



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

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

**Marx, Erwin**

**Stuttgart, 1901**

3. Kap. Fundamente aus Beton- und Sandschüttungen

---

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

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 const.* 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.

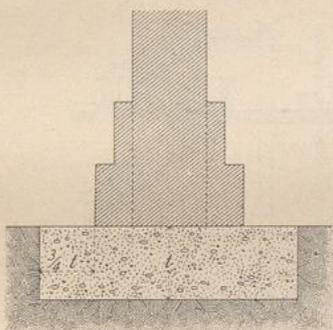
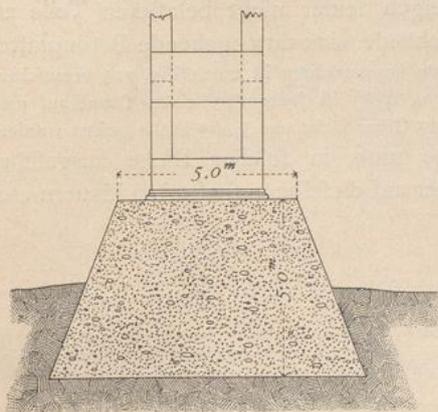


Fig. 713.



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.

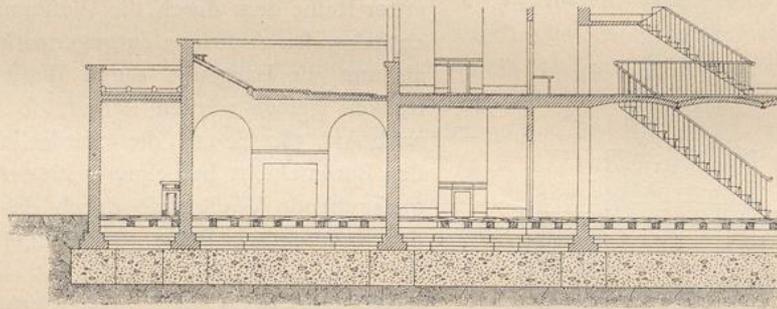
426.  
Durch  
Eiseneinlagen  
verflärkte  
Beton-  
fundamente.

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.

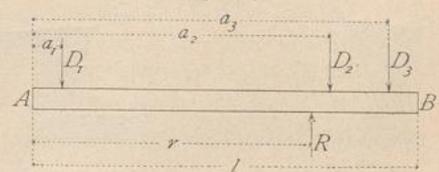
Eine derartige durchgehende Betonplatte muß in solcher Dicke ausgeführt werden, damit sie unter den isolierten Drücken der auf dieselbe aufgesetzten Mauern etc. nicht bricht.

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

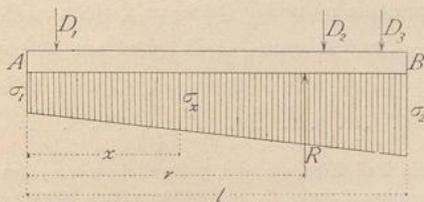
$$\Sigma(D a) = R r$$

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

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

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 Abziffte 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. daselbe 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-

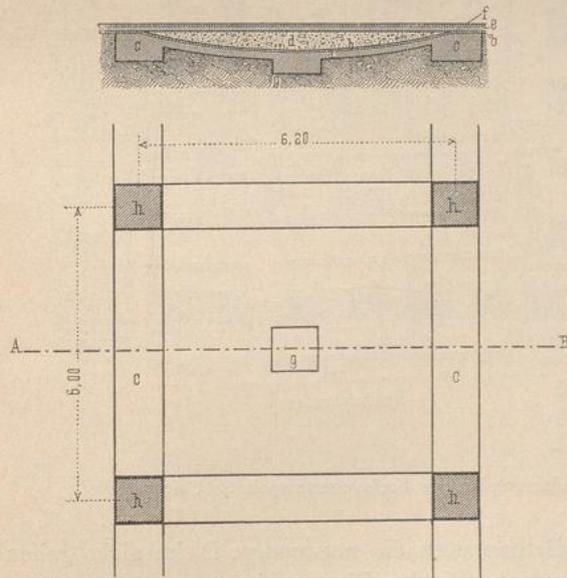
fänden bleibt dabei das Gebäude unverfehrt, wie die letzten Berg-rutsche in Aachen gezeigt haben.

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 feitliches 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.

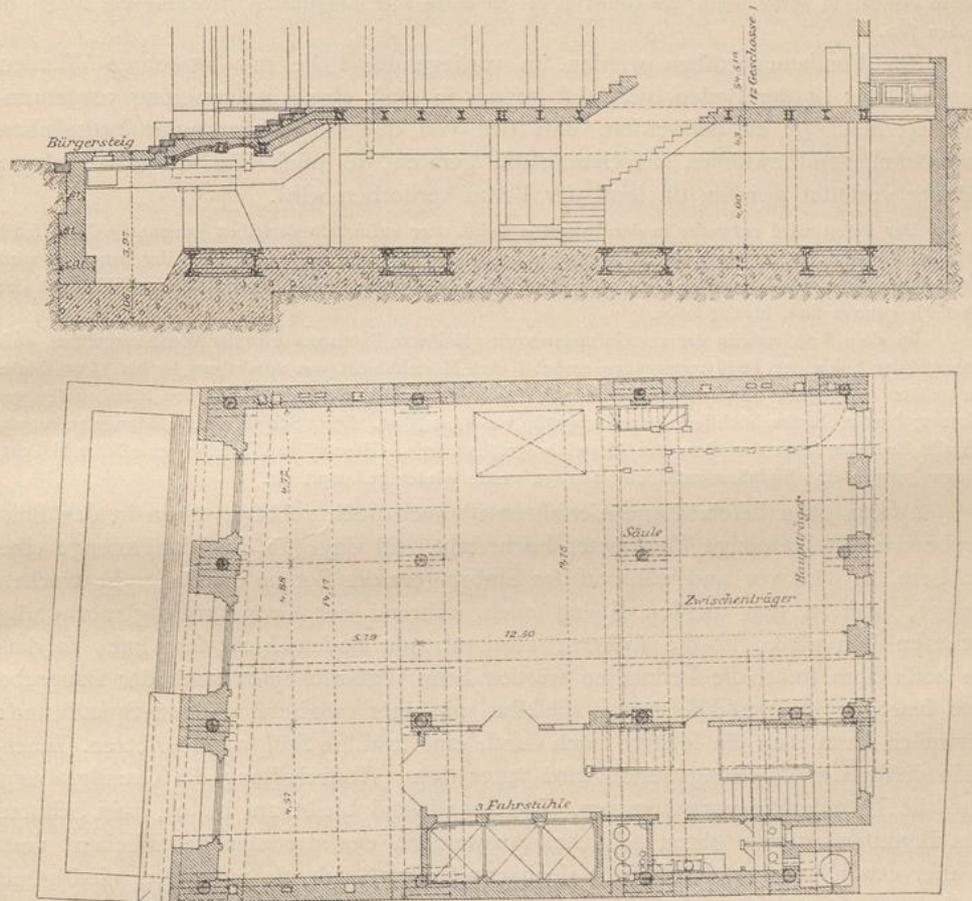


Baugrund so ungleichmäÙig ist, daÙ gleiche Erscheinungen zu erwarten sind, so hat man in solche Platten auch schon eiserne Verankerungen eingelegt.

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.

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

430.  
Ausführung.

<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 Baufälleigkeit 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-Constructions-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-Constructions-Lehre für Ingenieure. Bd. 3. München 1877. S. 363.

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

FELDEGG, E. v. Allgemeine Constructionslehre 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.

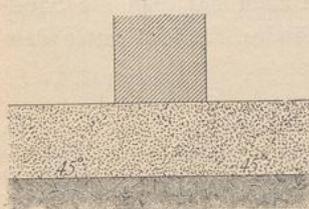
#### b) Fundamente aus Sandfüllungen.

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.



Verfuche 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 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 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 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 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.

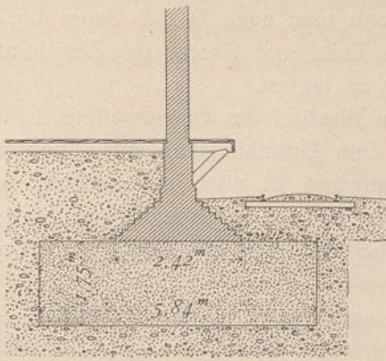
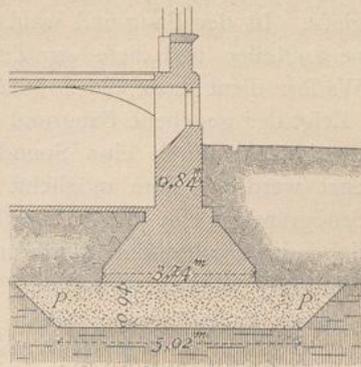
Vom Güterschuppen auf dem Bahnhofs  
zu Emden<sup>240)</sup>.

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.

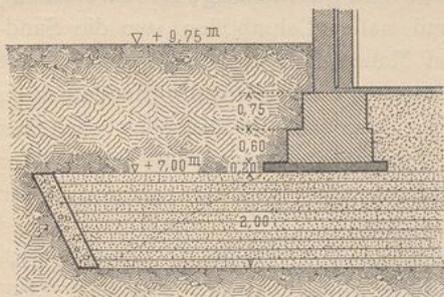
Gleiches geschah 1883 bei der Gründung des Regierungsgebäudes zu Breslau. Da der Baugrund bis auf eine Tiefe von 4 m aus aufgefülltem Boden bestand, auf den eine starke Lettenschicht folgte, so wurde die Baugrube in ihrer ganzen Ausdehnung bis zur Lettenschicht ausgehachtet und mit einer 2 m hohen Sandfüllung 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 Schwellroßen 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 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 Bauföhle 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.