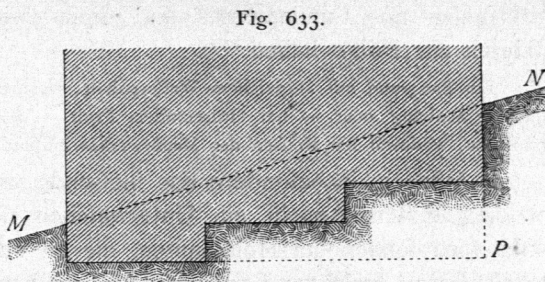


fläche ein Abgleiten desselben zur Folge haben. Wollte man andererseits eine stetig fortlaufende Basis MP , welche den theoretischen Anforderungen entspricht, zur Ausführung bringen, so wird das Volum des Fundamentkörpers wesentlich vermehrt, der letztere also vertheuert, und auch die Aushebung der Fundament-Grube wird kostspieliger, letzteres namentlich dann, wenn der Baugrund felsig ist.

In einem solchen Falle treppe man das Terrain ab, und zwar derart, daß die Begrenzungen der einzelnen Stufen normal, bezw. parallel zur herrschenden Druckrichtung gelegen sind. Haben die einzelnen Stufen eine grössere Länge und ist das zu fundirende Bauwerk stark belastet, so ist der über jeder Stufe stehende Mauerkörper unabhängig von den benachbarten auszuführen. Würde die Mauerung im Verbinde geschehen, so würde das den verschiedenen Höhen entsprechende, ungleichmäßige Setzen Trennungen im Mauerwerk hervorrufen. (Vergl. auch Art. 364, S. 243.)



d) Sicherheit gegen äußere Einflüsse.

Äußere Einflüsse, welche den Bestand der Fundamente gefährden können und die in Folge dessen für deren Construction und Ausführung maßgebend sind, rühren zumeist vom Wasser, von Gleichgewichtstörungen in den oberen Bodenschichten und von Gleichgewichtstörungen, welche in den tieferen Bodenschichten durch unterirdische Baue hervorgerufen werden, her.

1) Einfluss des Waffers. Derselbe macht sich in mehrfacher Weise geltend:

α) Die natürliche Bodenfeuchtigkeit wird im Winter dadurch schädlich, daß der Frost den Baugrund auflockert und denselben nachgiebiger macht. Nur wenige, vollkommen frostbeständige Felsarten widerstehen diesem Einfluss.

β) Das Grundwasser steigt im Fundament-Mauerwerk, event. auch im aufgehenden Mauerwerk empor, veranlaßt den feuchten Zustand der Wände und der von denselben umschlossenen Räume. Constructions-Materialien, welche der Feuchtigkeit nicht genügend widerstehen können, werden angegriffen, wodurch der Bestand des Bauwerkes gefährdet werden kann. Kohlensäurehaltiges Wasser, eben so feuchter Boden, der organische, in Verwesung begriffene Stoffe enthält, wirken besonders zerstörend auf das Mauerwerk ein. Unter Umständen tritt das Grundwasser auch in die unterirdischen Räume der Gebäude — seitlich oder durch die Kellerfohle — ein. (Siehe auch Art. 329, S. 234.)

γ) Quellen und sonstige Wasseradern, welche den Baugrund durchsetzen, führen eine Erweichung desselben mit sich; in Folge dessen tritt eine Senkung des Fundamentes ein.

In geschichteten, sonst widerstandsfähigen Felsarten können Wasseradern auch dann einen schädlichen Einfluss ausüben, wenn sie von geneigten Thon- oder Lehmschichten durchsetzt sind. Die letzteren werden durch das Wasser schlüpfrig, und es kann im Laufe der Zeit ein Abrutschen des Fundamentes eintreten¹⁵⁷⁾.

Quellen und anderes den Boden durchfließendes Wasser¹⁵⁸⁾ können auch ein

366.
Einfluss
des
Waffers.

¹⁵⁷⁾ Bei den Berggrutschungen zu Caub (1876), wo die Gebirgs-Formation aus Thonschiefer mit eingelagerten Dachschieferflötzen besteht, war die auf der nordwestlichen Seite zu Tage tretende Lettenschicht durch die vorhergehenden anhaltenden Regengüsse wie mit Seife geschmiert und hatte den Fels- und Schuttmassen als Rutschfläche gedient. (Vergl. Deutsche Bauz. 1876, S. 291.)

¹⁵⁸⁾ Hierzu gehört auch das Wasser, welches aus Flufs- und Strombetten in die Uferwandungen sickert, was namentlich bei Hochwasser eintritt und auf den Bestand von auf den Ufern errichteten Bauwerken zerstörend wirken kann.

Mehrere der alt-ägyptischen Denkmalbauten, wie z. B. der Palaß von Karnak, die meisten Monumente Thebens etc.

Unterfpülen des Fundamentes und dieses wieder eine beträchtliche Senkung des letzteren zur Folge haben ¹⁵⁹⁾.

Ein Baugrund mit ungleichem Wassergehalt, welcher nicht gleichmäfsig entwässert wird, kann eine ungleiche Senkung oder — bei eintretendem Frost — selbst eine ungleiche Hebung von Gebäudetheilen veranlassen, wodurch ein Reißen des Mauerwerkes eintritt ¹⁶⁰⁾.

δ) Offenes, insbesondere das fließende und das wellenschlagende Wasser können bei fortgesetztem Angriff ein Unterwaschen des Fundamentes herbeiführen. Dieser Punkt wird ferner bei Hochbauten, die an und in Teichen, Seen, Flüssen, oder am Meeresufer zu errichten sind, besonders zu berücksichtigen sein.

ε) Bisweilen ist auch der vom Wasser erzeugte Auftrieb für Construction und Ausführung der Fundamente von Einfluss. Kommt ein Bauwerk unmittelbar auf Felsen oder auf eine sonstige wasserundurchlässige Bodenart zu stehen, so ist ein Auftrieb nicht vorhanden. Wenn jedoch das betreffende Bodenmaterial vom Wasser durchzogen wird, ist in vielen Fällen der Auftrieb in Betracht zu ziehen.

Diesen verschiedenartigen nachtheiligen Einflüssen des unter- und oberirdischen Wassers muss in geeigneter Weise begegnet werden. Es sind in dieser Beziehung nachstehende Regeln zu beobachten.

Ad α). Die Fundament-Basis ist in frostoffreie Tiefe zu legen. In unseren Klimaten dringt der Frost meist nur in eine Tiefe von 0,8 bis 1 m ein; deshalb ist mindestens eine Fundirungs-Tiefe von 1 bis 1,25 m zu wählen.

Bei allen wichtigeren Bauwerken ist die grössere der beiden angegebenen Grenzziffern zu verwenden; nur bei Nebengebäuden, bei Einfriedigungen etc. kann man eine geringere Gründungstiefe wählen. Bei vollkommen frostoffbeständigem Felsen kann man auch unter 1 m Tiefe gehen.

Ad β). Dem schädlichen Einfluss des Grundwassers muss durch entsprechende Dichtungs- und Entwässerungs-Anlagen, so wie durch Wahl geeigneter Constructionsmaterialien vorgebeugt werden.

Damit das Grundwasser im Mauerwerk nicht emporsteige, bringe man fog. Isolirschichten an, von denen noch im nächsten Bande dieses »Handbuches« (Abth. III, Abfchn. 1, A, Kap.: Schutz gegen Feuchtigkeit und Witterungseinflüsse) die Rede sein wird.

Das Fundament-Mauerwerk soll ferner möglichst wasserdicht nach den Seiten hin abschliessen, damit kein Wasser in die Souterrain-Räume eindringe; es kann dies durch möglichst wasserdichte Mauerung, noch besser durch Anlage von Luftgräben und durch zweckmäfsige Entwässerungs-Anlagen ausserhalb des Fundament-Mauerwerkes erzielt werden. Das Grundwasser darf auch nicht durch die Kellerfohle emporsteigen, was durch Lehm- und Beton-Schichten, durch umgekehrte und entsprechend gedichtete Gewölbe, besser

sind hauptsächlich deshalb in Verfall gerathen, weil ihre ohnedies nicht sehr sorgfältig ausgeführten Fundamente vom Nil-Wasser, welches bei den periodischen Ueberschwemmungen in das Ufergelände einsickert, einen zerstörenden Einfluss erfahren haben.

¹⁵⁹⁾ Die schon in der Fussnote 150 (S. 248) erwähnten Hagen'schen Versuche bezogen sich auch auf den Einfluss, den Wasser auf einige Bodenmaterialien ausübt.

Liefs man in eine Schüttung von trockenem Sande Wasser von unten eintreten und dieses mit einer Druckhöhe wirken, welche sich etwa 3 cm über die Oberfläche erhob, so verlor der Sand alle Festigkeit und quoll stellenweise hoch auf. Liefs man aber das Wasser von oben nach unten durch die Masse fliefsen, so ergab sich eine bedeutend grössere Tragfähigkeit.

Beim Durchlassen von Wasser durch die Sandschicht von unten wird die Tragfähigkeit immer noch etwas grösser, als bei trockenem Sande, der lose aufgeschüttet wird, aber kleiner als bei trockenem, fest gestampftem Sande, in dessen nur so lange, als die Druckhöhe des Wassers sich nicht auf mehr als einige Millimeter über die Oberfläche des Sandes erhebt und die Oberfläche nicht mehr aufpült.

Beim Durchfliefsen des Wassers von oben nach unten wird die Tragfähigkeit 4- bis 5-mal so gross, als bei trockenem, lose aufgeschüttetem Sande.

Die Versuche mit verschiedenen, auch sehr steifen Thonarten ergaben, dass dieselben sich ähnlich wie Flüssigkeiten verhalten, dass die Tragfähigkeit nahe dem Gewichte der verdrängten Thonmasse gleich ist und ein auf Thon gelagertes Gebäude somit eigentlich immer schwimmt. Es scheint sich ferner aus diesen Versuchen zu ergeben, dass für verschiedene drückende Flächen die Einfenkungen den Quadraten dieser Flächen umgekehrt proportional sind.

¹⁶⁰⁾ Als Beispiel kann u. A. ein in Oberhessen erbautes Bahnwärterhaus der Main-Wefer-Bahn angeführt werden, wovon ein Theil durch das in der wasserführenden Bodenschicht gebildete Eis gehoben und dadurch von dem in seiner früheren Lage verbliebenen Theile abgerissen wurde.

durch die oben erwähnten Entwässerungs-Anlagen (vergl. Art. 347 u. ff., S. 243) zu geschehen hat. Auch solche Constructionen werden später noch zu besprechen sein.

Um den zerstörenden Einfluß der Feuchtigkeit auf die Constructionen-Materialien zu verhüten, müssen dieselben in entsprechender Weise gewählt, bezw. in geeigneter Weise verwendet werden. In letzterer Beziehung ist namentlich bei Anwendung von Holz zu beachten, daß dasselbe stets unter Wasser bleibe und nicht dem schädlichen Wechsel von Nässe und Trockenheit ausgesetzt werde. Die Oberkante jeder hölzernen Fundament-Construction soll deshalb mindestens 30, besser 50 bis 75 cm unter dem niedrigsten Grundwasserspiegel gelegen sein. Es ist stets die größere Ziffer, wenn nöthig eine noch tiefere Lage der Holz-Construction zu wählen, wenn die Möglichkeit vorliegt, daß durch Anlage einer städtischen Canalisation, durch Tieferlegung des nächst gelegenen Recipienten etc. eine Senkung des Grundwasserspiegels eintreten könnte.

Ad γ). Ist der Baugrund von Wasseradern durchsetzt, so gehe man entweder mit der Fundament-Basis bis unter die wasserführende Schicht, oder besser man entwässert die letztere in der schon in Art. 347 (S. 243) besprochenen Weise. Sind Quellen vorhanden, so fasse man sie, wie an derselben Stelle gleichfalls schon gesagt wurde, oberhalb des Fundamentes derart ab, daß ihr Abfluß keine Störung erleidet.

Erforderlichen Falles kann auch durch eine Spundwand-Umschließung das seitliche Ausweichen des Baugrundes oder auch ein Auswaschen desselben verhütet werden.

Ad δ). Bei Gründungen am und im stehenden oder fließenden Wasser verhüte man das Unterwaschen des Fundamentes durch eine entsprechend tiefere Gründung, durch Umschließung mit einer Spundwand und durch Steinschüttung.

Wenn man die Fundament-Basis in eine solche Tiefe verlegt, in der das Wasser eine sehr geringe Geschwindigkeit hat, in der es also überhaupt keinen Angriff auf den Boden ausübt, so ist der beabsichtigte Zweck erreicht.

Spundwände (siehe Art. 154 u. ff., S. 109) werden entweder vollständig dicht hergestellt, oder sie umschließen das Fundament in solcher Weise, daß jede nachtheilige Bewegung des Wassers vermieden wird. Beide Anordnungen werden in vielen Fällen genügen. Doch thut man auch hier besser, wenn man mit dem Fundamente in solche Tiefe herabgeht, in welcher das Wasser nur eine geringe Strömung hat; denn die Spundwand schützt zwar den Boden unter dem Fundamente gegen Fortspülung; allein ein seitliches Fortspülen des Bodenmaterials um die Spundwand herum und das dadurch hervorgerufene Ausweichen derselben wird nicht verhütet.

Steinschüttungen müssen aus so großen Steinen gebildet werden, daß sie vom Wasser nicht fortbewegt werden¹⁶¹⁾. Die Steinschüttungen kommen entweder allein oder in Verbindung mit Spundwänden zur Verwendung. Im letzteren Falle haben sie die Standfestigkeit der Spundwände zu erhöhen und das Wegspülen des Bodenmaterials um dieselben herum zu verhüten.

Auch hier müssen hölzerne Constructionstheile des Fundamentes stets unter Wasser sein und deshalb ihre Oberkante mindestens 50 cm unter den bekannten niedrigsten Wasserstand gelegt werden.

Ad ε). Dem vom Wasser erzeugten Auftriebe muß eine solche Masse entgegengesetzt werden, daß sich beide das Gleichgewicht halten. Soll z. B. die Sohle eines Reservoirs oder sonstigen Beckens durch das Grundwasser nicht gehoben werden, so muß der Baukörper, der die Sohle bildet, eine solche Dicke erhalten, daß sein Gewicht mindestens eben so groß ist, als der wirkfame Auftrieb. In gleicher Weise ist zu verfahren, wenn eine Baugrube trocken gelegt und durch einen wasserdichten Baukörper die Wasserzuflutung auf ihrer Sohle verhindert werden soll.

Die Dicke d solcher, dem Auftrieb entgegenwirkenden Baukörper (meist Mauer- und Beton-Schichten) läßt sich aus der Gleichung

$$d = \frac{t}{\gamma}$$

¹⁶¹⁾ Stellt man sich die Steine als Würfel von der Kantenlänge a vor, so muß

$$a > \frac{\gamma}{2\gamma_0 g f} v^2$$

sein, wenn γ das Gewicht der Volumeinheit Wasser, γ_0 das Gewicht der Volumeinheit Stein, v die Geschwindigkeit des Wassers, g die Beschleunigung der Schwere und f den betreffenden Widerstands-Coefficienten bezeichnet. Der Coefficient von v kann im Mittel zu 10 angenommen werden.

berechnen, wenn t die Höhe der drückenden Wasserfülle (die Wassertiefe) und γ das Gewicht der Volumeneinheit des betreffenden Baukörpers bezeichnet. Indes erhält man auf diese Weise stets eine zu große Dicke, weil das Wasser zwischen den Bodentheilen einen Widerstand erfährt und deshalb seine Bewegungsgeschwindigkeit kleiner ist, als jene, welche der wirklichen Druckhöhe entsprechen würde. Bei grobem Kiesboden wird in Folge dessen die nach aufwärts wirkende Kraft auf etwa die Hälfte, bei sandigem Baugrund auf etwa ein Drittel des theoretischen Auftriebes herabgemindert. Meistens wird deshalb schon die Hälfte der nach obiger Formel berechneten Dicke genügen¹⁶²⁾.

Wirken auf ein Bauwerk außer lothrechten auch wagrechte Kräfte, so sind bei Auffuchung der Gesamteresultanten die lothrechten Kräfte um das Maß des Auftriebes zu verringern.

367.
Gleichgewichts-
störungen
im
Baugrund.

2) Gleichgewichtstörungen in den oberen Bodenschichten. Dieselben können hervorgebracht werden:

α) Durch örtliche Veränderungen, die in den meisten Fällen durch Bodeneinschnitte und sonstige Erdarbeiten entstehen, und ein Abgleiten des Bauwerkes erzeugen können.

β) Durch Wasseransammlung in den tieferen Theilen der Erdrinde; hierdurch wird nicht selten ein Angriff und eine Lösung der zu Tage liegenden Erdschicht hervorgerufen, welche ein Nachsinken höher gelegener Schichten und der darauf gegründeten Bauwerke zur Folge haben kann¹⁶³⁾.

γ) Gleichgewichtstörungen in den tieferen Bodenschichten. Die hier in Frage kommenden Gleichgewichtstörungen sind hauptsächlich diejenigen, welche durch unterirdische Baue, wie Bergwerks- und Wasserstollen, Tunnel etc., so wie durch die damit verbundenen Wasserentziehungen und Einbrüche hervorgebracht werden¹⁶⁴⁾.

Durch solche Einflüsse kann eben so ein Bersten des Fundamentes, wie ein Abgleiten desselben stattfinden.

Um in allen derartigen Fällen die zu errichtenden Gebäude vor einer späteren Gefährdung nach Thunlichkeit zu schützen, muß man Constructionen und Sicherungen ausführen, bei denen auf die Möglichkeit einer später eintretenden Lagenveränderung Rücksicht genommen ist. Allgemeine Regeln lassen sich hierbei nicht aufstellen, da die maßgebenden örtlichen Verhältnisse ungemein verschieden sind. Es läßt sich an dieser Stelle nur allgemein sagen, daß man dem Abgleiten die entsprechenden Massen, dem Bersten des Fundamentes Constructionen entgegenzusetzen muß, die eine größere Zugfestigkeit haben, als Mörtelmauerwerk.

In Theil III, Bd. 6 (Abth. V, Abschn. 1, Kap. 3) wird von der Einwirkung der Bodensenkungen auf Gebäude und den Sicherungen dagegen noch eingehend die Rede sein.

e) Fundirungs-Tiefe.

Es war im Vorhergehenden mehrfach Anlaß, von der Größe der Fundament-Tiefe und von einigen Factoren, welche dieselbe beeinflussen, zu sprechen. Es dürfte

368.
Fundirungs-
Tiefe.

¹⁶²⁾ Vergl. auch: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 85.

¹⁶³⁾ Als Beispiele von Bauwerken, welche durch Gleichgewichtstörungen in den obersten Bodenschichten gelitten haben, können die von den Berggrüben zu Aachen etc. berührten Gebäude genannt werden.

¹⁶⁴⁾ Der unterhöhlte Baugrund in den Kohlenrevieren Rheinlands und Westphalens hat mehrfach schädliche Veränderungen erlitten. Die Stadt Essen steht auf einem Terrain, das der Steinkohlen-Formation angehört, von mehreren Kohlenflözen durchsetzt und von einer Kreidemergelschicht überlagert ist. Durch den Abbau jener Kohlenflöze erfährt die Mergelschicht theils durch Wasserentziehung, theils durch zeitweise Einbrüche örtliche Einsenkungen. Die Gebäude kommen alsdann entweder auf die durch die Einsenkungen gebildeten Mulden oder auf die betreffenden Sattel zu stehen und werden hierbei einer Biegung ausgesetzt, welche ein Reißen der unteren Mauerfichten und ein Klaffen der Stosfugen nach unten oder oben zur Folge hat.