Indirect intermittirend wirkender

Regulator

von

Johann Georg Bodemer,

Zschopau in Sachsen.

Mit Abbildungen.

Besonderer Abdruck von Dingler's polytechn. Journal, 1876 Bd. 222 S. 505 ff.

Augsburg 1877.

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

Johann Georg Bodemer's

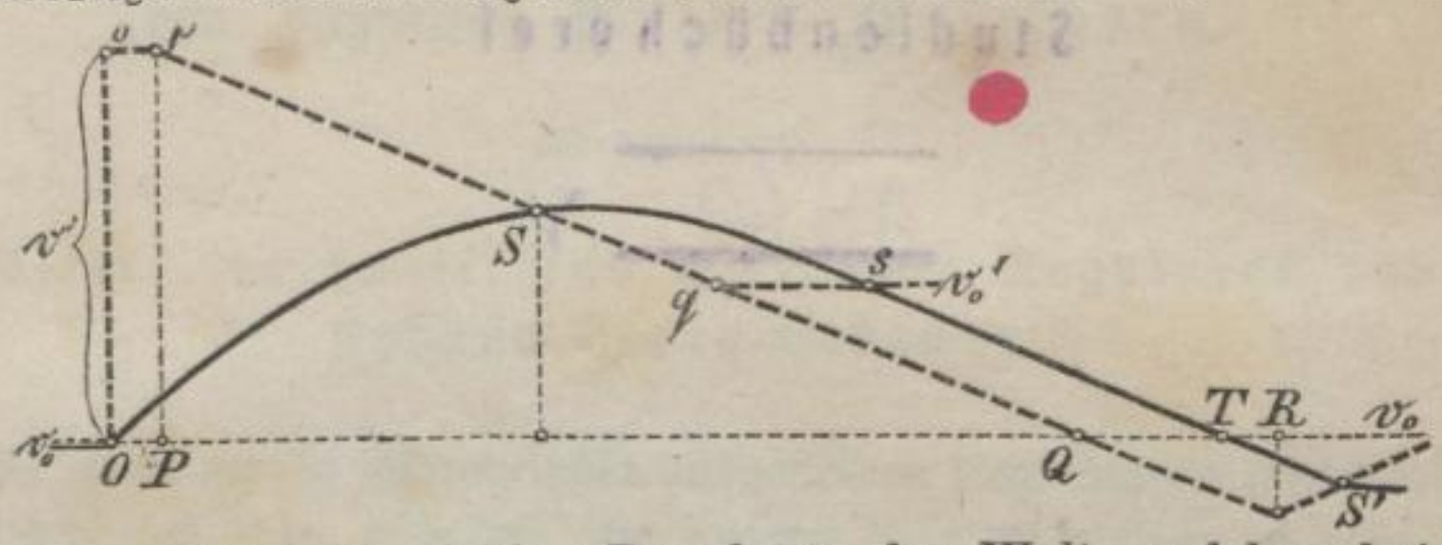
(Zschopau in Sachsen)

indirect intermittirend wirkender Regulator

für

Dampfmaschinen, Turbinen, Wasserräder etc.

Bodemer's Diagramm der Geschwindigkeitscurve und der wechselnden Arbeitsgrössen des Regulators.



Der erste und einzige Regulator der Welt, welcher bei sehr rascher Wirkung die Normalgeschwindigkeit stets wieder herstellt, ohne eine neue Geschwindigkeitsschwankung im entgegengesezten Sinne zu bewirken, oder einen neuen Beharrungszustand einzugehen, denn:

Während alle bisher erfundenen indirect wirkenden Regulatoren wie **Francis** u. s. w. bei rascher Wirkung die Geschwindigkeitsschwankungen vermehren, bei langsamer Wirkung aber eine anfänglich grosse Geschwindigkeitsänderung nicht verhindern können, erlauben alle direct wirkenden Regulatoren wie bei **Sulzer, Corliss** u. A. dem Motor einen neuen, von der Normalgeschwindigkeit verschiedenen Beharrungszustand.

Patentirt und Patente zu verkaufen in:

Amerika,	Hessen,	Preussen,
Baden,	Holland,	Russland,
Bayern,	Italien,	Sachsen,
Belgien,	Mecklenburg-Schwerin,	Sächs. Herzogthümer,
Braunschweig,	Mecklenburg-Strelitz,	Spanien,
Dänemark,	Norwegen,	Schweden,
Elsass-Lothringen,	Oesterreich,	Ungarn,
Fngland,	Oldenburg,	Württemberg.
Frankreich,	Portugal,	

☞ Eine Beschreibung dieses Regulators findet sich in Dingler's polytechn. Journal, 1876 Bd. 222 S. 505 ff.

Binnen Kurzem wird eine Broschüre über diesen Regulator mit in Buntdruck ausgeführten grossen Tafeln veröffentlicht werden, welche Interessenten auf Verlangen vom Erfinder gern überlassen wird.

Leser, der nicht specieller Fachmann, aber Müller-Melchiors' Urtheil kennen zu lernen wünscht, beschränke sich auf:

Seite	1.	Absatz	1.		
=	12.	=	2.	3.	4.
=	19.	=	2.	3.	
=	20.	=	1.	2.	3.

Notizen von der Weltausstellung in Philadelphia 1876; von Ingenieur Müller-Melchiors.

Mit Abbildungen.

Indirect intermittirend wirkender Regulator von Johann Georg Bodemer.

Die Zahl der in Philadelphia ausgestellten Regulatoren war Legion, und wir hatten schon mehrfach, um unserer Referentenpflicht zu genügen, über besonders eigenthümliche Constructionen berichtet, welche in der Maschinenhalle zu finden waren.[1] Indessen hatten alle diese, außer mehr oder weniger gelungenen Detailconstructionen, nichts wesentlich Neues aufzuweisen und stehen weit hinter zwei deutschen Ausstellungsobjecten zurück, von denen in folgendem zunächst der Regulator von J. G. Bodemer in Zschopau (Sachsen) beschrieben werden soll. Um jedoch die wesentliche Charakteristik dieser geistreichen Construction genügend klar zu legen, möge es uns gestattet sein, vorher einen Ueberblick über die bestehenden und überhaupt möglichen Systeme von Geschwindigkeitsregulatoren vorausgehen zu lassen.

Die zur Bewegungsregulirung der Motoren bestimmten Apparate werden seit langer Zeit eingetheilt in statische und astatische Regulatoren, unabhängig davon, ob sie Centrifugal-Regulatoren seien, oder auf irgend eine andere Weise (wie Allan, Moncrieff u. A.) die veränderte Umdrehungsgeschwindigkeit der Maschine zum Ausdruck bringen. Als Unterscheidungsgrund gilt dabei, daß der statische Regulator für jede Stellung je eine besondere Gleichgewichtsgeschwindigkeit hat, der astatische dagegen in allen Stellungen dieselbe Gleichgewichtsgeschwindigkeit fordert. Diese Eintheilung bezieht sich jedoch blos auf den Geschwindigkeitsmesser, welcher nur die eine Hälfte des Mechanismus darstellt, den man als Regulator zu bezeichnen pflegt; den zweiten Bestandtheil constituirt

[1] Vgl. Condé und Shive *1876 **221** 198. 395. Tremper *1876 **222** 103. (S. auch Maxim *1876 **222** 296.)

das Stellzeug, welches den Zweck hat, nach Maß der Angabe des Geschwindigkeitsmessers die Wiederherstellung der normalen Tourenzahl zu veranlassen. Erst durch das Zusammenwirken beider Mechanismen findet die Regulirung statt; von einer richtigen Combination derselben hängt es ab, ob der Regulator gut oder schlecht fungirt, und dieser Gesichtspunkt muß somit die Grundlage einer rationellen Eintheilung der Regulatoren bilden.

Hiernach ist zunächst zu unterscheiden, ob das Stellzeug seine Bewegung ausschließlich von dem Geschwindigkeitsmesser empfängt, oder ob der letztere nur dazu dient, die Bewegung des Stellzeuges einzuleiten, während dasselbe seinen Antrieb von einer Kraftquelle außerhalb des Geschwindigkeitsmessers erhält. Im erstern Falle heißt der Regulator direct wirkend, im letztern Falle indirect wirkend, oder Regulator mit Schaltwerk.

Die Verbindung zwischen Geschwindigkeitsmesser und Stellzeug, unabhängig davon, ob sie direct oder indirect ist, kann jedoch ferner entweder eine continuirliche oder eine intermittirende sein. Im erstern Fall bedingt jede Bewegung des Geschwindigkeitsmessers, welche eine Abweichung von der normalen Tourenzahl bezeichnet, eine entsprechende (aber nicht nothwendig proportionale) Einwirkung des Stellzeuges auf den zu regulirenden Motor; bei intermittirend wirkenden Regulatoren hingegen ist die Verbindung zwischen Geschwindigkeitsmesser und Stellzeug zeitweise gelöst, so daß letzteres nicht im Stande ist, die Bewegungen des erstern ununterbrochen zu übertragen.

Ein weiterer Unterscheidungsgrund liegt bis jetzt nicht vor und ist auch der Natur der Sache nach nicht wohl denkbar, wir können daher folgende Eintheilung treffen:

direct continuirlich wirkende direct intermittirend wirkende indirect continuirlich wirkende indirect intermittirend wirkende	statische Regulatoren,

während von astatischen Regulatoren aus später anzuführenden Gründen nur anzuführen sind:

direct continuirlich wirkende astatische Regulatoren.

Somit haben wir im ganzen fünf Gruppen, welche wir nun im Hinblick auf ihre Regulirfahigkeit betrachten wollen, absehend von allen Constructionsdetails, obgleich wohl wissend, daß grade hierin der Schwerpunkt der praktischen Bewährung einer jeden Regulirvorrichtung liegt.

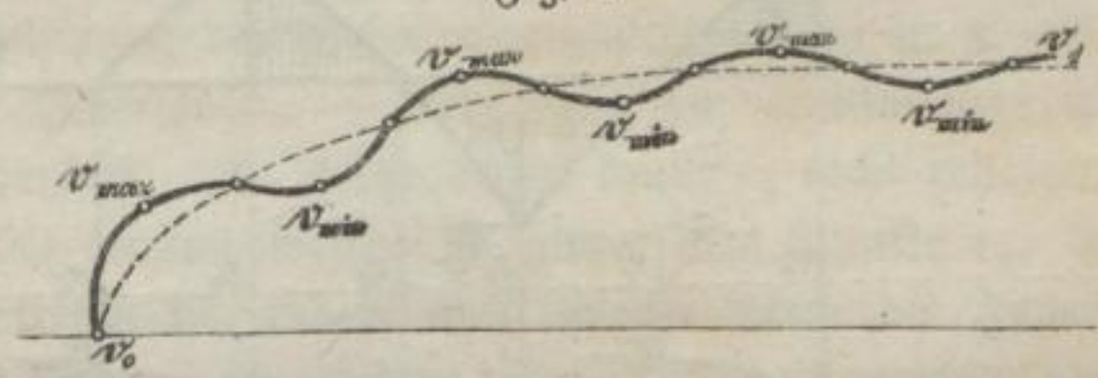
Von der ersten Klasse, direct und continuirlich wirkende statische Regulatoren, ist es bekannt, daß bei stattfindender Ver-

minderung des Widerstandes und steigender Regulatorhülse der Motor bleibend auf eine höhere Geschwindigkeit eingestellt wird, durch welche der neue Widerstand wieder um ein gewisses vermehrt wird und so mit der gleichzeitig verminderten Arbeitsleistung des Motors zu einem neuen Beharrungszustand zusammentrifft.

Der Ausdruck Regulatorhülse ist hier allgemein gebraucht für jenen Theil des Geschwindigkeitsmessers, welcher die Geschwindigkeitsänderungen auf das Stellzeug zur Geltung bringt, und möge auch in der weitern Entwicklung in diesem Sinne verstanden werden; ebenso sei es ein für alle Mal gestattet, bei Beschreibung der Functionirung des Regulators stets nur die Annahme steigender Kugeln und einer Geschwindigkeitszunahme abzuhandeln, mit dem selbstverständlichen Bemerken, daß bei Zunahme des Widerstandes und abnehmender Geschwindigkeit das analog Entgegengesetzte stattfindet.

Die Regulirung der erstern Gruppe ist nach obigem unvollkommen zu nennen, weil sie die Erhaltung der normalen Geschwindigkeit unmöglich macht und bei jeder Aenderung des Widerstandes nach einer Zahl auf- und absteigender Schwankungen eine neue Geschwindigkeit veranlaßt, wie dies in beistehendem Holzschnitte Figur I dargestellt ist. Derselbe ist einer Abhandlung[2] des leider so früh verstorbenen Professors Ludwig Kargl entnommen und stellt das Diagramm des Ueberganges der normalen Geschwindigkeit v_0 auf die neue v_1 dar. Je mehr sich der Regulator einem astatischen nähert, was durch Anordnung gekreuzter Arme

Fig. I.



oder des Großman'schen Gewichtes geschehen kann, desto geringer ist die zulässige Differenz zwischen v_0 und v_1, desto größer hingegen die Differenz zwischen den Uebergangsgeschwindigkeiten v_{min} und v_{max}, so daß ein solcher wenig statischer Regulator unter Umständen gar nicht mehr zur Ruhe kommen kann. Nachdem aber diese Schwankungen schädlicher sind als eine geringe dauernde Abweichung von der Normalgeschwindigkeit, so verwirft Kargl alle astatischen und indirect wirkenden Regulatoren und empfiehlt Anwendung des Watt'schen Pendel-Regulators in der ursprüng-

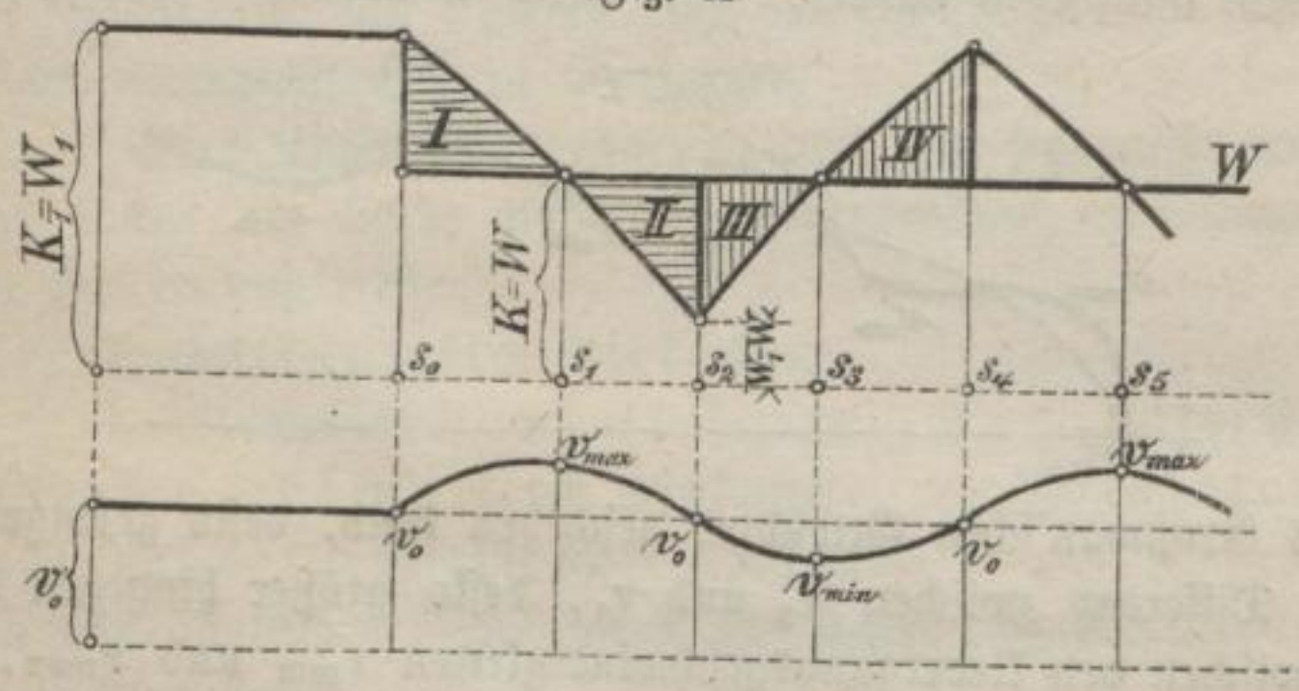
2 „Beweis der Unbrauchbarkeit aller astatischen Regulatoren". Civilingenieur, 1873 7. Heft. Polytechnisches Centrablblatt, 1874 S. 273.

lichen Gestalt, oder mit Porter'schem Hülsengewicht; dabei ist jedoch zu bemerken, daß Kargl die intermittirend wirkenden Regulatoren bei Abfassung seiner Abhandlung nicht im Auge gehabt hat.

Im Anschlusse an die erste Gruppe sei zunächst der dritte, indirect continuirlich wirkender statischer Regulator, behandelt. Für die unzähligen Variationen, welche sich hier für die Anordnung des Schaltwerkes und die Einlösung desselben mittels des Regulators bieten, kann als Typus der bekannte Frictionsscheiben-Mechanismus gelten, bei welchem die Regulatorhülse zwei mitrotirende horizontale Scheiben angesetzt hat, zwischen denen die verticale Scheibe der Schaltwerkswelle eingreift und beim Ausschlage des Regulators von einer der beiden Scheiben in rechts- oder linksgängige Drehung versetzt wird. Gleichfalls hierher gehört die bei Turbinen gebräuchliche Anordnung der Riementransmission mit offenem und gekreuztem Riemen, deren abwechselnde Stellung auf der Fest- oder Losscheibe der Schaltwerkswelle von einem mit der Regulatorhülse verbundenen Hebel dirigirt wird.

Die charakteristische Eigenschaft dieser Gruppe ist in der Entwicklung von Prof. Kargl durch das nachstehende Diagramm Figur II dargestellt, welches in der obern Hälfte das Verhältniß zwischen Arbeitsleistung K und Widerstand W, in der untern die entsprechenden Geschwindigkeiten anzeigt. Die Kurbelwege s sind als Abscissen, die Größen K und W,

Fig. II.



sowie v als correspondirende Ordinaten aufgetragen; durch den Weg s_0 herrscht der Anfangszustand: Kraft K_1 = Last W_1 bei normaler Geschwindigkeit v_0. Bei s_0 sinke der Widerstand W_1 auf W herab; in Folge dessen nimmt die Geschwindigkeit zu, der Regulator steigt, das Schaltwerk wird eingelöst und vermindert die Kraftabgabe des Motors, bis sie gleich dem verminderten Widerstande W wird. Dies geschieht beim Kurbelwege s_1; gleichzeitig ist die Geschwindigkeit des Motors vermöge

des durch die Fläche I ausgedrückten Kraftüberschusses stetig gestiegen, bis die Maximalgeschwindigkeit v_{max} erreicht ist. Wenn nun im Punkte s_1 das Schaltwerk ausgelöst würde, so wäre die Bedingung des neuen Beharrungszustandes: Kraft K = Last W erfüllt, der Motor aber würde bei der neuen Geschwindigkeit v_{max} fortrotiren.

Dies ist, wenn von dem Einflusse der Reibungswiderstände und der bewegten Massen des Regulators abgesehen wird, die Wirkungsweise der intermittirend wirkenden Regulatoren, bei welchen nach Ueberschreitung von v_{max} die Verbindung zwischen Stellzeug und Geschwindigkeitsmesser ausgelöst wird; hiernach würde ein neuer Beharrungszustand etwas unterhalb v_{max} eintreten, und auch mit Berücksichtigung aller Nebenumstände zeigt sich, daß die intermittirend wirkenden Regulatoren stets zu wenig reguliren, also gleichfalls nicht vollkommen sind.

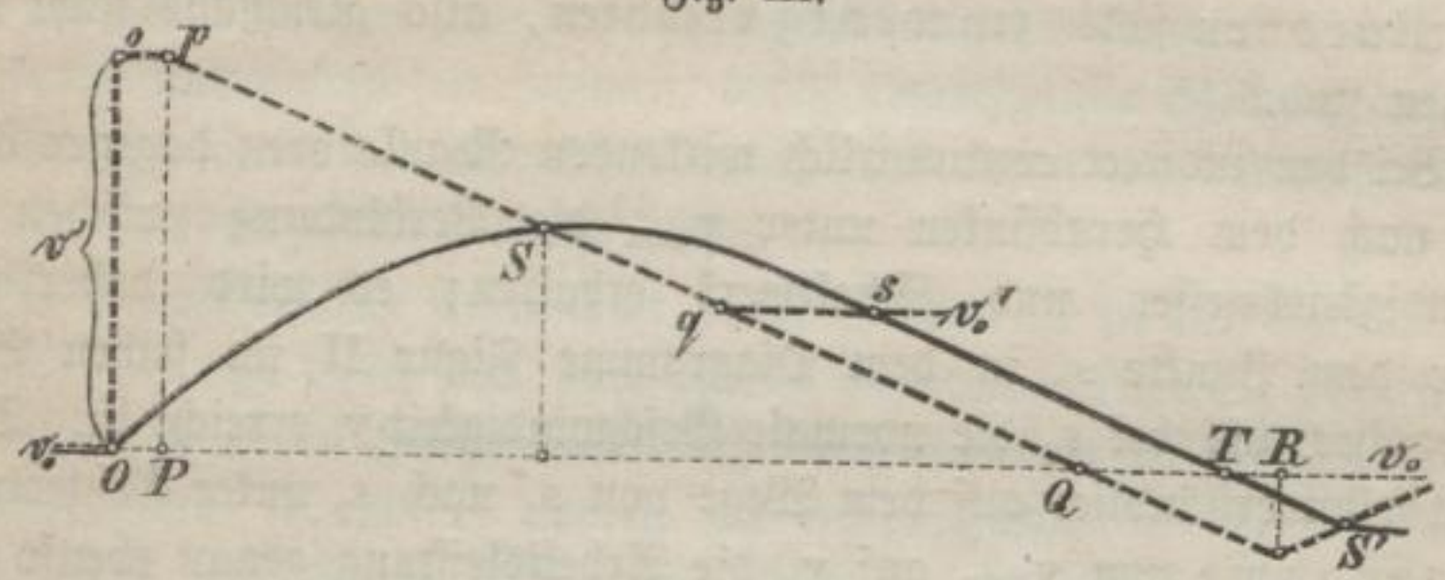
Bei den indirect continuirlich wirkenden Regulatoren dagegen bleibt auch nach dem Herabsinken unter v_{max} die Verbindung zwischen Geschwindigkeitsmesser und Schaltwerk erhalten; es wird daher auch hinter dem Punkte s_1 in dem Diagramme Figur II im selben Sinne fortregulirt, bis bei s_2 die normale Geschwindigkeit v_0 erreicht ist. Dabei sinkt selbstverständlich auf dem Wege von s_1 nach s_2 unter Geschwindigkeitsabnahme von v_{max} auf v_0 die Arbeitsleistung genau ebenso viel, als sie früher von s_0 nach s_1, unter Geschwindigkeitszunahme von v_0 auf v_{max}, gesunken war; da aber bei s_1 schon K = W geworden war, so wird im Punkte s_2 zwar die normale Geschwindigkeit erzielt, aber nicht die Bedingung des Beharrungszustandes, da in s_2 die Kraft kleiner ist als der Widerstand — und zwar um ebenso viel, als sie früher denselben übertraf. In Folge dessen kann v_0 nicht erhalten bleiben, die Geschwindigkeit nimmt weiter ab hinter dem Punkte s_2, bis bei s_3 das Minimum erreicht ist, indem nun wieder durch die Functionirung des Schaltwerkes im entgegengesetzten Sinn die Kraft zugenommen und bei s_3 den Widerstand erreicht hat. Da jedoch die Geschwindigkeit noch immer unter der normalen steht, so wird fortregulirt, bis bei s_4 wieder die normale Geschwindigkeit, damit aber auch der ursprüngliche Kraftüberschuß erreicht ist.

Daraus ergibt sich, daß bei indirect continuirlich wirkenden statischen Regulatoren nach einmal gestörtem Gleichgewichte das Eintreten eines neuen Beharrungszustandes unmöglich ist und ein fortwährendes Schwanken um die normale Geschwindigkeit stattfinden muß. Thatsächlich findet, wie auch Kargl zugibt, schließlich doch eine Einstellung auf den neuen Beharrungszustand statt, indem einerseits die stets etwas ver-

spätete Einwirkung des Regulators, sowie anderseits die mit variabler Geschwindigkeit gleichfalls veränderliche Größe des Widerstandes eine Verflachung der Oscillationsperioden bewirkt.

Deutlicher wird dies in dem Diagramme Figur III dargestellt, welches in dieser Gestalt zum ersten Male von J. G. Bodemer entwickelt wurde und ein äußerst klares Bild der Vorgänge liefert, welche bei der Regulirung stattfinden. Das Bodemer'sche Diagramm besteht aus zwei Geschwindigkeitscurven, welche auf die Kurbelwege als Abscissen bezogen sind, stellt jedoch gleichzeitig auch die wechselnden Arbeitsgrößen dar und gibt so eine Combination der in Holzschnitt Figur II getrennt gezeichneten Kargl'schen Diagramme zu einem Bilde.

Fig. III.



Bis zum Punkte O herrscht Gleichgewicht zwischen Arbeit und Widerstand; hier aber sinkt der Widerstand, und es entsteht ein Arbeitsüberschuß, welcher, wenn keine Regulirung erfolgte, schließlich eine erhöhte Geschwindigkeit v' hervorbringen müßte, bei welcher neuerdings Beharrungszustand eintritt, indem der bei v_0 verkleinerte Widerstand durch die erhöhte Geschwindigkeit v' wieder auf seine ursprüngliche Größe erhöht worden ist. Diese Thatsache ist bekannt und findet praktischen Ausdruck bei der Berechnung des Widerstandes von Eisenbahnfahrzeugen, dessen Formel $z = a + bv + cv^2$ im ersten Gliede die constanten, im zweiten Gliede den mit der einfachen Geschwindigkeit wachsenden Widerstand ausdrückt, während das dritte Glied den Luftwiderstand darstellt.

Wenn somit bei der Geschwindigkeit v_0 die constanten und variablen Widerstände vermindert werden, so können doch mit wachsender Geschwindigkeit die variablen Widerstände so viel zunehmen, daß zuletzt deren Summe ihren ursprünglichen Werth vor der Reducirung noch um den Betrag der Reduction der constanten Widerstände übertrifft. Dann findet wieder Gleichgewicht zwischen Kraft und Last statt, und ein neuer Beharrungszustand bei erhöhter Geschwindigkeit tritt ein. Diese Ge-

schwindigkeit ist es, welche in dem Diagramme Figur III durch die punktirte Ordinate v′ bezeichnet ist, und die wir die im Punkte O herrschende ideelle Geschwindigkeit nennen wollen; sie gibt, wie aus dem Diagramm hervorgeht, gleichzeitig ein Bild des im Punkte O stattfindenden Kraftüberschusses.

Thatsächlich steigt jedoch die Geschwindigkeit nicht sofort auf v′, sondern beginnt nur, mit der Tendenz v′ zu erreichen, vom Punkte O an stetig anzuwachsen, während v′ sowie der bestehende Kraftüberschuß unverändert bleibt und durch die Parallele zur Abscissenachse durch o ausgedrückt wird. Beim Punkte P kommt erst, in Folge der zur Massenbeschleunigung desselben erforderlichen Zeit und Kraft, der Regulator zur Wirksamkeit und löst das Schaltwerk ein; die Kraft wird vermindert, und dem entsprechend sinkt die Curve der ideellen Geschwindigkeit vom Punkte p ab, während die Curve der wirklichen Geschwindigkeit bei dem noch immer herrschenden Kraftüberschuß fortwährend steigt. Im Punkte S schneiden sich beide Curven, d. h. die Kraft ist so weit reducirt und die Geschwindigkeit so weit gestiegen, daß der durch letztere erhöhte Widerstand der Kraft das Gleichgewicht hält; wird die Kraft noch weiter vermindert, so muß die Geschwindigkeit sinken, da nun ein Lastüberschuß entsteht, aber sehr langsam sinken, da gleichzeitig mit der Geschwindigkeit auch die Widerstände abnehmen. Im Punkte S herrscht somit das Maximum der reellen Geschwindigkeit, und hier würde daher die Auslösung des Stellzeuges beim intermittirend wirkenden Regulator erfolgen. Beim indirect continuirlich wirkenden Regulator dagegen bleibt das Schaltwerk noch in Thätigkeit und vermindert die Kraft, so daß die ideelle Geschwindigkeitscurve weiter sinkt und im Punkte Q die normale Geschwindigkeit schneidet — zum Zeichen, daß sich hier Kraft und Last bei normaler Geschwindigkeit das Gleichgewicht halten würden. Da aber für diesen Punkt die wirkliche Geschwindigkeit noch immer höher ist, so dauert die Kraftabnahme fort; die wirkliche Geschwindigkeit erreicht endlich im Punkte T die normale, muß aber weiter fallen, da hier schon der Widerstand die Kraft übertrifft. Im Punkte T sollte nun das Schaltwerk im entgegengesetzten Sinne eingelöst werden; der thatsächliche Eingriff desselben verzögert sich jedoch bis zum Punkte R, hinter welchem nun die Kraft, und damit die ideelle Geschwindigkeit, wieder zu steigen beginnt. Im Punkte S′ schneiden sich beide Curven, und die reelle Geschwindigkeit beginnt nun gleichfalls wieder zuzunehmen. Der negative Ausschlag ist jedoch schon bedeutend kleiner, als der ursprüngliche war, und es wird nach kurzer Zeit wieder die Normalgeschwindigkeit eintreten, da der indirect continuirlich wirkende Regu-

lator, wenn er überhaupt zur Ruhe gelangt, nur auf die Normalgeschwindigeit einstellen kann.

Während somit das theoretische Diagramm Kargl's Figur II für diese Gruppe von Regulatoren endlose Schwankungen gleicher Amplitude nach einmaliger Störung des Beharrungszustandes erwarten läßt, ist in dem Bodemer'schen Diagramme Figur III gezeigt, daß unter Umständen, bei langsamer Einwirkung des Schaltwerkes, eine Wiederherstellung der normalen Geschwindigkeit erfolgen kann; durch ein anderes Diagramm hingegen läßt sich zeigen, daß bei rascher Einwirkung des Schaltwerkes die Amplitude der Schwingungen fortwährend zunimmt, und damit der ruhige Gang durch den Regulator selbst immer mehr gestört wird, ohne daß jemals die Normalgeschwindigkeit wieder erreicht würde. Aehnliches ergab sich auf Seite 3 für die direct continuirlich wirkenden statischen Regulatoren, wenn sie sich den astatischen nähern, und dieser Umstand erklärt vollständig die überraschende Thatsache, daß ganz ähnliche Regulatormechanismen im einen Falle vortrefflich, im andern gar nicht functioniren.

Im besten Falle können somit die Regulatoren der dritten Gruppe eine langsame Wiederherstellung der normalen Geschwindigkeit erzielen, müssen jedoch gerade deshalb einen großen Ausschlag der Regulatorhülse und eine hohe Maximalgeschwindigkeit gestatten, ehe sie zur vollen Wirkung gelangen. Dies zu beschleunigen und das „Zuviel-Reguliren", welches nach Figur III stets stattfinden muß, zu beheben, war der Zweck eines auf der Weltausstellung in Wien 1873 ausgestellten, äußerst sinnreichen Regulators (Denis *1876 219 384), bei welchem die indirecte Einwirkung des statischen Geschwindigkeitsmessers mit directem Angriffe desselben auf die Drosselklappe verbunden war, so daß beim Rückgange der Kugeln von der Maximalgeschwindigkeit das Schaltwerk fortfuhr, zuzudrehen, das direct verbundene Stellzeug dagegen theilweise wieder öffnete und so eine Correctur bewirkte. Dieser Regulator wurde allgemein, und auch in diesem Journal, sehr gelobt, und ist allerdings in der Idee als erstes Auftreten einer Correcturvorrichtung vortrefflich zu nennen, sowie die Versuche zeigten, daß thatsächlich eine rasche Wiederherstellung der Normalgeschwindigkeit nach geringen Schwankungen erfolgte. Dagegen ist an der Construction zu tadeln, daß sie, trotz der immerhin complicirten Anwendung eines Schaltwerkes, in Folge des gleichzeitig beibehaltenen direct wirkenden Stellzeuges nur für minimale Kraftäußerungen ausreicht, für welche ein direct intermittirend wirkender Regulator einfacher und wohl ebenso gut wäre.

Von continuirlich wirkenden Regulatoren ist nach Erledigung der

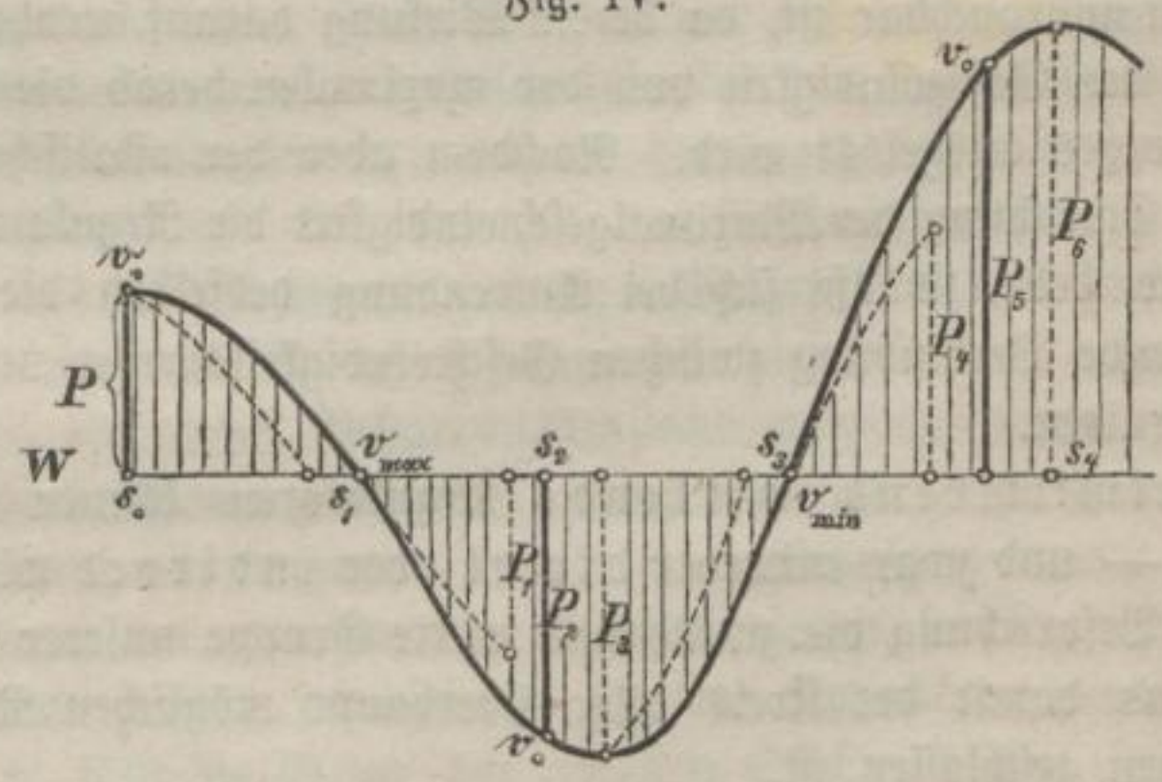
ersten und dritten Gruppe unserer Eintheilung nur mehr der direct continuirlich wirkende astatische Regulator zu besprechen.

Die astatischen — parabolischen und pseudoparabolischen — Regulatoren haben die Eigenthümlichkeit, daß sie, sobald die Geschwindigkeit das Normale überschritten hat, fortwährend nach aufwärts steigen, selbst noch, nachdem die Geschwindigkeit von dem Maximum zurückgeht, bis das Normale erreicht ist, wo sie zur Ruhe kommen und erst bei einer unter das Normale sinkenden Geschwindigkeit gleichfalls zu sinken beginnen. Sie scheinen somit zunächst in ihrer Wirkungsweise vollkommen mit dem indirect continuirlich wirkenden statischen Regulator der dritten Gruppe zusammen zu fallen, und dies ist auch der Grund, daß eine besondere Gruppe, indirect continuirlich wirkende astatische Regulatoren, nicht aufgestellt wurde, da bei continuirlichem indirectem Antrieb deren charakteristische Eigenthümlichkeit gänzlich wirkungslos bleibt.

Bei näherer Betrachtung ergibt sich jedoch, daß der direct continuirlich wirkende astatische Regulator noch wesentlich ungünstiger arbeitet, als der indirect continuirlich wirkende statische. Dies ist dadurch begründet, daß der astatische Regulator, sobald er zu steigen begonnen hat, durch die zunehmende Kraft des Austriebes der Kugeln eine Acceleration erhält, welche fortwährend die Intensität der Einwirkung auf die Regulirungsvorrichtung erhöht, während dieselbe bei einem Schaltwerk constant bleibt.

Kargl hat dies in dem Diagramme Figur IV dargestellt. Beim Kurbelweg s_0 tritt der Kraftüberschuß $P_1 = K_1 - W$ ein, in Folge dessen Beschleunigung der Normalgeschwindigkeit v_0 auf v_{max}; dabei würde unter gleichmäßiger Regulirung durch ein Schaltwerk der Kraftüberschuß P_1 nach der punktirten Linie abnehmen. Beim astatischen

Fig. IV.



Regulator, dessen Massenbeschleunigung Zeit erfordert, findet dies zunächst langsamer statt, bis die Maximalgeschwindigkeit erreicht wird. Hier ist unter allen Umständen Kraft gleich Last, weil sonst die Zunahme der Geschwindigkeit noch fortfahren müßte; hier beginnt auch die Acceleration der Regulatorkugeln durch die fortwirkende Kraft des Ausfluges und dem entsprechend eine Erhöhung der Einwirkungsintensität über diejenige des Schaltwerkes, welche durch die punktirte Linie bezeichnet ist. Statt daher vom Punkte s_1 an nach der punktirten Linie bis zu P_1 abzunehmen, nimmt die Kraft rascher ab, nach dem durch die ausgezogene Diagrammlinie dargestellten Gesetze, so daß bei Erreichung der normalen Geschwindigkeit im Punkte s_2 nicht der ursprüngliche Kraftüberschuß P_1 (der Größe nach mit negativem Zeichen), sondern eine noch größere Differenz P_2 auftritt, die sich noch auf P_3 erhöht, ehe der Regulator dem Einflusse der nunmehr abnehmenden Geschwindigkeit folgt und die Kraft wieder vermehrt. Hieraus resultirt dann neuerdings eine Erhöhung der Kraftdifferenz auf P_5 und P_6, so daß Professor Kargl zum Schlusse gelangt: „Jeder astatische Regulator beantwortet eine Differenz von Kraft und Last durch eine noch größere; ein neuer Beharrungszustand ist undenkbar, der Regulator unbrauchbar."

Thatsächlich findet allerdings der extreme Fall fortwährend erhöhter Schwankungen nicht statt, da der Hub der Regulatorhülse begrenzt ist; außerdem werden die Differenzen theilweise durch Reibungswiderstände ausgeglichen und um so geringer, je mehr sich der Regulator einem statischen nähert, da ja die wenigsten vollkommen astatisch sind. Dennoch dürfte man wenige astatische Regulatoren finden, deren Hülse nicht an dem obern oder untern Anschlagringe ansteht.

Es ist nun auch nach früher gesagtem sofort einleuchtend, daß für intermittirend wirkende Regulatoren der astatische Geschwindigkeitsmesser vollkommen unbrauchbar ist, da deren Wirkung darauf beruht, daß beim Rückgange der Geschwindigkeit von der maximalen herab die Verbindung des Stellzeuges ausgelöst wird. Nachdem aber der astatische Regulator auch nach Erreichung der Maximalgeschwindigkeit die Regulatorhülse noch fortwährend hebt, so läßt sich bei Anwendung desselben die gewünschte intermittirende Verbindung zwischen Geschwindigkeitsmesser und Stellzeug nicht construiren.

Intermittirend wirkende Regulatoren können daher nur statische — und zwar entweder direct oder indirect wirkende sein, mit deren Besprechung die zweite und vierte Gruppe unserer Eintheilung erledigt und damit der Kreis aller überhaupt möglichen Regulirungsvorrichtungen geschlossen ist.

Der erste direct intermittirend wirkende Regulator, dessen Construction überhaupt veröffentlicht wurde, ist der vor einiger Zeit von Hagen (*1875 217 1) patentirte, und in den hier reproducirten Holzschnitten Fig. V und VI dargestellt. Auf der Regulirungswelle a sind zwei Sperrräder b und b′ hinter einander aufgekeilt, welche

Fig. V.

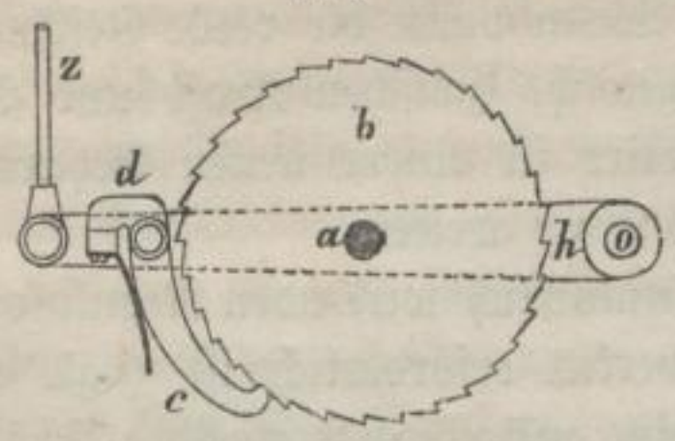
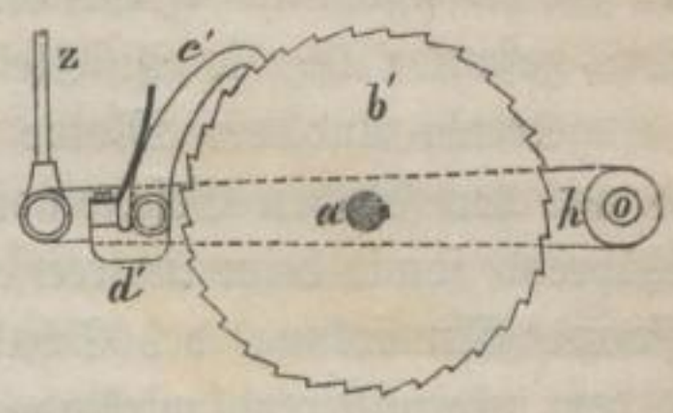


Fig. VI.



hier der Deutlichkeit halber getrennt gezeichnet sind. In b greift die Klinke c ein, in b′ die Klinke c′; beide sitzen auf einem um o drehbaren Hebel h, an dessen Ende die Regulatorzugstange z angreift. Beim Steigen der Kugeln nimmt c das Rad b mit, bis die Maximalgeschwindigkeit erreicht ist; beim Rückgange bis zur normalen schnappt c über die Zähne von b, ohne einzuwirken, während die Klinke c′ beim Steigen des Hebels h ganz ausgelöst wurde, da sie der Anschlag d′ an einer weitern Drehung nach rechts hindert, so daß sie erst von der Mittelstellung nach abwärts zum Eingriffe kommen kann. Hier ist wieder die Klinke c durch den Anschlag d wirkungslos gemacht, so daß das Stellzeug stets nur beim Ausgange der Regulatorhülse bewegt wird, beim Rückgange in die Mittelstellung aber unverändert bleibt. Dadurch wird thatsächlich erreicht, daß die Regulirung aufhört, sobald die Kraft gleich der reducirten Last ist; daß aber auch dadurch noch nicht die normale Geschwindigkeit erreicht wird, wurde schon oben Seite 5 angedeutet und geht noch deutlicher aus dem Bodemer'schen Diagramme Figur III hervor. Hier schneiden sich die reelle und die ideelle Geschwindigkeit im Punkte S, oberhalb der normalen Geschwindigkeit v_0, woraus hervorgeht, daß in diesem Punkte die verminderte Kraft und der mit der Geschwindigkeit erhöhte Widerstand sich das Gleichgewicht halten. Sofort hinter S sinkt die reelle Geschwindigkeit, und es wäre somit bei dieser etwas gesunkenen Geschwindigkeit ein neuer Beharrungszustand möglich, wenn der Regulator thatsächlich schon hier außer Eingriff käme. In Folge des Beharrungsvermögens dagegen wird der Regulator noch eine Zeit hinter S auch bei abnehmender Geschwindigkeit in Thätigkeit bleiben und die Kraft weiter reduciren. Ist die Regulirungseinwirkung sehr kräftig, d. h. fällt die Curve der ideellen Geschwindigkeit sehr steil nach

abwärts, so kann sie noch die Linie der normalen Geschwindigkeit erreichen, ehe der Regulator außer Thätigkeit kommt, und somit eine Einstellung auf die Normalgeschwindigkeit erzielen. Geht jedoch die Regulirung langsam vor sich, wie dies durch die punktirte Linie des Diagrammes Figur III angedeutet ist, so fällt die ideelle Geschwindigkeit nur noch ein kurzes Stück hinter S, etwa bis q, und geht dann, bei ausgelöstem Regulator, parallel zur Abscissenlinie v_0 weiter. Wenn dann die reelle Geschwindigkeit bis s gesunken ist, so ist Gleichgewicht zwischen Kraft und Widerstand eingetreten und der Motor rotirt in einem neuen Beharrungszustand mit der falschen Geschwindigkeit v_0' weiter.

Während somit beim indirect continuirlich wirkenden Regulator eine langsame Einwirkung des Schaltwerkes erforderlich ist (vgl. S. 8), bedingt der intermittirend wirkende eine möglichst rasche Thätigkeit desselben; dann sind die eventuellen Abweichungen von der Normalgeschwindigkeit nur unbedeutend und jedenfalls weniger nachtheilig als die großen Schwankungen, welche die continuirlich wirkenden Regulatoren bedingen, ehe sie die Normalgeschwindigkeit wieder herstellen. Allerdings ist in Folge dieses Umstandes der direct intermittirend wirkende Regulator durchaus nicht vollkommen zu nennen, um so weniger als eine Steigerung seiner Energie zur Expansions- oder Schützenregulirung unmöglich, oder gewiß nur auf Kosten der Empfindlichkeit erreichbar wäre.

Um diesem Mangel zu begegnen, hat Bodemer zum ersten Male in der Maschinentechnik einen Regulator der vierten Gruppe indirect und intermittirend wirkend construirt und denselben endlich noch mit einer Correcturvorichtung versehen, welche den principiellen Fehler intermittirender Regulatoren, zulässige Abweichung von der Normalgeschwindigkeit, behebt.

Nachdem letzterer Uebelstand für eine Mehrzahl von Anwendungen der Maschinenkraft wenig Beachtung verdient, empfiehlt Bodemer im Allgemeinen den einfachen indirect intermittirend wirkenden Regulator und gibt für denselben mehrere äußerst gelungene Constructionen an, wie der Erfinder auch in seiner Spinnerei einen derartigen Regulator schon zwei Jahre lang, allen Anforderungen genügend, im Betriebe hat. Von wesentlicher Bedeutung und nicht so einfach, als es auf den ersten Anblick scheint, ist dabei auch die Erfüllung der Anforderung, daß der Regulator, wenn während des Rückganges abermals eine Kraft- und Geschwindigkeitszunahme erfolgt, beim neuerlichen Aufsteigen sofort die Schaltvorrichtung wieder einlöst.

Als vollkommene Lösung des Problems der Motoren-Regulirung, sowie als eine der wenigen epochemachenden Neuerungen, welche in Phila-

delphia erschienen waren, verlangt jedoch die neueste Erfindung J. G. Bodemer's, der indirect intermittirend wirkende Regulator mit Correcturvorrichtung eingehende Erörterung. Nachdem hier gleichzeitig einige der Mechanismen angewendet sind, welche Bodemer für das einfachere System ohne Correctur empfiehlt, so können wir näheres Eingehen auf dieses füglich unterlassen.

Von den zwei in Philadelphia ausgestellten Regulatoren ist der einfachere, welcher speciell für Dampfmaschinen zur Regulirung der Expansion bestimmt ist, in Fig. 1 und 2 Tafel I dargestellt, während eine complicirtere Anordnung zur Schützenregulirung für Turbinen und Wasserräder bestimmt ist und später besprochen werden soll.

Wie aus den Zeichnungen ersichtlich, wird als Geschwindigkeitsmesser ein Buß'scher Regulator angewendet, der allgemein als astatisch gilt und daher nach unserer obigen Entwicklung (Seite 11) für den hier angestrebten Zweck intermittirender Stellzeugverbindung unbrauchbar wäre. Der Buß'sche Regulator kann nun allerdings annähernd astatisch gemacht werden; sein Hauptvorzug ist jedoch die Empfindlichkeit und Energie seiner Wirkung, und aus diesem Grunde wird er hier angewendet, um das Schaltwerk ein- oder auszulösen. Dieses ist in Figur 1 auf der linken Seite im Schnitt, rechts in der Ansicht dargestellt. Beiderseits ist über der durchgehenden Spindel s je eine Hülse h, beziehungsweise h′ frei beweglich gelagert, welche mittels der Schnurrollen r, R, sowie r′, R′ und einer offenen und gekreuzten Schnur in entgegengesetzter Richtung angetrieben werden. Die verticale Regulatorspindel erhält ihren Antrieb mittels der Kegelräder k und K; auf letzterm ist eine Riemenscheibe angegossen, durch welche die Welle S, auf der K, R und R′ aufgekeilt sind, von der Schwungradwelle ihren Antrieb erhält. Die Spindel s ist für gewöhnlich in Ruhe und hat am linken Ende eine Schnecke aufgekeilt, die in ein Schneckenrad eingreift; — beim Steigen des Regulators rotirt dieses Rad nach rechts, beim Sinken nach links. Wird dasselbe mit der Expansionsschieberstange einer Meyersteuerung durch Laufkeil verbunden, wie dies in Figur 1 angedeutet ist, so findet im ersten Falle Verminderung, im zweiten Vermehrung der Füllung statt; selbstverständlich läßt sich die Bewegung der Spindel s in ähnlichem Sinne auf jede andere Steuerung oder Drosselklappe übertragen.

Es ist nunmehr zu erklären, in welcher Weise die beiden Schaltwerke eingelöst und mit der Spindel s verbunden werden, um dieselbe im einen oder andern Sinne zu verdrehen. Zu diesem Zwecke hat die Spindel auf beiden Seiten von der verticalen Mittelachse (Fig. 1) je ein cylindrisches Führungsstück aufgebolzt, über welches die Metall-

conusse c, c′ aufgeschoben sind und, durch Schlitze geführt, freie Längsverschiebung haben, bei einer Drehung jedoch das betreffende Führungsstück und damit die Welle s mitnehmen müssen.

Unmittelbar über den Conussen sind beiderseits die conisch ausgedrehten Muffe d, d′ angebracht, deren nach rückwärts verlängerte Naben auf der Spindel s frei aufliegen, aber mit den Hülsen h, h′ durch Laufkeil verbunden sind. Hierdurch erhalten die Muffe d, d′ die continuirliche Drehung der Schnurrollen r, r′ mitgetheilt und übertragen dieselbe im einen oder andern Sinne auf die Spindel s, sobald der eine oder andere Conus c, c′ in die betreffende Muffe d, d′ eingepreßt wird. Dies geschieht durch den doppelarmigen Hebel p, welcher in der Ruhelage vertical am Regulatorständer herabhängt und mit dem untern Arme die zu einem Stücke verbundenen Conusse c, c′ umgreift, mit dem obern Arme durch den Zapfen f in der Coulisse b geführt wird.

Beim Steigen der Regulatorkugeln wird die mit der Regulatorhülse verbundene Coulisse b gehoben, in Folge dessen der Zapfen f nach rechts und der linksseitige Conus c in die darüber befindliche Muffe d gedrückt. Sofort nimmt die Spindel s Theil an der Drehung der Schnurrolle r und schraubt das Schneckenrad des Expansionsschiebers auf geringere Füllung; wäre nun die Muffe d mit der angetriebenen und fest gelagerten Hülse h aus einem Stücke, so würde selbst bei größter Geschwindigkeitsänderung der Regulator nur einen minimalen Ausschlag machen können, bis die Kupplung zwischen Conus und Muffe erfolgt. Die Tendenz des Regulators, höher zu steigen, hätte nur vermehrtes Anpressen zur Folge; ebenso würde, beim Rückgange der Kugeln, zwar ein vermindertes Anpressen, aber immer noch Kupplung und Functionirung des Schaltwerkes erfolgen, so daß eine continuirliche Regulirung stattfinden würde. Deshalb ist die Muffe d mit der Hülse h nur in der Rotation gekuppelt, hat aber freie Längsverschiebung gestattet und wird an derselben nur verhindert durch den Hebel t, welcher im Ständer seinen Aufhängepunkt hat, durch das Gewicht Q und eine über die Rolle q laufende Schnur nach einwärts gezogen wird und mit seinem untern Ende die Muffe d umgreift. Eine unterhalb q befindliche Stellschraube begrenzt das Spiel des Hebels und hindert die Muffe, dem Conus c bis in die Mittelstellung zu folgen; bei steigenden Kugeln dagegen weicht d gegen den Druck des Hebels nach auswärts zurück, und wird von dem auf den Conus c wirkenden Regulatorhebel p, unter fortwährender Kupplung mit der Spindel s, in die Hülse h hineingeschoben, bis die Maximalgeschwindigkeit erreicht ist. Beim Rückgange der Kugeln dagegen wird die Kupplung dadurch ausgelöst, daß der Conus c mit dem Regulator-

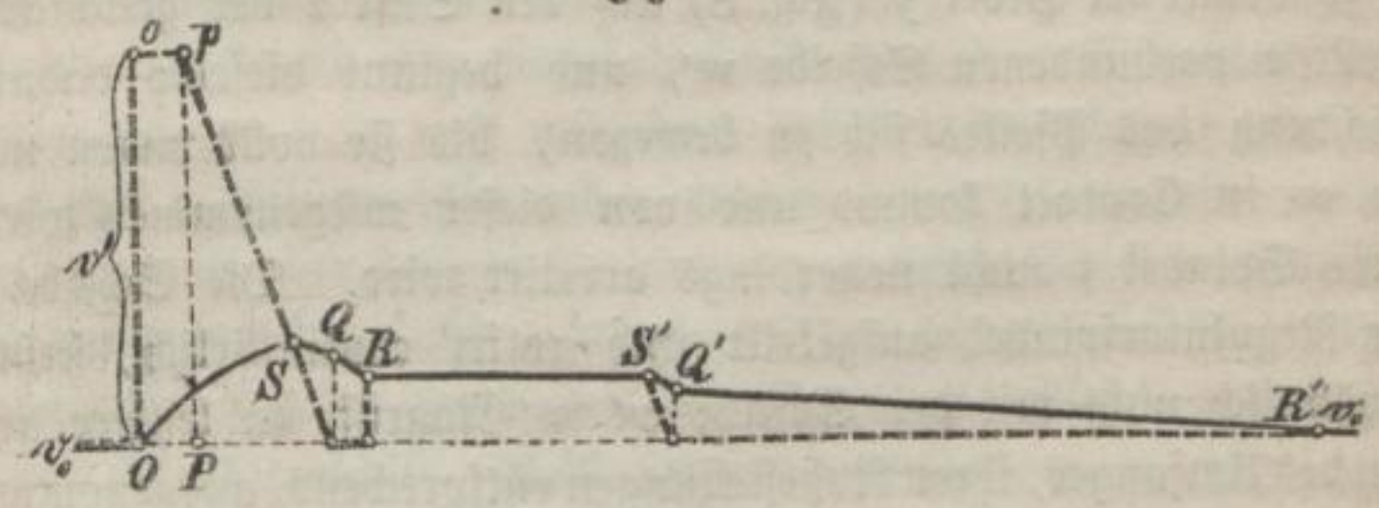
hebel p nach rechts zurückgeht, die Muffe d dagegen zu folgen verhindert wird. Während nämlich der Gewichtshebel t durch den Einfluß des Regulatorhebels p nach links verschoben wurde, hatte sich gleichzeitig eine am untern Ende von t angelenkte Sperrstange z über ein Sperrrädchen weggeschoben, dessen Zähne so geformt sind, daß sie eine Bewegung der Sperrstange nur nach links gestatten. Es wird somit dem Ausgange der Hülse d kein Widerstand entgegengesetzt, dagegen der Rückgang unmöglich gemacht, so lange das Sperrrädchen fest in seiner Stellung bleibt, und hiermit die gewünschte intermittirende Wirkung erzielt.

Damit aber der Regulator nach der Rückkehr in die Normalstellung zu neuer Functionirung geeignet sei, muß schließlich auch die Muffe d wieder in ihre Anfangsstellung, unmittelbar über dem Conus c, gebracht werden. Dies geschieht dadurch, daß das erwähnte Sperrrädchen, welches die Sperrstange z arretirt, mittels einer auf h aufgekeilten Schnecke eine continuirliche langsame Rückdrehung in der Richtung des Pfeiles der Figur 1 erhält, welche es dem Gewichtshebel t und der Hülse d möglich macht, langsam wieder nach rechts in die Anfangsstellung zurückzukehren, bis der Hebel t an die Stellschraube anschlägt, worauf sich das Sperrrädchen unter der federnden Sperrstange weiter dreht, ohne Einfluß auszuüben.

Ist aber der Fall eingetreten, daß sich die rückkehrenden Regulatorkugeln auf einen neuen Beharrungszustand mit übernormaler Geschwindigkeit einstellten, so findet durch die rückkehrende Muffe d neuerdings Kupplung mit der Spindel s und dadurch weitere Kraftverminderung statt, bis endlich bei normaler Geschwindigkeit Beharrungszustand eintritt.

Dieser Fall kann selbst bei rascher Functionirung des Schaltwerkes, wie sie durch die punktirte Linie p S der ideellen Geschwindigkeit im Bodemer'schen Diagramme, Figur VII angedeutet ist, eintreten, wenn die ideelle Geschwindigkeit zwar thatsächlich im Punkte Q mit der normalen zusammenfällt, — dann jedoch, ehe die reelle Geschwindigkeit so weit gesunken ist, bei R neuer Kraftüberschuß entsteht, welcher gerade so groß

Fig. VII.



ist, um die ideelle Geschwindigkeit mit der bestehenden reellen zusammenfallen und dadurch einen neuen Beharrungszustand eintreten zu lassen. Wenn dieser jedoch bis zum Punkte S′ gedauert hat, kommt die Correcturvorrichtung zur Geltung und veranlaßt neuerliche Einlösung des Schaltwerkes, durch welche dann der Kraftüberschuß abermals reducirt wird. Die Geschwindigkeit sinkt neuerdings, und im Punkte Q′ wird das Schaltwerk wieder ausgelöst; — sollte die ideelle Geschwindigkeit hier noch nicht die normale erreicht haben, so kommt abermals nach Verlauf einer kurzen Zeit die Correcturvorrichtung zur Wirkung, bis Beharrungszustand bei normaler Geschwindigkeit eintritt.

Außer diesem speciell für Dampfmaschinen bestimmten Regulator hatte Bodemer noch einen zweiten, zur Schützenregulirung hydraulischer Motoren ausgestellt, da ersterer für so große Kräfte ohne Beeinträchtigung der Empfindlichkeit nicht verwendbar wäre. Statt daher die Bewegung der Regulatorhülse direct zur Herstellung der Frictionskupplung zu benützen, wird dieselbe hier durch den Geschwindigkeitsmesser nur veranlaßt, ohne irgend welche Arbeitsleistung von demselben zu verlangen. Dann aber wird, durch Einschaltung eines neuen Zwischengliedes, die ganze Anordnung ziemlich complicirt; wir haben es daher vorgezogen, zur Erklärung dieses Regulators die vom Erfinder zu diesem Behufe entworfenen principiellen Skizzen Fig. 3 bis 9, und nicht die Details der wirklichen Ausführung, auf Tafel I abzubilden.

Die Construction zerfällt in drei streng zu sondernde Theile: Schaltwerk, Einlösungsvorrichtung für dasselbe und Correcturapparat.

Als Schaltwerk zur Schützenbewegung ist im Regulatorständer eine Welle gelagert mit zwei Losscheiben, die durch Riemenantrieb in entgegengesetzten Richtungen bewegt werden; zwischen denselben ist ein verschiebbarer Frictionsconus, um die eine oder andere Scheibe mit der Regulirungsspindel zu kuppeln. Zur Verschiebung des Muffes dient die Excenterstange E, Fig. 3 und 8. Das Excenter x ist auf eine Welle t festgekeilt, die für gewöhnlich arretirt ist; wird die Arretirung aufgehoben, so drückt der Hebel y (Fig. 8) auf den Stift z der gleichfalls mit der Welle t verbundenen Scheibe w′, und beginnt dieselbe dadurch in der Richtung des Pfeiles sich zu bewegen, bis sie vollkommen mit der Scheibe w in Contact kommt und von dieser mitgenommen wird, so lange die Spindel t nicht neuerdings arretirt wird. Die Scheibe w ist auf der Regulatorspindel aufgekeilt und rotirt continuirlich, steht aber für gewöhnlich nicht mit der Scheibe w′ in Eingriff, da letztere an vier Punkten des Umfanges, ihren Ruhestellungen entsprechend, ausgenommen ist.

Die Einlösungsvorrichtung hat die Function, die Schaltwelle t in den entsprechenden Stellungen des Ruhezustandes, Oeffnens und Schließens der Schütze je nach Bedarf arretirt zu halten. Es geschieht dies durch den Anschlag d (Fig. 3 oben) und die Flügel u bis u_3 auf der Schaltwelle t. Von diesen Flügeln sind u und u_2 in gleicher Höhe angebracht und entsprechen den beiden Mittelstellungen des Excenters x, bei welchen Auslösung der Kupplung auf der Regulirungswelle stattfindet; der Flügel u_1 ist oberhalb derselben und bringt, wenn er auf den fixen Anschlag d schlägt, das Excenter x in extreme Linksstellung, wobei Zudrehen der Schütze und Kraftverminderung erfolgt, während beim Anschlagen des unten liegenden Flügels u_3 an die Kante d das Excenter x in die extreme Rechtsstellung gelangt, bei welcher Kraftvermehrung erfolgt. Nachdem die Schaltwelle t die Tendenz hat, sich in der Richtung des Pfeiles der Figur 3 zu drehen, so genügt die Bewegung des Anschlages d um die Dicke eines Flügels u, um das Schaltwerk in Gang zu bringen. Der Anschlag d ist mit dem Regulator verbunden; der einzige Kraftaufwand, welchen dieser leisten muß, besteht in Ueberwindung der Reibung zwischen Anschlag d und Flügel u, und der geringste Ausschlag bewirkt die volle Einlösung des Schaltwerkes. Nachdem jedoch der Regulator den Anschlag d um eine Flügeldicke gehoben hat, wäre eine weitere Verschiebung wirkungslos; der Anschlag d ist daher nicht fest mit der Regulatorhülse verbunden, sondern nur durch die Reibung der mit d aus einem Stücke hergestellten Schiene c, welche in einem schwalbenschwanzförmigen Schlitze der Regulatorhülse b (Fig. 9) geführt und durch die Feder i angepreßt wird. An ihrem untern Ende greift die Schiene c in einen Winkelhebel h ein (Fig. 3), dessen nach aufwärts gerichteter Arm mit dem Zapfen f (Fig. 3 und 9) in einer Coulisse einspielt, die gleichfalls mit der Regulatorhülse b auf und nieder geht. Die beiden innern Kanten dieser Coulisse (die linke der obern Hälfte und die rechte der untern in Figur 3) sind um die Weite des Zapfens f von einander entfernt; die äußern Kanten dagegen so weit ausgebogen, daß der Winkelhebel h grade eine der Flügelbreite u entsprechende Bewegung machen kann.

Beim Aufsteigen der Regulatorhülse aus der Mittelstellung kann daher die Schiene c so weit mitgehen, daß der Anschlag d den mittlern Flügel u oder u_2 passiren läßt und u_1 zum Anschlag kommt; eine weitere Bewegung von d ist aber bei der Verbindung zwischen Schiene c und Hebel h dadurch verhindert, daß sich der Bolzen f des letztern auf die linke Seite des untern Schlitzes der gehobenen Coulisse anlegt. Bei dem weitern Aufgange der Regulatorhülse schleift dann die Schiene c in der schwalben-

schwanzförmigen Nuth, ohne weiter mitzugehen; beim Rückgange dagegen legt sich der Bolzen f auf die rechte Seite des untern Coulissenschlitzes, und die Schiene kann für einen Moment der Abwärtsbewegung des Regulators folgen, bis der Anschlag d in die Mittelstellung gelangt und das Schaltwerk mit u_2 ausgelöst ist. Beim weitern Sinken des Regulators bleibt d unverändert, bis unterhalb der Mittelstellung der Bolzen f in den obern Schlitz kommt, sich an dessen rechte Seite anlehnt und den weitern Niedergang des Anschlages d um eine Flügeldicke gestattet.

Wenn beim Rückgange oberhalb der Mittelstellung die Regulatorkugeln neuerdings zu steigen beginnen, wird sofort wieder der Anschlag d gehoben, die Schaltwelle t dreht sich — um drei Viertel Drehung, bis wieder der Flügel u_1 anschlägt und weitere Kraftverminderung stattfindet; wenn jedoch beim Rückgange der Regulator auf einer Geschwindigkeit über der normalen verharrt, so ist der bis jetzt beschriebene Mechanismus nicht im Stande, eine Aenderung herbeizuführen.

Dies zu leisten, ist die Aufgabe des Correcturapparates. Der Regulator sei aus seiner höchsten Stellung zurückgegangen und rotire nun in neuem Beharrungszustande oberhalb der Mittelstellung fort. Der Anschlag d ist in seiner Mittelstellung und arretirt den Flügel u_2 der Schaltwelle t, und der Bolzen f liegt an der rechten Kante des gehobenen untern Schlitzes. Gleichzeitig mit der Coulisse des Bolzens f ist jedoch an der andern Seite b′ (Fig. 4 und 9) der Regulatorhülse eine zweite Coulisse gehoben worden, in welcher der Bolzen f′ eines zweiten Winkelhebels k einspielt. Diese Coulisse gibt in der Mitte dem Bolzen f′ geringes Spiel in verticaler Richtung, so daß bei minimalen Geschwindigkeitsdifferenzen keine Einlösung des Correcturapparates erfolgt; — wie jedoch die Regulatorhülse höher gehoben ist, wird f′ nach links verschoben, so daß das Zahnrädchen n, dessen Welle in dem horizontalen Arme des Winkelhebels k gelagert ist (Fig. 7), mit der Schnecke r in Eingriff kommt, bei unternormaler Tourenzahl mit r′. Die Schnecken r und r′ erhalten durch die Stirnräder q, q′ und die Schnurrolle p continuirlichen Antrieb in entgegengesetzter Richtung. Beim Eingriffe vom n mit r dreht sich das Rädchen nach links und theilt diese Bewegung durch ein zweites Zahnrädchen o, welches sich auf der Welle m befindet (Fig. 5), dem Rädchen o′ einer unterhalb m liegenden Welle m′ (Fig. 6 und 3) mit. Auf letzterer endlich ist das mit zwei Anschlägen d_1 und d_2 versehene Segment s befestigt, von welchem bei dem hier angenommenen Drehungssinne des Rädchens n der Anschlag d_1 in der Richtung des Pfeiles (Fig. 6 unten) fortschreitet und nach kurzer Zeit einen Daumen e der Schiene c anhebt.

In Folge dessen legt sich der Bolzen f an die linke Seite der gehobenen Coulisse, der Anschlag d läßt den anliegenden Flügel u_2 frei und die Schaltwelle t macht drei Viertel Drehung, bis der Flügel u_1 anschlägt und das Schaltwerk auf weitere Kraftverminderung eingelöst ist. Gleichzeitig muß aber die Correcturvorrichtung ausgelöst werden, da eine weitere Aufwärtsbewegung der Schiene c unmöglich ist. Dies geschieht durch Lösen des Eingriffes der Rädchen o und o′, bezieh. der Wellen m und m′, worauf letztere frei beweglich wird, und das Segment s durch sein Uebergewicht wieder nach abwärts in die Stellung Figur 6 fällt. Während die Welle m′ festgelagert ist, und das beim Rädchen n befindliche Ende der Welle m vom Winkelhebel k gehoben und gesenkt werden kann, ist das andere Ende der Welle m beim Rädchen o in einen zweiten Hebel l gelagert (Fig. 3 und 5), dessen geschlitzes Ende in die Kammscheibe v eingreift, welche mit der Schaltwelle t verbunden und so geformt ist, daß für die Ruhelagen der Schaltwelle der Hebel l nach abwärts gedrückt und damit das Rädchen o und o′ in Eingriff und die Correcturvorrichtung in Thätigkeit ist, während bei der um 90 oder 270° verdrehten Stellung der Welle t der Hebel l in die höchste Lage und damit der Correcturapparat, entsprechend der Einlösung des Schaltwerkes, ausgelöst ist. Beide Enden der Welle m müssen somit eine auf- und abwärtsgehende Bewegung unabhängig von einander gestatten und sind daher in Spitzen gelagert.

Die Wirkungsweise des Correcturapparates ist somit wohl ersichtlich; als Vorzug der hier gewählten Anordnung gegenüber der erst beschriebenen ist noch anzuführen, daß die Einlösungsvorrichtung gänzlich unabhängig vom Correcturapparate ist und daher das Schaltwerk auch beim Rückgange in die Mittelstellung sofort zur Wirkung kommt, sowie die Geschwindigkeit wieder zunimmt.

Auf diese Weise ist ein Regulator geschaffen worden, dessen Schaltwerk jeder Kraftentwicklung fähig ist, während der Geschwindigkeitsmesser vollkommen entlastet bleibt, — welcher bei der kleinsten Geschwindigkeitsdifferenz zur Wirksamkeit kommen kann und zum ersten Male die Möglichkeit einer vollkommenen Geschwindigkeitsregulirung zeigt, durch die bei gestörtem Gleichgewicht zwischen Kraft und Last in kürzester Frist und ohne störende Schwankungen ein neuer Beharrungszustand bei normaler Tourenzahl mit absoluter Sicherheit herbeigeführt wird.

Aus unserer Kritik der verschiedenen Regulatorsysteme hat sich außer der vollständigen Unbrauchbarkeit wirklich astatischer Regulatoren ergeben, daß von den statischen Regulatoren die direct con-

tinuirlich wirkenden große Schwankungen und eine neue, weit von der normalen entfernte Geschwindigkeit zulassen; bei den indirect continuirlich wirkenden, welche zu viel reguliren, ist die endliche Wiedererreichung eines neuen Beharrungszustandes mit normaler Geschwindigkeit nur nach großen Schwankungen und bei sehr langsamer Einwirkung des Schaltwerkes denkbar.

Von den intermittirenden Regulatoren ist der direct wirkende für kleine Widerstände, der indirect wirkende Bodemer'sche Regulator auch für die größten Widerstände, bei der Regulirung von Dampfmaschinen selbst ohne Correcturvorrichtung mit hohem Nutzen verwendbar. Unübertrefflich in seiner Vollendung dagegen erscheint der Bodemer'sche Regulator mit Correcturapparat, und wir bezweifeln nicht, daß sich derselbe, sobald einmal seine Vorzüge genügend erkannt sind, rasch verbreiten wird.

Wohl ist die Einrichtung dieser Regulatoren ungewöhnlich complicirt und macht daher speciell die Beschreibung äußerst umständlich. Bei der fertigen Construction fällt dies kaum auf, so vollendet und durchdacht ist die Ausführung bis ins kleinste Detail. Es kann eben etwas rationell, streng wissenschaftlich, präcis und doch praktisch sein, und das wird im vollsten Maße durch die Regulatoren von Johann G. Bodemer bewiesen.

Der zuletzt beschriebene Regulator, jedoch ohne die Correcturvorrichtung, welche zuerst am Ausstellungsregulator angebracht war, fungirt seit zwei Jahren in der Spinnerei des Erfinders in Zschopau und in verschiedenen andern Fabriken der Umgebung ohne jeden Anstand; welchen immensen Werth aber eine correcte Regulirung des Motors für manche Industrien hat, geht daraus hervor, daß Bodemer seit Einführung seines Regulators die Geschwindigkeit aller Transmissionen um 6 Proc. erhöhte, und daß beispielsweise die Trommelschnüre der Selfactors, welche früher nur 2 bis 3 Wochen hielten, jetzt 6 Wochen laufen, ohne zu reißen, ebenso wie die Zahl der Fadenbrüche bedeutend abgenommen hat. Wir sehen somit als Resultat rationeller Regulirung: erhöhte Leistungsfähigkeit, geringere Productionskosten, verbessertes Product — Erfolge, welche bahnbrechend für diese Erfindung wirken müssen, wenn sich auch deren Mechanismus nicht ganz der schmucklosen Einfachheit erfreut, welche den 100 jährigen Pendelregulator und die Drosselklappe auszeichnet.

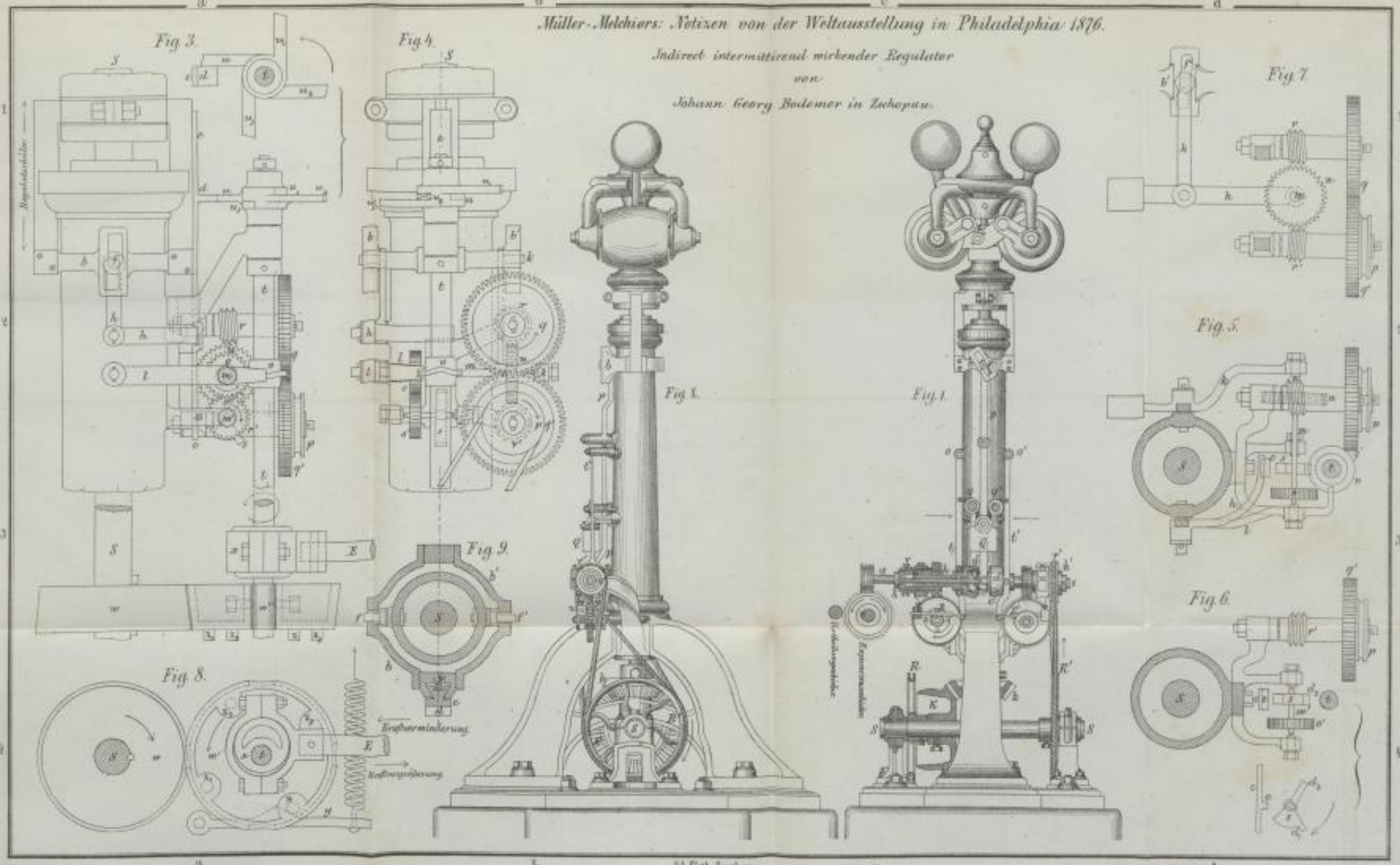
Besonderer Abdruck aus Dingler's polytechn. Journal, 1876 Bd. 222 S. 505 ff.

Müller-Melchiors: Notizen von der Weltausstellung in Philadelphia 1876.

Indirect intermittirend wirkender Regulator

von

Johann Georg Bodemer in Zschopau.



Lith. Kunstanst. Augsburg