

## 4. Die im Kurbeltrieb wirkenden Kräfte.

## a) Ermittlung des Kolbendruckverlaufs, erläutert an einer Betriebsdampfmaschine.

Die in den Zylindern wirksamen Kräfte sind durch den Spannungsverlauf, beispielsweise für die Maschine Tafel I durch die Schaulinien Abb. 1051 bis 1053 gegeben. Als Ordinaten sind die Dampf- und Pumpendrucke zu den Kolbenwegen als Abszissen aufgetragen, Linien, wie sie bei der Untersuchung der Anlage mittels des Indikators gefunden werden. Zur Erläuterung sei zunächst nur die Wirkung des Dampfes verfolgt, die Maschine also als Betriebsmaschine einer Fabrik gedacht und die auf der Hinterseite des Hochdruckzylinders aufgenommene Schaulinie, Abb. 1051 rechts, betrachtet. Von *A* bis *B* strömt Frischdampf in den Zylinder und schiebt den Kolben im Sinne des oberen Pfeiles nach vorn — Einströmzeit. Im Punkte *B* wird das Einlaßventil geschlossen; der im Zylinder vorhandene Dampf dehnt sich aus und wirkt mit sinkendem Druck auf den Kolben — Expansions- oder Ausdehnungsvorgang —, bis im Vorausströmpunkt *C*, kurz vor der vorderen Totlage des Kolbens, das Auslaßventil gehoben wird und der Dampf in die Verbindungsleitung zum Niederdruckzylinder strömt. Im Totpunkt *D* beginnt der Kolben seinen Rücklauf; er schiebt den Dampf während der Ausströmzeit aus dem Zylinder, bis in *E* das Auslaßventil geschlossen und der im Zylinder noch vorhandene Dampf durch den Kolben annähernd auf die Einströmspannung verdichtet wird — Kompressions- oder Verdichtungszeit. Nahe dem hinteren Totpunkt, im Voreinströmpunkt *F*, tritt durch Öffnen des Einströmventils neuer Frischdampf ein; der Kreislauf beginnt in *A* von neuem.

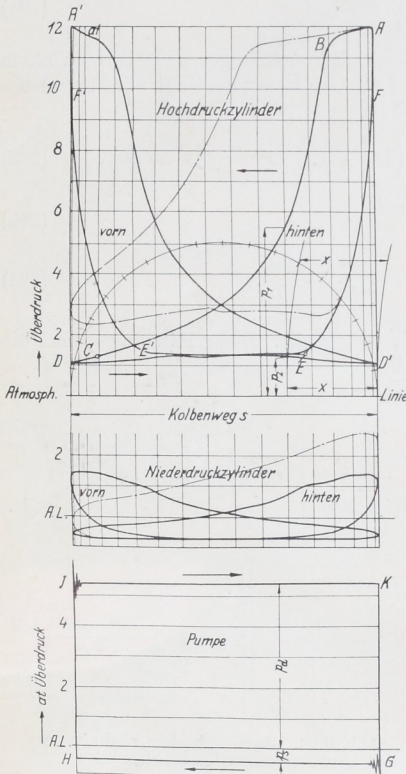


Abb. 1051 bis 1053. Druckverlauf in den Dampfzylindern und der Pumpe der Wasserwerkmaschine Tafel I.

Die auf den Kolben tatsächlich wirkenden Kräfte ergeben sich ohne Schwierigkeit, wenn man beachtet, daß auf seiner Vorderseite der Auspuff- und Verdichtungsabschnitt durchlaufen wird, während der Dampf auf der Rückseite einströmt und sich ausdehnt und umgekehrt, daß also zum Linienzug *ABCD*, Abb. 1051 und 1054, der Schaulinie auf der Rückseite der Druckverlauf *D'E'F'A'* auf der Vorderseite des Kolbens gehört. In einer beliebigen, durch die Abszisse *x* gekennzeichneten Kolbenstellung ist dann der Überdruck, mit dem der Kolben verschoben wird, durch:

$$P = p_1 \cdot F' - p_2 \cdot F'' \quad (296)$$

gegeben, wenn  $p_1$  und  $p_2$  die Drucke,  $F'$  und  $F''$  die wirksamen Kolbenflächen auf der Rück- und Vorderseite sind, die durch die Stangenquerschnitte oder durch das Fehlen der Längsange auf der Rückseite des Kolbens verschieden sein können.  $P$ , für alle Stellungen

ermittelt, führt zu der auf den Hub  $s$  bezogenen Kolbenüberdrucklinie, Abb. 1055, für die Deckelseite des Hochdruckzylinders der Maschine Tafel I, an der:

$$F' = \frac{\pi}{4} (45^2 - 7,5^2) = 1546,3 \text{ cm}^2$$

und

$$F'' = \frac{\pi}{4} (45^2 - 10^2) = 1511,9 \text{ cm}^2$$

ist. Annähernd kann man für die Kolbenfläche den Mittelwert:

$$F = \frac{F' + F''}{2}$$

setzen und dann die Kolbenkraft aus:

$$P = F(p_1 - p_2) = F \cdot p_{\bar{u}} \quad (297)$$

berechnen, wobei  $p_{\bar{u}}$  der aus Abb. 1054 oder 1051 zu entnehmende Überdruck ist.

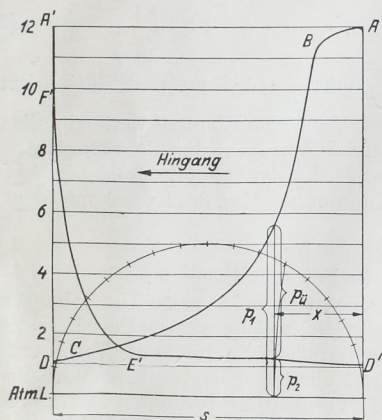


Abb. 1054. Ermittlung des auf den Hochdruckkolben wirkenden spezifischen Überdrucks  $p_{\bar{u}}$  beim Hingang.

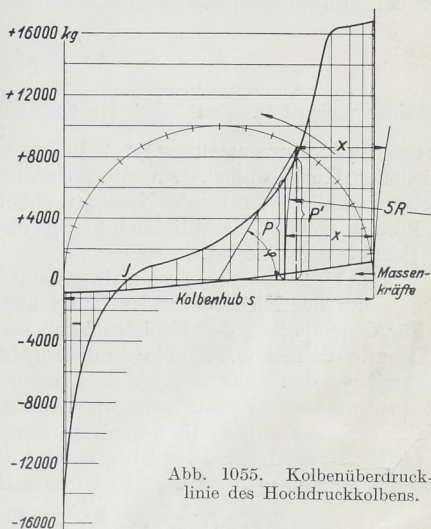


Abb. 1055. Kolbenüberdrucklinie des Hochdruckkolbens.

In Rücksicht auf die weitere Untersuchung empfiehlt es sich, die Kolbendrucke zu bestimmten Kurbelstellungen zu suchen. Man teilt zu diesem Zwecke einen über dem Kolbenhub  $s$  in Abb. 1051 oder 1054 geschlagenen Halbkreis in eine Anzahl gleicher Teile, vorteilhafterweise in 9 oder 18 Teile, je 20 oder 10° Kurbelwinkel entsprechend. ermittelt die Kolbenwege  $x$  zu den Teilpunkten auf der Kolbenweglinie durch Kreisbögen mit der Schubstangenlänge als Halbmesser und an Hand der in ihnen errichteter Ordinaten die Kolbendrucke. Will man die endliche Länge der Schubstange nicht berücksichtigen, so sind die Ordinaten durch die Teilpunkte auf dem Kreise selbst zu legen.

Im Punkte  $J$  der Linie, Abb. 1055, wird die Kolbenkraft Null und zwischen  $J$  und  $C$  negativ; in  $J$  tritt also Druckwechsel ein. Die unterhalb der wagrechten Grundlinie liegenden, zur Verdichtung des Dampfes nötigen Kräfte müssen von der Welle durch den Kurbeltrieb hergegeben werden. Sie werden zum Teil von der im anderen Dampfzylinder erzeugten Energie, zum Teil von der Wucht des Schwungrades bestritten.

#### b) Einfluß der Massenkräfte.

Während der Kurbelzapfen einer Kolbenmaschine annähernd gleichförmige Umlaufgeschwindigkeit hat, ist, wie oben gezeigt, die Geschwindigkeit der hin- und hergehen