

Es ergibt sich ohne Weiteres, daß die Banketts hierbei um so geringere Breite erlangen, je niedriger man die Höhe der einzelnen Sectionen annimmt, und daß bei hinreichend großer Anzahl von Sectionen das gebrochene Profil sich dem curvenförmigen Profile gleichen Widerstandes nähert. In Fig. III ist dieselbe Construction für 12 Sectionen wiederholt und die Curve eines Profils von gleichem Widerstande punktirt eingezeichnet. Daß diese Curve oben bei B_0 überhängt und sich der Theorie zufolge asymptotisch an die Horizontale anschließen müßte, hat kein praktisches Interesse, man wird vielmehr das Profil in dem oberen Theile bei B vertical begrenzen.

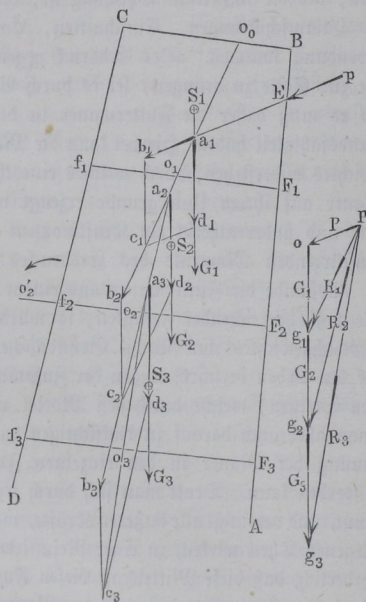
Es ist aus der Figur auch ersichtlich, in welchem Betrage man durch Anwendung eines derartigen gebrochenen oder gekrümmten Profils das Erforderniß des von dem Einschnitte beanspruchten Terrains ermäßigt, indem offenbar B_1C_1 in II oder BC in III diejenige Terrainbreite darstellt, welche durch das gebrochene bzw. gekrümmte Profil im Vergleiche mit dem geradlinig begrenzten A_1C_1 erspart wird. Daß die zur Herstellung des Einschnittes zu bewegenden Erdmassen dagegen in beiden Fällen gleich groß sind, geht aus dem Obigen hervor.

Futtermauern. Zur Stützung von Erdmassen, welche steilere Neigungen gegen den Horizont haben, als die natürliche Böschung ist, dienen die Futtermauern, welche bei Dammschüttungen, Einschnitten, Canalbauten u. s. w. vielfach zur Anwendung kommen. Der Erddruck gegen die Futtermauer ist bestrebt, dieselbe zur Seite zu drängen, sei es durch Verschiebung oder Drehung, und es muß daher die Futtermauer in beiden Hinsichten die genügende Widerstandsfähigkeit haben. Hierbei kann die Mauer lediglich vermöge ihres Eigengewichtes widerstehen, durch welches einestheils eine genügende Reibung der Mauer auf ihrem Untergrunde erzeugt wird, um eine Verschiebung zu hindern, und anderentheils ein Krastmoment regemacht wird, welches dem umstürzenden Momente des Erddruckes das Gleichgewicht zu halten vermag. Bestände die Futtermauer aus einem einzigen zusammenhängenden Stücke von hinreichender Festigkeit, so würde es genügen, die Bedingungen des Gleichgewichtes nur für die Grundfläche der Mauer zu erfüllen, in welcher sie den Boden berührt; wegen der Zusammensetzung der Mauer aus einzelnen Steinen, welche durch den Mörtel meist nur lose verbunden sind, wird man aber auch darauf zu rücksichtigen haben, daß möglicher Weise eine Trennung der Mauer in den einzelnen Fugen durch den Erddruck herbeigeführt werden kann. Denkt man sich durch irgend eine Lagerfuge die Mauer getrennt, und vereinigt alle äußeren Kräfte, welche auf den oberhalb dieser Fuge gelegenen Theil wirken, zu einer Resultirenden R , so ist zum Gleichgewichte erforderlich, daß diese Mittelkraft diesen Fugenschnitt selbst innerhalb der Mauer trifft, und daß sie mit der Normalen

der Schnittebene einen Winkel bildet, welcher kleiner ist als der Reibungswinkel für die Theile des Mauerwerkes auf einander. Wenn die Mittellkraft nämlich die Ebene der Lagerfuge außerhalb der Mauer treffen würde, so müßte ein Umkippen des betreffenden oberen Mauertheiles erfolgen, während eine Abweichung der Mittellkraft von der normalen Richtung um einen größeren als den Reibungswinkel ein Fortschieben des oberen Mauertheiles über den unteren zur Folge haben würde, vorausgesetzt, daß man von der Cohäsion des Mörtels absieht. Es wird zwar in den meisten Fällen der Anwendung der unterste Querschnitt, d. h. die Grundfläche der Mauer am meisten gefährdet sein, auch wird in der Regel das Umkippen früher eintreten, als das Fortschieben, doch können auch Ausnahmen hiervon stattfinden, so daß jedenfalls eine dementsprechende Prüfung nöthig ist.

Hierzu bietet die sogenannte Widerstandslinie oder Mittellinie des Druckes, auch Stützl意思 genannt, ein geeignetes Mittel. Man versteht hierunter diejenige Linie, welche man erhält, wenn man für sämtliche Fugen die Angriffspunkte der auf dieselben wirkenden Kräfte durch eine stetige Linie mit einander verbindet. Es sei etwa ein Mauerkörper $ABCD$, Fig. 29, welcher in E von einer Kraft P angegriffen wird, durch die Fugen-

Fig. 29.



schnitte F_1, F_2, F_3 in einzelne Theile zerlegt, deren Gewichte G_1, G_2, G_3 zc. in ihren Schwerpunkten $S_1, S_2, S_3 \dots$ wirksam zu denken sind. Eine Vereinigung der Kraft P mit dem Gewichte G_1 des obersten Steines durch das Parallelogramm der Kräfte $a_1 b_1 c_1 d_1$ liefert in $a_1 c_1$ die Mittellkraft R_1 , welche die Fuge F_1 in o_1 trifft. Vereinigt man weiter die Mittellkraft R_1 mit dem Gewichte G_2 des zweiten Steines durch das an den Durchschnitte a_2 beider angelegte Parallelogramm $a_2 b_2 c_2 d_2$, so erhält man in $R_2 = a_2 c_2$ die Mittellkraft aller Kräfte, welche auf den oberhalb der Fuge

F_2 gelegenen Mauerkörper wirken, d. h. die Mittelkraft von P und $G_1 + G_2$, und in o_2 den Angriffspunkt dieser Kraft in der Fuge F_2 . Führt man diese Construction durch Zusammensetzung der Kraft R_2 mit G_3 fort, so erhält man in o_3 den Angriffspunkt der Mittelkraft R_3 von P, G_1, G_2 und G_3 in der Fuge F_3 u. s. w. Eine Verbindung je zweier auf einander folgender Punkte durch gerade Linien liefert das Polygon $o_0 o_1 o_2 o_3 \dots$, welches in eine stetige Curve, nämlich die besagte Mittellinie des Druckes übergeht, sobald man die Fugen unendlich nahe an einander liegend voraussetzt. Es ist übrigens klar, daß man nicht nöthig hat, die einzelnen Parallelogramme wirklich zu construiren, denn wenn man aus den einzelnen Kräften $P, G_1, G_2, G_3 \dots$ das Kräftepolygon $p o g_1 g_2 g_3 \dots$ zeichnet, so erhält man in $p g_1, p g_2, p g_3 \dots$ der Größe und Richtung nach die Mittelkräfte $R_1, R_2, R_3 \dots$, mit denen man bezw. $a_1 c_1, a_2 c_2, a_3 c_3 \dots$ parallel zu ziehen hat.

Damit also die Mauer in jedem Querschnitte hinreichende Sicherheit gegen Umkippen darbiete, muß diese Widerstandslinie in ihrem ganzen Verlaufe innerhalb des Mauerkörpers verbleiben, denn es ist leicht ersichtlich, daß ein Umstürzen des oberen Mauertheiles durch eine Einsdrehung um den Punkt f_2 der Fuge F_2 erfolgen würde, wenn die Stützl原因 diese Fuge in einem Punkte o_2' außerhalb der Mauer treffen sollte. Als äußerste mit dem Gleichgewichte noch verträgliche Grenzlage für den Punkt o_2 hätte man daher die Kante f_2 anzusehen, wenn die Mauer aus absolut festem Material bestände, welches einer Zerbröckelung durch den darauf wirkenden Druck nicht unterworfen wäre. Da aber das Baumaterial nur einen gewissen erfahrungsmäßig zu bestimmenden Druck gestattet, ohne zerstört zu werden, so wird die Mittelkraft in keiner Fuge durch die äußerste Kante gehen dürfen, sondern von dieser Kante so weit zurückstehen müssen, daß der Druck sich auf eine genügend große Fläche vertheilt, wie dies im Folgenden noch näher erläutert werden soll. Damit ferner ein Abgleiten in keiner Fuge stattfinde, ist es, wie schon erwähnt, nöthig, daß in irgend welchem Punkte der Mittellinie des Druckes die Richtung der Kraft von der Normalen zur Druckfläche um weniger als den Reibungswinkel abweicht.

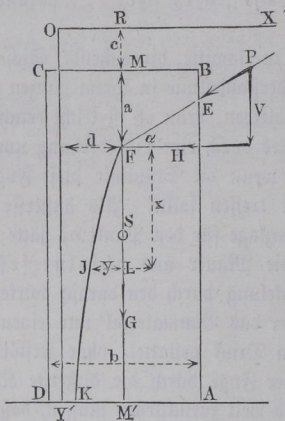
Der für die Sicherheit gegen Verschieben gefundenen Bedingung wird bei der beträchtlichen Größe des Reibungswinkels zwischen Mauerwerk in der Regel leicht genügt werden können, auch hat man in einer entsprechenden Neigung der Lagerfugen gegen den Horizont ein Mittel, um den besagten Abweichungswinkel zwischen der Mittelkraft und der Normalen immer hinreichend klein zu halten.

Es muß hierbei bemerkt werden, daß die Richtung der Mittelkraft in irgend welchem Punkte der Stützl原因 $o_0 o_1 o_2 \dots$ keineswegs mit der Tangente der Stützl原因 daselbst zusammenfällt, da z. B. die Richtung der Kraft

in o_1 nicht durch $o_1 o_2$, sondern durch $a_1 c_1$ gegeben ist. Es hüllen vielmehr die Kraftrichtungen $a_1 c_1, a_2 c_2, a_3 c_3 \dots$ eine gewisse andere Curve ein von der Beschaffenheit, daß die Tangente oa an diese Curve von einem beliebigen Punkte o der Stützlinie aus die Druckrichtung in diesem Punkte o der Stützlinie angiebt. Diese Linie $a_1, a_2, a_3 \dots$, welche etwa einem in den Eckpunkten a durch die Gewichte G belasteten Seilpolygone und bei unendlich kleinen Abständen einer Kettenlinie entspricht, wird gewöhnlich die Drucklinie, von Scheffler auch die Richtungslinie des Druckes genannt.

Die Form der Stütz- oder Widerstandslinie hängt, wie aus dem Vorhergehenden ohne Weiteres ersichtlich ist, wesentlich von der Art der Beanspruchung der Mauer durch äußere

Fig. 30.



Kräfte, wie auch von der Vertheilung der Gewichte, d. h. von der Profilform der Mauer ab. Nimmt man etwa ein 1 m langes Stück einer verticalen parallelepipedischen Mauer $ABCD$ von der Breite b , Fig. 30, an, und setzt voraus, dasselbe werde in einem Punkte E durch eine unter dem Winkel α gegen den Horizont wirkende Kraft P angegriffen, so sei die Mittellinie des Druckes durch die Curve FJK dargestellt. Für irgend eine horizontale Fuge LJ in der Tiefe $x = FL$ unter dem Durchschnittpunkte F der Kraft P und des Mauergewichtes G sei der Ab-

stand der Stützlinie von der Mittellinie MM' durch $JL = y$ ausgedrückt. Es muß dann für den Punkt J als Momentenmittelpunkt die Gleichung bestehen

$$P \cos \alpha \cdot x = P \sin \alpha \cdot y + G \cdot y \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

wenn G das Gewicht des oberhalb JL gelegenen Mauertheiles ML bedeutet. Ist nun γ_1 das specifische Gewicht des Mauerwerks, und wird die Höhe $MF = a$ gesetzt, so hat man

$$G = \gamma_1 b (a + x),$$

mit welchem Werthe obige Gleichung übergeht in

$$P \cos \alpha \cdot x = P \sin \alpha \cdot y + \gamma_1 b (a + x) y \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Denkt man noch die horizontale und verticale Componente von P durch Mauermassen von der Breite b und den Höhen d und c ersetzt, indem man

$$P \cos \alpha = H = \gamma_1 b d \text{ und } P \sin \alpha = V = \gamma_1 b c$$

setzt, so erhält man auch

$$\gamma_1 b d \cdot x = \gamma_1 b c \cdot y + \gamma_1 b (a + x) y$$

oder

$$x d = (c + a + x) y \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Diese Gleichung vereinfacht sich, wenn man den Koordinatenanfang für die Ordinate x' und y' von F nach O verlegt, so daß

$$FR = a + c \text{ und } OR = d$$

gewählt wird, also

$$x' = c + a + x \text{ und } y' = d - y$$

zu setzen ist. Hiermit erhält man aus (3) die Gleichung

$$x' d - (c + a) d = x' (d - y')$$

oder

$$x' y' = d (c + a) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

welche Gleichung einer gleichseitigen Hyperbel entspricht, für welche OX' und OY' die Asymptoten sind. Man ersieht hieraus, daß der Abstand der Stützlinie von der Mitte der Mauer stets kleiner als $d = \frac{P \cos \alpha}{b \gamma_1}$ bleibt, wie hoch auch die Mauer sein möge, indem erst für $x' = \infty$, $y' = d$ wird. Die Stützlinie wird daher für jede beliebige Höhe noch im Innern der Mauer verbleiben, sobald man die Breite der Mauer aus

$$\frac{b}{2} = d = \frac{P \cos \alpha}{b \gamma_1}$$

zu

$$b = \sqrt{\frac{2 P \cos \alpha}{\gamma_1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

annimmt.

Wenn dagegen die Mauer nicht, wie ein Pfeiler, einer isolirten Kraft in einem Punkte, sondern dem über ihre ganze Fläche vertheilten Drucke einer Flüssigkeit oder einer Erdmasse ausgesetzt ist, so ermittelt sich die Stützlinie durch die folgende Betrachtung. Wählt man für die verticale parallelepipedische Mauer $ABCD$, Fig. 31 (a. f. S.), die Mittellinie OM als X -Axe und O als Anfangspunkt rechtwinkliger Coordinaten, so wirkt auf das Mauerstück COL von der Höhe $OL = x$ außer dem Eigengewichte $G = \gamma_1 b x$, der auf die Fläche BF vertheilte Druck der Flüssigkeit oder Erdmasse. Bei einer Flüssigkeit vom specifischen Gewichte γ_0 ist die resultirende Druckkraft bekanntlich durch $P = \gamma_0 \frac{x^2}{2}$ gegeben, welche Kraft in einem Abstände

$FE = \frac{x}{3}$ von der Fuge F wirkt. Bei einer Erdmasse ist dieser Druck

