

2) Auch bei festerem Baugrunde kann man nicht selten Beton-Fundamente anwenden; ja man kann wohl auch voll gemauerte Fundamente durch betonirte ersetzen, namentlich dann mit Vortheil, wenn das Wasser störend auf die Fundirung einwirkt, gleich viel ob diese Störungen durch starken und zerstörenden Grundwasserzudrang oder durch offenes Wasser herbeigeführt werden. Indefs ist hierbei stets zu beachten, daß unter gewöhnlichen Verhältnissen der Beton theurer, als gutes Fundament-Mauerwerk, und daß letzteres auch tragfähiger ist, wie ersterer. Will man eine gleiche Widerstandsfähigkeit des Fundamentes erzielen, so muß man dem Betonkörper eine größere Mächtigkeit geben, als dem Mauerwerk, oder man muß im ersteren Falle eine größere Fundirungs-Tiefe 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 angefertigt wurde, ergab, daß dieser aufgefüllte Boden 0,69 kg für 1 qcm ohne jedes Setzen trug. Es wurde nunmehr der Druck eines jeden Mauerstückes des projectirten Neubaus auf den Baugrund berechnet; es ergab sich z. B. bei den Säulen-Fundamenten ein Druck von 83 471 kg; dies durch 0,69 dividirt ergab sich als erforderliche Fundament-Fläche 120 970 qcm. Dieselbe wurde um $\frac{1}{9}$ verringert, weil das alte Gebäude nur Kalkmauerwerk hatte, das neue aber Cement-Beton und Grundmauerwerk in verlängertem Cementmörtel erhalten sollte. Die hiernach mit 108 000 qcm sich ergebende Fundament-Sohle ist mit $3,0 \times 3,6$ m für jede Säule in 50 cm starker Betonficht ausgeführt und hierauf ein 1 m hohes Fundament-Mauerwerk, dessen Schichten um je $\frac{1}{4}$ Stein beiderseits absetzen und fo zum Kern der Kellermauern sich verjüngen.

3) Beton-Gründungen werden endlich statt anderer Fundirungsweisen 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 direct das Fundament-Mauerwerk setzen; allein die Kosten der Grundgrabung und der Mauerung wären sehr bedeutend. Man kann unter Umständen in ökonomischer Beziehung vortheilhafter verfahren, wenn man eine geringere Fundirungs-Tiefe in Aussicht nimmt und mittels Beton auf preßbarem Boden gründet.

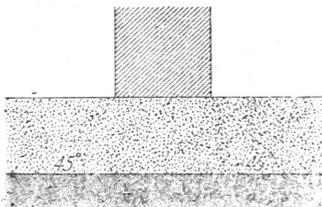
Man kann in solchen Fällen zwar auch Pfahlroft-Fundamente in Anwendung bringen, indem man mit Hilfe der Pfähle die vollständig tragfähige Bodenschicht zu erreichen trachtet; allein auch der Pfahlroft wird unter Umständen theurer zu stehen kommen als der Beton, so daß man ersteren durch letzteren ersetzt.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

b) Fundamente aus Sandfchüttungen.

An reinem, grobkörnigem Quarzsand sind die folgenden, zum Theile bereits in den Fußnoten 151 u. 152 (S. 248) hervorgehobenen, für den Grundbau wichtigen Eigenschaften beobachtet und durch Versuche erhärtet worden.

1) Der auf eine Sandficht ausgeübte Druck wird in günstiger Weise nach unten vertheilt; der auf die Basis dieser Sandficht wirkfame Druck auf die Flächeneinheit kann bei genügender Mächtigkeit der Sandficht auf ein verhältnißmäsig geringes Maß gebracht werden.

Fig. 674.



Versuche haben ergeben, daß sich der auf die Sandficht wirkfame Druck nahezu unter 45 Grad nach unten vertheilt (vergl. Fig. 674 u. Art. 363, S. 251). Hagen hat ferner auf experimentellem Wege nachgewiesen, daß bei Aufbringung einer Sandficht der Druck auf ihre Unterlage Anfangs mit der Zunahme der Höhe auch wächst. Erhöht man die Schüttung immer mehr, so wird das Wachsthum jenes Druckes immer kleiner, bis es endlich ganz aufhört. Ueberschreitet die Mächtigkeit der Sandficht diese Höhe, so bleibt der Druck auf ihre Unterlage constant.

2) Wenn der Sand durch feiliche Umschließung gegen das Auseinanderquillen 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 Schicht¹⁸⁹⁾.

3) Sinkt bei der anfänglichen Zusammendrückung der Sandschicht die aufgebrauchte Luft in dieselbe ein, so erhebt sich um die letztere herum der Sand nicht; das Zusammenpressen wird demnach bloß durch das innigere Aneinanderrücken der einzelnen Sandkörner hervorgerufen¹⁹⁰⁾.

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 Druckvertheilung findet vielmehr in so günstiger Weise statt, daß die nachgiebigen Stellen gleichsam überbrückt und dadurch unschädlich gemacht werden¹⁹¹⁾.

Von diesen werthvollen Eigenschaften des Sandbodens macht man im Grundbau in der Weise Anwendung, daß man bei nachgiebigem Baugrund das Fundament aus einer Sandschüttung oder Sandbettung herstellt. Dieselbe erweist sich zweckmäßig, 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 Quai-Mauern des Canals St. Martin (1829) und bei Militärbauten zu Bayonne (1830 von Capitän *Gausence*).

Die Mächtigkeit der als Fundament dienenden Sandschicht soll nicht weniger als 75 cm betragen; weiter als 3 m zu gehen ist indess auch nicht erforderlich. Mit Rücksicht auf die Druckvertheilung soll die Basis der Sandschicht um eben so viel vor den Begrenzungen des darauf zu setzenden Mauerkörpers vorspringen, als sie hoch ist.

Letzteres Verhältniß ergibt sich aus der schon erwähnten Thatfache, daß sich der Druck nahezu unter 45 Grad nach unten vertheilt. Kennt man sonach die Tragfähigkeit des vorhandenen Baugrundes und die Grundfläche des auf das Sand-Fundament zu setzenden Mauerkörpers, so läßt sich die Größe der Basis des Sand-Fundamentes berechnen.

Da indess 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 unterzieht¹⁹²⁾.

Im Allgemeinen ergibt sich hieraus, sobald die Baugrube lothrecht begrenzt ist, ein parallelepipedisch gestaltetes Fundament (Fig. 675). Sind die Wandungen der Fundament-Gräben geböcht, so nimmt die Breite der Sandschicht von unten nach

414.
Sand-
schüttungen.

415.
Abmessungen.

¹⁸⁹⁾ Es mag an dieser Stelle auf die in den Fußnoten 151 u. 152 (S. 248) angeführten Versuche *Hagen's* verwiesen werden, die sich zum nicht geringen Theile auf die Ermittlung der Eigenschaften des Sandes beziehen. Uebrigens hat auch *Beaudemoulin* durch Versuche fest gestellt, daß 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 eingeschlossener Körper, und übt auf die Umhüllung nur an jenen Stellen eine Wirkung aus, wo die Last mit ihr in Berührung kommt. Der Sand bleibt aber dabei völlig theilbar und fließt aus einer in der Umhüllung angebrachten Oeffnung frei, aber langsam heraus.

¹⁹⁰⁾ Vergl. die *Hagen's*chen Versuche in Fußnote 152 (S. 248).

¹⁹¹⁾ *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 Theil des Sandes heraus; der übrige Theil blieb, höhlenartig geformt, im Gefäße zurück.

¹⁹²⁾ 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, daß Sandschichten von 2,35 und 2,90 m Höhe keine größere Tragfähigkeit zeigten, als solche von 1,15 und 1,75 m Mächtigkeit. — Auch mag auf die Untersuchungen verwiesen werden, die bei der Fundirung der Caferne an der Esplanade zu Wesel gemacht wurden und betreff deren das Nähere zu finden ist in: *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 629.

Fig. 675.

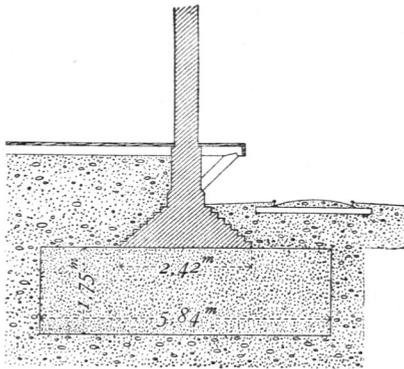
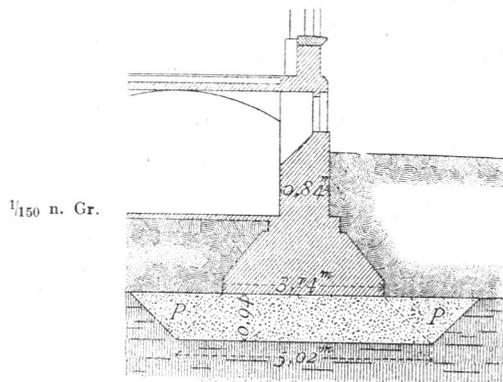
Vom Güterschuppen auf dem Bahnhofe
zu Emden¹⁹³⁾.

Fig. 676.

Von der Caferne an der Esplanade
zu Wefel¹⁹⁴⁾.

oben zu; bisweilen wird die letztere Anordnung absichtlich gewählt, um durch die hinzugefügten Sandprismen *P, P* (Fig. 676) 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 durchgehends unter dem ganzen Gebäude hergestellt.

So z. B. wurde beim Bau des *Kapf*'schen Haufes am Sielwall in Bremen Sand aus der Wefer baggert 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.

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

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

Um das Zufammendrücker 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, dass man die Sandschüttung einige Zeit nach der Ausführung regelmässig 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 Sandschicht durch eine Spundwand oder eine Umschließung mit Thonschlag begrenzt werden. Eine möglichst dichte Spundwand ist auch erforderlich,

¹⁹³⁾ Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 163.

¹⁹⁴⁾ Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1863, Bl. U.

wenn die Sandgründung im Wasser selbst vorzunehmen ist; man vermeide, wenn irgend thunlich, die unmittelbare Berührung der Sandbettung mit fließendem, selbst auch mit stehendem, offenen Wasser.

Man hat die Sandfüttung bisweilen mit Kalkmilch begossen; indefs ist dieses Verfahren nicht gerade zu empfehlen. Ist die Kalkmilch sehr dünn und geschieht der Uebergufs 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 theuer und ist besser durch eine Beton-Schicht zu ersetzen.

Der auf die Sandbettung aufzufetzende Mauerkörper ist erst einige Zeit nach Vollendung der ersteren auszuführen; das Mauerwerk ist nur langsam zu erhöhen und rasch trocknender Mörtel dafür zu verwenden.

Aus dem Gefagten geht hervor, dafs sich die Sandgründung vor Allem für weichere Bodenarten empfiehlt, die eine energische und gleichmäfsige Druckvertheilung erfordern; insbesondere ist es Torf-, Moor- und nasser Lehmboden, wo die Sand-Fundamente gute Dienste leisten; allein auch auf Mauerschutt etc. haben sie sich gut bewährt. Sie haben vor den gemauerten, den Beton- und den Schwellroft-Fundamenten auch noch den Vortheil grofser Billigkeit voraus, weshalb sie bisweilen auch bei weniger preisbarem Baugrund statt gemauerter Fundamente Anwendung finden. Vor den Schwellroften zeichnen sie sich auch noch dadurch aus, dafs sie in Bezug auf ihre Tiefenlage keinerlei Befchränkungen unterworfen sind.

Befchränkt wird die Anwendung der Sand-Fundamente allerdings dadurch, dafs die Belastung, die sie mit Sicherheit tragen können, keine zu grofse sein darf. Bei 1,5 bis 2,0 m Mächtigkeit der Sandbettung sollte das darauf gestellte Bauwerk keinen gröfseren Druck, als höchstens 2 bis 3 kg für 1 qcm ausüben.

417.
Anwendung.

Literatur

über »Fundamente aus Beton- und Sandfüttungen«.

- 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. Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 213.
- GOLDMANN. Verschiedene Gründungen in Betreff der Tragfähigkeit. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 630.
- BOLENIUS. Der Bahnhof zu Emden. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 154.
- PLATH. Die Fundirung des neuen Maschinen- und Kesselhauses auf Rothenburgsort. Deutsche Bauz. 1871, S. 165.
- SCHMIDT, H. Ueber den eisernen Centralbau für die Weltausstellung in Wien. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 139.
- ALTENDORFF, H. Fundirung eines Kirchthurmes auf Béton. 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. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 152.
- Ueber Fundirungen auf zusammendrückbarem Boden. Deutsche Bauz. 1880, S. 448, 467, 481.