Während nun für cohäsionslose Massen die Bedingungsgleichung für den Grenzzustand

$$max\ \frac{s}{n} = tang\ \varrho = \varphi$$

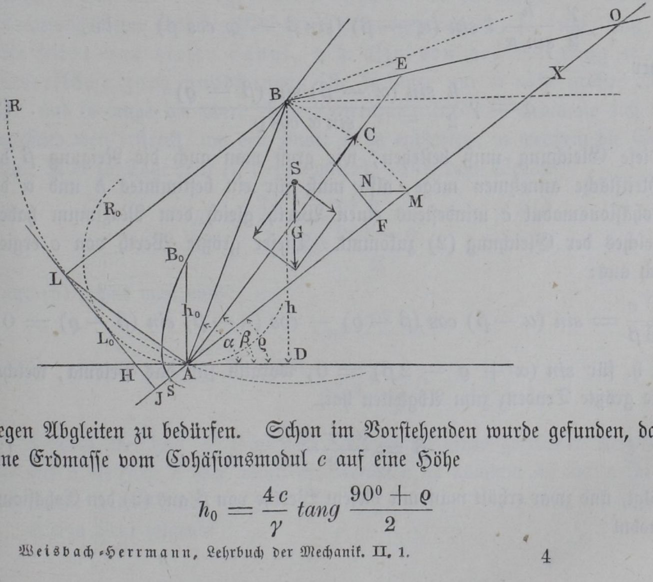
gilt, ist diese Bedingung in dem Falle, in welchem durch die Cohäsion von der Schubspannung s direct ein gewisser Theil bis zum Betrage c neutralisirt wird, durch

$$max\ \frac{s-c}{n} = tang\ \varrho = \varphi$$

gegeben. Demzufolge ergiebt sich die Construction dahin, daß man $OC = OK = c$ zu machen und durch C und K die Geraden CU' parallel mit OU und KV' parallel mit OV zu ziehen hat, um in dem durch A gehenden Kreise M', welcher CU' und KV' berührt, die graphische Darstellung für die Spannungen der einzelnen Flächen in dem Punkte A zu erhalten. Für die Ebene AU' ist dann die Spannung durch $OU' = OC + CU'$ ausgedrückt, von welcher die Componente $OC = c$ durch die Cohäsionskraft direct neutralisirt wird, während die Componente CU' von der Fläche wegen deren Reibungsfähigkeit noch aufgenommen werden kann.

Böschung cohärenter Erdmassen. Während eine cohäsionslose, durch eine Futtermauer nicht gestützte Masse nach dem Vorstehenden nur bei einem Abhange im Gleichgewichte sein kann, welcher den natürlichen Böschungswinkel ϱ nicht übersteigt, können mit Cohäsion begabte Massen auch bei steileren Böschungen im Gleichgewichte sein, ohne einer Stützung §. 10.

Fig. 25.



gegen Abgleiten zu bedürfen. Schon im Vorstehenden wurde gefunden, daß eine Erdmasse vom Cohäsionsmodul c auf eine Höhe

$$h_0 = \frac{4c}{\gamma}\ tang\ \frac{90^0 + \varrho}{2}$$

vertical abgestochen werden kann, indem für diesen Fall der active Erddruck gleich Null ausfällt.

Wenn die Höhe der Erdmasse größer ist, als dieser Werth h_0, so kann sich die Masse ohne Stützung nur halten, wenn sie unter einer bestimmten Böschung ansteigt, deren Betrag sich folgendermaßen bestimmen läßt. Es sei AB, Fig. 25 (a. v. S.), die vordere gegen den Horizont unter dem Winkel α ansteigende ebene Fläche einer cohärenten Erdmasse, welche von dem Punkte B in der Höhe $DB = h$ über dem Fuße aus durch eine ebene unter dem Winkel ω gegen den Horizont geneigte Oberfläche begrenzt ist, wobei ω den natürlichen Böschungswinkel ϱ nicht überschreiten soll, sonst aber ganz beliebig sein kann. Damit diese Masse im Gleichgewichte verharre, muß irgend ein keilförmiges Prisma ABE vom Gewichte G an dem Abgleiten auf der Ebene AE von der Länge l durch die Reibung daselbst und die Cohäsion $C = lc$ verhindert werden. Man hat daher, unter $\beta = EAD$ die Neigung dieser Gleitfläche verstanden, die Bedingung:

$$G \sin \beta = \varphi\, G \cos \beta + l c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Für das Gewicht G kann man setzen:

$$G = \gamma\, \frac{AB . AE}{2} \sin (\alpha - \beta) = \frac{\gamma}{2}\, \frac{h}{\sin \alpha}\, l \sin (\alpha - \beta),$$

und daher erhält man mit diesem Werthe aus (1)

$$\frac{\gamma}{2}\, \frac{h}{\sin \alpha}\, l \sin (\alpha - \beta)\, (\sin \beta - \varphi \cos \beta) = l c$$

oder

$$c = \gamma\, \frac{h}{2}\, \frac{\sin (\alpha - \beta) \sin (\beta - \varrho)}{\sin \alpha \cos \varrho} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Diese Gleichung muß bestehen, wie groß man auch die Neigung β der Gleitfläche annehmen möge, also muß für ein bestimmtes h und α der Cohäsionsmodul c mindestens einen Werth gleich dem Maximum haben, welches der Gleichung (2) zukommt. Dieser größte Werth von c ergiebt sich aus:

$$\frac{\partial c}{\partial \beta} = \sin (\alpha - \beta) \cos (\beta - \varrho) - \cos (\alpha - \beta) \sin (\beta - \varrho) = 0;$$

d. h. für $\sin (\alpha + \varrho - 2\beta) = 0$, woraus für das Prisma, welches die größte Tendenz zum Abgleiten hat,

$$\beta = \frac{\alpha + \varrho}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

folgt, und zwar erhält man mit diesem Werthe von β aus (2) den Cohäsionsmodul:

$$c = \gamma \frac{h}{2} \frac{\sin^2 \frac{\alpha - \varrho}{2}}{\sin \alpha \cos \varrho} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Die Gleitfläche AE halbirt also auch hier den Winkel BAO, welchen die vordere Ebene AB mit der natürlichen Böschung AO bildet, indem sie mit jeder dieser beiden Ebenen den Winkel

$$BAE = OAE = \frac{\alpha - \varrho}{2}$$

einschließt. Die durch (4) bestimmte Größe c muß der Cohäsionsmodul der Masse haben, wenn die Vorderfläche derselben bei einer Neigung α gegen den Horizont die Höhe h erhalten soll, oder aber, die Höhe h darf bei gegebenen Werthen von c und α die Größe

$$h = \frac{2c}{\gamma} \frac{\sin \alpha \cos \varrho}{\sin^2 \frac{\alpha - \varrho}{2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

nicht übersteigen.

Mit $\alpha = 90^0$ erhält man wieder den schon oben gefundenen Werth:

$$h = \frac{2c}{\gamma} \frac{\cos \varrho}{\sin^2 \frac{90^0 - \varrho}{2}} = \frac{4c}{\gamma} \operatorname{tang} \frac{90^0 + \varrho}{2} = h_0,$$

während man mit $\alpha = \varrho$, $h = \infty$ erhält. Da die Länge $l = AE$ der Trennungsebene aus der Rechnung herausgefallen ist, so folgt, daß das Resultat von dieser Länge, d. h. also von der Neigung ω der Oberfläche ganz unabhängig ist, so lange nur ω nicht größer als ϱ ist, und so lange die obere ebene Begrenzung BO der Erdmasse sich hinreichend weit erstreckt, um den Punkt E zu enthalten, in welchem die Gleitlinie AE zu Tage tritt (s. weiter unten). Mit dem Werthe

$$h_0 = \frac{2c}{\gamma} \frac{\cos \varrho}{\sin^2 \frac{90^0 - \varrho}{2}}$$

und (5) erhält man auch:

$$\frac{h}{h_0} = \sin \alpha \frac{\sin^2 \frac{90^0 - \varrho}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha - \varrho}{2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Hieraus oder aus (5) kann man jederzeit für einen gegebenen Neigungswinkel α die Höhe h oder umgekehrt berechnen, je nachdem h_0 oder c für die Erdmasse bekannt sind.

Hierzu dient folgende

Tabelle der Werthe von

$$\frac{h}{h_0} = \sin\alpha \frac{\sin^2 \frac{90^0 - \varrho}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha - \varrho}{2}}.$$

$\alpha =$	80^0	70^0	60^0	50^0	45^0	40^0	35^0	30^0
$\varrho = 45^0$	1,595	2,938	7,444	58,96	∞			
$\varrho = 40^0$	1,504	2,511	5,130	18,01	66,38	∞		
$\varrho = 35^0$	1,434	2,216	3,942	9,587	19,85	72,03	∞	
$\varrho = 30^0$	1,379	2,008	3,232	8,351	10,38	21,16	75,37	∞

Denkt man sich die Höhe h für jeden beliebigen Werth von α aufgetragen, so erhält man als den geometrischen Ort für den oberen Endpunkt B der Böschung eine Parabel, deren Brennpunkt im Fußpunkte A liegt, und deren Axe unter dem natürlichen Böschungswinkel ϱ gegen den Horizont geneigt ist. Um dies zu erkennen, sei der Fußpunkt A als Anfangspunkt rechtwinkeliger Coordinaten gewählt, und die Axe AX unter dem Winkel $\varrho = DAX$ gegen den Horizont angenommen. Dann ist:

$$AB = \frac{h}{\sin\alpha} = \sqrt{x^2 + y^2},$$

$$\sin(\alpha - \varrho) = \frac{BF}{AB} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

und

$$\cos(\alpha - \varrho) = \frac{AF}{AB} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}.$$

Schreibt man nun die Gleichung (5)

$$\frac{h}{\sin\alpha} = \frac{2c}{\gamma} \frac{\cos\varrho}{\sin\frac{\alpha - \varrho}{2} \cos\frac{\alpha - \varrho}{2} \operatorname{tang}\frac{\alpha - \varrho}{2}}$$

$$= \frac{4c}{\gamma} \frac{\cos\varrho}{\sin(\alpha - \varrho)} \frac{\sin(\alpha - \varrho)}{1 - \cos(\alpha - \varrho)} = \frac{4c}{\gamma} \frac{\cos\varrho}{1 - \cos(\alpha - \varrho)},$$

so erhält man mit obigen Werthen:

$$\sqrt{x^2 + y^2} = \frac{4c}{\gamma} \cos\varrho \frac{1}{1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}} = \frac{4c}{\gamma} \cos\varrho \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{\sqrt{x^2 + y^2} - x},$$

oder

$$\sqrt{x^2 + y^2} = x + \frac{4c}{\gamma} \cos\varrho;$$

woraus

$$y^2 = 2\,\frac{4c}{\gamma} \cos\varrho \left(x + \frac{2c}{\gamma} \cos\varrho\right) \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

Diese Gleichung gilt offenbar für eine Parabel, deren Brennpunkt in A gelegen, und deren Scheitel um $AS = \frac{2c}{\gamma} \cos \varrho$ von A in der Richtung der natürlichen Böschung entfernt ist. Da die Tangente der Parabel den Winkel zwischen der Axe und dem an ihren Berührungspunkt gezogenen Brennstrahl halbirt, so folgt ferner nach dem Vorstehenden, daß die einer Begrenzung AB des Terrains entsprechende Gleitfläche AE mit der Tangente der Parabel in B parallel ist.

Aus den bekannten Eigenschaften der Parabel ergiebt sich nun leicht, wie man in jedem Falle die zu einem gegebenen Neigungswinkel α der Böschung gehörige Höhe h derselben construiren kann. Zu dem Ende macht man $AH = \frac{4c}{\gamma}$ und zieht HJ senkrecht zur natürlichen Böschung AF, um in $AJ = \frac{4c}{\gamma} \cos \varrho$ den Parameter und in JH die Directrix der betreffenden Parabel zu finden. Für irgend einen Böschungswinkel $DAB = \alpha$ hat man demnach nur den Winkel BAJ durch AL zu halbiren und von dem Durchschnittspunkte L der Halbirungslinie mit der Directrix eine Parallele LB zur natürlichen Böschung zu ziehen, um in dem Durchschnitte B den Endpunkt der Böschung zu erhalten, da dieser auf der gedachten Parabel liegt, weil das Dreieck ALB wegen der Gleichheit der Winkel bei A und L gleichschenkelig ist.

Ebenso findet man für eine gegebene Höhe h den Böschungswinkel α, wenn man in der Höhe h über AD eine Horizontale zieht, und deren Durchschnittspunkt B mit der Parabel durch eine Gerade BA mit dem Brennpunkte der Parabel verbindet.

Wenn von der Erdmasse nur der natürliche Böschungswinkel ϱ gegeben, der Cohäsionscoefficient c aber noch unbekannt ist, so kann man den letzteren leicht finden, sobald man durch Beobachtung festgestellt hat, bis zu welcher Höhe $h = BD$ sich die Erdmasse bei einem beliebigen Böschungswinkel $BAD = \alpha$ noch abgraben läßt, ohne einzustürzen. Zu dem Ende hat man nur mit dem Halbmesser BA um B den Kreis R zu beschreiben und an denselben die zur natürlichen Böschung AO senkrechte Tangente LJ zu ziehen, um darin die Directrix der betreffenden Parabel und in AJ den Werth $\frac{4c}{\gamma} \cos \varrho$ zu erhalten. Zu demselben Werthe gelangt man auch, wenn man nach Culmann $AM = AB$ auf der Linie der natürlichen Böschung AO anträgt, und BF senkrecht zu AO zieht. Dann ist:

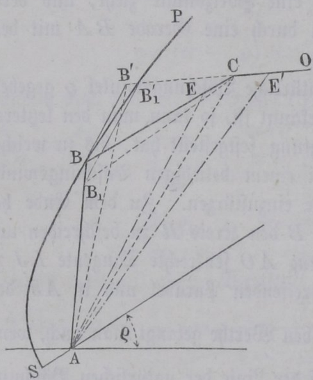
$$MN = AH = \frac{4c}{\gamma},$$

wenn MN horizontal gezogen wird.

Wenn endlich für eine gewisse Erdart weder ϱ noch c bekannt ist, so genügt es zu deren Bestimmung, für zwei verschiedene Böschungswinkel α die Höhen h zu beobachten, bis zu welchen dabei die Erde sich noch abstechen läßt. Wäre z. B. für $\alpha = 90^0$ die Höhe $h_0 = AB_0$, und für $\alpha = BAD$ die Höhe $h = BD$ beobachtet, so erhält man die Directrix der entsprechenden Parabel in der Tangente LL_0, welche gleichzeitig die beiden Kreise R und R_0 berührt, welche um B und B_0 bezw. mit den Halbmessern BA und B_0A beschrieben werden. Die zu dieser gemeinschaftlichen Tangente durch A geführte Normale AJ liefert dann in $JAH = \varrho$ den natürlichen Böschungswinkel der Erdart, und in $^1/_4\ AH\,.\,\gamma$ deren Cohäsionsmodul c u. s. f.

Die vorstehende Untersuchung beruht auf der Voraussetzung, daß die Erdmasse von dem oberen Punkte B der vorderen Böschung durch eine Ebene BO von solcher Ausdehnung begrenzt ist, daß die Gleitfläche AE in dieser Ebene bei E zu Tage tritt. Für diesen Fall bleiben die gefundenen Resultate unverändert dieselben, wie man auch die Neigung ω dieser Ebene BO gegen den Horizont annehmen möge, vorausgesetzt nur, daß diese Neigung nicht größer ist, als der natürliche Böschungswinkel. Wollte man dagegen ω größer als ϱ annehmen, so ist es klar, daß diese Ebene BO' die betreffende Parabel außer in B noch in einem zweiten Punkte treffen müßte, welcher in der Figur nicht angegeben ist und etwa durch B' bezeichnet sein mag, und dessen verticale Höhe über der Horizontalen AD durch h' ausgedrückt werde. In diesem Falle würde, unter G den Durchgang der Gleitebene durch jene Ebene BO' verstanden, das auf der Gleitfläche gelegene dreiseitige Prisma den Querschnitt ABG haben, welcher um das Dreieck ABB' größer wäre als der Querschnitt $AB'G$ desjenigen Prismas, welches der gefundenen Beziehung gemäß im Grenzzustande gerade nur noch von der Gleitebene getragen werden könnte. Hieraus ergiebt sich mit Nothwendigkeit, daß ω nicht größer als ϱ werden darf.

Fig. 26.

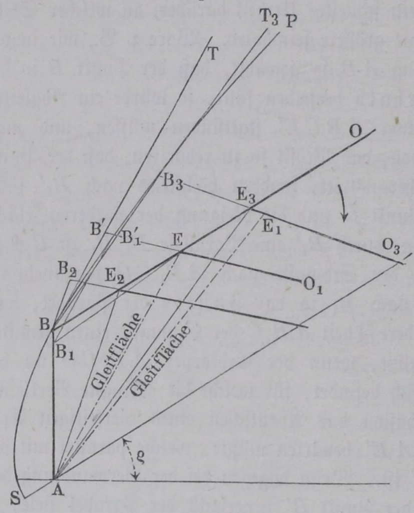


Einer besonderen Untersuchung bedarf der meistens vorkommende Fall, in welchem die obere Begrenzung der Erdmasse hinter dem Punkte B der vorderen Böschung nicht durch eine Ebene von großer Ausdehnung, sondern durch mehrere Ebenen BC, CO, Fig. 26, gebildet wird, das Profil also durch die gebrochene Linie $ABCO$ dargestellt ist. Hier wird immer erst festzustellen sein, in welcher der begrenzenden Ebenen BC oder CO die Gleitfläche AE zu Tage tritt, d. h. ob bei einem eintretenden Einsturze ein dreiseitiges Erdprisma ABE in AE, oder ein vierseitiges Prisma $ABCE'$ in AE' von der übrigen Masse sich löst. Zu dieser Untersuchung hat man nur nöthig, das Dreieck ABC in ein flächengleiches $AB'C$ zu verwandeln, welches auf derselben Basis AC steht, und von welchem die Seite CB' in die erweiterte Ebene CO hineinfällt. Zieht man daher durch B eine Parallele zu AC, so erhält man in B' die Spitze dieses Dreiecks, und man hat nun die Untersuchung nach dem Vorstehenden so zu führen, als ob man es mit einer Erdmasse von der Begrenzung $AB'O$ zu thun hätte. Die vorstehend erwähnte, der Erdart zugehörige Parabel SP giebt auch hier ein schnelles Urtheil darüber, an welcher Stelle die Gefahr eines Einsturzes die größere sein wird. Wäre z. B., wie in der Figur, die vordere Begrenzung AB so gewählt, daß der Punkt B in der Parabel liegt und B' außerhalb derselben fällt, so würde ein Abgleiten eines vierseitigen Prismas etwa $ABCE'$ stattfinden müssen, und man hätte, um dasselbe zu vermeiden, das Profil so zu reduciren, daß der Punkt B' aus der Parabel nicht heraustritt, sondern höchstens nach B_1' fällt. Man hat daher, wenn der Punkt C und die Neigung der vorderen Fläche AB festgehalten werden sollen, durch B_1' eine Parallele $B_1'B_1$ zu CA zu ziehen, und die Begrenzung der Erdmasse nach AB_1CO vorzunehmen. Dadurch rückt der Punkt B nach B_1 in das Innere der Parabel, was darauf hindeutet, daß der vordere Theil AB_1C der Erdmasse einen gewissen Ueberschuß an Stabilität besitzt, wenn der Erdkörper AB_1CO an der Grenze des Gleichgewichtes sich befindet, für welche die geringste Verkleinerung der Reibung oder Cohäsion das Abrutschen eines vierseitigen Erdprismas in einer Gleitebene AE' bewirken müßte, welche parallel mit der Tangente der Parabel in B_1' ist. Wenn dagegen bei der Verwandlung des Dreiecks ABC in $AB'C$ der Punkt B' innerhalb der Parabel fiele, so würde die Gefahr in dem Abgleiten eines dreiseitigen Prismas ABE entlang einer Gleitfläche AE zu erkennen sein, welche der Parabeltangente in B parallel wäre.

Wenn endlich der Punkt B' gleichzeitig mit B in die Parabellinie fallen sollte, so wäre die Wahrscheinlichkeit gleich groß, daß ein dreiseitiges Prisma ABE parallel der Tangente in B, oder ein vierseitiges Prisma $ABCE'$ parallel der Tangente in B' zum Abgleiten käme, sobald eine Verringerung der Cohäsion oder Reibung stattfinden würde.

Zur Veranschaulichung dieser Verhältnisse sei in Fig. 27 (a. f. S.) SP die der Erdmasse entsprechende Parabel und $AB = h_0$ die zugehörige verticale Höhe, auf welche sich diese Erdmasse abstechen läßt, wenn ihre Oberfläche durch eine Ebene BO von unbeschränkter Ausdehnung begrenzt ist. Die voraussichtliche Gleitfläche ist dann durch AE parallel der Parabeltangente BT festgelegt. Man denke sich nunmehr die Ebene EO um die zur Bildebene in E senkrechte Gerade, wie um eine Axe im Sinne des Pfeiles herumgedreht, wobei die Begrenzung von B bis E aber ihre Lage beibehalten soll, so gelangt man offenbar zu dem vorstehend betrachteten Falle eines gebrochenen Profils. Nimmt man jetzt die oben angegebene Dreiecksverwandlung vor, so wird die Spitze B' des verwandelten Dreiecks, da AE parallel der Tangente BT ist, immer auf dieser Tangente BT, also außerhalb der Parabel verbleiben, wie weit man auch die Ebene EO um E gedreht hat. Die Böschung, welche für die Ebene BEO im Grenzzustande des Gleichgewichtes sich befand, wird daher aufhören, stabil zu sein, sobald die Ebene EO sich um den geringsten Betrag dreht, oder mit anderen Worten, die Böschung stürzt beim ersten Spatenstiche, welcher bei E gemacht wird, zusammen. Wollte man z. B. für die Lage der oberen Begrenzung EO_1 die Böschung stabil erhalten, so hätte man durch den Schnittpunkt B_1' mit der Parabel die zu AE parallele Gerade $B_1'B_1$ zu ziehen, um in AB_1EO_1 das erforderliche Profil zu erlangen. Es leuchtet ohne Weiteres ein, daß eine Verminderung der Stabilität und zwar in noch höherem Maße eintreten muß, wenn man als Drehaxe für die obere Begrenzungsebene einen Punkt wie E_2 wählt, welcher tiefer gelegen ist als E, da dann die Spitze B_2 des Verwandlungsdreiecks auf einer Geraden BB_2 liegt, welche mit AE_2 parallel ist, also von der Parabel noch weiter nach außen sich entfernt, als die Tangente BT.

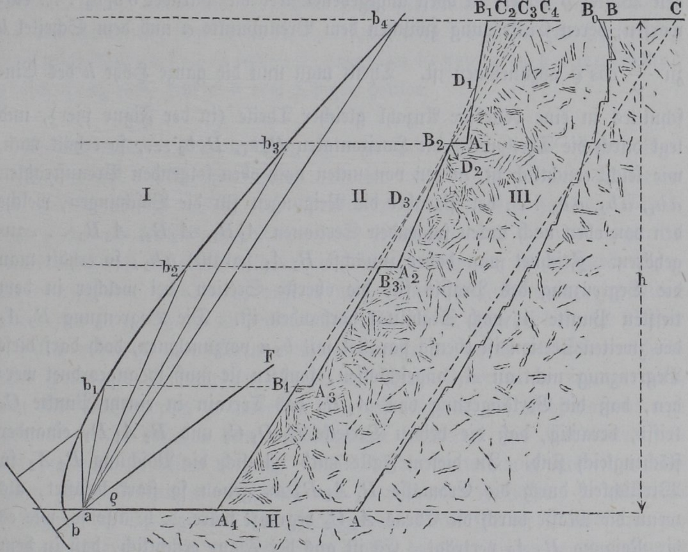
Fig. 27.



Denkt man andererseits den Drehpunkt für die Begrenzungsebene von E nach oben hin, etwa nach E_3 versetzt, so erhält man als geometrischen Ort für die Spitze des Verwandlungsdreiecks die Gerade BB_3 parallel mit AE_3, welche, da sie flacher ist als die Tangente in B, offenbar die Parabel außer in B noch in einem zweiten Punkte B_3 schneidet. Denkt man sich die obere Begrenzungsebene aus der Lage E_3O bis in die Lage E_3O_3 gedreht, welche durch den besagten Schnittpunkt B_3 geht, so wandert dabei die Spitze des

Verwandlungsdreiecks auf der Geraden BB_3 von B bis B_3, verbleibt also fortwährend innerhalb der Parabel. Daher wird während der betrachteten Drehung der Ebene von $E_3\,O$ nach $E_3\,O_3$ die Stabilität der Böschung nicht gefährdet, und in der Lage $E_3\,O_3$ tritt der oben erwähnte Fall ein, daß gleiche Gefahr vorhanden ist für ein Abgleiten des dreiseitigen Prismas ABE auf der Gleitfläche AE parallel der Tangente BT in B, und des vierseitigen Prismas ABE_3E_1 auf der Gleitfläche AE_1 parallel der Tangente $B_3\,T_3$ in B_3. Bei einer weiteren Drehung der Ebene $E_3\,O$ über O_3 hinaus tritt die Spitze des Verwandlungsdreiecks wieder aus der Parabel hinaus, so daß die Stabilität der Böschung dadurch ebenfalls gefährdet wird, und in der schon angegebenen Weise durch eine Verminderung der Höhe AB einem Einstürzen vorgebeugt werden muß.

Fig. 28.



Die mehrerwähnte Parabel kann auch dazu dienen, für gebrochene oder gekrümmte Böschungsprofile, wie man sie in Einschnitten häufig anwendet, die Verhältnisse zu ermitteln. Denkt man sich nämlich die Aufgabe gestellt, daß ein Einschnitt von der Höhe AB, Fig. 25, in einem Boden von bekannter Cohäsion c hergestellt werden soll, so kann man nach den oben angegebenen Gleichungen den dieser Höhe h zugehörigen Böschungswinkel α ermitteln, und danach den geradlinig begrenzten Einschnitt feststellen. Gesetzt dieser Winkel wäre zu $HA_4\,C_4$ gefunden, Fig. 28, II, also die

Böschung durch $A_4 C_4$ festgestellt. Man erkennt nun sogleich, daß, während in dem untersten Punkte A_4 die Böschung der Stabilität halber nicht steiler sein darf, doch für jeden darüber liegenden Punkt, wie B_3, B_2 u. s. w., die gefundene Böschung $A_4 C_4$ unnöthigerweise flach ist, und daß die Begrenzung der Erdmasse an irgend welcher Stelle um so steiler gemacht werden darf, je höher diese Stelle gelegen, d. h. je geringer die darüber befindliche Erdmasse ist. Dächte man sich ein Profil von solcher Art, daß an jeder Stelle gerade derjenige Böschungswinkel vorhanden ist, welcher bei der betreffenden Höhenlage aus Stabilitätsrücksichten noch möglich ist, so würde offenbar in allen Theilen die Cohäsion der Erdmasse in gleichem Maße in Anspruch genommen, in ähnlicher Art etwa, wie es bei den Körpern gleichen Widerstandes auch der Fall ist. Um ein solches Profil wenigstens annähernd zu zeichnen, sei in Fig. 28, I zur Axe $a F$, welche mit dem Horizonte den Winkel ϱ bildet, in oben angegebener Art die Parabel $b b_1 b_2 \ldots$ entworfen, deren Entfernung zwischen dem Brennpunkte a und dem Scheitel b zu $\frac{2c}{\gamma} \cos \varrho$ anzunehmen ist. Theilt man nun die ganze Höhe h des Einschnittes in eine beliebige Anzahl gleicher Theile (in der Figur vier), und legt durch die Theilpunkte die Horizontalen $B_4 b_1$, $B_3 b_2 \ldots$, so erhält man, wie leicht ersichtlich ist, in den von unten nach oben folgenden Brennstrahlen $a b_1$, $a b_2$, $a b_3 \ldots$ der Parabel die Neigungen für die Böschungen, welche den von oben nach unten folgenden Sectionen $A_1 B_1$, $A_2 B_2$, $A_3 B_3 \ldots$ zugehören. Zeichnet man daher zunächst $B_1 A_1$ parallel $a b_1$, so erhält man die Begrenzung des Profils für die oberste Section, bei welcher in dem tiefsten Punkte A_1 noch Stabilität vorhanden ist. Die Begrenzung $B_2 A_2$ der zweiten Section ist ebenso parallel mit $b_2 a$ vorzunehmen, doch darf diese Begrenzung nicht an A_1 angeschlossen, sondern sie muß so angeordnet werden, daß die Verlängerung von $A_2 B_2$ das Terrain in einem Punkte C_2 trifft, derartig, daß die beiden Dreiecke $B_1 D_1 C_2$ und $B_2 A_1 D_1$ einander flächengleich sind. In diesem Falle wird nämlich die Böschung $B_2 A_2$ in Wirklichkeit durch die Erdmasse $B_1 A_1 B_2 A_2$ genau so stark belastet, als wenn die Masse durch die Ebene $A_2 C_2$ begrenzt wäre, d. h. also so, wie es die Neigung $B_2 A_2$ verträgt. Es ist aus der Figur ersichtlich, daß in dem Falle, wo die Begrenzung des Banketts $A_1 B_2$ parallel zu der Terrainfläche $B B_1$ genommen wird, die beiden gedachten Dreiecke $B_1 C_2 D_1$ und $A_1 B_2 D_1$ gleich groß werden, sobald der Durchschnittspunkt D_1 in die Mitte von $A_1 B_1$ fällt. In ganz derselben Weise schließt man nun weiter, daß die Begrenzung $B_3 A_3$ der folgenden Section parallel dem folgenden Brennstrahle $b_3 a$ und so angenommen werden muß, daß die Dreiecke $A_2 B_3 D_2$ und $C_2 C_3 D_2$ gleich groß werden, und ebenso ist $B_4 A_4$ parallel mit $b_4 a$ zu ziehen, so daß das Dreieck $A_3 B_4 D_3$ gleich demjenigen $C_3 C_4 D_3$ wird.

Es ergiebt 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 $B_1 C_4$ in II oder $B\,C$ in III diejenige Terrainbreite darstellt, welche durch das gebrochene bezw. gekrümmte Profil im Vergleiche mit dem geradlinig begrenzten $A_4 C_4$ 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 Kraftmoment rege gemacht 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 §. 11.