

Bericht über die Versuche mit einem Turbinen-Regler der Firma Escher-Wyss & Cie., Zürich

Autor(en): **Bruan, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **89/90 (1927)**

Heft 13

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-41671>

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.

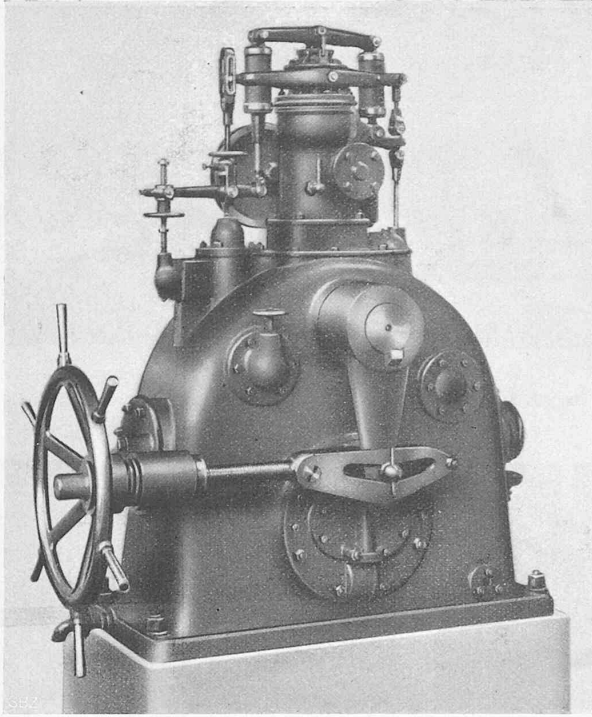


Abb. 1. Geschwindigkeitsregler Bauart EWC, mit Steuerwerk Modell 1925.

Bericht über Versuche mit einem Turbinen-Regler der Firma Escher Wyss & Cie., Zürich.

Von Prof. Dr. E. BRAUN, Stuttgart.

In dieser Zeitschrift ist mehrfach über Fortschritte hinsichtlich Wirkungsweise und konstruktiver Durchbildung der Geschwindigkeitsregler für Wasserturbinen berichtet worden. Anlässlich von Abnahmeprobieren mit einem Geschwindigkeitsregler der A.-G. der Maschinenfabriken von Escher Wyss & Cie., Zürich, in der Anlage Felsegg des Herrn P. Zweifel in Uzwil, bot sich dank dem weitgehenden freundlichen Entgegenkommen des Besitzers Gelegenheit, besonders eingehende Versuche mit dem neuesten Modell des Steuerwerks (Modell 1925) der genannten Firma durchzuführen, die sich auf sehr verschiedene positive und negative Ungleichförmigkeitsgrade erstrecken konnten. Im Anschluss an die früheren Mitteilungen¹⁾ darf ein kurzer Bericht über diese Versuche wohl auf allgemeineres Interesse hoffen.

Schon 1916 hat die Firma Escher Wyss & Cie. bei ihrem neuen Geschwindigkeitsregler ein Konstruktions-Prinzip durchgeführt, das von grosser Bedeutung ist. Während die schweren Teile des Reglers, Servomotor, Hauptsteuerventil, Ölpumpe nebst Zubehör zusammengefasst, entsprechend den erforderlichen verschiedenen Regulier-Arbeiten in bestimmten Grössenstufen ausgeführt werden, sind alle feineren Teile, Fliehkraftregler, Rückführung und Dämpfung, nebst den erforderlichen Einstellungsorganen zu einem „Steuerwerk“ genannten Gliede zusammengefasst, das für die Regler aller Grössen gleich bleibt. Das Ziel wird sehr einfach erreicht, indem in das Steuerwerk ein kleiner Servomotor, eine Vorsteuerung, eingeschlossen wird, die kräftig genug ist, die Hauptsteuerventile aller Grössen zu bewegen. Es liegt auf der Hand, dass dieses Prinzip nicht nur die Fabrikation sehr erleichtert und verbilligt, sondern auch eine gleichmässige tadellose Ausführung der lebenswichtigsten Organe des Reglers ermöglicht. Die erste Form des Steuerwerkes ist seither wesentlich weiter entwickelt worden; das neueste Modell 1925 (Abbildungen 1 und 2) soll zunächst an Hand der schematischen Abbildung 3 kurz beschrieben werden.

¹⁾ „S. B. Z.“, Band 69, Seiten 243 und 255 (2/9. Juni 1917) sowie Band 70, Seiten 87 und 99 (25. August und 1. September 1917).

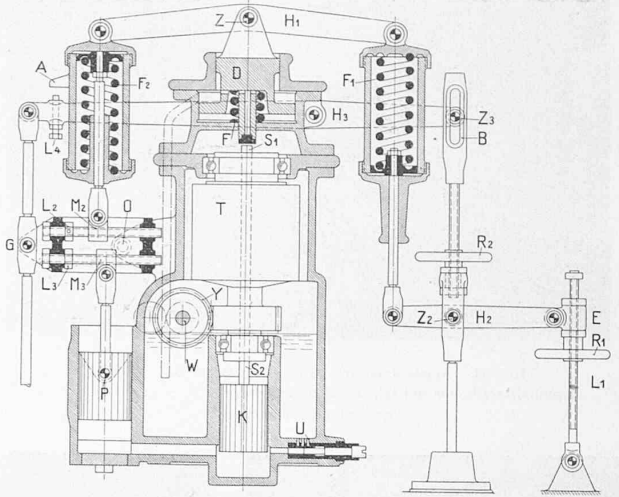


Abb. 3. Schematische Darstellung des neuen Steuerwerks (Modell 1925) der A.-G. der Maschinenfabriken von Escher Wyss & Cie., Zürich.

Von der horizontalen Welle W aus wird mit Schraubenträgern der mit hoher Drehzahl laufende, sehr empfindliche Fliehkraftfederregler T, das sogenannte Pendel angetrieben, das seine Bewegung unmittelbar auf einen durchgehenden Steuerstift S₁ überträgt. Das obere Ende des Steuerstiftes S₁ betätigt die Vorsteuerung. Der Raum über dem Differentialkolben D steht unter gleichbleibendem Öldruck, der durch eine kleine, auf der Welle W befindliche Räderpumpe Y erzeugt wird. Auf die untere grössere Fläche wirkt einerseits die Feder F, andererseits der durch den Steuerstift S₁ eingestellte Drosseldruck. Die Feder bildet eine Sicherheitsabstellung. Im Falle, dass der die Welle W antreibende Riemen versagen sollte, sinkt der Öldruck, und die Feder F hebt nun den Differentialkolben D in der Schliessrichtung, wodurch der Abschluss der Turbine in einfachster Weise veranlasst wird. Die Bewegung des Differentialkolbens D überträgt sich beim Zapfen Z auf den Hebel H₁ und über die Federwage F₁ auf den Hebel H₂, an dem beim Zapfen Z₂ das Hauptsteuerventil angelenkt ist. Der rechte Endpunkt E des Hebels ist mittels der Schraubenspindel L₁ und des Handrads R₁ verstellbar. Durch die Verstellung wird im Betrieb die Aenderung der Drehzahl, überdies das Anlassen und Abstellen der Turbine bewirkt.

Das linke Ende des Hebels H₁ ist über eine Federwage F₂ mit der vom Servomotor aus bewegten Rückführung verbunden, die am Zapfen G angreift. Der um den Zapfen O drehbare Rückführhebel GO ist mit einer Schraubenspindel L₂ versehen, durch deren Verdrehung die Mutter M₂ in verschiedene Entfernungen vom Drehpunkt O eingestellt werden kann. Die Spindel L₂ ist über den Drehpunkt O rückwärts verlängert, sodass für einen bestimmten Weg von G der Weg von M₂ gleich oder gegensinnig gehalten werden kann, wodurch eine positive oder negative bleibende Rückführung erzielbar wird.

Um die bei einem Regelvorgang auftretenden Geschwindigkeits-Schwankungen rasch zu dämpfen, hat man bei gegebener Reguliergeschwindigkeit und gegebenen Schwungmassen nur das Mittel, den Ungleichförmigkeitsgrad gross zu halten. Ein grosser bleibender Ungleichförmigkeitsgrad wird aber für die allermeisten Betriebe unzulässig sein, er darf also nur während des Regelvorganges vorübergehend erhöht werden. Hierzu dienen die Pumpe P und der Federkatarakt K im Zusammenhang mit den Ueberströmöffnungen U. Der Pumpenkolben ist an den Rückführhebel GO über die Spindel L₃ angeschlossen. Durch Verdrehung von L₃ kann M₃ verschoben und damit für eine bestimmte Servomotor-Bewegung ein beliebig einstellbarer Pumpenhub erzielt werden. Eine Aufwärtsbewegung des Steuerstiftes S₁ leitet eine Aufwärtsbewegung des Pumpenkolbens P ein, die infolge der Kupplung

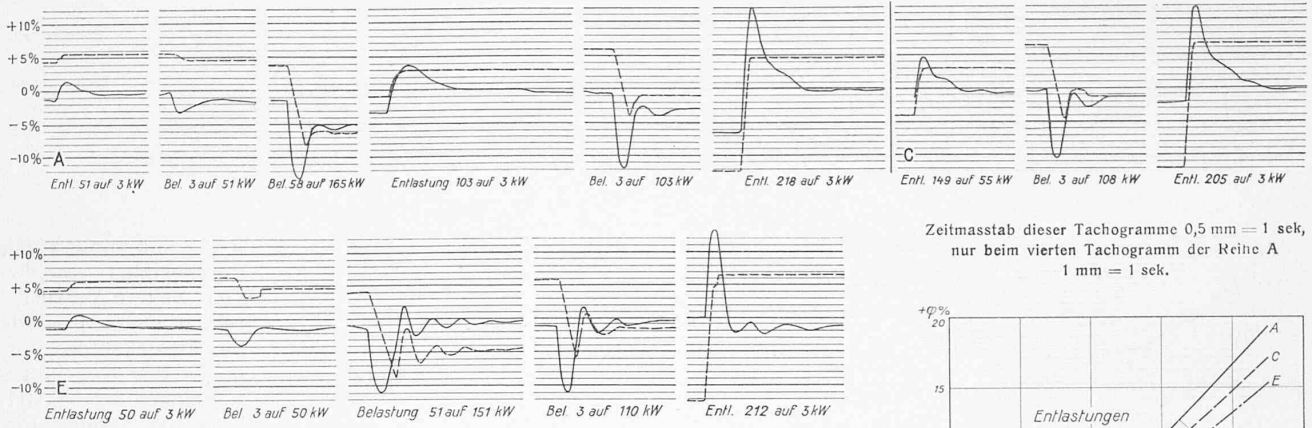


Abb. 4. Tachogramme der Versuchserien A, C und E mit 6%, 2% und -1,7% Ungleichförmigkeitsgrad. [Bei allen hier wiedergegebenen Tachogrammen stellt die ausgezogene Kurve die Geschwindigkeitsänderungen, die gestrichelte die Servomotor-Kolben-Bewegung dar.]

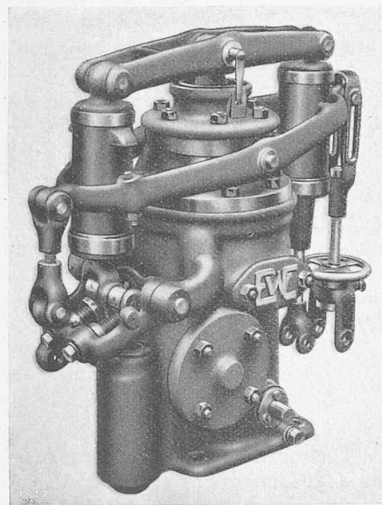


Abb. 2. Ansicht des neuen Steuerwerkes.

lage spannungslosen Feder das untere Ende des Steuerstiftes S_2 nach unten zieht und damit eine Zusatzkraft auf das Pendel ausübt, die dessen Ungleichförmigkeitsgrad erhöht. Da aber die Oeffnungen U Oel durchtreten lassen, wird der im Raume zwischen P und K entstandene Unterdruck oder Ueberdruck unter gleichzeitiger Entspannung der Kataraktfeder sich nach bestimmter Zeit wieder ausgleichen, womit auch die zusätzliche Kraftwirkung auf das Pendel aufhört. Durch die einstellbare Grösse der Pumpwirkung und der Ueberströmöffnungen, sowie der Federstärke im Katarakt, lässt sich Grösse und Verlauf der vorübergehend auf das Pendel ausgeübten Bremskraft leicht den verschiedensten besonderen Bedürfnissen anpassen. Besonders vorteilhaft ist, dass sowohl die Grösse der Pumpwirkung als auch die Grösse der Ueberströmöffnungen bequem während des Betriebes verstellt werden können.

Das Steuerwerk Modell 1925 besitzt noch zwei weitere für den praktischen Betrieb wichtige Einrichtungen. Die eine davon ist die sogenannte Leerlauf-Rückführung. Vom Zapfen G der Rückführung wird ein weiterer Hebel H_3 bewegt, der eine Schraubenspindel L_4 trägt, die bei kleiner dem Leerlauf naheliegender Belastung an den Anschlag A am Gehäuse der Federwage F_2 anstösst; bei weiterer Bewegung in der Schliessrichtung wird die Bewegung damit unmittelbar auf den Hebel H_1 übertragen und für diese Belastungsstufe, die praktisch nur zum Parallelschalten der Generatoren dient, ein wesentlich erhöhter Ungleichförmigkeitsgrad und ein besonders stabiler Gang der Turbine erzielt, der gerade für diese Belastungsstufe erwünscht ist.

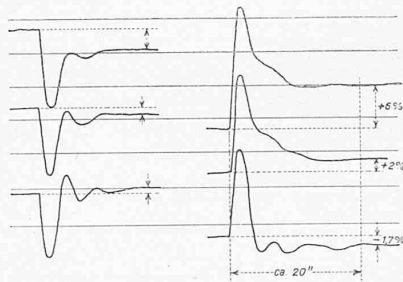


Abb. 6. Gegenüberstellung der bei den Versuchserien A, C und E erhaltenen Geschwindigkeitsänderungen für plötzliche Belastung mit 100 kW bzw. plötzliche Vollentlastung.

Zeitmasstab dieser Tachogramme 0,5 mm = 1 sek., nur beim vierten Tachogramm der Reihe A 1 mm = 1 sek.

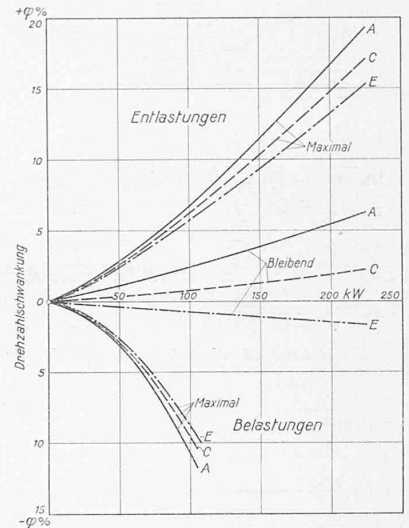


Abb. 5. Geschwindigkeitsschwankungen bei den Versuchserien A, C und E in Abhängigkeit von den Belastungsänderungen.

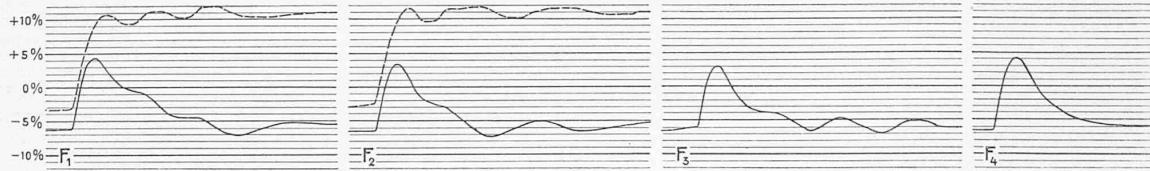
zwischen Pumpen- und Kataraktkolben durch die zwischenliegende Oelsäule den Kataraktkolben unter Anspannung einer in der Ruhelage

Die Schleife B am rechten Ende des Hebels H_3 dient zur Begrenzung der Oeffnung der Turbine. Wird mittels des Handrades R_2 die Schleife B soweit gesenkt, dass der umfasste Zapfen Z_3 des Hebels H_3 am oberen Schleifenende anliegt, so kann eine weitere Oeffnung der Turbine nicht mehr erfolgen. Leitet die Vorsteuerung eine weitere Oeffnungsbewegung ein, so wird nur die Feder der Federwage F_1 gespannt, da eine weitere Abwärtsbewegung des Hauptsteuerventils nun nicht mehr möglich ist. Es ist damit eine einfache Oeffnungs- und Leistungsbegrenzung der Turbine erreicht, die besonders bei Turbinen mit stark schwankendem Gefälle erforderlich ist, um einer Ueberlastung des Generators vorzubeugen, die aber auch in andern Fällen für den Betrieb sehr bequem ist.

Es soll nun über die *Versuche* berichtet werden.

Die von Escher Wyss & Cie. im Jahre 1919 gelieferte Francisturbine mit vertikaler Welle im offenen Wasserkasten treibt unmittelbar einen Generator der Maschinen-Fabrik Oerlikon an. Die Turbine ist für ein grösstes Gefälle von 9,2 m, eine grösste Wassermenge von 5,45 m³/sek entsprechend einer grössten Leistung von 542 PS, bei 250 Uml/min bemessen. Durch Kegelhäutervorgelege wird eine horizontale Zwischenwelle mit 400 Uml/min und von dieser aus mit Riemen die Erregermaschine und der Oel-druckregulator angetrieben. Dieser, für eine grösste Regulierarbeit von rund 450 mkg gebaut, ist seit Juni 1925 mit dem neuen Steuerwerkmodell 1925 ausgerüstet. Das Schwingmoment des Generators beträgt 12 500 kgm².

Durch die Versuche sollten neben der Erfüllung der Garantien die besondern Vorzüge des neuen Steuerwerkes Modell 1925 nachgewiesen werden. Diese Vorzüge bestehen in der einfachen, während des Betriebs leicht ausführbaren Einstellbarkeit des Ungleichförmigkeitsgrades der Regelung in weiten Grenzen bis auf Null und negative Werte herunter, neben ebenso einfacher Einstellbarkeit der Dämpfungseinrichtung zur Erzielung eines raschen schwingungsfreien Geschwindigkeitsüberganges auf den neuen Beharrungs-



Zeitmastab
aller
Tachogramme
Abb. 7, 8 u. 9.
1 mm = 1 sek.

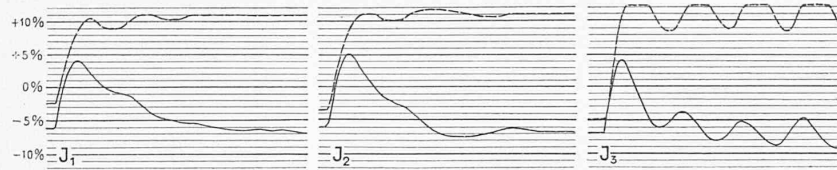
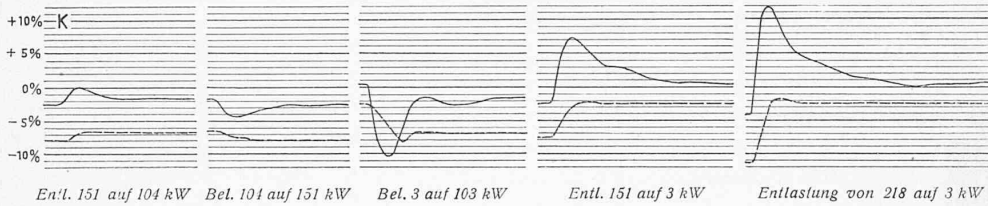
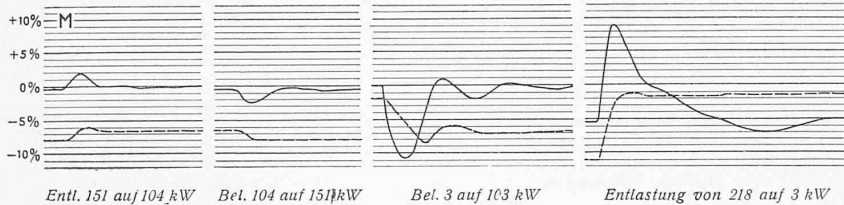


Abb. 7.
Versuchsserien
F und J.
Abschaltung
von 150 kW mit
+ 1,0% u. - 1,0%
Ungleichförmig-
keitsgrad.



Entl. 151 auf 104 kW Bel. 101 auf 151 kW Bel. 3 auf 103 kW Entl. 151 auf 3 kW Entlastung von 218 auf 3 kW



Entl. 151 auf 104 kW Bel. 104 auf 151 kW Bel. 3 auf 103 kW Entlastung von 218 auf 3 kW

Abb. 8.
Versuchsserien
K und M
mit 4% und 1%
Ungleichförmig-
keitsgrad.

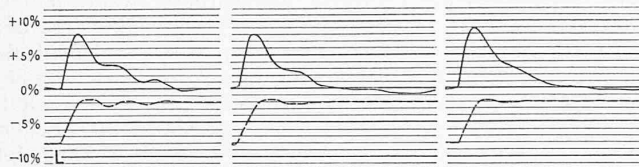


Abb. 9. Tachogramme der Versuchsserie L.

zustand bei beliebigen Belastungsschwankungen. Weiter sollte die Wirkung der neuen Leerlauf-Rückführung, soweit möglich, untersucht werden.

Die Versuche fanden am 10. und 11. April 1926 statt. An beiden Tagen stand die ganze Fabrikanlage zur Vornahme der Versuche in freundlichster Weise seitens des Herrn P. Zweifel zur Verfügung. Beteiligt waren daran die Herren Oberingenieur A. Gagg und Werkmeister Erzer von Escher Wyss & Cie., sowie der Verfasser. Der Horn'sche Tachograph wurde unmittelbar von der vertikalen Turbinenwelle mit Kreuzband angetrieben, der Schreiber für den Servomotorhub durch Schnurzug von der vertikalen Regulierwelle aus betätigt. Die Verteilung der von der Turbine erzeugten Energie erfolgte in der Fabrikanlage so, dass durch einfaches Zu- und Abschalten einzelner Stromkreise momentane Belastungsschwankungen bestimmter Grösse in reichlicher Abstufung bequem und sicher erzielt werden konnten. Die Ablesung der Grösse der Belastungsänderungen erfolgte an den Schalttafelinstrumenten. Zur Zeit der Versuche war das Nutzgefälle der Turbine, wegen Arbeiten in der Nähe des Wehres, auf etwa 6,3 m beschränkt, wovon rund 4 m als Sauggefälle wirkten. Die Turbine (hoher spezifischer Drehzahl) arbeitete also unter verhältnismässig ungünstigen Bedingungen.

Es wurden zunächst fünf Versuchsreihen A bis E, mit Ungleichförmigkeitsgraden von rund 6%, 4%, 2%,

0,5% und minus 1,7% durchgeführt. In den vier weiteren Versuchsreihen F bis J wurde das Einstellen des Verlaufes des Regelungsvorganges bei Verstellung des Ungleichförmigkeitsgrades und der Dämpfung verfolgt. Die Versuchsreihe K wurde mit dem der Garantie entsprechenden Ungleichförmigkeitsgrad von 4% durchgeführt, Reihe M mit dem Ungleichförmigkeitsgrad genau Null. Die Zwischenreihe L diente zur systematischen Umstellung von 4 auf 0%. In der Reihe N schliesslich wurde die Wirkung der Leerlauf-Rückführung verfolgt im Vergleich mit der gewöhnlichen Rückführung und dem Betrieb mit Handregulierung.

Eine Auswahl der Tachogramme der Serien A, C und E ist in Abbildung 4 zusammengestellt. In Abb. 5 sind die Geschwindigkeitsschwankungen für die Versuchsreihen A, C und E in Abhängigkeit von den Belastungsänderungen aufgezeichnet. Ein Vergleich der so bestimmten Werte zeigt das folgende:

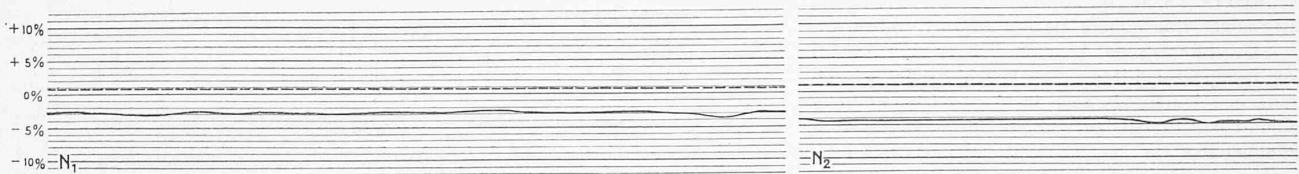
1. Mit abnehmendem Ungleichförmigkeitsgrad werden die grössten Geschwindigkeitsschwankungen wesentlich kleiner, für Vollentlastung ist die Abnahme etwa gleich der halben Aenderung des Ungleichförmigkeitsgrades.

2. Bei gleichem Betrage der Belastungsänderungen sind die grössten Geschwindigkeitsschwankungen ungefähr gleich gross, unabhängig vom Betrag der Ausgangsbelastung.

3. Bei Belastungen sind die Geschwindigkeitsschwankungen bei gleichem Betrage der Belastungsänderung etwas grösser als bei Entlastungen.

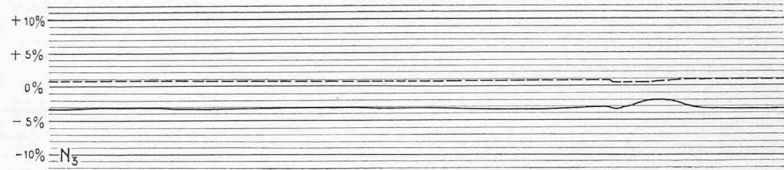
4. Die Dauer des Reguliervorganges bis zur Erreichung des neuen Beharrungszustandes lässt sich bei allen Ungleichförmigkeitsgraden ungefähr gleich gross halten. Je grösser der Ungleichförmigkeitsgrad, umso rascher und schwingungsfreier gestaltet sich natürlich der Uebergang. Aber auch bei kleinen und negativen Ungleichförmigkeitsgraden ist der Uebergang noch ein günstiger, wie Abbildung 6 zeigt, die den Geschwindigkeitsverlauf bei einer momentanen Belastung von rund 100 kW und bei momentaner Vollentlastung für Ungleichförmigkeitsgrade von 6%, 2% und minus 1,7% vergleichend darstellt.

Die Versuchsreihe F, Abbildung 7, zeigt bei einem Ungleichförmigkeitsgrad von rund 1% Abschaltungen von rund 150 kW. F₁, F₂, F₃ ergeben sich bei einer bestimmten Grösse der Gegenbremspumpenwirkung und wachsender Grösse der Ueberströmöffnung. Mit merklicher Abnahme des Höchstwertes der Geschwindigkeitsschwankung wird der Uebergang in den neuen Beharrungszustand schlechter, bei F₃ ist die Stabilitätsgrenze erreicht, bei der periodische



Schwankungen eintreten. F_4 ist bei gleicher Grösse der Ueberströmöffnung erzielt wie F_3 , nur durch Vergrößerung der Pumpwirkung. Diese einfache Aenderung ergibt sofort einen idealen Verlauf des Ueberganges.

Abb. 10.
Versuchsreihe N:
Wirkung der
Leerlauf-Rückführung.
Zeitmasstab
0,25 mm = 1 sek.



Die Tachogramme der Reihe J, Abbildung 7, entsprechen Abschaltungen von rund 150 kW bei einem Ungleichförmigkeitsgrad von rund $-1,0\%$. J_1 zeigt guten Verlauf des Uebergangs, bei Vergrößerung der Ueberströmöffnung (J_2) werden die Uebergangsschwankungen grösser, bei weiterer Vergrößerung (J_3) ist die Stabilitätsgrenze erreicht, es treten dauernde Schwankungen auf.

Die Versuchsreihen K und M wurden mit 4% und 0% Ungleichförmigkeit durchgeführt; einige bezügliche Tachogramme zeigt die Abbildung 8, während die Abbildung 9 die in Versuchsreihe L erzielte Dämpfungseinstellung allein durch Aenderung der Ueberströmöffnungen darstellt.

In der Versuchsreihe N ist die Wirkung der Leerlauf-Rückführung untersucht (Abb. 10). Das Tachogramm N_1 mit sehr kleiner Papiergeschwindigkeit zeigt Leerlauf mit eingeschalteter Leerlauf-Rückführung. Der Oberwasserspiegel schwankte um ± 4 bis 5 cm, der Unterwasserspiegel stärker um ± 7 bis 10 cm. Der Austritt aus dem Turbinensaugrohr war sehr unruhig, das Wasser enthielt viele Luftblasen. Beim Tachogramm N_2 ist die Turbine auf Handregulierung geschaltet. Der Oberwasserspiegel ist dabei etwas ruhiger, die Schwankungen betragen etwa $\pm 1,5$ cm. Die Verhältnisse am Saugrohraustritt sind im wesentlichen gleich geblieben. Beim Tachogramm N_3 ist die Leerlauf-Rückführung ausgeschaltet, die normale Rückführung mit rund 4% Ungleichförmigkeitsgrad wirksam. Der Oberwasserspiegel schwankt um $\pm 2,5$ cm, die Verhältnisse am Saugrohraustritt sind unverändert. Eine absichtliche Störung des guten Beharrungszustandes wird rasch wieder ausgeglichen.

Ein ausreichend bemessener Ueberfall vor der Turbinenanlage ist nicht vorhanden und die Spiegelschwankungen in dem langen Oberkanal machen sich bei jeder Belastungsänderung bemerkbar. Der Ausgleich dieser Gefällschwankungen durch den Regler mit und ohne Leerlauf-Rückführung erfolgt recht gut. Auch die Turbine mit festgestellter Handregulierung zeigt nach eingetretenem Beharrungszustand noch deutlich kleine Geschwindigkeitsschwankungen, deren Ursache wohl in den Strömungsverhältnissen im Saugrohr zu suchen ist. Der Regler mindert diese Schwankungen etwas, kann sie aber nicht völlig ausschalten, wie dies bei besonders günstigen Verhältnissen sonst erreicht werden kann; die Schwankungen sind aber gering und praktisch bedeutungslos.

Die Vorzüge der Leerlauf-Rückführung beim Parallelschalten konnten mangels Gelegenheit hierzu nicht besonders nachgewiesen werden.

Die Versuche haben die erwarteten günstigen Eigenschaften des neuen Steuerwerkes Modell 1925 in vollem Masse nachgewiesen. Bei allen Ungleichförmigkeitsgraden, die überhaupt praktisch in Frage kommen, hat sich ein sehr günstiger, rasch und glatt erfolgender Verlauf der Geschwindigkeitsschwankungen erzielen lassen. Alle erforderlichen Einstellungen am Steuerwerk konnten spielend leicht und in kürzester Zeit, ohne die Maschine abstellen zu müssen, erfolgen. Das neue Steuerwerk vereinigt in kompakter Form alle feinen Teile, die für eine tadellose

Wirkung des Turbinenreglers lebenswichtig sind, und besitzt dabei eine in einfachster Weise einzustellende weitgehende Anpassungsfähigkeit, die nicht nur allen Bedürfnissen des praktischen Betriebs, sondern auch darüber hinausgehenden Anforderungen voll zu entsprechen vermag.

Es ist mit grösstem Danke zu begrüssen, dass sowohl die Firma Escher Wyss & Cie., wie auch der Besitzer der Anlage, Herr Fabrikant P. Zweifel Gelegenheit geboten haben, die Versuche in grösserem Umfange durchzuführen und zu veröffentlichen. Der Redaktion der „Schweizer Bauzeitung“ ist für Aufnahme und Ausstattung des Berichtes ebenfalls bestens zu danken.

Abwurf-Apparat „Meteor“ für Flugzeuge.

Mit Bezug auf unsere Mitteilungen über die Verpflegung des Mont Blanc-Observatoriums mittels des Flugzeugs auf Seite 62 (29. Januar 1927) werden wir aus dem Leserkreis auf die Schwierigkeiten derartiger Unternehmungen aufmerksam gemacht. Werden die Lasten *ohne Fallschirm* abgeworfen, so kann dies, wenn der Abwurf nicht wie im vorliegenden Fall auf Schneefelder erfolgt, wegen der Gefahr des Zerschellens der abgeworfenen Waren nur von geringer Flughöhe aus geschehen, wie dies offenbar beim Mont Blanc der Fall war. Dabei setzt sich aber der Führer bei Versagen des Motors oder in Luftwirbeln der Gefahr des „Durchsackens“ („Abrutschens“) aus. Aus grösserer Höhe kann natürlich der Abwurf nur *mit Fallschirm* geschehen, wobei dann aber die Auftreffstellen oft weit vom Bestimmungsort liegen. Das Ideal wäre somit ein Apparat, der gestattet, Lasten aus grosser Höhe mit präziser Auftreffung abzuwerfen, bei dem sich also der Fallschirm erst etwa 50 m über dem Boden öffnet. Hier setzt aber eine neue Schwierigkeit ein: Die Beharrungsgeschwindigkeit beträgt für solche Fälle etwa 70 m/sek, oder 252 km/h, für Gewichte bis 10 kg. Nun gibt es aber weder Schnüre noch einen Fallschirmstoff, die einer solchen Beanspruchung standhalten können. Es musste daher eine besondere Fallschirm-Konstruktion gefunden werden, die gestattet, die gewaltige Geschwindigkeit der wie ein Geschoss heruntersausenden Last noch in der Luft so abzubremesen, dass die Endgeschwindigkeit des Ganzen kurz vor dem Auftreffen am Boden 3 bis 5 m/sek nicht überschreitet. Der einzige dieser Bedingung genügende Fallschirm ist der der bekannten Firma Vickers in London, der auch in der englischen Armee eingeführt ist. Ohne auf seine Konstruktion näher einzugehen, sei darauf hingewiesen, dass sich dieser Fallschirm je nach der Geschwindigkeit automatisch vergrössert bzw. verkleinert, bis die gewünschte Endgeschwindigkeit erreicht ist.

Dieser Fallschirm ist nun von einem Schweizer, Marcel Künzer, mit einem von ihm konstruierten Apparat zu einer Abwurf-Vorrichtung kombiniert worden, die gestattet, Lasten aus 2000 m Höhe mit sicherem Auftreffpunkt abzuwerfen, wobei sich der Fallschirm erst etwa 100 m über Boden öffnet. Dieser, nach mehrjährigen, gemeinsam mit der Eidgen. Militär-Flugdirektion durchgeführten Versuchen entstandene Apparat besitzt als TempierVorrichtung ein Präzisions-Uhrwerk, das vom Piloten, vor dem Abwurf, nach seinem Höhenbarometer eingestellt und sodann in Gang gesetzt wird, und dann in 150 bis 100 m Höhe über Boden das Öffnen des Fallschirms bewirkt. Bei Abwurf aus 1000 m wurde mit dieser Vorrichtung eine