

In der zweiten Hubhälfte, wenn die Massen ausschwingen und durch den Zwang der Kurbelbewegung die Geschwindigkeit der bisherigen Richtung des Ganges gänzlich verlieren, wird  $q$  negativ, daher ist  $(-q)$  ein positiver Werth, und man könnte vielleicht anschaulicher schreiben:

Horizontaldruck auf den Kurbelzapfen . . .  $(p \mp q)$ .

### 1. Schubstange unendlich lang.

Das Dampfdiagramm einer Volldruckmaschine sei  $DA A_1 C$  (Fig. 10). Nehmen wir an, der Kolben bewege sich von  $D$  gegen  $C$ , und betrachten wir die obere Diagrammlinie  $AA_1$  als jene Horizontale der Fig. 2, an deren einem Ende wir den Beschleunigungsdruck im ersten Moment des Laufes  $q_1 = \frac{F}{f}$  in demselben Maßstabe als Höhe  $Aa$  nach abwärts auftragen, in welchem die Druckordinaten des Dampfdiagrammes gezeichnet sind.

Die Höhe der Ordinate  $AD$  ist dem Dampfüberdruck  $p = (p_1 - p_0)$  proportional, und die Differenz:

$$[(p_1 - p_0) - q_1] = (AD - Aa) = aD$$

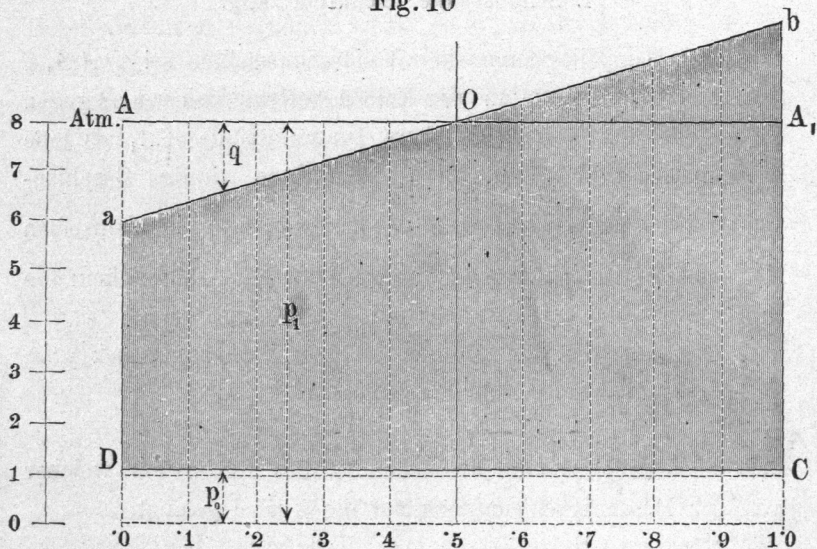
stellt jenen Druck von der Flächeneinheit des Kolbens dar, welcher trotz der Massenbeschleunigung auf die Kurbel gelangt.

Indem der Beschleunigungsdruck im weiteren Laufe kleiner wird, kommt ein immer größerer Theil und in der Mitte des Hubes der volle Dampfdruck auf die Kurbel. Später addirt sich der Druck der sich verzögernden Massen zum Dampfdruck, wie es die Ordinate der schraffirten Fläche sichtbar machen.

Dieses so erhaltene Diagramm der Horizontaldrücke auf die Kurbel ist gleicher Fläche mit dem Dampfdiagramme, doch lässt es klar erkennen, wie gleiche Dampfdrücke von ungleichen Drücken auf die Kurbel begleitet sein müssen. Diese Ungleichheit steigt mit der steigenden Geschwindigkeit.

In der Fig. 10 ist die Linie ab für die Annahme  $q_1 = \frac{F}{f} = 2 = 2 \text{ Kil. pr. } 1^2 c$  eingezeichnet; dies entspricht, wie bereits in Gleichung (7b) dargelegt ist, bei einer Hochdruckmaschine von 1·0 m Hub, 3·2 m Kolbengeschwindigkeit, oder 96 Umdrehungen per Minute. Bei einer Maschine von 0·35 m Hub würde aber nach Gleichung (7a) schon eine Kolbengeschwin-

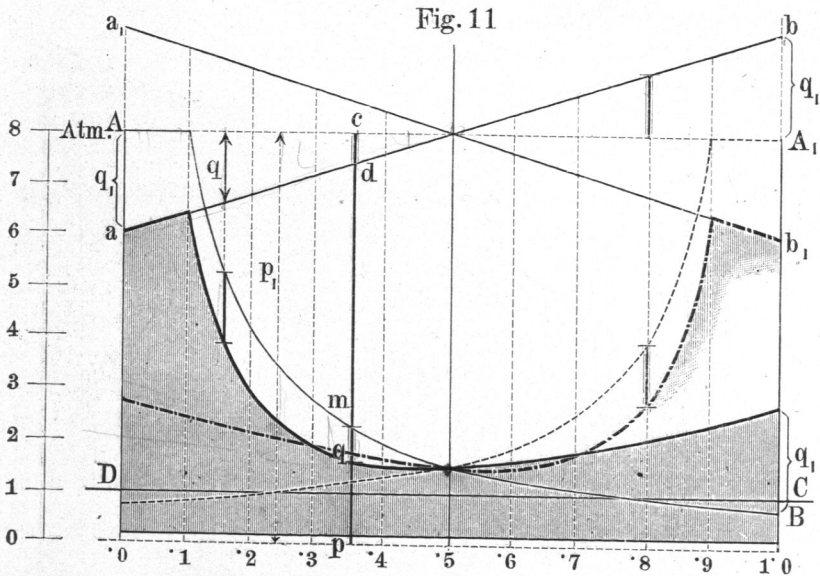
Fig. 10



digkeit von 2·2 m oder eine Umdrehungszahl von  $n = 190$  per Minute diesen Anfangsbeschleunigungsdruck von 2 Atmosphären verlangen und denselben als Enddruck wieder abgeben.

Nun sieht man den Grund des unruhigen Ganges einer rasch gehenden Volldruckmaschine wohl ein. Denn, steigt die Geschwindigkeit, so wird der Druckunterschied größer und größer, und kann am Ende des Laufes selbst das Doppelte und mehr des Druckes bei Beginn erreichen.

Man sieht ferner, dass es falsch ist, den Kurbelzapfen einer Volldruckmaschine einfach nach dem Dampfdruck auf den Kolben zu berechnen, indem derselbe leicht einem weit höheren Druck ausgesetzt, d. h. dass seine Sicherheit viel geringer werden kann, als man ohne Rücksicht auf die Massen vermuthet. Dies erklärt auch warum bei „durchgehenden“ Maschinen meistens der Kurbel-

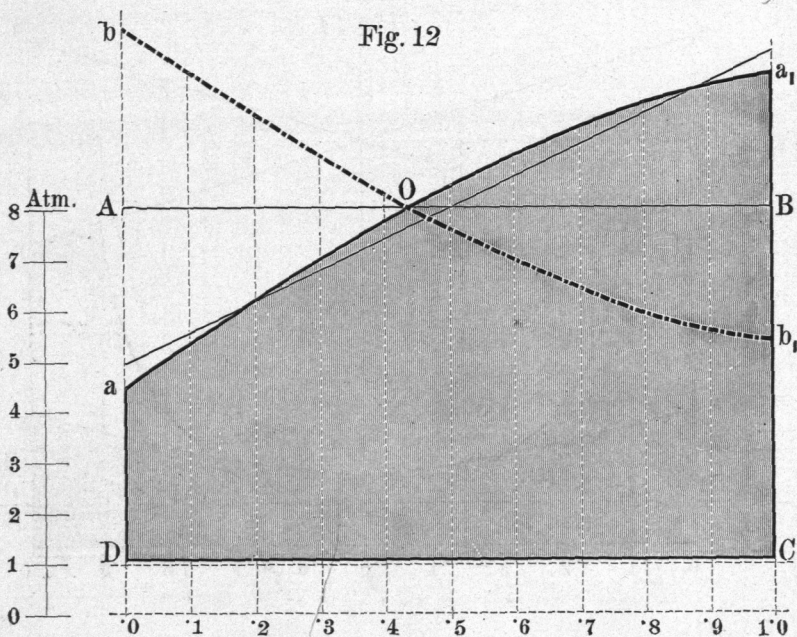


zapfen bricht. Der auf den Kurbelzapfen einer Volldruckmaschine wirkende Maximaldruck ist nämlich gleich dem Dampfdruck plus dem Nachdrucke der mit dem Kurbelzapfen verbundenen, ausschwingenden Massen.

Das Horizontaldruckdiagramm einer Expansionsmaschine wird man gleicherweise erhalten, wenn man vom jeweiligen Dampfdruck  $p$  (in Fig. 11 von der Ordinate  $pm$ ) den Beschleuni-

gungsdruck  $q$  ( $cd = mq$ ) abzieht (oder in der zweiten Hubhälfte zugibt), welcher eben der Kolbenlage entspricht. Die übrigbleibende Ordinate ( $pq$ ) stellt den eben am Kurbelzapfen auftretenden Horizontaldruck dar.

Zieht man also in Fig. 11 durch die Linie der höchsten Dampfspannung, die zur Atmosphärenlinie parallele  $AA_1$ , trägt den Beschleunigungsdruck  $q_1$  ( $Aa$  beispielsweise = 2 Atm.) von  $A_1$



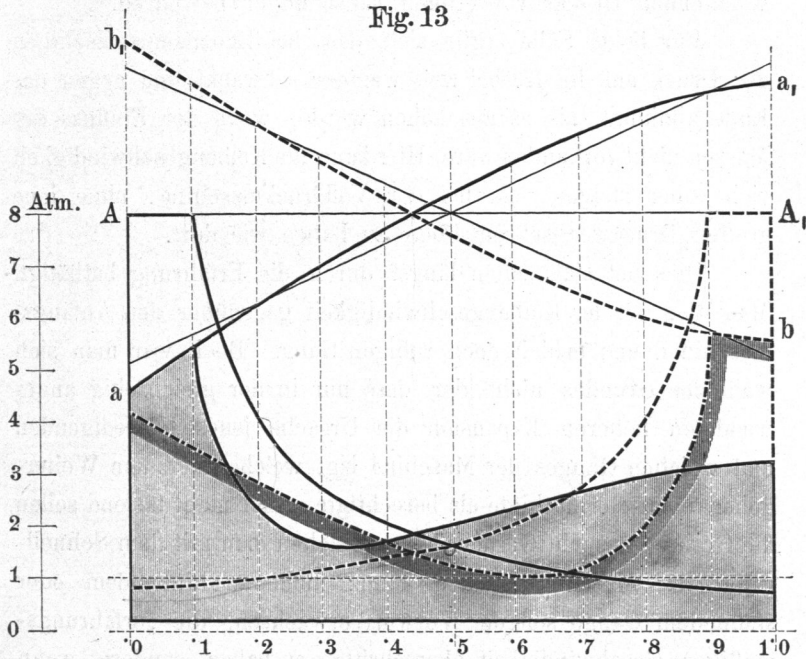
nach abwärts und von  $A_1$  nach aufwärts auf, zieht die  $ab$ , und schlägt deren Ordinaten von jenen des Dampfdiagrammes ab oder fügt sie ihnen zu, so ergibt sich der gesuchte wirkliche horizontale Arbeitsdruck ( $pq = pm - cd$ ) auf den Kurbelzapfen.

Dies am ganzen Diagramm vorgenommen, ergibt die schraffierte Fläche als Bild und Maß der wirklich auf den Kurbelzapfen gelangenden Horizontaldrücke. Die strich-punktirte Linie zeigt die symmetrischen Verhältnisse beim Rücklauf.

## 2. Schubstangen von endlicher Länge.

Das Diagramm der Volldruck- wie der Expansionsmaschine, Fig. 12 und 13, wird auf ganz gleiche Weise richtig gestellt, wie es bei den Diagrammen mit unendlich langer Pleuelstange geschah. Nur ist hier die Linie  $aa_1$ , welche zwischen sich und der durch

Fig. 13



$A$  gezogenen Horizontalen die Massendruckordinaten einschließt, keine Gerade, sondern folgt dem Gesetz der Formel  $(4_1)$ , welches durch die Figuren 3—9 anschaulich gemacht wurde.

Die strich-punktirten Linien entsprechen den Drücken des Rückganges, welche, bei ganz gleichen Dampfdiagrammen und gleichbleibenden Arbeitsflächen, hier wegen der endlichen Länge der Pleuelstange nicht mehr völlig symmetrisch zum Vorwärtsgange ausfallen.

Bei Maschinen mit hoher Füllung und geringer Kolbengeschwindigkeit ist es nicht nöthig, auf die endliche Schubstangenlänge Rücksicht zu nehmen. Doch wenn man sich mit der Geschwindigkeit den Grenzen nähert (siehe unten), oder kleine Füllungen eintreten lässt und vielleicht noch sehr kurze Schubstangen anwenden will, kann allein die Beachtung dieser abweichenden Drücke vor großen Täuschungen bewahren.

Für beide Fälle ergibt sich, dass bei Expansionsmaschinen der Druck auf die Kurbel weit weniger schwankt und gegen das Ende abnimmt, als es geschehen würde, wenn der Einfluss der Massen nicht vorhanden wäre. Hier kann die Kolbengeschwindigkeit viel höher steigen, als bei der Volldruckmaschine, ohne jene großen Druckwechsel zur Folge zu haben wie dort.

Dies hat sich schon längst durch die Erfahrung bethätigt. Man stieg mit der Kolbengeschwindigkeit gegenüber den Anfangsmaschinen und erhielt doch ruhigen Gang. Doch war man sich wohl des Grundes nicht klar, dass nur in der gleichzeitig angewendeten höheren Expansion die Ursache jenes befriedigenden und weichen Ganges der Maschine lag, welche zu einem Weitergehen ebenso ermuthigte als berechtigte. Aber nicht tastend sollen die Grenzen gesucht werden, bis zu welchen man mit dem Schnelligange der Maschine steigen kann; nicht an hinkendem oder stoßendem Gange soll der Vorwurf erwachsen, die „erfahrungsmäßige“ Geschwindigkeit überschritten zu haben, sondern, wenn der Einfluss bekannt ist, den die Massen in der Maschine üben, wollen wir denselben benützen um die Kurbeldrücke gleichförmig zu gestalten und jene Grenze von vornherein feststellen, welche mit der Geschwindigkeit hin- und hergehender Kolben nun und nimmer überschritten werden darf. Dann können wir uns diesen ganz oder bis zu beliebiger Sicherheit nähern.

---