



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

b) Fundamente aus Sandschüttungen

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

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. Dieselbe 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.

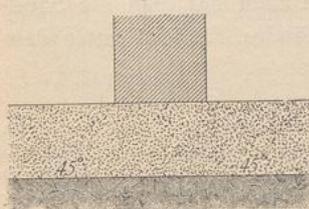
b) Fundamente aus Sandfüllungen.

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 Schicht²³⁶⁾.

²³⁶⁾ 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 aufgebrauchte 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 hervorgerufen²³⁷⁾.

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 werden²³⁸⁾.

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 Aufstehfläche 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 Thatsache, 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 Aufstehfläche 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 unterzieht²³⁹⁾.

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.

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

²³⁸⁾ *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.

²³⁹⁾ 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.

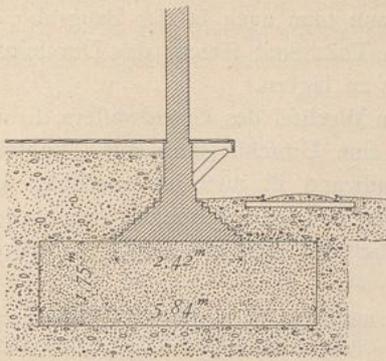
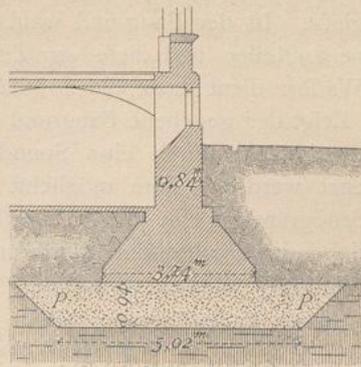
Vom Güterschuppen auf dem Bahnhofe zu Emden²⁴⁰⁾.

Fig. 722.

Von der Kaferne an der Esplanade zu Wefel²⁴¹⁾.

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.

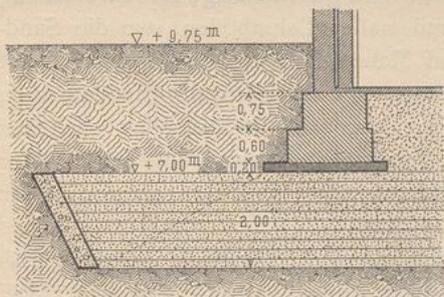
Gleiches geschah 1883 bei der Gründung des Regierungsgebäudes zu Breslau. Da der Baugrund bis auf eine Tiefe von 4 m aus aufgefülltem Boden bestand, auf den eine starke Lettenschicht folgte, so wurde die Baugrube in ihrer ganzen Ausdehnung bis zur Lettenschicht ausgehachtet und mit einer 2 m hohen Sandfüllung 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 Breslau²⁴²⁾.
1/100 w. Gr.436.
Material
und
Ausführung.

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

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

242) 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 aufgesetzt²⁴²).

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 Verfestigung 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 hineinreichen²⁴³⁾.

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.

²⁴³⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1865, S. 395.