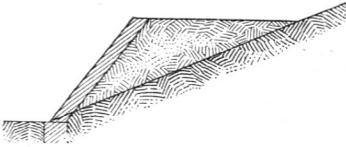


Fig. 125.



2) indem man Auftrag und Abtrag auszugleichen fucht (Fig. 123) und

3) indem man die Horizontale nur durch Abgrabung gewinnt (Fig. 124).

In Fig. 122 hat man bei a eine Stützmauer, in Fig. 123 bei a eine Stützmauer, bei b eine Futtermauer, in Fig. 124 bei b eine Futtermauer.

Ist das Terrain ab ein felliges, so genügt in Fig. 123 u. 124 bei b eine Verkleidungsmauer; nimmt man in Fig. 122

nach vorn eine flachere Böschung (Fig. 125), die jedoch noch immer so steil ist, daß der aufgeschüttete Boden ohne Schutz rutschen würde, so hat man eine Steinbekleidung anzuwenden.

Die horizontale Terrainfläche in Fig. 122 bis 125 nennt man eine »Terrasse«. Wird eine Berglehne so umgestaltet, daß anstatt der früheren Steigung sich mehrere derartige Horizontalebene ergeben, so nennt man sie eine »terrassirte«. Die Terrassen werden im folgenden Kapitel besprochen werden.

Die Aufgabe, solche Mauern zweckmäßig zu construiren, ist eine keineswegs leichte, da hierbei die verschiedenartigsten Factoren zu beachten sind. Ja, wir dürfen behaupten, daß bei keiner Art von Bauwerken so viele Einstürze vorkommen, als gerade bei den vorliegenden. Namentlich ist dies bei den Futtermauern der Fall. Hat man bei trockener Jahreszeit die Abgrabung gemacht, und sieht, wie die Bergwand lothrecht da steht, so läßt man sich leicht dazu verführen, die Futtermauer recht schwach anzunehmen oder gar nur eine Verkleidung anzubringen. Kommt aber der Winter und füllen sich die Wasseradern des Berges, so setzen sich die scheinbar so festen Schichtungen in Bewegung; die Mauer hat den vollen Erd- druck auszuhalten, auf den sie nicht berechnet war, und stürzt ein.

Zunächst hat man sich also die Frage nach der zu wählenden Stärke vorzulegen. Die Methoden der Berechnung derartiger Mauern sind zahlreiche und zum Theil sich widersprechende. Da aber Stützmauern von bedeutender Höhe nicht in das Gebiet des Architekten, sondern das des Ingenieurs fallen, so werden dem ersteren empirische Formeln Resultate von ausreichender Genauigkeit geben.

a) Mauerstärke.

1) Stärke der Stützmauern. Ist h die gegebene Höhe einer Stützmauer und b die gesuchte mittlere Stärke derselben, so nehme man in einfachen Fällen:

α) für gut construirt und sorgfältig gearbeitete Mauern bei trockener, horizontal gelagerter Hinterfüllung

$$b = \frac{2}{7} h;$$

β) für Mauern gewöhnlicher Construction und nicht zu nasser Hinterfüllung

$$b = \frac{1}{3} h;$$

Fig. 126.

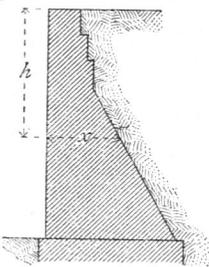


Fig. 127.

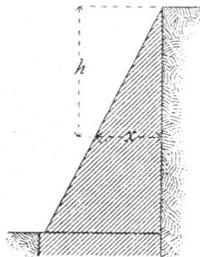
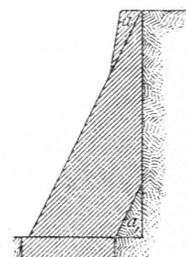


Fig. 128.



γ) bei einem thonigen oder lehmigen Hinterfüllungsmaterial, das in Folge von Nässe oder Quellenbildung dem Abrutschen ausgesetzt ist,

$$b = \frac{3}{7} h.$$

Etwas genauere Resultate für im Trockenem und am Waffer stehende Stützmauern bis zu 10 m Höhe geben *Intze's* Formeln¹⁵³⁾. Für eine an der Rückseite abgetreppte oder abgeböfchte, an der Vorderseite vertical oder mit geringer Neigung ($\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$) ausgeführte Mauer (Fig. 126) ergibt sich die Mauerstärke x in der beliebigen Tiefe h unter der Kronenhöhe:

α) bei naffem Hinterfüllungsboden

$$x = 0,4 h + 0,016 h^2;$$

β) bei trockenem Hinterfüllungsboden

$$x = 0,32 h + 0,011 h^2.$$

Für eine Mauer mit lothrechter hinterer Begrenzung (Fig. 127) ergibt sich:

γ) bei naffem Hinterfüllungsboden

$$x = 0,38 h + 0,006 h^2;$$

δ) bei trockenem Hinterfüllungsboden

$$x = 0,301 h.$$

Profile für Stützmauern mit Unterschneidung (Fig. 128) können als blofse Modificationen des vorigen Profiles angesehen werden, welche sich ergibt, wenn für das aus praktischen Rücksichten an der Vorderseite erforderliche Profilstück a ein nahezu eben so großes Stück a_1 an der Hinterseite weggeschnitten wird.

Für ein Profil, welches an der Vorderseite $\frac{1}{6}$ geböfcht, an der Rückseite vertical ist, giebt *Häfeler* folgende Tabelle.

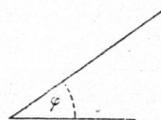
Kronenbreite von Stützmauern:

| Sichtbare Mauerhöhe | bei einer Ueberfüllung von | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 bis 1 m | 3 m | 6 m | 9 m | 12 m | 15 m | 20 m | 25 m | 30 m |
| 1 | 0,64 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 |
| 2 | 0,84 | 0,99 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 |
| 3 | 1,04 | 1,21 | 1,31 | 1,34 | 1,34 | 1,34 | 1,34 | 1,34 | 1,34 |
| 4 | 1,24 | 1,42 | 1,54 | 1,62 | 1,64 | 1,64 | 1,64 | 1,64 | 1,64 |
| 5 | 1,44 | 1,62 | 1,76 | 1,86 | 1,92 | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 1,94 |
| 6 | 1,64 | 1,82 | 1,97 | 2,09 | 2,17 | 2,22 | 2,22 | 2,22 | 2,22 |
| 7 | 1,84 | 2,03 | 2,18 | 2,31 | 2,41 | 2,48 | 2,54 | 2,54 | 2,54 |
| 8 | 2,04 | 2,23 | 2,39 | 2,53 | 2,64 | 2,73 | 2,82 | 2,82 | 2,82 |
| 9 | 2,24 | 2,43 | 2,60 | 2,74 | 2,86 | 2,96 | 3,08 | 3,14 | 3,14 |
| 10 | 2,44 | 2,63 | 2,80 | 2,95 | 3,08 | 3,19 | 3,33 | 3,41 | 3,44 |
| Meter. | Meter. | | | | | | | | |

Bei eingehenderen Unterfuchungen hat man den natürlichen Böschungswinkel φ (Fig. 129) in Rechnung zu ziehen. Es ist dies derjenige Winkel, unter welchem sich die lose aufgeschüttete Hinterfüllungs-erde abböfcht. Mittelwerthe dieses Winkels sind für

| | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------|----------|---------|-----------|
| trockenen Thon oder Lehm | naffen Thon oder Lehm | Sand und Kies | Dammerde | Waffer | |
| $\varphi = 45$ | 17 | 26 | 30 | 0 Grad. | Fig. 129. |

Auf Grundlage des Art. 318 bis 322 (S. 274 bis 277) in Theil I, Band 1 dieses »Handbuches« läßt sich eben so, wie bei einem Tonnengewölbe (siehe ebendaf. Art. 471, S. 439 u. Art. 479, S. 447), im Profil einer Stütz-, bzw. Futtermauer die



¹⁵³⁾ In: Deutsche Bauz. 1875, S. 232.

Stützlinie ermitteln; auch hier ist dieselbe die Verbindungslinie jener Punkte, in denen die Resultierende aus allen auf einen Mauerquerschnitt wirkenden äußeren Kräften diesen Querschnitt schneidet.

Mauern von gleichem Widerstande (d. h. solche, deren Stärke an jedem Punkte dem Erddrucke entspricht) erhält man bei nahezu horizontal abgeglicherer Hinterfüllung nach Zimmermann¹⁵⁴⁾, wenn man die Construction so wählt, daß sämtliche horizontale Lagerfugen von der Stützlinie in der vorderen Grenze des mittleren Drittels geschnitten werden. Das Profil solcher Mauern ermittelt man am einfachsten auf graphischem Wege, wobei *a priori* betreffs der Wirkungsweise des Erddruckes zwei Annahmen gemacht werden: α) daß der Erddruck in $\frac{1}{3}$ der Mauerhöhe angreife und β) daß der Erddruck mit der Hinterfläche der Mauer den Winkel $\lambda = 90^\circ - \varphi$ bilde. Bezeichnet man die Basisbreite der Mauer mit x , mit h wieder deren Höhe, so gilt hierfür die Formel

Fig. 130.

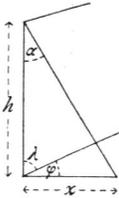
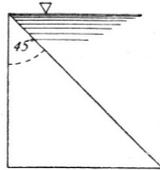


Fig. 131.



$$x = h \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \text{ oder } x = h \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2}.$$

Bezeichnet man außerdem den Winkel, welchen die hintere Mauerfläche mit der Verticalen bildet, mit α , so ist

$$\frac{x}{h} = \operatorname{tg} \alpha, \text{ mithin } \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2} \text{ und } \alpha = \frac{\lambda}{2}.$$

Man erhält also die Basisbreite zu einer beliebigen Höhe h , indem man an h den Winkel $\alpha = \frac{\lambda}{2}$ anträgt (Fig 130 u. 131).

In Fig. 130 ist für die Hinterfüllung $< \varphi = 26$ Grad angenommen; man hat also $\alpha = 32$ Grad anzutragen. In Fig. 131 ist Wasser die Hinterfüllung, mithin $\alpha = 45$ Grad.

Wird außer der im Profile überall gleichmäßigen Stabilität auch eine gleichmäßige Vertheilung des Lagerdruckes verlangt, was bei comprimierbarem Untergrunde der Fall sein wird, dann muß man ein Profil wählen, bei welchem die Stützlinie möglichst in die Mitte fällt. Dies wird nach Zimmermann¹⁵⁴⁾ beim

Fig. 132.

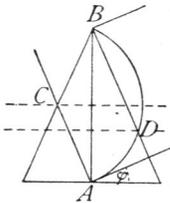


Fig. 133.

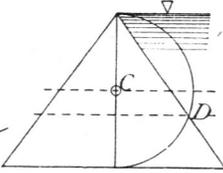
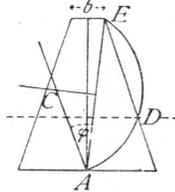


Fig. 134.



Profil des gleichschenkeligen Dreieckes erreicht. Man errichte in der Mitte A (Fig. 132 u. 133) der Mauerbasis die Senkrechte zur natürlichen Böschung bis zum Schnittpunkte C mit einer Horizontalen in halber Mauerhöhe und beschreibe aus C einen Kreis durch die Spitze B der Mauer (derselbe geht natürlich zugleich durch A); dieser schneidet die in $\frac{1}{3}$ der Mauerhöhe gezogene Horizontale in einem Punkte D der Hinterfläche. D ist zugleich Angriffspunkt

des Erddruckes. Hiermit ist die Neigung der Hinterfläche und, da die Vorderfläche dieselbe Neigung gegen die Verticale hat, das ganze Mauerprofil bestimmt.

Wie aus Fig. 132 u. 133 ersichtlich, wird in diesem Falle der Querschnitt wesentlich größer, als wenn nur gleichmäßige Stabilität verlangt wird.

Will man das Princip der durchweg gleichen Widerstandsfähigkeit verlassen und nur einen auf die horizontale Mauerbasis gleichmäßig vertheilten Druck erreichen, so muß man auf die Trapezform übergehen. Man nehme (Fig. 134) die obere Breite b beliebig an, vielleicht nach der Breite der Deckplatten oder bei höheren Mauern $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{4}$ der Höhe. Dann verbinde man A mit E und trage in A an AE den Winkel φ an; errichte in der Hälfte von AE die Senkrechte und schlage um C als Mittelpunkt einen Kreis durch E und A . Eine Horizontale in der Höhe $\frac{h}{3}$ wird von diesem in D geschnitten. Verbindet man E mit D , so erhält man die Hinterfläche der Mauer und symmetrisch dazu auch die Vorderfläche.

Den Trockenmauern giebt man (nach v. Kaven¹⁵⁵⁾ $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ der Stärke von Mörtelmauern.

¹⁵⁴⁾ In: Deutsche Bauz. 1881, S. 430.

¹⁵⁵⁾ Vorträge über Eisenbahnbau am Polytechnikum zu Aachen. II. Stützmauern und Steinbekleidungen. 3. Abdr. Aachen 1875.

2) Stärke der Futtermauern. Solche Mauern, welche auf die volle Höhe der Abgrabung geführt werden, erhalten nach *v. Kaven*¹⁵⁵⁾ ihre obere Stärke d , wenn h ihre sichtbare Höhe bezeichnet, nach der Formel

127.
Stärke
der
Futtermauern.

$$d = 0,29 \text{ m} + 0,17 h.$$

Für Futtermauern mit der Erdüberhöhung H (d. h. wenn das natürliche Terrain ansteigt) gilt die Formel

$$d = 0,29 \text{ m} + 0,27 h - 0,1 h \left(1 - \frac{H}{3h} \right)^2.$$

Für ein Profil, welches an der Vorderseite $\frac{1}{6}$ geböschet, an der Rückseite vertical ist, giebt *Häfele* folgende Tabelle.

Kronenbreite von Futtermauern:

| Sichtbare Mauerhöhe | bei einer Ueberhöhung von | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 bis 1 m | 3 m | 6 m | 9 m | 12 m | 15 m | 20 m | 25 m | 30 m |
| 1 | 0,46 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| 2 | 0,68 | 0,78 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 |
| 3 | 0,80 | 0,97 | 1,07 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| 4 | 0,97 | 1,15 | 1,27 | 1,35 | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,37 |
| 5 | 1,14 | 1,32 | 1,46 | 1,56 | 1,62 | 1,64 | 1,64 | 1,64 | 1,64 |
| 6 | 1,31 | 1,49 | 1,64 | 1,76 | 1,84 | 1,89 | 1,91 | 1,91 | 1,91 |
| 7 | 1,48 | 1,67 | 1,82 | 1,95 | 2,05 | 2,12 | 2,18 | 2,18 | 2,18 |
| 8 | 1,65 | 1,84 | 2,00 | 2,14 | 2,25 | 2,34 | 2,43 | 2,45 | 2,45 |
| 9 | 1,82 | 2,01 | 2,18 | 2,32 | 2,44 | 2,54 | 2,66 | 2,72 | 2,72 |
| 10 | 1,99 | 2,18 | 2,35 | 2,50 | 2,63 | 2,74 | 2,88 | 2,96 | 2,99 |

Meter.

Meter.

Handelt es sich um Futtermauern vor Abgrabungen, in denen erhebliche Bewegungen bereits angefangen haben, so sind die Stärken nach obigen Formeln nicht genügend. Wie dieselben alsdann zu bemessen sind, dafür läßt sich eine allgemeine Regel nicht geben. In folchem Falle bleibt nichts übrig, als zu probiren und eine etwa zu schwach ausgefallene Futtermauer durch Strebepfeiler abzustützen.

3) Stärke der Verkleidungsmauern. Nach *v. Kaven* erhalten dieselben folgende Mafse:

128.
Stärke
der
Verkleidungs-
mauern.

bis 2^m Höhe: 0,4^m, gleiche Stärke,

von 2 bis 6^m Höhe: 0,6^m, gleiche Stärke,

über 6^m Höhe: obere Stärke 0,7^m, untere Stärke $0,7 \text{ m} + \frac{h}{10}$.

4) Stärke der Steinbekleidungen an Erdauffschüttungen. Dieselbe ist abhängig von der stärkeren oder geringeren Neigung der Böschung und von dem Schüttungsmateriale des Erdkörpers, so daß sich auch hier allgemeine Regeln nicht geben lassen.

129.
Stärke
der Stein-
bekleidungen.

Bei vorsichtiger Schüttung und nicht zerfließendem Materiale kann man 1 $\frac{1}{2}$ -malige, selbst 1 $\frac{1}{4}$ -malige Böschungen¹⁵⁶⁾ ohne Bekleidung ausführen. Bis zur 1-maligen

¹⁵⁶⁾ Die schrägen Seitenflächen eines Erdkörpers nennt man Böschungen. Ist ein Punkt einer Erdböschung vom Böschungsfuß vertical gemessen 1^m, horizontal gemessen 1^m, 1 $\frac{1}{4}$ ^m, 1 $\frac{1}{2}$ ^m... entfernt, so sagt man, der Erdkörper habe 1-, 1 $\frac{1}{4}$ -, 1 $\frac{1}{2}$ -... malige Böschung. (Vor Einführung des Metermaßes war die Bezeichnung 1-, 1 $\frac{1}{4}$ -, 1 $\frac{1}{2}$ -... füsige Böschung üblich, die man auch jetzt noch vorfindet.)

Böschung wird in der Regel sofortige Rafenbekleidung genügen. Bei noch steilerer Böschung ist die letztere durch Steinbekleidung zu schützen, welche man bei $\frac{1}{2}$ -maliger Böschung bereits vollständig als Stützmauer zu behandeln und zu berechnen hat.

b) Construction und Ausführung.

130.
Wahl
des
Materials.

Bei der Wahl des Materials hat man in erster Linie darauf zu sehen, daß dasselbe, besonders zu der äußeren Ansicht, wetterbeständig sei. Hygrokopisches Material ist möglichst zu vermeiden, da sich die Feuchtigkeit des Berges oder der Schüttung in dasselbe hineinzieht und starker Frost nach und nach eine Zerstörung herbeiführt. Besonders gefährlich ist dies bei Bekleidung mit Marmor. Backsteinmauern, wenn sie nicht durch und durch von sehr hart gebrannten Steinen aufgeführt sind, bekommen bald ein scheckiges, häßliches Aussehen. Bei werthvollem und empfindlichem Materiale wird man gut thun, nicht allein die obere Fläche mit Asphalt abzudecken, sondern auch die ganze Hinterseite in Cement zu fugen und mit einem Gemisch von Goudron und Theer zu streichen. Will man noch weiter gehen, so legt man eine Luftschicht ein, wie dies z. B. bei der Stützmauer des Curgartens in Burtcheid (Fig. 144 u. 145) geschehen ist, wo außerdem auch Asphaltabdeckung angewendet wurde.

131.
Fugenschnitt.

Ist die Mauer nach außen geböschet, so wird der Fugenschnitt normal zur Böschungsfäche gestellt. Dies ist auch in statischer Beziehung dann zu empfehlen, wenn, wie bei den meist üblichen Profilen mit lothrechter Hinterwand, die Stützlinie annähernd parallel zur Böschungsfäche geht. Ist bei derartigen Profilen die Ansichtsfäche stark geneigt, so daß an der Hinterfäche ein zu starker Verhau des Materials stattfinden müßte, so wird der Fugenschnitt in der vorderen Hälfte der Mauer senkrecht zur Vorderfront, in der hinteren Hälfte senkrecht zur Hinterfront gestellt, so daß sich also in der Mitte der Mauer ein Knick in der Lagerfuge bildet. Eine stärkere Neigung als $\frac{1}{5}$ giebt man nicht gern, da bei horizontaler Fuge die Ansichtsfäche zu spitz werden, bei geneigter Fuge das Eindringen des Tagewassers zu sehr begünstigt wird.

132.
Befestigung
des
Fusses.

Bei der Ausführung derartiger Mauern aller vier Kategorien ist zunächst auf Sicherung des Fusses zu achten. Stets muß die Mauer etwas in den gewachsenen Boden vertieft werden, selbst wenn dieser aus festem Felsen besteht, da sonst leicht ein Abgleiten stattfindet. Bei Lehmboden und anderen Erdarten, eben so bei Feuchtigkeit aufnehmendem Gestein, ist für die Fundamentstärke die frostoffreie Tiefe maßgebend.

133.
Entwässerung.

Vor Errichtung von Futtermauern ist zu untersuchen, ob die Bergwand etwa quellig ist. In diesem Falle ist eine Trockenmauer, in Moos gefertigt, praktischer, als eine in Mörtel ausgeführte, da erstere das Bergwasser ungehindert hindurchtreten läßt. Oft kann man durch Drainiren eine genügende Abtrocknung des Terrains herbeiführen, wobei man dann die Hauptdrains durch die Futtermauer zu führen hat.

In Mörtelmauern läßt man in regelmäßigen Abständen schmale Schlitz, deren Sohle in Cement oder Hausstein abgewässert wird.

Um ein Verschlammen derselben zu vermeiden, werden die Oeffnungen an der Hinterseite bei der Aufmauerung zuerst mit grobem Geröll, dann mit Kies umpackt (siehe Fig. 149, S. 130).