



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

b) Sicherheit gegen Einsinken

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

b) Sicherheit gegen Einfallen.

Das Einfallen oder »Setzen« des Fundaments kann entweder in einer lotrecht niedergehenden Bewegung oder in einer Drehung desselben bestehen. Die letztere ist meist eine Bewegung nach abwärts; indes kann ausnahmsweise auch ein teilweises Abheben des Fundaments von der Bauföhle stattfinden.

Das Einfallen des Fundaments kann eintreten:

- 1) infolge des Zusammenpressens des Baugrundes ¹⁸¹⁾,
- 2) infolge seitlichen Ausweichens des Baugrundes ¹⁸²⁾,
- 3) infolge des Einflusses des Wassers und
- 4) infolge anderweitiger äusserer Einflüsse.

Von den Mifsständen, die durch Wasser und andere äussere Einflüsse hervorgerufen werden, wird noch später (unter d) die Rede sein; hier wird hauptsächlich nur jenes Einfallen in Betracht gezogen, welches infolge des Zusammenpressens oder des seitlichen Ausweichens des Baugrundes eintritt.

Ein merkliches Zusammenpressen des Baugrundes wird nur dann ausbleiben, wenn derselbe aus vollständig widerstandsfähigem Felsen besteht. Bei jeder pressbaren Bodenart wird eine Kompression des Baugrundes eintreten, und zwar wird die Gröfse derselben vom Mafs seiner Pressbarkeit und von der Gröfse des vom Bauwerk ausgeübten Druckes abhängen. Je weicher die Bodenart ist, worauf gegründet werden soll, und je gröfser der vom Bauwerk ausgeübte Druck ist, desto mehr wird der Boden zusammengepresst und desto mehr sinkt das Fundament ein.

Aus dem Gefagten geht hervor, dafs in verhältnismäfsig nur wenigen Fällen das durch Zusammenpressen des Baugrundes hervorgerufene Einfallen des Fundaments vollständig vermieden werden kann. In der That ist daselbe meist auch unschädlich, wenn es gewisse Grenzen nicht überschreitet, wenn es gleichmäfsig vor sich geht und wenn die herrschende Druckrichtung von der Lotrechten gar nicht oder

374.
Zusammen-
pressen
des
Baugrundes.

¹⁸¹⁾ Ueber das Verhalten verschiedener Bodenarten gegen das Eindringen eines festen Körpers stellte *Hagen* Versuche an, indem er Blechcylinder mit ebenen Rändern mit verschiedener Belastung auf die Erde stellte und sowohl die Tiefe des Eindringens, als auch die Art und Weise desselben genau beobachtete, bezw. wie die Umgebung der Eindringstellen sich dabei verhielt.

Hagen erhielt bei diesen Versuchen das bemerkenswerte Ergebnis, dafs bei den Sandschüttungen, und zwar sowohl bei den festeren als den loseren, und ebensowohl bei trockenen wie bei feuchten, die Tragfähigkeit nahe dem Quadrate der Einlenkung proportional wird. Bei allen Versuchen im Thonboden dagegen, sei er mit mehr oder weniger Wasser vermischt, ergab sich die Tragfähigkeit oder die Belastung als der ersten Potenz, d. h. als der einfachen Einlenkung proportional. Ferner zeigte sich der bemerkenswerte Unterschied, dafs bei den Sandschüttungen die Belastung sofort bis zur entsprechenden Tiefe einsank und sich nachher nicht mehr rührte, während bei Thonboden die Lasten nach und nach tiefer sanken, bis sie nach etwa 20 bis 30 Minuten ebenfalls keine weitere Bewegung mehr erkennen liefsen.

Trockener, aber fest gestampfter Sand ergab nahezu die doppelte Tragfähigkeit, als lose aufgeschütteter.

Ganz bedeutend vermehrt sich die Tragfähigkeit des Sandes, wenn er in eingeschlossenem Raume in dünnen Lagen und in feuchtem Zustande eingestampft wird, wobei durchfliefsendes Wasser nur sehr langsam eindringt und nur tropfenweise abfliefst. Sie ist alsdann 12- bis 18mal so grofs als bei trockenem losem Sande.

¹⁸²⁾ Ueber die Art und Weise, wie der Boden beim Eindringen einer Last ausweicht, hat *Hagen* bei seinen Versuchen folgendes bemerkt.

In den lose aufgeschütteten, trockenen Sand dringt die Last ein, ohne dafs irgend eine Erhebung der Oberfläche des Grundes in der Umgebung bemerkbar wird; vielmehr bildet sich eine kegelförmige Vertiefung um die Eintrittsstelle, woraus hervorgeht, dafs der Sand nur zusammengedrückt und dichter wird, indem die herabgedrückten Sandteilchen in die Zwischenräume der unteren lockeren Sandfichten eindringen.

Beim fest gestampften, feuchten (wenig benetzten) Sande zeigte sich um die Eindringstelle ebenfalls eine Vertiefung; aber in einiger Entfernung schwellt der Boden rings herum stark auf.

Bei allen Thonarten dagegen erhebt sich beim Eindringen der Last die Umgebung bedeutend über die Oberfläche des Bodens, was auch bei Bauten vielfach bemerkt werden kann, indem bei Dammschüttungen durch Wiesen und Sümpfe mit weichem Untergrunde ein Sinken des Damms eintritt, während daneben Erhöhungen des Bodens entstehen, welche oftmals den Damm selbst überragen.

Daraus folgt, dafs Thonboden sich in mancher Beziehung einer Flüssigkeit ähnlich verhält, und dafs ein auf Thonboden aufgeführtes Bauwerk niemals schwerer sein darf als die verdrängte Thonmasse selbst, weil nur in diesem Falle die Sicherheit gegen Versinken des Fundaments vorhanden ist.

nur wenig abweicht. In einem solchen Falle ist bloß die Vorsicht zu gebrauchen, daß man das Bauwerk langsam ausführt und das Einfallen desselben abwartet, erforderlichenfalls das Mauerwerk um das Maß des Einfallens höher macht.

Ungleichmäßiges Einfallen des Fundaments bringt in letzterem Trennungen hervor, da das Mauerwerk nur selten oder nur in geringem Maße biegsamen Kräften widerstehen kann. Der Zugwiderstand des besten Mauerwerkes beträgt bei (10-facher Sicherheit nach der Tabelle auf S. 247 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«¹⁸³⁾ 1,8 bis 2,0 kg für 1 qcm; deshalb läßt sich unter Einwirkung bedeutender, auf dem Fundamentmauerwerk ruhender Lasten das Verhüten eines Bruches nicht erwarten.

375.
Drehen
des
Fundaments.

Das Drehen des Fundaments, welches, wie in Art. 372 (S. 302) gezeigt wurde, durch schiefe (exzentrische) Druckwirkung hervorgebracht werden kann, ist nur bei einigen seltener vorkommenden Bauwerken unschädlich, z. B. bei gewissen Stützmauern etc. In den meisten Fällen wird durch das Drehen das ungleichmäßige Setzen der einzelnen Fundamenteile hervorgerufen und dadurch ihr Bestand gefährdet.

376.
Gleichmäßig-
keit und Maß
des
Einfallens.

Man wird demnach bei Konstruktion und Ausführung der Fundamente das Hauptaugenmerk darauf zu richten haben, daß das Einfallen nicht zu groß wird und daß es vor allem gleichmäßig geschieht. Wo letzteres nicht erreicht werden kann, muß man darauf bedacht sein, das Maß des Einfallens möglichst herabzumindern.

Der Reibungswiderstand, den ein Fundament im Boden erfährt und der von seinem lotrechten Druck abzuziehen ist, ist sehr verschieden. Derselbe hängt von der Form der Fundamentbasis, von der Beschaffenheit der Fundamentaufenfläche, von der Gründungstiefe und von der Beschaffenheit der betreffenden Bodenschichten ab; er beträgt je nach örtlichen Verhältnissen (nach *Schmoll*) 0,10 bis 0,30 kg für 1 qcm (1900 bis 3000 kg für 1 qm).

Dem Drucke, den das Bauwerk auf den Baugrund ausübt und der die Zusammenpressung des letzteren hervorbringt, wirkt die Reibung zwischen den Außenflächen des Fundaments und dem daselbe umgebenden Bodenmaterial entgegen. Bei Hochbauten, die in der am häufigsten vorkommenden Weise, d. i. in einer ausgefachteten Baugrube, gegründet werden, kommt diese Reibung in der Regel gar nicht in Betracht; jedenfalls ist sie im Zeitraum unmittelbar nach der Ausführung des Fundaments nur von sehr geringem Einfluß. Allein bei den sog. versenkten Fundamenten, die ohne Baugrube hergestellt werden, spielt diese Reibung nicht selten eine wichtige Rolle; es kommt bei bedeutender Mächtigkeit der zu Tage liegenden lockeren Bodenschicht sogar vor, daß das Fundament nur vermöge seiner Reibung in dieser Schicht die nötige Standfestigkeit erhält.

377.
Ausweichen
des
Baugrundes.

Das seitliche Ausweichen des Baugrundes kommt in größerem Maße nur bei ganz weichem Baugrunde vor oder dann, wenn das Bauwerk auf einen Erdabhang zu stehen kommt. Mooriger, schlammiger etc. Boden steigt an allen Seiten einer aufgebrachten Last empor und läßt die letztere immer tiefer einfallen¹⁸⁴⁾.

378.
Mittel
gegen das
Einfallen.

Um das Einfallen der Fundamente auf ein möglichst geringes Maß zurückzuführen, sind die folgenden Regeln zu beobachten.

1) Man setze das Fundament auf eine möglichst wenig pressbare Bodenschicht. Das sicherste Verfahren besteht immer darin, daß man das Fundament auf einer vollständig tragfähigen Bodenschicht — sei es unmittelbar oder mit Hilfe einzelner Stützen (Pfeiler, Pfähle, Brunnen, Röhren etc.) — ausführt. Nur wenn die

¹⁸³⁾ 2. Aufl.: S. 53. — 3. Aufl.: S. 64.

¹⁸⁴⁾ Siehe die Fußnote 182.

zu durchsetzende lockere Bodenschicht eine sehr bedeutende Mächtigkeit hat, so daß das Erreichen der tragfähigen Schicht nur sehr schwer oder nur mit sehr großen Kosten möglich ist, sollte es als zulässig erachtet werden, daß die erforderliche Standfestigkeit des Fundamentkörpers durch den Reibungswiderstand, den er in der lockeren Bodenschicht erfährt, erzielt werde.

Mittel, einen möglichst wenig preßbaren Baugrund zu schaffen, sind:

α) Vermehrung der Gründungstiefe. Erfahrungsgemäß wächst in der Regel die Festigkeit des Bodens mit der Tiefe, zum nicht geringen Teile deshalb, weil der Druck, den eine Schicht von den darüber liegenden Schichten erfährt, um so größer ist, in je größerer Tiefe die betreffende Bodenschicht gelegen ist.

Durch eine größere Gründungstiefe wird noch der weitere Vorteil erzielt, daß das seitliche Ausweichen des Bodens, welches von einem Emporsteigen desselben herrührt, geringer wird.

Mit Rücksicht auf das in Art. 338 (S. 285) Gefagte, ist dieses Mittel nur dann mit Erfolg anzuwenden, wenn die betreffende festere Bodenschicht eine entsprechende Mächtigkeit hat. Bei geringerer Mächtigkeit derselben ist es im Gegenteile angezeigt, sie thunlichst wenig zu schwächen, also die Gründungstiefe so gering wie möglich anzunehmen.

Für die Tragfähigkeit T einer Bodenschicht stellte Rankine die Formel auf:

$$T = t\gamma \left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right)^2,$$

worin t die Gründungstiefe, γ das Gewicht der Raumeinheit Erde und φ den Reibungswinkel der letzteren bezeichnet. Von Jankowski rührt der Ausdruck her:

$$T = 2t\gamma \cdot t g^2 \frac{45 + \varphi}{2} : t g^2 \frac{45 - \varphi}{2}.$$

Aus beiden Gleichungen geht hervor, daß die Tragfähigkeit mit der Gründungstiefe zunimmt¹⁸⁵⁾.

β) Verbesserung stark preßbarer Bodenschichten. Bereits im vorhergehenden Kapitel (unter c) wurden die Mittel angegeben, welche zur künstlichen Dichtung eines nachgiebigen Baugrundes, sowie zur Verhinderung des seitlichen Ausweichens lockerer Bodenarten dienen.

2) Man beachte, ob die Tragfähigkeit des Baugrundes auch für die Folge gesichert ist; nötigenfalls treffe man die erforderlichen Vorkehrungen gegen die Beeinträchtigung der Tragfähigkeit.

Die Beeinträchtigung der Bodenfestigkeit kann hauptsächlich durch den Einfluß des Wassers, durch Gleichgewichtsstörungen in den tieferen Schichten des Baugrundes und durch anderweitige äußere Einflüsse hervorgerufen werden. Hiervon und von der Art und Weise, wie solchen Einflüssen begegnet werden kann, wird noch unter d die Rede sein.

3) Die Belastung des Baugrundes für die Flächeneinheit soll möglichst klein sein, keinesfalls die größte zulässige Druckbeanspruchung desselben überschreiten.

Im allgemeinen ist zu beobachten, daß der vom Bauwerk auf den Baugrund ausgeübte Normaldruck nicht über ein Zehntel der Druckfestigkeit der Baugrundmasse betragen soll.

Bei ganz widerstandsfähigem Felsen kann man diesen Normaldruck auf den Baugrund ebenso groß, als die zulässige Pressung im Fundamentmauerwerk selbst (7 bis 10 kg für 1 qcm) annehmen; sonst setzt man bei Felsen den größten zulässigen Normaldruck im Mittel zu 5 bis 6 kg für 1 qcm an. Ferner ist bei Gründungen auf Gerölle, sowie auf kompaktem Thon- und Lehmboden, grobem und fest gelagertem Kies 3,5 bis 4,5 kg, bei Gründungen auf feinkörnigem Kies und festem Sand 3 bis 4 kg für 1 qcm Nutzfläche zu rechnen.

Durch die Berliner Bauordnung vom Jahre 1853 war die größte zulässige Belastung des dortigen Baugrundes auf 2,5 kg für 1 qcm festgesetzt; indes ist die Tragfähigkeit desselben eine größere und läßt

¹⁸⁵⁾ Siehe auch: ENGESSER, F. Zur Theorie des Baugrundes. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 306.
Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

sich mit Sicherheit auf 3,5 kg bemessen; man ist in Berlin bei Kastengründungen auf scharfem Sande bis zu 5,12 kg für 1 qcm gegangen. — Auf Grund des § 19 der Bau-Polizei-Ordnung für den Stadtkreis Berlin vom 15. Januar 1887 ist die zulässige Beanspruchung »guten Baugrundes« mit 2,5 kg für 1 qcm festgesetzt.

Bei Bauten für vorübergehende Zwecke können die angegebenen grössten Pressungen um 40 bis 50 Vomhundert höher angenommen werden; ebenso kann man eine Vermehrung um etwa 25 Vomhundert eintreten lassen, wenn die grösste Belastung des Baugrundes nur von Zeit zu Zeit und nicht stofsweise oder mit Erschütterungen verbunden wirksam ist.

Wenn bei einem entworfenen Fundament die Rechnung, bezw. die statische Untersuchung ergibt, dafs die zulässige Belastung des Baugrundes für die Flächeneinheit überschritten ist, oder wenn man, um ein möglichst geringes Einsinken des Fundaments zu erzielen, die Pressung des Baugrundes auf ein geringeres, als das grösste zulässige Mafs herabmindern will, so mufs man entweder durch Abändern der Gesamtanordnung des betreffenden Gebäudes oder durch entsprechende Vorkehrungen bei Konstruktion und Ausführung des Fundaments Abhilfe schaffen.

Die hauptfächlichsten Mittel, die Belastung des Baugrundes für die Flächeneinheit zu verringern, sind folgende:

α) Man verteilt, wenn dies angeht, den vom Bauwerk ausgeübten Druck auf mehrere Punkte und konzentriert ihn nicht an einer einzigen oder an nur wenigen Stellen. So kann man z. B. die Zahl der Stützen, auf denen das Bauwerk ruht, vermehren etc.

β) Man vergröfsert die Aufflandfläche des Fundaments. Von dem Einfluss, den die Gröfse der Fundamentbasis auf die Konstruktion des Fundaments ausüben kann, war zum Teile schon in Art. 373 (S. 302) die Rede.

Betrachtet man zunächst die bei Hochbauten am häufigsten vorkommenden Fundamente, nämlich die aus Mauerwerk hergestellten, so erhält die Aufflandfläche fast stets einen gröfseren Flächeninhalt, als der zur Basis parallele Querschnitt des aufgehenden Mauerwerkes hat. Dies geschieht einerseits deshalb, um dem Mauerkörper durch die gröfsere Aufflandfläche auch gröfsere Standfestigkeit zu verleihen; andererseits darf die Druckbeanspruchung des Baugrundes in der Regel die grösste Pressung im Mauerwerk nicht erreichen, und aus diesem Grunde mufs der Druck auf eine gröfsere Fläche verteilt werden, mit anderen Worten eine Fundamentverbreiterung eintreten. Derlei Fundamentverbreiterungen werden nur selten stetig, meistens abatzweise ausgeführt, wodurch man zur Anordnung der sog. Fundamentabätze, Grundbänke oder Bankette (Fig. 667) gelangt.

Durch Anbringen eines, erforderlichenfalls auch mehrerer Fundamentabätze kann man die Aufflandfläche des Fundaments in solcher Gröfse erhalten, dafs der dafelbst vorkommende grösste Normaldruck die zulässige Pressung des Baugrundes nicht überschreitet. Man kann indes, wenn man das Einsinken des Fundaments noch weiter verringern will, eine noch beträchtlichere Verbreiterung des Fundaments, d. i. eine Vermehrung der Zahl der Fundamentabätze vornehmen.

Bezüglich der Breiten- und Höhenabmessungen der Fundamentabätze wird in der Praxis vielfach gefehlt. Die Verteilung des Normaldruckes von einem kleineren Querschnitt auf einen tiefer gelegenen, gröfseren Querschnitt findet nämlich nur innerhalb gewisser Grenzen statt, und eine Verbreiterung des Fundamentkörpers ist nur dann von Wert, wenn diese Grenzen eingehalten werden; geht man über dieselben hinaus, so ist die betreffende Mauermaffe nicht nur zwecklos, sondern unter Umständen sogar nachteilig für den Bestand des Fundaments.

Theoretische Untersuchungen zeigen, dafs die Verteilung des vom Bauwerk ausgeübten Druckes in Form einer nach unten sich erweiternden Pyramide vor sich geht, deren Verjüngungsverhältnis innerhalb der Grenzen 1 : 2 und 1 : 1 gelegen ist. Erfahrungsgemäfs soll

Fig. 667.

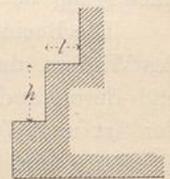


Fig. 668.

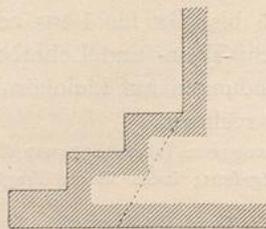
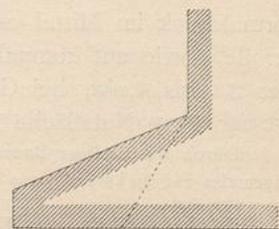


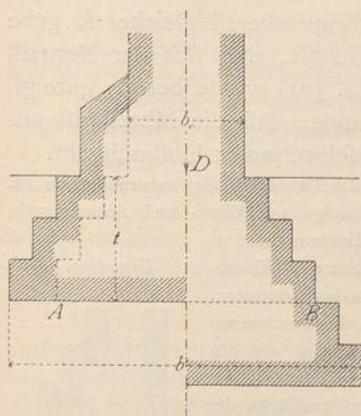
Fig. 669.



man das Verhältnis 1:1 nur in besonders günstigen Fällen erreichen, während das Verhältnis 1:2 unter allen Umständen genügt. Bringt man fonach die stetige Fundamentverbreiterung an, so find die Begrenzungslinien auf Grundlage der eben angeführten Ziffern zu wählen. Werden Fundamentabfätze angeordnet, so soll die Breite l die Höhe h derselben wenn möglich nicht erreichen; auch die Breite braucht aber nicht kleiner als die halbe Höhe zu sein (Fig. 667). Fundamentverbreiterungen, die nach einem größeren als dem angegebenen Verhältnis angeordnet werden, bedingen einerseits eine Mauerwerksverschwendung; andererseits können sie auch schädlich wirken, da sie unter Umständen Trennungen im Fundamentkörper herbeiführen (Fig. 668 u. 669¹⁸⁰).

Fig. 670.

Fig. 671.



Hat man demnach ein Bauwerk (Fig. 670 u. 671), das eine untere Breite b_0 hat und den Normaldruck D auf den Baugrund ausübt, zu gründen und ist die größte zulässige Pressung des Baugrundes für die Flächeneinheit K , so ist — eine zentrische Lage der Druckrichtung D vorausgesetzt — die Breite der Fundamentbasis für die Länge gleich 1

$$b = \frac{D}{K}.$$

Sobald K kleiner ist als die zulässige Druckbeanspruchung im Mauerwerk, so ist $b > b_0$. Um die erforderliche Fundamentbreite zu erhalten, fängt man mit der Anordnung der Fundamentabfätze möglichst hoch oben (bei Bauwerken ohne unterirdische

Räume nahe an der Erdoberfläche, sonst etwa in der Höhe der Kellerfohle) an. Ist die in Aussicht genommene Gründungstiefe t nicht zu klein und der Druck D nicht besonders groß, so wird man den beabsichtigten Zweck ohne weiteres erreichen. Bei größerer Belastung jedoch oder, wenn die tragfähige Schicht schon in geringer Tiefe zu finden ist, kann man auf diesem Wege allerdings zu einer zu geringen Basisbreite $AB (< b)$ gelangen. Ist nun das Ueberschreiten einer gewissen Gründungstiefe t nicht zulässig oder nicht wünschenswert, so kann man zwar die Fundamentbreite in derselben Tiefe auf das erforderliche Maß vergrößern, muß aber alsdann auch die entsprechende Verbreiterung des aufgehenden Mauerwerkes vornehmen (Fig. 670). Ist es dagegen vorzuziehen, die Gründungstiefe zu vergrößern, so legt man die Fundamentbasis in solche Tiefe, daß man bei zweckmäßiger Gestaltung der Fundamentabfätze die erforderliche Breite b erzielt (Fig. 671).

Die Vergrößerung der Fundamentbasis wird nicht immer durch unmittelbare Verbreiterung des Fundamentmauerwerkes vorgenommen; dazu dienen auch Sand- und Steinfüllungen, Betonschichten und Schwellroste.

γ) Man wendet fog. Erdbogen (siehe Abfchn. 2, Kap. 2, b, 1) und umgekehrte Gewölbe (siehe ebendaf., Kap. 2, a) an.

δ) Man vergrößert die Gründungstiefe. Schon früher (unter β) wurde gezeigt, wie durch die vermehrte Gründungstiefe die Vergrößerung der Fundamentbasis und dadurch die Verringerung des Druckes

¹⁸⁰ Francke hat in neuerer Zeit (in: Schweiz. Bauz., Bd. 35, S. 145) wieder solche theoretische Untersuchungen angestellt, auf Grund deren er für die erforderliche Stärke (Mächtigkeit) t eines Fundamentkörpers zur Formel

$$t = b \sqrt[3]{\frac{12 k b}{7 E}}$$

gelangt, wenn $2b$ die Breite dieses Fundamentkörpers, über welche sich der vom Bauwerk ausgeübte Druck noch verteilen soll, k die zulässige Beanspruchung des tragenden Baugrundes für die Einheit der Fläche und der Senkung und E die Elastizitätsziffer des Materials, aus dem das Fundament hergestellt ist, bezeichnen. Ist ω der Winkel, unter dem die Seitenflächen der oben erwähnten Druckverteilungspyramide zur Wagrechten geneigt sind, so ergibt sich für denselben der Ausdruck:

$$\operatorname{tg} \omega = \sqrt[3]{\frac{12 k b}{7 E}};$$

hiernach können die Begrenzungslinien der Fundamentabfätze eingezeichnet werden.

Wenn man den vom Bauwerk ausgeübten Normaldruck wieder mit D , auch hier zentrische Lage der Druckrichtung vorausgesetzt, bezeichnet, so beträgt der größte Bodendruck in der Mitte

$$\sigma_{\max} = \frac{0,75 D}{b}.$$

Beispiel: Es sei für fest gelagerten Kiesgrund $k = 14 \text{ kg}$ für 19 cm , $b = 400 \text{ cm}$ und für Mauerwerk $E = 21000$, so ergibt sich $\operatorname{tg} \omega = 0,74$ und $t = 296 \text{ cm}$. Würde statt Mauerwerk *Monier*-Masse mit dem Mittelwert $E = 66000$ gewählt werden, so würde eine Böschung $\operatorname{tg} \omega = 0,526$ und eine Fundamentstärke $t = 210 \text{ cm}$ hinreichend sein. Bei Anwendung von bestem Zementmörtel würde E auf 240000 steigen und dementsprechend t auf 137 cm herabgemindert werden können.

für die Flächeneinheit erreicht werden kann. Indes ist die Vermehrung der Gründungstiefe noch in anderer Weise wirksam, da hierdurch der vom Erdreich auf den Fundamentkörper ausgeübte Druck größer wird; infolgedessen ist auch der Reibungswiderstand größer, und der Normaldruck, den das Fundament auf den Baugrund zu übertragen hat, wird geringer¹⁸⁷⁾.

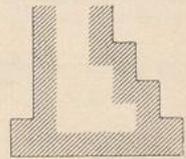
380.
Gleichmäßiges
Setzen.

Um das möglichst gleichmäßige Einsinken des Fundaments zu erzielen, beobachte man die folgenden Regeln.

1) Ist der Baugrund gleichartig und die Belastung eine überall gleiche, so gebe man der Aufstansfläche des Fundaments eine solche Gestalt, daß sich der Normaldruck gleichmäßig über dieselbe verteilt. In Art. 372 (S. 301) wurde bereits gezeigt, daß die Aufstansfläche alsdann so geformt werden muß, daß die Mittelkraft aus sämtlichen daselbst wirksamen Kräften durch den Basischwerpunkt hindurchgeht.

Diese Bedingung läßt sich indes nur dann erfüllen, wenn die Druckrichtung unveränderlich ist. Wenn jedoch die Mittelkraft aus sämtlichen wirksamen Kräften infolge von Wind- und Schneedruck, infolge wechselnder zufälliger Belastungen etc. eine veränderliche Richtung hat, so läßt sich die Aufstansfläche des Fundaments nicht in der angegebenen Weise anordnen, und in gewissen Fällen wird eine ungleichmäßige Druckverteilung eintreten. Dieser Uebelstand wird dann am wenigsten nachteilig sein, wenn man die Fundamentbasis so gestaltet, daß ihr Schwerpunkt von jener Mittelkraft getroffen wird, die den größten Normaldruck ergibt.

Fig. 672.



Das Bestreben, den Druck thunlichst gleichmäßig auf die Aufstansfläche des Fundaments zu verteilen, kann auch zu unsymmetrischer Anordnung von Fundamentabfätzen (Fig. 672) führen, indem man an jener Seite eine größere Zahl derselben anbringt, an der die ursprünglich exzentrische Druckrichtung dies erfordert.

2) Ist der Baugrund zwar gleichartig, die Belastung dagegen an verschiedenen Stellen des Bauwerkes verschieden, so muß man durch ungleichartige Anordnung und Konstruktion der einzelnen Fundamenteile die thunlichst gleichmäßige Beanspruchung des Baugrundes zu erzielen trachten. Wo die Belastung größer ist, verbreitert man die Aufstansfläche des Fundaments oder vergrößert die Gründungstiefe¹⁸⁸⁾, oder aber man konzentriert in den weniger belasteten Teilen des Bauwerkes den Normaldruck an einzelnen Stellen, ordne Erdbogen an etc.

Man kann auch durch die Gesamtanlage eines Gebäudes das ungleichmäßige Setzen desselben vermeiden, wenn man beachtet, wie sich die Lasten auf ihre Unterstützungen verteilen. So z. B. haben Mittelwände und einzelne Freistützen im Inneren der Gebäude häufig einen wesentlich größeren Druck aufzunehmen und auf den Baugrund zu übertragen, als die Außenwände. Man kann unter Umständen durch eine anderweitige Grundrisanordnung die gleichmäßigere Verteilung der Lasten erzielen.

Indes findet man bei den hohen Häusern nordamerikanischer Großstädte auch entgegengesetzte Verhältnisse. *Leithof* hat in Chicago beobachtet, daß die Fundamentmauern von im Inneren der hohen Häuser gelegenen Freistützen, welche bloß durch die Deckengewichte mit zusätzlicher Last belastet sind, wegen teilweisen Fehlens der letzteren, in der Regel eine geringere Belastung für die Flächeneinheit erfahren, als die durch das Eigengewicht stark belasteten Fundamentmauern der massiven Frontwandpfeiler. Hieraus erklärt sich die merkliche Neigung der Decken nach der Frontwand hin, die bei Gebäuden früherer Zeit mit 6 bis 9 Geschossen und massiven tragenden Frontwänden nicht selten auftritt¹⁸⁹⁾.

3) Ist der Baugrund nicht gleichartig, so muß man gleichfalls durch verschiedene Anordnung und Konstruktion der einzelnen Fundamenteile die sonst unausbleiblichen schädlichen Einsenkungen desselben verhüten.

¹⁸⁷⁾ Man erieht hieraus, daß man sich die Tragfähigkeit einer Bodenart, wie *Brennecke* sagt, aus drei Teilen zusammengesetzt denken kann: 1) aus der Tragfähigkeit an der Oberfläche, 2) aus der Zunahme der Tragfähigkeit infolge der Belastung durch die darüber lagernden Bodenmassen und 3) aus der Reibung, welche zwischen dem umgebenden Erdreich und den Außenwänden des Fundamentkörpers erzeugt wird. — Siehe auch: *Engels, H.* Untersuchungen über den Seitendruck der Erde auf Fundamentkörper. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1896, S. 409.

¹⁸⁸⁾ Für die Gründung des Reichstagshauses in Berlin war, nach Maßgabe der im Herbst 1883 vorgenommenen Bohrungen, bestimmt, daß die Sohlen der minder belasteten Teile auf + 31,2 bis + 31,3 m über Normal-Null, diejenige der 4 Ecktürme und der Kuppel auf + 30,5 m über Normal-Null anzulegen seien.

¹⁸⁹⁾ Siehe: *Zeitfchr. f. Bauw.* 1895, S. 223.

Ein ungleichartiger Baugrund bringt am leichtesten ungleichmäßige Senkungen im Fundamentkörper hervor. Diefelben bewirken, daß die an der Basis gelegenen Fundamenteile auf Biegung beansprucht werden; gewöhnliches Fundamentmauerwerk widersteht biegenden Kräften nur wenig; selbst größere Fundamentquader brechen erfahrungsgemäß unter dem Einfluß solcher Kräfte. Das Zerreißen und Zerbrechen des Fundaments ist ferner häufig die Folge ungleichmäßiger Setzungen.

Um die letzteren zu vermeiden, können je nach örtlichen Verhältnissen hauptsächlich dreierlei Mittel in Anwendung kommen.

a) An jenen Stellen, wo der Baugrund nachgiebiger ist, trachtet man durch Fundamentverbreiterung oder durch Vergrößerung der Gründungstiefe den Druck für die Flächeneinheit um so viel herabzumindern, daß die Pressung des ungleichartigen Baugrundes an allen Punkten nahezu dieselbe ist.

β) Man wählt eine Fundamentkonstruktion, welche biegenden Kräften besser zu widerstehen geeignet ist als Mauerwerk, wie: Sandfüllungen, Betonfichten ohne oder mit Eiseneinlagen und Schwellroste.

γ) Bei größeren Gebäuden wendet man in den einzelnen Teilen, der verschiedenen Beschaffenheit des Baugrundes entsprechend, auch verschiedene Gründungskonstruktionen an. Die verschiedenen gegründeten Gebäudeteile werden alsdann am besten stumpf aneinander gefügt, damit die vorkommenden ungleichmäßigen Senkungen in den einzelnen Teilen unabhängig voneinander eintreten können und keine schädlichen Trennungen im Mauerwerk hervorbringen. Erst wenn das Setzen stattgefunden hat, findet der entsprechende Höhenausgleich und die Vereinigung der einzelnen Teile statt.

Beispiele. a) Für die Gründung der Universitätsinstitute an der Dorotheenstrasse zu Berlin ergaben sorgfältige Bodenuntersuchungen, daß einst ein Wasserlauf der Spree das Grundstück von Südost nach Nordwest durchzogen haben mußte. Der tragfähige Baugrund fällt von 2,50 m unter Erdgleiche in der neuen Wilhelmstrasse anfangs allmählich, dann aber sehr rasch bis zu einer Tiefe von 20 m; in gleicher Weise senkt sich der tragfähige Sand von der Dorotheenstrasse nach dem Ufer der Spree hin.

Diesen Verschiedenheiten entsprechend wurden folgende Gründungsarten in Anwendung gebracht: mittlerer Teil des Mittelbaues vom physiologischen Institut — gemauertes Fundament in einer Tiefe von 1 m unter Grundwasser, ausgeführt bei Wassererschöpfen; übrige Teile des Mittelbaues und der südliche Flügel des physiologischen Instituts — Boden unter Wasser ausgebaggert, dann betoniert und das Wasser ausgepumpt; nördlicher Teil des Ostflügels und die um das große Auditorium nordöstlich und östlich gruppierten Bauteile — hölzerne Senkröhren; übriger Teil der Baualanlage — Pfahlrost (mit Pfählen bis 16 m Länge); Präzisionsarbeitsätze — Senkbrunnen¹⁹⁰⁾.

b) Auch beim Bau des neuen Reichstagshauses zu Berlin wurden in den einzelnen Teilen, der verschiedenartigen Beschaffenheit des Baugrundes und den verschiedenen Belastungen der einzelnen Gebäudeteile entsprechend, verschiedene Gründungsverfahren in Anwendung gebracht, und zwar: gewöhnliche gemauerte Fundamente, Fundamentmauerwerk mit Gegenbogen, Betongründung und Betonpfahlrost¹⁹¹⁾.

c) Sicherheit gegen seitliches Verschieben.

Das seitliche Verschieben oder das Abgleiten des Fundaments kann eintreten:

- 1) durch unzweckmäßige Lage der Aufständerfläche des Fundaments,
- 2) durch den Einfluß des Wassers, durch Gleichgewichtstörungen in den oberen Bodenschichten und durch anderweitige äußere Einflüsse.

An dieser Stelle wird nur von dem unter 1 angeführten Faktor die Rede sein.

Damit das seitliche Verschieben des Fundaments nicht eintrete, sind die folgenden Regeln zu beobachten.

1) Man lege die Aufständerfläche des Fundaments winkelrecht zur herrschenden Druckrichtung. Von dieser Lage der Fundamentbasis, die man auch die theoretische nennen kann, wurde schon in Art. 371 (S. 300) gesprochen.

Wenn ein Bauwerk oder ein bestimmter Konstruktionsteil derselben nur lotrechte Lasten zu tragen hat, so ist auch auf den Baugrund nur ein lotrechter Druck zu übertragen, und die Aufständerfläche des Fundaments wird vorteilhafterweise wagrecht gelegt. Treten jedoch noch seitliche Schübe, wie Erddruck, Gewölbschub, Winddruck etc., hinzu, so nimmt die Mittelkraft aus sämtlichen auf die Fundamentbasis

¹⁹⁰⁾ Näheres hierüber: KLEINWÄCHTER. Die Fundierung der Universitäts-Institute in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 359.

¹⁹¹⁾ Näheres hierüber: Der Bau des Reichstagshauses in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 25.