

# Das Lungernsee-Kraftwerk der Centralschweizerischen Kraftwerke, Luzern

Autor(en): **Gelpke, Victor**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83/84 (1924)**

Heft 22

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-82913>

## **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.

scheinbar so unterstrichen formverachtenden „rein konstruktiv“ gedachten Bauten an ihren dachlosen Mauern üble Wasserränder zeigen, dass das Lüften der Betten in den bekannten horizontal angedrückten Fensterreihen sich überaus komisch ausnimmt, dass der gemeine Mann das aus horizontalen Brettern gebaute Balkongeländer durch ein dahinter gespanntes Hühnergitter brauchbar machen muss u. a. m.

Er wendet sich dem Gegenspiel zu, jener Gruppe der unerbittlichen Systematiker, die nur in der Ablehnung jeglicher „klassischer Form“ mit den Romantikern vom Schlage de Klerks einig gehen. Hier begegnen wir einer Abstraktion, einer Dürre, die uns umso unbegreiflicher vorkommt, als sie um ihrer selbst willen gepflegt wird. Es sind — letzten Endes — formale Ideale, die sich hier ausleben. Die Gruppe dieser Architekten leitet ihre Auffassung ab von Berlages Werk, das heute mehr denn je sich im Bilde holländischer Baukunst als typisch erweist.

Die vielbesprochenen Bauten Dudoks in Hilversum, seine „Geranienschule“, seine Badanstalt, überraschen in natura durch die grosse Sicherheit ihrer Haltung. Die im Bilde sich als Willkür abhebende Form gewinnt hier vor den Bauten, in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Leben dem sie dienen, einen ganz bestimmten, lebendigen Ausdruck. Dazu kommt die sehr sorgfältige Behandlung der unmittelbar anschliessenden Umgebung. Das Bauwerk ist nicht abgeschlossen durch den Sockel-Vorplatz, Vorgarten, Einfassungen — all die so oft stiefmütterlich behandelten Elemente sind mit einem Willen zu dem Bau dienenden Gliedern, zu notwendigen Bestandteilen umgeschaffen, wie wir es noch nie erlebt haben. Dass eine so starke künstlerische Kraft eine Schülerschaft zeugt und Anhänger gewinnt, ist nicht zu verwundern.

Für viele Bauten beginnt die Farbe zum wichtigsten Element zu werden, für andere ist es die besondere Betonung des Materials. Viele Stimmen aber, darunter das gewichtige Wort, das Granpré-Molière in Rotterdam gesprochen hat, mischen sich nicht in das Feldgeschrei des Tages, sie bekennen sich zur treuen Erfüllung des Programms im Rahmen einer leise der Zukunft entgegenwendeten historischen Auffassung. All diese Bauten scheinen sich darauf zu besinnen, dass sie auf holländischem Boden stehen; ihre Schöpfer bekennen sich ohne Scheu als Söhne ihrer Väter.

#### *Der soziale Hintergrund.*

Möglich, dass eine genaue Kenntnis zeitgemässer holländischer Malerei und Plastik, vielleicht mehr noch der Graphik und dekorativen Kunst, uns das Verständnis für die uns unverständlichen architektonischen Leistungen erschliessen würde. Wir treten einen Schritt zurück, und versuchen, uns den sozialen Hintergrund klar zu machen, auf dem die ungeheuern Anstrengungen, dieses uns Schweizern fast unbegreifliche Ausmass des Kommunalbaues sich entwickeln konnte.

Ein Plakat klebt an allen Strassenecken Amsterdams, an allen Bauzäunen Rotterdams, in allen Verkehrsräumen Utrechts, ein Plakat mit einem ergrauten Kopf, dessen hilfloser Ausdruck das Herz des Vorübergehenden rühren möchte: „Pro Senectute“, Für das Alter, für den um seine Spargroschen betrogenen Altersrentner, Sparbuchbesitzer, kleinen Hausbesitzer, kurzum für die Opfer der Inflation der Kriegsjahre. Auch Holland hat seine Mobilisationskosten nicht durch Steuer gedeckt sondern durch vermehrte Geldemission, durch Inflation. Drei Viertel aller Sparguthaben sind in Holland durch die obrikeitliche Geldverwässerung aus den Taschen der Gläubiger in die Taschen der Schuldner hinüberpraktiziert worden. Eine Inflation, die die schweizerische Inflation noch um 10 % überstieg, musste dem privaten Unternehmertum noch kategorischer das Bauen untersagen wie bei uns. Auch der holländische Unternehmer kann nicht bauen, wenn er in kurzem ein Fallen der Preise erwarten muss: ein Preisfall, eine Deflation, muss ihn bankerott machen. Wenn er nicht bauen will, nicht bauen kann, muss die Kommune

dazwischen treten, muss die Kommune das Risiko eines Preisabbaues übernehmen — und auf die breiten Schultern der Steuerzahler abwälzen. Bei uns hat man die gemeinnützigen Genossenschaften und die Privaten bauen lassen und die voraussichtlichen Deflationsverluste durch Subventionen ausgeglichen; in Holland hat man den reinen Kommunalbau und den bis zu 94 % von der Kommune finanzierten „Vereinsbau“ in den Vordergrund geschoben. Damit ist der Steuerzahler ausserordentlich stark am Hochhalten der Mietpreise interessiert, ein Preisabbau muss ihn ganz besonders schwer treffen. Wie wir wissen, ist vor zwei Jahren die Katastrophe eingetreten: die holländische Emissionsbank hat ihre bisherige Inflation abgestellt und ist — statt zu stabilisieren! — zur Deflation übergegangen; der Teuerung folgte der Preisabbau, dem Betrug an den Gläubigern der Betrug an den Schuldnern. Die Hauptschulden aber waren im Wohnungsbau kontrahiert worden — im Wohnungsbau zeigten sich die Folgen der Deflation am schroffsten. Wo wir uns nach den Wohnungsmieten erkundigten, hiess es: die Preise sind vor zwei Jahren festgelegt worden und sind heute im Verhältnis zu den gesunkenen Löhnen zu hoch.

Neben dem Plakat, das für die Inflationsoffer bittet, klebt ein zweites Plakat, das für die Opfer der Deflation aufruft: ein Arbeiter, der auf sein brennendes Herz zeigt und den Vorübergehenden mit verzweifelmtem Blick beschwört um Hilfe für die gegen den Lohnabbau in Streik getretenen Textilarbeiter der Provinz Twente. In riesengrossen Lettern ruft es im Hafen von Amsterdam den einfahrenden Schiffen zu: „Hilfe für Twente!“

Die sinkenden Preise haben wie überall zur Arbeitslosigkeit geführt; unsere Ingenieure, sagte uns der Direktor eines Werks, fühlen sich glücklich, wenn sie eine Stelle als Trambahnschaffner ergattern. Im neuen Walhafen von Rotterdam sahen wir eine Herde von Schleppkähnen und eine Flotte von 24 Dampfern liegen, alle still aufgereiht — arbeitslos.

Kein Wunder, dass die grossen Kommunalbauten, die weiten neuen Quartiere etwas betreten daliegen. Dass die grössten Projekte nur halb durchgeführt sind, dass an Neubauten nicht gedacht werden kann. Die Deflation, die von der zentralen Notenbank ausgehende Beschränkung der Kredite, hat die Wirtschaft lahmgelegt.

\*

Und so kehren denn die aus allen Enden der Erde hergewehten Kongressisten wieder in ihre tausend Ecken zurück. Die meisten wohl mehr denn je verbissen und verkrampt in die Ideen und Absichten mit denen sie hergekommen. Durch die sprachliche Verwirrung werden zu den bestehenden Missverständnissen neue getreten sein und die Eigenart der Landesverhältnisse, die bei einem flüchtigen Besuche nicht zu übersehen sind, mag das Gesehene vielfach in falsches Licht und falsches Urteil gerückt haben.

Und doch ist solch ein Zusammenkommen von Zeit zu Zeit notwendig: Um noch stärkerer Isolierung entgegenzuarbeiten, um einen Austausch einzuleiten, der schliesslich zu einem wirklichen Verstehen führen mag.

### **Das Lungernsee-Kraftwerk der Centralschweizerischen Kraftwerke, Luzern.**

Von Victor Gelpke, beratender Ingenieur, Luzern.

(Schluss von Seite 256.)

#### *Die Isodrom-Geschwindigkeits-Regler.*

Der im Aufbau neuartige Isodrom-Regler (⊕ Patent No. 85123 und 80882) kennzeichnet sich dadurch, dass er bei Belastungsänderungen einen vollständig schwingungsfreien Uebergang von einem Geschwindigkeits-Beharrungszustand in den darauf folgenden gestattet, dies im Gegensatz zu den meisten bekannten Reglern, die hierbei Unter- und Ueberschwingungen aufweisen.

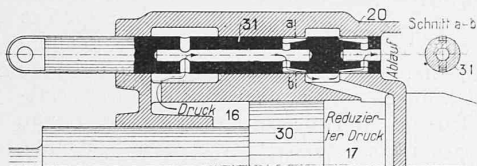


Abb. 18. Détail zum obersten Steuerkolben.

Die Bauart des Reglers sei an Hand der Abbildungen 17 bis 20 erläutert. Eine Zahnradpumpe 1, durch Riemen oder Zahnräder von der Turbine angetrieben, fördert Oel aus dem Behälter 2 in den zum Windkessel ausgebildeten Druckraum 3 unter Zwischenschaltung des Ueberströmventils 39 und des Rückschlagventils 40. Durch Oeffnen des Zuleitungsventils 4 gelangt das Drucköl in den Druckraum 5 des Hauptsteuerschiebers 6, von wo ihm in Mittelstellung durch die Steuerkanten 7 und 8 der Zutritt zu den Druckräumen des Reglerzylinders gesperrt ist. Bei einer Bewegung des Hauptsteuerschiebers 6 erhält der Kolben 11 auf der einen Seite Druck, wogegen die andere gleichzeitig mit dem Ablauf in Verbindung tritt. Der Verbindungshahn 49, der bei automatischer Regelung geschlossen bleibt, kommt nur für Handregelung in Betracht, sodass die Einwirkung auf den Reglerkolben 11 lediglich von der Stellung der Steuerkanten 7 und 8 abhängt. Der Reglerkolben überträgt seine Steuerkraft mittels Kolbenstange und Kurbelgetriebe 36-37 auf den Reglerring der Turbine und stellt deren Leitschaufelöffnung ein.

Aus dem Druckraum 5 des Steuerventils wird ein kleines Oelquantum abgezweigt und im Filter 12 filtriert. Das gereinigte Oel wird einestils zur Vorsteuerung des Steuerschiebers benutzt und zu diesem Zwecke nach der Oelkammer 13 geleitet, andernteils durch eine Drosselöffnung zu einem Membran-Druckreduzierventil 15 geführt. Dasselbst erfolgt eine Druckverminderung von etwa 10 auf  $\frac{1}{2}$  at. Das im Druck reduzierte Oel tritt in die Kammer 16 eines kleinen Hilfsservomotors ein und gelangt von hier durch Schlitze im Ventilgehäuse und Bohrungen im Steuerventil 31 zur andern Kammer 17; der Ueberschuss entweicht durch ebensolche Schlitze in den Ablauf.

Der Hauptsteuerschieber 6 empfängt seinen Impuls auf Verstellung durch das Federpendel 18 (Pat. No. 76605). Dieses mit grosser Ungleichförmigkeit versehene Pendel besitzt weder Zapfen noch Scharniere. Die Schwinggewichte sind durch dünne, schmiegsame Stahlbänder abgestützt und übertragen durch ebensolche Bänder, die an der Muffenstange angreifen, ihre Verstellkraft auf den Hebel 19. Das Pendel ist zufolge dieser Konstruktion praktisch reibungslos und daher hochempfindlich. In ähnlicher Weise sind übrigens auch die andern Hebel des Reglers angelenkt und zwar alle, bei denen es darauf ankam, toten Gang zu vermeiden.

Unter Einwirkung des Pendels dreht sich der Hebel 19 um den vorübergehend als Stützpunkt dienenden Punkt 14 des als Wagen ausgebildeten Zylinders 20 und wirkt mit dem freien Ende mittels eines Drosselarmens 21 auf die Vorsteuerung 22 des Hauptsteuerschiebers 6, wodurch sich dieser verschiebt. Die Verstellung bewirkt eine Bewegung des Hauptkolbens 11, die einestils die Turbine auf die notwendige Öffnung einstellt, andererseits sich aber auch dem allseitig geführten Rückfuhrschlitten 24 mittelst wegen Zwischenschaltung des um einen festen Drehpunkt schwingenden Winkelhebels 23. Die eingezeichnete Spiralfeder bewirkt eine spiellose Uebertragung der Bewegung. Ein weiterer Winkelhebel 25, der sich mit einer Rolle an eine Kurvenbahn 26 anschmiegt, ist um einen Zapfen des Schlittens 24 drehbar angeordnet und wird mit diesem gehoben

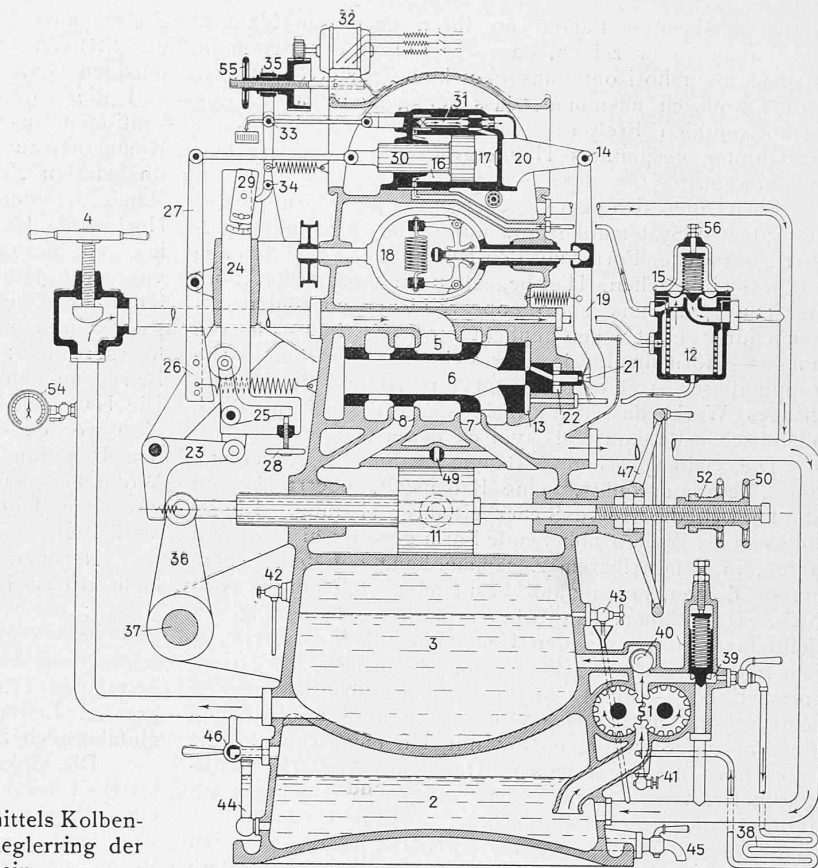


Abb. 17. Schema des Isodrom-Geschwindigkeits-Reglers, Bauart Bell & Cie., der Turbinen des Lungernsee-Kraftwerks. (Bezüglich der Zahlen-Legende sei auf den Text verwiesen.)

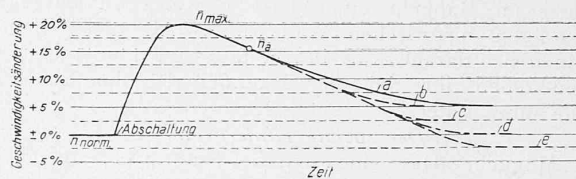


Abb. 21. Geschwindigkeitsänderung während der Rückführung des Reglers.

und gesenkt. Da die Kurvenbahn durch Federzug gegen die Rolle gepresst wird, ist der Hebel 27 gezwungen, spiellos, nach Massgabe der Kurvenbahn-Neigung eine Drehbewegung auszuführen. Das obere Ende dieses Hebels ist nun mit dem Differentialkolben 30 und, da dieser in Verbindung mit dem umschliessenden Gehäuse momentan als Katarakt wirkt, auch mit dem Zylinder bzw. Rückfuhrwagen 20 vorübergehend kraftschlüssig verbunden. Er folgt somit der eingeleiteten Bewegung des Hebels 27 und überträgt sie auf den bei 14 angelenkten Hebel 19 in dem Sinne, dass dessen Ende 21 in die frühere Lage zurückkehrt. Dadurch wird der Regelvorgang unterbrochen, jedoch bei einer Drehzahl, die noch zu viel von der normalen abweichen würde.

Hier nun setzt die eigentliche Isodrom-Rückführung ein, indem sie schwingungslos die Drehzahl auf ein vorgeschriebenes Mass zurückbringt.

Anschliessend sei noch erwähnt, dass auch auf andere Weise die Drehung des Hebels 25 und damit ein Ausschlagen des Hebels 27 bewirkt werden kann, z. B. auf mechanischem Wege durch Drehen der Schraube 28. Man kann die Turbine also auch von Hand auf die gewünschte Drehzahl einstellen, ohne dass zu der überdies vorhandenen mechanischen Handregulierung 47 gegriffen werden muss, deren Betätigung erheblich mehr Kraft benötigen würde.

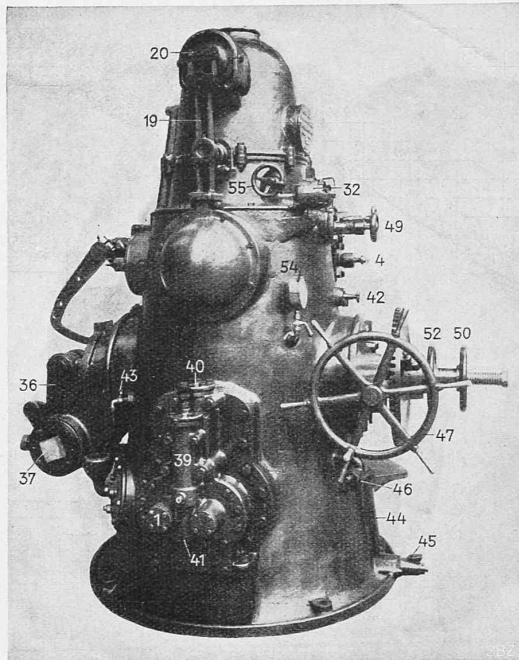
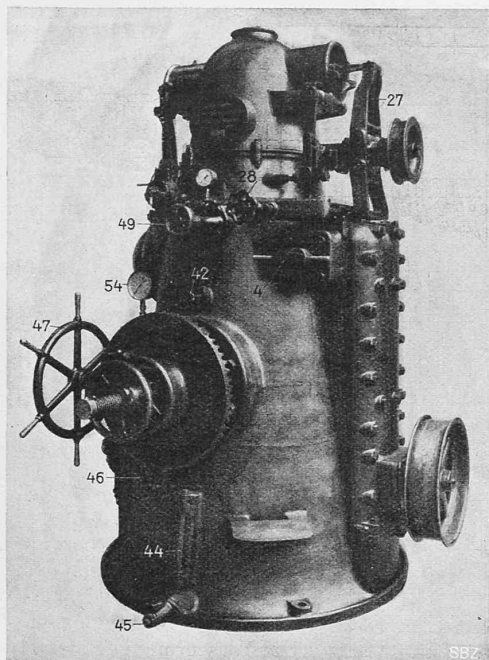


Abb. 19 und 20. Vorder- und Seitenansicht des Isodrom-Geschwindigkeits-Reglers der Maschinenfabrik von Theodor Bell & Cie.

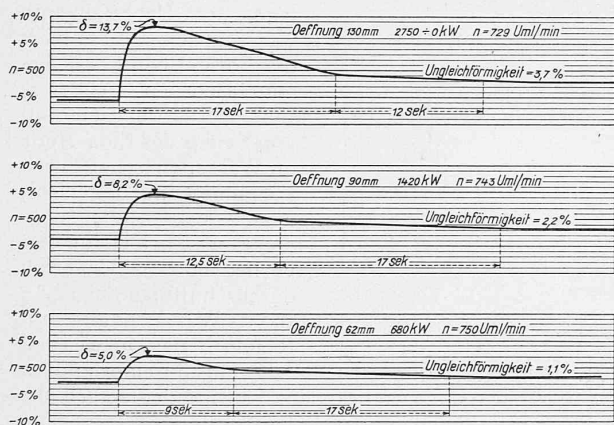


Abb. 22. Verhalten des Reglers bei plötzlicher Abschaltung der Belastung.

Die Isodrom-Rückführung besteht aus dem auf Rollen laufenden Wagen 20, dem Kolben 30 und dem Steuerkölbchen 31, das im Punkte 33 des zweiarmigen Hebels angeschlossen ist. Solange der Punkt 33 und das Steuerkölbchen 31 sich in der gleichen Lage befinden, wird für jede Stellung des Hauptservomotors die beim Beharrungszustand sich einstellende Drehzahl ein und denselben Wert besitzen. Wird aber Punkt 33 verlegt, so ist damit eine Aenderung der normalen Umlaufzahl verbunden. Diese Aenderung der Drehzahl kann von jedem freien Hebelende 34 und 35 eingeleitet werden. Zum Beispiel kann das Ende 35 mittels eines kleinen Elektromotors oder auch von Hand unter Zwischenschaltung von Spindel und Mutter verschoben werden (elektrische und Hand-Drehzahlverstellung). Es kann aber auch das andere freie Ende verstellt werden. Zu diesem Zwecke wird ein im Punkte 34 drehbarer Daumen mittels Federspannung gegen eine einstellbare Führungsbahn 29 gedrückt, die sich mit dem Rückfuhrschlitten 24 hebt oder senkt. Ist diese Bahn parallel zur Bewegungsrichtung des Schlittens, so wird der Punkt 33 in seiner Lage bleiben und der Regler wird auf gleichbleibende Drehzahl einstellen. Ist aber die Bahn 29, die geradlinig oder auch leicht gekrümmt sein kann, zur Bewegungsrichtung des Schlittens geneigt eingestellt, so wird je nach Grösse und Richtung der Schräge der Punkt 33

während des Kolbenhubes nach innen oder aussen verlegt, was eine Aenderung der Drehzahl im positiven oder negativen Sinne herbeiführt. Durch Einstellung der Kurvenbahn 29 lassen sich also Grösse und Sinn der Ungleichförmigkeit während des Betriebes regeln.

Der Kolben 30 ist ein Differentialkolben; er steht in der Kammer 16 unter konstantem, in der Kammer 17 unter veränderlichem Druck; beide Drücke halten sich am Differentialkolben in Ruhelage das Gleichgewicht.

Die notwendige Druckminderung im Raum 17 wird erzielt durch Drosselung des Drucköls, das

durch Schlitze mit abnehmendem Querschnitt in den Raum 17 austritt und von hier aus durch solche mit zunehmendem Querschnitt mit dem Ablauf in Verbindung steht (Abb. 18), sodass ständig eine Durchströmung von der Kolbenseite 16 zur Kolbenseite 17 und von hier zum Ablauf stattfindet. Die erwähnten Schlitze verlaufen vollständig in dem Steuerkölbchen 31. Die Anordnung ist derart, dass bei einer *Linksbewegung* des Kolbens 30 samt Wagen 20 und beispielsweise bei stillstehendem Kölbchen 31, der Uebertritt des Drucköls aus der Kammer 17 in den Ablauf wegen Verschmälerung der Schlitze erschwert, die Zuströmung zur Kammer 17 wegen Verbreiterung der Schlitze erleichtert wird, wodurch in der Kammer 17 sich ein etwas grösserer Druck wie anfänglich einstellt; dieser bewirkt eine *Rechtsbewegung* des Wagens 20 und zwar so lange, bis das Kölbchen 31 wieder seine Mittellage zwischen den Steuerkanten eingenommen hat.

Eine Abschaltung beispielsweise geht wie folgt vor sich: Im Augenblick der Abschaltung überwiegt das Antriebsdrehmoment. Die Drehzahl steigt infolgedessen, das Pendel schwingt aus und bewegt den Hebel 19 *nach links*. Dadurch wird die Sperrung des Oelaustrittes durch den Daumen 21 verstärkt; infolgedessen bewegen sich der Hauptsteuerschieber 6 ebenfalls nach links und damit der Kolben 11 *nach rechts*; die Turbine wird entsprechend der verminderten Belastung geschlossen. Durch den Hebel 23 wird nun aber gleichzeitig der Rückfuhrschlitten 24 verstellt, der seine Bewegung durch den Winkelhebel 25 auf den Hebel 27 überträgt. Dadurch wird der Differentialkolben 30 samt Wagen 20 nach links, d. h. im Sinne der Unterbrechung des Regelvorganges verschoben. Der Daumen 21 des Hebels 19 kehrt in seine Anfangslage zurück.

In diesem Augenblicke herrscht eine noch zu hohe Drehzahl. Unter der Annahme, dass während dieses Regelvorganges das Kölbchen 31 seine Lage nicht verändert habe, stellt sich infolge der eingetretenen Relativbewegung des Kölbchens 31 zum Wagen 20 und der daraus resultierenden Querschnittänderung der Zu- und Ablauf-Schlitze ein Druck im Raume 17 ein, der den Wagen 20 nach rechts schiebt, was ein nochmaliges Schliessen der Turbine unter Verminderung der noch zu hohen Drehzahl auf das gewünschte Mass bewirkt. Ähnliches tritt ein, wenn die Lage von Punkt 33 und Kölbchen 31 während des primären Teils der Rückfuhr-Bewegung zur Erzielung

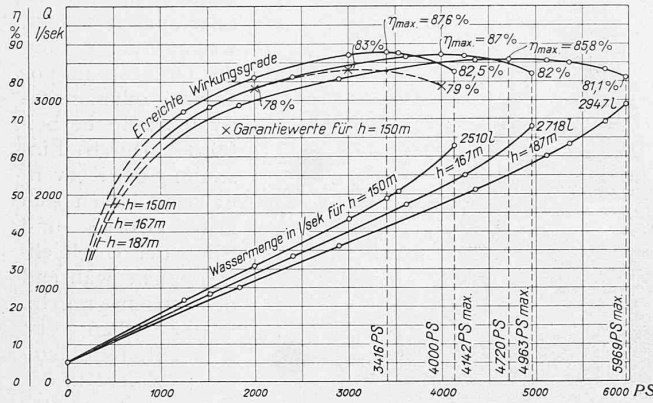


Abb. 23. Charakterist. Kurven der 4000 PS-Turbine in Funktion der Leistung.

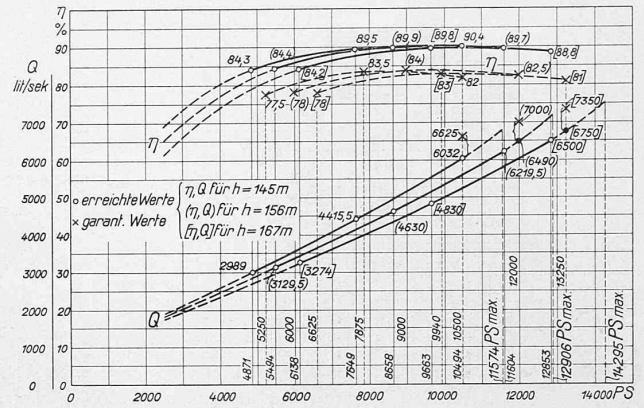


Abb. 25. Charakterist. Kurven der 12000 PS-Turbine in Funktion der Leistung.

einer gewissen Ungleichförmigkeit etwas verändert wird, wobei es für die Stabilität der Regelung gleichgültig ist, ob dieser Ungleichförmigkeitsgrad einen positiven oder negativen Wert besitzt.

Bildlich stellen sich die Geschwindigkeitsänderungen während der Rückführung wie folgt dar (siehe Abb. 21): Nach Ablauf des ersten Teils der Rückführungs-Bewegung ist die Drehzahl von  $n$  durch ein Maximum auf  $n_a$  gestiegen; als Folge der eingetretenen Relativbewegung zwischen dem Kölbchen 31 zum Wagen 20 bringt der zweite Teil die Drehzahl allmählich von  $n_a$  auf  $n_{normal}$  oder den durch Einstellung des Punktes 33 gewünschten Wert zurück. Das Gesetz, nach dem dieser zweite Teil der Rückführungs-Bewegung vor sich geht, ebenso die Dauer des Vorganges, hängen von der Formgebung der Kurvenbahn 29 und der Drosselschlitze im Steuerkölbchen 31 ab. Es liegt im Ermessen des Konstrukteurs, die Drehzahlverminderung zur Erreichung des darauf folgenden Beharrungszustandes nach der Ablauf-Kurve a, b, c, d oder e, also nach einer mehr oder weniger gekrümmten Linie vor sich gehen zu lassen, und ebenso hat man es in der Hand, einen positiven (Kurven a, b, c) oder negativen Ungleichförmigkeitsgrad (Kurve e) oder vollständig isodromen Gang (Ungleichförmigkeit = 0) zu erreichen (Kurve d).

Bestätigt wird die Wirkungsweise durch die mit Horn'schem Tachograph aufgenommenen drei Diagramme Abbildung 22, die das Verhalten des Reglers bei Abschaltungen von 4000, 2000 und 1000 PS wiedergeben. Gegenüber den gewöhnlichen Diagrammen zeichnen sich diese durch gänzlichem Fehlen der Unterschwingungen aus.

Als selbstverständliche Bestandteile weist der neue Regler noch die folgenden auf: eine Einrichtung zur Oelkühlung (Kühlschlange 38), die notwendigen Kontrollinstrumente, ein Schnüffelventil 41 zur Speisung des Windkessels mit Luft, einen Anschluss 42 zur Zuführung von Druckluft aus einer besondern Druckluftleitung, einen Proberhahn 43 zur Kontrolle des Drucköl-Inhaltes, einen Oelstandszeiger 44, einen Hahn oder ein Ventil 46 zur Entleerung des Windkessel-Oelinhales in den Behälter, eine mechanische Handregulierung 47 und den zur Betätigung dieser letzten erforderlichen Umleitungshahn 49 zur Verbindung der beiden Zylinderräume.

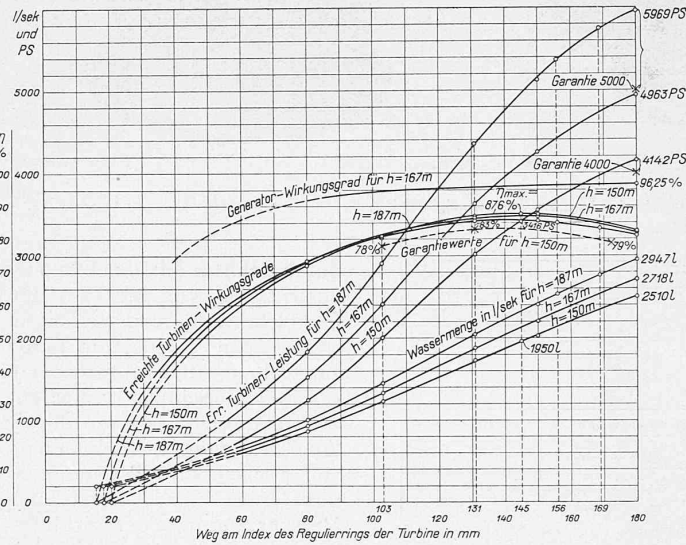


Abb. 24. Charakterist. Kurven der 4000 PS-Turbine in Funktion der Reglerstellung.

Die Versuchs-Ergebnisse.

Im Kraftwerk wurden vom 3. bis 6. Juli 1922 an den 4000 PS-Turbinen des ersten Ausbaus 21 Dauerversuche vorgenommen. Die Wassermenge ist mit Ueberfall ohne Seitenkontraktion von 2800 mm Breite und bei einer Höhenlage der Ueberfallkante von 1 m über Sohle nach der Formel von Frese ermittelt worden. Andererseits wurde der Ueberfall von Seiten des Eid. Amts für Wasserwirtschaft durch Flügelmessungen geeicht, wobei sich zeigte, dass die Frese-Formel für den vorliegenden Ueberfall durchschnittlich um 1,7% zu viel Wasser angibt, ein Resultat, das inzwischen

durch Eichung eines 3 m breiten Ueberfalls in einer andern Anlage sich ebenfalls bestätigt hat. Es sind denn auch die durch Flügelmessungen kontrollierten Werte als massgebend betrachtet worden.

Unter Zugrundelegung dieser Werte ergeben sich, nach Umrechnung auf die konstanten Drehzahlen 150, 167 und 187 m, die in Abbildung 23 wiedergegebenen Kurven. Wie aus diesen ersichtlich, ist der höchste garantierte Wert von 84% bei 167 m Gefälle in allen Fällen übertroffen worden, was auch von der erreichten Leistung gilt.

Mit dem nach Frese erhaltenen Werte gerechnet, wären die bezüglichen Wirkungsgrade je um rund 1,5% niedriger.

Wie sich die Turbine bei verschiedenen Oeffnungsgraden und unter verschiedenen Gefällen verhält, geht in anschaulicher Weise aus Abbildung 24 hervor.

Die Ergebnisse der Versuche mit der 12000 PS-Turbine des zweiten Ausbaus (Wassermessung mit Woltmann'schem Flügel), die vom 18. bis 20. Juni 1924 datieren, sind nach Umrechnung auf die konstanten Gefälle 145, 156 und 167 m in Abbildung 25 dargestellt; danach werden der garantierte Nutzeffekt um rund 6% und der erreichte Nutzeffekt der 4000 PS-Turbine noch um rund 2,5% übertroffen. Ferner wird bei Vollöffnung eine Leistung erzielt, die um 1000 PS über der garantierten liegt.

Für die Erlaubnis zur Veröffentlichung der Einzelheiten sei den Centralschweizerischen Kraftwerken und der Firma Th. Bell & Cie. A.-G. an dieser Stelle mein Dank ausgesprochen; ebenso gebührt der Redaktion der Schweizerischen Bauzeitung für die sorgfältige Drucklegung Dank und Anerkennung.