INHALT: Bestimmung des Erddrucks mit Rücksicht auf Cohäsion. Von W. Ritter, Professor in Riga. Mit 7 Zeichnungen. — Die electrische Beleuchtung am eidgenössischen Sängerfest in Zürich. Mitgetheilt von W. Weissenbach, Maschineningenieur. Mit einer Zeichnung. — La mauvaise partie du Grand Tunnel du Gothard. Von E. Stockalper, Ingenieur. — Miscellanea: Eclairage électrique. — Literatur. —

Bestimmung des Erddrucks mit Rücksicht auf Cohäsion.

Von *W. Ritter*, Professor in Riga.*)

I. Die Ermittelung des auf eine Stützmauer wirkenden Erddrucks mit gleichzeitiger Berücksichtigung der Reibungs- und Cohäsionswiderstäude gilt im Allgemeinen für eine Aufgabe, deren Lösung zu umständlich wird, um practisch verwerthet werden zu können. Es ist dies wohl der Hauptgrund, wesshalb von den meisten Bearbeitern der Erddrucktheorie die Cohäsion ausser Acht gelassen oder nur in dem speciellen Fall berücksichtigt wird, wo sich die Lösung einfacher gestaltet. Auch die nachfolgende graphische Behandlung der Aufgabe besitzt noch nicht den für practische Zwecke wünschenswerthen Grad von Einfachheit, scheint uns indessen doch, was Uebersichtlichkeit der Entwickelung und Bequemlichkeit der Construction betrifft, den bisher bekannten Methoden überlegen zu sein.

II. Wir schicken voraus, dass wir die Gleit- oder Trennungsfläche (wie es bei allen practisch brauchbaren Methoden zur Erddrucksbestimmung geschehen ist) als *Ebene* annehmen, ferner dass wir diejenige Gleitfläche als die ungünstigste ansehen, für welche der Erddruck ein Maximum wird.**) Der Reibungswinkel zwischen Erde auf Erde sei φ, derjenige zwischen Erde und Mauerwerk φ_1; das specifische Gewicht der Erde nennen wir γ und den Cohäsionswiderstand pro Flächeneinheit $k \,.\, \gamma$, worin k naturgemäss eine Linie darstellt.***) Wir beschränken ferner unsere Entwickelung auf den Fall eines nicht überhöhten und nicht belasteten Erdkörpers und deuten die bei Ueberhöhung und Belastung eintretenden Modificationen nur kurz am Schlusse an.

Die hintere Wand der Stützmauer oder die „Erdwand“ sei $A\,B$ (Fig. 1) und die Erdbegrenzung oder „Terrainlinie“ $B\,G$; die Erde trenne sich längs der Linie $A\,G$ und gleite in Form eines dreiseitigen Prismas $A\,B\,G$ herunter. Dann treten bei diesem Vorgang *vier* Kräfte auf, die unter sich im Gleichgewicht sein müssen. Diese sind:

1) Das *Gewicht* P des abgleitenden Erdprismas; dasselbe berechnet sich, wenn man das Perpendikel $A\,A'$ auf die Terrainbegrenzung fällt und die Tiefe des Erdkörpers gleich der Einheit annimmt,

$$P = {}^1/_2\,\gamma \,.\, A\,A' \,.\, B\,G.$$

2) Der Druck, welchen die stehen bleibende Erde auf das gleitende Prisma ausübt, zusammengesetzt mit der dabei auftretenden Reibung; da letztere gleich dem Normaldruck mal dem Reibungscoefficienten ($tang\ \varphi$) ist, so bildet die Mittelkraft aus beiden Kräften mit der Gleitfläche den Winkel $90^0 - \varphi$; wir nennen diese Mittelkraft *Gegendruck* und bezeichnen sie mit Q.

3) Die *Cohäsionskraft* K, welche in der Richtung der Gleitfläche, der Bewegung entgegen, wirkt; sie ist der Länge der Gleitfläche proportional und berechnet sich $K = k \,.\, \gamma \,.\, A\,G$.

*) Die vorliegende Abhandlung war schon aufgesetzt, als mir die interessante Arbeit von Ingenieur F. Klemperer (Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, 1879, Seite 116) zu Gesichte kam, welche ganz dieselbe Aufgabe löst; ich fragte mich, ob es sich noch lohne, meine eigene Arbeit an die Oeffentlichkeit zu bringen, entschloss mich aber doch dazu, da der von mir eingeschlagene Weg etwas rascher zum Ziele führt. *Der Verfasser.*

**) Nur scheinbar ist dieses Verfahren von demjenigen verschieden, bei welchem man dasjenige Erdprisma sucht, für welches ein Abgleiten am leichtesten eintritt; mag auch diese letztere Auffassung rationeller erscheinen, so ist doch die ältere Auffassung des Prismas vom grössten Druck fasslicher, und schliesslich führen beide Wege zu demselben Resultate.

***) Ueber die Ermittelung des Werthes k siehe „Culmann's Graph. Statik, I. Aufl., S. 554 etc.“

4) Der *Erddruck* E, welcher, da er sich wie Q aus dem Normaldruck auf $A\,B$ und der dabei entstehenden Reibung zusammensetzt, mit $A\,B$ den Winkel $90^0 - \varphi_1$ einschliesst.

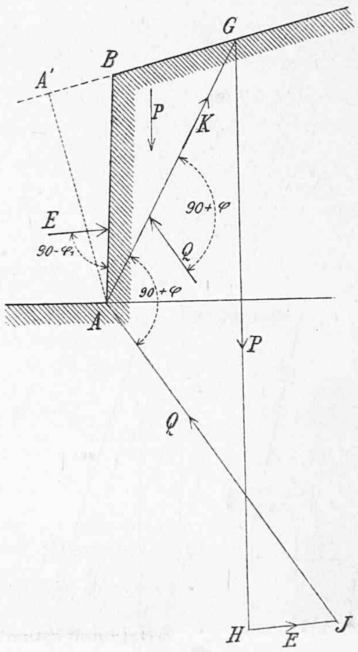
Setzt man diese vier Kräfte zusammen, so entsteht ein geschlossenes Polygon. Nimmt man dabei den Kräftemasstab gleich $k \,.\, \gamma$ (d. h. dividirt man sämmtliche Kräfte durch $k \,.\, \gamma$, um sie als Linien auftragen zu können) so wird die Cohäsionskraft durch $A\,G$ dargestellt, während P gleich der Linie

$$\frac{{}^1/_2\,\gamma \,.\, A\,A' \,.\, B\,G}{k \,.\, \gamma} = \frac{A\,A' \,.\, B\,G}{2\,k}$$

wird. Dieses Kräftepolygon ist in Fig. 1 aufgetragen: $A\,G$ stellt die Cohäsion dar, $G\,H$ das Gewicht des Erdprismas, $H\,J$ den Erddruck und $J\,A$ den Gegendruck. Da $G\,H$, wie eben gezeigt worden ist, der Linie $B\,G$ proportional ist, so liegen die Punkte H sämmtlich auf einer durch B gehenden *geraden Linie;* wir nennen dieselbe in Zukunft kurz die „*H-Linie*“. Der Winkel $J\,A\,G$ muss offenbar gleich $90^0 + \varphi$ sein. Da bei gegebener Gleitfläche $A\,G$ und $G\,H$ nach Grösse und Richtung, $H\,J$ und $J\,A$ dagegen der Richtung nach bekannt sind, so lässt sich der Erddruck für jede Gleitfläche leicht ermitteln.

Gibt man nun der Gleitfläche eine andere Richtung, so wird sich auch das Kräftepolygon ändern und unsere Aufgabe besteht darin, diejenige Gleitfläche zu finden, für welche der Erddruck $H\,J$ ein Maximum wird.

Fig. 1.



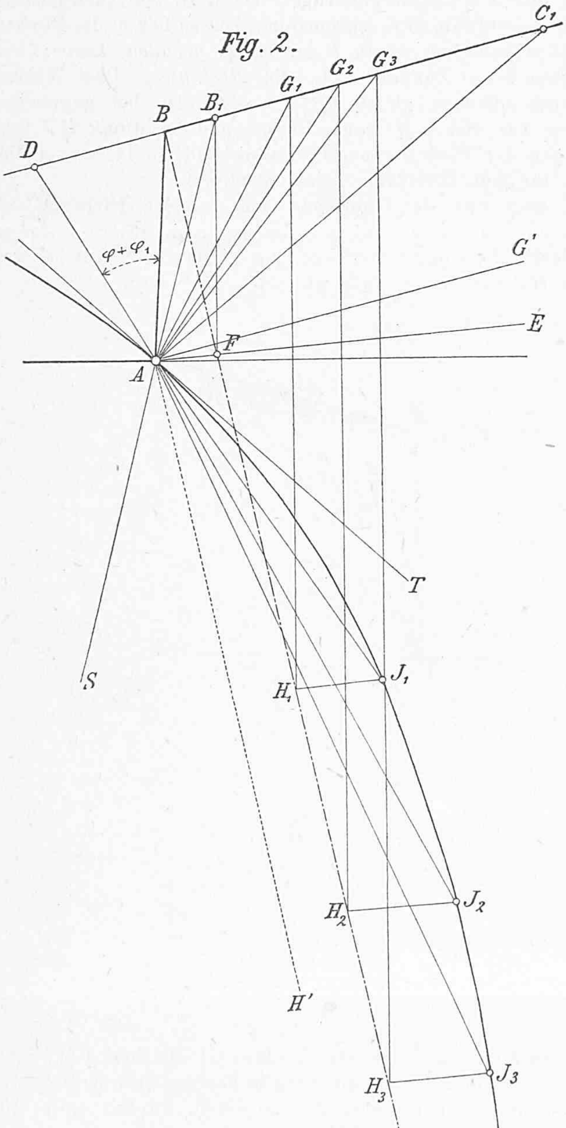
III. In Fig. 2 sind drei verschiedene Gleitflächen $A\,G_1$, $A\,G_2$ und $A\,G_3$ angenommen und die entsprechenden drei Kräftepolygone construirt worden, wobei die einzelnen Punkte stets die betreffende Nummer tragen. Hierbei ergibt sich nun das interessante Resultat, dass die Punkte J_1, J_2, J_3 . . . auf einem *Kegelschnitt* und zwar auf einer *Hyperbel* liegen.

Die Punkte J können nämlich als Schnitte zweier Strahlenbüschel des *Gegendruckbüschels* $A\,J_1$, $A\,J_2$, $A\,J_3$ . . . und des *Erddruckbüschels* $H_1\,J_1$, $H_2\,J_2$, $H_3\,J_3$ . . . angesehen werden; letzterer ist ein Parallelstrahlenbüschel und hat sein Centrum im unendlich fernen Punkte der Linie $A\,E$, welche die Richtung des Erddrucks angibt. Nun ist der Gegendruckbüschel $A\,J_1$, $A\,J_2$ . . . congruent zu dem Strahlenbüschel $A\,G_1$, $A\,G_2$, weil die entsprechenden Strahlen stets den Winkel $90^0 + \varphi$ mit einander einschliessen. Der Büschel $A\,G_1$, $A\,G_2$ . . . liegt aber perspectivisch zu dem Parallelstrahlenbüschel $G_1\,H_1$, $G_2\,H_2$ und dieser wiederum perspectivisch zu dem Erddruckbüschel $H_1\,J_1$, $H_2\,J_2$ . . . ; somit ist letzterer zum Gegendruckbüschel $A\,J_1$ $A\,J_2$ . . . *projectivisch und der Schnitt beider Büschel ist eine Curve zweiter Ordnung.*

Die Natur der Curve ist leicht zu erkennen: Offenbar ist A als Centrum des Gegendruckbüschels im Punkt der Curve; ebenso der unendlich ferne Punkt der Linie $A\,E$ als Centrum des Erddruckbüschels. Einen zweiten unendlich fernen Punkt findet man, wenn man $A\,G$ in der Richtung $A\,G'$, d. h. parallel zur Terrainlinie laufen lässt; dann fällt der Punkt G in's Unendliche, ebenso der Punkt H und der Strahl $H\,J$; der entsprechende Strahl des Gegendruckbüschels $A\,S$, welcher mit $A\,G'$, also auch mit der Terrainlinie den Winkel $90^0 + \varphi$ bildet, enthält somit einen zweiten unendlich fernen Punkt der Curve.

Da die Curve der J somit zwei unendlich ferne Punkte enthält, so ist sie eine *Hyperbel* und $A\,E$ und $A\,S$ sind die Asymptotenrichtungen.

Fig. 2.



Die Tangente im Punkte A findet man, indem man zu dem gemeinschaftlichen Strahl $A\,E$ beider Büschel, als Strahl des Erddruckbüschels betrachtet, den entsprechenden sucht; zu diesem Zwecke zieht man durch den Schnittpunkt F von $A\,E$ mit $B\,H$ eine Verticale $F\,B_1$, verbindet B_1 mit A und zieht $A\,T$ unter dem Winkel $90^0 + \varphi$ zu $A\,B_1$; dann sind die Strahlen $A\,E$ und $A\,T$ zwei zusammengehörige, letzterer also die Tangente an die Hyperbel im Punkte A.

Auf dieselbe Weise findet man die Tangente im Centrum des Erddruckbüschels, mit andern Worten die Asymptote der Hyperbel parallel $A\,E$.*)

IV. Unsere Hauptaufgabe besteht nun darin, das Maximum von $H\,J$ zu suchen.

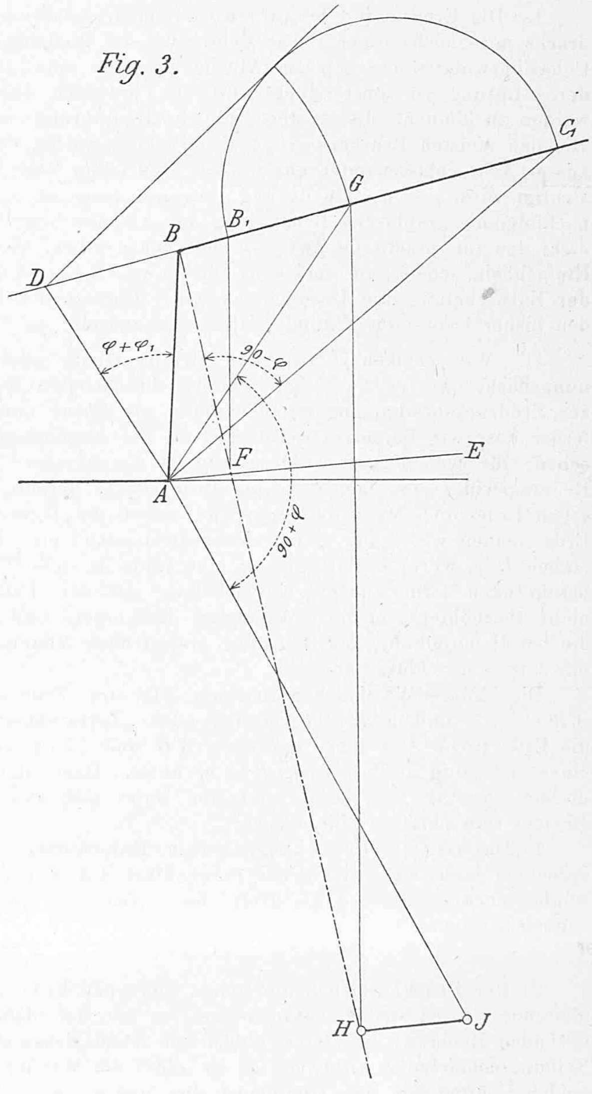
*) Da die Lage der beiden Asymptoten für die Folge von keiner Bedeutung ist, so soll hier auf deren Ableitung nicht näher eingegangen werden.

Zu diesem Zwecke denken wir uns parallel zu $B\,H$ eine Tangente an die Hyperbel gelegt; dieselbe berühre die Curve im Punkte J_2; dann ist offenbar $H_2\,J_2$ der grösste Werth, den der Erddruck annehmen kann. Um den Punkt J_2 zu finden, denken wir uns die Hyperbel durch drei zu $B\,H$ parallele Linien geschnitten. Als solche Schnittlinien nehmen wir:

1) Die Tangente im Punkte J_2;
2) Die Linie $A\,H'$, welche der H-Linie parallel läuft, und
3) Die unendlich ferne Gerade.

Die sechs hieraus entstehenden Schnittpunkte sind: der Doppelpunkt J_2, die Punkte A und L (Schnitt von $A\,H'$ mit der Hyperbel unterhalb des Figurenrandes) und die unendlich fernen Punkte der beiden Asymptoten. Projicirt man diese Punkte aus A, so erhält man involutorische Strahlen, und zwar entspricht:

Fig. 3.



1) Der Strahl $A\,J_2$ sich selbst;
2) Die Tangente $A\,T$ der Linie $A\,H'$, und
3) Die Linie $A\,E$ der Linie $A\,S$ (Asymptotenrichtungen).

Von diesen Strahlen sind die vier letztern bekannt, der Doppelstrahl $A\,J_2$ gesucht.

Um möglichst rasch zum Ziele zu gelangen, drehen wir sämmtliche Strahlen um den Winkel $90^0 + \varphi$ nach links (der Richtung der Uhrzeiger entgegen). Dann nimmt $A\,J_2$ die Richtung $A\,G_2$ ein, $A\,T$ kommt nach $A\,B_1$, $A\,H'$ gelange nach $A\,C_1$ und $A\,E$ nach $A\,D$, $A\,S$ endlich fällt mit $A\,G'$ zusammen. Dabei bildet $A\,C_1$ mit der H-Linie den Winkel $90^0 + \varphi$; ebenso ist der Winkel $D\,A\,E = 90^0 + \varphi$, oder, da $B\,A\,E = 90^0 - \varphi_1$, der Winkel $D\,A\,B = \varphi + \varphi_1$.

Schneidet man diese neuen Strahlen durch die Terrainlinie, so erhält man involutorische Punkte, und zwar entspricht G_2 sich selbst, B_1 dem Punkte C_1 und D dem unendlich fernen

Punkte; somit ist D des Centrum der Involution, und es ist

$$D\,G_2 = \sqrt{D\,B_1 \, . \, D\,C_1}.$$

Man findet demnach den Punkt G_2 durch die bekannte Halbkreisconstruction, wie sie in Fig. 3 ausgeführt ist.

In dieser Figur, in welcher wir alles Ueberflüssige weggelassen haben, ist nun:

1) $B\,H$ eine bestimmte, von der Grösse der Cohäsion abhängige Gerade, deren Construction später gezeigt werden wird;

2) $A\,C_1$ eine Gerade, die mit der vorhergehenden den Winkel $90^0 + \varphi$ bildet;

3) $A\,F$ eine Parallele zur Richtung des Erddrucks und $F\,B_1$ eine Verticale;

4) $A\,D$ eine Linie, die mit $A\,B$ den Winkel $\varphi + \varphi_1$ einschliesst;

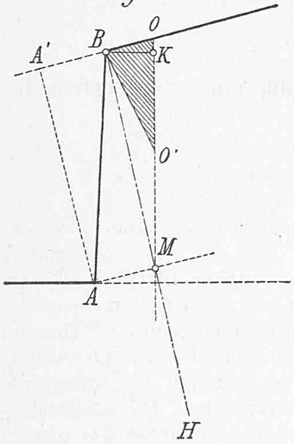
5) $D\,G$ die mittlere Proportionale von $D\,B_1$ und $D\,C_1$;

6) $A\,G$ die ungünstigste Gleitfläche, $G\,H$ eine Verticale, $H\,J$ eine Parallele zum Erddruck und $A\,J$ eine Linie unter dem Winkel $90^0 + \varphi$ zu $A\,G$;

7) Endlich ist: *Der Erddruck* $= k \, . \, \gamma \, . \, H\,J.$

Die graphische Bestimmung des grössten Erddrucks mit Berücksichtigung der Cohäsion geschieht also ganz ähnlich wie in dem Falle, wo die Cohäsion ausser Acht gelassen wird. In letzterem Fall zieht man bekanntlich die natürliche Böschung ($A\,C$) und construirt $D\,G$ als mittlere Proportionale zwischen $D\,B$ und $D\,C$; der Punkt D ist in beiden Fällen ganz derselbe; der Punkt B jedoch rückt, wenn Cohäsion vorhanden ist, etwas nach rechts, der Punkt C nach links.

Fig. 4.



V. Was die Construction der H-Linie betrifft, so ergibt sie sich aus der Bedingung, dass die Verticale $G\,H$ stets das Gewicht des abrutschenden Erdprismas darstellen, also, wie früher gezeigt worden ist, gleich

$$\frac{A\,A' \, . \, B\,G}{2\,k}$$

sein muss. Nun findet man einen Punkt der Linie $B\,H$ folgendermassen: Man ziehe (Fig. 4) $B\,K$ horizontal und mache es gleich $2\,k$; dann ziehe man durch K eine Verticale und durch A eine Parallele zur Terrainlinie, bis zum Schnittpunkt M, so ist letzterer ein Punkt der H-Linie; denn gesetzt die Gleitfläche sei $A\,O$, so muss

$$O\,M = \frac{A\,A' \, . \, B\,O}{2\,k}$$

oder

$$O\,M \, . \, k = {}^1\!/_2\, A\,A' \, . \, B\,O$$

sein; dies ist aber der Fall, denn $O\,M \, . \, k$ ist der Inhalt des Dreiecks $B\,O\,M$ und ${}^1\!/_2\, A\,A' \, . \, B\,O$ derjenige des Dreiecks $B\,O\,A$ und dass diese beiden Dreiecke gleich gross sind, folgt aus $A\,M$ parallel $B\,O$.

Man sieht hieraus, dass die H-Linie um so steiler wird, je kleiner die Cohäsion ist. Für $k = 0$ wird $B\,H$ vertical; dann kommt B_1 nach B zu liegen und $A\,C_1$ fällt mit der natürlichen Böschung zusammen, die Construction der ungünstigsten Gleitfläche geht dann in die längst bekannte über. (Die Ermittelung des Erddrucks wird indessen in diesem Fall unmöglich, weil H unendlich fern und $H\,J$ unendlich gross wird.)

VI. Um den Erddruck mit Berücksichtigung der Cohäsion übersichtlich darzustellen, kann man das Maximum von $H\,J$ auf der Verticalen $K\,M$ (Figur 4) gleich $O\,O'$ auftragen und O' mit B verbinden; dann stellt, weil der Kräftemasstab $k \, . \, \gamma$ ist, das (in Fig. 4 schraffirte) *Dreieck* $B\,O\,O'$ *die Grösse des Erddrucks* dar.

VII. Die im Bisherigen beschriebene Construction des Maximal-Erddrucks besitzt zwei Mängel: Einmal fällt der Punkt H in der Regel sehr tief nach unten, so dass die Bestimmung von $H\,J$ wegen der langen Linien ungenau und überdies unbequem wird; sodann muss der Winkel φ, resp. $90^0 + \varphi$ mehrmals aufgetragen werden, was wiederum leicht zu Ungenauigkeiten führt und jedenfalls die Lösung verlangsamt.

Beiden Uebelständen kann abgeholfen werden.

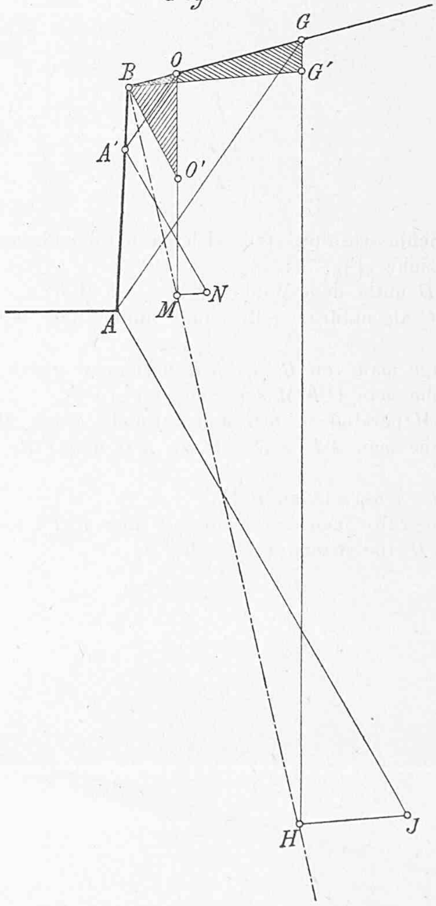
Ist der Punkt G durch die Halbkreisconstruction gefunden, so ziehe man (Fig. 5) $O\,A'$ parallel $G\,A$, sodann $A'\,N$ parallel $A\,J$, d. h. unter dem Winkel $90^0 + \varphi$ zu $O\,A'$, ferner $M\,N$ parallel zum Erddruck und trage endlich $M\,N = G\,G'$ auf, so stellt das Dreieck $B\,G\,G'$ ebenfalls den Erddruck dar. Dann ist nämlich das Fünfeck $A'\,B\,O\,M\,N$ dem Fünfeck $A\,B\,G\,H\,J$ ähnlich, folglich verhält sich $H\,J : M\,N = B\,G : B\,O$; oder es ist

$$H\,J \, . \, B\,O = M\,N \, . \, B\,G \text{ oder } O\,O' \, . \, B\,O = G\,G' \, . \, B\,G;$$

folglich haben die beiden (in Fig. 5 schraffirten) Dreiecke $B\,O\,O'$ und $B\,G\,G'$ gleichen Inhalt.

Durch diese Construction, in welcher das Kräfteviereck $A\,G\,H\,J$ einfach in verkleinertem Masstabe gezeichnet erscheint, werden die Punkte H und J gänzlich vermieden und dadurch der erstere der beiden Uebelstände beseitigt.

Fig. 5.

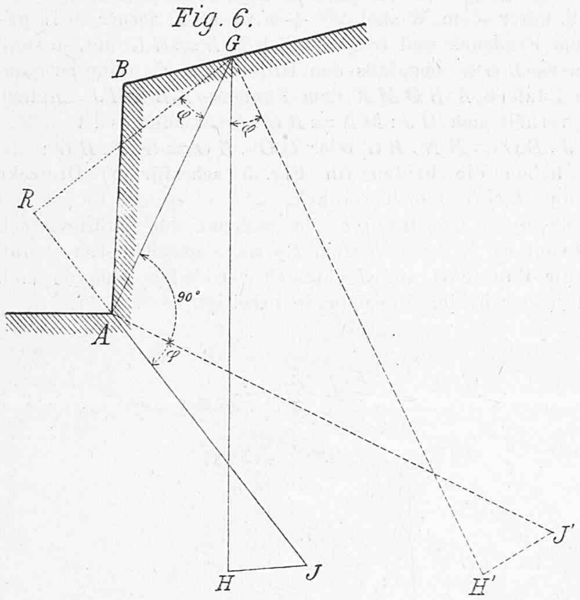


VIII. Dem zweiten Mangel kann folgendermassen ausgewichen werden:

Wenn man im Kräftepolygon $A\,G\,H\,J$ (siehe Fig. 6) die Linie $A\,J$ rückwärts verlängert und von G eine Senkrechte $G\,R$ darauf fällt, so ist diese gleich $G\,A \, . \, cos\,\varphi$. Nimmt man nun den Kräftemasstab nicht gleich $k \, . \, \gamma$, sondern gleich $k \, . \, \gamma \, . \, cos\,\varphi$ an, so wird durch diese Aenderung das Kräftepolygon im Verhältniss von $cos\,\varphi$ zu 1 vergrössert; denkt man sich diese Vergrösserung vollzogen und die Figur $R\,G\,H\,J$, indem man G festhält, um den Winkel φ nach links gedreht, so fällt R nach A, H nach H' und J nach J'.

Mit dieser neuen Figur $A\,G\,H'\,J'$ lässt sich nun gerade so operiren, wie mit der Figur $A\,G\,H\,J$; bei veränderter Gleitfläche wird $G\,H'$ stets die gleiche Richtung beibehalten und der Strecke $B\,G$ proportional sein; folglich wird H' auf einer Geraden liegen, und genau so, wie es oben geschehen ist, kann gezeigt werden, dass J' der Schnittpunkt zweier projectivischer Strahlenbüschel ist und eine Hyperbel beschreiben muss. Wir können die Entwickelung dieser Beziehungen, da sie den obigen ganz analog sind, dem Leser überlassen und beschränken uns auf die eine Bemerkung, dass die involutorischen Strahlen hier nicht um $90^0 + \varphi$, sondern einfach um 90^0 zu drehen sind.

Fig. 6.



Das Schlussresultat stellt sich dann folgendermassen:

Man ziehe (Fig. 7):

1) $A D$ unter dem Winkel $\varphi + \varphi_1$ zu $A B$;

2) $A C$ als natürliche Böschung unter dem Winkel φ zum Horizont;

3) trage man von B aus $B K$ horizontal gleich $2 k$ auf;

4) ziehe man $O K M$ senkrecht zu $A C$;

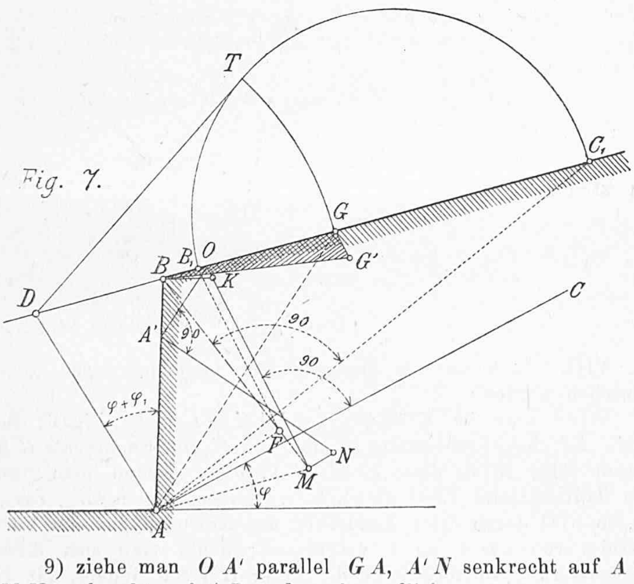
5) $A M$ parallel zu $B G$ und verbinde B mit M;

6) ziehe man $A F$ senkrecht zu $A D$ und $F B_1$ parallel zu $O M$;

7) $A C_1$ senkrecht zu $B M$;

8) construire man den Halbkreis über $B_1 C_1$, ziehe die Tangente aus D und mache $D G = D T$;

Fig. 7.



9) ziehe man $O A'$ parallel $G A$, $A' N$ senkrecht auf $A G$, $M N$ senkrecht auf $A D$ und mache endlich

10) $G G'$ parallel $O M$ gleich $M N$, so repräsentirt $B G G'$ *das Druckdreieck.*

Wie man sieht, werden in dieser Construction die Winkel φ und $\varphi + \varphi_1$ nur ein einziges Mal aufgetragen; im Uebrigen verlangt dieselbe blos das Ziehen von Parallelen und Senkrechten. Man sieht leicht aus Figur 7, dass dieselbe nicht mehr (sogar weniger) Raum einnimmt, als wenn keine Cohäsion vorhanden ist. Sollte der Punkt C_1 oder der Punkt D über den Rahmen des Blattes hinausfallen, so kann diesem Uebelstande durch eine Projection der Punkte $D B_1 C_1$ auf $D A$ parallel $A C_1$, resp. auf $A C_1$ parallel $D A$ und durch entsprechendes Rückwärtsprojiciren des Punktes G leicht abgeholfen werden.

IX. Wie man sich in den Fällen zu verhalten hat, wo der Erdkörper überhöht oder belastet ist, können wir zum Schluss mit wenig Worten erläutern, da die Construction hiebei fast ganz dieselben Modificationen erleidet wie bei der Bestimmung des Erddrucks ohne Rücksicht auf Cohäsion.

Wenn der Erdkörper überhöht ist, so hat man einfach die gebrochene oder krumme Begrenzungslinie desselben in der Art zu verwandeln, dass aus dem Polygon ein gleich grosses Dreieck entsteht, dessen neue Ecke auf der Verlängerung der Terrainlinie ($G C_1$) liegt; dieser neue Punkt tritt dann an die Stelle von B und alles Uebrige bleibt sich gleich; bloss muss $A D$ stets mit der wirklichen hintern Stützmauerwand den Winkel $\varphi + \varphi_1$ einschliessen.

Ist der Erdkörper in dem Sinne belastet, wie dies stets angenommen wird, nämlich mit einer losen, gleichförmig vertheilten, über den Punkt G hinaus sich erstreckenden Masse, so suche man zunächst einen Punkt B', der die Terrainlinie um die doppelte Belastungshöhe überragt und, mit A und G verbunden, ein mit der abrutschenden Masse äquivalentes Dreieck einschliesst; der Schnittpunkt von $A B'$ mit der Terrainlinie tritt dann an die Stelle von B; um M zu finden darf die Parallele zur Terrainlinie nicht durch A, sondern muss durch einen Punkt gezogen werden, der um die doppelte Belastungshöhe *unter* A, auf der Verlängerung von $B' A$ liegt. Im Uebrigen ist die Construction der früheren gleich.

Die electrische Beleuchtung am eidg. Sängerfest in Zürich.

Mitgetheilt von *W. Weissenbach*, Maschineningenieur.

(Mit einer Zeichnung.)

Die Installation der zwölf Jablochkoff'schen Lampen, welche von Freitag den 9. bis Mittwoch den 14. Juli regelmässig functionirten, hatte die Bestimmung, offene Plätze des Festes zu beleuchten und gleichzeitig besonders die Uferlinie decorativ zu markiren. Um dieser Bestimmung mit möglichster Sicherheit in Anbetracht des nicht sehr einfachen Betriebes zu entsprechen, sind *principiell* zwei von einander unabhängige Electromotoren an verschiedenen Kraftmaschinen placirt worden. Diese Vorsichtsmassregel hatte denn auch zur Folge, dass während des ganzen Festes kein störendes Erlöschen einer grösseren Zahl Lampen vorkam, wie dies bei provisorischen Installationen sonst oft erlebt worden ist.

Die sechs oberhalb der zum Hafendamm führenden Brücke gelegenen Lichter a und b waren auf zwei Stromkreise je zu drei Lichtern vertheilt, und waren in Verbindung mit der Dampfmaschinenanlage der Herren Schulthess & Schnorf im Seefeld, mit einer Kabellänge pro Stromkreis von ca. 700 m. Sollte nun durch einen Missgriff der eine der zwei Ströme unterbrochen werden, so bleiben die zwei Lichter vor der Concerthalle, auf den Cassahäuschen, und der Candelaber im Rondell erhalten, eventuell die übrigen drei auf der Concerthalle und unten am Ufer.

Unterhalb der Brücke waren wiederum sechs Lichter c und d derart vertheilt, dass die zwei mittleren, vor dem Tonhallepavillon gelegenen mit dem ersten Licht bei der Brücke correspondirten und die übrigen drei davon unabhängig dem letzten Stromkreise von ca. 900 m Länge angehörten. Die beiden Ströme kamen von der Installation bei Herrn Schneeli am Mühlebach, wo die vorhandene Turbine benutzt wurde. Jede der Installationen bestand aus einer Gramme'schen Divisormaschine zu je zwei Alternativströmen und aus einer Gramme'schen Hülfsmaschine, den Transmissionen, Tourenzeigern und starken Holzfundationen. Die Leitungen passirten den Weg von der Seefeldstrasse bis zur Concerthalle unterirdisch in Thonröhren, damit der Telegraph für das rechte Seeufer nicht inducirt werden konnte.