

für

# Berg- und Hüttenwesen.

Verantwortliche Redactenre:

Hanns Höfer,

o. ö. Professor an der k. k. Bergakademie in Leoben.

C. v. Ernst,

k. k. Regierungsrath, Bergwerkeprod.-Verschl.-Director in Wien.

Unter besonderer Mitwirkung der Herren: Joseph von Ehrenwerth, a. o. k. k. Bergakademie-Professor in Leoben, Joseph Hrabák, o. ö. k. k. Bergakademie-Professor in Píbram, Franz Kupelwieser, o. ö. k. k. Bergakademie-Professor in Leoben, Johann Lhotsky, k. k. Bergrath im k. k. Ackerbau-Ministerium, Johann Mayer, Oberingenieur der a. p. Ferdinands-Nordbahn in Mährisch-Ostrau, Franz Pošepný, k. k. Bergrath und Franz Rochelt, o. ö. k. k. Bergakademie-Professor in Leoben.

Manz'sche k. k. Hofverlags- und Universitäts-Buchhandlung in Wien, Kohlmarkt 7.

Diese Zeitschrift erscheint wöchentlich einen bis zwei Bogen stark und mit jährlich mindestens zwanzig artistischen Beigaben. Pränumerationspreis jährlich mit franco Postversendung für Oesterreich-Ungarn 12 fl. ö. W., halbjährig 6 fl., für Deutschland 24 Mark, resp. 12 Mark. — Reclamationen, wenn unversiegelt portofrei, können nur 14 Tage nach Expedition der jeweiligen Nummer berücksichtigt werden.

INHALT. Beiträge zur Spreng- oder Minentheorie. — Höhlen und Einstürze. — Kraftleistung der Walzenzug-Maschinen. — Das Hohlschiessen. — Notizen. — Literatur. — Ankündigungen.

## Beiträge zur Spreng- oder Minentheorie.

(III. Theil.)

Von

Prof. Hanns Höfer in Leoben.

(Mit Taf. VII.)

### Die gekuppelten Minen (Schüsse).

Gekuppelte Minen oder gekuppelte Schüsse sind jene, welche derart nahe liegen, dass bei ihrer gleichzeitigen (elektrischen) Entzündung die Wirkungssphäre der einen Mine in jene der nachbarlichen eingreift.

Sind die gekuppelten Minen in einer Geraden oder einer dieser nahekommenden Linie angeordnet, so heisst man sie eine *Minenreihe* (Fig. 1), zum Unterschiede von einer *Minengruppe* (Fig. 2), bei welcher man durch Verbindung der einzelnen nebeneinander liegenden *Minenherde*  $C C_1 C_2 \dots C_6$  ein System von Dreiecken erhält.

Regelmässig angelegte *Minengruppen* lassen sich in mehrere gekuppelte *Minenreihen* zerlegen. (Fig. 22 u. 23.)

Dadurch, dass die *Wirkungssphären* gegenseitig übergreifen, so dass auf ein Theilchen des Sprengmediums zwischen den *Minenherden* und der freien Fläche mehrere Kräfte gleichzeitig einwirken, erhält man normal zur freien Fläche stets eine grössere Resultirende, als wenn nur eine dieser Kräfte wirksam wäre. Es werden somit durch die Explosion nicht blos einzelne *Wurfkegel* erzeugt werden, sondern es werden auch die zwischen ihnen befindlichen *Parthien* bei guter *Minenanlage* beträchtlichen Theils mitgerissen werden.

Würde man ein System naheliegender Minen nacheinander zur Wirkung gelangen lassen, so würde bei *brisantem Explosiv* und guter Anlage die später *explodirende Mine* von der vorhergegangenen insoferne unterstützt werden, dass um den *Wurftrichter* der letzteren *Risse* entstünden, welche durch die zweite Mine zum Theile erweitert werden würden, zum Theil jedoch das *Absprengen* erleichtern, somit die *Wurfwirkung* etwas wenigens vergrössern würden.

Während in diesem Falle der *Widerstand* des Mediums herabgemindert wird, findet bei *gekuppelten Minen* eine *Verstärkung* der *zersprengenden Kraft* statt; durch letztere wird ein wesentlich grösserer *Sprengeffect* erzielt, als bei dem nacheinander erfolgenden *Abbrennen* der einzelnen Minen.<sup>1)</sup>

### A. Wurfwirkung.

#### 1. *Minenreihe*.

Je nachdem eine *Minenreihe* aus 2, 3, 4 . . . *gekuppelten Minen* besteht, heissen wir sie 2, 3, 4 . . . *n-herdig*. Der einfachste Fall ist die *zweiherdige Minenreihe*; die Erscheinungen, welche innerhalb derselben auftreten, wiederholen sich unter sonst gleichen Verhältnissen auch bei einer *mehrherdigen*. Aus diesem Grunde sei zuerst eine *zweiherdige Minenreihe* betrachtet.

<sup>1)</sup> Die bisherigen Anschauungen über den Einfluss mehrerer freier Seiten auf die Sprengwirkung kann ich aus dem Grunde nicht theilen, weil diese einen körperlichen Winkel von 90° voraussetzen, welchen beim Betriebe einzuhalten unöconomisch wäre.

Zuvor sei jedoch der bereits bewährte Fundamentalsatz aller unserer sprengtheoretischen Untersuchungen: „Bei einem bestimmten Explosiv sind die radialen Stosskräfte der Ladung direct und dem Quadrate des Radius verkehrt proportional“, wieder in Erinnerung gebracht, da sich hierauf auch die nachfolgenden Betrachtungen stützen. Um Wiederholungen zu vermeiden, sei hier ferner bemerkt, dass wir im ersten Theile dieser Studien fanden, dass eine Ladung dann den grössten (dem Volumen nach) Wurfkegel erzeugt, wenn das Verhältniss der Vorgabe ( $w$ ) zum Basisradius ( $r$ ) 1,11 805 ist, welchem ein Basiswinkel von  $48^\circ 11' 23''$  entspricht. Es ist ferner die Kegelseite =  $1,5 r$ , wenn  $w = 1,11 805 r$  ist. Eine derartige Mine heisst Normalschuss oder Normalmine.

2. Die Resultirenden normal zur freien Fläche.

Gegen die freie Fläche  $FF_1$  (Fig. 3) wirken die beiden vollends gleichen Minen von ihren Herden  $A$  und  $B$  aus. Die beiden Widerstandslinien (Vorgaben)  $AD = BE = w$  haben in  $D$  und  $E$  ihre Stosspunkte. Durch diese beiden Normalen denke man sich eine Ebene gelegt, welche, wenn die beiden Minen ihre Kegel bereits geworfen hätten, ein Axenschnitt wäre. In diesem sei die Kraftwirkung auf den Punkt  $C$ , welcher in der Mitte der Verbindungslinie der beiden Stosspunkte liegt, so dass  $CD = CE = e$  ist, betrachtet.

Eine durch  $C$  gelegte auf dem Axenschnitte senkrecht stehende Ebene heissen wir die mittlere Stossebene, welche eine Schnittlinie  $CG$ , mittlere Stosslinie genannt, parallel zu  $AD$  und  $BE$  gibt.

Auf jedes Theilchen der mittleren Stossebene wirken zwei Kräfte ein, welche stets gleich gross sind und gegen erstere denselben Winkel einschliessen, so dass alle Resultirenden in die mittlere Stossebene, und, falls die Radialkräfte in dem Axenschnitt liegen, in die mittlere Stosslinie fallen.

In  $C$  wirken die beiden gleich grossen Kräfte  $p$  und  $p$ , in  $G$   $p_1$  und  $p_1$ ; die erstgenannten geben eine Resultirende =  $2n$ , die letzteren =  $2 n_1$ . Jede dieser Resultirenden ist nämlich das Doppelte jener zur freien Fläche normalen Componente, welche man aus der Zerlegung von  $p$  oder  $p_1$  erhalten würde.

Vermöge unseres Fundamentalsatzes ist

$$p : p_1 = R_1^2 : R^2;$$

und da  $p = \frac{n}{\sin \alpha}$ ,  $p_1 = \frac{n_1}{\sin \beta}$ , ferner  $R = \frac{e}{\cos \alpha}$

und  $R_1 = \frac{e}{\cos \beta}$  ist, so ist auch:

$$\frac{n}{\sin \alpha} : \frac{n_1}{\sin \beta} = \frac{e^2}{\cos^2 \beta} : \frac{e^2}{\cos^2 \alpha}$$

$$n_1 = n \frac{\sin \beta \cos^2 \alpha}{\sin \alpha \cos^2 \beta} \dots \dots \dots \text{Gl. 33.}$$

Würden die beiden Minenherde  $A$  und  $B$  in einer grossen Tiefe liegen, so kann man mit Hilfe der vorstehenden Gleichung für die verschiedensten Werthe von  $\beta$  ( $0^\circ$  bis  $90^\circ$ ) den Werth von  $n_1$  rechnen, wenn für einen bestimmten Winkel  $\alpha$  das dazugehörige  $n$  als

Einheit angenommen wird. Es empfiehlt sich hierfür  $\alpha = 48^\circ 11' 23''$  (Basiswinkel der Normalmine) zu wählen, wobei dann, falls die mittlere Stossebene von der Vorgabe um  $e = r$  (Basisradius der Normalmine) entfernt ist,  $n = x$  wirkt, d. i. jene kleinste normal zur freien Fläche wirkende Kraft, welche zur Abschleuderung eines Theilchens hinreicht.

In Gleichung 33 wird unter der gemachten Voraussetzung

$$\frac{x}{\sin \alpha \cos^2 \alpha} = C \text{ eine Constante. } n_1 \text{ wird das Maximum erreichen, wenn der erste Differentialquotient}$$

$$\frac{d n_1}{d \beta} = C (\cos^2 \beta - 2 \sin^2 \beta \cos \beta) =$$

Null wird, d. h. es muss

$$\cos^2 \beta = 2 \sin^2 \beta \cos \beta \text{ oder}$$

$\tan \beta = \sqrt{2} = 0,707 106$  sein, wozu  $\beta = 35^\circ 15' 31''$ , also der Basiswinkel des breitesten Wurftrichters gehört. Bei diesem Winkel erreicht somit die normal zur freien Fläche wirkende Kraft ihr Maximum, und zwar ist sie:

$$n_1 = x \frac{\sin 35^\circ \cos^2 35^\circ}{\sin 48^\circ \cos^2 48^\circ} = 1,1619 x = n \text{ max.}$$

Bei welchem  $\beta$  wird  $n_1 = x$ ? In diesem Falle ist  $\sin \beta \cos^2 \beta = \sin \alpha \cos^2 \alpha = 0,33 130$  oder  $\sin \beta (1 - \sin^2 \beta) = \sin \beta - \sin^3 \beta = 0,33 130$ .

Diese Gleichung dritten Grades, nach der Cardanischen Regel gelöst, gibt, abgesehen von  $\beta = \alpha = 48^\circ 11' 23''$  nur noch einen reellen Werth von  $\beta = 23^\circ 1' 36''$ .

Bei welchen  $\beta$  wird  $n_1 = \frac{x}{2}$ ? Es ist dann

$$\sin \beta - \sin^3 \beta = \frac{0,33 130}{2} = 0,16 565, \text{ woraus sich}$$

analog dem Früheren zwei reelle Werthe ergeben:

$$\beta = 9^\circ 49' 24,5'' \text{ und}$$

$$\beta = 64^\circ 38' 58''.$$

Dass, abgesehen von dem Maximum, stets zwei gleichwerthige  $n_1$  vorhanden sein müssen, folgt schon aus der einfachen Betrachtung, dass unterhalb des Maximums die Radialkraft, da dem Minenherde näher, grösser, jedoch der Winkel kleiner ist, als in einem zweiten Punkte oberhalb des Maximums, so dass jedem unteren Producte der beiden Factoren ein gleich grosses der oberen entsprechen muss.

Wenn man die gefundenen Werthe, welche mit 2 multiplicirt werden müssen, da ja die Resultirende durch die Zusammensetzung der beiden Radialkräfte  $p_1$  und  $p_1$  doppelt so gross ist, als die aus einem  $p_1$  abgeleitete Componente  $n_1$ , graphisch darstellt, so gelangt man zu der in Fig. 4 gezeichneten Curve. In dieser entspricht irgend einem  $\alpha$  derselbe  $\beta$ , wie in der Wurftrichtercurve, welche im ersten Theile dieser Studien abgehandelt wurde.

Der Axenschnitt des Wurfkörpers zweier Normalminen.

Eine Mine allein erzeugt einen Wurftrichter, auch Wurfkegel genannt, also einen Rotationskörper. Wirken jedoch zwei Minen zusammen, so werden andere,

und zwar nur symmetrische Körperformen entstehen, welche wir allgemein mit dem Namen Wurfkörper bezeichnen wollen.

a) Die Kegelbasen tangiren:

In Fig. 5 ist  $A$  der Herd der einen Mine,  $ST$  die mittlere Stosslinie. Wenn zum Abschleudern eines Theilchens der freien Fläche am Umfange der Wurftrichterbasis eine Kraft  $x$  nothwendig ist, so wird in dem vorliegenden Falle an der Berührungsstelle der beiden Kegelbasen eine Kraft  $2x$  wirken; es wird somit dort das Theilchen mit grosser Kraft weggeschleudert werden. Und da in der mittleren Stosslinie die Kraft nach abwärts bis zum  $\sphericalangle \beta = 35^\circ 15\frac{1}{2}'$  zunimmt, so müssen alle diese Theilchen noch mit grosser Kraft in die Höhe geworfen werden; unter dem  $\sphericalangle 35^\circ 15\frac{1}{2}'$  nimmt die normale Kraft ab, bis sie bei  $S$  bei einem Winkel von  $9^\circ 49\frac{1}{2}' = x$  wird, welche blos mehr zum allseitigen Lostrennen hinreicht; von hier ab nach abwärts kann somit kein Abschleudern der Theilchen, sondern blos ein Zerreißen des stehen bleibenden Mediums stattfinden. Die Höhe dieses zwischen den beiden Minen verbleibenden, im Querschnitte dreieckigen Stückes  $h = r \tan \beta$ ; und da  $\sphericalangle \beta = 9^\circ 49\frac{1}{2}'$  und in der Normalmine

$$r = \frac{w}{1,118} \text{ ist, so ist } h = 0,15812 w \quad \frac{w}{7}$$

b) Die Wurfkörperbasen sollen tangiren:

Legt man die beiden Minenherde z. B. in die Entfernung  $4r$ , so wird die Basis jeder Mine in der Hälfte, die der anderen zugekehrt ist, eine Ausweitung zeigen. Rückt man die Minenherde etwas näher, so werden diese Ausweitungen der Wurfkörperbasen grösser werden. Es ist nun jene Entfernung  $E = 2e$  zu ermitteln, bei welcher diese Basen tangiren.

In  $F$  (Fig. 6) ist eine normal zur freien Fläche gerichtete Kraft  $x$ , eine Componente der Radialkraft  $p$  wirksam, so dass ein Theilchen allseits losgelöst, doch nicht abgeschleudert wird. Dasselbe wäre auch in  $B$  der Fall gewesen, wenn jede Mine ungekuppelt activ gewesen wäre. Auch in  $G$  wird als Resultirende der beiden Radialkräfte  $p_1$  und  $p_1$  eine Kraft  $x$  thätig sein müssen, wenn der zu untersuchende Fall eintreten soll.

Nach dem Fundamentalsatze ist:  $p:p_1 = R_1^2:R^2$ , oder mit Rücksicht auf die Kräftradreiecke

$$\frac{x}{\sin \alpha} : \frac{x}{2 \sin \beta} = R_1^2 : R^2$$

Da, wie aus Fig. 6 ersichtlich,  $\sin \beta = \frac{w}{R_1}$  und

$\sin \alpha = \frac{w}{R}$  ist, so folgt aus vorstehender Gleichung durch Substitution:

$$R_1^3 = 2 R^3 \text{ oder } R_1 = 1,2599 R$$

Setzt man statt  $R$  die Katheten  $w$  und  $r$ , wobei  $w = 1,118 r$  (Gl. 3) und  $R = 1,5 r$  ist, so ergibt

sich aus dem rechtwinkligen  $\triangle ADG$   $e^2 = R_1^2 - w^2 = (1,2599 R)^2 - 1,25 r^2$  oder

$$e = 1,52 r = 1,36 w \dots \dots \dots \text{ Gl. 34.}$$

D. h.: Legt man die Herde der beiden gleichen Normalminen in die Entfernung gleich dem dreifachen Basisradius des Wurfkegels oder der  $2\frac{3}{4}$ fachen der Vorgabe, so werden sich die Basen der beiden Wurfkörper berühren. Mit  $E = 3 r$  ist also das Maximum der Entfernung der Minenherde gegeben, da ein Stehenlassen eines breiten Körpers zwischen den beiden Minen dem Zwecke der Kuppelung gänzlich zuwiderläuft. Andererseits ist, wenn man blos den Axenschnitt vor Augen behält,  $E = 2 r$  das Minimum; denn ein Näberrücken hätte nur die Folge, dass der zwischen beiden nach der Schusswirkung verbleibende Körper noch flacher als  $9^\circ 49\frac{1}{2}'$  geböschet wäre, wodurch kein nennenswerther ökonomischer Erfolg erzielt würde, um so weniger, da dieser Körper von den nächsttieferen Minen mitgerissen wird, wie dies später bewiesen werden wird.

Es ist somit die genaue Bestimmung der günstigsten Entfernung zweier gekuppelter Minen für die Praxis von besonderer Wichtigkeit; ihre Grenzwerthe sind bereits im Vorstehenden gefunden. Zur Beantwortung dieser Frage ist jedoch von besonderer Wichtigkeit:

**Die Breite des Wurfkörpers.**

Die Breite der Basis der Wurfkörper beider Minen wird in den meisten Fällen nicht durchwegs gleich sein; sie kann in der Mitte zwischen den beiden Minen grösser (z. B. Fig. 11) oder kleiner (z. B. Fig. 10) als  $2 r$  sein, während sie sich gegen die beiden Kegelbasen hin  $2r$  nähert. Diese mittlere Breite wird somit für die Beurtheilung der Form der Wurfkörperbasis zuerst maassgebend sein.

Unter mittlerer Breite des Wurfkörpers verstehen wir jene Breite desselben, welche er in der Durchschnittslinie der freien Fläche mit der mittleren Stossebene hat. Die mittlere Breite steht somit sowohl auf der mittleren Stosslinie, als auch auf der Verbindungslinie der beiden Stospunkte senkrecht.

a) Allgemeiner Fall.

In Fig. 7 ist  $A$  einer der beiden Minenherde,  $FF_1$  die freie Fläche,  $EJ$  die mittlere Stossebene,  $EH$  die mittlere Stosslinie und  $CK$  eine zu  $FF_1$  parallele Ebene, welcher eine Vorgabe  $w_1$  entspricht. Für jeden Punkt der Linie  $GL$  lässt sich die normal zu  $CK$  gerichtete Componente  $n_2$  der Radialkraft  $p_2$  berechnen und mit dem bereits bekannten  $n_1$ , bei  $G$  wirkend, in Beziehung bringen.

$n_2$  und  $n_1$  beziehen sich nur auf eine Mine, sind somit die Hälften der Resultirenden, welche man durch Zusammenziehen der in den Punkten  $G$  und  $L$  wirkenden Kräftepaare erhält.

Nach dem Fundamentalsatze ist:

$p_2:p_1 = R_1^2:R_2^2$ ; hierin aus den Kräftradreiecken und aus  $\triangle AGH$  und  $\triangle ALJ$  die Werthe gesetzt:

$$\frac{n_2}{\sin \gamma} : \frac{n_1}{\sin \beta} = \frac{w_1^2}{\sin^2 \beta} : \frac{w_1^2}{\sin^2 \gamma}$$

$$n_2 = n_1 \left( \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \right)^2 \dots \dots \dots \text{Gl. 35.}$$

Setzt man für  $n_1$  den Werth (Gl. 33), so findet man

$$\sin^2 \gamma = \frac{n_2}{n} \sin \alpha \cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \beta \dots \dots \text{Gl. 36.}$$

Ist  $\alpha$   $\gamma$  bestimmt, so kann die Entfernung  $b$  des Punktes  $L$ , in welchem  $n_2$  wirkt, von  $G_1$  aus den beiden Dreiecken  $ALJ$  und  $AJH$  berechnet werden, u. z. w.:

$$\frac{w_1}{f} \operatorname{tang} \gamma = \frac{w_1}{\sqrt{e^2 + b^2}};$$

$$b = \sqrt{\frac{w_1^2}{\operatorname{tang}^2 \gamma} - e^2} \dots \dots \dots \text{Gl. 37.}$$

b) Die Kegelbasen zweier Normallinien tangiren.

Wie gross ist die mittlere Breite des Wurfkörpers? In diesem Falle wird  $n_1 = x$ , während bei  $L$  eine normale Kraft  $= x$  wirken muss, damit noch ein Theilchen allseits losgetrennt wird; es wird somit  $n_2 = \frac{x}{2}$ , da sich  $n_2$  nur auf eine der beiden gleichwerthigen Componenten  $p_2$  bezieht. Ferner wird  $w_1 = w = 1,118 r$  und  $e = r$ .

Nach der Gleichung 35 ist  $\frac{x}{2} = x \left( \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \right)^2$ ; da jedoch in diesem Falle  $\alpha \beta = 48^\circ 11\frac{1}{2}'$  ist, so folgt:

$$\sin \gamma = \frac{\sin 48^\circ 11\frac{1}{2}'}{\sqrt{2}} = \frac{0,74537}{1,2599} = 0,591605.$$

$\alpha \gamma = 36^\circ 16' 17''$  und nach Gl. 37:

$$b = \sqrt{\frac{1,25 r^2}{\operatorname{tang}^2 36^\circ 16'} - r^2} = 1,145 r = 1,02 w.$$

D. h. Bei zwei Normalschüssen, deren kreisförmige Kegelbasen sich berühren, ist die mittlere Breite des Wurfkörpers etwas grösser als der Durchmesser des Kegels oder doppelt so gross, als die normale Vorgabe.

c) Gleich breiter Wurfkörper.

Darunter verstehen wir jenen Wurfkörper, dessen mittlere Breite gleich dem Durchmesser der Kegelbasis ist ( $b = r$ ).

Bei welcher Entfernung der Herde zweier Normalminen entsteht ein gleich breiter Wurfkörper?

Um das  $n_1$  nach Gl. 33 bestimmen zu können, muss in der mittleren Stosslinie  $MN$  (Fig. 8) eine andere Kraft bekannt sein; es sei hiezu  $n_3$  gewählt, welche einem  $\alpha = 48^\circ 11\frac{1}{2}'$ , also dem Normalschusse entspricht.

Nach dem Fundamentalsatze ist in etwas geänderter Form geschrieben:

$$n_3 : x = R^2 : R_3^2; \text{ und da}$$

$$R : R_3 = r : e, \text{ so ist}$$

$$n_3 = x \frac{r^2}{e^2} = x \frac{r^2}{R_1^2 \cos^2 \beta}$$

In Gl. 33 ist für  $n$ , unter dem  $\alpha$  wirkend,  $n_3$  einzusetzen, wobei  $\alpha = 48^\circ 11\frac{1}{2}'$  und  $\sin \alpha \cos^2 \alpha = 0,3313$  ist; man erhält:

$$n_1 = x \frac{r^2}{R_1^2 \cos^2 \beta} \cdot \frac{\sin \beta \cos^2 \beta}{0,3313} = \frac{x r^2}{0,3313} \cdot \frac{\sin \beta}{R_1^2}$$

Bei der Normalmine ist:

$$r^2 = 0,8 w^2 \text{ und im } \Delta ADN$$

$$R_1 = \frac{w}{\sin \beta}, \text{ mithin}$$

$$n_1 = x \frac{0,8 w^2 \sin \beta}{0,3313 \frac{w^2}{\sin^2 \beta}} = 2,4147 x \sin^3 \beta.$$

Nach Gl. 35 ist  $n_2 = n_1 \frac{\sin^3 \gamma}{\sin^3 \beta}$ .

Da wir hier nur mit den Componenten einer Radialkraft, also nur mit der Hälfte der normal zur freien Fläche wirkenden Kraft rechnen, so wird bei  $D$  in Summe eine normale Kraft  $x$  wirken müssen, um noch ein Theilchen allseits abzutrennen, wovon  $\frac{x}{2} = n_2$  der allein in Betracht gezogenen Mine zuzurechnen ist. Es ist somit:

$$\frac{x}{2} = 2,4147 x \sin^3 \beta \frac{\sin^3 \gamma}{\sin^3 \beta}$$

$$\sin \gamma = \sqrt[3]{\frac{1}{4,8294}} = 0,591605$$

$$\alpha \gamma = 36^\circ 16' 17''.$$

In Gl. 37 wird  $b = r$ ,  $w_1 = w$ , und da bei der Normalmine  $w^2 = 1,25 r^2$  ist, so erhält man:

$$r = \sqrt{\frac{1,25 r^2}{\operatorname{tang}^2 \gamma} - e^2};$$

$$e = r \sqrt{\frac{1,25}{\operatorname{tang}^2 \gamma} - 1} = 1,15 r = 1,03 w.$$

D. h.: Ein gleich breiter Wurfkörper wird bei Normalminen erzeugt, wenn die Minenherde um die doppelte Vorgabe entfernt liegen.

Dieser ausschliesslich auf Basis der Theorie gefundene Satz wird durch die Erfahrung vollinhaltlich bestätigt, da diese schon seit mehreren Jahren die Entfernung gekuppelter Minen doppelt so gross als die Vorgabe macht.

Auch die Versuche unseres um die Entwicklung der Sprengtechnik so vielverdienten Geniecorps führten bezüglich des gleichbreiten Wurfkörpers zu demselben Resultate, wie unsere theoretischen Betrachtungen. Auf Seite 88 des „Technischen Unterrichtes für die k. k. Genietruppe“ (17. Theil) heisst es von Normalminen oder solchen, welche sich diesen nähern und deren

Kegelbasen tangiren, dass ein gleichbreiter Wurfkörper entsteht; da jedoch bei der militärischen Normalmine der Radius der Kegelbasis gleich ist der Vorgabe ( $\alpha = 45^\circ$ ), so stehen derartige Minen auch um die doppelte Vorgabe entfernt. In Fig. 9 ist jene Zeichnung reproducirt, welche der „Technische Unterricht“ zur Erläuterung des Mitgetheilten beifügt.

Diese abermalige Uebereinstimmung der Resultate der Erfahrung und der Theorie ist neuerdings ein Beweis von der Richtigkeit der letzteren und von der vollen Giltigkeit des Fundamentalsatzes.

(Fortsetzung folgt.)

## Höhlen und Einstürze.

Von

Dr. E. Reyer.

Inhalt: 1. Abschluss der Brüche durch natürliche Stützung. 2. Ausgehen der Brüche zu Tage. 3. Abschluss der Brüche durch Gewölbebildung. 4. Dauer der Senkungen und Brüche. 5. Bruch-Erzlagerstätten.

1. Häufig entstehen durch natürliche Ursachen (Verwerfung, Auswaschung) oder durch menschliche Arbeit Hohlräume im Gebirge und diese veranlassen unter Umständen Einstürze. Der Bergmann ist in der Lage, den Vorgang und dessen Ergebnisse zu beobachten. War das Gebirge nur gebräuch, so trümmert es so lange nieder, bis das Haufwerk den ganzen Raum ausfüllt und an dem Dachgesteine stützend ansteht. So wachsen die Brüche nicht in's Endlose an, sondern sie kommen durch natürliche Stützung zum Stillstand und Abschluss. Die Grösse des Hohlraumes und die Art der Auflockerung des Materiales<sup>1)</sup> bedingen die Höhe, bis zu welcher der Einsturz reicht.

2. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Höhlung, welche den Einbruch verursacht, nahe der Erdoberfläche liegt. Dann erreicht die Zertrümmerung die Oberfläche des Gebirges; der Bruch geht zu Tage aus. War das Material erdig, so entsteht eine Senkungsmulde<sup>2)</sup>, welche den dem Material entsprechenden Böschungswinkel annimmt. War die Gesteinsart steinig und der Bruchraum gross, so ist der Einsturztrichter häufig gegen oben von steilen Wänden begrenzt. Schutthalden reichen von innen bis in den Grund. Derartige, durch Bergbau veranlasste Pingen habe ich in vorhergehenden Arbeiten beschrieben.<sup>3)</sup>

In der Natur wiederholen sich die gleichen Erscheinungen. Da bilden sich Höhlungen in Folge von Auswaschung, häufiger noch werden sie veranlasst durch

<sup>1)</sup> Grossklüftige Gesteine erleiden beim Zertrümmern eine bedeutendere Volumvermehrung, als erdige Massen, weshalb unter übrigens gleichen Verhältnissen die Niederbrüche bei ersteren rascher zum Abschlusse durch natürliche Stützung gelangen.

<sup>2)</sup> Solche Mulden entstehen häufig in Folge des Abbaues oberflächlich gelegener Kohlenflötze.

<sup>3)</sup> Pingen von Schlackenwald und Altenberg. S. Beyer: Zinn. 1881.

Verwerfungen. Im Gebiete jedes solchen Hohlraumes ereignet sich die Zertrümmerung in der beschriebenen Weise; nahe der Erdoberfläche gelegene Spaltweitungen verursachen die Entstehung von runden oder ovalen Einsenkungen oder Dolinen.<sup>4)</sup>

Das letztere leuchtet auf den ersten Blick nicht ein; man erwartet vielmehr, dass junge Verwerfungen im festen Gebirge an der Erdoberfläche weithin als klaffende Spalten sichtbar sein sollten. Eine kurze Ueberlegung zeigt aber das Irrthümliche dieser Ansicht. Erstens entstehen Spaltweitungen begrifflicher Weise nie längs der ganzen Verwerfung, sondern nur streckenweise; zweitens stellen die Gesteine keine continuirliche starre Masse dar, sondern sie sind durchaus zerklüftet in Folge der gebirgsbildenden Bewegung und anderer Einflüsse.

Jedes Schicht- und jedes Massengestein ist eigentlich nur ein aus Bruchsteinen und Quadern wohl zusammengefügtes Ganzes. Eine Spalte, welche durch eine derartige Masse setzt, wird natürlich sogleich Verschiebungen bewirken. An den engeren Stellen der Spalte rücken die Bruchsteine zusammen, sie stossen aneinander, sie sperren sich gegenseitig und die Spalte wird hiedurch geschlossen. Nur an den weitesten Stellen stehen die Wände so bedeutend auseinander, dass die gegenüberliegenden Blöcke sich nicht gegenseitig stützen können. Dann sinken die Massen natürlich ringsum so weit der Tiefe zu, bis sie hier einander erreichen und sperren. So entstehen die runden Senkungen oder Dolinen.

3. Wir haben bisher den Abschluss des Niederbrechens in Folge von natürlicher Stützung und dann das Ausgehen der Brüche zu Tage in's Auge gefasst. In beiden Fällen wird der entstandene Hohlraum mit Trümmern ausgefüllt. Es kommt aber auch, und zwar sehr häufig, vor, dass die Höhlung nicht ausgefüllt wird, sondern sich hält. Bei kleinen Hohlräumen im festen Gestein ist dies die Regel. Entstehen aber durch Abbau, Verwerfung oder Unterwaschung bedeutende Hohlräume, so treten unter allen Umständen Brüche ein; doch gehen dieselben im festen Gestein meist nicht bis zur natürlichen Stützung, sondern es bricht nur so lange Material nieder, bis eine tragfähige Wölbung entsteht.

All die erwähnten Erscheinungen kann man in Gebieten mit junger Gebirgsbildung — so z. B. im Karst — trefflich studiren. Da entstehen durch Verwerfung und Unterwaschung mannigfaltig gestaltete Hohlräume. Zahlreiche Brüche ereignen sich in der Folge. Da gehen sie in die Höhe, bis sie sich selbst stützen, dort gehen sie zu Tage aus; an zahlreichen Stellen aber runden sich die Hohlräume und Weitungen nur aus, indem so lange Deckengestein nachstürzt, bis ein tüchtiges Gewölbe entsteht. Dome und gewölbte Gänge, hohe Schutthalden und tiefe Schlünde wechseln da mannigfach. Das Grundwasser erodirt und nivellirt fort und fort; es füllt die unter seinen Horizont hinabreichenden Spalten und Höhlen allmählich mit Schutt aus. Das niedersickernde Tagwasser aber kleidet die über dem Grundwasser

<sup>4)</sup> Reyer: Karststudie. Geograph. Gesellschaft. Wien, 1880.

A. Leistungen des Pelzer-Ventilators am Wiesen-schachte bei verschiedenen Tourenzahlen.

| Tourenzahl pro Minute |                 | Depression im Saughalse | Querschnitt der Messstelle im Schachte | Durchschnittliche Geschwindigkeit | Luftmenge pro Secunde | Dieser Luftmenge entsprechende Arbeitsgrösse | Indicirte Leistung der Dampfmaschine | Wirkungsgrad des Ventilators |
|-----------------------|-----------------|-------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| der Maschine          | des Ventilators |                         |  |                                   |                       |  |                                      |                              |
| Anzahl                |                 | mm                      | qm                                     | m                                 | kbm                   | e  | e                                    | %                            |
| 20                    | 94              | 10                      | 1,248                                  | 3,28                              | 4,09                  | 0,55   | 6,16                                 | 8,8                          |
| 30                    | 140             | 22                      | 1,248                                  | 6,91                              | 8,62                  | 2,53   | 15,41                                | 16,6                         |
| 40                    | 197             | 45                      | 1,248                                  | 9,30                              | 11,61                 | 6,97   | 36,62                                | 19,0                         |
| 46                    | 215             | 60                      | 1,248                                  | 11,30                             | 14,10                 | 9,96   | 53,56                                | 21,1                         |

Wie aus dieser Tabelle zu ersehen, sind die Leistungen dieses Ventilators überraschend gering, da nicht einmal die mittleren Leistungen der bekanntlich wenig Effect gebenden Rittinger-Ventilatoren erreicht, viel weniger diese überschritten werden.

Dieses unerwartete und sehr auffallende Resultat musste nothgedrungen zur Constaturung der Verlässlichkeit obiger Ziffern, zu wiederholten Messungen und zahlreichen anderweitigen Beobachtungen, wie auch zur Untersuchung und genauen Prüfung der benützten Instrumente führen, worüber ich im Nachstehenden Einiges mitzutheilen mir erlauben werde.

Zur Ermöglichung einer vergleichswisen Beurtheilung dieser Leistungen habe ich gleichzeitig auch bei einem Rittinger-Grubenventilator dieselben Luftmessungen durchgeführt.

Man wähle zu diesem Versuche gleichfalls eine selbstständige Ventilator-Anlage auf dem gräf. Wlczek'schen Johann-Maria-Schachte in Poln.-Ostrau, die ich hier kurz skizziren will.

(Fortsetzung folgt.)

## Beiträge zur Spreng- oder Minentheorie.

### (III. Theil.)

Von

Prof. Hanns Höfer in Leoben.

(Mit Taf. VII.)

(Fortsetzung.)

#### d) Eine allgemeine Eigenschaft des Wurfkörperrandes.

Bisher wurden die gestellten Probleme ganz allgemein abgehandelt; specielle Fälle basirten auf den allgemein giltigen Formeln.

Sobald man stets nur Normalminen voraussetzt, wie es ja in der Praxis Regel ist, so ergibt sich ein überaus einfaches Gesetz zur Bestimmung der Breite des Wurf-

körpers in der mittleren Stossebene. Es wären die beiden Minen *A* und *Z* (Fig. 11) in einer beliebigen Entfernung angelegt; die mittlere Breite des Wurfkörpers *DE* sei =  $2b$ . Denkt man sich einen Schnitt (Fig. 12) *AD* nach der Vorgabe ausgeführt, so wird bei *D*, der einen radialen Stosskraft entsprechend, die normale Componente  $\frac{x}{2}$  wirken müssen, um noch ein Theilchen abzulösen.

Hingegen wirkt am Basisrande des Normalkegels bei *C* die zur freien Fläche senkrechte Componente  $x \cdot 2$ . Es fragt sich um den  $\angle \gamma$  oder um  $BD = d$ , wenn *B* der Stosspunkt von *A* ist. Es ist dies genau dieselbe Aufgabe, wie die bereits gelöste. Wie weit sind zwei gekuppelte Normalminen von einander zu entfernen, damit die Basen der beiden Wurfkörper tangiren? Dabei wurde  $\gamma = 36^\circ 16' 17''$  und  $e = d = 1,52 r = 1,36 w$  gefunden.

Also bei allen gekuppelten Normalminenreihen wird die mittlere Breite des Wurfkörpers gefunden, wenn man von den beiden Stosspunkten  $\frac{3}{2}$  des Basisradius,

oder  $\frac{4}{3}$  der Vorgabe abschneidet. Der dem Endpunkte der mittleren Breite entsprechende Basiswinkel des Wurfkörpers ist stets  $36\frac{1}{4}^\circ$ .

Fig. 9 und 10 sind zwei Copien von Zeichnungen, welche der „Technische Unterricht für die k. k. Genietruppe“ (Seite 88, 89) auf Basis der Erfahrung entwirft. Bestimmt man die Punkte der Peripherie der Wurfkörper-Basis nach der Theorie ( $d = 1,52 r$ ), so erhält man die Punkte *T*, welche entweder in die von der Erfahrung eingezeichnete Linie des Wurfkörperrandes fallen oder gegen diese nur unbedeutende Differenzen zeigen.

Kleine Differenzen waren im Vorhinein zu erwarten, da man es einerseits in der Praxis nicht mit vollends homogenen<sup>3)</sup> Medien zu thun hat, andererseits jedoch auch darum, weil die bisher in militärischen Kreisen angenommene Normal- oder grösste Mine mit  $45^\circ$  Basiswinkel nicht vollends mit der wirklichen ( $\angle \alpha = 48^\circ 11\frac{1}{2}'$ ) übereinstimmt.

Auf die soeben nachgewiesene Bestätigung der Theorie durch die Erfahrung müssen wir ein um so grösseres Gewicht legen, als der vorliegende Fall ein complicirter und somit eine schärfere Probe für die Richtigkeit unserer Theorie, bezw. für deren Fundamentalsatz ist.

Zur weiteren Erläuterung seien noch einige specielle Fälle zu besprechen.

1. Fall. Es würde  $e = 0$ , d. h. die beiden Minenherde fallen zusammen oder die Normalmine erhält die

<sup>2)</sup> In Fig. 12 denke man sich bei *C* und *D* statt  $2x$  und  $x$  entsprechend  $x$  und  $\frac{x}{2}$  für diesen Fall eingezeichnet.

<sup>3)</sup> Fig. 10 bezieht sich auf Pulverminen in Erde. (Siehe Vogel's Manersprengungen zu Linz, S. 75. Specialbeilage zu den „Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens“, 1874.)

doppelte, ihr entsprechende Ladung. In Fig. 12 wirkt in  $C$   $2x$ , in  $D$   $x$  normal zur freien Fläche. Das Verhältniss dieser beiden Kräfte ist somit, wie im vorher erläuterten allgemeinen Falle, ebenfalls 2:1, somit muss  $d = 1,52 r$  sein, d. h. der Radius einer doppelt geladenen Mine ist  $\frac{3}{2}$  der einer einfachen Ladung entsprechenden Normalmine; der Basiswinkel ist ebenfalls  $36^\circ 16' 17''$ .

2. Fall. Die bereits auf Basis der allgemeinen Gleichung früher gelöste Aufgabe: bei welcher Entfernung ( $E = 2e$ ) der Minenherde wird ein gleich breiter ( $b = r$ ) Wurfkörper erzeugt? lässt sich nun sehr einfach beantworten.

In Fig. 10 ist  $e = \sqrt{d^2 - b^2} = \sqrt{1,52^2 r^2 - r^2} = 1,15 r$ .

3. Fall. Auch die andere bereits bekannte Aufgabe: bei welcher Entfernung ( $E = 2e$ ) der Minenherde tangiren die Wurfkörperbasen? lässt sich nun sehr einfach lösen. Es wird:

$$e = \sqrt{d^2 - b^2}; b = 0 \\ e = d = 1,52 r.$$

Bisher wurde in dieser Unterabtheilung (d) nur die Normalmine in Rechnung gezogen. Obzwar in der Praxis fast ausschliesslich nur diese zur Anwendung gelangt, so sei hier ergänzend:

Die allgemeine Gleichung für  $d$ , also für eine Mine vom beliebigen Basiswinkel  $\alpha$  entwickelt (Fig. 12).

Nach dem Fundamentalsatze verhält sich:

$$p:p_1 = R_1^2:R^2 \text{ oder wenn } p \text{ die Componente } x, \\ p_1 \quad \quad \quad \quad \quad \quad x$$

entspricht und statt  $R_1$  und  $R$  die Werthe aus den Dreiecken  $ABC$  und  $ABD$  gesetzt, so erhält man:

$$\frac{x}{\sin \alpha} : \frac{\frac{x}{2}}{\sin \gamma} = \frac{w^2}{\sin^2 \gamma} : \frac{w^2}{\sin^2 \alpha} ; \text{ oder}$$

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{2}} = \frac{\sin \alpha}{1,2599}; \text{ woraus folgt:}$$

$$R_1 = 1,2599 R, \text{ und weil} \\ w^2 = R^2 - r^2 = R_1^2 - d^2, \text{ so ist}$$

$$d^2 = R^2 (1,26^2 - 1) + r^2; \text{ für } R = \frac{r}{\cos \alpha} \text{ gesetzt,} \\ d = r \sqrt{\frac{0,5876}{\cos^2 \alpha} + 1} \quad \text{Gl. 38.}$$

Anordnung einer Minenreihe.

Die günstigste Entfernung der Minenherde ist für die meisten in der Praxis vorkommenden Fälle jene, bei welcher ein gleich breiter Wurfkörper entsteht. Denn dadurch erzeugt man einen geraden Rand der Wurfkörperbasis, welcher für einen systematischen

Sprengbetrieb vielfach angestrebt werden muss, wie dies die später durchgeführten Beispiele (I, II und III) erläutern werden.

Dies wird erreicht, wenn man die Herde der Normalminen um die doppelte Vorgabe entfernt.

Die Kante, bis zu welcher sich die Minenwirkung zu erstrecken habe, soll eine Gerade sein oder von dieser nicht stark abweichen; zu ihr parallel ist die Verbindungslinie der Minenherde, bezw. deren Stosspunkte, zu legen.

Die Volumen der Wurfkörper einzelner und gekuppelter Minen.

Nimmt man eine Reihe gekuppelter Normalminen, deren Entfernung  $E = 2,06 w$  ist, so wird ein gleich breiter Wurfkörper erzeugt, dessen  $b = r$  ist. Zur Vereinfachung nachfolgender Berechnung wählen wir  $E = 2 w$ ; dadurch wird  $b$  etwas grösser, und zwar nahezu  $w$ .

Es wären  $n$  Normalminen in einer gekuppelten Reihe; der erzeugte Wurfkörper kann als Prisma von dreieckigem Querschnitt mit einer Breite  $= 2 w$ , Höhe  $w$  und einer Länge von  $2 (n - 1) w$  angesehen werden, an dessen beiden Enden sich je ein halber Kegel von  $w$  Radius und Höhe anschliesst.

Es ist somit das Volumen des Wurfkörpers:

$$V = \frac{w}{2} \cdot 2 w \cdot 2 (n - 1) w + \pi w^2 \frac{w}{3} \\ w^3 [2 (n - 1) + 1,05]$$

Das Volumen des zwischen zwei Nachbarminen an der Sohle des Wurfkörpers verbleibenden Rückens ist etwa  $0,02 w^3$ , kann somit vernachlässigt werden; überdies wird bei der Anwesenheit zweier anstossender freier Flächen dieser Rücken von der nächstfolgenden zweiten Minenreihe mitgerissen. Jedenfalls begeht man keinen wesentlichen Fehler, wenn man diese Rücken vernachlässigt, da es sich hier ja doch nur um eine annähernd richtige Bestimmung handelt.

Das Volumen aller einzelnen Normalkegel ist  $V_1 = 1,05 n w^3$ .

Es verhalten sich somit beide Volumen:

$$\frac{V}{V_1} = \frac{2 (n - 1) + 1,05}{1,05 n}$$

Für die Praxis wird der Näherungswerth:

$$\frac{V}{V_1} = \frac{2 n - 1}{n}$$

vollends entsprechen.

D. h.: Bei einer längeren Minenreihe ist das Volumen des Wurfkörpers fast doppelt so gross, als die Summe einer gleichen Anzahl sonst gleicher Einzelminen. Das Verhältniss stellt sich für die Minenreihe um so günstiger, je mehr Minen gekuppelt sind.

Hieraus erhellt klar der grosse Vortheil der gekuppelten Schüsse gegen Einzelzündung.

Einige Beispiele aus der Praxis und für dieselbe seien angereicht, um den gekuppelten Minen allgemeinere Anwendung zu verschaffen.

I. Beispiel.

Es sei z. B. Eisenerz etc. tagbaumässig zu gewinnen, wobei mit Rücksicht auf die anzustrebende kleinere Stückgrösse vorwiegend nur auf die Wurfwirkung der Minen reflectirt wird. Für dieses Eisenerz und das zur Anwendung gelangende Explosiv wurde durch einige Versuchsminen der Ladungs-Coëfficient für Wurf ( $k$ ) bereits ermittelt. Der Abbau schreitet in horizontalen Etagen vor.

Durch die erste Reihe der Normalminen (Herd in  $O$ ) wurde die saigere Wand  $AB$  (Fig. 13) zu circa  $45^\circ$  abgeschrägt; für den weiteren Betrieb ist dieser Winkel beizubehalten.

In der Nähe des oberen Randes  $C$ , und zwar circa  $0,4$  der Vorgabe ( $w$ ) hievon entfernt, wird eine zur Kante  $C$  parallele Reihe Bohrlöcher abgebohrt, deren gegenseitige Entfernung doppelt so gross als die Vorgabe ist. Da mit Normalminen gearbeitet werden soll, weil durch sie das Explosiv am besten ausgenützt wird, so ist die Ladung eines Schusses  $L = k w^2$ .

Die Minenreihe wird elektrisch gezündet, wodurch ein Wurfkörper erzeugt wird, dem ein Prisma von dem in Fig. 13 gezeichneten Querschnitte  $BCC_1O_1$  entspricht. Die Abweichung besteht nur darin, dass zwischen je zwei Nachbarminen (längs der Verbindungslinie der Minenherde  $O_1$ ) unbedeutende Rücken verbleiben, welche von der nächstfolgenden Minenreihe mitgerissen werden, somit als mitgenommen angesehen werden können.

Sind die Abbauetagen nicht horizontal, z. B. in Folge der Ausnützung vorhandener Schichtung oder Zerklüftung, so würde derselbe Vorgang wie im vorhergehenden Falle befolgt werden, nur mit dem Unterschiede, dass die Böschung  $BC$  jetzt mit der geneigten Fläche einen Winkel von  $45^\circ$  einzuschliessen hätte.

Bei einem derartigen Systeme wird die Wirkung des Explosivs gegenüber einzeln gesprengten Minen eine ganz ausserordentlich grosse sein, da nicht blos die bedeutende Effectvermehrung in Folge der Kuppelung der Minen vorhanden ist, sondern weil überdies noch zwei freie Flächen  $BC$  und  $CC_1$  vorhanden sind, gegen welche eine Wurfwirkung erfolgt.

Nimmt man beispielsweise an, dass die Minenreihe aus 20 Schüssen bestehe, so würde diese, jede Mine für sich gesprengt und der Einfachheit halber  $w = r$  gesetzt, ein Volumen sämtlicher Wurfkegel  $V = 21 w^3$  liefern; hingegen ist das Volumen des Wurfkörpers der Minenreihe, diese elektrisch gesprengt,  $V_1 = 58 w^3$ , somit nahezu dreimal grösser als bei Einzelschüssen.

Und würde man diese letzteren derart anlegen, dass sie ebenfalls die beiden freien Seiten ausnützten, was jedoch für die Dauer nur mit sehr grosser, also theurerer Nacharbeit möglich wäre, so würde der Wurfkörper der Minenreihe immerhin noch etwa doppelt so gross sein, als das Volumen der aneinander gerückten einzeln wirkenden Minen.

Bei der erläuterten Anordnung der Minenreihen ist überdies der grosse Vortheil gegeben, dass die kostspieligen zeitraubenden Nacharbeiten gänzlich entfallen; sie gestattet eine billige Massenproduction.

II. Beispiel.

Die zuvor gestellte Aufgabe liesse sich auch auf folgende Weise lösen:

Man stösst, um die Bank zwischen  $AC$  und  $BO_1$  (Fig. 14) abzubauen, zuerst das Bohrloch (resp. die Bohrlochreihe)  $EO$  und sprengt mit diesem den Körper  $ACF$ . Sodann wird das Bohrloch  $OO_1$  abgebohrt, womit man den Körper  $CF O_1$  gewinnt und nach demselben Principe die nächstfolgenden Quadrate.

Ist diese Betriebsmethode bezüglich der nothwendigen Explosivmenge ökonomischer, ist sie in irgend einer Richtung vortheilhafter?

Zur Gewinnung eines Quadrates von  $w$  Seitenlänge, wieder der einfachen Rechnung halber  $w = r$  angenommen (Fig. 14), dessen Fläche  $F = w^2$  ist, benöthigt man an Explosiv:

$$\begin{aligned} \text{Für den 1. Schuss } EO & \quad \quad \quad l = k \frac{w^3}{4} \\ \text{Für den 2. Schuss } OO_1 & \quad \quad \quad l_1 = k \frac{w^2}{2} \end{aligned}$$

Um jedoch ein Prisma von der Länge  $w$  zu erhalten, ist Folgendes zu berücksichtigen:

Die Entfernung der Herde bei der 1. Minenreihe ist, da die Vorgabe  $= \frac{w}{2}$  ist,  $w$ ; bei der 2., deren

Vorgabe  $\frac{w}{1,414}$  ist, jedoch  $1,414 w$ . Zur Erzeugung des Wurfkörpers von  $w$  Länge benöthigen wir somit einen 1. Schuss und  $\frac{1}{1,41}$  vom 2. Schuss, daher ist der Verbrauch an Explosiv gleich:

$$1. \text{ Schussreihe } l_2 = k \frac{w^2}{4} = 0,25 k w^2$$

$$2. \text{ Schussreihe } l_3 = \frac{l_1}{1,41} = 0,35 k w^2$$

$$\text{Zusammen } L = 0,60 k w^2.$$

Hingegen benöthigt man nach der ersterläuterten Betriebsmethode für einen Schuss eine Ladung  $= k w^2$ , welche einen Wurfkörper von  $2 w$  Länge gibt, folglich ist die Ladung für  $w$  Länge  $L_1 = 0,5 k w^2$ .

Der Querschnitt des erzeugten prismatischen Wurfkörpers, eine Böschung von  $45^\circ$  vorausgesetzt, ist  $F_1 = 1,4142 w^2$ . Es verhalten sich somit die Querschnitte der gleich langen Wurfkörper  $F : F_1 = 1 : 1,4142$ ; diesem gegenüber steht das Ladungsverhältniss  $L : L_1 = 0,6 : 0,5$ . Es entspricht somit nach der zweiten Betriebsart der Flächeneinheit eine Explosivmenge von  $0,6$ , nach der ersteren  $\frac{0,5}{1,4142} = 0,35$ , d. h.:

Die erste Betriebsmethode (I. Beispiel) benöthigt zur Erzeugung einer bestimmten Menge Wurfwerkes fast



nur die Hälfte jener Explosivmenge, welche bei der zweiten Methode (II. Beispiel) nothwendig wäre.

Was die Summe der zur Gewinnung eines Wurfprismas von  $w$  Länge nothwendigen Bohrlochstiefen anbelangt, so ergibt sich durch einfache Rechnung, dass diese bei der zweiten Methode doppelt so gross, als bei der ersten ist. Berücksichtigt man ferner, dass im I. Beispiele durchwegs verticale Löcher zu bohren sind, während bei der zweiten Methode für die zweite Minenreihe schiefe Bohrlöcher nothwendig sind, so wird dadurch der Vortheil des erläuterten Betriebssystems noch grösser. Der durchgeführte Vergleich gibt ein ziffermässiges Bild von den Vortheilen tiefer Minen, grosser Vorgaben, sobald die freie Fläche eine entsprechende Ausdehnung hat. Dabei ist jedoch ein Factor zu würdigen, welcher es in speciellen Fällen unwirtschaftlich erscheinen lässt, die Vorgaben über ein bestimmtes Maximum zu wählen, es ist dies die Stückgrösse des Wurfes, welche mit der Grösse der Vorgabe zunimmt. Dies kann z. B. bei der Gewinnung von Bausteinen oder Kohlen erwünscht, ja wird entschieden anzustreben sein, hingegen bei der Gewinnung von Eisenerz, Zuschlagsmaterial, Schottersteinen etc. unwillkommen sein, weil die grössten Stücke mittelst kurzer Schüsse und die grossen in Backenquetschen oder mittelst Hanlarbeit auf jene Grösse zerkleinert werden müssen, welche die spätere Verwendung z. B. im Hochofen erheischt.

Einige Versuche werden in jedem speciellen Falle diese ökonomische Frage lösen und für die localen Verhältnisse die günstigste Grösse der Vorgabe ergeben; doch soll jedenfalls die Gewinnung mittelst Minenreihen (wenn nicht Minengruppen) geschehen.

### III. Beispiel.

Es ist eine Lagerstätte festen Minerals von circa 2m Mächtigkeit ( $m$ ) und traghafte Hangenden durchwegs mittelst Sprengarbeit zu gewinnen; aus localen Gründen wäre der Abbaustoss ungebrochen gerade. Man wird eine Reihe Einbruchschüsse, deren Vorgabe die halbe Mächtigkeit und wobei einer von dem anderen um die doppelte Vorgabe entfernt ist (Fig. 15), anlegen und diese gekuppelt entzünden; es wird ein Prisma ausgeworfen werden, dessen Rand mit der Flötzbegrenzung gegen Hangend und Liegend zusammenfällt und dessen Querschnitt  $ABC$  (Fig. 16) ist. Die beiden Prismen  $ACD$  und  $BCE$  werden nacheinander mit kürzeren

gekuppelten Schüssen, deren Vorgabe  $= \frac{w}{1,41} = \frac{m}{2,82}$

ist, und welche um 1,41  $w = 0,7m$  von einander entfernt sind, weggesprengt.

Will man nicht den ganzen Querschnitt ausschliesslich nur mittelst Sprengens gewinnen, also einen Theil bloss anlauten und das Angelaute mittelst Nacharbeit gewinnen, so werden die Minen etwas schwächer geladen werden müssen. Die genauere Bestimmung der hiebei anzuwendenden Ladung wurde bereits früher (Rissphäre) abgehandelt.

(Schluss folgt.)

## Magnetische Declinations-Beobachtungen zu Klagenfurt. Von F. Seeland.

Monat Februar 1882:

| Tag    | Declination zu Klagenfurt |                |                |              |                 | an fremden Stationen  |              |              |
|--------|---------------------------|----------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------------|--------------|--------------|
|        | 7 <sup>h</sup>            | 2 <sup>h</sup> | 9 <sup>h</sup> | Tages-Mittel | Tages-Variation | Kremsmünster<br>11° + | Wien<br>9° + | Ofen<br>8° + |
|        | 10' + Minuten             |                |                |              |                 | Min.                  | Minuten      |              |
| 1.     | 40,6                      | 45,0           | 42,0           | 42,5         | 4,4             | 4,44                  | 50,2         | 38,2         |
| 2.     | 42,0                      | 42,8           | 42,8           | 42,5         | 0,8             | 8,75                  | 50,3         | 39,9         |
| 3.     | 42,0                      | 45,0           | 43,5           | 43,5         | 3,0             | 6,62                  | 51,2         | 40,0         |
| 4.     | 42,0                      | 44,2           | 42,0           | 42,7         | 2,2             | 7,52                  | 51,0         | 39,9         |
| 5.     | 41,3                      | 44,2           | 42,8           | 42,8         | 2,9             | 6,77                  | 51,4         | 39,4         |
| 6.     | 45,0                      | 47,2           | 42,0           | 44,7         | 5,2             | 7,94                  | 50,2         | 40,9         |
| 7.     | 41,3                      | 44,2           | 43,5           | 43,0         | 2,9             | 5,71                  | 51,0         | 39,2         |
| 8.     | 41,3                      | 45,0           | 41,3           | 42,5         | 3,7             | 6,12                  | 51,5         | 40,2         |
| 9.     | 39,2                      | 45,7           | 41,3           | 42,1         | 6,5             | 8,43                  | 51,2         | 40,8         |
| 10.    | 40,6                      | 44,2           | 42,8           | 42,5         | 3,6             | 6,40                  | 50,3         | 40,2         |
| 11.    | 39,9                      | 45,0           | 41,3           | 42,1         | 5,1             | 6,70                  | 51,1         | 39,6         |
| 12.    | 39,2                      | 45,0           | 40,6           | 41,6         | 5,8             | 7,26                  | 51,4         | 39,7         |
| 13.    | 40,6                      | 45,0           | 41,3           | 42,3         | 4,4             | 7,10                  | 50,8         | 40,0         |
| 14.    | 40,6                      | 44,2           | 40,6           | 41,8         | 3,6             | 5,65                  | 50,8         | 38,9         |
| 15.    | 39,9                      | 41,2           | 39,2           | 41,1         | 5,0             | 6,08                  | 50,7         | 39,4         |
| 16.    | 39,9                      | 45,7           | 42,0           | 42,5         | 5,8             | 5,87                  | 51,1         | 39,4         |
| 17.    | 40,6                      | 45,7           | 42,0           | 42,8         | 5,1             | 6,37                  | 51,7         | 40,0         |
| 18.    | 39,9                      | 45,0           | 42,0           | 42,3         | 5,1             | 4,39                  | 51,0         | 39,3         |
| 19.    | 39,9                      | 48,7           | 42,0           | 40,2         | 8,8             | 5,98                  | 51,9         | 40,6         |
| 20.    | 45,0                      | 45,0           | 42,0           | 44,0         | 3,0             | 10 <sup>5</sup> 57,75 | 53,6         | 37,4         |
| 21.    | 39,2                      | 46,5           | 42,0           | 42,6         | 7,3             | 5,80                  | 50,3         | 38,7         |
| 22.    | 39,2                      | 45,0           | 38,5           | 40,9         | 5,8             | 5,40                  | 50,4         | 39,4         |
| 23.    | 39,9                      | 45,7           | 36,2           | 40,6         | 8,5             | 6,05                  | 51,0         | 39,9         |
| 24.    | 39,9                      | 47,2           | 35,5           | 40,9         | 7,3             | 5,97                  | 50,1         | 38,2         |
| 25.    | 40,6                      | 45,0           | 37,8           | 41,1         | 7,2             | 6,30                  | 51,0         | 34,0         |
| 26.    | 40,6                      | 45,0           | 38,5           | 41,4         | 6,5             | 5,67                  | 50,8         | 39,4         |
| 27.    | 39,9                      | 45,7           | 35,5           | 40,4         | 9,2             | 5,75                  | 50,5         | 39,7         |
| 28.    | 39,2                      | 45,4           | 45,0           | 43,2         | 6,2             | 5,71                  | 50,7         | 39,7         |
| Mittel | 40,7                      | 45,2           | 40,9           | 42,3         | 5,2             | 6,02                  | 50,97        | 39,58        |

Die magnetische Declination betrug in Klagenfurt 10° 42,3' mit dem Maximum 10° 44,7' am 6. und dem Minimum 10° 40,2' am 19.

Die Tagesvariation war 5,2' mit dem Maximum 9,2' am 27. und dem Minimum 0,8' am 2.

## Notizen.

**Patera's Flammenschutzmittel.** Zu Ende der vorigen Woche beehrte Se. Excellenz der Herr Ackerbauminister Julius Graf Falkenhayn das k. k. hüttenmännisch-chemische Laboratorium mit seinem Besuche, um die vom Oberbergrath Patera für die allgemeine deutsche Ausstellung auf dem Gebiete der Hygiene und des Rettungswesens in Berlin auf Anordnung des k. k. Ackerbauministeriums hergestellten, die Flammenschutzmittel betreffenden Objecte zu besichtigen. Se. Excellenz war vom k. k. Ministerialrath Ritter v. Friese begleitet, verweilte längere Zeit in dem genannten Laboratorium und würdigte die ausgestellten Gegenstände seiner besonderen Aufmerksamkeit. Tags darauf besichtigte der Leiter der II. Section des Ackerbauministeriums, Herr Ministerialrath Ferd. Ritter v. Blumfeld, diese vorläufige Ausstellung.

maschinen“ citiren wir den zweiten Absatz: „Die Versuche an diesen Maschinen lehren wenig principiell Neues, was durch gewöhnliche Maschinen nicht bekannt wäre, aber nur nicht genügend gewürdigt ist; sie zeigen nur in auffälliger Weise, dass die Wasserhaltungsmaschinen bis in die neueste Zeit mit wenig Ausnahmen, ebenso wie die Förder- und Hüttenwesensmaschinen, hinsichtlich der Dampfausnützung zu den schlechtesten Maschinen zählen, die selbst einfachen Forderungen nicht genügen. Im Detail zeigen jedoch die Diagramme manches Instructive; ich wollte deshalb nicht unterlassen, eine kleine Auswahl der Versuche beizufügen, welche die wichtigsten Typen kennzeichnet. Besondere Erläuterungen können wohl entfallen, da das Wesen der Sache in weiten Kreisen bekannt ist.“

Der Vorwurf, welcher hiemit den Berg- und Hüttenwesens-Maschinen im Allgemeinen zukommt, ist die Constatirung einer Thatsache, welche zum grossen Theile in den ungünstigen Verhältnissen, unter welchen diese Maschinen arbeiten, begründet ist (absätziger, unregelmässiger Betrieb bei Berg und Hütte, unvermeidlich staubige Maschinenräume in den Walzhütten etc.), so dass feinere, ja selbst auch sonst gewöhnliche Vervollkommnungen der Maschineneinrichtung (z. B. bei den Fördermaschinen, Dampf-hämmern) in Bezug auf den betriebsökonomischen Erfolg nur in sehr untergeordnetem Maasse zur Geltung gelangen, während andererseits zur Erzielung der geforderten Dienstfertigkeit die allermöglichste Einfachheit bei der Handhabung dieser Maschinen (welche leider auch meist als gering geschätzte Slaven der Betriebsmanipulation oder des betreffenden Hüttenprocesses angesehen und behandelt werden) um jeden Preis wünschenswerth erscheint, und manche sonst bekannte Verbesserung, welche auch nur halbwegs eine Complication bedingen würde, als nicht opportun erscheinen lässt — abgesehen von der gewöhnlichen Ausrede, dass ja bei den Kohlenwerken die Kohle und auf Eisenwerken die Ueberhitze der Oefen fast umsonst zu haben ist.

Was aber insbesondere die Wasserhaltungsmaschinen der Bergwerke betrifft, so können wir für dieselben zwar nur in selteneren Fällen ganz saubere, hinreichend ausgedehnte und für die Functionen der Wärter bequeme Räume in Anspruch nehmen; dieselben sind jedoch, weil ununterbrochen im Betriebe (ähnlich wie die Gebläsemaschinen der Hütten), für die meisten vollkommeneren Einrichtungen, wie die anderen Dampfmaschinen, empfänglich. Von diesem Gesichtspunkte empfehlen wir auch den zweiten Theil des Riedler'schen Werkes einer eingehenden Würdigung.

Durch dieses Werk im Ganzen, sowie durch die vorausgegangenen, mit bewundernswerther Ausdauer und fachmännischer Intelligenz durchgeführten Untersuchungen hat sich Herr Professor Riedler um die bergmännische Maschinenteknik unstreitig ein grosses Verdienst erworben, und wir können nicht nachdrücklich genug die Anschaffung dieses Werkes und die Befolgung seiner Winke allen Fachmännern empfehlen, denen der bergmännische Maschinenzweig auch nur halbwegs von Interesse ist.

Ueber den Umstand, dass der Verfasser nach all seiner Mühe auch noch zum Selbstverlage veranlasst war, drücken wir unser Bedauern dennoch nicht aus, da wir hoffen, dass der wohlverdiente, zuvörderst den Abnehmern selbst nutzbringende rasche Vertrieb den Verleger vor einem materiellen Schaden gewiss bewahren wird.

Hrabák.

## Beiträge zur Spreng- oder Minentheorie.

### (III. Theil.)

Von

Prof. Hanns Höfer in Leoben.

(Mit Taf. VII.)

(Schluss.)

### II. Minengruppen.

Vorerst sei eine Gruppe von vier gleichen Normalminen betrachtet, deren Herde, bezw. Stosspunkte, die Eckpunkte eines Quadrates bilden.

Die Entfernung der Stosspunkte zweier sich in einer solchen Gruppe diagonal gegenüberliegender Minen, z. B.  $B$  und  $C$  (Fig. 17), wäre  $2d = 3,04r$ . Es ist dann die Entfernung  $E$  der Stosspunkte der Nachbarminen, z. B.  $A$  und  $C = 2,15r = 1,92w$ .

In Fig. 17 ist der Grundriss dieser Minengruppe, in Fig. 18 ein Verticalschnitt durch zwei diagonal gegenüberstehende Minen, z. B.  $B$  und  $C$ , und in Fig. 19 ein Verticalschnitt nach der mittleren Stossebene  $PS$  der beiden Minen  $A$  und  $B$  dargestellt.

Nach der obigen Annahme ist, da  $O$  von jedem Stosspunkte um  $d = 1,52r$  entfernt und die Normalcomponente der Radialkraft jeder Mine  $= \frac{x}{2}$  ist, in  $O$  eine Kraft  $2x$  normal zur freien Fläche wirksam.

Es fragt sich um jenen Körper, welcher nach der Wurfwirkung zwischen den vier Minen zurückbleibt.

Es sei zu diesem Behufe früher die Frage beantwortet: Der wievielte Theil der Vorgabe  $w$  bleibt unterhalb  $O$  stehen? ( $GH = h = ?$ , Fig. 18.)

Denkt man sich durch  $BC$  einen Axenschnitt gelegt, so ist hiefür die Ebene durch  $A$  und  $D$  die mittlere Stossebene und umgekehrt. In der gemeinsamen mittleren Stosslinie  $OH$  wirken jedoch nicht, wie vordem, zwei, sondern vier gleichwerthige Radialkräfte, welche sich zu einer Resultirenden zusammensetzen, die in die gemeinsame Stosslinie fällt, aber normal zur freien Fläche gerichtet ist.

Die in  $O$  thätigen vier Componenten schliessen mit der freien Fläche einen Winkel  $\gamma$  (vordem mit  $x$  bezeichnet)  $= 36^\circ 16' 17''$  ein; es ist somit nach Gl. 33 der  $\S 2$ , bei welchem in  $G$  (Fig. 18) eine Normalkraft wirksam ist:

$$r = 2x \frac{\sin \zeta \cos^2 \zeta}{\sin \gamma \cos^2 \gamma};$$

$$\sin \zeta \cos^2 \zeta = \frac{\sin 36^\circ 16' 1/4'' \cos^2 36^\circ 16' 1/4''}{2}$$

Nach der Cardani'schen Regel ergeben sich für  $\zeta$  zwei reelle Werthe, und zwar

$$\zeta_1 = 11^\circ 33' 17''$$

$$\zeta_2 = 62^\circ 12' 41''$$

wovon der erstgenannte Werth der für den vorliegenden Fall gültige ist. Die diesem Winkel entsprechende Höhe  $GH$  des zurückbleibenden Körpers

$$h = d \tan \zeta = 0,2486 w.$$

Es verbleibt also in der gemeinsamen Stosslinie etwa der vierte Theil der Vorgabe zurück. Dieser Körper innerhalb der vier Minenherde ist in Fig. 20 isometrisch gezeichnet.

Es ist nun die weitere Frage, ob diese Unebenheiten an der Sohle der ersten Etage von der nächsttieferen Minengruppe mitgerissen werden oder nicht, wenn man diese vier Minen genau unter die oberen legt.

Der  $\delta$  (Fig. 18), unter welchem die Radialkraft von  $C_2$  aus auf den Punkt  $G$  wirkt, ist

$$\tan \delta = \frac{h + w}{d} = \frac{1,276 w}{1,36 w}; \text{ somit } \delta = 43^\circ 10'.$$

Nach Gl. 33, in welcher  $n_1$  die zu suchende bei  $G$  wirksame normale Kraft und  $\alpha = 36^\circ 16' 17''$ ,  $\beta = 43^\circ 10'$  ist, während bei  $O$   $2x$  wirkt, findet man

$$n_1 = 2x \frac{\sin \zeta \cos^2 \zeta}{\sin \alpha \cos^2 \beta} = 1,89 x.$$

Es ist also im Punkte  $G$  beim Wegthun der nächsten Minenetage eine Kraft wirksam, welche 1,89 mal grösser ist als jene Kraft, welche zum Absprengen des Theilchens mindestens nothwendig wäre. Folglich werden die Minenherde der zweiten Etage alle Unebenheiten an der Sohle der ersten Etage beseitigen.

Für die Praxis kann somit angenommen werden, dass eine wie in Fig. 17 angeordnete Minengruppe zwischen ihren Herden die ganze Etagenhöhe  $= w$  wegnimmt.

Wenn die Minengruppe, wie in den meisten Fällen, aus mehr als vier Minen besteht, so gelten die gefundenen Resultate auch hiefür, sobald die einzelnen Minen quadratisch in der Entfernung  $= 2w$  von einander angeordnet sind.

Eine andere Gruppierung als im Quadrate, z. B. nach gleichseitigen Dreiecken, wäre unökonomisch, da man mit derselben Anzahl Minen eine kleinere Fläche beherrschen würde.

Mit Rücksicht auf die grosse, während der zweiten Minenetage in  $G$  wirksamen, also zur Erhöhung der Wurfweite beitragenden Kraft ( $1,89x$ ) drängt sich die Frage auf, ob es nicht angezeigt wäre, die Minenentfernung noch grösser als  $2,15r = 1,92w$  zu nehmen.

Aus der Betrachtung einer diagonalen Stossebene, in welcher bei  $O$  eine normale Kraft  $x$  (als Resultirende) wirkend angenommen wird, findet man, dass die Entfernung  $E$  der quadratisch angeordneten Minenherde  $2,66w$  ist, d. h. es bliebe in einem solchen Falle

zwischen den vier Minen bei  $O$  ein bis an die freie Fläche reichender Stumpf (analog Fig. 6) stehen, dessen Höhe gleich der Vorgabe wäre. Es wäre dies unbedingt ein unbefriedigendes Resultat, weil derartige Rückstände bei dem Wurfe der II. Minenetage nicht mitgenommen werden. Es muss also  $E < 2,66w$  gewählt werden und darf andererseits den Werth  $1,92$  nicht unterschreiten.

Diese Entfernung lässt sich wie folgt genau bestimmen.

Es ist bereits die obere Minenetage abgesprengt; dabei blieb zwischen den beiden diagonal gestellten Minen ein Körper  $CGB$  (Fig. 21) stehen. Die nächste Minenetage soll derart wirken, dass das Theilchen bei  $G$  mittelst vier gekuppelten Normalminen eben nur noch abgetrennt wird; es muss somit dort die Resultirende der vier radialen Componenten  $= x$  sein. Nach der Wirkung wird somit ebenfalls ein gleicher Körper wie früher zurückbleiben müssen, es ist also  $GH = KN$ .

Bei  $N$  muss jedoch wieder eine Kraft  $x$  wirksam sein, damit noch ein Theilchen abgehoben wird; es liegt also die bereits früher beantwortete Frage vor: Bei welchem Winkel  $\zeta$  ist in der mittleren Stosslinie die resultirende Kraft gleich jener bei  $\alpha = 48^\circ 11' 1/2''$ ? Der  $\zeta$  wurde mit  $23^\circ 1' 36''$  gefunden.

In  $G$  wirkt in Summe die Kraft  $x$ , wozu von jeder Mine  $\frac{x}{4}$  beigetragen wird. In der Normalmine  $C_2$  wirkt am Rande der Kegelbasis, z. B. bei  $L$ , eine normale Kraft  $= x$ . Aus dem Fundamentalgesetze und der Aehnlichkeit der beiden Dreiecke  $C_2 GK$  und  $C_2 LP$  ergibt sich:

$$x : \frac{x}{4} = d^2 : r^2 \text{ und } d = 2r, \text{ d. h. :}$$

Das erlaubte Maximum der Entfernung ( $D$ ) zweier diagonal gestellter Minen ist das Vierfache des Basisradius. Daraus findet man die Entfernung zweier Nachbarminen  $E = 2,83r = 2,52w$ .

Es darf also bei im Quadrate gestellten, gekuppelten Normalminen die Entfernung zweier Nachbarminen höchstens  $2,5$  der Vorgabe sein.

Dadurch, dass man die Schüsse über  $2w$  entfernt legt, werden jene, welche an der Peripherie der Minengruppe liegen, nicht mehr einen gleichbreiten Wurfkörper erzeugen, sondern einen solchen, dessen mittlere Breite (als Minenweite betrachtet) kleiner, bei  $E = 2,52w$  nur die Vorgabe ist. In diesem speciellen Falle würden zwischen je zwei Schüssen am Rande grössere einspringende Ecken entstehen, wodurch der aus der grossen Entfernung der Minenherde folgende Vortheil zum Theile wieder verloren ginge. Diese Ecken müssten vor der Anlage der zweiten Minenetage nachgenommen werden, da sie durch das Zusammenwirken von zwei Nachbarminen nicht beseitigt werden würden. Würde man die Entfernung der letzteren mit  $2,25w$  wählen, so wäre die Breite des Wurfkörpers, wenn nur zwei Nachbarminen zusammenwirken würden,

wie dies am Rande einer Minengruppe in der That der Fall ist,  $1,5 w$ , so dass die verbleibenden Ecken nur um  $\frac{w}{4}$  vorspringen würden, jedenfalls stark zerklüftet wären und somit noch leicht nachgenommen werden könnten. Aus diesem Grunde wird es sich empfehlen, die Entfernung zweier Minen nicht grösser als  $\frac{9}{4}$  der Vorgabe zu nehmen, wodurch man auch auf die gewöhnlichen Schwankungen in der Widerstandsfähigkeit des Gesteines Rücksicht genommen hat und unter gewöhnlichen Verhältnissen gegen unvollkommene, unentsprechende Wirkungen gesichert ist.

#### Anordnung der Schüsse einer Minengruppe.

Als ökonomischeste Gruppierung von vier Minen wurde im Vorstehenden eine im Quadrate mit  $2 w$  bis  $2,25 w$  Seitenlänge gefunden.

Bei einer grossen freien Fläche, wie sie in Tagbauen zur Verfügung steht, sollen die im Quadrate gestellten Minen, wothunlich, derart gruppiert werden, dass sie im Ganzen abermals ein Quadrat bilden, da durch diese Anordnung die grösste Leistung erzielt wird.

Zur Erläuterung diene Folgendes:

Beispiel. Es wären 16 Normalschüsse derart gekuppelt, dass sie vier Reihen à 4 Minen bilden, wie dies in Fig. 22 skizzirt ist. Die Entfernung zweier Nachbarminen wählen wir mit  $2 w$ . Es bildet somit die Minengruppe ein Quadrat von  $6 w$  Seitenlänge. Diese eingeschlossene Figur kann bis auf den Minenherd hinab, also bis zu einer Tiefe  $= w$ , als vollends herausgeworfen in Rechnung gestellt werden, da die verbleibenden Höcker bei der nächsten Minenetage mitgenommen werden. Das Volumen dieser Platte  $A B C D$  ist  $36 w^3$ .

An den vier Rändern dieses Körpers werden, den Minenreihen entsprechend, noch vier Prismen  $P, P_1, P_2$  und  $P_3$  von dreieckigem Querschnitte (Basis  $\frac{w}{2}$ , Höhe  $w$ ) und  $6 w$  Länge, somit zusammen  $12 w^3$  Körperinhalt gebildet. An jedem der vier Ecken entsteht ein Viertelkegel, deren summarisches Volumen mit  $w^3$  angenommen werden kann.

Somit ist der Gesamttinhalt des Wurfkörpers  $49 w^3$ .

Ordnet man hingegen die 16 Schüsse derart an, dass sie eine doppelte, gekuppelte,  $2 w$  entfernte Minenreihe, also eine langgestreckte Minengruppe bilden (Fig. 23), so ist das Volumen der von ihnen eingeschlossenen und herausgeworfenen Platte  $A B C D = 28 w^3$ . An den beiden Längsseiten sind zwei dreiseitige Prismen

$P$  und  $P_1$  von  $\frac{w}{2}$  Basis,  $w$  Höhe und  $14 w$  Länge; ihr Gesamtvolumen ist somit  $14 w^3$ . Der Körperinhalt der beiden Prismen  $P_2, P_3$  von gleichem Querschnitt und  $2 w$

Länge ist  $2 w^3$ . Die vier Viertelkegel  $K$  in den Ecken haben ebenfalls  $w^3$  Gesamtvolumen.

Es ist somit der Körperinhalt des ganzen Wurfkörpers bei dieser zweiten Anordnung  $= 45 w^3$ , somit um circa  $10\%$  kleiner als bei der früheren Disposition.

Würde man alle 16 Schüsse in nur einer Minenreihe anordnen, so würde, wenn der Wurf gegen nur eine freie Fläche stattfände, das Volumen des erzeugten Wurfkörpers  $= 31 w^3$  sein, und würden die 16 Schüsse nicht gekuppelt, so wäre ihr Volumen  $16 w^3$ . Es ist somit die effective Leistung durch die Kupplung und durch Anordnung zur quadratischen Minengruppe verdreifacht.

#### Beispiel.

Zwei parallele Minenreihen sind gekuppelt; die eine wirkt gegen zwei freie Flächen — ein Fall, der bereits früher abgehandelt wurde —, die zweite gegen die erste (Fig. 24).

Wenn nur die erstgenannte Reihe vorhanden ist, so ist der Querschnitt  $A B C D$  des erzeugten Wurfprismas, der Einfachheit halber ein Basiswinkel von  $45^\circ$  vorausgesetzt,  $= 1,41 w^2$ ; der hieran gekuppelten und gleichzeitig abgesprengten zweiten Minenreihe in  $2 w$  Entfernung entspricht ein Querschnitt  $C D E F = 2 w^2$ . Es ist somit der gesammte Querschnitt  $A B E F = 3,41 w^2$ .

Hätte man jede Minenreihe für sich gezündet, so wäre der Minenherd  $F$  gegen die erzeugte freie Fläche  $C D$  zu rücken und der Querschnitt des erzeugten Wurfprismas wäre ebenfalls  $1,41 w^2$ ; somit würde beiden Minenreihen ein Querschnitt  $= 2,82 w^2$  entsprechen, dem gegenüber der früher gefundene, den beiden gekuppelten Minenreihen entsprechende um  $21\%$  grösser ist. In demselben Maasse ist auch die Wurfwirkung erhöht.

#### B. Risswirkung.

Überall dort, wo man das Gebirge nicht so sehr abwerfen, sondern nur anlauten will, wird man auf die Bildung eines grössten Ristrichters hinarbeiten haben, dessen Basisradius ebenfalls  $48^\circ 11\frac{1}{2}'$  ist. An dem Umfange seiner Basis werden die normal zur freien Fläche wirkenden Kräfte für dasselbe Medium, auch bei verschiedenen Explosivs, gleich sein müssen; selbstverständlich wird eine solche Kraft kleiner sein als jene, welche an der Peripherie der Wurfkegelbasis thätig ist. Wir haben somit in den vorstehenden Ableitungen statt den Kräften  $n, n_1, n_2$  zu setzen  $m, m_1, m_2$ . Die gefundenen Resultate werden genau dieselben sein, wie bei der Wurfwirkung, und der Unterschied besteht blos darin, dass bei der Ladungsberechnung ein kleinerer Ladungscoefficient ( $\alpha$ ) anzuwenden ist, als bei der Erzeugung des Wurftrichters ( $k$ ).

Es gelten somit die für die Wurfkugel gefundenen Resultate ebenfalls vollinhaltlich für die Risswirkung.

# Hoefer's Sprengtheorie. (III. Theil.)

Fig 1.

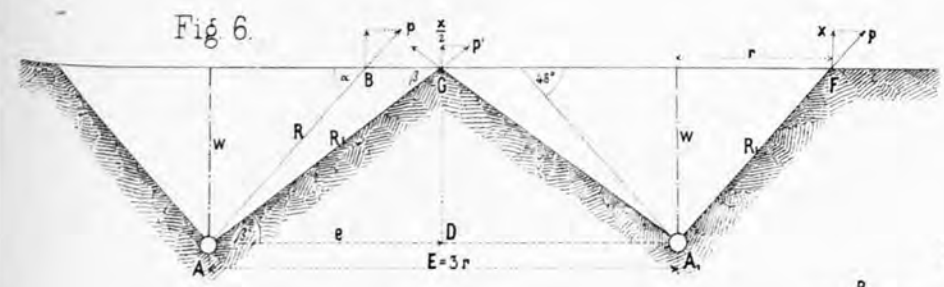
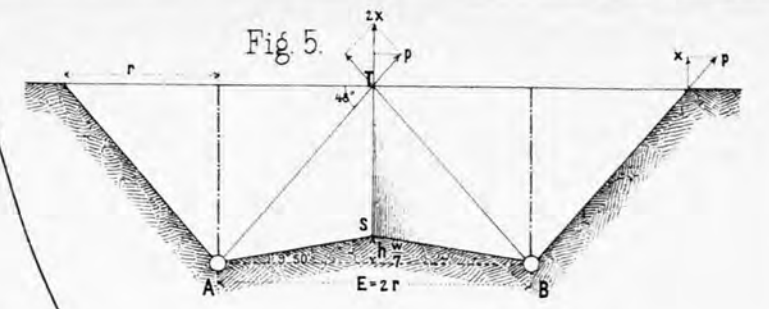
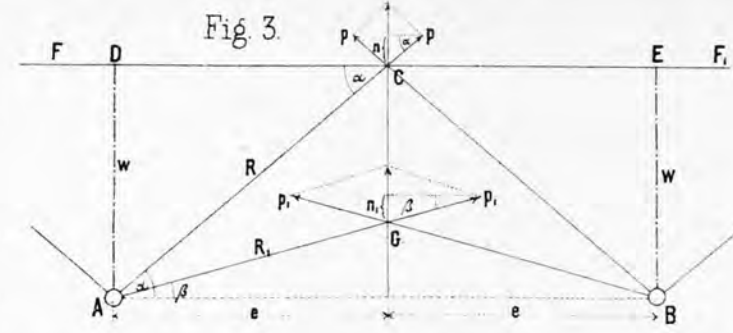
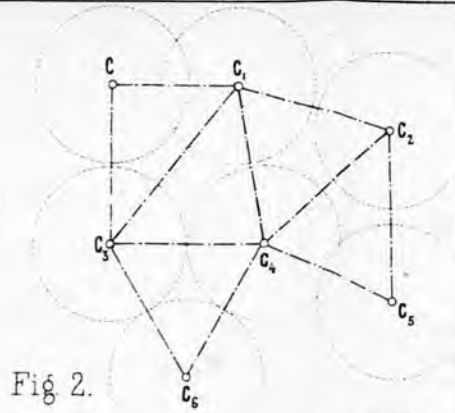
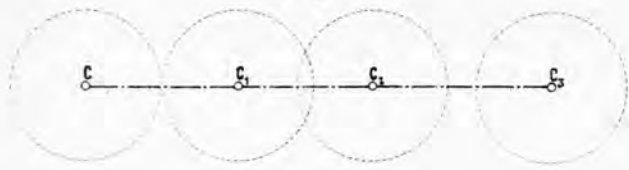


Fig 2.

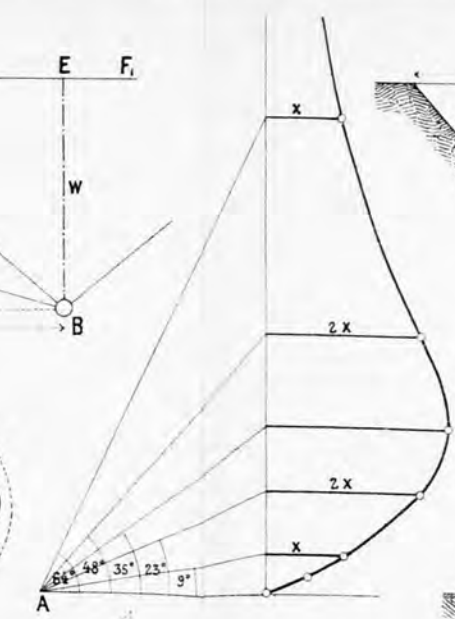
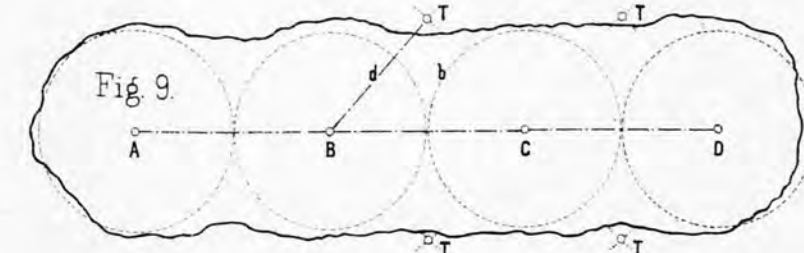


Fig 4.

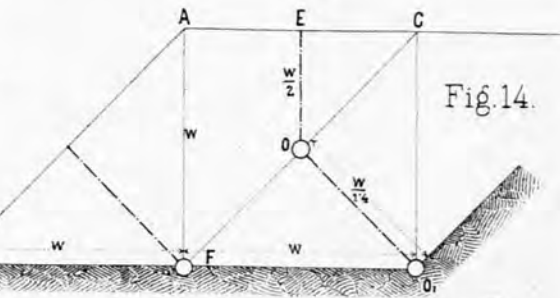


Fig 14.

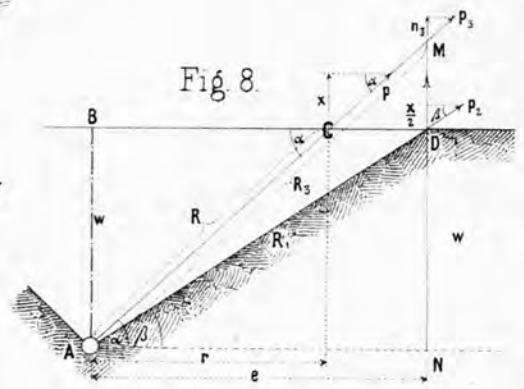
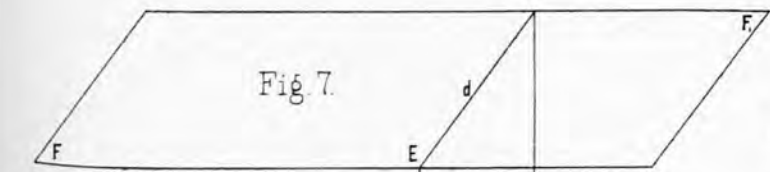


Fig 8.

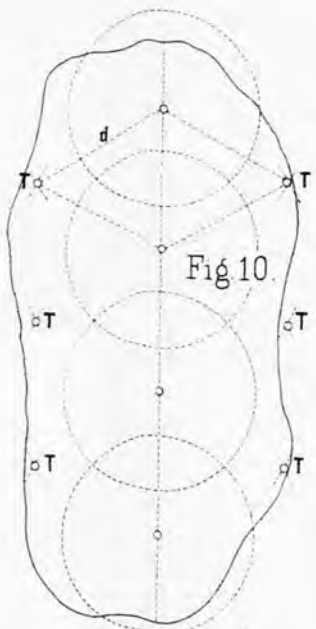


Fig 10.

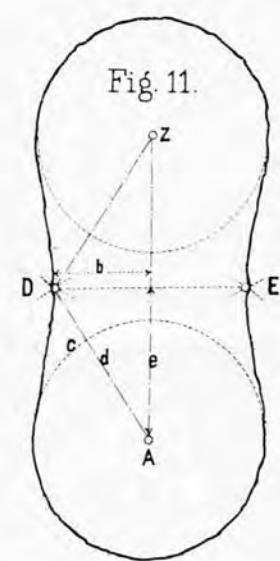


Fig 11.

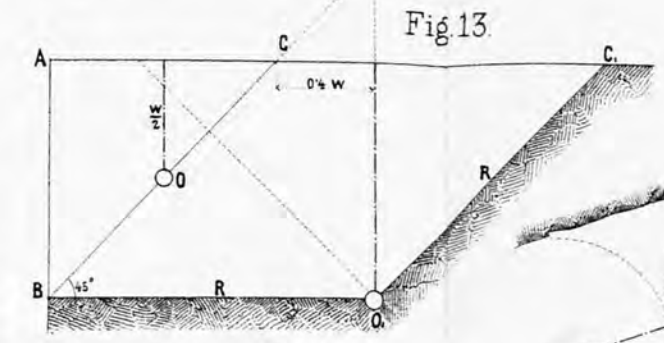


Fig 13.

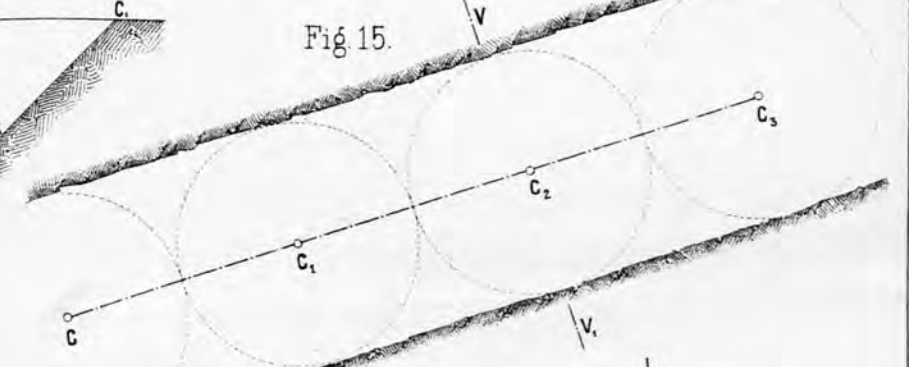


Fig 15.

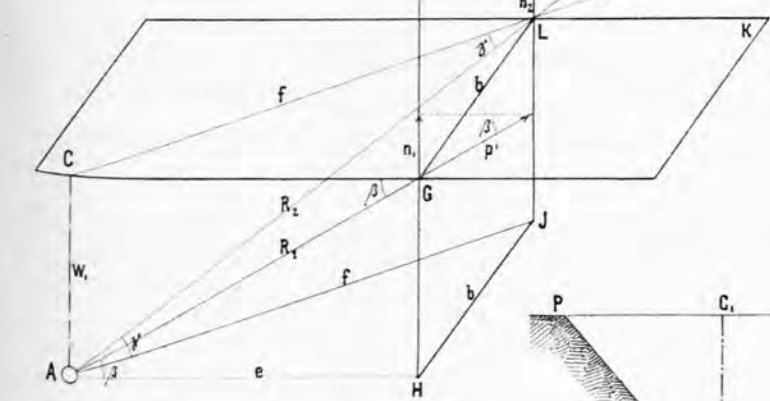
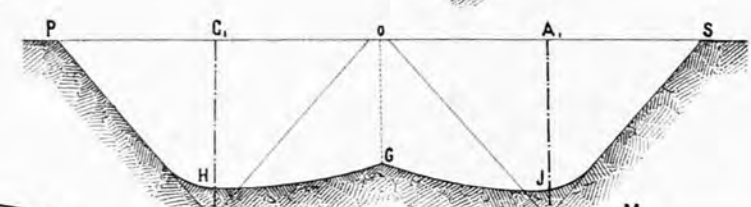


Fig 12.



Schnitt PS.

Fig 19.

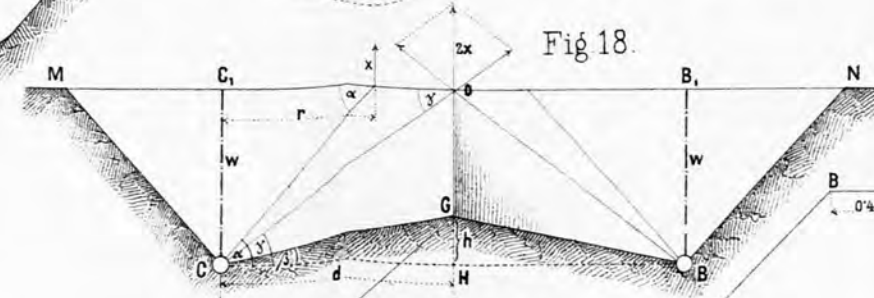


Fig 18.

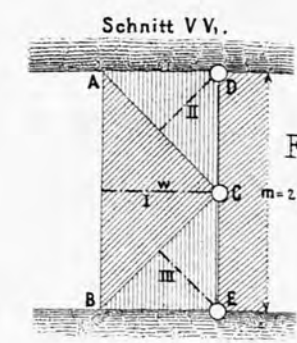


Fig 16.

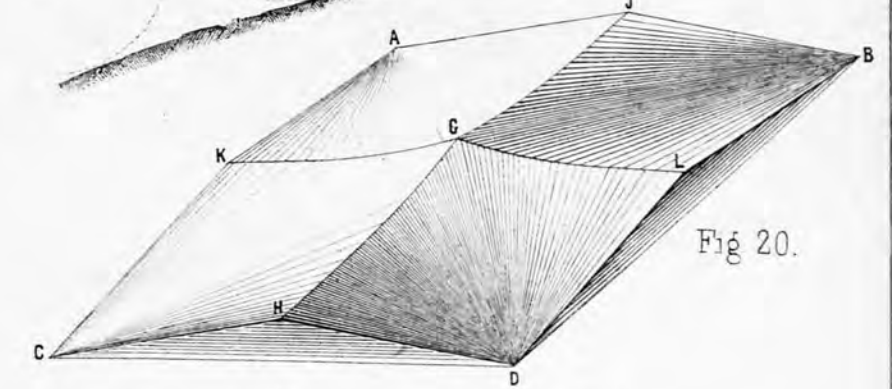


Fig 20.

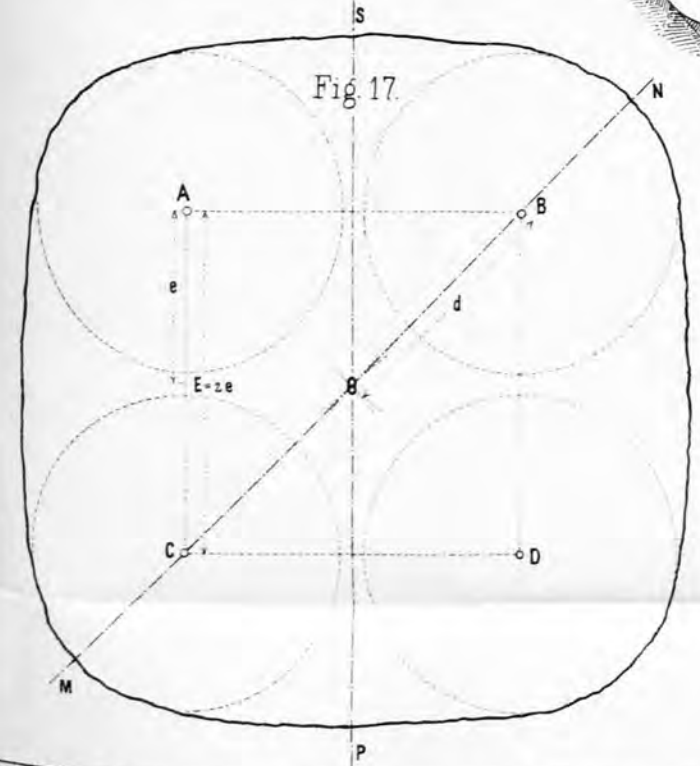


Fig 17.

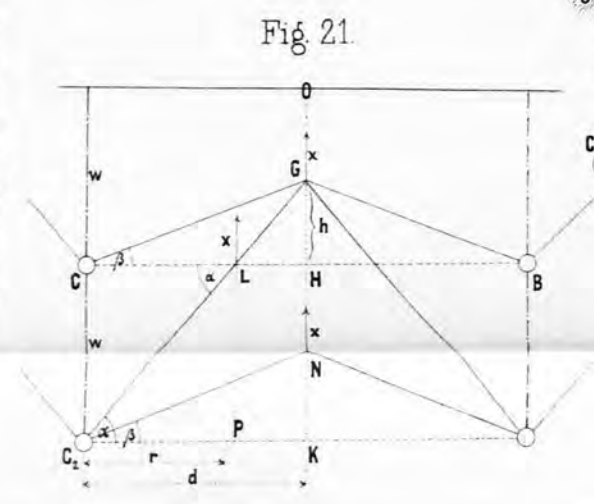


Fig 21.

Fig 23.

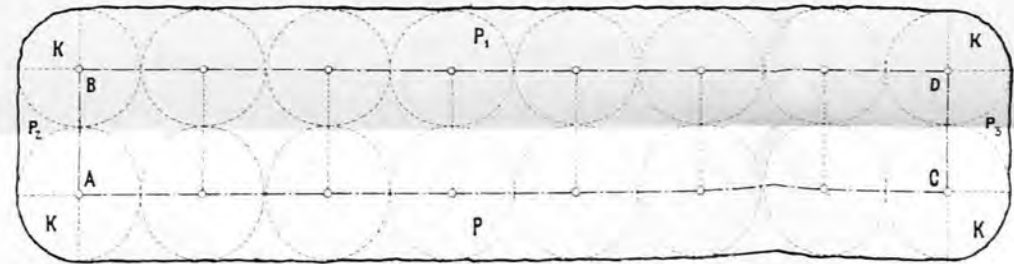


Fig 24.

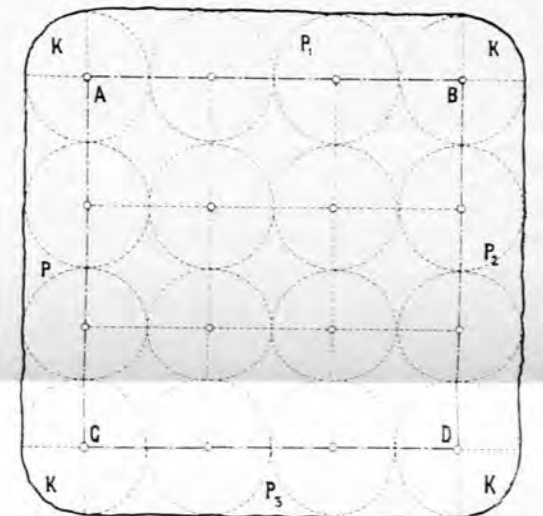


Fig 22.