

gewichtetes und es genügt ein leichterer Regulator als bei Federentlastung. Zur Fig. 32 ist noch zu bemerken, dass diese Anordnung infolge der Hebelübersetzung kleine und leichte Laufgewichte ermöglicht, dass sich aber infolge des grossen Ausschlages die Hebelarme erheblich verändern, was bei der Konstruktion genau in Rechnung zu ziehen ist, um ein Labilwerden des Regulators zu verhüten.

Um Gewissheit darüber zu erlangen, dass diese Art der Regulierung den gestellten Bedingungen entspricht, kann man in das Diagramm Fig. 28 Kurven *EF* und *GH* (vgl. Fig. 33) einzeichnen, welche den Zusammenhang zwischen Umdrehungszahl und Fällung für verschiedene Lagen der Tourenverstellung ergeben.

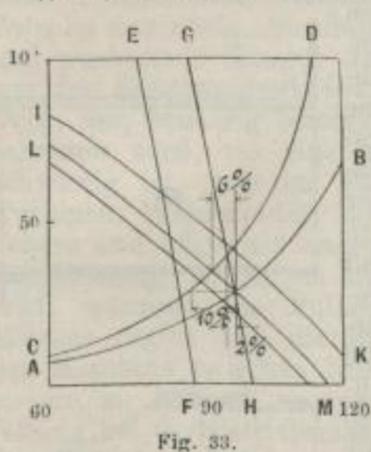


Fig. 33.

Diese Kurven sind bestimmt durch den Ungleichförmigkeitsgrad des Regulators und die Uebertragung seiner Bewegung auf die Steuerung. Wie ersichtlich (vgl. Fig. 33), ändert sich die Umdrehungszahl bei Fallen des Dampfdruckes von 5 auf 4 at nur unbedeutend, nämlich um 2%, obwohl der Regulator einen Ungleichförmigkeitsgrad von 14% besitzt. Dass man durch genügend grosse Be- und Entlastung der Hülse eine Veränderung der Umdrehungszahl in weiten Grenzen erreichen kann, ist leicht nachzuweisen. Bezeichnen wie früher C_q und C_g die Zentrifugalkräfte, um Muffengewicht Q und Schwunggewicht G im Gleichgewicht zu halten, und bezeichnet man $\frac{C_q}{Q}$ mit α und $\frac{C_g}{G}$ mit β , so ist $C = \alpha Q + \beta G = \frac{G}{g} r w^2$, also die Winkelgeschwindigkeit $w = \sqrt{\frac{g}{r} \left(\alpha \frac{Q}{G} + \beta \right)}$. Die Gleichung zeigt, dass man durch Vergrössern von Q die Umdrehungszahl erheblich steigern und andererseits auch auf Null bringen kann, indem man Q negativ macht, bis $\frac{\alpha Q}{G} = -\beta$ ist. Voraussetzung ist hierbei, dass die C_q -Kurve nicht zu weit von der astatischen Geraden abweicht, da sonst ein Labilwerden des Regulators bei so starker Veränderung der Hülsenbelastung unausbleiblich ist. Wenn man nur entlastet oder nur belastet, kann man allerdings ein Labilwerden durch Schrägstellen des Führungsarmes für das Laufgewicht verhindern (vgl. S. 778 Fig. 17). Eine zu weit gehende Entlastung der Hülse ist auch deshalb unvorteilhaft, weil die Verstellkraft der Regulatoren bekanntlich im Quadrate der Tourenzahl abnimmt; denn es drücken bei einem Regulator (wenn die soeben gebrauchten Bezeichnungen beibehalten werden) Q und $\frac{\beta}{\alpha} G$ nach unten, $\frac{C}{\alpha}$ zieht nach oben. Die Verstellkraft $P = Q + \frac{\beta}{\alpha} G - \frac{C}{\alpha}$ ist Null, wenn der Regulator im Gleichgewicht ist; ändert sich die Winkelgeschwindigkeit w um dw , so ändert sich C und P erhält einen von Null verschiedenen Wert. Weil Q und G konstant bleiben, ist $P = \frac{dC}{\alpha} = \frac{G}{\alpha g} 2 r w^2 \left(\frac{dw}{w} \right)$, d. h. für dieselbe prozentuale Aenderung der Winkelgeschwindigkeit ist die Verstellkraft P proportional w^2 , mithin auch dem Quadrate der Umdrehungszahl. Bei einer Verminderung der Umdrehungszahl von z. B. 100 auf 25 fällt demnach die Verstellkraft von P auf $\frac{1}{16} P$. Unterschiede in der Umdrehungszahl von solcher Grösse sind (wie später gezeigt werden soll) bei Pumpmaschinen notwendig, und ist deshalb die Theorie der Aenderung der Verstellkräfte schon hier erwähnt worden, obwohl in Ventilatorbetrieben Aenderungen der Umdrehungszahl in so weiten Grenzen nicht erforderlich sind; denn die geförderte Luftmenge verändert sich ungefähr wie die dritte Potenz der Umlaufzahl, so dass bei einem Verhältnis der

grössten zur kleinsten Umdrehungszahl von 2:1 sich die gelieferten Luftmengen ungefähr wie 8:1 verhalten. Dabei ist die grösste Verstellkraft des Regulators viermal so gross als die kleinste, so dass man mit einem mittelschweren Regulator auskommt und somit die beschriebene Art der Regulierung für Ventilatorbetriebe sehr zu empfehlen ist. Ferner beachte man, dass für alle Steuerungen mit Rückwirkung auf den Regulator die Verstellkraft im Sinne von $2 \frac{C}{\alpha} \frac{dw}{w}$ nicht so wichtig ist als vielmehr die Masse des Regulators, d. h. seine Widerstandsfähigkeit gegen Verschiebungen, und dass auch aus diesem Grunde das Entlasten der Hülse nicht so bedenklich ist, wie es von manchen Seiten dargestellt wird.

Man hat für Ventilatormaschinen auch stark statische Regulatoren, z. B. den Weiss'schen Leistungsregulator, angewandt. Derselbe hat den Vorteil unveränderter Verstellkraft. Da dieser Vorteil bei den Ventilatormaschinen, wie nachgewiesen, nur unbedeutend ist, so lassen die übrigen Eigenschaften des Weiss-Regulators denselben für Ventilatorbetrieb als ungeeignet erscheinen, wie folgende Thatsachen zeigen. Der im höchsten Grade statische Regulator wird durch Aenderung der Länge des Stellzeuges (wie später ausführlicher erklärt werden wird) in eine neue Gleichgewichtslage gezwungen, welcher neuen Lage infolge seines hohen Ungleichförmigkeitsgrades eine von der ursprünglichen Lage mehr oder weniger verschiedene Geschwindigkeit entspricht. Zeichnet man wieder wie vorher einige (von der Uebertragung der Regulatorbewegung auf die Steuerung abhängige und deshalb von Fall zu Fall veränderliche) Kurven *JK* und *LM*, welche die Fällung als Funktion der Umdrehungszahl darstellen, so sieht man, dass bei schwankendem Dampfdruck die Umdrehungszahl zwar weniger schwankt als bei Abwesenheit eines Regulators; denn sie fällt in dem angezogenen Beispiel bei einem Sinken des Dampfdruckes von 5 auf 4 at um etwa 6% gegenüber einem Abfall von 10% bei Abwesenheit eines Regulators; aber dieses Ergebnis kann kaum zufriedenstellend genannt werden. Aus diesem Grunde sind Regulatoren mit veränderlicher Hülsenbelastung für diesen Zweck vorzuziehen.

Die Eigentümlichkeit des Ventilatorbetriebes, aussergewöhnlich wechselnde Luftmengen zu erfordern, je nachdem wie der Betrieb in der Grube erweitert wird, oder plötzlich schlechte Wetter auftreten oder endlich die geförderte Luftmenge an Sonntagen vermindert wird, bedingt eine ebenso stark wechselnde Arbeit der Dampfmaschine. (Die pro Umdrehung zu leistende Arbeit wächst, wie schon mehrfach erwähnt, ungefähr wie das Quadrat der Umdrehungszahl.) Verbundmaschinen ermöglichen eine grosse Arbeitsleistung vorteilhaft nur mit Spannungsabfall im Aufnehmer und auch dann ist die Maximalarbeit noch sehr beschränkt. Aus diesem Grunde findet man bei grösseren Ventilatorbetrieben vielfach Zwillingmaschinen, welche, wie bekannt, grössere Veränderung der Arbeitsleistung erlauben. Zwillingmaschinen werden reguliert entweder durch Einwirkung nur eines Regulators auf beide Maschinen-seiten, was eine Verbindungsstange zwischen denselben notwendig macht, oder aber durch Anwendung je eines besonderen Regulators für jede Maschinenhälfte. Letztere Anordnung ist für Ventilatorbetriebe nicht zu empfehlen, obwohl sie die allgemein unbeliebte Verbindungsstange beseitigt. Der Preis der Maschine wird zwar durch den zweiten Regulator nur unwesentlich erhöht, aber die Tourenverstellungen der beiden Regulatoren können ungleichmässig eingestellt werden, und was daraus folgt, lässt sich aus folgendem Beispiel entnehmen: Der eine Regulator werde so eingestellt, dass seiner Mittelstellung 90 Umdrehungen in der Minute entsprechen und der andere Regulator werde auf 95 Umdrehungen gestellt. Eine derartige Verschiedenheit der Einstellung kann leicht eintreten; denn wenn die Umdrehungszahlen durch Laufgewichte an den Regulatoren zwischen 60 und 120 Umdrehungen in der Minute verändert werden sollen, so entspricht dem Unterschiede von 90 auf 95 Umdrehungen nur etwa $\frac{1}{20}$ der ganzen Verschiebungslänge. (Bei Federbelastung nach Fig. 29 oder 30 ist die Gefahr ungleicher Einstellung noch grösser.) Haben ferner die Regulatoren $5\frac{1}{2}\%$ Ungleichförmigkeitsgrad, so gibt