls in Beton verlegte, einander kreuzende Stahlträger von rund 25 cm Höhe oder auch nur Eisenbahnschienen verlegt; dabei nimmt die obere Trägerlage die Säulenfüße auf.

427.  
Durchgehendes  
Beton-  
fundament.

Handelt es sich um die Gründung eines größeren Gebäudes, so wird in den meisten Fällen jede Wand, bzw. jeder Pfeiler desselben auf ein besonderes Betonfundament gesetzt. Sind jedoch die Räume eines Gebäudes sehr klein, so daß die Wände desselben einander sehr nahe stehen, oder ist der Baugrund sehr nachgiebig,

Fig. 714.



Von einem Wohnhaus zu London (*Lowndes street*<sup>227</sup>). —  $\frac{1}{200}$  w. Gr.

so daß unter stärkerem Drucke das Emporfteigen seiner nicht belasteten Teile zu befürchten ist, so legt man unter das ganze Gebäude eine durchgehende Betonplatte.

Das in Londoner Häusern vielfach angewendete Gründungsverfahren ist durch Fig. 714 veranschaulicht. — Beim Bau der Marienkirche in Stuttgart (Arch.: v. Egle) ist jeder der beiden Türme auf eine durchgehende Betonplatte (Portland-Zementbeton) von 140 qm Grundfläche und 1,40 m Dicke gesetzt worden.

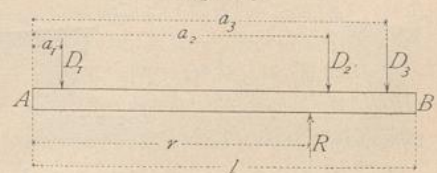
Eine derartige durchgehende Betonplatte muß in solcher Dicke ausgeführt werden, damit sie unter den isolierten Drücken der auf dieselbe aufgesetzten Mauern etc. nicht bricht.

Bei bekannten Druckverhältnissen läßt sich die Dicke einer solchen Platte in folgender Weise ermitteln.

Wird eine Betonplatte *AB* (Fig. 715) durch die isolierten Drücke  $D_1, D_2, D_3 \dots$  belastet, die in den Abständen  $a_1, a_2, a_3 \dots$  von der Kante *A* wirksam sind, so ist die dadurch hervorgerufene Reaktion *R* des Baugrundes

$$R = D_1 + D_2 + D_3 \dots = \Sigma(D).$$

Fig. 715.



<sup>227</sup>) Nach: *Revue gén. de l'arch.* 1855, Pl. 16, 22.

Der Abstand  $r$  (von der Kante  $A$ ), in welchem diese Reaktion  $R$  angreift, bestimmt sich aus der Momentengleichung

$$D_1 a_1 + D_2 a_2 + D_3 a_3 + \dots = R r$$

oder

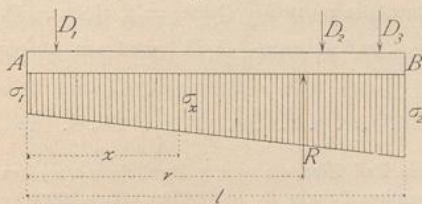
$$\Sigma(D a) = R r$$

zu

$$r = \frac{\Sigma(D a)}{R} = \frac{\Sigma(D a)}{\Sigma(D)}$$

Nimmt man den Beton als ganz unelastisch an, was nach vollständigem Erhärten deselben sehr nahe der Fall ist, so findet, gleichartigen Baugrund vorausgesetzt, die Verteilung der herrschenden Drücke nach einer geraden Linie statt, und es ergibt sich, wegen der im allgemeinen exzentrischen Beanspruchung, als Druckfigur ein Trapez<sup>228)</sup>. Alsdann ist nach Fig. 716, wenn man die Spannungen an den Kanten  $A$  und  $B$  bzw. mit  $\sigma_1$  und  $\sigma_2$  bezeichnet,

Fig. 716.



woraus

$$\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} l = R = \Sigma(D),$$

$$\sigma_1 = \frac{2R}{l} - \sigma_2.$$

Ferner ist

$$R r = \frac{\sigma_1 l^2}{2} + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2} l \frac{2}{3} l$$

oder

$$R r = \sigma_1 \frac{l^2}{6} + \sigma_2 \frac{l^2}{3},$$

woraus

$$\sigma_1 = \frac{6 R r}{l^2} - 2 \sigma_2.$$

Hiermit den oben gefundenen Wert von  $\sigma_1$  verglichen, giebt

$$\frac{2 R}{l} - \sigma_2 = \frac{6 R r}{l^2} - 2 \sigma_2,$$

woraus

$$\sigma_2 = \frac{2 R}{l} \left( \frac{3 r}{l} - 1 \right);$$

daher

$$\sigma_1 = \frac{2 R}{l} \left( 2 - \frac{3 r}{l} \right).$$

Für einen beliebigen Punkt im Abstände  $x$  von der Kante  $A$  ist die Spannung  $\sigma_x$  aus dem Verhältnis

$$\frac{\sigma_x - \sigma_1}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{x}{l}$$

zu bestimmen, ergibt sich also zu

$$\sigma_x = (\sigma_2 - \sigma_1) \frac{x}{l} + \sigma_1.$$

Für die Ermittlung der Betonplattendicke ist auch die Bestimmung der Biegemomente erforderlich. Für den durch den Abstand  $x$  von der Kante  $A$  gegebenen Punkt ist das Moment

$$M_x = D_1 (x - a_1) + D_2 (x - a_2) + \dots - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_1}{2} \cdot \frac{x^2}{3}$$

oder

$$M_x = \Sigma [D(x - a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_1}{2} \cdot \frac{x^2}{3};$$

für  $\sigma_x$  den obigen Wert eingesetzt, wird

$$M_x = \Sigma [D(x - a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{6 l} x^3.$$

Das Biegemoment  $M_x$  bildet hiernach eine Kurve dritten Grades, deren größte Ordinate den Höchstwert vorstellt. Differenziert man die letzte Gleichung nach  $x$ , so erhält man

$$\frac{d M_x}{d x} = \Sigma(D) - \sigma_1 x - \frac{3}{6 l} x^2 (\sigma_2 - \sigma_1) = \Sigma(D) - \sigma_1 x - \frac{x^2}{2 l} (\sigma_2 - \sigma_1) = 0,$$

<sup>228)</sup> Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses „Handbuchs“, Art. 320 u. 321, S. 274 u. 275 (2. Aufl.: Art. 111 u. 113, S. 86 u. 89. — 3. Aufl.: Art. 126 u. 129, S. 112 u. 115).

woraus sich ergibt

$$x = -\frac{\sigma_1}{\frac{1}{l}(\sigma_2 - \sigma_1)} \pm \sqrt{\left[\frac{\sigma_1}{\frac{1}{l}(\sigma_2 - \sigma_1)}\right]^2 + \frac{\Sigma(D)}{\frac{1}{2l}(\sigma_2 - \sigma_1)}}$$

Diese Gleichung ist in dem durch Fig. 716 dargestellten Falle sowohl für  $\Sigma(D) = D_1$ , als auch für  $\Sigma(D) = D_1 + D_2$  zu lösen, um zu ermitteln, ob das grössere Moment zwischen  $D_1$  und  $D_2$  oder zwischen  $D_2$  und  $D_3$  gelegen ist.

Für die Beanspruchung auf Biegung ist nun <sup>229)</sup>

$$\frac{\mathcal{J}}{a} = \frac{M_{max}}{K},$$

wenn mit  $\mathcal{J}$  das Trägheitsmoment des Querschnittes, mit  $a$  der Abstand der am meisten gezogenen Faser von der Nulllinie, mit  $M_{max}$  das grösste Moment und mit  $K$  die grösste zulässige Beanspruchung des Betons auf Zug bezeichnet wird.

Ist, wie in den meisten Fällen, der Querschnitt der Betonplatte rechteckig (Breite =  $b$ , Höhe =  $h$ ), so ist  $\mathcal{J} = \frac{b h^3}{12}$ . Nimmt man  $b = 1$  m an, so wird  $\mathcal{J} = \frac{h^3}{12}$ , und da  $a = \frac{1}{2} h$  ist, wird aus obiger Bedingungsgleichung

$$h = \sqrt[3]{\frac{6 M_{max}}{K}} \dots \dots \dots 239.$$

Beispiel. Für den durch Fig. 715 näher bezeichneten Fall seien die von 3 Parallelmauern eines Haufes (auf eine Tiefe von 1 m senkrecht zur Bildfläche) ausgeübten Drücke  $D_1 = 9600$  kg,  $D_2 = 6800$  kg und  $D_3 = 9600$  kg, dabei  $a_1 = 1,42$  m,  $a_2 = 8,12$  m und  $a_3 = 11,12$  m; ferner sei  $l = 12,55$  m.

Alsdann ist

$$R = 9600 + 6800 + 9600 = 26000 \text{ kg},$$

$$r = \frac{9600 \cdot 1,42 + 6800 \cdot 8,12 + 9600 \cdot 11,12}{26000} = 6,75 \text{ m},$$

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 26000}{12,55} \left( \frac{3 \cdot 6,75}{12,55} - 1 \right) = 2544 \text{ kg}$$

und

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot 26000}{12,55} \left( 2 - \frac{3 \cdot 6,75}{12,55} \right) = 1599 \text{ kg}.$$

Der Gesamtdruck auf den Baugrund beträgt hiernach

$$12,55 \frac{2544 + 1599}{2} + \text{Gewicht der Betonplatte} = 26000 \text{ kg} + \text{Gewicht der Betonplatte.} *$$

Das Biegemoment für einen beliebigen Punkt war

$$M_x = \Sigma [D(x-a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{6l} x^3;$$

daher wird für den Angriffspunkt des Druckes  $D_2$

$$M = 9600(8,12 - 1,42) - 1599 \frac{8,12^2}{2} - \frac{75,3}{2} \cdot \frac{8,12^3}{3} = 4886 \text{ mkg}.$$

Der Abstand  $x$ , für den das Biegemoment zwischen  $D_1$  und  $D_2$  den Höchstwert erreicht, folgt aus der Gleichung

$$0 = 9600 - 1599x - 37,7x^2$$

zu

$$x = -\frac{1599}{75,4} \pm \sqrt{\left(\frac{1599}{75,4}\right)^2 + \frac{9600}{37,7}} = 5,3 \text{ m};$$

daher das grösste Moment

$$M_{max} = 9600(5,3 - 1,42) - \frac{1599}{2} 5,3^2 - \frac{2544 - 1599}{6 \cdot 12,55} 5,3^3,$$

$$M_{max} = 12990 \text{ mkg}.$$

Die Abciffe des grössten Biegemoments zwischen  $D_2$  und  $D_3$  folgt aus der Gleichung

$$0 = 9600 + 6800 - 1599x - 37,7x^2 = \infty 8,2 \text{ m},$$

d. h. dasselbe fällt mit dem Moment  $M$  zusammen, und das berechnete  $M_{max} = \infty 13000$  mkg ist wirklich das grösste Biegemoment, welches in der fraglichen Betonplatte auftritt.

<sup>229)</sup> Nach Gleichung 36, S. 262 (2. Aufl.: Gleichung 44, S. 65. — 3. Aufl.: Gleichung 59, S. 77) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«.

Die Dicke  $h$  dieser Platte ergibt sich, wenn man  $K = 2 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}$  ( $= 20\,000 \text{ kg für } 1 \text{ qm}$ ) annimmt, nach Gleichung 239 zu

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot 13\,000}{20\,000}} = 1,97 \text{ m.}$$

Die aus Gleichung 239 berechnete Dicke einer durchgehenden Betonplatte ergibt sehr hohe Werte, weil die Mitwirkung des unter der Betonplatte befindlichen Baugrundes nicht mitberücksichtigt ist; eine solche Dicke wird demnach nur bei ganz lockerem Baugrund notwendig sein. Wollte man die Mitwirkung des Baugrundes mit in Rechnung ziehen, so hätte man ein ähnliches Verfahren zu wählen, wie es *Winkler*<sup>230)</sup> für die Berechnung des eisernen Langschwelenoberbaues der Eisenbahnen eingeschlagen hat. Hierdurch ergibt sich indes eine so verwickelte Rechnung, und es wären noch so viele Erfahrungszahlen zu ermitteln, daß man wohl von einer solchen Rechnungsweise absehen muß. Am vorteilhaftesten dürfte es sonach sein, die Dicke  $h$  nach Gleichung 239 zu ermitteln und dann, der jeweiligen Beschaffenheit des Baugrundes entsprechend, einen bestimmten aliquoten Teil dieser Dicke der Ausführung zu Grunde zu legen, d. h. eine Dicke  $h'$  zu wählen, welche

$$h' = \alpha h$$

beträgt, worin  $\alpha$  eine Erfahrungsziffer ist, die bei ganz lockerem Baugrund, der gar nicht mitträgt, gleich 1 ist und mit steigender Widerstandsfähigkeit desselben bis zu  $\frac{1}{3}$  anwachsen kann.

Durchgehende Betonfundamente sind auch dann mit Vorteil anzuwenden, wenn der Baugrund Rutschungen befürchten läßt. Treten letztere ungeachtet aller sonst noch getroffenen Vorkehrungen ein, so bewegt sich die Betonplatte mit dem ganzen darauf stehenden Gebäude, nicht einzelne Teile des letzteren; unter Um-

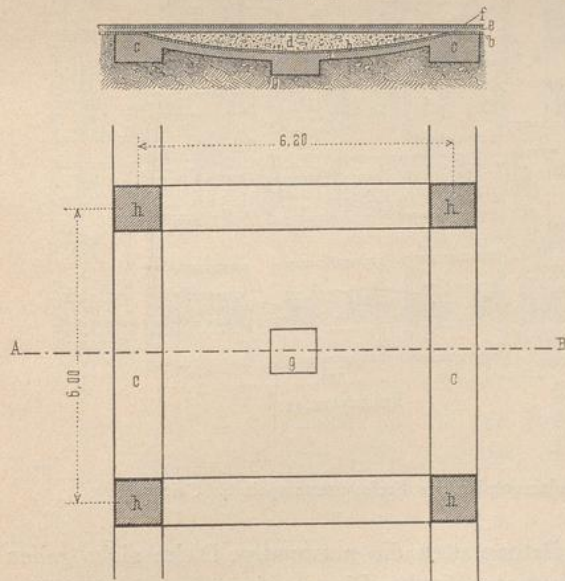
fänden bleibt dabei das Gebäude unverfehrt, wie die letzten Berg-rutsche in Aachen gezeigt haben.

Eine neuere städtische Schule in Aachen wurde auf eine 90 cm starke Beton-schüttung gesetzt, welche, durch ein System von vernieteten I-Trägern in festem Rahmen gehalten, eine feste Tafel bildet, innerhalb deren, den Scheidewänden entsprechend, ebenfalls I-Träger eingelegt sind. Diese Betonplatte liegt auf einer mehrere Meter hohen Sandschicht, unter der sich fast un-ergründlicher, nasser Kleiboden befindet; die Sandschicht ist durch Stützmauern gegen seitliches Ausweichen geschützt.

Durchgehende Fundamente aus Zementbeton sind ferner zu empfehlen, wenn die Kellerfohle eines Gebäudes gegen das Eindringen des Grundwassers zu schützen ist (vergl. Art. 382, S. 311); unter besonders schwierigen Verhältnissen

428.  
Weitere  
Anwendung  
durchgehender  
Betonplatten.

Fig. 717.



Von der Markthalle IV zu Berlin. —  $\frac{1}{150}$  w. Gr.

<sup>230)</sup> In: WINKLER, E. Vorträge über Eisenbahnbau etc. Heft 1: Der Eisenbahn-Oberbau. 3. Aufl. Prag 1875. Kap. 17: Elasticitäts- und Festigkeitstheorie der Schienen.



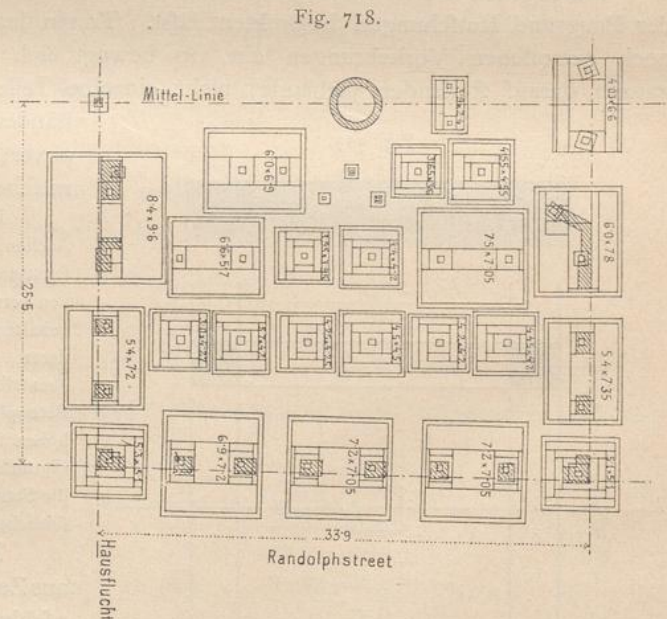
kommen gleichzeitig umgekehrte Gewölbe (siehe Art. 418, S. 340) und Betonlagen zur Anwendung.

Eine Anlage letzterer Art wurde mit besonderer Sorgfalt in der Markthalle IV zu Berlin (Dorotheenstraße) ausgeführt, wo es sich um die Dichtung von etwa 5000 qm Kellerfußböden gegen starken Grundwasserandrang handelte. Der Fußboden des Kellers liegt 94 cm unter dem höchsten Grundwasserstand und erforderte deshalb besondere Mafsregeln zur vollständigen Trockenerhaltung. Zunächst wurde der Baugrund *fo* abgegraben, dafs er als Unterlage für die umgekehrten Gewölbe *a* (Fig. 717) geeignet war; letztere wurden sodann aus schichtenweise aufgebrachtem und fest gestampftem Zementbeton 12 cm stark hergestellt. Jedes dieser Gewölbe spannt sich mit 35 cm Stich gegen umgekehrte Gurtbogen *c*, welche zwischen die vorhandenen Fundamentpfeiler *b* in der kürzeren Richtung zur Ausführung gekommen sind. Auf diese Betongewölbe wurde eine 25 mm dicke, wasserdichte Zementdeckschicht *b* aufgebracht und die Oberfläche derselben mit reinem Zement geglättet, um alle Poren sorgfältig zu verschleifen. Nach Erhärten dieser wasserdichten Deckschicht wurde Füllmaterial *d*, bestehend aus Sand und Ziegelbrocken, aufgetragen; daselbe soll auch gleichzeitig zur Belastung dienen. Auf das fest gestampfte Füllmaterial kam der sog. Arbeitsboden *e* zu liegen, welcher aus Zementbeton in 8 cm Stärke ausgeführt wurde; schliesslich wurde noch eine Deckschicht *f* aus Zement, 2 cm dick, ausgearbeitet.

Wenn die Kellerfußböden Ausbesserungen erfordern werden, so brauchen sich letztere, infolge der gewählten Konstruktion, nur auf den Arbeitsboden zu erstrecken; der eigentlich dichtende Boden bleibt dabei unberührt. Gegen das Brechen, bezw. Setzen der Gewölbe *a* nach dem Zurückgehen des Hochwassers wurden kleine Fundamente *g* aus Zementbeton hergestellt.

Die Firma *J. Sonath & Co.* zu Berlin, welche die eben beschriebene Anlage ausgeführt hat, hat auch für Gebäude anderer Art ganz ähnliche Konstruktionen zur Anwendung gebracht.

Ist die Belastung der Betonplatte sehr ungleichmäfsig oder ist der Baugrund sehr ungleichartig, so treten sehr grofse Biegungsstörungen auf, und das Auftreten von Rissen in der Platte ist zu erwarten. Statt nun letzteres abzuwarten, kann es sich, wie mehrfach in amerikanischen Grofsstädten geschehen ist, empfehlen, die Betonplatte von vornherein in einzelne voneinander unabhängige Teile zu zerlegen. Man hat die Platte in Vierecke, die in ihrem Flächeninhalt dem herrschenden Drucke proportional bemessen sind, zerteilt. Ein Beispiel hierfür bietet der Fundamentplan des Freimaurertempels zu Chicago in Fig. 718, woraus auch zu ersehen ist, wie gering der unbelastete Teil der gefamten Grundfläche ist.



Fundamentplan des Freimaurertempels zu Chicago<sup>231)</sup>.

429.  
Verankerung  
der  
durchgehenden  
Betonplatten.

Wenn man den durchgehenden Betonplatten die notwendige Dicke nicht geben kann oder will, wenn man also das Auftreten solcher Biegungsstörungen befürchtet, dafs Trennungen eintreten werden, oder wenn der unter der Betonplatte befindliche

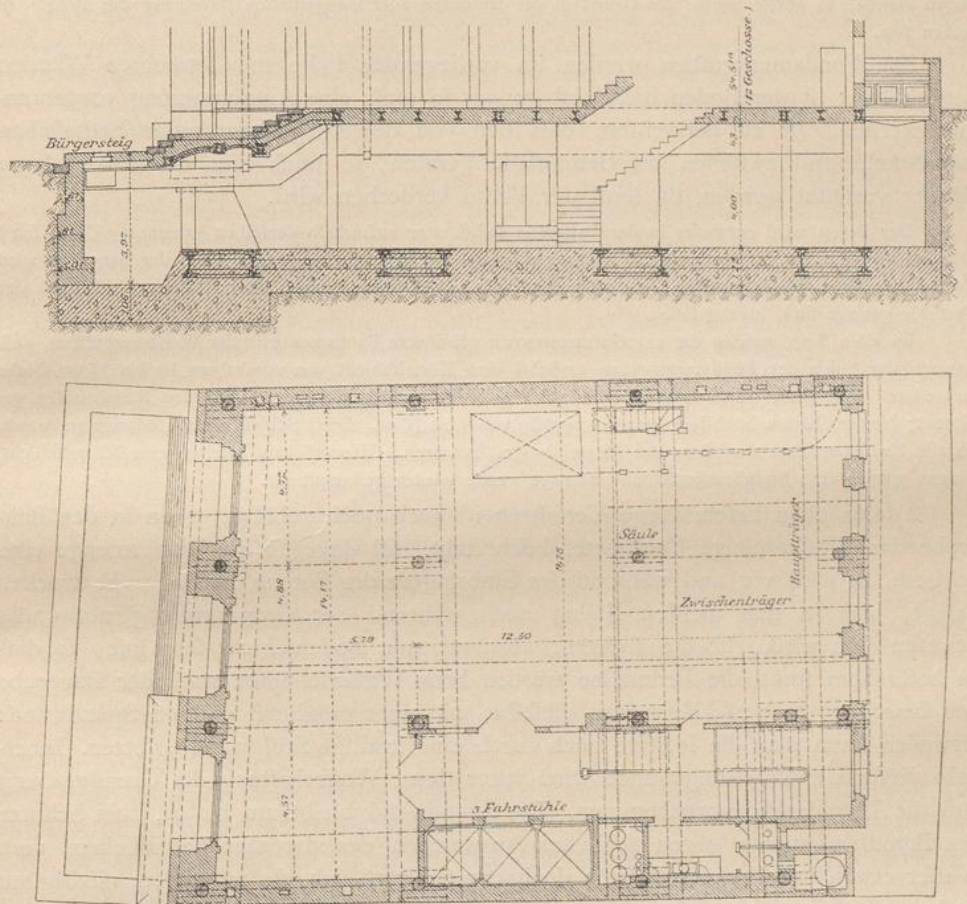
<sup>231)</sup> Fakf.-Repr. nach: Zeitchr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 424.

Baugrund so ungleichmäÙig ist, daÙ gleiche Erscheinungen zu erwarten sind, so hat man in solche Platten auch schon eiserne Verankerungen eingelegt.

Bei der 1846 erbauten Nicolaikirche zu Hamburg wurden in die 2,50 bis 3,50 starke Betonplatte Bandeisen eingelegt.

In den nordamerikanischen Städten hat man, ähnlich wie dies bereits in Art. 429 (S. 350) für gewöhnliche Betonfundamente erwähnt worden ist, auch in die durchgehenden Betonplatten Eisen- oder Stahlträger eingelegt. Die Verwendung dieser Gründungsart veranschaulicht Fig. 719, welche dem von Lemos & Cordes erbauten Geschäftshaus in der Pine-Street zu New-York angehört.

Fig. 719.



Gründung eines Geschäftshauses in der Pine-Street zu New-York <sup>232)</sup>. —  $\frac{1}{150}$  w. Gr.

Hierdurch ist der Uebergang zu den Betoneisenrosten, von denen in Kap. 4, unter c noch die Rede sein wird, vermittelt.

Bezüglich der Ausführung der Betonfundamente ist noch das folgende zu beachten.

430.  
Ausführung.

1) Kommt in der Baugrube kein Grundwasser vor, so wird, nachdem die Sohle derselben nach Thunlichkeit geebnet wurde, die Betonschüttung schichtenweise eingebracht und abgerammt. Die Dicke der einzelnen Lagen soll nicht unter 15 cm

<sup>232)</sup> Fakf.-Repr. nach: Zeitschr. f. Bauw. 1895, Bl. 28.

betragen; sie soll aber auch nicht 25 bis 35 cm überschreiten, weil sonst das Rammen zu wenig wirksam ist. Das letztere wird in der Regel mit Handrammen vorgenommen und dabei der Beton mit Wasser begossen; das Dichten würde vollkommen geschehen, wenn man statt der Rammen schwere Handwalzen anwenden würde; letztere ließen sich auch unter Wasser anwenden. Indes sind auch schon Stampf- oder Stauchmaschinen zur Anwendung gekommen.

Das Hinzuführen von Wasser ist in trockenem Boden von Wichtigkeit, damit nicht letzterer dem Beton das zu seiner Erhärtung notwendige Wasser entziehe. Wenn sich Betonfundamente im Trockenen nicht bewährt haben, wenn hier und da das Vorurteil entstanden ist, daß sich dieselben nur für nassen Boden eignen, so dürfte meist der Grund in der fehlenden oder mangelhaften Benetzung des Betons zu suchen sein.

Die Fundamentgräben werden im vorliegenden Falle mit lotrechten Wänden ausgehoben; ist der Boden nicht fest genug, so muß eine Auszimmerung vorgenommen werden. Ist zu befürchten, daß sich von den Baugrubenwänden Erdteilchen losbröckeln und zwischen die Betonmasse geraten, so muß dies durch vorgelegte Bretter verhütet werden, da sonst der Beton verdorben wird.

Der Beton wird entweder in der Baugrube selbst oder außerhalb derselben gemengt. Unter sonst gleichen Verhältnissen ist das letztere Verfahren vorzuziehen; bei nicht zu großer Tiefe der Baugrube wird alsdann der Beton hinabgeworfen, bei größerer Tiefe auf schiefen Ebenen oder Rutschen, die nach der Bauföhle geneigt sind, hinabgelassen.

Im alten Rom wurden die aus Gufsmauerwerk gebildeten Fundamente in der Weise ausgeführt, daß man auf der Sohle der Fundamentgräben zunächst eine Mörtelschicht von mindestens 10 bis 15 cm Dicke ausbreitete. Auf diese wurde eine ebenso dicke oder nur wenig dickere Schicht von Steinbrocken geschüttet; letztere hatten höchstens eine Korngröße von 8 bis 10 cm. Diese Schicht wurde so lange gestampft, bis alle Zwischenräume derselben mit Mörtel ausgefüllt waren. Hierauf kam wieder eine Mörtelschicht, alsdann wieder eine Steinbrockenschicht; letztere wurde wieder gestampft etc.

2) Das eben beschriebene Verfahren ist auch noch zulässig, wenn in der Baugrube das Wasser einige Centimeter hoch steht. Ist dagegen die Wassermenge eine größere, so wird vor und während des Einbringens des Betons die Baugrube trocken gelegt, was in den meisten Fällen auch während der Grundgrabung notwendig gewesen sein wird. Ist die lockere, abzugrabende Bodenschicht sehr lose, so daß zu befürchten steht, die Erdmassen würden beim Wassers schöpfen nach der Baugrube sich bewegen, so umschließt man dieselbe mit einer möglichst dichten Spundwand; bisweilen kann man die letztere auch durch eine kräftige Stülpwand ersetzen. Innerhalb dieser Umschließungswände wird unter steter Wasserhaltung die Grundgrabung und die Betonierung vorgenommen. Die Spundwand bleibt am besten, zum Schutze des Betonfundaments gegen seitliches Ausweichen des darunter befindlichen, vom Wasser erweichten Bodens, stehen; doch empfiehlt es sich, sie unter dem niedrigsten Grundwasserspiegel abzuschneiden und mit einem Holm zu versehen.

Bei manchen Bodenarten (Sand- und Kieschichten) tritt die vollständige Auflockerung ein, wenn man aus der Baugrube das Wasser zu schöpfen beginnt; das stets nachdringende Grundwasser bringt die Sohle der Baugrube vollständig in Bewegung. In solchen Fällen hat man vom sofortigen Trockenlegen der Baugrube abzusehen, muß vielmehr zunächst auf ihrer Sohle eine Betonfschicht von entsprechender Dicke ausbreiten und erst nach Erhärtung derselben das Wasser auspumpen. Eine solche Betonlage kann auch dazu dienen, einzelne Quellen zu schließsen und ihre schädliche Einwirkung auf das Fundament aufzuheben (vergl. Art. 400, S. 327).

Um derartige Betonfschichten herzustellen, ist es nicht zulässig, daß man den Beton ohne weiteres in das Wasser schüttet, weil alsdann der Mörtel ausgepült und

die Erhärtung des Betons nicht eintreten würde. Man muß in solchen Fällen den Beton in möglichst geschlossene Behälter bringen, welche die Berührung mit dem Wasser thunlichst verhüten und in denen der Beton auf die Baufohle verfenkt wird; unten angekommen, werden die Behälter entleert. Für die im Hochbauwesen vorkommenden Ausführungen erhalten derlei Behälter nur einen kleinen Rauminhalt (70 bis 80<sup>l</sup>), um sie einfach und bequem handhaben und in jeden Winkel der Baugruben leiten zu können. Man hat kleine Blechkasten, die an Stielen (schaufelartig) befestigt sind, hölzerne Eimer, Körbe aus Rohrgewebe oder Säcke in Anwendung gebracht.

α) Die in erster Reihe genannten Betonschaufeln erhalten eine solche Größe, daß sie in gefülltem Zustande bequem von einem Arbeiter gehandhabt werden können. Der Arbeiter läßt die Schaufel mit Hilfe des Stieles auf die Sohle der Baugrube hinab und schüttet den Kasten aus. Der Beton erleidet die geringste nachteilige Veränderung, wenn die Kästen mit Deckeln versehen sind, die sich beim Ausschütten von selbst öffnen.

β) Die hölzernen Eimer sind Hand- oder Wassereimer gewöhnlicher Art, in deren Boden fünf bis sechs Löcher von etwa 10 bis 15 mm Weite gebohrt werden. An der Unterseite des Bodens befindet sich in der Mitte eine eiserne Krampe. Der Eimer, mit dem sonst auch üblichen eisernen Bügel versehen, wird über Wasser mit Beton gefüllt und an der Verfenkungsstelle auf ein ausgeschlitztes Brett so hingestellt, daß der Arbeiter den Wirbel einer gewöhnlichen Kuhkette leicht durch die Krampe am Boden schieben kann. Alsdann wird der an einer Stange angebrachte Eimerhaken in den Eimerbügel gehakt und der Eimer mit Hilfe dieser Stange hinabgefenkt. Sobald er unten aufsitzt, wird die Senkflange ausgehakt und der Eimer durch Anziehen der Kette vorsichtig gekippt; nach vollzogener Entleerung wird er, in umgekehrter Stellung an der Kette hängend, heraufgezogen. Da derlei Eimer oben unbedeckt sind, kommt der Beton mit dem Wasser viel in Berührung.

γ) Die Körbe haben die Form von vierseitigen abgestutzten Pyramiden; der Boden derselben wird durch zwei Klappen gebildet, deren Gelenke aus Kupferdraht hergestellt sind. Die untere Klappe, welche mit der Verfenkungskette in Verbindung gebracht wird, ist länger und bedeckt die obere Klappe. Beim Hinunterlassen des gefüllten Korbes hält die Kette die Bodenklappen geschlossen. Sitzt der Korb auf der Sohle auf, so wird er an den seitwärts befestigten Seilen in die Höhe gezogen, wobei sich die Klappen öffnen und der Beton herausfällt.

δ) Säcke werden seltener angewendet. Man kann gewöhnliche Kaffeefäcke benutzen, die durch aufgenähte Gurte widerstandsfähiger gemacht werden. An der unteren offenen Seite werden Ringe (etwa 1 cm weit) eingenäht; am anderen Ende wird ein steifes Rundholz befestigt. Der Schluss des gefüllten Sackes wird durch zwei Nadeln bewirkt, welche durch die gedachten Ringe gesteckt werden. An die Nadeln werden Leinen befestigt, die während des Herablassens des Sackes schlaff herabhängen. Nach dem Aufsitzen des Sackes auf der Sohle werden die Nadeln herausgezogen und der Sack in die Höhe gewunden, wobei der Beton herausfällt<sup>233)</sup>.

Man hat wohl auch Rohre angewendet, welche nach der Baugrube zu ein starkes Gefälle haben und durch welche der Beton in dieselbe hinabgeschüttet wird; indes kommt hierbei der Beton zu viel mit dem Wasser in Berührung, so daß der Mörtel herausgespült wird; auch verstopfen sich die Rohre leicht.

3) Hat man ein Betonfundament im offenen (stehenden oder fließenden) Wasser herzustellen, so muß zunächst die Umschließung der Baugrube, sei es mittels dichter Spund- oder Pfahlwand, sei es mittels Fangdamm oder Schwimmkasten, vorgenommen werden. In den im Hochbau verhältnismäßig selten vorkommenden Fällen dieser Art wird alsdann die Baugrube in der Regel wasserfrei gemacht und die Betonierung in der bereits gedachten Weise ausgeführt; indes ist nicht ausgeschlossen, daß die Betonierung unter Wasser geschieht, indem man den Beton in Trichtern oder in allseitig geschlossenen Kästen (von 0,06 bis 0,15 cbm Inhalt<sup>234)</sup>) verfenkt.

<sup>233)</sup> Näheres in: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 17.

<sup>234)</sup> Ueber Einrichtung und Gebrauch solcher Betontrichter und -Kästen ist Näheres zu ersehen aus: *Caisnes à couler le béton. Nouv. annales de la const.* 1855, S. 37.

Man hat in diesem Falle sich wohl auch der vorhin gedachten Betonchaufeln bedient; indes sollte dies nur bei untergeordneten Bauwerken und in Ausnahmefällen geschehen. Bei der größten Vorsicht findet stets ein, wenn auch geringes Auspülen des Mörtels statt, und über jeder Betonficht bildet sich Kalkschleim; dieser muß vor dem Aufbringen einer neuen Betonlage sorgfältig entfernt werden, weil er den Zusammenhang der einzelnen Lagen beeinträchtigt.

Auch bei Beton Gründungen im Wasser muß das Fundament durch eine Spundwand gegen Unterföpfung geschützt werden; unter Umständen wird zu gleichem Zwecke auch noch eine Steinfchüttung angeordnet.

431.  
Asphaltbeton.

In denselben Fällen, für die sich das bereits in Art. 408 (S. 332) vorgeföhrte Asphaltmauerwerk empfiehlt, kann auch Asphaltbeton mit Vorteil verwendet werden.

Die Gufsform dafür wird nach *Malo* in gleicher Weise, wie für Asphaltmauerwerk gebildet. Der Mastixasphalt wird auf 180 bis 200 Grad erhitzt und 50 bis 60 Vomhundert feines Gewichtes Kieselsteine (in der Gröfse, wie sie beim Macadam angewendet wird) hineingeschüttet. Die Mischung wird unter fortwährendem Umröhren weiter gekocht, bis sie von neuem die Temperatur erreicht hat, die sie durch Einföhren der Kiesel verloren hat. Nunmehr gießt man die Mischung in die Gufsform und drückt dabei den Steinschlag kräftig zusammen, jedoch nicht so stark, daß er zerbricht. Nach dem Erstarren des Mastix erhält man einen festen, unveränderlichen und elastischen Fundamentblock.

432.  
Anwendung.

Die Anwendung der Beton Gründung ist eine im Hochbauwesen noch nicht genügend verbreitete, obwohl sie sich in äußerst verschiedenartigen Fällen als zweckmäfsig erwiesen hat. In dieser Beziehung sind die nachstehenden Momente hervorzuheben.

1) Betonfundamente sind unter jenen Verhältnissen anzuwenden, die in Art. 422 (S. 343) angeführt wurden; sie können alsdann unter Umständen auch durch Sandschüttungen oder durch Schwellroste ersetzt werden. Vor den letzteren bietet der Beton den Vorteil dar, daß man es mit einem monolithen Fundamentkörper zu thun hat, daß man von der Lage des Grundwasserspiegels völlig unabhängig ist und daß ein aus hydraulischem Beton hergestellter Fundamentkörper nach unten zu wasserdicht abschließt. Den Sandschüttungen gegenüber zeigen Betonierungen den Uebelstand größerer Kosten; allein sie pressen sich unter der darauf gesetzten Last weniger zusammen und sind auch spezifisch schwerer, daher geeigneter für Fundamente als Sandschüttungen.

Die Gründung des Kirchturmes in Liebschütz (Sachsen) liefert ein interessantes, hier einschlägiges Beispiel. Der zuerst dort erbaute Turm stürzte bald nach der Vollendung ein; der zweite mußte, nachdem er einige Jahre gestanden hatte, wegen Baufälligkei abgetragen werden. Die Ursache dieser Katastrophen lag darin, daß man gemauerte Fundamente auf eine sumpfige, weiche und mit Lehmteilchen gemischte Erdschicht gesetzt hatte. Bei der dritten Ausführung des Turmes wurde ein Betonfundament (1 Teil Sternzement, 1 Teil gelöschter Kalk, 2 Teile scharfer Flußsand und 6 Teile Granitbrocken mit Schmiedeschlacken) von 1 m Stärke ausgeführt, welches sich vollständig bewährt hat<sup>235)</sup>.

2) Auch bei festerem Baugrunde kann man nicht selten Betonfundamente anwenden; ja man kann wohl auch voll gemauerte Fundamente durch betonierte ersetzen, namentlich dann mit Vorteil, wenn das Wasser störend auf die Gründung einwirkt, gleichviel, ob diese Störungen durch starken und zerstörenden Grundwasserzudrang oder durch offenes Wasser herbeigeföhrt werden. Indes ist hierbei stets

BREYMANN, G. A. Allgemeine Bau-Constructiions-Lehre. Theil IV. 2. Aufl. von A. SCHOLTZ. Stuttgart 1881. S. 379.

MENZEL, C. A. & J. PROMNITZ. Die Gründung der Gebäude. Halle 1873. S. 154.

FRAUENHOLZ, W. Bau-Constructiions-Lehre für Ingenieure. Bd. 3. München 1877. S. 363.

KLASEN, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden. Leipzig 1879. S. 67.

FELDEGG, E. v. Allgemeine Constructiionslehre des Ingenieurs. Nach Vorträgen von R. BAUMEISTER. Carlsruhe 1879. Fundirungen. S. 606.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Band 1. Herausgegeben von E. HEUSINGER v. WALDEGG. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 344.

<sup>235)</sup> Näheres hierüber: Deutsche Bauz. 1874, S. 190.

zu beachten, daß unter gewöhnlichen Verhältnissen der Beton teurer als gutes Fundamentmauerwerk und daß letzteres auch tragfähiger ist, wie ersteres. Will man eine gleiche Widerstandsfähigkeit des Fundaments erzielen, so muß man dem Betonkörper eine größere Mächtigkeit geben als dem Mauerwerk, oder man muß im ersteren Falle eine größere Gründungstiefe vorsehen als in letzterem.

Beispiel. Beim Bau des Reichsbankgebäudes in Bremen fand sich ein sehr lockerer, aufgefüllter Sandboden vor, der vom Druck benachbarter Gebäude schon bei 4 m Abstand seitlich auswich; der in größerer Tiefe vorhandene, gewachsene Boden war noch weniger tragfähig. Die Berechnung, die an einem älteren, zwar abzubrechenden, doch wohl erhaltenen Gebäude angestellt wurde, ergab, daß dieser aufgefüllte Boden 0,69 kg für 1 qcm ohne jedes Setzen trug. Nunmehr wurde der Druck eines jeden Mauerstückes des beabsichtigten Neubaues auf den Baugrund berechnet; es ergab sich z. B. bei den Säulengrundamenten ein Druck von 83 471 kg; dies durch 0,69 dividiert, ergab als erforderliche Fundamentfläche 120 970 qcm. Diefelbe wurde um  $\frac{1}{9}$  verringert, weil das alte Gebäude nur Kalkmauerwerk hatte, das neue aber Zementbeton und Grundmauerwerk in verlängertem Zementmörtel erhalten sollte. Die hiernach mit 108 000 qcm sich ergebende Fundamentfläche ist mit  $3,00 \times 3,60$  m für jede Säule in 50 cm starker Betonschicht ausgeführt und hierauf ein 1 m hohes Fundamentmauerwerk, dessen Schichten um je  $\frac{1}{4}$  Stein beiderseits absetzen und so zum Kern der Kellermauern sich verjüngen.

3) Beton Gründungen werden endlich statt anderer Gründungsweisen angewendet, wenn die Kosten dadurch geringer werden.

Wollte man z. B. bei größerer Mächtigkeit der stark pressbaren Bodenschicht dieselbe bis auf den tragfähigen Baugrund ausheben, so könnte man zwar auf diesen unmittelbar das Fundamentmauerwerk setzen; allein die Kosten der Grundgrabung und der Mauerung wären sehr bedeutend. Man kann unter Umständen bezüglich der Baukosten vorteilhafter verfahren, wenn man eine geringere Gründungstiefe in Aussicht nimmt und mittels Beton auf etwas pressbarem Boden gründet.

Man kann in solchen Fällen zwar auch Pfahlrosthfundamente in Anwendung bringen, indem man mit Hilfe der Pfähle die vollständig tragfähige Bodenschicht zu erreichen trachtet; allein auch der Pfahlrost wird unter Umständen teurer zu stehen kommen als der Beton, so daß man ersteren durch letzteren ersetzt. Ueber die Vereinigung von Pfahlrost mit Betonplatte wird noch im nächsten Abschnitt (Kap. 1, unter b) die Rede sein.

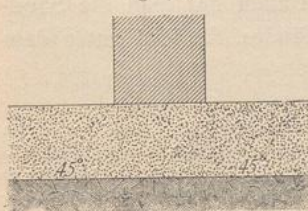
#### b) Fundamente aus Sandfüllungen.

An reinem, grobkörnigem Quarzsand sind die folgenden, zum Teile bereits in den Fußnoten 181 u. 182 (S. 303) hervorgehobenen, für den Grundbau wichtigen Eigenschaften beobachtet und durch Versuche erhärtet worden.

433.  
Eigenschaften  
des  
Sandes.

1) Der auf eine Sandschicht ausgeübte Druck wird in günstiger Weise nach unten verteilt; der auf die Sohle dieser Sandschicht wirkende Druck auf die Flächeneinheit kann bei genügender Mächtigkeit der Sandschicht auf ein verhältnismäßig geringes Maß gebracht werden.

Fig. 720.



Versuche haben ergeben, daß sich der auf die Sandschicht wirkende Druck nahezu unter 45 Grad nach unten verteilt (vergl. Fig. 720 und Art. 379, S. 306). Hagen hat ferner auf experimentellem Wege nachgewiesen, daß beim Aufbringen einer Sandschicht der Druck auf ihre Unterlage anfangs mit der Zunahme der Höhe auch wächst. Erhöht man die Schüttung immer mehr, so wird das Wachstum jenes Druckes immer kleiner, bis es endlich ganz aufhört. Ueberschreitet

die Mächtigkeit der Sandschicht diese Höhe, so bleibt der Druck auf ihre Unterlage konstant.

2) Wenn der Sand durch seitliche Umschließung gegen das Auseinanderquellen geschützt ist, so zeigt er bei aufgebrachtener Belastung zwar eine ziemlich bedeutende Pressbarkeit; sobald jedoch die Zusammendrückung ein gewisses größtes Maß erreicht hat, verwandelt sich der Sand in eine kaum pressbare Schicht<sup>236)</sup>.

<sup>236)</sup> An dieser Stelle mag auf die in den Fußnoten 181 u. 182 (S. 303) angeführten Versuche Hagen's verwiesen werden, die sich zum nicht geringen Teile auf die Ermittlung der Eigenschaften des Sandes beziehen. Ueberdies hat auch

3) Sinkt bei der anfänglichen Zusammendrückung der Sandschicht die aufgebraachte Luft in dieselbe ein, so erhebt sich um die letztere herum der Sand nicht; das Zusammenpressen wird demnach blofs durch das innigere Aneinanderrücken der einzelnen Sandkörner hervorgerufen<sup>237)</sup>.

4) Befinden sich in der Unterlage der Sandschicht einzelne besonders nachgiebige Stellen, so zeigt die letztere, hinreichende Mächtigkeit vorausgesetzt, an diesen Stellen keine partiellen Senkungen; die Druckverteilung findet vielmehr in so günstiger Weise statt, dafs die nachgiebigen Stellen gleichsam überbrückt und dadurch unschädlich gemacht werden<sup>238)</sup>.

Von diesen wertvollen Eigenschaften des Sandbodens macht man im Grundbau in der Weise Anwendung, dafs man bei nachgiebigem Baugrund das Fundament aus einer Sandschüttung oder Sandbettung, auch Sandkoffer genannt, herstellt. Dieselbe erweist sich zweckmäfsig, sobald sie genügende Abmessungen erhält, aus geeignetem Material und in entsprechender Weise ausgeführt wird.

Die erste Anwendung des Sandes im Grundbau scheint in Frankreich gemacht worden zu sein, und zwar bei den Quaimauern des Kanals St. Martin (1829) und bei Militärbauten zu Bayonne (1830 von Kapitän *Gausence*).

Die Mächtigkeit der als Fundament dienenden Sandschicht soll nicht weniger als 75 cm betragen; weiter als 3 m zu gehen, ist indes auch nicht erforderlich. Mit Rücksicht auf die Druckverteilung soll die Aufstansfläche der Sandschicht um ebensoviele vor den Begrenzungen des darauf zu setzenden Mauerkörpers vorspringen, als sie hoch ist.

Letzteres Verhältnis ergibt sich aus der schon erwähnten Thatfache, dafs sich der Druck nahezu unter 45 Grad nach unten verteilt. Kennt man sonach die Tragfähigkeit des vorhandenen Baugrundes und die Grundfläche des auf das Sandfundament zu setzenden Mauerkörpers, so läfst sich die Gröfse der Aufstansfläche des Sandfundaments berechnen.

Da indes die Tragfähigkeit des Baugrundes nicht immer mit genügender Sicherheit bekannt ist, so empfiehlt es sich, bei vorkommenden stärkeren Belastungen unmittelbare Versuche anzustellen, indem man auf dem gegebenen Boden Sandschichten von verschiedener Mächtigkeit herstellt und dieselben einer Probelastung unterzieht<sup>239)</sup>.

Im allgemeinen ergibt sich hieraus, sobald die Baugrube lotrecht begrenzt ist, ein parallelepipedisch gestaltetes Fundament (Fig. 721). Sind die Wandungen der Fundamentgräben geböschet, so nimmt die Breite der Sandschicht von unten nach oben zu; bisweilen wird die letztere Anordnung absichtlich gewählt, um durch die hinzugefügten Sandprismen *P, P* (Fig. 722) einen Gegendruck gegen etwaiges seitliches Ausweichen des Sandes zu gewinnen. In manchen Fällen hat man die Sandschicht nicht allein unter den einzelnen Mauern eines Gebäudes, sondern unter dem ganzen Gebäude durchgehend hergestellt.

*Beaudemoulin* durch Versuche festgestellt, dafs trockener Quarzsand, der in einen Beutel von Segeltuch oder in einen Kasten von dünnem Eisenblech gefüllt ist, nach einer leichten Zusammendrückung eine Masse bildet, die einem Drucke von 60 t für 1 qm mit Sicherheit widerstehen kann. Der Sand verhält sich der Umhüllung gegenüber so, als wäre er ein geschlossener Körper, und übt auf die Umhüllung nur an jenen Stellen eine Wirkung aus, wo die Luft mit ihr in Berührung kommt. Der Sand bleibt aber dabei völlig teilbar und fließt aus einer in der Umhüllung angebrachten Oeffnung frei, aber langsam heraus.

<sup>237)</sup> Vergl. die *Hagen's*chen Versuche in Fußnote 182 (S. 303).

<sup>238)</sup> *Hagen's* eben erwähnte Versuche bezogen sich auf diesen Gegenstand. Ein Gefäß mit genau schließender Bodenklappe wurde so lange mit Sand gefüllt, bis sich der Druck auf die letztere als von der Höhe der Sandschicht unabhängig erwies. Oeffnete man nun die Klappe, so fiel ein Teil des Sandes heraus; der übrige Teil blieb, höhlenartig geformt, im Gefäße zurück.

<sup>239)</sup> Solche Versuche wurden in sehr genauer Weise für die Hochbauten auf dem Bahnhofe zu Emden gemacht, welche ausführlich dargelegt sind in: *Zeitschr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1864, S. 153. Man hat dort gefunden, dafs Sandschichten von 2,35 und 2,90 m Höhe keine gröfsere Tragfähigkeit zeigten, als solche von 1,15 und 1,75 m Mächtigkeit. — Auch mag auf die Untersuchungen verwiesen werden, die bei der Gründung der Kaserne an der Esplanade zu Wesel gemacht wurden und bezüglich deren das Nähere zu finden ist in: *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 629.

434.  
Sand-  
schüttungen.

435.  
Abmessungen.

Fig. 721.

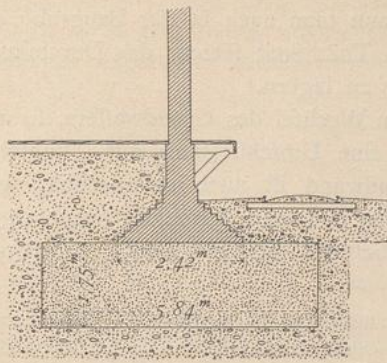
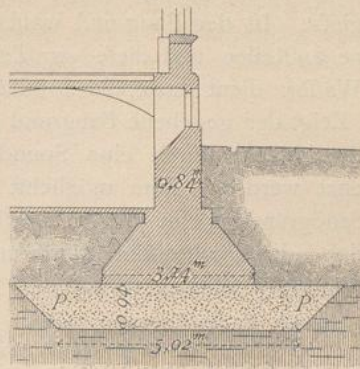
Vom Güterschuppen auf dem Bahnhofs  
zu Emden<sup>240)</sup>.

Fig. 722.

Von der Kaferne an der Esplanade  
zu Wefel<sup>241)</sup>.

So z. B. wurde beim Bau des *Kapf*-chen Haufes am Sielwall in Bremen Sand aus der Wefer gebaggert und die Baugrube unter dem ganzen Haufe damit ausgefüllt. Der Sand wurde in 50 cm dicken Schichten aufgebracht, reichlich mit Wasser begossen und dabei mittels eiserner Stangen die Sandkörner in Bewegung gebracht; jede Schicht wurde schliesslich mit einer viermännigen Ramme gedichtet.

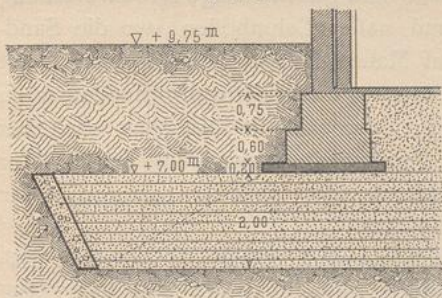
Gleiches geschah 1883 bei der Gründung des Regierungsgebäudes zu Breslau. Da der Baugrund bis auf eine Tiefe von 4 m aus aufgefülltem Boden bestand, auf den eine starke Lettenschicht folgte, so wurde die Baugrube in ihrer ganzen Ausdehnung bis zur Lettenschicht ausgehachtet und mit einer 2 m hohen Sandfüllung ausgefüllt. Zur Verhütung von feilichen Ausweichungen der letzteren infolge Hochwasserdruckes der wenig entfernten Oder und von Rohrbrüchen an den nahe gelegenen Strassenkanälen wurde die Baugrube mit einer den Böschungen sich anschließenden, 30 cm starken Betonmauer (Fig. 723) umgeben.

Als Material empfiehlt sich für derlei Fundamente ganz reiner, scharfer und grobkörniger Quarzsand; bei diesem verschieben sich die einzelnen Körner infolge grosser Reibung viel weniger, als bei einem Sand, der aus kleinen, rundlichen Körnern besteht, oder gar folchem, der erdige und lehmige Teile enthält. Bei reinem, scharfem und grobkörnigem Sande ist deshalb auch die anfängliche Zusammendrückung geringer als bei anderem Material.

In Gegenden am Meere oder in der Nähe gröfserer Ströme, wo häufig Baggerungen ausgeführt werden, hat man mit Vorteil das ausgebaggerte Material, sobald es viel Sand und nicht zu viel Schlamm und muschelige Teile enthielt, verwendet.

Um das Zusammendrücken des Sandes und dadurch auch das Setzen des Mauerwerkes möglichst zu verringern, wird die Sandbettung in einzelnen wagrechten Lagen von 20 bis 30 cm Dicke hergestellt; jede Lage wird mit Wasser begossen und mittels Rammen, besser mittels Walzen gedichtet. Das Dichten kann unter Umständen noch dadurch befördert werden, dafs

Fig. 723.

Vom Regierungsgebäude zu Breslau<sup>242)</sup>.  
1/100 w. Gr.

436.  
Material  
und  
Ausführung.

<sup>240)</sup> Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 163.

<sup>241)</sup> Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1863, Bl. U.

<sup>242)</sup> Nach: ebendaf. 1890, S. 8-11.



man die Sandfüttung einige Zeit nach der Ausführung regelmäsig mit Wasser übergießt. Ist der Baugrund wasserhaltig, so kann man auch in der Baugrube eine Pumpe aufstellen und diese von Zeit zu Zeit in Thätigkeit setzen; das Durchfaugen des Wassers dient dazu, die Sandkörner dichter zu lagern.

Zeigt der gegebene Baugrund einen starken Wechsel des Grundwassers, so muß die Sandfchicht durch eine Spundwand oder eine Umschließung mit Thonschlag begrenzt werden. Eine möglichst dichte Spundwand ist auch erforderlich, wenn die Sandgründung im Wasser selbst vorzunehmen ist; man vermeide, wenn irgend thunlich, die unmittelbare Berührung der Sandbettung mit fließendem, selbst auch mit stehendem offenem Wasser.

Man hat die Sandfüttung bisweilen mit Kalkmilch übergossen; indes ist dieses Verfahren nicht gerade zu empfehlen. Ist die Kalkmilch sehr dünn und geschieht das Uebergießen in spärlichem Maße, so nutzt dieses Verfahren nicht viel mehr als das Begießen mit reinem Wasser; verwendet man dagegen dicke Kalkmilch in reichlichem Maße, so wird die Gründung sehr teuer und ist besser durch eine Betonschicht zu ersetzen.

Der auf die Sandbettung aufzusetzende Mauerkörper ist erst einige Zeit nach Vollendung der ersteren auszuführen; das Mauerwerk ist nur langsam zu erhöhen und rasch trocknender Mörtel dafür zu verwenden. Mehrfach hat man für die Sohlfchicht des Mauerkörpers große Platten aus hartem Steinmaterial (Granit etc.) verwendet.

Bei der vorhin erwähnten Gründung des Regierungsgebäudes zu Breslau wurde nach Herstellung der schützenden Betonmauer der aus der Oder durch Baggerung gewonnene Sand in die Baugrube eingebracht, jede Schicht durch Einpumpen von Wasser gleichmäsig gut eingenäßt und fest eingestampft, so daß ein Sondierreifen mit äußerster Anstrengung nur 25 bis 30 cm tief eingestossen werden konnte. Auf der so gebildeten Sandfchicht (Fig. 723) wurde die aus lagerhaften, 20 cm starken, 1,50 bis 3,00 m langen und 1,00 m breiten Granitplatten bestehende Sohlfchicht verlegt; die Breite der letzteren ist so bemessen, daß 1 qcm mit 2,5 kg belastet wird. Auf die Granitplatten wurden die Grundmauern aus Granitbruchsteinen aufgesetzt<sup>242</sup>).

437.  
Anwendung.

Aus dem Gefagten geht hervor, daß sich die Sandgründung vor allem für weichere Bodenarten empfiehlt, die eine energische und gleichmäsig Druckverteilung erfordern; insbesondere ist es Torf-, Moor- und nasser Lehmboden, wo die Sandfundamente gute Dienste leisten; allein auch auf Mauerschutt etc. haben sie sich gut bewährt. Sie haben vor den gemauerten, den Beton- und den Schwellroßfundamenten auch noch den Vorteil großer Billigkeit voraus, weshalb sie bisweilen auch bei weniger preßbarem Baugrund statt gemauerter Fundamente Anwendung finden. Vor den Schwellroßten zeichnen sie sich ferner dadurch aus, daß sie bezüglich ihrer Tiefenlage keinerlei Beschränkungen unterworfen sind.

Beschränkt wird die Anwendung der Sandfundamente allerdings dadurch, daß die Belastung, die sie mit Sicherheit tragen können, keine zu große sein darf. Bei 1,50 bis 2,00 m Mächtigkeit der Sandbettung sollte das darauf gestellte Bauwerk keinen größeren Druck als höchstens 2 bis 3 kg für 1 qcm ausüben.

438.  
Vereinigung  
mit der  
Beton-  
gründung.

In einigen geeigneten Fällen hat man Sand- und Betongründung in der Weise vereinigt, daß man auf die Sandbettung eine Betonplatte gelagert hat.

Beim Bau des Dienstgebäudes für die Wasserbauinspektion zu Tapiau fand sich ein Baugrund vor, der aus einer Aufschüttung von 3,15 bis 5,95 m Höhe bestand, die auf gewachsenem Boden aufruhete. Der Füllboden, eine Mischung von Sand, Thon und Teilen von Moor, wurde teils bei der Ausbaggerung des Hafenbeckens, teils durch Baggerung im Pregelbett gewonnen. Vorgenommene Belastungsversuche ergaben, daß die anfangs vorgesehene Gründung auf verbreitertem Betonbett nicht als genügend zuverlässig erachtet werden konnte. Deshalb wurde eine noch weitergehende Verbreiterung der für den Untergrund in Betracht kommenden Druckfläche durch eine 1 m hohe, in Lagen von 25 cm Dicke eingebrachte Sand-

schüttung ausgeführt. Auf dieser Schüttung wurden alsdann zwei 30 cm starke Betonbankette unter den Umfassungswänden 1,90 und 1,40 m breit hergestellt. Zur Versteifung der Betonfüllung und zur Vergrößerung der Zugfestigkeit der letzteren sind im unteren Bankett in den Umfassungswänden alte Eisenbahnschienen eingestampft, während durchschnittlich 3 m lange Schienen in die Scheidewände hineinreichen<sup>243)</sup>.

#### Litteratur

über »Fundamente aus Beton- und Sandfüllungen«.

- EXNER. Ueber die Anwendung des Béton-Mörtels zum Fundamentiren unter Wasser. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 1, S. 236.
- BRAUN. Ueber Anwendung des Trafs-Bétons zur Fundamentirung der Gebäude. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 3, S. 112.
- Ueber die Fundamentirung der Gebäude auf Sand. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 15, S. 67, 107.
- Des Herrn Brücken- und Wege-Ingenieurs OLIVIER kurze Nachricht von Fundamentirungen auf Sand. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 12, S. 275.
- WITZECK. Die Gründung der Gebäude des Thüringischen Bahnhofes bei Leipzig. Zeitschr. f. Bauw. 1860, S. 213.
- GOLDMANN. Verschiedene Gründungen in Betreff der Tragfähigkeit. Zeitschr. f. Bauw. 1863, S. 630.
- BOLENIUS. Der Bahnhof zu Emden. Zeitschr. d. Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 154.
- PLATH. Die Fundirung des neuen Maschinen- und Kesselhauses auf Rothenburgsort etc. Deutsche Bauz. 1871, S. 165.
- SCHMIDT, H. Ueber den eisernen Centralbau für die Weltausstellung in Wien. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 139.
- ALTENDORFF, H. Fundirung eines Kirchthurms auf Beton. Deutsche Bauz. 1874, S. 190.
- TERRIER, CH. *Des devis et des fondations du nouvel opéra. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 141.
- BAUDE. *Sur les fondations du nouvel opéra de Paris. Bulletin de la soc. d'encourag.* 1875, S. 498.
- Einbringung des Betons. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 152.
- Ueber Fundirungen auf zusammendrückbarem Boden. Deutsche Bauz. 1880, S. 448, 467, 481.
- ASTFALCK. Ueber Betonfundirungen. Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 225.

#### 4. Kapitel.

##### Fundamente aus liegenden Roften.

In Fällen, in denen zu befürchten ist, daß ein Bauwerk infolge stark pressbaren Baugrundes, infolge ungleichmäßiger Beschaffenheit des letzteren oder infolge ungleich verteilter Lasten nachteilige Veränderungen erfahren könnte, ist vielfach ein hölzerner Boden oder Rost, der auf die Baufohle gelegt wird, als Fundament benutzt worden. Diese schon seit langer Zeit übliche Konstruktion hat den Zweck, die vorhandenen Ungleichheiten im Baugrund oder in der Lastenverteilung auszugleichen; sie soll auch innerhalb gewisser Grenzen die Drücke, die auf sie wirken, über eine größere Fläche verteilen und unter Umständen eine Längsverankerung der Fundamentkonstruktion antreiben.

Hierdurch entstanden die sog. liegenden Rofte, auch gestreckte, fliegende oder schwimmende Rofte genannt, die in sehr verschiedener Weise konstruiert worden sind.

<sup>243)</sup> Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1865, S. 395.

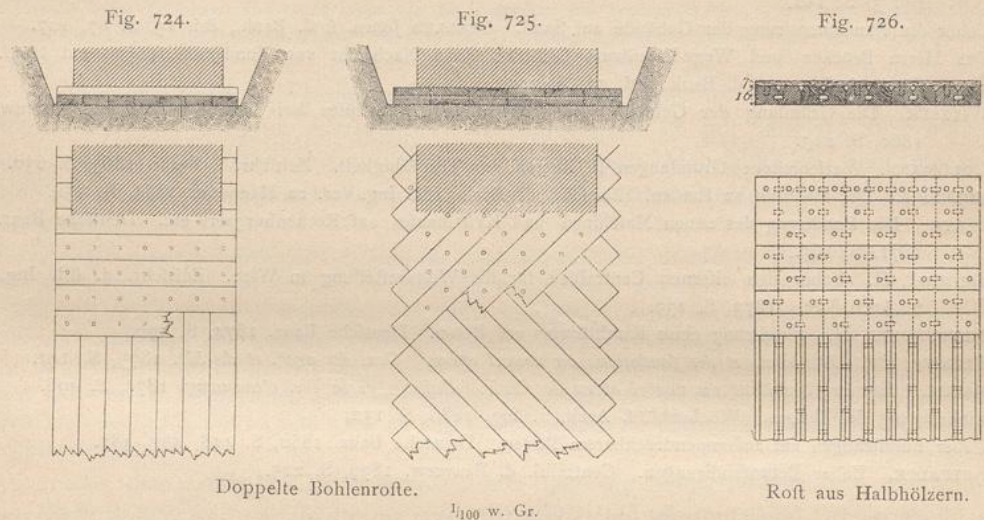
## a) Einfachere liegende Rofte.

440.  
Einfacher  
Bohlenroft.

1) Der liegende Rofst gestaltet sich am einfachften, wenn er aus einer einzigen Lage von flach und dicht nebeneinander gelegten, 7 bis 10 cm starken Bohlen besteht, die erforderlichenfalls durch Dübel miteinander verbunden werden. Die Wirkfamkeit eines solchen einfachen Bohlenrofstes ift nur gering, weshalb er auch nur für untergeordnete, den Baugrund wenig belastende Bauwerke in Anwendung gebracht werden kann.

441.  
Doppelter  
Bohlenroft.

2) Die Roftkonstruktion kommt dem damit beabsichtigten Zwecke näher, wenn man sie aus zwei derartigen übereinander gelegten Bohlenfchichten zusammenfetzt. Die beiden Lagen durchkreuzen sich unter einem rechten Winkel; meist liegt die eine parallel zur Längsrichtung der Mauer (Fig. 724) und bringt nicht nur eine



Doppelte Bohlenroft.

1/100 w. Gr.

Rofst aus Halbhölzern.

Druckverteilung in diesem Sinne hervor, sondern erzeugt auch die Längsverankerung des auf dem Rofte stehenden Mauerwerkes. In England werden die beiden Bohlenlagen wohl auch unter 45 Grad zur Mauervorderfläche gelegt (Fig. 725), wodurch zwar unter Umständen eine bessere Druckverteilung erzielt werden kann, die Längsverankerung des Mauerwerkes jedoch nicht erreicht wird.

Der doppelte Bohlenroft ift zwar wirkfamer, als der einfache; indes kann ersterer gleichfalls nur geringen Belastungen — 1,0, höchstens 1,5 kg für 1 qcm — ausgesetzt werden und nur bei gleichartigem Boden Verwendung finden.

442.  
Rofst aus  
Halbhölzern.

3) Die unter 1 und 2 vorgeführten Roftkonstruktionen werden tragfähiger, wenn man die eine oder die beiden Bohlenlagen durch stärkere Hölzer, fog. Halbhölzer, von 12 bis 15 cm Dicke, ersetzt; man kann alsdann mit der Belastung selbst bis zu 2 kg für 1 qcm gehen. Bei der in Fig. 726 dargestellten, in Oesterreich vorkommenden Anordnung sind die unteren, 16 cm starken Hölzer durch Dübel miteinander verbunden.

443.  
Amerikanischer  
Rofst.

4) Die Tragfähigkeit des liegenden Rofstes läßt sich weiter erhöhen, wenn man noch stärkere Balken in Anwendung bringt, bzw. wenn man mehr als zwei Lagen übereinander anordnet; letzteres kommt namentlich im holzreichen Nordamerika und auch in Norwegen vor.

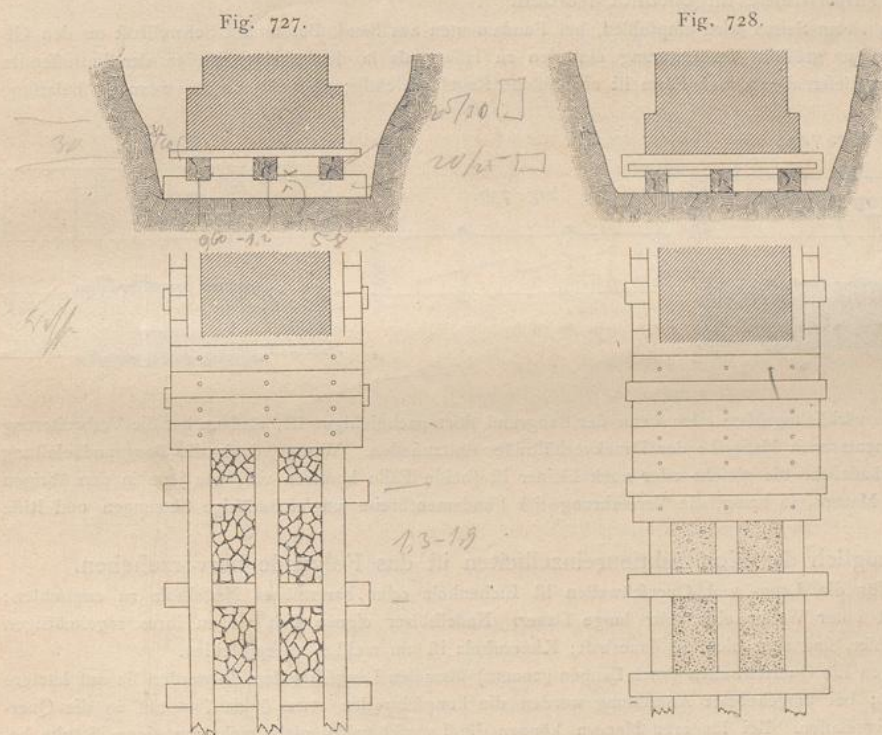
Die in Bergen am Fjord gelegenen Kauf- und Lagerhäuser wurden in der Weise gegründet, daß man eine größere Anzahl von Holzrosten übereinander verfenkte, wobei die Hölzer des zweiten Rostes senkrecht zu denjenigen des ersten liegen, die des dritten wieder parallel u. f. f. Auf diesen über den Wasserpiegel aufgeführten Fundamente wurden die Holzbauten errichtet<sup>244</sup>).

Durch die große Holzmasse, welche solche Fundamente erfordern, werden sie bei uns sehr teuer und kommen deshalb nur sehr selten oder gar nicht in Anwendung.

#### b) Schwellroste.

Schwellroste, die wohl auch kurzweg liegende Roste genannt werden, bestehen aus Lang- und Querschwellen, die in entsprechendem Abstände voneinander in zwei sich kreuzenden Lagen angeordnet und mit einem Bohlenbelag überdeckt sind. Die Langschwellen haben den Druck in der Längsrichtung, die Querschwellen in dem dazu winkelrechten Sinne zu verteilen. Die viereckigen Felder oder

444.  
Schwellrost.



Schwellroste. —  $\frac{1}{100}$  W. Gr.

Fache, welche durch die beiden Schwellenlagen entstehen, werden bis zur Höhe des Bohlenbelages ausgefüllt; auf den letzteren wird das Mauerwerk aufgesetzt (Fig. 727 u. 728).

Obwohl man in der Regel (besonders in Deutschland) die Langschwellen über die Querschwellen legt und diese Anordnung auch meistens empfohlen wird, so ist es doch in den häufigsten, d. i. in jenen Fällen des Hochbauwesens, wo im wesentlichen nur lotrechte Drücke auf den Baugrund zu übertragen sind, gleichgültig, welche der beiden Schwellenlagen nach unten gelegt wird. Nur wenn eine Mauer

<sup>244</sup>) Siehe: Deutsche Bauz. 1889, S. 183.

starken Seitenschüben zu widerstehen hat, so wird der Verschiebung längs des Baugrundes besser entgegengewirkt, wenn die Langschwellen nach unten zu liegen kommen.

Der Bohlenbelag wird stets auf die Langschwellen gelegt; bilden diese die obere Schwellenlage, so ergeben die Bohlen einen ununterbrochenen Holzboden (Fig. 727). Werden die Querschwellen nach oben gelegt, so ragt ein Teil derselben über dem Bohlenbelag hervor und greift in das Mauerwerk ein (französische Konstruktion, Fig. 728).

Der Schwellrost überragt die Begrenzungen des darauf zu setzenden Mauerwerkes um 20 bis 40 cm; doch ordnet man die Außenflächen des letzteren in der Regel bündig mit der äußersten Langschwelle an.

Der in Art. 382 (S. 312) aufgestellten Konstruktionsbedingung entsprechend, muß die Oberkante des Schwellrostes mindestens 30, besser 50 cm unter dem niedrigsten Wasserstande angeordnet werden.

Von vielen Seiten wird empfohlen, bei Fundamenten aus Sand, Beton und Schwellrost an den Gebäudeecken eine größere Verbreiterung eintreten zu lassen, als in den übrigen Teilen der betreffenden Mauern. In dieser allgemeinen Form ist eine solche Regel unrichtig; sie trifft nur zu, wenn die Belastung

Fig. 729.

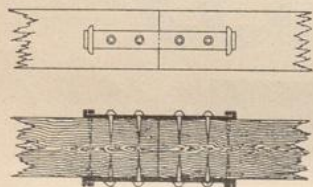


Fig. 730.

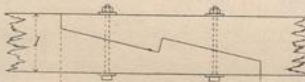
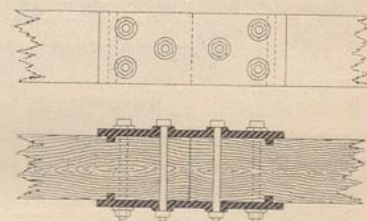


Fig. 731.



an der Ecke wirklich größer oder wenn der Baugrund dort nachgiebiger ist; alsdann hat die Verbreiterung des Fundaments nach Maßgabe der Druckverhältnisse stattzufinden. Wenn jedoch die Baugrundbelastung an der Gebäudecke die gleiche oder noch kleiner ist (beide Fälle kommen vor) wie jene in den übrigen Teilen der Mauern, so bringt die Vermehrung der Fundamentbreite ungleichmäßige Setzungen und Risse hervor<sup>245)</sup>.

Bezüglich der Konstruktionseinzelheiten ist das Folgende hervorzuheben.

445.  
Schwellen.

1) Für die Lang- und Querschwellen ist Eichenholz oder harzreiches Nadelholz zu empfehlen; ersteres hat unter Wasser eine sehr lange Dauer. Nadelhölzer eignen sich wegen ihres regelmäßigen Wuchses besser, sind aber nicht so dauerhaft; Kiefernholz ist am meisten zu empfehlen.

Liegen die Querschwellen (auch Zangen genannt) über den Langschwellen, so werden sie auf letztere aufgekämmt; bei umgekehrter Anordnung werden die Langschwellen etwa 5 bis 7 cm tief in die Querschwellen eingelassen. Bei längeren Mauern können die Langschwellen nicht mehr aus einem Stücke bestehen; der Stoß wird entweder stumpf angeordnet und eine Verbindung mittels eiserner Schienen, Krammen und Nägel (Fig. 729), mittels eiserner Verlaschung (Fig. 731) vorgenommen, oder es wird die Vereinigung mittels schrägen Hakenblattes (Fig. 730) angewendet. Die Längsverbinding in der einen oder anderen Weise sollte niemals unterlassen werden, weil sonst der Vorteil der Längsverankerung verloren geht. Die Stöße der Langschwellen sind gegeneinander zu versetzen, so daß auf eine Querschwelle immer nur ein Stoß zu liegen kommt.

Bei manchen englischen Schwellrosten sind Lang- und Querschwellen voll überschritten, so daß die Oberkanten beider in gleicher Höhe gelegen sind; auch wird vor dem Aufbringen des Rostes auf die geebnete Baufohle eine Schicht aus flachen, lagerhaften Steinen verlegt.

Die Entfernung der Langschwellen (von Mitte zu Mitte) soll so groß gewählt werden, daß die darauf liegenden Bohlen das Mauerwerk mit Sicherheit tragen können; dieselbe beträgt 0,60 bis 1,32 m, in

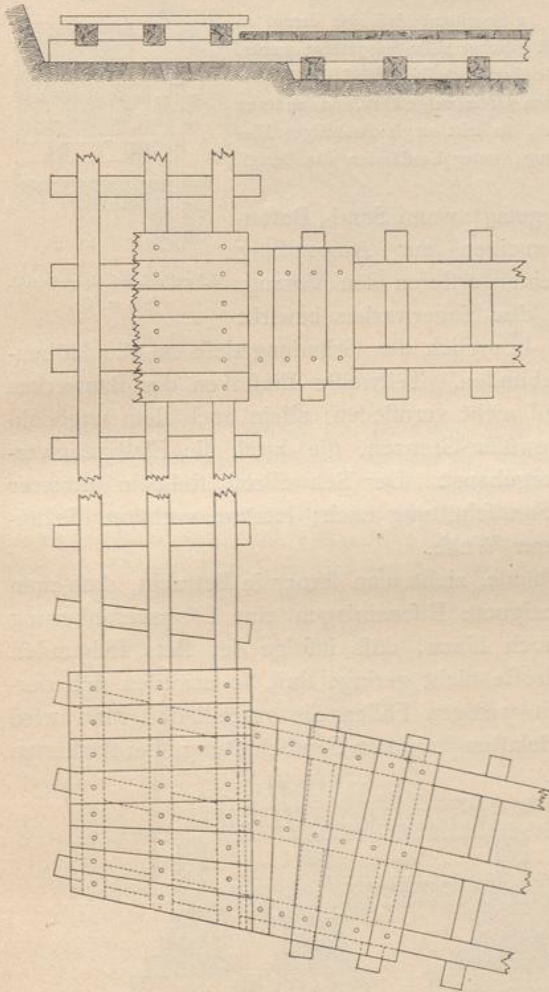
<sup>245)</sup> Vergl.: SCHMÖLCKE, J. Ueber Fundierungen auf zusammendrückbarem Boden. Deutsche Bauz. 1880, S. 448 — ferner: MALCOMES. Ueber Fundierungen auf zusammendrückbarem Boden. Deutsche Bauz. 1880, S. 467.

der Regel jedoch zwischen 0,75 und 1,00 m. Die Querschwellen stehen etwas weiter voneinander ab, 1,00 bis 1,50 m, meist zwischen 1,25 und 1,50 m.

Lang- und Querschwellen erhalten in der Regel einen quadratischen Querschnitt; die Querschnitts-abmessung der ersteren schwankt zwischen 25 und 33 cm; die letzteren erhalten etwa das 0,9fache davon, also 22 bis 30 cm Stärke. Bei geringerer Belastung werden die Schwellen wohl auch durch stärkere Bohlen oder Halbhölzer (15 bis 18 cm dick) ersetzt.

An Mauerecken, Mauerdurchkreuzungen etc. wechseln Lang- und Querschwellen in den zusammen-

Fig. 732.



Schwellenrostecken und -Durchkreuzungen.

 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Die Bohlen müssen stärker (12 bis 15 cm) gewählt werden, wenn die eine Schwellenlage weggelassen wird und der Bohlenbelag ihre Aufgabe mit zu erfüllen hat.

Die Bohlen werden auf den Langschwellen mittels hölzerner Nägel oder auch gar nicht befestigt. Es ist gut, wenn die Bohlen möglichst breit sind; sie sind meist rechteckig gestaltet; nur in der Nähe schräger Ecken nehmen sie Trapezform an (Fig. 732).

Ein derartig konstruierter Schwellenrost kann bei nicht zu preßbarem und nicht zu ungleichartigem Boden einer Belastung von 2,5 bis 3,0 kg für 1 qcm ausgesetzt werden.

stossenden Schenkeln ihre Rolle; dadurch erhält der Bohlenbelag eine verschiedene Höhenlage (Fig. 732). Wollte man erzielen, daß dieser in einer Ebene gelegen ist, so müßte an der Ecke, an der Kreuzung etc. die vollständige Ueberkreuzung der sich kreuzenden Schwellen stattfinden, was eine Schwächung derselben mit sich bringen würde; letztere ist namentlich an Gebäudeecken zu vermeiden.

Wenn die auf Schwellenrost zu gründende Ecke schräg ist, so werden in der unmittelbaren Nähe derselben die Querschwellen nicht winkelrecht zu den Langschwellen, sondern schräg gelegt; man läßt sie allmählich aus der schrägen (zur anderen Mauer parallelen) Richtung in die winkelrechte Lage übergehen (Fig. 732).

2) Die Ausfüllung der Rostfelder, wohl auch Bettung genannt, besteht aus Kies, aus festgestampftem Bauschutt, aus Lehm und Thon, aus Lehm mit Sand vermisch, aus Bruchsteinmauerwerk, aus Sand, aus Beton etc. Wenn Lehm verwendet wird, so schlage man denselben fest ein; Sand dichte man durch reichliches Uebergießen mit Wasser; eine Betonierung ist meist zu teuer, und es ist besser, statt eines Schwellenrostes mit ausbetonierten Fachen ein nur aus Beton bestehendes Fundament anzuwenden.

Die Bettung soll stets in der Höhe der Langschwellenoberkante sorgfältig abgeglichen werden, damit sie den Bohlenbelag mitträgt; sonst ist ihr konstruktiver Wert ein geringer. Bisweilen hat man sie auch ganz weggelassen.

3) Der Bohlenbelag wird in der Regel  $\frac{1}{3}$  so stark wie die Querschwellen, mithin 7 bis 10 cm stark gemacht. Seine Dicke ist von der Größe der Belastung und vom Abstand der Langschwellen abhängig; bei gegebener Bohlenstärke muß die Entfernung der Langschwellen danach berechnet werden.

446.

Bettung.

447.

Bohlenbelag.

448.

Ausführung.

Bei Gründungen im Wasser muß der Schwellrost mit einer Spundwand umgeben werden (Fig. 733), die das Auspülen des Bodenmaterials, unter Umständen auch der Bettung, zu verhüten hat. Auch bei sonstigen Schwellrostgründungen kann sich das Anbringen einer Spundwand empfehlen, wenn man dadurch das feitliche Ausweichen des Baugrundes verhüten will.

Die Spundwand darf niemals unter den Schwellrost gelegt, muß vielmehr unabhängig davon angeordnet werden; in ersterem Falle würde ungleichmäßiges Setzen des Rostes hervorgerufen werden. Kann die Spundwand feitlich ausweichen, so schützt man sie dagegen durch Verankerung mit dem auf dem Roste ruhenden Mauerwerk.

Bei jeder Schwellrostgründung ist auch zu beachten, daß das darauf zu setzende Mauerwerk an allen Stellen in möglichst gleicher Höhe ausgeführt werde, damit die Belastung desselben eine thunlichst gleichmäßige sei. Wird das Mauerwerk nur an einigen Stellen bis zu einer gewissen Höhe aufgeführt, an anderen Stellen der Schwellrost aber gar nicht belastet, so tritt ungleichmäßiges Einfallen des Rostes, eine schädliche Durchbiegung, unter Umständen das Schiefstellen desselben ein.

449.  
Anwendung.

In Art. 422 (S. 343) wurde bereits gefagt, wann Sand-, Beton- und Schwellrostfundamente im allgemeinen zur Anwendung kommen. Letztere haben vor den beiden ersteren den Vorzug, daß durch sie eine Längsverankerung des Mauerwerkes bewirkt wird; indes ist man bei Schwellrosten bezüglich der Gründungstiefe an die Höhenlage des niedrigsten Wasserstandes gebunden. Teilweises Einfallen des Bauwerkes wird durch den Schwellrost selbstredend nicht vermieden; allein auch dem ungleichmäßigen Setzen wird nur innerhalb gewisser Grenzen, die durch die Elastizitätsverhältnisse des Holzes gegeben sind, vorgebeugt. Der Schwellrost steht in letzterer Beziehung dem Beton und auch der Sandfüllung nach; letztere verhütet die ungleichmäßige Senkung in vollkommenerer Weise.

Erwägt man die erwähnten Mißstände, zieht man ferner in Betracht, daß man auch bei Betonfundamenten durch geeignete Eiseinlagen eine Längsverankerung erzielen kann, nimmt man endlich noch hinzu, daß infolge der stets steigenden Holzpreise auch die Kosten der Schwellroste nicht geringe sind, so erweisen sich derartige Fundamentkonstruktionen nur in wenigen Fällen als vorteilhaft. Man wird meistens den Schwellrost bei geringen Belastungen durch Sandfüllung, bei stärkerem

Fig. 733.

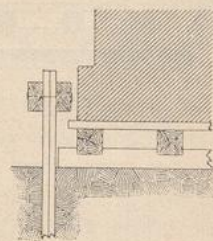
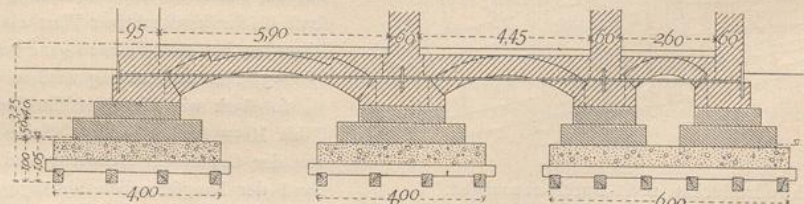
Schwellrost mit Spundwand.  
1/100 w. Gr.

Fig. 734.

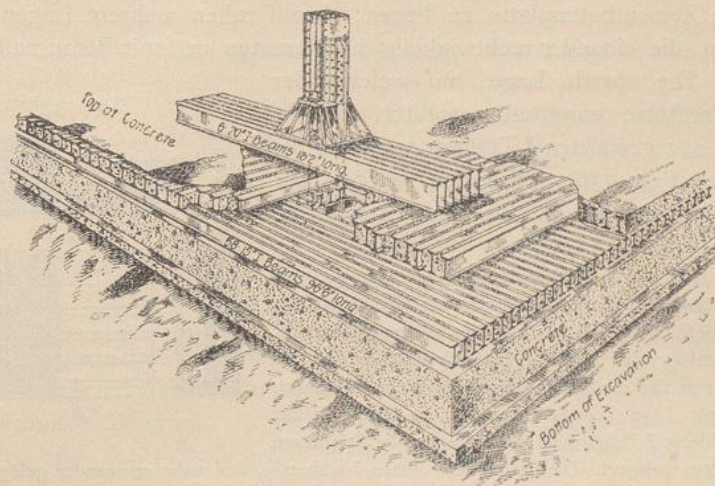
Vom Administrationsgebäude des österreichisch-ungarischen Lloyd zu Triest<sup>246)</sup>.

1/175 w. Gr.

Drucke durch Beton mit Erfolg ersetzen. Es entspricht auch dem heutigen Stande der Technik nur wenig, wenn man zwischen den Baugrund und das Mauerwerk ohne zwingende Gründe eine Holzkonstruktion legt.

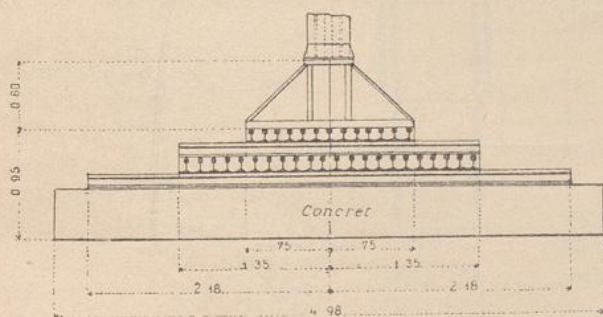
<sup>246)</sup> Näheres in: Allg. Bauz. 1883, S. 38 — ferner: Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 5 — endlich: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 47.

Beispiele von Schwellrostgründungen aus älterer Zeit liegen ziemlich zahlreich vor<sup>247)</sup>. Aus neuerer Zeit ist wohl nur die Gründung des von *v. Ferstel* herrührenden Verwaltungsgebäudes des österreichisch-ungarischen Lloyd in Triest, eines viergeschossigen Baues mit nahezu quadratischer Grundfläche von 63 m Seitenlänge, erwähnenswert (Fig. 734). Die Bodenverhältnisse waren die denkbar ungünstigsten, da der

Fig. 735<sup>248)</sup>.

Betoneifenrost.

See zugekehrte Teil, an dem sich die Hauptfront befindet, noch vor 30 Jahren, der rückseitige Teil noch vor etwa 100 Jahren dem Meere angehörte und der Grund bis auf die Tiefe von 29 m aus aufgeweichtem Schlamm Boden besteht. Alle in der Nähe befindlichen Gebäude zeigen denn auch, namentlich durch die Verbiegungen der wagrechten Bauteile, den Einfluss dieses schlechten Baugrundes, der besonders auffallend am Triester Stadthause zu Tage tritt. Um derartigen Uebelfänden zu begegnen, hat das Fundament unter der Fußbodengleiche eine Tiefe von 3,25 m und setzt sich aus 4 Schichten zusammen. Die unterste, ungefähr 1 m hohe Schicht besteht aus einem starken, liegenden Roste aus Lärchenholz, der mit Beton übermauert ist. Hierauf kommen,

Fig. 736<sup>249)</sup>.

Betoneifenrost.

Ferner wurde, um ein möglichst gleichmäßiges Setzen zu erzielen, die Gründungsfläche der in den einzelnen Abschnitten der Baufläche verschiedenen Bodendichtigkeit entsprechend bemessen. Der Erfolg dieser Anordnungen war im wesentlichen ein günstiger, da das im ganzen etwa 15 cm betragende Setzen ziemlich gleichmäßig erfolgt ist und der größte Unterschied in demselben anfänglich nur 6 cm, nach dem Einfügen der Steinverkleidung etwas mehr betragen hat. Die größere Senkung fand an der Seeseite statt, trotzdem dort breitere Fundamente vorhanden sind<sup>246)</sup>.

247) Siehe u. a. die von *Stapel* ausgeführte Gründung des Packhofes in Halle a. d. S.: *ROMBERG'S Zeitschr. f. pract. Bauk.* 1858, S. 34.

248) Fakt.-Repr. nach: *Architecture and building*, Bd. 29, S. 28.

249) Fakt.-Repr. nach: *Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1893, S. 423.



## c) Betoneisenroste.

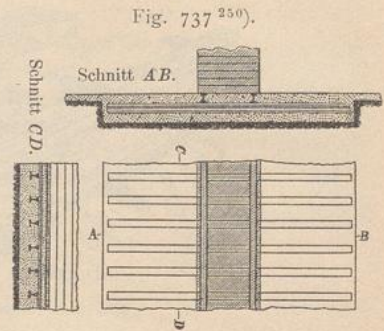
450.  
Konstruktion.

Zu den liegenden Rosten sind auch die in den amerikanischen Großstädten üblichen Betoneisenroste zu zählen, welche bei stark nachgiebigem Baugrunde und namentlich für schwer belastete Freistützen zur Anwendung kommen. Zu unterst kommt eine Zementbetonplatte zu liegen; darauf ruhen mehrere Lagen von Eisenbahnschienen, die einander rechtwinkelig durchkreuzen und mit Beton umstampft sind (Fig. 735). Die oberste Lage, auf welcher der Fuß der Freistütze unmittelbar aufsitzt, besteht nicht selten aus gewalzten I-Trägern von 0,50 bis 1,00 m Höhe (Fig. 736); bisweilen werden nur Walzbalken, hier und da aus Stahl hergestellt, verwendet.

So sind z. B. für das Tacomagebäude zu Chicago, welches  $12\frac{1}{2}$  Geschosse hoch ist und durchwegs Geschäftstuben enthält, ausschließlich Stahlbalken zur Anwendung gekommen. Die Fundamente für die massiven Umfassungswände und für die Freistützen, welche die Zwischenwände tragen, bestehen zu unterst aus einer Lage Zementbeton von ca. 60 cm Dicke; darauf sind stählerne I-Träger und auf diese für die Freistützen gußeiserne Platten gelagert. Die Stahlbalken stehen hochkantig, sind nahe aneinander gelegt und so lang, daß sie ca. 1,8 bis 2,2 m über die Freistützen hinausragen<sup>251)</sup>.

Von einer mit den amerikanischen Betoneisenrosten verwandten Konstruktion berichtet *Tieffenbach*<sup>252)</sup>.

Beim Umbau eines alten Hauses für die Zwecke der Weferstrom-Baudirektion zu Hannover (1897) wurde der Baugrund zunächst abgerammt; alsdann wurde eine ziemlich feste Betonmasse eingestampft und in letztere ein liegender Rost aus alten Gruben- oder fontigen Eisenbahnschienen verlegt und eingestampft (Fig. 737).



<sup>250)</sup> Fakf.-Repr. nach ebendaf.

<sup>251)</sup> Vergl.: *Techniker*, Jahrg. 10, S. 113.

<sup>252)</sup> In: *Centralbl. d. Bauverw.* 1899, S. 41.