

der eine schon 0% Füllung, wenn der andere noch Vollfüllung gibt, d. h. die ganze Arbeit wird von der einen Maschinenseite geleistet, während die andere geschleppt wird. Das ist aber Dampfverschwendung im höchsten Grade; denn die eine Seite arbeitet unökonomisch mit grösster Füllung, und die andere Seite verzehrt Reibungsarbeit. Das Beispiel ist gewählt, um den verhältnismässig grossen Einfluss einer geringen Verschiedenheit in der Lage der Tourenverstellung zu beweisen. Ein guter Maschinist wird zwar dafür sorgen, dass beide Regulatoren immer in gleicher Höhe stehen, aber solche Maschinisten gehören auf Kohlenzechen, wo die Mehrzahl der Ventilatoren gebraucht wird, leider zu den Ausnahmen.

Einem ähnlichen Gesetz, wie die Ventilatoren, folgen in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Arbeitsleistung auch die Zentrifugalpumpen. Da aber Zentrifugalpumpenanlagen fast niemals mit schwankendem Dampfdruck zu kämpfen haben, so werden ihre Antriebsmaschinen im allgemeinen nicht mit Regulatoren versehen.

Regulierung der Pumpmaschinen.

Die entschieden grösste Mannigfaltigkeit in der Regulierung weisen die Pumpmaschinen auf. Man findet bei ihnen alles vertreten, von jeglicher Abwesenheit eines Regulators an bis zu den kompliziertesten automatischen Regulier- und Entlastungsvorrichtungen. Ebenso wie bei den Ventilatormaschinen erweist es sich auch bei den Pumpmaschinen als vorteilhaft, zu untersuchen, in welchen Fällen ein Regulator entbehrt werden kann, und in welchen ein solcher notwendig wird.

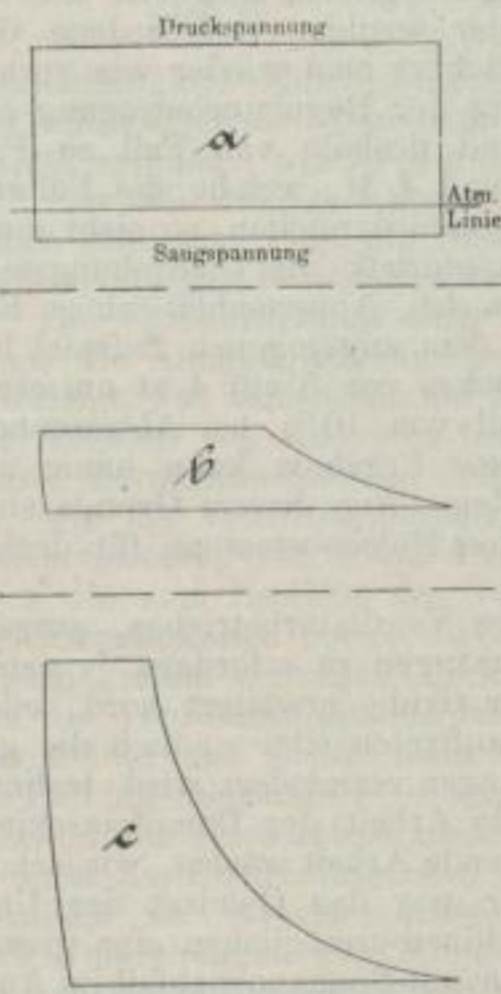


Fig. 34.

Betrachtet man die idealen Diagramme Fig. 34 einer Wasserpumpe *a*, eines Gebläses *b* und eines Kompressors *c*, so ist ersichtlich, dass die Maschine zur Ueberwindung des Nutzwiderstandes pro Umdrehung eine bestimmte, von der Umdrehungszahl unabhängige Arbeitsmenge zu leisten hat. Da ferner die Reibungsarbeit der Kolben, Kreuzköpfe u. s. w. gleichfalls eine von der Umdrehungszahl unabhängige Arbeitsmenge pro Umdrehung verzehrt, so genügt bei unveränderlichem Dampfdruck ein und dieselbe Füllung für alle Umdrehungszahlen. Will man aus einer Geschwindigkeit in eine andere übergehen, so ist zur Erzielung der Beschleunigung bzw. Verzögerung die Füllung ein wenig zu verändern, um nach Erreichen der gewünschten Umdrehungszahl wieder auf denselben Wert gebracht zu werden. Eine solche ideale Pumpe würde sich also ohne Regulator in genau so labilem Gleichgewichte befinden, wie eine Betriebsmaschine ohne Regulator. Bei der geringsten Abnahme des Dampfdruckes oder Zunahme des Pumpendruckes würde sie stehen bleiben und im entgegengesetzten Falle durchgehen. Als ein Beispiel für diesen Fall können die von der *Southwark Foundry and Machine Co.* in Philadelphia gebauten Gebläsemaschinen mit Gitterschiebern dienen. Die Diagramme Fig. 35 dieser Gebläsemaschinen folgen bei geringer Geschwindigkeit der Linie 1 und verändern sich bei steigender Geschwindigkeit durch die strichpunktierte Linie 2 in die Gestalt, welche die punktierte Linie 3 angibt, so dass die Arbeitsleistung für

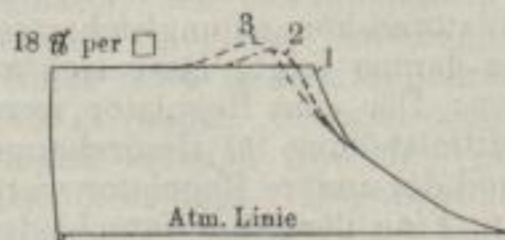


Fig. 35.

der eine schon 0% Füllung, wenn der andere noch Vollfüllung gibt, d. h. die ganze Arbeit wird von der einen Maschinenseite geleistet, während die andere geschleppt wird. Das ist aber Dampfverschwendung im höchsten Grade; denn die eine Seite arbeitet unökonomisch mit grösster Füllung, und die andere Seite verzehrt Reibungsarbeit. Das Beispiel ist gewählt, um den verhältnismässig grossen Einfluss einer geringen Verschiedenheit in der Lage der Tourenverstellung zu beweisen. Ein guter Maschinist wird zwar dafür sorgen, dass beide Regulatoren immer in gleicher Höhe stehen, aber solche Maschinisten gehören auf Kohlenzechen, wo die Mehrzahl der Ventilatoren gebraucht wird, leider zu den Ausnahmen.

Geschwindigkeiten zwischen beispielsweise 20 und 50 Umdrehungen pro Minute fast unverändert bleibt. Ohne Regulator wäre demnach eine solche Maschine vollständig labil und würde unaufhörlichen Geschwindigkeitsschwankungen unterliegen.

Abweichend hiervon weisen jedoch die Durchschnitts-Luft- und Wasserpumpen ein mehr oder weniger geändertes Verhalten auf. Für die Mehrzahl der Pumpmaschinen steigt die pro Umdrehung zu leistende Arbeit mit zunehmender Geschwindigkeit, was besonders auffällig an kleinen und billigen Pumpen hervortritt. In Fig. 36 sind Diagramme dargestellt, wie sie an solchen Maschinen bei höheren Umdrehungszahlen auftreten. Zeichnet man in diese Diagramme solche für niedrige Umdrehungszahlen ein (welche von den idealen Diagrammen nur infolge der Ventilbelastung abweichen), so sieht man, dass der Mehraufwand an Arbeit für grössere Umdrehungszahlen nur von den Verlusten herrührt, und dass die Arbeitsunterschiede für wechselnde Geschwindigkeiten um so grösser werden, je grösser die Verluste gegenüber der Nutzarbeit sind. Beachtet man ferner, dass auch in der Dampfmaschine bei höheren Umdrehungszahlen Verluste durch Dampfrosselung auftreten, so folgt: Je schlechter eine Pumpmaschine ist in Bezug auf freie Durchströmquerschnitte für Dampf und Förderflüssigkeit, sowie auf leichtes Oeffnen der Ventile, desto mehr kann sie einen Regulator entbehren, und umgekehrt: Je vollkommener eine Pumpmaschine ist, desto gefährlicher ist es, sie ohne Regulator laufen zu lassen.

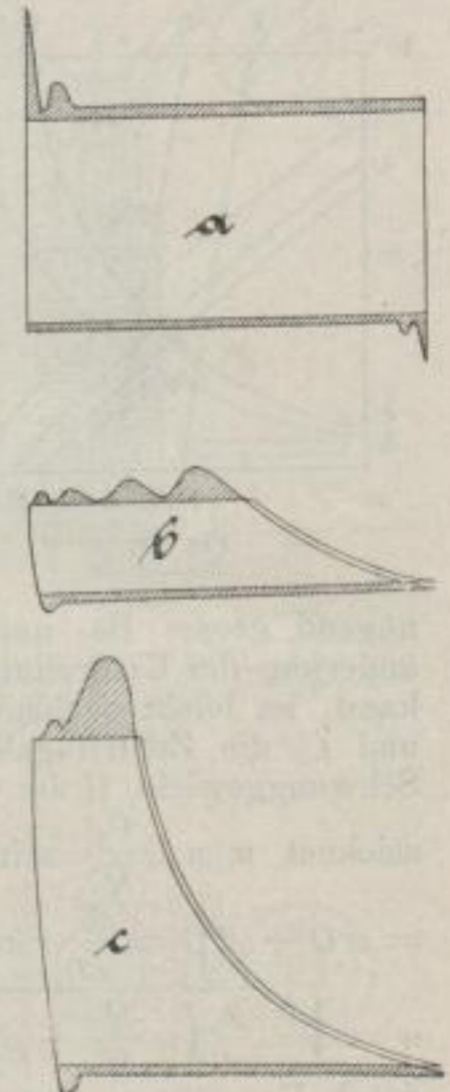


Fig. 36.

Diese Ueberlegung setzt voraus, dass der Druck, gegen welchen die Pumpe zu arbeiten hat, durch die Umdrehungszahl nicht beeinflusst wird, wie es z. B. bei Reservoirpumpen mit Ueberlauf der Fall ist. Wenn der Arbeitsdruck mit der Umdrehungszahl wächst, wie bei einem Hochofengebläse, Bergwerkskompressor u. s. w., so ist die obige Schlussfolgerung nicht ganz zutreffend. Jedoch ist es besser, von diesem Steigen des Druckes abzusehen, weil sehr häufig mehrere Gebläsemaschinen oder Kompressoren „parallel geschaltet“ in dieselbe Rohrleitung drücken; in diesem Falle ist der Druck in der Rohrleitung nicht von der Umdrehungszahl einer Maschine, sondern von der Summe der Umdrehungszahlen mehrerer Maschinen abhängig, so dass auch hier eine unveränderliche Geschwindigkeit für jede Maschine nur durch einen Regulator oder Drosselverluste eingehalten werden kann. Trägt man, ähnlich wie es bei den Ventilatormaschinen geschehen ist, auch für Pumpmaschinen die Füllung als Funktion der Umdrehungszahl auf (Fig. 37), so ergibt sich für die verlustfreie Pumpe eine der Abscissenachse gleichlaufende Gerade 1, während für die Mehrzahl der wirklich ausgeführten Pumpen sich flachlaufende Kurven, etwa 2 und 3 ergeben, welche sich für geringere Geschwindigkeiten der Gerade 1 anschmiegen. Die Kurve 2 stellt somit graphisch den bekannten Erfahrungssatz dar, dass die Geschwindigkeit guter Pumpen mit reichlichen Ventilquerschnitten und leichten Ventilen sich schon bei geringer Verstellung der Füllung ganz bedeutend ändert. Um nun auch solche Pumpmaschinen gefahrlos ohne Regulator be-

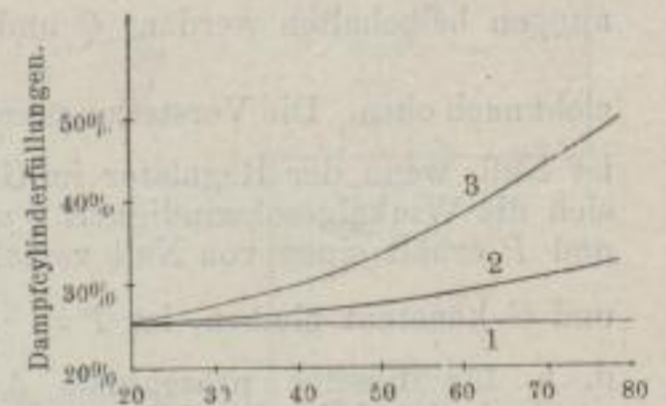


Fig. 37.

laufen zu lassen. Diese Ueberlegung setzt voraus, dass der Druck, gegen welchen die Pumpe zu arbeiten hat, durch die Umdrehungszahl nicht beeinflusst wird, wie es z. B. bei Reservoirpumpen mit Ueberlauf der Fall ist. Wenn der Arbeitsdruck mit der Umdrehungszahl wächst, wie bei einem Hochofengebläse, Bergwerkskompressor u. s. w., so ist die obige Schlussfolgerung nicht ganz zutreffend. Jedoch ist es besser, von diesem Steigen des Druckes abzusehen, weil sehr häufig mehrere Gebläsemaschinen oder Kompressoren „parallel geschaltet“ in dieselbe Rohrleitung drücken; in diesem Falle ist der Druck in der Rohrleitung nicht von der Umdrehungszahl einer Maschine, sondern von der Summe der Umdrehungszahlen mehrerer Maschinen abhängig, so dass auch hier eine unveränderliche Geschwindigkeit für jede Maschine nur durch einen Regulator oder Drosselverluste eingehalten werden kann. Trägt man, ähnlich wie es bei den Ventilatormaschinen geschehen ist, auch für Pumpmaschinen die Füllung als Funktion der Umdrehungszahl auf (Fig. 37), so ergibt sich für die verlustfreie Pumpe eine der Abscissenachse gleichlaufende Gerade 1, während für die Mehrzahl der wirklich ausgeführten Pumpen sich flachlaufende Kurven, etwa 2 und 3 ergeben, welche sich für geringere Geschwindigkeiten der Gerade 1 anschmiegen. Die Kurve 2 stellt somit graphisch den bekannten Erfahrungssatz dar, dass die Geschwindigkeit guter Pumpen mit reichlichen Ventilquerschnitten und leichten Ventilen sich schon bei geringer Verstellung der Füllung ganz bedeutend ändert. Um nun auch solche Pumpmaschinen gefahrlos ohne Regulator be-