

stangenschaftes, §. 182, und das Verhältniss der Elastizitätsmodel beider Materialien, Tabelle §. 2).

*Beispiel.* Ein Dampfcylinder von 400 mm Weite und 1000 mm Schublänge habe 4 at nützlichen Druck auf den Kolben; dann ist nach Spalte 5, Zeile 3 (wegen  $L:D = 1000:400 = 2,5$ ) zu nehmen:  $\vartheta:D = 0,128$ , oder  $\vartheta = 0,128 \cdot 400 = 51$  mm, was für Schmiedeisen und Gussstahl gilt.

Die Abmessungen des immer aus Stahl zu fertigenden Kolbenkeiles findet man so gewählt, dass die Beanspruchung auf Abscheeren 4 bis 6 kg Spannung im Keil hervorruft; dabei wähle man die Keilbreite nicht zu gering, damit der Flächendruck auf die schmale Seite des Keiles nicht zu gross ausfalle. Flächenpressungen von 5 bis 6 kg bei Landdampfmaschinen und 8 bis 10 kg bei Lokomotiven finden sich an bewährten Ausführungen vor.

### §. 349.

## Spezifische Leistung der Drucktriebwerke.

Nachdem im Vorstehenden die Leitungen der Druckorgane behandelt worden sind, müssen wir auf die mittelst Druckorgan einrichtbaren Kraftmaschinen oder Triebe noch einmal zurückkommen, obwohl dieselben schon oben, Kap. XXIII, verschiedentlich berührt und besprochen worden sind. Es handelt sich nämlich noch darum, ihre Anwendung für Kraftleitung in die Ferne, als Ferntriebe, zu erörtern, ähnlich wie dies mit den Zugtriebwerken, namentlich dem Seiltrieb (Kap. XXI), geschehen ist. Den wesentlichsten Dienst that uns dabei der neueingeführte Begriff der spezifischen Leistung. Denn derselbe eignet sich wegen seiner Einfachheit ganz besonders dazu, Vergleichen zwischen anscheinend weit verschiedenen Kraftübertragern anzustellen.

Man kann diesen Begriff ohne Schwierigkeiten auf die Wasser-, Luft- und Dampfmaschinen u. s. w. ausdehnen, indem man allgemeine Ausdrücke für den Werth  $N_0 = N:qv$  ermittelt (vergl. §. 280). Wir bezeichnen hierfür den Querschnitt der Leitung in qcm mit  $q$ , die mittlere Schnelle des die Leitung durchströmenden Druckorgans wie bisher mit  $v$ , mit  $N$  die Arbeitsstärke der Maschine in PS. Ist dann z. B. bei einer Wasserkraftmaschine  $h$  das verfügbare Gefälle,  $Q$  die sekundliche Wassermenge, und verlässt das Wasser die Maschine mit einer unausgenutzten

Wasserspannung, welcher die Druckhöhe  $h'$  zukommt, so hat man für die eingeleitete Arbeitsstärke:  $N = 1000 Q(h - h') : 75$ . Nun ist aber  $Q = (q : 10\,000)v$  und die Spannung  $p$  auf den qmm, mit welcher das Wasser in der Maschine wirkt,  $= h : 1000$ , woraus  $h = 1000 p$ . Diese Werthe einsetzend, erhält man:

$$N = \frac{1000 q v \cdot 1000 (p - p')}{10\,000 \cdot 75} = \frac{4}{3} q v (p - p')$$

und hieraus die spezifische Leistung, welche das Rohr zuführt:

$$N_0 = \frac{N}{q v} = \frac{4}{3} (p - p') \dots \dots \dots (345)$$

ein Werth, welcher mit den früher ermittelten in der Form übereinstimmt.

*1. Beispiel. Entspräche  $p - p'$  einem Drucke von 22,5 at, d. h. wäre  $p - p' = 0,225$ , so wäre die spezifische Leistung, welche auf die mit der Wassersäule betriebene Maschine (Turbine, Wassersäulenmaschine etc.) verwandt wird,  $N_0 = 0,30$ . Hat das Zuleitungsrohr 12 cm Durchmesser und das Wasser darin 1,2 m Schnelle, so wird die Maschine betrieben mit  $N = 12^2 \pi/4 \cdot 0,30 \cdot 1,2 = 113,097 \cdot 0,36 = 40,7$  PS. Dies ist die Rohleistung, die Frage nach der Reinleistung wird später berührt werden.*

Man kann die Formel (345) sofort auch für Druckluft, Hoch- wie Tiefdruck, Dampf, selbst Gas verwenden, wenn man die Pressung des zur Wirkung gelangenden Druckorgans durch Wassersäulenhöhen ausgedrückt und entsprechend umgewandelt annimmt. Für Dampf und Luft gelangt man dabei zu einem Ausdruck, der sich wie folgt gestalten lässt:

$$N_0 = \frac{4}{3} (p - p') \mu \dots \dots \dots (346)$$

Der Koeffizient  $\mu$  ist sehr reichhaltig; er steigt mit  $p$  und dem Expansionsgrad  $\varepsilon$ , indem er die Expansionswirkung, welche erst aus verwickelten Rechnungen und Beobachtungen recht eigentlich bestimmt werden kann, zum Ausdruck bringen soll. Er beträgt bei  $\varepsilon = 2$  zwischen  $1\frac{1}{2}$  und  $1\frac{2}{3}$  und steigt auf 3 bis 4 bei  $\varepsilon = 20$  bis 30, entsprechend hohe Spannung vorausgesetzt, was bei den Verbund-Dampfmaschinen zu dem schon früher erwähnten günstigen Ergebniss geführt hat. Hier kann die nicht einfache Beziehung nur angedeutet, und will den beiden Formeln auch nur der Werth beigemessen werden, dass sie eine Uebersicht geben. Weiter unten (S. 1042) werden wir auf die Verbundmaschine nochmals zurückkommen.

Für einen anderen wichtigen Zweck lässt sich indessen die Gleichung nach einiger Umgestaltung gut verwerthen, nämlich

zur Beantwortung der Frage, was der Materialaufwand des Rohres leistet.

Bei der Weite  $D$  des Leitungsrohres ist die Anzahl  $N$  der übertragenen  $PS: N = \pi/4 D^2 p v : 75$ . Für die Rohrwand hat man aber nach (321), wenn die Materialspannung darin  $\mathfrak{S}$  ist,  $2\delta + D = D\sqrt{(\mathfrak{S} + p) : (\mathfrak{S} - p)}$ , und hieraus, da  $2\delta + D =$  dem äusseren Durchmesser  $D_0$  ist, für den Querschnitt  $q_1$  der Rohrwand in qcm:

$$q_1 = \frac{1}{100} \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D^2) = \frac{1}{100} \frac{\pi}{4} D^2 \left( \frac{\mathfrak{S} + p}{\mathfrak{S} - p} - 1 \right)$$

$$\text{oder} \quad q_1 = \frac{1}{100} \frac{\pi}{4} D^2 \frac{2p}{\mathfrak{S} - p}.$$

Den hieraus hervorgehenden Werth von  $\pi/4 D^2$  oben einsetzend, erhalten wir:

$$N = \frac{100}{75} q_1 \frac{\mathfrak{S} - p}{2p} p v = 2/3 (\mathfrak{S} - p) q_1 v$$

und daraus wiederum, ganz ähnlich wie früher\*):

$$N_0 = \frac{N}{q_1 v} = 2/3 (\mathfrak{S} - p) \dots \dots (347)$$

Dieser Ausdruck ist sehr lehrreich. Zunächst gilt er für alle Leitrohrtriebe zugleich. Sodann zeigt er, wie nützlich es ist,  $\mathfrak{S}$  hoch zu wählen. Geschieht dies, so ist der Einfluss von  $p$  so viel wie verschwindend, d. h. die spezifische Leistung des Rohres im Leitrohrtrieb ist als unabhängig von der Flüssigkeitsspannung anzusehen. Mit anderen Worten: ob man hohe, ob niedrige Spannung für die treibende Flüssigkeit, tropfbare oder gasförmige, benutzt, es wird auf die Flächeneinheit des Rohrwandquerschnittes dieselbe Leistung in  $PS$  übertragen, wenn man bei Feststellung der Rohrwanddicken dieselbe Materialspannung zu Grunde gelegt hat.

Es empfiehlt sich hiernach, die Flüssigkeit mit recht hoher Spannung arbeiten zu lassen, um mit engen Rohrleitungen auszureichen. Dies kann auch mit Rücksicht auf die Reibung im Rohr geschehen, da diese, bei Vermeidung von scharfen Krümmungen und von Verengungswirbeln, wie in §. 340 gezeigt, un-

\*) In Glaser's Annalen Bd. XVII (1885, Dezember), wo ich vorstehende Theorie zuerst veröffentlichte, habe ich, vermöge einer nur annähernden Berechnung von  $q_1$ , für  $(\mathfrak{S} - p)$  den Werth  $\mathfrak{S}$  angegeben. Es zeigt sich hier, dass die Annäherung statthaft war.

abhängig von der Flüssigkeitsspannung ist, oder doch gemäss den bisherigen Versuchen zu sein scheint.

Die Materialspannung  $\mathcal{S}$  in der Rohrwand darf bei Gusseisen nicht hoch gewählt werden\*),  $\mathcal{S} = 5$  möchte eine obere Grenze sein,  $\mathcal{S} = 4,5$  schon hoch erscheinen. Schmiedeisen und namentlich Stahl, wenn nach dem Mannesmann'schen Verfahren zum Rohr verwendet (S. 987), lassen hohe Spannungen zu; für Schmiedeisen kann man gut bis 12, für Gussstahl bis 24 und 30 kg gehen, wenn nöthig, unter Voraussetzung besonderer Auswahl, noch höher. Hiernach berechnet sich bei Vernachlässigung von  $p$  in (347), wenn man nimmt für:

Gusseisen . . . .	$\mathcal{S} = 4,5,$	$N_0 = \frac{2}{3} 4,5 = 3$
Schmiedeisen . . .	$\mathcal{S} = 12,$	$N_0 = \frac{2}{3} \cdot 12 = 8$
Gussstahl . . . .	$\mathcal{S} = 24,$	$N_0 = \frac{2}{3} \cdot 24 = 16$

Hiermit erweist sich der Leitrohrtrieb als höchst werthvoll und fordert zu Vergleichen mit anderen Triebarten auf.

### §. 350.

## Kreistrieb und Linientrieb aus Leitungsröhren.

Ehe wir zu den eben erwähnten Vergleichen übergehen können, ist noch näher auszuführen, was in §. 312, S. 879 schon angedeutet wurde, dass der Leitrohrtrieb auch geeignet ist, wie der Drahtseiltrieb als Kreistrieb benutzt zu werden. Betrachten wir darauf hin zuerst den Wassertrieb, vor allem den mit Hochdruckwasser, so finden wir, dass er auf zwei Arten mit Kreistrieb benutzt werden kann.

*1. Beispiel. Die erste ist, dass man den an der Kraftstätte  $T_0$ , Fig. 1094 (a. f. S.), mit der Spannung  $p_0$  beladenen Wasserstrom an der Betriebsstätte  $T_1$  durch eine Wassersäulenmaschine gehen und aus derselben mit einer verminderten Spannung  $p_1$  heraustreten lässt. Er hat dann bei  $T_1$  mit dem Druck  $p_0 - p_1$  gearbeitet. Mit der Spannung  $p_1$  geht er darauf zur zweiten, von dieser zur dritten, vierten und zuletzt nten Betriebsstätte  $T_n$ , jedesmal an Spannung verlierend, bis er zuletzt, auf einer niedrigen Spannung  $p_n$  angekommen, wieder in die Kraftstätte  $T_0$  eintritt, um daselbst sofort wieder auf die hohe Spannung  $p_0$  gebracht zu werden. Das Verfahren entspricht genau dem auf S. 834 beim Seiltrieb besprochenen. Es setzt voraus, dass die Wassersäulenmaschinen (Hemmwerke) bei  $T_1, T_2,$*

\*) Abgesehen von Ausnahmefällen, vergl. S. 979 Anmerkung.