

rädern unter verhältnismäßig geringer Belastung laufen, kann diese Erscheinung häufig beobachtet werden, während dieselbe Maschine sich bei schwerer Belastung ohne fühlbare Unstetigkeit regulieren würde.

Auch durch die Reibung des Regulators und des Reguliermechanismus kann dieselbe Erscheinung hervorgerufen werden. Die Reibung hindert den Regulator, somit auch das Regulierorgan, seine Lage zu ändern, bis die Geschwindigkeit bis zu einem gewissen Grade angewachsen ist oder abgenommen hat; und wenn dann die Bewegung beginnt, dann geht sie über jene Grenzen hinaus, welche einer korrekten Regulierung entsprechen; dieser Effekt wird noch gesteigert durch das Moment, welches die Pendel bei ihrer Bewegung erlangen. Oszillationen infolge des eigenen Beharrungsvermögens des Regulators können dadurch verhindert werden, daß man der Bewegung desselben einen unverändert bleibenden Widerstand entgegenstellt, welcher eine plötzliche oder zu rasche Stellungsänderung hindert, ohne jedoch die schließliche Gleichgewichtslage der Pendel zu beeinflussen. Dieser konstante Widerstand wird gewöhnlich durch eine Öl- oder Luftbremse gebildet, welche aus einem mit Öl oder Luft gefüllten kleinen Cylinder besteht, in welchem sich ein mit dem Regulator in Verbindung stehender Kolben lose, d. h. mit einem gewissen Spielraum, durch welchen die Flüssigkeit von der einen nach der anderen Seite entweichen kann, bewegt. Auf eine solche Konstruktion wurde bereits früher bei Besprechung des parabolischen Regulators Fig. 143 hingewiesen.

**165. Achsenregulatoren.** Namentlich bei schnellgehenden Maschinen pflegt man heutzutage mit Vorliebe Regulatoren anzuwenden, deren Pendel nicht um eine eigene vertikale Spindel, sondern direkt um die Maschinenwelle (oder Steuerwelle) beziehungsweise mit dieser, also in einer vertikalen Ebene rotieren; der Ausschlag der Pendel erfolgt also nicht, wie bei den bis jetzt betrachteten Regulatoren, in einer durch die Drehachse gehenden, sondern in einer zu derselben senkrechten Ebene. Nachdem die Antriebsexcenter auf der Maschinenwelle (oder Steuerwelle) auch in einer zu dieser senkrechten Ebene liegen, so kann die Bewegung der Pendel direkt zur Verstellung der Excenter benützt werden. Durch die hierdurch herbeigeführte Änderung der Excentrizität und des Voreilwinkels des Steuerexcenters kann die Füllung der Maschine direkt verändert werden. Man nennt solche Regulatoren Achsenregulatoren oder Flachregler.

Ein Beispiel eines solchen Regulators zeigt Fig. 151, der Regulator der Armington-Simsmaschine.

Diese Maschine ist von nur einem Schieber gesteuert, auf dessen Excenter der Regulator in der Weise einwirkt, daß die Lageveränderung

der rotierenden Massen  $M$ ,  $M$  gleichzeitig Excentrizität und Voreilwinkel verstellen. Das Excenter selbst besteht aus einer inneren Excenterscheibe  $C$ , welche lose auf der Welle sitzt, und einer zweiten äußeren Excenterscheibe  $D$ , welche auf  $C$  gleitet; die vereinte Bewegung wird durch Excenterbügel und Stange auf den Schieber übertragen. Kleinere Schnellläufer sind vielfach mit Regulatoren nach Art der Fig. 151 ausgeführt.

Die Pendelgewichte der Achsenregler müssen gegenseitig so geführt werden, daß sie gleichmäßig um die Achse ausschlagen, damit sie sich gegenseitig ausbalancieren. Nachdem sich in anbetracht der zur Achse senkrechten Bewegung Gleitstückgewichte nicht anbringen lassen, so können zur Herbeiführung des Gleichgewichtes mit den Zentrifugalkräften der rotierenden Massen nur ausschließlich Federn benützt werden. Die Gleichgewichtsbedingungen sind sehr einfach, da die Arbeit der ausbalancierten Pendelgewichte gleich Null ist; die Arbeit der Zentrifugalkraft ist somit gleich der Arbeit der Federnspannung. Damit die Reibung in den Gelenken des Regulators möglichst vermindert wird, was in anbetracht der in diesen Reglern auftretenden großen Zentrifugalkräfte notwendig ist, empfiehlt es sich, die Federn so anzuordnen, daß sie die Zentrifugalkräfte direkt auffangen.

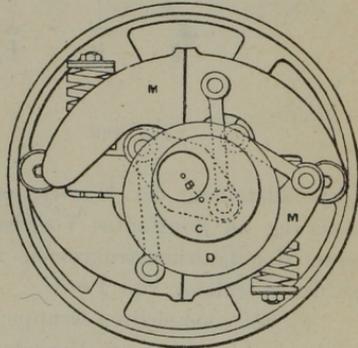


Fig. 151.

Bezüglich der Art und Weise der Verstellung des Excenters wird prinzipiell eine solche Verstellung angestrebt, bei welcher das lineare Voreilen des Schiebers konstant bleibt. Die Kurve, in welcher sich der Excentermittelpunkt in diesem Falle bewegt, ist die an früherer Stelle erwähnte, auch bei den Coulissensteuerungen angestrebte, zur Totlage der Kurbel senkrechte gerade Linie.

Nach der Art der Verstellung des Excenters lassen sich folgende Arten von Achsensregulatoren unterscheiden:

a) Solche, bei welchen das Excenter (als einfache Excenterscheibe) direkt auf der Welle verdreht wird; die Scheibe ist mit einem zweiarmigen Hebel verbunden, der zur Ausbalancierung der Pendelgewichte benutzt wird. Die Mittelpunktskurve ist somit ein zum Wellenmittel konzentrischer Kreis (Fig. 152, S. 360); das lineare Voreilen ist stark veränderlich. Es ist dies die roheste und daher am wenigsten gebräuchliche Art der Excenterverstellung.

b) Der Drehpunkt des Excenters  $G$  (Fig. 153) fällt nicht mit dem Wellenmittelpunkte zusammen, sondern liegt außerhalb desselben; das Excenter wird daher konstruktiv aus zwei Scheiben gebildet: einer inneren oder primären Excenterscheibe, welche mit der Welle fest verbunden ist und einer äußeren oder sekundären Scheibe, welche sich lose um die

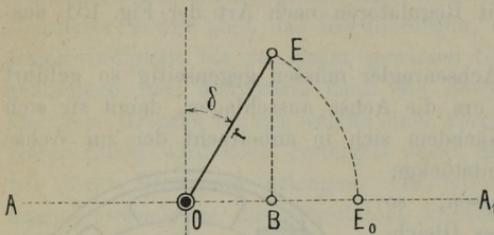


Fig. 152.

innere Scheibe dreht und unter dem Einflusse des Regulators steht. Die Mittelpunktskurve des Excenters, als Kreisbogen um den Mittelpunkt des primären Excenters beschrieben, fällt bei geeigneter Wahl der Lage des letzteren zum Wellenmittel mehr in die Richtung der Senkrechten zur Totpunktstellung der Kurbel; es ist somit eine bedeutend größere Annäherung an konstantes Voreilen erreicht. Diese Anordnung liegt mehreren Regulatorkonstruktionen zugrunde; die bekannteste unter diesen ist der Regulator von Pröll.

c) Bei einer dritten Gruppe von Regulatoren liegt der Excentermittelpunkt  $E$  der einteiligen Excenterscheibe auf einem langen Hebel  $GE$  und

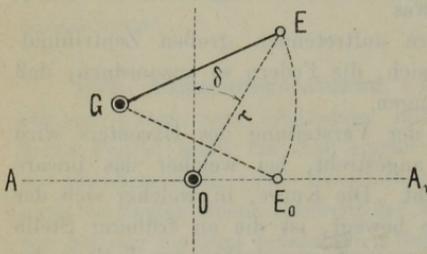


Fig. 153.

beschreibt somit einen Kreisbogen von großem Halbmesser, der infolgedessen so flach gekrümmt ist, daß er die angestrebte gerade Linie konstanten Voreilens angenähert ersetzen kann. Den Krümmungsmittelpunkt  $G$  nimmt man gewöhnlich in der der Totlage der Kurbel entsprechenden Geraden an, doch erhält man eine noch größere Annäherung an konstantes Voreilen, wenn man den Drehpunkt des Hebels von  $G$  nach  $G'$ , in die durch die Mitte von  $E$  und  $E_0$  gezogene, zur XX-Achse parallele Gerade verlegt (Fig. 154). In diese Gruppe gehören die Achsenregulatoren der Westinghouse- und Ide-Maschine.

d) Bei der vierten Gruppe von Regulatoren werden beide Excenterscheiben so verstellt, daß der Excentermittelpunkt durch eine mehr oder weniger genaue Geradföhrung sich längs einer annähernd geraden Linie bewegt. Als ein Beispiel der Regulatoren dieser Art sei der früher besprochene Regulator der Armington-Simsmaschine genannt.

Die Achsenregulatoren unterscheiden sich insofern in ihrer Wirkungsweise von den gewöhnlichen Regulatoren, daß sie direkt auf die Verstellung des Excenters einwirken, somit nicht wie diese nur das Steuergetriebe verändern, ohne die Bewegung desselben mitzumachen. Nachdem das Excenter lose auf der Welle sitzt und nur durch den Regulator in seiner jeweiligen Stellung gehalten wird, vertritt dieser gewissermaßen den Keil des Excenters; der Regulator muß daher die sonst im Keil auftretenden, der Verdrehung des Excenters entgegenwirkenden Kräfte ersetzen. Da der Regulator jedoch kein starrer Mechanismus, sondern zufolge der in demselben wirkenden Federkräfte nachgiebig ist, werden die Excenterstangenkräfte fortwährende, wenn auch geringe Verschiebungen im Regulator hervorrufen. Die Federspannungen müssen daher so groß gewählt werden, daß durch diese Bewegungen im Regulator die Zuverlässigkeit der Regulierung sowie die Regelmäßigkeit des Ganges der Maschine nicht beeinträchtigt werden.

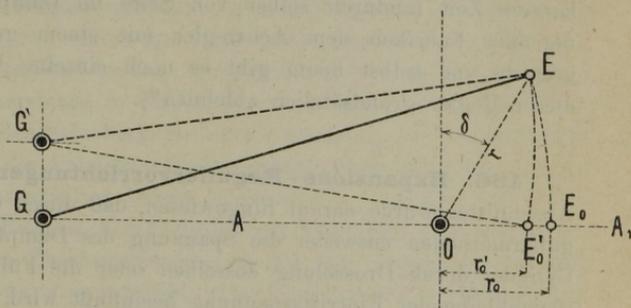


Fig. 154.

Die Flachregler gestatten, wie aus dem Gesagten hervorgeht, einen unmittelbaren Einfluß auf die zu steuernden Organe, sowie bei sachgemäßer richtiger Ausführung eine sehr energische Regelung, wie solche bei der Übertragung durch Zwischenglieder kaum in gleichem Maße erreicht werden kann. Die Entwicklung der Flachregler wurde durch die hohen Anforderungen, welche der elektrische Licht- und Kraftbetrieb an die Regelung der Kraftmaschinen stellt, ungemein gefördert, und damit auch die Vorurteile, welche lange Zeit hindurch der allgemeineren Anwendung derselben entgegenstanden, zerstreut. Diese Vorurteile seitens der Maschinenfabriken waren wohl in erster Linie dadurch begründet, daß sich die Flachregler nicht wie andere Regulatoren dazu eignen, gleichsam fabrikmäßig auf Lager gebaut zu werden, nachdem dieselben, um die unmittelbare Einwirkung auf das Steuerexcenter zu ermöglichen, mit wenigen Ausnahmen direkt auf der Kurbelwelle oder Steuerwelle (Lentzsteuerung) sitzen müssen, also von der Umlaufzahl der Maschine abhängig sind. Dieser unmittelbare Antrieb des Reglers bedingt, daß jede Änderung der für die Berechnung desselben zu Grunde gelegten Umlaufzahl entweder eine Änderung der

Federspannung, der Gewichte oder der Übertragungsverhältnisse zur Folge hat. Nun sind aber diese Verhältnisse, um eine maximale Wirkung zu erzielen, nur innerhalb enger Grenzen veränderlich; andererseits sind namentlich bei den älteren nicht vollkommen ausbalancierten Regulatoren die Gewichte der Excenter und des Gestänges von wesentlichem Einflusse auf die Umlaufszahl derselben und müssen daher bei Berechnung und Konstruktion des Reglers genau berücksichtigt werden. Flachregler lassen sich daher, da für eine bestimmte mittlere Umlaufszahl berechnet und gebaut, geänderten Tourenzahlen nur schwer oder gar nicht anpassen. Dies sowie der Umstand, daß die Ausführung der Achsenregulatoren besondere Aufmerksamkeit erfordert, hat es mit sich gebracht, daß man längere Zeit hindurch selbst von Seite im Dampfmaschinenbau hervorragender Fabriken dem Achsregler mit einem gewissen Mißtrauen begegnete und selbst heute gibt es noch einzelne Fabriken, die den Bau dieser Regler grundsätzlich ablehnen\*).

**166. Expansions-Reguliervorrichtungen.** Zu Eingang dieses Abschnittes wurde darauf hingewiesen, daß durch die gebräuchlichen Reguliermethoden entweder die Spannung des Dampfes vor Eintritt in den Cylinder durch Drosselung desselben oder die Füllung des Cylinders bei gleichbleibender Eintrittsspannung beeinflußt wird.

Die ursprünglich von Watt eingeführte Drosselklappe besteht aus einer elliptischen, in den kreisrunden Querschnitt des Dampfzuleitungsrohres schräg eingebauten Platte, welche sich um eine zur Rohrachse senkrechte Spindel dreht; je nach der Stellung dieser Klappe ist der Rohrquerschnitt entweder frei, teilweise oder gänzlich geschlossen. Die Spindel ist in direkter Verbindung mit dem Regulator, welcher somit den Durchflußquerschnitt, also auch die Spannung des Eintrittsdampfes regelt. Da die Klappe symmetrisch zu ihrer Achse angeordnet, also gegen die Wirkung des Dampfes entlastet ist, hat der Regulator außer der Eigenreibung und jener des zumeist sehr einfachen Gestänges nur die Reibung der Spindel infolge der geringen Drehbewegung derselben zu überwinden; diese Reguliermethode benötigt daher keine energischen Regulatoren.

---

\*) Abhandlungen über Achsenregulatoren siehe: W. Lynen, *Die Berechnung der Centrifugalregulatoren*, Berlin 1895. — *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*: 1895 und 1896: M. Tolle, *Beiträge zur Beurteilung der Centrifugalpendelregulatoren*; 1898, S. 327: *Achsenregler mit entlasteten Gelenken*; 1898, S. 549: *Drehschieber- und Kolbenschiebersteuerung mit Flachreglern*; 1899, S. 65: *Die Verstellkraft der Regulatoren*; 1899, S. 506: Prof. Stodola, Zürich, *Das Siemenssche Regulierprinzip und die amerikanischen „Inertia“-Regulatoren*; 1901, S. 981: *Die Fortschritte im Baue von Flachreglern*.