

Zeitschrift: Die Eisenbahn = Le chemin de fer
Herausgeber: A. Waldner
Band: 12/13 (1880)
Heft: 4

Artikel: Bestimmung des Erddrucks mit Rücksicht auf Cohäsion
Autor: Ritter, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-8584>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Bestimmung des Erddrucks mit Rücksicht auf Cohäsion. Von W. Ritter, Professor in Riga. Mit 7 Zeichnungen. — Die electricische Beleuchtung am eidgenössischen Sängerkongress 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 Ermittlung des auf eine Stützmauer wirkenden Erddrucks mit gleichzeitiger Berücksichtigung der Reibungs- und Cohäsionswiderstände gilt im Allgemeinen für eine Aufgabe, deren Lösung zu umständlich wird, um practisch verwerteth 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 Entwicklung 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 $k \cdot \gamma$, worin k naturgemäss eine Linie darstellt.***) Wir beschränken ferner unsere Entwicklung 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 AB (Fig. 1) und die Erdbegrenzung oder „Terrainlinie“ BG ; die Erde trenne sich längs der Linie AG und gleite in Form eines dreiseitigen Prismas ABG 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 AA' auf die Terrainbegrenzung fällt und die Tiefe des Erdkörpers gleich der Einheit annimmt,

$$P = \frac{1}{2} \gamma \cdot AA' \cdot BG.$$

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 ($\tan \varphi$) ist, so bildet die Mittelkraft aus beiden Kräften mit der Gleitfläche den Winkel $90^\circ - \varphi$; 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 $K = k \cdot \gamma \cdot AG$.

*) 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 Ermittlung 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 AB und der dabei entstehenden Reibung zusammensetzt, mit AB den Winkel $90^\circ - \varphi_1$ einschliesst.

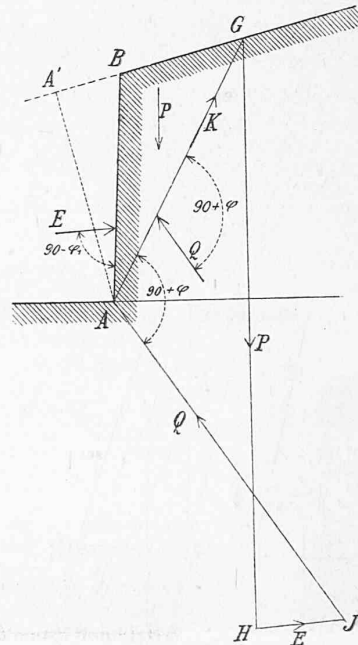
Setzt man diese vier Kräfte zusammen, so entsteht ein geschlossenes Polygon. Nimmt man dabei den Kräfteastab gleich $k \cdot \gamma$ (d. h. dividirt man sämmtliche Kräfte durch $k \cdot \gamma$, um sie als Linien auftragen zu können) so wird die Cohäsionskraft durch AG dargestellt, während P gleich der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

$$\frac{\frac{1}{2} \gamma \cdot AA' \cdot BG}{k \cdot \gamma} = \frac{AA' \cdot BG}{2k}$$

wird. Dieses Kräftepolygon ist in Fig. 1 aufgetragen: AG stellt die Cohäsion dar, GH das Gewicht des Erdprismas, HJ den Erddruck und JA den Gegendruck. Da GH , wie eben gezeigt worden ist, der Linie BG 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 JAG muss offenbar gleich $90^\circ + \varphi$ sein. Da bei gegebener Gleitfläche AG und GH nach Grösse und Richtung, HJ und JA 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 HJ ein Maximum wird.

Fig. 1.

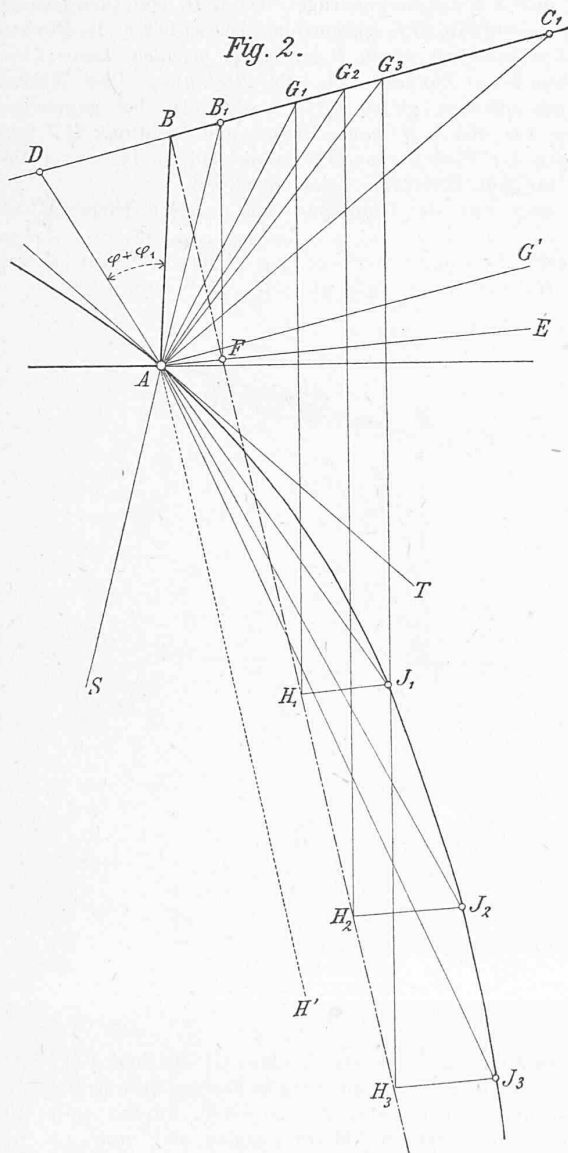


III. In Fig. 2 sind drei verschiedene Gleitflächen AG_1 , AG_2 und AG_3 angenommen und die entsprechenden drei Kräftepolygone construirt worden, wobei die einzelnen Punkte stets die betreffende Nummer tragen. Hierbei ergibt sich nun das interessante Resultat, dass die Punkte $J_1, J_2, J_3 \dots$ auf einem Kegelschnitt und zwar auf einer Hyperbel liegen.

Die Punkte J können nämlich als Schnitte zweier Strahlenbüschel des *Gegendruckbüschels* $AJ_1, AJ_2, AJ_3 \dots$ und des *Erddruckbüschels* $H_1J_1, H_2J_2, H_3J_3 \dots$ angesehen werden; letzterer ist ein Parallelstrahlenbüschel und hat sein Centrum im unendlich fernen Punkte der Linie AE , welche die Richtung des Erddrucks angibt. Nun ist der Gegendruckbüschel $AJ_1, AJ_2 \dots$ congruent zu dem Strahlenbüschel AG_1, AG_2 , weil die entsprechenden Strahlen stets den Winkel $90^\circ + \varphi$ mit einander einschliessen. Der Büschel $AG_1, AG_2 \dots$ liegt aber perspectivisch zu dem Parallelstrahlenbüschel G_1H_1, G_2H_2 und dieser wiederum perspectivisch zu dem Erddruckbüschel $H_1J_1, H_2J_2 \dots$; somit ist letzterer zum Gegendruckbüschel $AJ_1, AJ_2 \dots$ 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 AE als Centrum des Erddruckbüschels. Einen zweiten unendlich fernen Punkt findet man, wenn man AG in der Richtung AG' , d. h. parallel zur Terrainlinie laufen lässt; dann fällt der Punkt G in's Unendliche, ebenso der Punkt H und der Strahl HJ ; der entsprechende Strahl des Gegendruckbüschels AS , welcher mit AG' , also auch mit der Terrainlinie den Winkel $90^\circ + \varphi$ 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 AE und AS sind die Asymptotenrichtungen.



Die Tangente im Punkte A findet man, indem man zu dem gemeinschaftlichen Strahl AE beider Büschel, als Strahl des Erddruckbüschels betrachtet, den entsprechenden sucht; zu diesem Zwecke zieht man durch den Schnittpunkt F von AE mit BH eine Verticale FB_1 , verbindet B_1 mit A und zieht AT unter dem Winkel $90^\circ + \varphi$ zu AB_1 ; dann sind die Strahlen AE und AT 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 AE .)

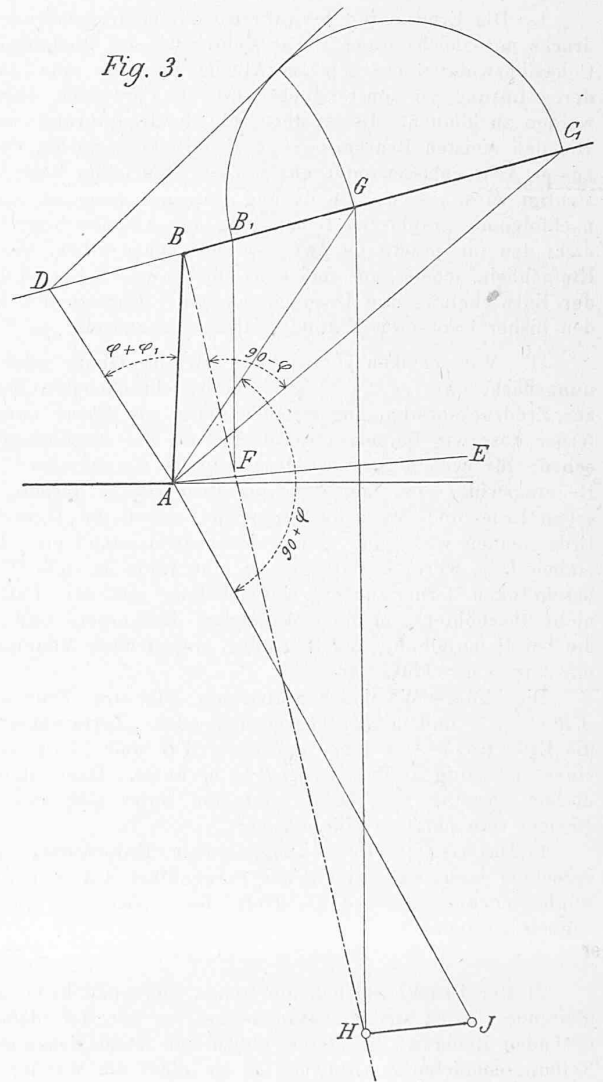
IV. Unsere Hauptaufgabe besteht nun darin, das Maximum von HJ zu suchen.

*) 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 BH eine Tangente an die Hyperbel gelegt; dieselbe berühre die Curve im Punkte J_2 ; dann ist offenbar H_2J_2 der grösste Werth, den der Erddruck annehmen kann. Um den Punkt J_2 zu finden, denken wir uns die Hyperbel durch drei zu BH parallele Linien geschnitten. Als solche Schnittlinien nehmen wir:

- 1) Die Tangente im Punkte J_2 ;
- 2) Die Linie AH' , 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 AH' 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:



- 1) Der Strahl AJ_2 sich selbst;
- 2) Die Tangente AT der Linie AH' , und
- 3) Die Linie AE der Linie AS (Asymptotenrichtungen).

Von diesen Strahlen sind die vier letztern bekannt, der Doppelstrahl AJ_2 gesucht.

Um möglichst rasch zum Ziele zu gelangen, drehen wir sämtliche Strahlen um den Winkel $90^\circ + \varphi$ nach links (der Richtung der Uhrzeiger entgegen). Dann nimmt AJ_2 die Richtung AG_2 ein, AT kommt nach AB_1 , AH' gelange nach AC_1 und AE nach AD , AS endlich fällt mit AG' zusammen. Dabei bildet AC_1 mit der H -Linie den Winkel $90^\circ + \varphi$; ebenso ist der Winkel $DAE = 90^\circ + \varphi$, oder, da $BAE = 90^\circ - \varphi_1$, der Winkel $DAB = \varphi + \varphi_1$.

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

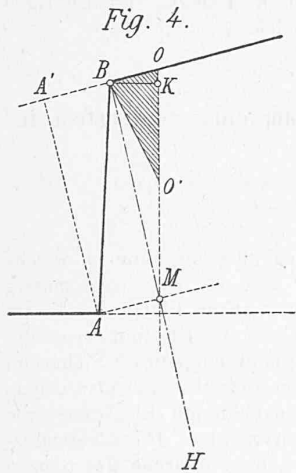
$$D G_2 = \sqrt{D B_1 \cdot D C_1}$$

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) BH eine bestimmte, von der Grösse der Cohäsion abhängige Gerade, deren Construction später gezeigt werden wird;
- 2) AC_1 eine Gerade, die mit der vorhergehenden den Winkel $90^\circ + \varphi$ bildet;
- 3) AF eine Parallele zur Richtung des Erddrucks und FB_1 eine Verticale;
- 4) AD eine Linie, die mit AB den Winkel $\varphi + \varphi_1$ einschliesst;
- 5) DG die mittlere Proportionale von DB_1 und DC_1 ;
- 6) AG die ungünstigste Gleitfläche, GH eine Verticale, HJ eine Parallele zum Erddruck und AJ eine Linie unter dem Winkel $90^\circ + \varphi$ zu AG ;
- 7) Endlich ist: *Der Erddruck* = $k \cdot \gamma \cdot HJ$.

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 (AC) und construirt DG als mittlere Proportionale zwischen DB und DC ; 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.



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

$$\frac{AA' \cdot BO}{2k}$$

sein muss. Nun findet man einen Punkt der Linie BH folgen dermassen: Man ziehe (Fig. 4) BK horizontal und mache es gleich $2k$; 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 AO , so muss

$$OM = \frac{AA' \cdot BO}{2k}$$

oder

$$OM \cdot k = \frac{1}{2} AA' \cdot BO$$

sein; dies ist aber der Fall, denn $OM \cdot k$ ist der Inhalt des Dreiecks BOM und $\frac{1}{2} AA' \cdot BO$ derjenige des Dreiecks BOA und dass diese beiden Dreiecke gleich gross sind, folgt aus AM parallel BO .

Man sieht hieraus, dass die H -Linie um so steiler wird, je kleiner die Cohäsion ist. Für $k=0$ wird BH vertical; dann kommt B_1 nach B zu liegen und AC_1 fällt mit der natürlichen Böschung zusammen, die Construction der ungünstigsten Gleitfläche geht dann in die längst bekannte über. (Die Ermittlung des Erddrucks wird indessen in diesem Fall unmöglich, weil H unendlich fern und HJ unendlich gross wird.)

VI. Um den Erddruck mit Berücksichtigung der Cohäsion übersichtlich darzustellen, kann man das Maximum von HJ auf der Verticalen KM (Figur 4) gleich OO' auftragen und O' mit B verbinden; dann stellt, weil der Kräftemasstab $k \cdot \gamma$ ist, das (in Fig. 4 schraffierte) Dreieck BOO' 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

HJ wegen der langen Linien ungenau und überdies unbequem wird; sodann muss der Winkel φ , resp. $90^\circ + \varphi$ mehrmals aufgetragen werden, was wiederum leicht zu Ungenauigkeiten führt und jedenfalls die Lösung verlangsamt.

Beiden Uebelständen kann abgeholfen werden.

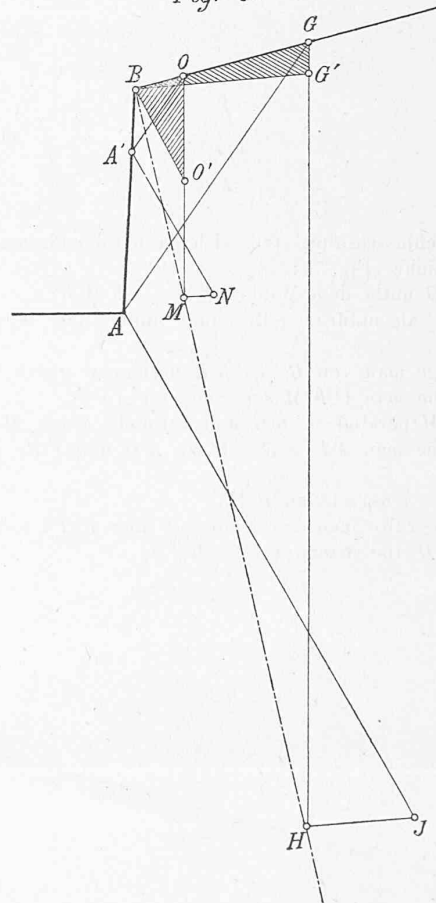
Ist der Punkt G durch die Halbkreisconstruction gefunden, so ziehe man (Fig. 5) OA' parallel GA , sodann $A'N$ parallel AJ , d. h. unter dem Winkel $90^\circ + \varphi$ zu OA' , ferner MN parallel zum Erddruck und trage endlich $MN = GG'$ auf, so stellt das Dreieck BGG' ebenfalls den Erddruck dar. Dann ist nämlich das Fünfeck $A'BOMN$ dem Fünfeck $ABGHJ$ ähnlich, folglich verhält sich $HJ : MN = BG : BO$; oder es ist

$$HJ \cdot BO = MN \cdot BG \text{ oder } OO' \cdot BO = GG' \cdot BG;$$

folglich haben die beiden (in Fig. 5 schraffirten) Dreiecke BOO' und BGG' gleichen Inhalt.

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

Fig. 5.

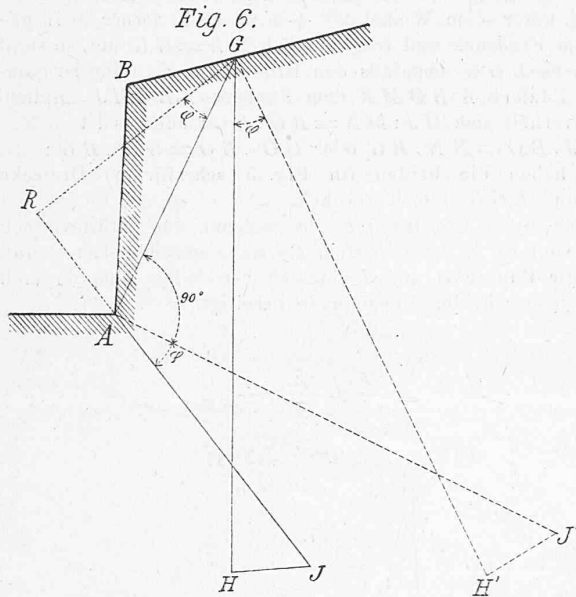


VIII. Dem zweiten Mangel kann folgendermassen abgeholfen werden:

Wenn man im Kräftepolygon $AGHJ$ (siehe Fig. 6) die Linie AJ rückwärts verlängert und von G eine Senkrechte GR darauf fällt, so ist diese gleich $GA \cdot \cos \varphi$. Nimmt man nun den Kräftemasstab nicht gleich $k \cdot \gamma$, sondern gleich $k \cdot \gamma \cdot \cos \varphi$ 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 $RGHJ$, 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 $AGH'J'$ lässt sich nun gerade so operiren, wie mit der Figur $AGHJ$; bei veränderter Gleitfläche wird GH' stets die gleiche Richtung beibehalten und der Strecke BG proportional sein; folglich wird H' auf einer Geraden liegen, und genau so, wie es oben geschehen ist, kann gezeigt werden,

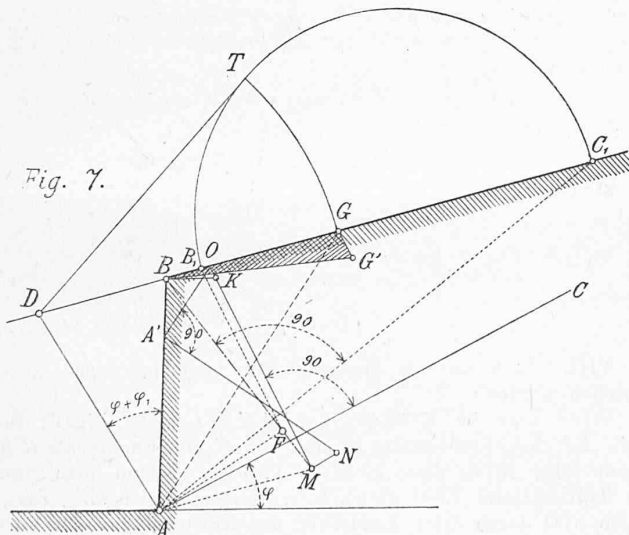
dass J' der Schnittpunkt zweier projectivischer Strahlenbüschel ist und eine Hyperbel beschreiben muss. Wir können die Entwicklung dieser Beziehungen, da sie den obigen ganz analog sind, dem Leser überlassen und beschränken uns auf die eine Bemerkung, dass die involutorischen Strahlen hier nicht um $90^\circ + \varphi$, sondern einfach um 90° zu drehen sind.



Das Schlussresultat stellt sich dann folgendermassen:

Man ziehe (Fig. 7):

- 1) AD unter dem Winkel $\varphi + \varphi_1$ zu AB ;
- 2) AC als natürliche Böschung unter dem Winkel φ zum Horizont;
- 3) trage man von B aus BK horizontal gleich $2k$ auf;
- 4) ziehe man OKM senkrecht zu AC ;
- 5) AM parallel zu BG und verbinde B mit M ;
- 6) ziehe man AF senkrecht zu AD und FB_1 parallel zu OM ;
- 7) AC_1 senkrecht zu BM ;
- 8) construire man den Halbkreis über B_1C_1 , ziehe die Tangente aus D und mache $DG = DT$;



- 9) ziehe man OA' parallel GA , $A'N$ senkrecht auf AG , MN senkrecht auf AD und mache endlich
- 10) GG' parallel OM gleich MN , so repräsentirt BGG' 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 bloss 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 DB_1C_1 auf DA parallel AC_1 , resp. auf AC_1 parallel DA 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 verändern, dass aus dem Polygon ein gleich grosses Dreieck entsteht, dessen neue Ecke auf der Verlängerung der Terrainlinie (GC_1) liegt; dieser neue Punkt tritt dann an die Stelle von B und alles Uebrige bleibt sich gleich; bloss muss AD 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 AB' 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 electriche Beleuchtung am eidg. Sängertfest 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 Hilfsmaschine, 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.