

# Bericht über neue Geschwindigkeits-Regulatoren, Modell 1916, von Escher Wyss & Cie., Zürich

Autor(en): **Prášil, Franz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69/70 (1917)**

Heft 21

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-33880>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Bericht über neue Geschwindigkeits-Regulatoren, Modell 1916, von Escher Wyss & Cie., Zürich. — Die Renovation der St. Peterskirche in Zürich. — Der Anstich des Ritoensees. — † Eduard Joos. — Miscellanea Amerikanische Dampflokomotive grosser Leistung. Der Masurische Kanal. Zum geplanten Wiederaufbau von Alt-Erlach. Nikolaus Riggenbach. Eidgenössische Technische Hochschule. Eidgenössische Prüfungsanstalt für Brennstoffe. — Nekrologie: Emile Cuénod. — Konkur-

renzen. Renovation und Umbau der „Baldegg“ in Baden. Bebauungsplan der Gemeinde Leysin. — Vereinsnachrichten: Bündnerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Tafeln 33 und 34: Die Renovation der St. Peterskirche in Zürich.

Tafel 35: Eduard Joos.

Band 69.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 21.

## Bericht über neue Geschwindigkeits-Regulatoren, Modell 1916, von Escher Wyss & Cie., Zürich.

Von Prof. Dr. Franz Prážil, Zürich.

Die Aktiengesellschaft der Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie., Zürich, baut für ihre Wasserturbinen seit einiger Zeit Geschwindigkeitsregulatoren, die gegenüber den bisher gebräuchlichen Ausführungen verschiedene wesentliche Neuerungen aufweisen. Nach mir vorliegenden Patenten besteht das Hauptmerkmal dieser hydraulisch indirekt wirkenden Geschwindigkeitsregler darin, dass der Weg des Steuerorganes vom Servomotor so gering ist, dass es an den Bewegungen des Federreglers nur innerhalb verhältnismässig enger Grenzen teilnimmt, und dass am Steuergestänge ein nachgiebiges Glied, beispielsweise ein Katarakt, so angeordnet ist, dass der Federregler sich nach Erreichung der Endlagen des Steuerorganes weiterbewegen kann, dieses aber bei eintretender Bewegungsumkehrung zu geeigneter Zeit im gleichen Sinn mitnimmt. Nach einem weiteren Patentanspruch wird der erwähnte Katarakt mit Federn versehen, die dessen Kolben nach jeder Verschiebung in die Mittellage zurückführen, um die zur Einhaltung einer bestimmten Umlaufgeschwindigkeit der Kraftmaschine erforderliche bestimmte Stellung des Steuerorganes in Abhängigkeit vom Federregler nach jedem Regelungsvorgang wieder herzustellen. Ausserdem wird der Hebel zwischen Federregler und Steuerorgan nicht mehr direkt von der Hülse des erstern mitgenommen, sondern vom Kolben eines Hilfsmotors, für den ein die Hülse ersetzender Stift das Steuerorgan bildet; mit andern Worten, Vorsteuerung und Hauptsteuerung sind nicht mehr in ein Gehäuse eingeschlossen, sondern die erste ist mit dem Federregler, die zweite mit dem Hauptservomotor vereinigt und beide sind durch Steuerhebel und das den Katarakt enthaltende Gestänge verbunden.

Die Firma hat bereits Gelegenheit gefunden, mit solchen Regulatoren in verschiedenen Betrieben Versuche durchzuführen und hat den Referenten eingeladen, an einigen derselben teilzunehmen. Im Folgenden wird durch einen Vergleich mit der bisherigen Bauart die Entwicklung der neuen Konstruktion, diese selbst und deren Wirkungsweise geschildert, daran anschliessend über vergleichende Betriebsversuche in der Spinnerei Ibach, über Versuche mit plötzlichen, gemessenen Belastungsänderungen im Elektrizitätswerk „Kubel“, über Betriebsversuche im Elektrizitätswerk „Augst“, sowie über die Resultate dieser Versuche berichtet.

Der äussere Aufbau dieser Regulatoren ist aus Abbildung 1, die konstruktive Anordnung und innere Einrichtung aus dem Schema Abb. 2 (S. 234) ersichtlich. Im Interesse leichten Vergleiches mit den bisherigen Anordnungen sind die gleichartigen Abbildungen 3 und 4 beigefügt, die dem Bericht über die Wasserturbinen und deren Regulatoren an der Schweiz. Landesausstellung in Bern 1914 in der „Schweiz. Bauzeitung“, Bd. LXIV, Seite 224 und 225 (21. November 1914) entnommen sind, und wird auf die dortige Beschreibung verwiesen; dabei wird aber im besondern darauf aufmerksam gemacht, dass im Schema Abbildung 4 links oben die bisherige Anordnung des Regulierventiles mit Vorsteuerung skizziert ist, und dass die seitlich des Jahn's-Reglers mit „Oelbremse“ bezeichnete Vorrichtung und ihre Verbindung mit dem Regulierhebel und dem Antriebshebel des Servomotors die im folgenden als „nachgiebige Rückführung“ bezeichnete Einrichtung bildet, im Gegensatz zur daneben befindlichen „zwangsläufigen“ Rückführung.

Die folgenden Berichte: A) Entstehung, B) Beschreibung, C) Wirkungsweise der neuen Konstruktion, sind auf Grundlage schriftlicher und mündlicher Mitteilungen des Konstrukteurs, Herrn Ober-Ing. Anton Gagg der Firma Escher Wyss & Cie., abgefasst.

### A) Entstehung der neuen Konstruktion.

Den Anstoss zur Konstruktion des neuen Regulators gab, neben der Wünschbarkeit von einigen rein konstruktiven Verbesserungen gegenüber dem Universal-Regulator der bisherigen Bauart, die Erscheinung, dass in verschiedenen ausgeführten Anlagen die Geschwindigkeit bei den im normalen Betriebe sich ununterbrochen folgenden verhältnismässig kleinen Belastungsänderungen (z. B. Trambetrieb) nicht die gewünschte Gleichförmigkeit besass, obschon die Regulatoren den für Belastungsänderungen von 25 bis 100% abgebenen, in einzelnen Fällen sehr scharfen Garantien vollkommen entsprachen.

Mit dem bisherigen Regulatorsystem (Abbildungen 3 und 4) war eine wesentliche Verbesserung in dieser Hinsicht nicht mehr zu erreichen. Die Ursache hierfür liegt in der verzögernden Wirkung auf die Geschwindigkeit des Servomotorkolbens, die die „nachgiebige Rückführung“, mit der der bisherige Regulator ausgerüstet war, bei kleinern Belastungsänderungen verursacht; eine Eigenschaft, die sämtlichen nachgiebigen Rückführungen ähnlicher Art eigen ist, vorausgesetzt, dass sie so ausgebildet sind, dass auch bei den grösstmöglichen, durch die Verhältnisse der Anlage gegebenen Geschwindigkeits-Ausschlägen ein schwingungsfreier Übergang in den neuen Beharrungszustand entsteht. Diese Voraussetzung wird erfüllt, wenn die nachgiebige Rückführung eine Hülsenrückdrängung in dem Sinn bewirkt, dass sich die Hülse im Augenblick der Erreichung des der neuen Belastung entsprechenden Füllungsgrades des Servomotors schon nahe der dem nachherigen Beharrungszustand entsprechenden endgültigen Lage befindet, obschon hierbei die Turbine — beispielsweise im Falle einer Entlastung — in demselben Augenblick noch eine wesentlich höhere Geschwindigkeit besitzt, als dem neuen Beharrungszustand entspricht. Da der Hülse in dieser Lage einerseits eine bestimmte Stellkraft eigen ist, andererseits auf sie eine von der Federspannung herrührende Kraft wirksam ist, kann erreicht werden, dass sie in dieser Lage den Ablauf der Turbine bis zur Drehgeschwindigkeit des neuen Beharrungszustandes erwarten kann. Der Reguliervorgang ist gleichsam in zwei Phasen zerlegt. Die erste Phase beginnt im Zeitpunkt der Belastungsänderung und endet, wenn die Hülse in die Lage des neuen Beharrungszustandes zurückgedrängt ist; während derselben findet hauptsächlich der eigentliche Reguliervorgang statt, die Energiezufuhr zur Turbine wird hierbei bereits weitgehend, entsprechend der Anforderung des neuen Beharrungszustandes, geändert und die Turbine erreicht innerhalb der Phase ihre maximale Drehgeschwindigkeit. Die zweite Phase schliesst sofort an und endet mit dem Eintritt der dem neuen Beharrungszustand entsprechenden Drehgeschwindigkeit; die Turbine befindet sich während dieser Phase der Hauptsache nach in einem Ab- bzw. Anlaufzustand zur neuen Beharrung. Der gesamte Verlauf der Geschwindigkeitsänderung erfolgt aperiodisch vom alten in den neuen Beharrungszustand unter Durchschreitung eines maximalen oder minimalen Geschwindigkeitszustandes bei Entlastung bzw. Belastung.

Es ist nun leicht zu erkennen, dass bei dem einfachen Zusammenhang zwischen Hülse, nachgiebiger Rückführung und starrer Rückführung, die Bewegung des Regulierventils von beiden Rückführungen, und zwar gleichsinnig, beeinflusst wird, sodass sich schon hierdurch die Möglichkeit einer Verzögerung der Servomotor-Kolbengeschwindigkeit während des Reguliervorganges bei kleinern Belastungsänderungen ergibt, wenn auch für volle Belastungsänderungen durch

kurzgesagt der Geschwindigkeitsausschlag ebenfalls  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  bzw.  $\frac{1}{4}$  desjenigen bei 100% Belastungsänderung beträgt. Da nun bei Phasenübergang der Servomotorkolben sich gerade in der Lage befindet, die er beim nachfolgenden Beharrungszustand einnehmen wird und die Turbinenleistung hierbei auch nahe jener des neuen Beharrungszustandes ist, so ist auch der Geschwindigkeitsausschlag in der Nähe seines Maximums.

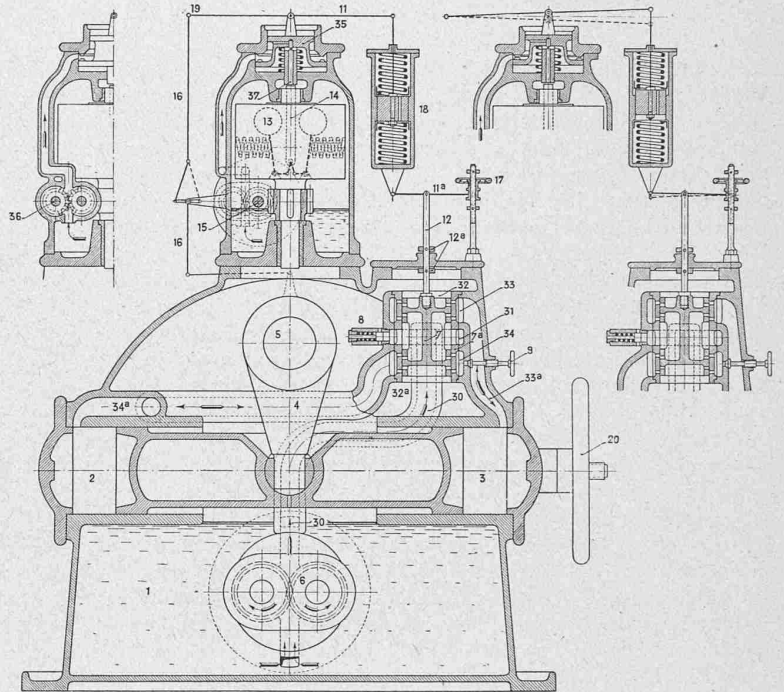
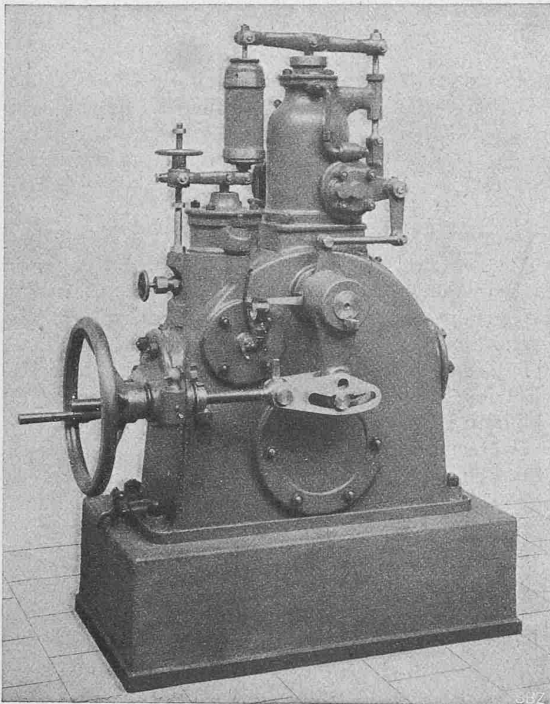


Abb. 1 und 2. Ansicht und Schnitte des neuen Wasserturbinen-Regulators, Modell 1916, von Escher Wyss & Cie., Zürich.

entsprechende Dimensionierung geeignete Geschwindigkeiten erreicht werden können. Durch Anwendung besonderer Mechanismen könnte allerdings diese Summierung vermieden werden, aber natürlich nur auf Kosten der Einfachheit.

Die durch die verwendete Ausführung bedingte Verzögerung bei kleinen Belastungsänderungen ergibt sich auch durch folgende Ueberlegung unter Benützung vereinfachender Annahmen:

In Beharrungszuständen ist die Feder der nachgiebigen Rückführung spannungslos; während des Reguliervorganges tritt Spannung und hiermit eine zusätzliche Hülsenbelastung ein, deren Betrag im Zeitpunkt des oben erwähnten Phasenüberganges, in dem der Servomotorkolben sich in oder nahe der Stellung des nachherigen Beharrungszustandes befindet, proportional der den Reguliervorgang herbeiführenden Belastungsänderung angenommen werde; hierbei sind die Einflüsse der Kataraktwiderstände nicht berücksichtigt, die Längenänderung der Feder proportional dem Servomotorweg angenommen. Es wird hiernach der Betrag der zusätzlichen Hülsenbelastung in diesem Zeitpunkt jeweils  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  bzw.  $\frac{1}{4}$  desjenigen sein, der bei 100% Belastungsänderung an der Turbine eintritt, wenn letztere nur 75%, 50% bzw. 25% beträgt. Nun soll in diesem Zeitpunkt behufs aperiodischer Aenderung des Bewegungszustandes die Hülse gleichsam festgehalten werden, um den folgenden Ab- bzw. Anlaufzustand in dieser Lage überdauern zu können; d. h. diese zusätzliche Hülsenbelastung soll, wie bereits erwähnt, der Grösse nach gleich, jedoch entgegengesetzt gerichtet sein der Stellkraft, die in diesem Zeitpunkt vermöge der Hülsenstellung und der ihr momentan nicht entsprechenden Drehgeschwindigkeit an der Hülse herrscht. Dies wird angenähert eintreten, wenn die Differenz der Drehgeschwindigkeit zur Zeit des Phasenüberganges und der normalen Drehgeschwindigkeit,

Beachtet man nun, dass bei gleicher Servomotorkolben-Geschwindigkeit für alle Belastungsänderungen die maximalen Geschwindigkeitsausschläge bei 75%, 50% und 25% Belastungsänderung nur rund  $\frac{9}{16}$ ,  $\frac{4}{16}$  bzw.  $\frac{1}{16}$  des Geschwindigkeits-Ausschlages bei 100% Belastungsänderung betragen müssten, während obige Untersuchung hierfür  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  bzw.  $\frac{1}{4}$  als notwendig ergab, so ist zu erkennen, dass durchwegs aperiodischer Verlauf des Reguliervorganges bei Verwendung der nachgiebigen Rückführung nur mit Verzögerung der Servomotor-Geschwindigkeit verbunden sein kann, und zwar ist die Verzögerung um so grösser, je kleiner die Belastungsänderung ist; andernfalls ist aperiodischer Verlauf nicht durchwegs erreichbar.

Dieser Uebelstand, die Verzögerung der Schliessgeschwindigkeit des Servomotors bei verhältnismässig kleinen Belastungsänderungen, haftet aber, wie schon erwähnt, sämtlichen gleichartigen nachgiebigen Rückführungen an. Je nach der Art und Weise, wie der Wiederausgleich der nachgiebigen Rückführung, also der Ab- bzw. Anlauf in den endgültigen Beharrungszustand erfolgt, ist der schädliche Einfluss ein etwas grösserer oder geringerer. Es galt daher, wenn eine wesentliche Verbesserung erzielt werden sollte, einen neuen Weg zur Erreichung der schwingungslosen Regelung einzuschlagen, bei dem der besprochene Uebelstand vermieden ist. Das führte dazu, einen Regulator mit der in oben angeführtem Patentanspruch gekennzeichneten Einrichtung zu bauen, bei der die Unterbrechung des Regelungsvorganges im allgemeinen wenigstens annähernd im richtigen Augenblicke erfolgt. Trotz der erforderlichen Begrenzung des nutzbaren Steuerventilhubes auf ein Minimum lässt sich durch Anwendung eines vielstufigen Ventiles doch ohne weiteres eine genügend kleinere Schlusszeit erreichen, wobei schon bei sehr kleinen Geschwindigkeitsänderungen jeweils die volle Servomotor-Geschwindigkeit eingeschaltet wird.

Gleichzeitig mit dieser prinzipiellen Aenderung wurde durch eine wesentliche konstruktive Verbesserung die Empfindlichkeit des Regulators noch erhöht. Die bisher übliche Uebertragung der Bewegungen der Pendel-Schwungkörper auf den Steuerstift durch Vermittlung einer Muffe und eines Hebelwerks bewirkte naturgemäss durch eintretende Klemmungen usw. leicht eine gewisse Unempfindlichkeit und gab Anlass zu allerlei unliebsamen Störungen. Um

deshalb normalerweise mit nur ganz geringem Drucke, der sich im Augenblicke von Regulierbewegungen selbsttätig auf das durch den Widerstand am Servomotor gegebene Mass einstellt.

Die Steuerventilspindel 12 besitzt zwei Anschläge 12 a, durch die deren Hub begrenzt wird. Die Betätigung des Steuerventiles erfolgt unter Vermittlung der beiden Doppelhebel 11 und 11 a, zwischen die der Katarakt 18 einge-

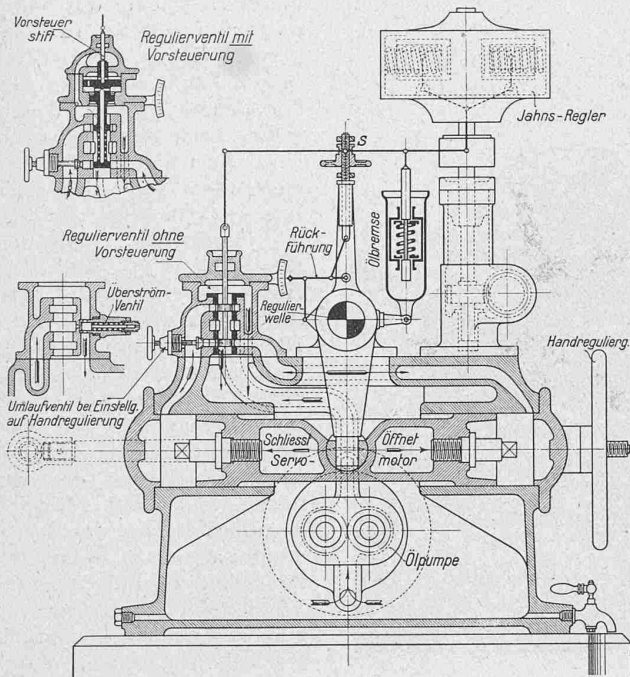
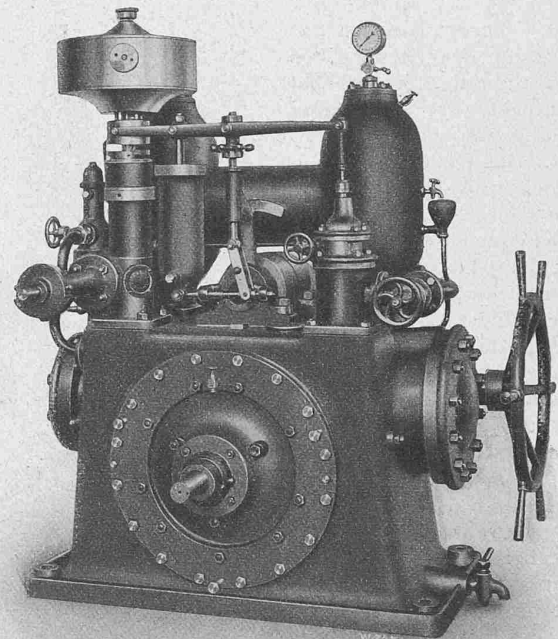


Abb. 3 und 4. Ansicht und Schnitte des bisherigen „Universal“-Regulators von Escher Wyss & Cie.



diese zu vermeiden, wurde der neue Regulator so gebaut, dass die bisher mit dem Steuerventil verbundene hydraulische Vorsteuerung unmittelbar an das Pendel angebaut wurde. Das letztere betätigt nur noch einen rotierenden Stift und ist von allen äussern Einflüssen unabhängig. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit trug ausserdem die Wahl eines Pendels mit sehr hoher Umlaufzahl und ganz geringen Eigenmassen bei.

#### B) Beschreibung der neuen Konstruktion.

Die Anordnung des doppelt gesteuerten Servomotors 2/3 (Abbildung 2) in dem als Oelbehälter dienenden, vollständig dicht abgeschlossenen Gehäuse 1 ist unverändert so beibehalten worden, wie bei dem bisherigen Universalstyp. Die Bewegungen des Doppelkolbens werden durch ein Gelenk auf den Hebel 4 und damit auf die Regulierwelle 5 übertragen, von der aus die Regulierorgane der Turbine betätigt werden. Die Druckverteilung auf die beiden Servomotorseiten erfolgt durch das ebenfalls ins Gehäuse eingebaute Steuerventil 7/7a, dessen mittlerer Raum 31 durch den Kanal 30 Drucköl von der Zahnrad-Oelpumpe 6 enthält. An den Raum 31 ist das federbelastete Ueberströmventil 8 angeschlossen, mittels dessen der maximale Regulator-Oeldruck eingestellt wird. Die obern und untern Räume 32 und 32a des Steuerventils dienen als Ablauf und stehen in unmittelbarer Verbindung mit dem Regulator-Gehäuse 1, während die mittlern Räume 33 und 34 durch die Kanäle 33a und 34a mit dem Servomotorzylinder 3 bzw. 2 verbunden sind. Durch das Umlaufventil 9 können diese beiden Servomotorseiten miteinander in Verbindung gebracht werden.

In der Mittelstellung der Steuerung haben die Steuerkanten im Steuerventil 7/7a ein ganz geringes Spiel, sodass das von der Pumpe kommende Drucköl freien Ablauf in das Regulatorgehäuse hat. Die Oelpumpe arbeitet

schaltet ist, von dem federbelasteten Fliehkraftregler 13 aus, der jedoch den ersten Steuerhebel 11 nicht unmittelbar, sondern unter Vermittlung einer in bekannter Weise durchgebildeten sogenannten Vorsteuerung mit Differentialkolben 35 bewegt. Der Fliehkraftregler betätigt lediglich den unmittelbar mit ihm zusammengebauten und mitrotierenden Steuerstift 14, der die Druckverteilung in der Vorsteuerung 35 beeinflusst.

Der Antrieb des in ein vollständig geschlossenes öldichtes Gehäuse eingebauten Fliehkraftreglers erfolgt durch ein im Oelbad laufendes Schraubenge triebe von der horizontalen Welle 15 aus, die wiederum von der Turbinenwelle angetrieben wird, und zwar, wie auch die Oelpumpe 6, in den meisten Fällen mittels Riemen. Bei diesem Antrieb verhindert eine ebenfalls durch Patent geschützte Anordnung ein Durchbrennen der Turbine bei Abstellen oder Reissen des Pendelantriebsriemens. Das Drucköl für die Vorsteuerung 35 wird nämlich nicht von der Oelpumpe 6, sondern von einer besondern Zahnrad-Pumpe 36 geliefert, die auf der horizontalen Pendelantriebswelle 15 sitzt.

Wenn der Pendelantrieb aus irgend einem Grunde versagen sollte, wird die kleine Oelpumpe 36 selbstverständlich kein Drucköl mehr liefern und der Kolben 35 wird unter dem Einfluss der Feder nach oben gehen, die Hauptsteuerung damit auf Schliessen stellend, wenn auch der Pendelstift 14 infolge des Stillstandes des Pendels in seine untere, vollständiger Oeffnung entsprechende Lage kommt.

Die in bekannter Weise wirkende Rückführung 16 dient auch dazu, die bei Parallelbetrieb von Drehstrom-Generatoren erforderliche Abhängigkeit der Belastung von der Umlaufzahl herzustellen. Mittels des im Gestänge angebrachten Handrädchens 17 kann die Maschine angelassen und abgestellt und die Umlaufzahl eingestellt werden.

## C) Wirkungsweise.

Es soll nun noch kurz ein Regelungsvorgang betrachtet werden. Sobald die Geschwindigkeit der Maschine und damit des Fliehkraftreglers 13 aus irgend welcher Ursache steigt, wird der Steuerstift 14 angehoben und die Austrittsöffnung 37 der Vorsteuerung verdeckt, sodass sich in dem Raum unter dem Kolben 35 der volle Druck bildet, dieser Kolben der Bewegung des Steuerstiftes 14 folgt und den Steuerhebel 11 anhebt, der sich dabei vorläufig um die Achse 19 dreht. Das Gehäuse des Kataraktes 18 wird dabei mitgenommen, da durch die obere Feder im Katarakt eine Kuppelung zwischen diesem Gehäuse und dem mit dem Steuerhebel 11 starr verbundenen Kataraktkolben stattfindet. Durch das Gehäuse 18 wird der an dieses angelenkte Steuerhebel 11a und damit der Steuerkolben 7 ebenfalls angehoben. Da der volle, durch die Anschläge 12a begrenzte Hub des Steuerkolbens ein sehr geringer ist, genügt auch ein ausserordentlich geringer Hub des Pendelstiftes 14, also eine ganz kleine Geschwindigkeits-Änderung, um diesen vollen Steuer-ventilhub zu bewirken und die volle Servomotorgeschwindigkeit einzuschalten. Durch die Hochstellung des Steuerkolbens 7 wird bewirkt, dass der Servomotorzylinder 2 mit der Oelpumpe und der Servomotorzylinder 3 mit dem

Ablauf verbunden wird, woraus sich eine Bewegung des Servomotor-Doppelkolbens von links nach rechts im Sinne des Schliessens ergibt. Während des Regelungsvorganges wird sich nun die Geschwindigkeit der Maschine solange

aufwärts bewegen, bis der Servomotor die der neuen Belastung entsprechende Stellung erreicht hat. Der Steuerkolben behält während dieser Zeit seine durch den untern Anschlag 12a begrenzte Höchstlage fest, natürlich kann sich dann auch der Kataraktzylinder 18 nicht weiter nach oben bewegen. Unter dem Einfluss des fort-dauernden Geschwindigkeit-Anstieges hebt sich jedoch der Pendelstift 14 mit dem Steuerkolben 35 und dem Hebel 11 weiter, wobei der Kolben im Kataraktgehäuse 18 nach oben verschoben wird, dabei die obere Feder mehr zusammendrückend. Sobald nun aber die Umlaufzahl des Fliehkraftreglers nach Erreichung der der neuen Belastung entsprechenden Stellung des Servomotors abnimmt, sodass der Pendelstift 14 und damit die Vorsteuerung 35 usw. zu sinken beginnen, kommt das Kataraktgehäuse 18, durch das in demselben befindliche

Oel mitgenommen, gleichsinnig mit dem Kataraktkolben in Bewegung, und zwar von der neuen, aus der Mittellage nach oben verschobenen, in Abbildung 2 rechts oben gezeichneten Lage aus. Dadurch wird alsbald der Steuerventilkolben 7 in seine Mittellage zurückgestellt und die Schliessbewegung unterbrochen.

Wenn nun beispielsweise der Weg des Steuerventilkolbens im Verhältnis zu jenem des Pendelstiftes 14 nur  $\frac{1}{20}$  ist, so genügt ein Sinken der Umlaufzahl um  $\frac{1}{20}$  des Betrages, der dem beispielsweise 4% betragenden ausgenützten Ungleichförmigkeitsgrade des Fliehkraftreglers entspricht, also um nur etwa  $\frac{1}{500}$  der Umlaufzahl der Maschine, um das Zurückführen des Steuerkolbens 7 in seine Mittellage zu bewirken. Die Unterbrechung der Servomotorbewegung erfolgt hierbei unmittelbar nach Ueberschreiten der maximalen Geschwindigkeit zu einer Zeit, in der die Stellung des Servomotors bzw. der Haupteinlassorgane der Maschine der neuen Belastung entspricht; dabei wird durch die Wirkung der gespannten obern Kataraktfeder das Kataraktgehäuse langsam in seine Mittellage gegenüber dem Kolben zurückgebracht und dadurch die endgültige, der neuen Belastung entsprechende Geschwindigkeit hergestellt. Selbstverständlich erfolgen diese Bewegungen nicht absatzweise, sondern ineinander verflochten und stetig.

Bei einer Belastung der Maschine, also einem Sinken der Geschwindigkeit, vollzieht sich sinngemäss der umgekehrte Vorgang. In beiden Fällen wirkt die Rückführung 16 in bekannter Weise. Sie kann nach Belieben für positive oder negative Wirkung oder Isodrom-Regulierung eingestellt werden. Bei der gebräuchlichsten Anordnung für mit Drehstromgeneratoren gekuppelte Turbinen erhält die Rückführung einen kleinen positiven Hub, der einem Bruchteil des Pendelhubes entspricht, während der Rest des Pendelhubes in ebenfalls bekannter Weise zur Geschwindigkeits-Verstellung benützt wird.

(Fortsetzung folgt.)



Abb. 1. Peterskirche und Peterhofstatt, nach der Renovation, von Norden.



Abb. 2. Nordwestlicher Kircheneingang und Emporencgang.