

www.e-rara.ch

Die Wasserturbinen und deren Regulatoren an der Schweizerischen Landesausstellung Bern 1914

Prasil, Franz

Zürich, 1915

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 1107

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-12416>

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]



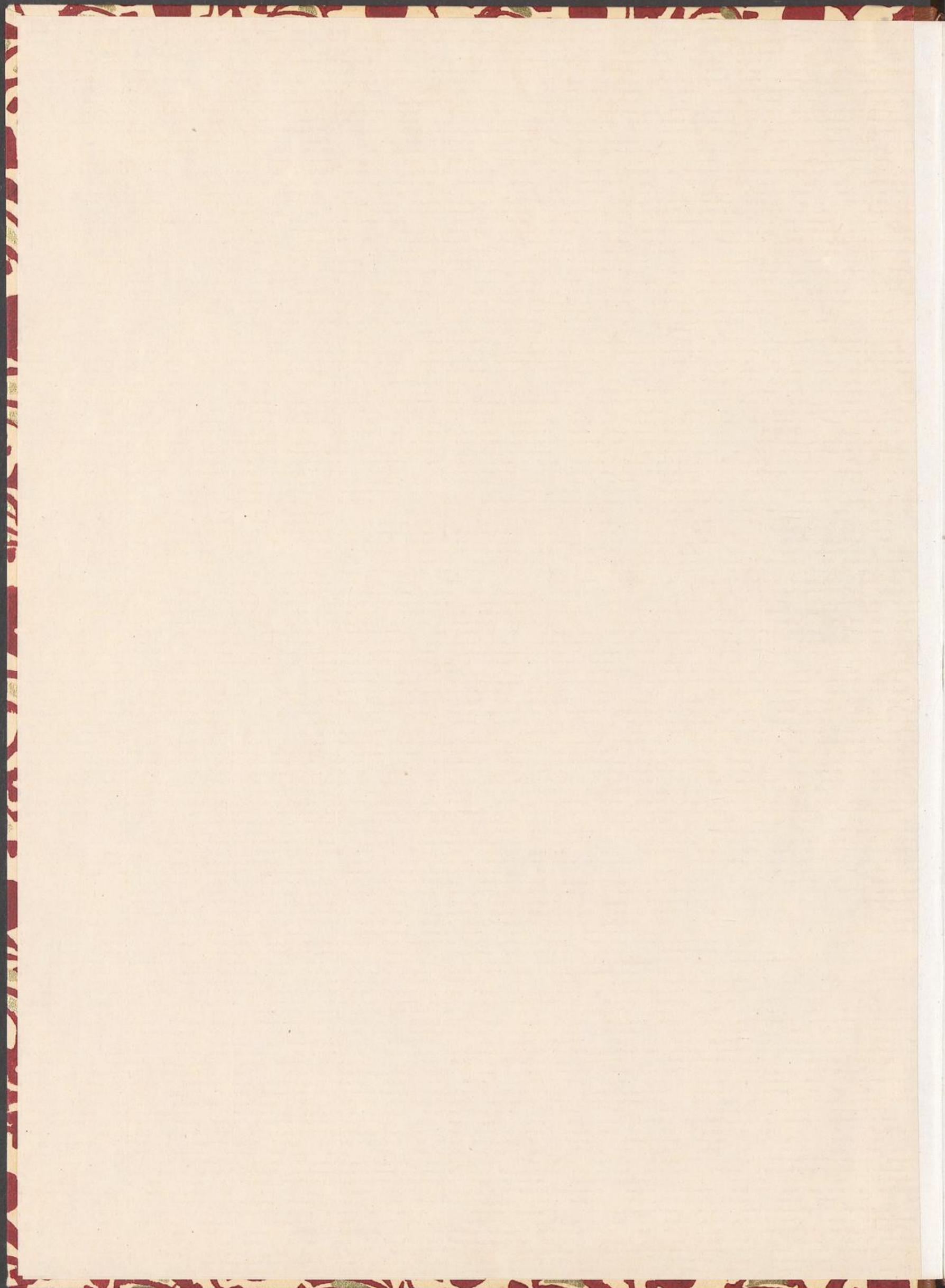
Rar 11079

Die Wasserturbinen und deren Regulatoren an der Schweizerischen Landesausstellung Bern 1914

Von
Dr. Dr. FRITZ WÄSLER in Zürich



Alle Rechte vorbehalten
Abdruck aus der "Schweizerischen Bauzeitung", Band LXXV, 1914, und Band LXXVI, 1915
Verlag des Schweizerischen Bauvereins, Bern

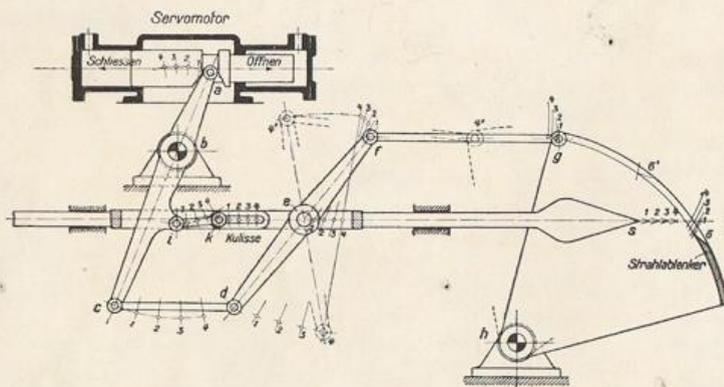


Alamartine

Die Wasserturbinen und deren Regulatoren an der Schweizerischen Landesausstellung Bern 1914

Von

Prof. Dr. FRANZ PRÁŠIL in Zürich



Alle Rechte vorbehalten

Sonderabdruck aus der „Schweiz. Bauzeitung“, Band LXIV 1914 und Band LXV 1915

Kommissions-Verlag von Rascher & Cie., Zürich



Faint, illegible text or markings at the bottom of the page, possibly a signature or a date.



Die Wasserturbinen und deren Regulatoren an der Schweiz. Landesausstellung Bern 1914

Von Prof. Dr. FRANZ PRÁŠIL in Zürich

In der Maschinenhalle haben acht Firmen Wasserturbinen und sechs derselben teils mit den Turbinen verbundene, teils besondere Gruppen von Geschwindigkeitsregulatoren ausgestellt; dank der übersichtlichen Nebeneinanderreihung der, den einzelnen Firmen zugewiesenen Plätze¹⁾ können die zumeist hochinteressanten Objekte gut verglichen und demzufolge die wesentlichsten gemeinsamen und die speziellen Eigenschaften der einzelnen Konstruktionen erkannt und studiert werden.

Die ausgestellten Objekte sind im folgenden in einem Verzeichnis zusammengefasst, wobei die Firmen in der Reihenfolge der Numerierung im Ausstellungskatalog geordnet sind; es werden daran vorläufig nur diejenigen Ergebnisse der durchgeführten Studien angeschlossen, die den derzeitigen Stand des Wasserturbinen- und Regulatorbaues charakterisieren; eingehende Schilderungen und Besprechungen einzelner Objekte werden später an Hand entsprechender Darstellungen im Spezialberichte folgen.

I. Verzeichnis.

Es sind hier für die Angabe der wichtigsten Konstruktionsdaten folgende Bezeichnungen verwendet:

- H = Gefälle in Metern;
- Q = Wassermenge in Kubikmeter per Sekunde;
- N_e = Leistung in Pferdestärken;
- n = Zahl der Umdrehungen per Minute;
- D = Eintrittsdurchmesser des Turbinenrades in Meter;
- d = Maximaler Strahldurchmesser von Freistrahlturbinen in Meter;
- A = Arbeitsvermögen des Servomotors des automat. Geschwindigkeitsregulators in Kilogrammster;
- τ = Schlusszeit desselben in Sekunden;
- n_s = Kennziffer (spezifische Umdrehungszahl).

Geschwindigkeitsregulierung dienende Universal-Oeldruckregulator Nr. IV ist dimensioniert für: $A = 1350 \text{ mkg}$ und $\tau = 1 \text{ sek.}$ Sie ist bestimmt für die hydroelektrische Anlage Borgne im Kanton Wallis der Aluminium-Industrie-Aktiengesellschaft in Neuhausen.

2. Eine Francis-Spiral-Doppelturbine mit liegender Welle gebaut für: $H = 140 \text{ m}$; $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{sek.}$; $N_e = 3700 \text{ PS}$; $n = 600$; $D = 1,1 \text{ m}$; $n_s = 53$.

Die Turbine ist mit aussenliegendem Antriebsmechanismus für die Verdrehung der Fink'schen Leitschaufeln ausgeführt; der mit ihr verbundene Universal-Oeldruckregulator Nr. II ist dimensioniert für: $A = 550 \text{ mkg}$; $\tau = 1 \text{ bis } 2 \text{ sek.}$; ausserdem ist sie mit einem automa-

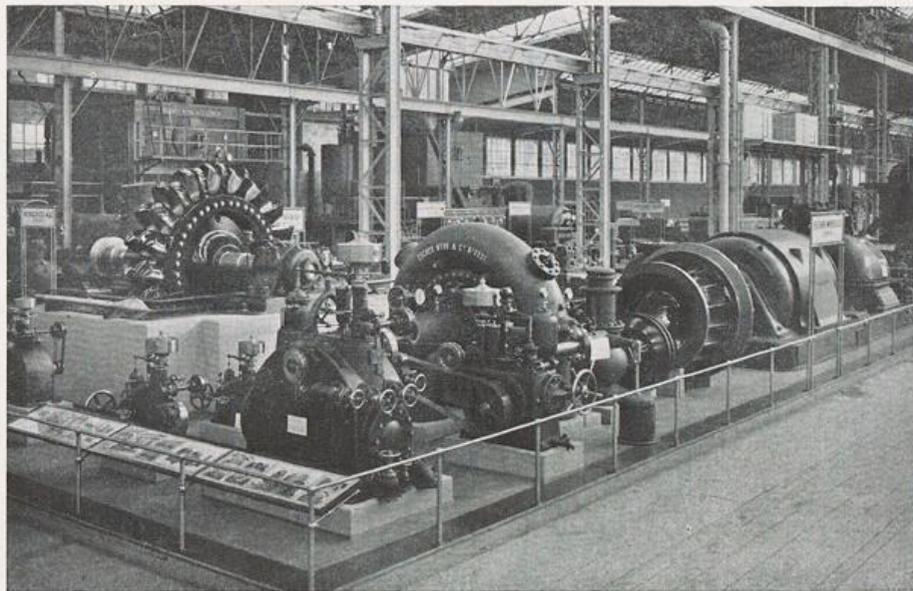


Abb. 1. Ausstellungs-Stand der A.-G. der Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie. in Zürich.

Kat.-Nr. 32006. *Aktiengesellschaft der Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie., Zürich* (Abb. 1).

1. Eine Freistrahlturbine mit liegender Welle gebaut für: $H = 340 \text{ m}$; $Q = 2,25 \text{ m}^3/\text{sek.}$; $N_e = 8250 \text{ PS}$; $n = 300$; $D = 2,5 \text{ m}$; $d = 0,2 \text{ m}$.

Die Turbine ist mit kombinierter Strahlableiter- und Nadeldüsenregulierung versehen; der für die automatische

¹⁾ Siehe den Einteilungsplan der Maschinenhalle (Tafel 14) und die Abbildungen der Tafeln 13 u. 15, sowie 6 bis 10 der Schweiz. Bauzeitung, Band LXIV, Nr. 8 vom 22. August 1914.

tischen Druckregler Nr. 8 von $0,06 \text{ m}^2$ normalem Durchflussquerschnitt ausgerüstet. Das hierzu gehörige Turbinenrad aus Bronze ist gesondert ausgestellt.

Die Turbine ist bestimmt für die hydroelektrische Anlage Chute de l'Ance der Société Générale d'Entreprises et Fougere Frères, Paris.

3. Ein Francis-Turbinenrad in Rohguss konstruiert für: $H = 50 \text{ m}$; $Q = 30 \text{ m}^3/\text{sek.}$; $N_e = 15000 \text{ PS}$; $n = 250$; mit $D = 1,7 \text{ m}$; $n_s = 231$.

Das Rad gehört zu einer der einfachen Spiralturbinen in Blechgehäusen mit stehenden Wellen, die für die hydroelektrische Anlage in Seros der Ebro Irrigation Co. in Barcelona bestimmt sind; diese Anlage enthält fünf Generatoreinheiten zu 15 000 PS und zwei Erregereinheiten zu 600 PS und ist durch ein Modell im Masstab 1:50 veranschaulicht.

4. Ein Francis-Turbinenrad in Guss-eisen mit eingegossenen Stahlblechschaufeln konstruiert für: $H = 14,8$ bis $11,3$ m; $Q = 38,5$ bis $40,0$ m³/sek; $N_e = 6000$ bis 4500 PS; $n = 150$; mit $D = 1,7$ m; $n_s = 281-343$.

Das Rad gehört zu einer der Zwillings-turbinen mit liegender Welle für die hydroelektrische Anlage Faal (an der Drau) der steiermärkischen Elektrizitätsgesellschaft in Graz.¹⁾

5. Eine Serie von Freistrahlturbinen und zwar:

Nr. I für H bis 135 m; N_e bis 12 PS; von Hand betätigte Nadeldüsenregulierung.

Nr. II für H bis 200 m; N_e bis 62 PS mit Nadeldüsenregulierung von Hand oder mit hydraulischem Regulator zu betätigen.

Nr. III für H bis 200 m; N_e bis 165 PS, gleicher Ausbau wie Nr. II.

6. Eine Serie von Universal-Oeldruckregulatoren u. z.

Nr. 0 dimensioniert für $A = 50$ mkg

Nr. 00 „ „ $A = 120$ „

Nr. VI „ „ $A = 5500$ „

mit Schlusszeiten von 1 bis 2 sek.

7. Ein Modell, die Anlage des Kraftwerkes Augst der

¹⁾ Siehe Schweiz. Bauzeitung, Band LXIII, S. 364 (20. Juni 1914).



Abb. 2. Société Anonyme des Ateliers Piccard, Pictet & Cie., Genève. (Das Francis-Laufrad links oben gehört zum Stand von Th. Bell & Cie.)

Stadt Basel¹⁾ im Querschnitt durch Einlauf, Turbinenkammer und Maschinenhaus im Masstab 1:8 darstellend.

Die Generatorturbinen sind vierfache Francisturbinen in offenen Wasserkammern, haben liegende Wellen und sind konstruiert für: $H = 5$ bis 7 m; $N_e = 2200$ bis 3000 PS; $n = 107$; und mit $D = 1,7$ m.

Die ausgeführten Turbinenräder haben je 17 eingegossene Stahlblechschaufeln; die Universal-Oeldruck-Regulatoren sind dimensioniert für: $A = 3000$ mkg.

Kat.-Nr. 32020. Société Anonyme des Ateliers Piccard, Pictet & Cie., Genève (Abbildung 2).

1. Eine Zwillings-Freistrahlturbine mit liegender Welle gebaut für: $H = 253$ m; $N_e = 16400$ PS; $n = 250$ mit $D = 2,4$ m; $d = 0,164$ m.

Die Turbine ist verbunden mit einem auf die Strahl-ablenker und gleichzeitig auf die Nadeln der Nadeldüsen wirkenden Geschwindigkeits-Regulator mit Drucköl-Servo-motor; sie ist bestimmt für die hydroelektrische Anlage Saaheim der Aktieselskabet Rjukanfos in Christiania.

2. Eine einfache Freistrahlturbine mit liegender Welle, gebaut für: $H = 1650$ m; $N_e = 3000$ PS; $n = 500$; mit $D = 3,55$ m; $d = 0,038$ m.

Die Turbine ist mit einem Geschwindigkeitsregulator von im Wesen gleicher Aktionsfähigkeit ausgerüstet, wie diejenige für Rjukanfos (Nr. 1); die Detailkonstruktion sowohl des Regulators als auch der Turbine musste dem grossen, bisher noch nicht in einer Stufe ausgenutzten Gefälle von 1650 m besonders angepasst werden.

Die Turbine ist bestimmt für die hydroelektrische Anlage in Fully (Waadt) der Société d'Electrochimie in Paris.

3. Eine einfache Spiral-Francisturbine mit liegender Welle, gebaut für: $H = 70$ m; $N_e = 1350$ PS; $n = 750$; mit $D = 0,62$ m; $n = 136$.

Die Turbine ist mit aussenliegendem Antriebsmechanismus für die Verdrehung der Fink'schen Leitschaufeln ausgeführt, der von einem einfach wirkenden Drucköl-regulator betätigt wird; die zugehörige Rotationspumpe für die Oelförderung ist besonders ausgestellt.

Die Turbine ist bestimmt für die hydroelektrische Anlage Prés du Chanet der Stadt Neuchâtel.

4. Eine Zwillings-Spiral-Francisturbine mit liegender Welle, gebaut für: $H = 19,35$ bis $22,70$ m; $N_e = 2500$ PS; $n = 300$; mit $D = 0,92$ m; $n_s = 263$.

Ein Turbinenrad ist separat ausgestellt. Die Turbine ist bestimmt für die hydroelektrische Anlage Kallnach der Bernischen Kraftwerke A.-G.

¹⁾ Schweiz. Bauzeitung, Band LXIII Seite 1 (3. Jan. 1914), u. ff.; auch als Sonderabdruck erschienen.

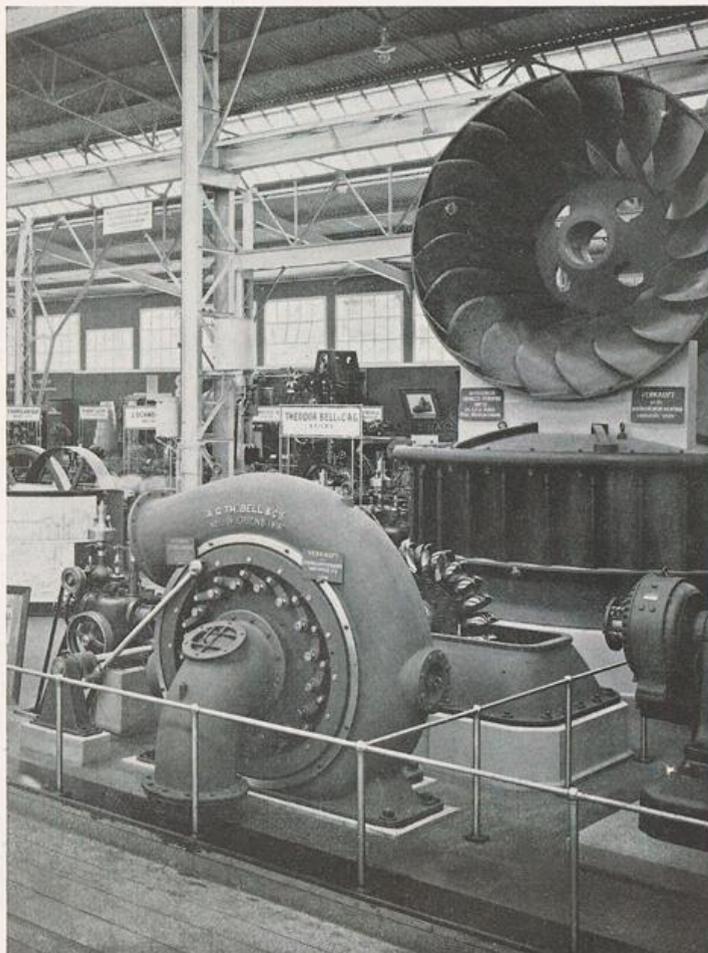


Abb. 4. A.-G. der Maschinenfabriken von Th. Bell & Cie. in Kriens.

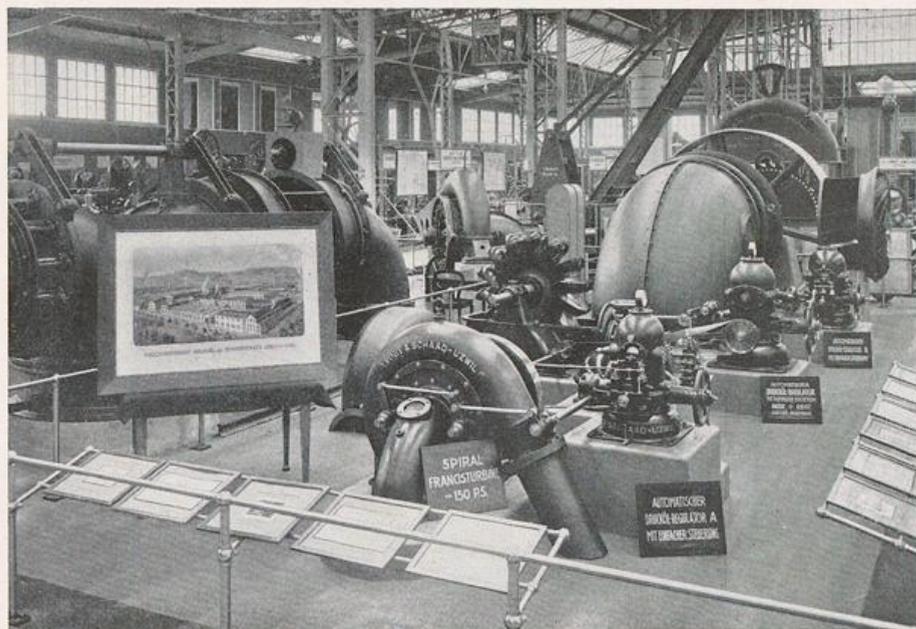


Abb. 3. Rechts: Vogt & Schaad, vorm. Benninger & Cie., Uzwil.
Links: A. G. vorm. Joh. Jac. Rieter & Cie. in Töss bei Winterthur.

Kat.-Nr. 32036. **O. Meyer & Cie., Maschinenfabrik, Neu-Solothurn.**

Eine einfache *Spiral-Francisturbine* mit innenliegendem Regulerring und Handantrieb für die Verdrehung der Leitschaufeln zeigt die von der Firma verwendete Ausführungsform für verschiedene Betriebe bis zu Leistungen von 100 PS.

Kat.-Nr. 32043. **Vogt & Schaad, vorm. Benninger & Cie., Uzwil** (Abb. 3 rechts).

1. Eine einfache *Spiral-Francisturbine* mit liegender Welle, gebaut für: $H = 50 \text{ m}$; $Q = 0,280 \text{ m}^3/\text{sek}$; $N_e = 150 \text{ PS}$; $n = 1100$; $n_s = 100$.

Das Laufrad ist fliegend auf die Welle disponiert und mit hydraulischer Entlastung versehen; mit der Turbine verbunden ist ein einfachwirkender Druckölregulator für Isodromregulierung mit allem Zubehör.

2. Eine einfache *Freistrahlturbine* mit liegender Welle und Nadeldüse, gebaut für: $H = 100 \text{ m}$; $Q = 0,0185 \text{ m}^3/\text{sek}$; $N_e = 20 \text{ PS}$; $n = 1300$.

3. Eine einfache *Freistrahlturbine* mit liegender Welle, gebaut für: $H = 120 \text{ m}$; $Q = 0,190 \text{ m}^3/\text{sek}$; $N_e = 250 \text{ PS}$; $n = 400$.

Die Turbine ist verbunden mit einem Drucköl-Regulator samt Zubehör, mit zwei Regulierorganen, die beide unter dem Einfluss des Fliehkraftreglers vom Regulierventil gesteuert werden und wovon das eine die erforderliche Bewegung der Reguliernadel, das andere diejenige des Strahlableskers betätigt.

4. Eine einfache *Francisturbine* mit liegender Welle, gebaut für: $H = 3,0 \text{ m}$; $Q = 50 \text{ m}^3/\text{sek}$; $N_e = 160 \text{ PS}$; $n = 80$; $n_s = 258$.

Die Turbine wird im offenen Wasserkasten eingebaut und ist mit einem einfachen Drucköl-Regulator ausgerüstet.

Kat.-Nr. 32056. **Aktiengesellschaft der Maschinenfabrik von Theodor Bell & Cie. in Kriens** (Abb. 4).

1. Eine einfache *Niederdruck-Francisturbine* mit stehender Welle, gebaut für: $H = 4,2 \text{ m}$; $Q = 19,5 \text{ m}^3/\text{sek}$; $N_e = 860 \text{ PS}$; $n = 42$; $D = 3,15 \text{ m}$; $n_s = 243$.

Die allgemeine Anordnung entspricht den bekannten Ausführungen der Firma für vertikale Einheiten; ein zugehöriges Laufrad ist gesondert ausgestellt. Die Turbine ist für das Elektrizitätswerk Wynau, als Ersatz einer alten Jonvalturbine, bestimmt.

2. Eine *Freistrahlturbine* mit liegender Welle und zwei Düsen gebaut für: $H = 255 \text{ m}$; $N_e = 2000 \text{ PS}$; $n = 500$.

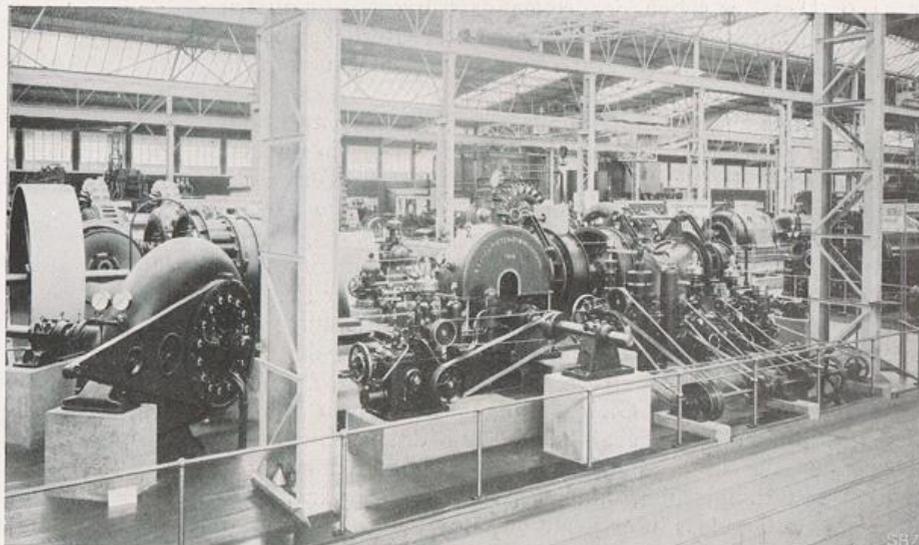


Abb. 5. Ausstellungsstand der A.-G. vorm. Joh. Jac. Rieter & Cie., Winterthur.

Die Regulierung der Turbine erfolgt mittels Strahlablesker und Reguliernadel, für deren Betätigung die Turbine mit einem Drucköl-Regulator verbunden ist.

3. Eine *Mitteldruck-Spiral-Francisturbine* mit liegender Welle, gebaut für: $H = 75 \text{ m}$; $N_e = 1100 \text{ PS}$; $n = 600$; $n_s = 80$.

Die Turbine ist mit aussenliegendem Antriebsmechanismus für die Bewegung der Leitschaufeln ausgeführt und für die automatische Geschwindigkeits-Regulierung mit einem Drucköl-Regulator verbunden. Sie ist bestimmt für das Elektrizitätswerk Schwyz der „Zentralschweiz. Kraftwerke“.

4. Eine Serie von *Drucköl-Regulatoren* mit $A = 100, 225, 500, 1000$ und 1500 mkg .

Kat.-Nr. 32065. **Aktiengesellschaft vorm. Joh. Jacob Rieter & Cie., in Töss bei Winterthur** (Abb. 3 links und Abb. 5).

1. Eine *dreifache Niederdruck-Francisturbine* mit liegender Welle, gebaut für: $H = 4,9 \text{ m}$; $Q = 5,25 \text{ m}^3/\text{sek}$; $N_e = 267 \text{ PS}$; $n = 150$; mit $D = 0,8 \text{ m}$; $n_s = 200$.

Die für die Spinnerei Niedertöss der ausstellenden Firma gebaute Turbine ist als Kombination einer Zwillings-turbine mit einer einfachen Turbine in getrennten Wasserkammern disponiert; die beiden Regulierantriebe können gesondert betätigt werden.

2. Eine *Spiral-Francisturbine* mit liegender Welle, gebaut für: $H = 32,5$ bis $37,5 \text{ m}$; $Q = 1,48$ bis $1,55 \text{ m}^3/\text{sek}$; $N_e = 500$ bis 600 PS ; $n = 400$; mit $D = 0,8 \text{ m}$; $n_s = 115$ bis 107 .

Die Turbine ist mit aussenliegendem Antriebsmechanismus für die Verdrehung der Leitschaufeln ausgeführt. Geliefert wird sie an das Kraftwerk Lauterbrunnen der Jungfrau-Bahn-Gesellschaft.

3. Eine einfache *Freistrahlturbine* mit liegender Welle, gebaut für: $H = 205 \text{ m}$; $Q = 0,230 \text{ m}^3/\text{sek}$; $N_e = 500 \text{ PS}$; $n = 500$; mit $D = 1,05 \text{ m}$; $d = 0,075 \text{ m}$.

Die Turbine ist für die automatische Geschwindigkeitsregulierung mit einem Drucköl-Regulator samt Zubehör versehen, der einerseits auf einen Strahlablesker, andererseits auf die Nadel einer Nadeldüse wirkt. Bestimmungsort ist die Anlage „Moulin de Combes“ der Stadt Sitten, Kanton Wallis.

4. Zwei kleinere *Freistrahlturbinen* mit liegenden Wellen, für: H bis zu 150 m und N_e bis zu $4,5$, bzw. 12 PS .

5. Eine Serie von drei *Normal-Drucköl-Regulatoren* mit $A = 50, 100$ bzw. 250 mkg .

6. Ein *Drucköl-Isodrom-Regulator* mit Fernsteuerung und $A = 550 \text{ mkg}$.

Kat.-Nr. 32069. **Gebrüder Hartmann, Maschinenfabrik, Flums (Kt. St. Gallen).**

Eine einfache *Spiral-Francisturbine* mit liegender Welle, für Handregulierung eingerichtet.

Die Firma erstellt hauptsächlich komplette Sägeeinrichtungen und hiezu auch Turbinen für deren Betrieb.

Kat.-Nr. 32079. **Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey, S. A.** (Abb. 6).

1. Eine *einfache Freistrahlturbine* mit liegender Welle, gebaut für: $H = 880 \text{ m}$; $Q = 0,275 \text{ m}^3/\text{sek}$; $N_e = 2600 \text{ PS}$; $n = 500$; mit $D = 2,2 \text{ m}$; $d = 0,055 \text{ m}$.

Die Turbine ist verbunden mit einem Drucköl-Regulator für die Betätigung eines Strahlablenkens und der Regulirnadel einer Nadeldüse und gehört in die hydroelektrische Anlage Vouvy der Société Romande d'Electricité, Territet.

2. Eine kleine *Freistrahlturbine*, Mod. Nr. 350 ($D = 0,35 \text{ m}$) mit Drucköl-Regulator.

3. Eine kleine *Freistrahlturbine*, Mod. Nr. 200 ($D = 0,2 \text{ m}$; kleinstes Modell) für Handregulierung.

4. Ein Francis-Turbinenrad, Mod. Nr. 600.

5. Eine *Spiral-Francisturbine*, Mod. Nr. 250.

6. Ein Klinken-Regulator, System Michaud (rein mechanisch).

7. Ein *Absperrschieber* mit hydraulischem Antrieb.



Abb. 6. Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey, S. A.

Aus diesem Verzeichnis ist zu erkennen, dass der schweizerische Wasserturbinenbau bestrebt war, in möglichst grossem Umfang seine Produktionsfähigkeit vorzuführen, wofür ihm jedenfalls nicht nur der Dank der Ausstellungsbehörden, sondern auch in vollstem Mass derjenige der Fachwelt gebührt.

II. Ergebnisse der vergleichenden Studien.

Der Vergleich der ausgestellten Objekte führt in erster Linie zu dem Ergebnis, dass derzeit für den schweizerischen Wasserturbinenbau folgende Richtlinien als die führenden bezeichnet werden können:

1. Die ausschliessliche Verwendung von Francisrädern für Reaktions- und von Peltonrädern für Freistrahlturbinen.

2. Die ausschliessliche Verwendung von Fink'schen Leitschaufeln für Francisturbinen und von Nadeldüsen für kreisrunden Strahl an Peltonurbinen.

3. Die ausschliessliche Verwendung von Strahlablenkung kombiniert mit Nadelverschiebung für die Regulierung von Peltonurbinen bei hohem Gefälle und grosser Länge der Zuflussleitung.

4. Abgesehen von einem rein mechanisch arbeitenden Geschwindigkeits-Regulator (Kat.-Nr. 32079, Pos. 6) die ausschliessliche Verwendung von Drucköl als servomotorische Flüssigkeit in den Servomotoren der automatischen Geschwindigkeits-Regulatoren.

5. Die ausschliessliche Verwendung federbelasteter Fliehkraftregler.

6. Das Bestreben der Normalisierung von Konstruktionen kuranter Grössenordnung unter Berücksichtigung möglichst weitgehender Anpassungsfähigkeit an verschiedenen Betrieben.

7. Zielbewusste Individualisierung der Konstruktionen in Fällen besonderer Art, die sich durch das deutlich ersichtliche Bestreben kennzeichnen, einerseits grösste Leistungsfähigkeit in *einer* Einheit auch bei *kleinen* Gefällen konzentrieren und andererseits auch sehr hohe Gefälle in *einer* Stufe mit aller Betriebssicherheit ausnützen zu können.

8. Elegante und doch den Bedürfnissen der Festigkeit durchwegs Rechnung tragende Maschinenarchitektur; zweckentsprechende Disposition und Dimensionierung der Bedienungsarmaturen.

Innerhalb dieser Gleichförmigkeiten weisen nun die Konstruktionen der einzelnen Firmen doch verschiedene Lösungen der in diesem Teil des Maschinenbaues auftretenden technologischen, kinematischen und hydraulischen Probleme auf, sodass interessante Mannigfaltigkeiten zu konstatieren sind, die, soweit ohne Hilfsmittel bildlicher Darstellungen möglich, im folgenden aufgezählt werden.

A. Francisturbinen.

a) Konstruktion und Ausführung der Turbinenräder.

Im Francisturbinenbau unterscheidet man bekanntlich hinsichtlich der Radkonstruktion bzw. deren Schaufelung: Langsamäufer, Normalläufer, Schnelläufer und extreme Schnelläufer. Die beiden ersten finden Verwendung bei den verschiedensten Gefällen, die letzteren insbesondere bei *Niederdruckanlagen* mit kleinen und stark wechselnden Gefällen, wo es gilt, bei *grosser* Leistungsfähigkeit auch *relativ hohe* Umdrehungszahlen zu erzielen, um für die mit den Turbinen gekuppelten Generatoren nicht unwirtschaftlich grosse Dimensionen zu erhalten; es ist gebräuchlich, diese Unterscheidung auf den Wert n_s der sogenannten Kennziffern (in anderer Benennung: der spezifischen Umdrehungszahl) zu basieren, dessen ziffernmässige Berechnung auf Grund folgender Formel zu erfolgen hat:

$$n_s = \frac{n}{H} \sqrt{\frac{N_e}{VH}}$$

worin bei mehrfachen Turbinen $N_e =$ Leistung pro Rad bedeutet und zwar zählt man derzeit die Turbinen

zu Langsamäufern,	wenn $150 > n_s$
zu Normalläufern,	$250 > n_s > 150$
zu Schnelläufern,	$350 > n_s > 250$
zu extremen Schnelläufern,	$n_s > 350$

Demgemäss ist nicht die verwendete Umdrehungszahl ein Mass für die Schnellläufigkeit; z. B. ist das Rad der Turbine Kat.-Nr. 32006, Pos. 2 zu den Langsamäufern zu zählen, obwohl sie mit $600 \text{ Uml}/\text{min}$ läuft, da dafür $n_s = 53$ ist, während das Rad der Turbine Kat.-Nr. 32006, Pos. 4 mit $n = 150$, aber $n_s = 281$ bis 343 zu den Schnelläufern gehört.

Wie nun aus den Zifferangaben des Verzeichnisses zu ersehen ist, sind von einzelnen Firmen Turbinen verschiedenster Schnellläufigkeit ausgestellt; die Schaufeln sind jedoch bei Turbinen derselben Kategorie, aber verschiedener Provenienz durchaus nicht gleich geformt, sodass zu schliessen ist, dass die verschiedenen Firmen noch recht verschiedene Methoden der Konstruktion der Schaufeln zu Grunde legen.

Hinsichtlich der materiellen Ausführung findet man Räder komplett aus Gusseisen, oder solche mit gusseisernen Kränzen und Naben und eingegossenen Stahlblechschaufeln

und ein Rad aus Bronze; vorwiegend sind die Ausführungen ganz in Gusseisen.

b) Konstruktion der Leiträder und Antriebsmechanismen für die Regulierung.

Wie schon erwähnt, sind sämtliche Leiträder mit Fink'schen Drehschaufeln ausgerüstet, deren gleichzeitige Bewegung mittelst Lenker von einem Reguliererring aus erfolgt. Bei Niederdruckturbinen und einigen kleinern Spiralturbinen ist der Reguliererring in der älteren Weise an einer Seitenwand des Leitapparates, zumteil auch auf Kugeln gelagert; an den grössern Spiralturbinen sind jedoch die Bolzen mit den Drehschaufeln je in einem Stück hergestellt, in Stopfbüchsen durch die Leiträderseitenwand geführt, aussen mit Hebeln versehen, und mit dem ebenfalls aussen gelagerten Reguliererring mittelst Lenker verbunden. Diese Lenker sind überall einteilig ausgeführt, ausgenommen bei der Ausführung von Piccard, Pictet & Cie., welche Firma die aus der Beschreibung der Turbinen der Anlage Ventavon (Schweiz. Bauzeitung, Band LVII Nr. 8 1911) bekannte einseitig flexible Verbindung mittels eingeschalteter Druckfedern verwendet, damit bei eintretender Verhinderung der Verdrehung einer Leitschaufel letztere gegen Bruch gesichert ist. Bell führt zum nämlichen Zweck die einteiligen, leicht ersetzbaren Lenker gekrümmt aus, gleichsam als Sicherheits-Bruchorgane in Analogie der Brechplatten bei Druck-Rohrleitungen.

c) Spiralgehäuse.

Diese sind teils in Gusseisen, hierbei mit flaschenförmigem Querschnitt, teils in Blechkonstruktion ausgeführt. Von besonderer Bedeutung ist die Ausführung der Spiralgehäuse der Anlage Seros in Blechkonstruktion mit kreisförmigem Querschnitt und den respektablen Dimensionen: Grösster Durchmesser des Gehäuses 7,4 m, Durchmesser des grössten Querschnittes 2,4 m.

d) Wellen und deren Lagerung.

Die von Th. Bell & Cie. ausgestellte, für das Elektrizitätswerk Wynau bestimmte Francisturbine hat mit Rücksicht auf bestehende Anlageteile stehende Hohlwelle erhalten. Die liegenden Wellen sind teils in Ringschmierlagern allein, teils in kombinierten Ringschmier- und Kugellagern gelagert, letzteres insbesondere an dem Lager, das den Achsialschub aufnehmen soll. Kugelspurlager für stehende Wellen sind nicht ausgestellt, doch macht die Firma J. J. Rieter & Cie. in Winterthur auf deren mehrfache Verwendung in ihren Ausführungen aufmerksam.

e) Geschwindigkeitsregulatoren.

Die mit den ausgestellten Francisturbinen verbundenen Regulatoren sind, entgegen früherem Gebrauch, nicht mehr je in spezieller Anordnung dem Gehäuse angepasst, sondern es sind Normaltypen verwendet, die nur in passender Weise neben der Turbine zumeist am Fundamentrahmen befestigt sind; die Verbindung des Servomotorkolbens mit der Regulierwelle erfolgt durch Hebel und Lenker.

B. Peltonurbinen.

a) Konstruktion und Ausführung der Turbinenräder.

Wenn auch in allen Fällen die bekannte, gegen die Mittelebenen des Rades symmetrische Doppelschale mit in der Symmetrieebene gelegener Teilkante für den Strahl die Grundform der Schaufeln bildet, so sind doch zwischen den einzelnen Ausführungen hinsichtlich Schalenform und Ausschnitte für den Strahl Verschiedenheiten zu konstatieren; so z. B. findet man die Schalenfläche teils annähernd als halbe Rotationsellipsoide, teils als halbe Eiflächen mit der Spitze nach aussen ausgeführt, die Ausschnitte teils dem zylindrischen Strahl angepasst, teils anders geformt.

Als Material für die Schaufeln, die in den meisten Fällen einzeln auf die Nabenscheibe aufgesetzt sind, dient zumeist Stahlguss; die Schaufeln der Turbine für Fully (Kat.-Nr. 32020, Pos. 2) sind aus gepresstem Stahl.

Von grösstem Interesse sind die verschiedenen Befestigungsarten für die Schaufeln zur Aufnahme der einerseits durch den Wasserdruck periodischen und andererseits durch die bei der Rotation auftretenden Zentrifugalkraft ständigen

Belastung; die erstere erfordert bei ihrer hämmernden Wirkung eine Befestigung, die jede Lockerung mit Sicherheit ausschliesst. Bei Berechnung der Belastung durch die Zentrifugalkraft muss vorsichtshalber die dem Leerlauf der Turbine bei voller Strahlstärke entsprechende Umdrehungszahl berücksichtigt werden.

Man kann dem Wesen nach zwei Hauptarten der Befestigung unterscheiden:

1. Die Befestigung durch Anheften der mit entsprechenden Lappen versehenen Schaufeln mittelst Bolzen, deren Achsen parallel zur Turbinenachse liegen. Hierbei wird die Sicherung gegen Lockerung entweder durch eine genügende Anzahl (2 bis 3) solcher Bolzen, oder durch exakte Aneinanderreihung der Lappen der hintereinander folgenden Schaufeln, oder durch Spannbolzen oder Keile, die zwischen je zwei Schaufeln eingetrieben werden, erreicht; es stützen sich hiemit in den beiden letzten Fällen die Schaufeln *gegenseitig* gegen Lockerung.

Die Disposition der Lappen gegen die Nabenscheibe muss derart getroffen sein, dass die Bolzen bei möglichst gegen die Mittelebene des Rades symmetrischer Belastung der Hauptsache nach auf *Abscheerung* beansprucht werden; es ist daher vollkommen sattes Anliegen der Bolzen in den Löchern nötig. Von besonderem Interesse ist diesbezüglich die von der Firma Piccard, Pictet & Cie. verwendete und patentierte Konstruktion, bei der, zur Vermeidung konischer Löcher in Lappen und Nabenscheibe, jeder Bolzen in zwei Bestandteile aufgelöst ist: Eine Stahlhülse mit zylindrischer Aussenfläche und konischer Innenfläche ist in einem Meridianschnitt geschnitten, in dieselbe passt ein der konischen Innenfläche entsprechend geformter Bolzen, sodass bei achsialer Verschiebung der beiden Teile ein Auseinandertreiben der Hülse, also eine Vergrösserung des Umfanges derselben entsteht, womit, wie leicht ersichtlich, erreicht ist, dass die Löcher in den Lappen und in der Nabenscheibe zylindrisch sein können und doch ein sattes Aufliegen durch genügende Ausweitung der Hülse ermöglicht ist. Die Herstellung der einzelnen Bolzen nebst Hülsen kann leicht auf Spezialmaschinen erfolgen.

Dieses Detail ist angewendet bei der Turbine Kat.-Nr. 32020, Pos. 1.

Frühere Beispiele der Befestigungsart mit Lappen und Bolzen findet der Leser in der Schweiz. Bauzeitung ¹⁾ Bd. I, IV (S. 281 und 282): Turbine von 5500 PS der hydroelektrischen Anlage *Ackersand*, konstruiert von Piccard, Pictet & Cie., Genf; Bd. LVI (Seite 16 u. 17): Turbine von 6000 PS im *Löntschwerk*, konstruiert von Th. Bell & Cie. in Kriens; Bd. LVII (Seite 32 und 33): Erreger-Turbine von 500 PS im *Adamellowerk*, konstruiert von Escher Wyss & Cie., Zürich. An letzterer Stelle ist durch die Darstellung der Generator-Turbine von 6600 PS (ebenfalls konstruiert von Escher Wyss & Cie., Zürich) ein älteres Beispiel für die zweite Befestigungsart zu finden.

2. Die Befestigung mittels Klemmbacken oder -Ringen.

Als erste Anwendung einer solchen ist wohl die an der Landesausstellung in Genf 1896 von der Firma U. Bosshard in Zürich vorgeführte Konstruktion (siehe Schweiz. Bauzeitung, Bd. XXVIII, Nr. 20 bis 26), Lauf- und Einlauf mit Regulierung zur Hochdruckturbine, Modell Nr. 2 zu bezeichnen.

Die Schaufeln erhielten auch in diesem Fall Lappen, deren tragende Flächen aber als mit der Drehachse koaxiale und symmetrisch gegen die Mittelebene gelegene Kegelflächen ausgebildet sind, sodass ein Einklemmen der Schaufeln zwischen Nabenscheibe und einem Klemmring, an dem entsprechende Gegenflächen zu den konischen Lappenflächen angearbeitet sind, mittelst Zugschrauben hervorgebracht wurde; die Lage der Schaufeln gegeneinander ist durch entsprechende Formgebung der Lappen behufs ununterbrochener Aneinanderreihung gesichert.

Dieser Grundgedanke ist nun in neueren und in ausgestellten Freistrahlturbinen in verschiedener Weise variiert zur Anwendung gekommen.

¹⁾ Die Beschreibungen sind je auch in Sonderabzügen erschienen, die von der Redaktion der Schweiz. Bauzeitung bezogen werden können.

Bei Vergleich der neueren Anordnungen untereinander und mit der erwähnten ersten Ausführung erkennt man, dass die Firmen J. J. Rieter & Cie. und Th. Bell & Cie. die Anordnung der Einklemmung der Schaufeln zwischen der Nabenscheibe und einem Klemmring beibehalten, jedoch ebenso wie die anderen Firmen, die sich dieser Befestigungsart bedienen, die Form der Tragflächen im Sinne der Vermeidung grosser axialer Komponenten der Drucke an denselben geändert haben.

Die Firma Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey trennt die Nabenscheibe von der Nabe ab; sie wendet zwei Nabenscheiben an, zwischen welchen vollkommen symmetrisch einerseits die Nabe, andererseits die Schaufeln an Tragflächen ähnlicher Art, wie bei Rieter, eingeklemmt werden.

Escher Wyss & Cie. wieder benützen die volle Nabenscheibe und klemmen an diese ebenfalls in vollkommen symmetrischer Weise die Schaufeln mittelst Klemmbacken, die in ihrer Gesamtheit sich zu zwei aus kongruenten Sektoren gebildeten Ringen zusammenformen; durch Anwendung zweier Lappen bei jeder Schaufel wird eine Erhöhung der Festigkeit und Stabilität angestrebt. Die zur Erzeugung der Klemmwirkung nötigen Schrauben sind nur auf Zug beansprucht und haben keine Umfangskraft zu übertragen; die Sicherung gegen Lockerung ist durch genaues Aneinanderreihen der Schaufeln ohne Zwischenräume an den Berührungsstellen der Lappen erreicht.

In ganz anderer Weise hat die Firma Piccard, Pictet & Cie. in Genf an der Turbine für Fully das Problem gelöst; es war derselben die Aufgabe gestellt, eine geeignete Verbindung ohne Benützung von Schrauben oder Nieten und ohne getrennte Klemmringe oder Backen zu konstruieren; die Lösung ist folgende:

Im Randwulst der Nabenscheibe ist eine gegen die zylindrische Aussenfläche offene schwalbenschwanzförmige Rille mit gegen die Mittelebene symmetrischem Querschnitt eingedreht; in diese Rille passen die zwei Lappen jeder einzelnen Schaufel derart, dass die kongruenten konischen Tragflächen der Rillen und Lappen zur Berührung kommen können, wie dies auch bei der oben angegebenen Grundform der Fall ist. An einzelnen Stellen des Umfangs sind in den Rillenwänden derartig geformte Ausnehmungen angeordnet, dass man an einer solchen Stelle eine Schaufel einstecken, dann dieselbe verschieben und die weiteren Schaufeln in gleicher Weise nachfolgen lassen kann. Auf diese Weise ist es also möglich, alle Schaufeln am ganzen Umfang unterzubringen, ohne dass eine derselben herausfallen kann. Es ist nun noch notwendig, das satte Anliegen der Tragflächen und hiemit das Festklemmen zu erzeugen, und die Schaufeln untereinander abzustützen. Zu diesem Zwecke würde es genügen, die Schaufellappen an ihren Berührungsflächen, dort wo sie aus der zylindrischen Aussenfläche der Nabenscheibe heraustreten, mit Keilnuten zu versehen, die parallel zur Drehachse der Turbine liegen und in diese Keile zu treiben, die auf dem Nabenscheibenumfang aufliegen, die Schaufeln radial nach aussen drängen und auf diese Weise die Berührung an den Tragflächen der Rillen und Lappen hervorbringen. Man erkannte jedoch, dass das notwendige gleichmässige Eintreiben der vielen Keile am ganzen Umfang nicht realisierbar ist, und entschloss sich zu folgender Ausführung: statt der Keile wurden Prismen mit trapezförmigem nach aussen konvergierendem Querschnitt verwendet und dementsprechend auch die Nuten in die Schaufellappen mit solchem Querschnitt ausgearbeitet; die Prismen können im kalten Zustand leicht in die Nuten eingeschlagen werden. Nun wird die Nabenscheibe ohne eingesteckte Schaufeln und Prismen gleichmässig erwärmt, sodass deren Umfang vergrössert wird; die kalten Schaufeln und Prismen können jetzt leicht eingeschoben und genau gestellt werden. Zwischen Radumfang und einigen in gleichen Abständen verteilten Prismen werden sodann Streifen aus Maschinenblech von entsprechender Stärke eingeschoben, sodass beim Erkalten und dem hierdurch verursachten Zusammenziehen der Nabenscheibe, die Schaufeln wegen der trapezförmigen Form der

Prismen relativ nach aussen gedrängt werden, wodurch die nötige Berührung an den Tragflächen der Nabenscheibenrille und der Schaufellappen entsteht. Es ist begreiflich, dass die Durchführung dieser originellen und genialen Befestigungsart nicht ohne Proben verschiedener Art zur endgültigen Anwendung gebracht werden dürfte; in der Tat sind solche Proben auch bereits an einer der gelieferten Turbinen im Gange und wird der Konstrukteur, Herr dipl. Masch.-Ing. Prof. René Neeser der Universität Lausanne seiner Zeit hierüber berichten.

Anderer Variationen der Schaufelbefestigung und die eingehenden Darstellungen der eben geschilderten werden in den Spezialberichten gebracht werden.

b) Nadeldüse und Nadel.

Die Nadeldüse besteht im Allgemeinen aus dem Krümmer, der an das Zuleitungsrohr anschliesst und die hintere Führung für die Nadelstange enthält, dem Träger für deren vordere Führung und der Haube mit Mündung. Die Nadel besteht aus dem eigentlichen Nadelkörper und der Nadelstange; letztere ist bei der Ausführung von Rieter bei allen Lagen der Nadel durch ein diese umgebendes Rohr gedeckt. Als Material für die Nadel ist teils Bronze, teils Stahl verwendet.

Von Bedeutung ist das Verhältnis des maximalen Strahldurchmessers zum Raddurchmesser; soweit bisher erhältlich, sind diese Durchmesser im Verzeichnis angegeben; man erkennt, dass die Turbine der Anlage Borgne (Kat.-Nr. 32006, Pos. 1) mit $d = 0,2 m$ den grössten Strahldurchmesser ¹⁾ besitzt, bei einem Verhältnis $d : D = 1 : 12,5$; an der Turbine für Fully ist $d = 0,038$ und $d : D = 1 : 93$.

c) Strahlableiter.

Die Ablenkfläche wird durch eine Röhre oder Platte gebildet, die auf einer zweiarmigen Schwinge befestigt ist, deren Antrieb durch den Reguliermechanismus erfolgt; ihre Form ist bei den verschiedenen Ausführungen verschieden, jedoch immer so beschaffen, dass der Strahl in den Ablaufkanal abgeführt wird; Escher Wyss & Cie. und J. J. Rieter & Cie. führen den Ablenker von unten, Piccard, Pictet & Cie., Th. Bell & Cie. und die Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey von oben in den Strahl ein.

d) Mechanismen zur kombinierten Bewegung des Strahlableiters und der Nadel.

Bekanntlich liegt dieser Kombination die Idee zu Grunde, bei eintretender Entlastung rasch durch Strahlableitung die Zufuhr von hydraulischer Energie zum Rad zu vermindern oder ganz abzustellen, gleichzeitig aber eine entsprechend langsame Verschiebung der Nadel bis zu der, der neuen Belastung entsprechenden Stellung einzuleiten und schliesslich den Strahlableiter wieder aus dem Bereich des Strahles so weit herauszuziehen, dass dessen Eintrittskante möglichst nahe dem Strahl bleibt. Da bei diesem kombinierten Vorgang die Schliessgeschwindigkeit der Nadel genügend verkleinert werden kann, so wirkt diese Kombination nicht nur im Sinne der Regulierung der Energiezufuhr zum Rade, sondern auch als automatischer Druckregler. Bei Belastung wird die Nadel eingezogen, also der Austrittsquerschnitt vergrössert, und der Strahlableiter nur in die der neuen Strahldicke entsprechende Stellung ausgelenkt. Die detaillierte Beschreibung der hierzu verwendeten, sinnreichen Mechanismen wird an Hand entsprechender bildlicher Darstellungen in den Spezialberichten erfolgen.

An dieser Stelle sei nur bemerkt, dass natürlich in allen Fällen die Einleitung der Bewegung der für die Verstellung nötigen Servomotoren von einem Fliehkraftregler aus erfolgt, der auf Regulierventile wirkt, die in entsprechender Weise zur Ueberführung in den neuen Beharrungszustand mit Rückführungsmechanismen versehen sind; dass ferner teils getrennte Servomotoren für beide Bewegungen angewendet werden, teils Dispositionen, die die Verwendung eines normalen Druckölregulators ermöglichen, von dessen Regulierwelle aus, unter Einschaltung kraftschlüssiger und kataraktartiger Verbindungen die kombinierten Bewegungen eingeleitet werden.

¹⁾ Es ist dies überhaupt der stärkste bis jetzt verwendete Strahl.

e) Gehäuse.

Diese sind teils in Blech, teils in Gusseisen ausgeführt, ruhen durchwegs auf gusseisernen Fundamentrahmen, an welche Schutzwände und Strahlbrecher anschliessen, um das Fundamentmauerwerk vor dem Angriff des aus dem Rad tretenden Wassers zu schützen; eine besondere, auch im Spezialbericht zur Beschreibung gelangende Konstruktion ist an der Turbine für Fully verwendet; das abströmende Wasser wird dort in einen Kanal abgeführt und durch Schikanen beruhigt.

f) Wellen und Lager.

Die Wellen sind durchwegs aus Stahl angefertigt und in Ringschmierlagern gelagert; bei grössern Ausführungen, z. B. derjenigen für die Anlagen Borgne und Saaheim, wird das Oel in Kühlschlangen gekühlt und die hierfür notwendige Zirkulation durch eine Oelpumpe bewirkt.

C. Geschwindigkeitsregulatoren.

An allen Objekten findet man als Hauptbestandteile:

1. Die Oelpumpe mit Antrieb und dem Kolbenservomotor zumeist in gemeinschaftlichem Gehäuse;
2. den Flihkraftregler mit Oelpumpe und Antrieb;
3. das Regulierventil;
4. das Steuerungs- und Rückführungsgestänge, die Tourenverstellung;
5. der Antrieb der Regulierwelle;
6. einen ein- und ausschaltbaren Handantrieb;
7. diverse Sicherheitseinrichtungen;
8. Armaturen für Schmierung und Beobachtung.

Die Beschreibung der jeweiligen Gesamtanordnung und der Detailkonstruktion kann nur an Hand von bildlichen Darstellungen und somit in den Spezialberichten erfolgen. Es sei an dieser Stelle folgendes aufgezählt:

Die Oelpumpen sind teils als Kapselpumpen, teils als ventillose mehrfache Rotations-Kolbenpumpen mit oszillierenden Zylindern ausgeführt und mittels Riemenscheiben angetrieben; die Kolbenservomotoren sind teils doppeltwirkend, teils mit Differentialwirkung konstruiert; der Antrieb der Regulierwelle erfolgt z. B. bei den Konstruktionen von Escher Wyss und Rieter von der Mitte des Kolbens aus mittelst eines Hebels, dessen Ende in einem im Kolben untergebrachten Gelenk gleitet, in den Konstruktionen von Th. Bell & Cie. an einem Ende des Kolbens mittelst Hebel und Schubstange, wobei die Disposition derart ge-

troffen ist, dass der Antrieb bequem der Lage der Regulierwelle angepasst werden kann.

Die Konstruktionen der Flihkraftregler sind ebenfalls sehr verschieden. Bei den meisten Konstruktionen ist die Federbelastung auf die Hülse wirkend. Escher Wyss & Cie. verwenden Jahns Regler mit federbelasteten Schwunggewichten. Die Gelenke sind zum Teil als Scharniere, zum Teil in Schneiden ausgeführt. Interessant sind die von Piccard, Pictet & Cie. verwendeten, aus Blattfedern bestehenden Gelenke. Der Antrieb der Reglerwelle erfolgt entweder mit Schraubenrädern oder mit Kegelrädern von einer horizontalen Welle aus, die ihrerseits mittelst Riemenantrieb von der Turbinenwelle aus angetrieben wird.

Die Regulierventile sind im Allgemeinen vorgesteuerte Ventile und je nach der Wirkung des Servomotorkolbens einfach oder doppelt steuernd.

Die Rückführung ist zumeist auf positiven Ungleichförmigkeitsgrad eingestellt, doch sind auch einige Ausführungen für Isodromeinstellung vorhanden, namentlich stellen J. J. Rieter & Cie. einen speziellen Isodromregulator aus.

Die Einrichtungen für die Kupplung der Handantriebe bestehen teils aus einschwenkbaren Kulissen, teils aus einrückbaren Schraubenwerken.

Als besondere Sicherheitseinrichtung seien die Mechanismen erwähnt zur Abstellung der Turbine, wenn der servomotorische Druck entweder eine gefährliche Höhe erreicht oder so tief sinkt, dass zu befürchten ist, dass der Regulator die Herrschaft über die Turbine verliert.

Aus dieser kurzen, allerdings durchaus nicht vollständigen Uebersicht — es fehlt eben noch viel Material an Zeichnungen und Beschreibungen, die zwar von den einzelnen Firmen wohl in Vorbereitung genommen worden sind, deren Einsendung jedoch bisher aus Anlass der laufenden, europäischen Katastrophe noch nicht erfolgen konnte — ergibt sich, dass die Bestrebungen des schweizerischen Wasserturbinenbaues nach wie vor dahin gerichtet sind, die in den Wasserläufen vorhandene Energie für die Dienste des Menschen in möglichst vielseitiger und vollkommener Weise nutzbar zu machen, und dass hierbei die Hilfsmittel der Wissenschaft, wie die praktische Erfahrung, in ihrem ganzen derzeitigen Bestand verwendet werden. Möge dieser Zweig der friedlichen Technik bald wieder seine Tätigkeit in vollem Umfang aufnehmen können.

Zürich, im August 1914.

III. Spezialberichte.

Der hervorragende Einfluss der Hydrotechnik auf die Entwicklung der Hilfsmittel zur technisch und volkswirtschaftlich günstigen Ausnutzung der Wasserkräfte ist in glänzender Weise vor Augen geführt in den reichhaltigen und exakt ausgeführten Plansammlungen und graphischen Zusammenstellungen sowie den schönen und instruktiven Modellen, die in der Gruppe 34 „Wasserrwirtschaft“ und 35 „Abteilung Wasserbau“ ausgestellt sind. Diese Darstellungen geben Aufschluss über die erdachten und in Verwendung stehenden Mittel, mit denen die in der Natur zumeist nur im regellosen Neben- und Hintereinander vorhandenen Wasserkräfte geordnet und konzentriert, zum Zwecke wirtschaftlichen Betriebes akkumuliert und ausserdem die Bestrebungen zur Vereinigung des Schiffsverkehrs und der Energieausnutzung realisiert werden können.

Konnten diese Förder- und Aufbereitungseinrichtungen für die „weisse Kohle“ naturgemäss nur in Bild und Modell vorgeführt werden, so zeigt uns der Wasserturbinenbau in seinen Objekten materiell die Maschinen, in denen die Umsetzung der in zweckmässige Bahnen geleiteten Energie hervorgebracht wird, und es lässt sich leicht erkennen, dass die Fortschritte beider Richtungen der Technik in engem Zusammenhang stehen und das eine Gebiet befruchtend auf das andere wirkt. Haben z. B. die modernen Einrichtungen der Regulierung der Turbinen die Anwendung hoher Gefällsstufen ermöglicht, so erlaubt die Entwicklung des Wasserbaues die Anwendung von Einheiten

grosser Leistungsfähigkeit; dass hiebei das Gebiet der Elektrotechnik ebenso wie bisher in regster Weise an diesen Fortschritten teilnimmt, zeigt sich in den Objekten der Gruppe 33 „Starkstromtechnik“. Wenn nun auch im Folgenden nur Objekte des Wasserturbinenbaues beschrieben und deren Einrichtungen nach ihrer Wirksamkeit geprüft werden, so schien der obige Hinweis auf das Vorhandensein des innigen Zusammenhanges zwischen den drei genannten Gebieten doch angepasst, denn die Erfolge, deren wir uns heute erfreuen dürfen, sind dem Parallelismus des Fortschrittes auf allen diesen Gebieten zu verdanken.

Die folgenden Beschreibungen sind wieder, wie das Verzeichnis im einleitenden Bericht (Seite 1) nach Firmen geordnet, doch sind nicht alle ausgestellten Objekte, sondern nur solche besprochen, die für besonders hervorragende Anlagen bestimmt oder geeignet sind, die fortschrittliche Richtung einer Firma besonders zu kennzeichnen. Die bildlichen Darstellungen sind teils Kopien der von den Firmen bereitwilligst zur Verfügung gestellten Konstruktionspläne, teils schematische Darstellungen zur leichteren Besprechung kinematischer Vorgänge; soweit erhältlich, sind auch Reproduktionen photographischer Aufnahmen beigelegt. Es sei an dieser Stelle den Firmen für die freigebige Ueberlassung des reichen Materials an Zeichnungen und sachlichen Erklärungen gedankt, und deren Ingenieuren als den geistigen Schöpfern der nunmehr in die Öffentlichkeit tretenden Erzeugnisse der Maschinenbaukunst ein aufrichtiger Glückwunsch ausgesprochen.

Aktiengesellschaft der Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie., Zürich.

Pelton-turbine für die Anlage Borgne.

Durch die von der Aluminium-Industrie A.-G. Neuhäusern in Ausführung befindliche Anlage „Borgne“ werden die Wasserkräfte der Flüsse Borgne und Dixence im Wallis ausgenützt. Die beiden in zwei parallelen Tälern liegenden Wasserläufe werden durch einen Stollen verbunden und vom Wasserschloss aus durch zwei von der Firma Escher Wyss & Cie. gelieferte, gegenwärtig in Montage begriffene Rohrleitungen von 900 m Länge und 1100 mm mittlerem Durchmesser zu den Turbinen geführt. Diese Rohrleitungen bestehen aus mit Wassergas überlappt geschweissten Rohren; die obere Partie erhält sogenannte Nietmuffenverbindungen, die unterste Bundflanschen-Verbindungen.

Im Maschinenhaus werden in vollem Ausbau vier Generatorturbinen und zwei Erregerturbinen aufgestellt. Erstere sind berechnet für ein mittleres Gefälle von 340 m, eine normale Leistung von 7500 PS und eine maximale von 8250 PS bei 273 bis 300 Uml/min. Die Erregerturbinen geben je 600 PS bei 800 Uml/min.

Die ausgestellte Generatorturbine ist in den Abbildungen 7 und 8 dargestellt. Sie hat ein Laufrad von 2,5 m theoretischem Durchmesser und nur eine Düse, aus der bei vollem Rückzug der Nadel ein Strahl von 0,2 m Durchmesser austritt; es ist dies, wie bereits in der Fussnote auf Seite 6 bemerkt, der stärkste bisher verwendete Strahl.

Wie aus Abbildung 9 zu ersehen ist, findet die Schaufelbefestigung nach der zweiten auf Seite 5 angegebenen Hauptart statt: Jede Schaufel ist durch zwei Versatz-Ringsegmente gehalten und gegen die nächste Schaufel abgestützt, sodass den Befestigungs-Schrauben nur noch die Aufgabe zufällt, die Segmente zusammenzuhalten.

Das Gehäuse ist in Blechkonstruktion ausgeführt. Die Abweisung des Tropfwassers an den Austrittsstellen der Welle aus dem Gehäuse erfolgt in bekannter Weise durch Schleuderscheiben, die an der Welle, und durch Schutzringe, die am Gehäuse befestigt sind. Auf Abbildung 8 sind die Nadeldüse mit Nadel samt Zubehör, der Strahl-ableiter und der Mechanismus zur Bewegung dieser Reguliereinrichtungen ersichtlich; auf gleichem Horizont mit der Turbinenwelle liegt links im Abstand von 2150 mm die vom Universal-Oeldruckregulator angetriebene Regulierwelle, von deren Bewegung diejenigen der Reguliermechanismen erfolgt.

Die Nadelstange ist durch den hydraulischen Druck auf die Nadel und den Kolben von 220 mm Durchmesser, sowie durch den Druck der am linken Ende wirksamen Feder derart belastet, dass die resultierende Achsialkraft A immer im Sinne von links nach rechts wirkt. Dieser Kraft entgegen wirkt bei Schliessbewegung ein Widerstand, der, übertragen durch eine Schwinde, vom Katarakt herrührt, welcher letzterer einen wirksamen Zylinderdurchmesser von 180 mm besitzt und in 430 mm Abstand über der Nadelstange gelagert ist; bei Oeffnungsbewegung der Nadel ist

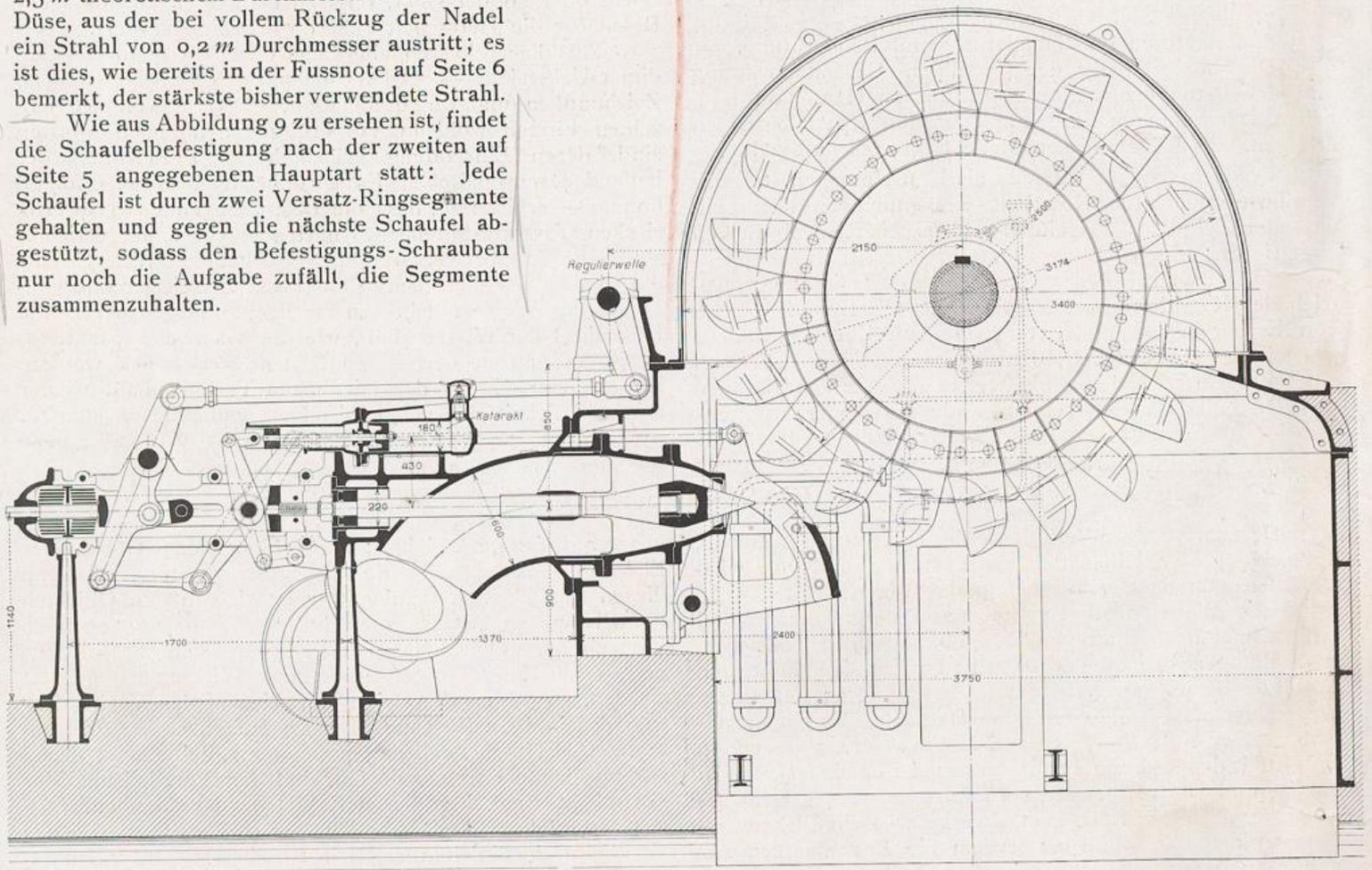


Abb. 8. Pelton-Turbine für die Anlage Borgne im Wallis der A. I. A. G., gebaut von Escher Wyss & Cie. in Zürich.
 $H = 340 \text{ m}$, $n = 273 \text{ bis } 300 \text{ Uml/min}$, Leistung 7500 bis 8250 PS. — Masstab 1 : 40.

Das Rad ist ganz aus Stahlguss hergestellt. Alle der normalen Abnützung ausgesetzten Teile der Turbinen sind leicht und rasch auswechselbar. Die Stahlwelle ist in zwei symmetrisch gegen die Mittelebene disponierten Ringschmierlagern von 320 mm Bohrung und je 650 mm Länge gelagert; zur Aufnahme von Achsialschüben ist sie mit Bundsen versehen. Jedes Lager hat zwei Schmierringe und eine als Kapselwerk ausgeführte Oelzirkulationspumpe, die das ablaufende Oel durch Kühlrohre auf das Lager zurückfördert (Abb. 8).

dieser Widerstand wesentlich geringer; die Achsialkraft wird hierbei durch die vom Servomotor ausgehende Kraft überwunden.

Behufs einfacher Schilderung der Wirksamkeit des Reguliermechanismus ist das Schema Abbildung 10 beigegeben, in dem der Einfachheit halber die Belastungsorgane der Nadelstange weggelassen, hingegen der Servomotor direkt an die Hauptschwinge des Mechanismus angreifend gezeichnet wurden. Der Mechanismus besteht aus der Hauptschwinge $a c$ mit der festgelagerten Drehachse b ; der

Schwinge df mit der auf der Nadelstange gelagerten Drehachse e , durch die mittels der Lenker cd und fg die Bewegung des Trägers des Strahlablenkers vermittelt wird; die Hauptschwinge steht durch den Lenker ik mit der Nadelstange in Verbindung, wobei jedoch der Bolzen k in einer Kulisse der Nadelstange gleiten kann, sodass die Bewegung der Nadelstange derjenigen der Hauptschwinge nur dann direkt folgt, wenn der Bolzen k am linken Ende der Kulisse anliegt. Dies würde immer der Fall sein, wenn der Katarakt nicht vorhanden oder unwirksam wäre und daher nur die resultierende Achsialkraft A an der Nadelstange wirken würde. In diesem Fall nimmt bei den Stellungen 0, 1, 2, 3, 4 des Angriffspunktes a die Nadel zwangsläufig die entsprechenden Stellungen und gleichzeitig die Kante σ der Ablenkfläche die mit gleichen Ziffern bezeichneten Stellungen ein; jeder Servomotorstellung entspricht eine bestimmte Nadelstellung und eine bestimmte Stellung des Ablenkers, die Bewegung ist eine gleichzeitige.

Nun ist aber das Problem, das der Anwendung des Mechanismus zu Grunde liegt, nach der Erörterung unter d auf Seite 6 folgendes: es soll durch den Mechanismus

erreicht werden, dass bei plötzlicher und starker Entlastung der Strahlablenker zuerst derart weit eingelenkt wird, dass der Strahl nicht mehr an das Rad gelangt, zugleich aber der Nadelvorschub im Sinne des Schliessens der Düsen beginnt und so lange fortgesetzt wird, bis die dem neuen Belastungszustand entsprechende Düsenöffnung erreicht wird, wobei zur Vermeidung von schädlichen Druckschwellungen in Düse und Rohrleitung diese Schliessbewegung mit verminderter Geschwindigkeit vor sich gehen soll; gleichzeitig hiemit soll der Strahlablenker wieder soweit zurückgeschwenkt werden, dass in dem unter der neuen Belastung eintretenden Beharrungszustand die Kante σ des Strahlablenkers ausserhalb des Bereichs des Strahles, aber möglichst nahe demselben zu liegen kommt. Die Lösung des Problems ist nun erzielt durch Einschaltung des Kataraktes, der den kraftschlüssigen Zusammenhang des Bolzens k mit der Nadelstange aufhebt, indem die Nadelstange unter dem gleichzeitigen Einfluss der Achsialkraft A und des in e wirksamen Kataraktwiderstandes eine geringere Geschwindigkeit annimmt, als der Bolzen k , und sich daher letzterer in der Kulisse verschiebt.

Man kann nach dem Schema den Vorgang in folgender Weise verfolgen: Bei Eintritt *gänzlicher* Entlastung durchläuft der Punkt a rasch die Lagen 0 bis 4, die Nadelstange bleibe vorläufig in Ruhe, daher auch der Punkt e ; Punkt f kommt nach 4', dementsprechend auch g in seine Lage 4' und σ nach σ' , der Strahl ist vollkommen vom Rad

abgelenkt. Unter dem Einfluss von A und dem Kataraktwiderstand geht die Nadelstange entsprechend langsam durch die Lagen 0 bis 4, es werden f , g und σ aus ihren Lagen 4' bzw. σ' in die Endlage 4, d. h. die Lagen für den neuen Beharrungszustand übergeführt. In Wirklichkeit erfolgt dies aber nicht derart absatzweise, sondern es beginnt die Nadelbewegung sofort mit der Servomotor-Bewegung, wobei je nach Einstellung des Kataraktes die relative Verschiebung von k gegen die Nadelstange mehr oder weniger rasch erfolgt. — Bei Oeffnungsbewegung ist der Kataraktwiderstand nahezu ausgeschaltet; die Kraftschlüssigkeit zwischen Nadelstange und Bolzen ist ständig hergestellt durch die

Achsialkraft A , Nadel und Ablenkerkante σ durchlaufen synchron die Lagen in der Richtung 4 nach 0 bis zum neuen Beharrungszustand. Die notwendige Uebereinstimmung der Nadelstellung mit der Ablenkerstellung bei den verschiedenen Beharrungszuständen kann durch passende geometrische Anordnung der Lenker erreicht werden.

Indem bei der vorliegenden Konstruktion der Ablenker sich bei Schliessbewegung durch den Strahl zum Rad bewegt, ist die vollständige Ablenkung des Strahles bei Beginn eines Regulierungsvorganges infolge Entlastung nötig, da bei nur teilweiser Ablenkung immer noch Wasser ins Rad kommen und hiemit eine für die Vermeidung zu hoher Steigerung der Drehgeschwindigkeit der Turbine ungünstige Energiezufuhr stattfinden würde. Die Oeffnungsgeschwindigkeit der Düse bei einem durch eine Belastungsvermehrung verursachten Regulierungsvorgang hängt wegen der Zwangsläufigkeit der Bewegung von derjenigen des Servomotors und somit von dessen entsprechender Einstellung ab.

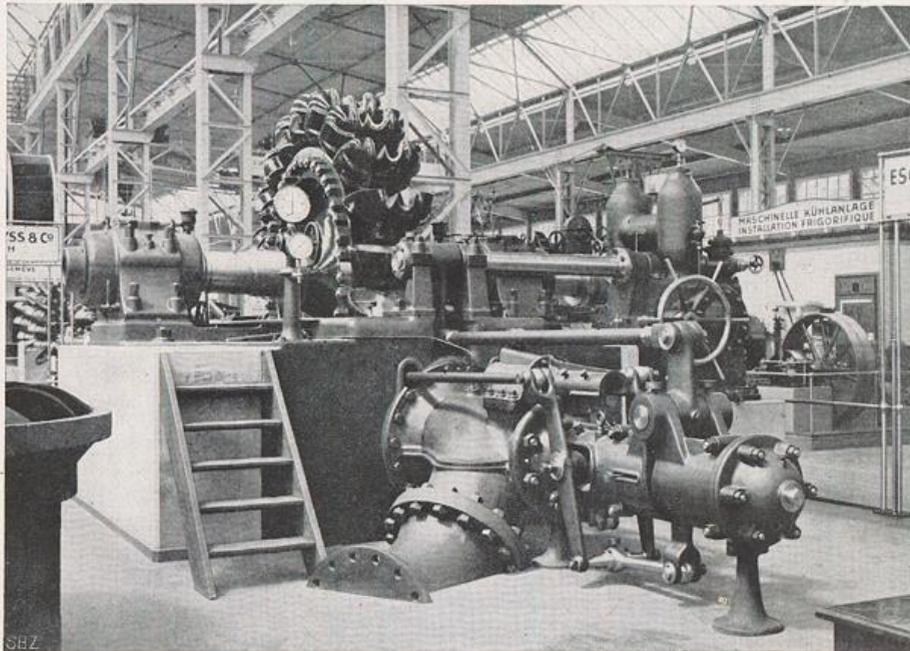


Abb. 7. 7500 PS-Pelton-Turbine für die Anlage Borgne im Wallis.

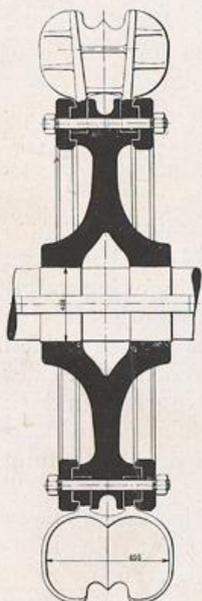


Abb. 9. — 1 : 40.

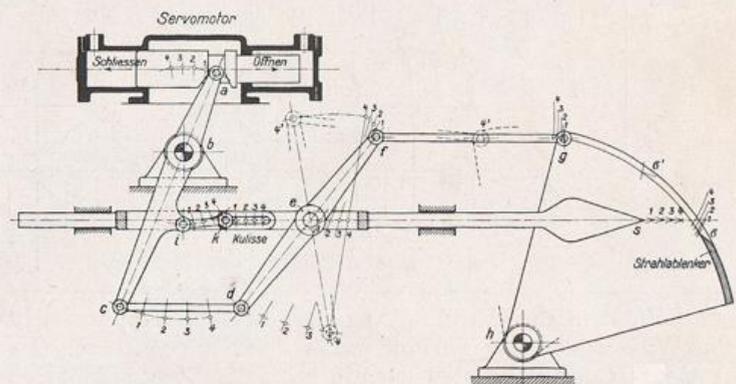


Abb. 10. Schema der Regulierung.

Zur Sicherung der Ablaufschachtwände gegen Auskolkungen durch das vom Laufrad abströmende Wasser sind diese mit gusseisernen Platten armiert. Jede Turbine ist beim Anschluss an die Rohrleitung mit zwei hydraulisch zu betätigenden Absperrschiebern von 600 mm lichtigem Durchmesser mit Umlaufleitungen ausgerüstet; es sollen sich beide gegenseitig als Reserve dienen. Die Verbindung mit der Generatorwelle ist durch eine starre Kupplung hergestellt. Der mit der Turbine verbundene Universal-Oeldruckregulator wird weiter unten besonders beschrieben.

Spiral-Francis-Turbine für die Anlage „Chute de l'Ance“.

Die Anlage wird von der Firma Fougerolle freres et Société Générale d'Entreprises, Paris, erbaut.

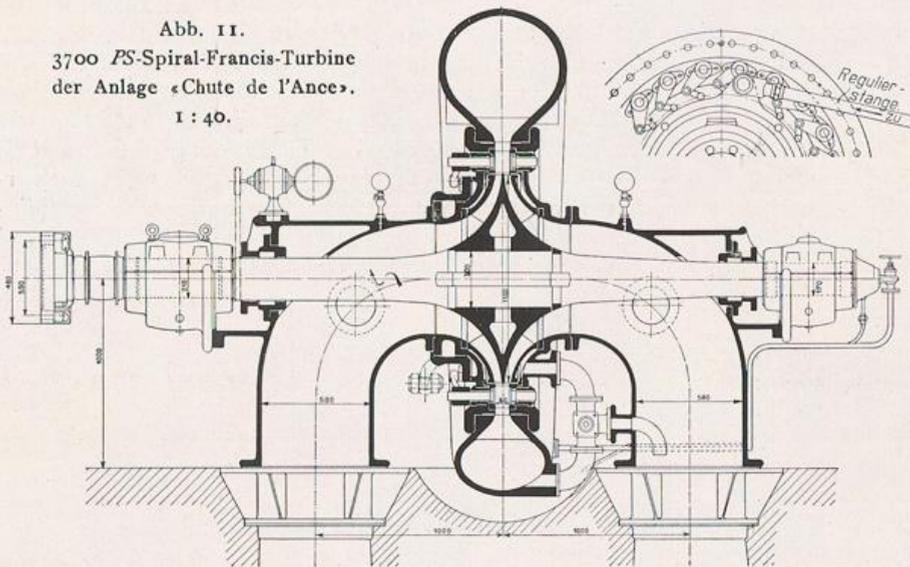
Es sind zwei Leitungen von 247 m Länge und 1500 mm Durchmesser für eine maximale Wasserführung von je 5000 l/sek vorhanden; im ersten Ausbau gelangen vier Einheiten zur Aufstellung, zu denen später eine weitere Gruppe kommen soll. Die Turbinen sind gebaut für ein Gefälle von 140 m, eine normale Leistung von je 3700 PS bei 600 Uml/min. Der Eintrittsdurchmesser des Laufrades beträgt 1100 mm, die Eintrittsbreite 2×40 mm. Das gusseiserne Spiralgehäuse hat 650 mm Eintrittsdurchmesser.

Aus der Schnittfigur mit beigefügter Teilansicht (Abbildung 11) ist die Konstruktion der Turbine leicht ersichtlich; diese erhält ein Laufrad aus besonderer Bronze; überall, wo infolge der grossen Wassergeschwindigkeit eine Abnutzung stattfinden könnte, ist das Gehäuse mit Schutzingen aus Stahl ausgekleidet. Die Leitschaufeln sind aus Bronze hergestellt; die Regulierung ist aussenliegend, sodass alle Hebel und Gelenke der zerstörenden Wirkung des Wassers entzogen sind und dem Wasserdurchfluss keine Hindernisse entgegen setzen. Der hydraulische Ausgleich des Achsialschubes findet in den beidseitig des Laufrades angeordneten Druckkammern statt.

Beachtenswert ist die gedrängte Anordnung der Lagerung und Abdichtung der Drehschaufelbolzen und des Regulierendes, der in bekannter Weise mittels zweier Zug- bzw. Druckstangen von der Regulierwelle eines Universal-Oeldruckregulators angetrieben wird.

Zur Vermeidung von Druckschwellungen bei durch Entlastung verursachten Reguliervorgängen ist als Druckregler ein Freilauf in die Zuleitung eingeschaltet, dessen Ventil von der Regulierwelle aus bei eintretender rascher Schliessbewegung geöffnet und dann unter dem Einfluss eines Kataraktes langsam geschlossen wird. Die Firma gibt vom Apparat und dessen Wirkungsweise folgende Beschreibung:

Abb. 11.
3700 PS-Spiral-Francis-Turbine
der Anlage „Chute de l'Ance“.
1 : 40.



Zu dem in Abbildung 12 dargestellten Apparat tritt das Wasser von der Turbine durch den Stutzen A ein. Der Auslauf B des Apparates wird in normalem Zustande durch das Ventil C ganz geschlossen gehalten. Letzteres besteht aus einem Stück mit dem in einer Zylinderbüchse beweglichen und mittels Ledermanschetten abgedichteten Kolben D. Der Raum E über diesem Kolben erhält beständig Druckwasser durch die Leitung F, an deren Eintritt ein Filter und die kleine Blende G angeordnet sind. Aus dem Raum E kann das Druckwasser durch die Oeffnung H in der Kolbenstange entweichen; diese Oeffnung wird aber normalerweise durch das Ventil J geschlossen gehalten. Alsdann herrscht im Raum E der volle Flüssigkeitsdruck und der Kolben D und damit das Ventil C werden dauernd in ihrer untersten geschlossenen Lage gehalten. Das Ventil J ist am untersten

Boden des Kataraktes K befestigt. Dieser besteht aus einem Gehäuse, das als Belastungsgewicht ausgebildet und mit Oel gefüllt ist; er enthält einen beweglichen Kolben L, der im untern Boden eine kleine Blende besitzt, durch die das Oel von einer Kolbenseite auf die andere gelangen kann. Die Kolbenstange M ist derart mit dem Geschwindigkeitsregler verbunden, dass sie bei Schliessbewegungen des Regulators angehoben wird.

Bei einer Entlastung der Turbine und den daraus resultierenden plötzlichen Schliessbewegungen des Reglers arbeitet nun der Apparat folgendermassen:

Durch die Kolbenstange M wird der Kolben L angehoben. Dieser Bewegung folgt der ganze Katarakt samt dem Ventil J, da das Oel nur langsam durch die kleine Blende von der oberen auf die untere Seite des Kolbens L gelangen kann. Die Oeffnung H wird somit frei, und der Druck im Raum E vermindert sich stark, da durch die kleine Blende G nur wenig Wasser nachströmen kann. Infolgedessen wird der Kolben D durch den von unten beständig auf ihn wirkenden Wasserdruck angehoben, und das Ventil C im erforderlichen Masse geöffnet. Alsbald

setzt dann das langsame Wiederschliessen des Apparates ein, dass das Oel im Katarakt K langsam durch die kleine Blende fliesst. Der Katarakt und damit das Ventil J senken sich entsprechend langsam, wobei die Oeffnung H fast ganz geschlossen wird, bis der Druck im Raum E so gross ist, dass er die von unten auf den Kolben D wirkenden Kräfte zu überwinden vermag, worauf Kolben D und Ventil C, der Bewegung des Kataraktes folgend, sich langsam schliessen.

Die beiden als konische Blechrohre ausgeführten Saugrohre haben je bei einer Länge von 6 m bis zum Anschlussstutzen einen lichten Eintrittsdurchmesser von 0,58 m, einen lichten Austrittsdurchmesser von 1,0 m; der Abstand des Wellenmittels vom Unterwasserspiegel beträgt 7,0 m.

Der generelle Aufbau der Turbinen entspricht jenen des Albulawerkes. Zur Regulierung dienen Universal-Oeldruckregulatoren Nr. II; eine Besprechung dieses Apparates folgt an anderer Stelle (siehe S. 11).

Spiral-Francis-Turbine der Anlage Seros.

Von dieser Anlage sind in Gruppe 32 allerdings nur das Laufrad einer Generatorturbine und ein Modell der Anlage im Masstab 1 : 50, sowie eine Reihe von Photographien ausgestellt. Die Firma hat jedoch nebst einer Reihe von Plänen und Photographien auch eine eingehende Beschreibung zur Verfügung gestellt, deren Veröffentlichung bei der Bedeutung der Anlage wohl gerechtfertigt erscheint.

Die Abb. 13 ist dem Generalplan des Maschinenhauses entnommen, aus der Schnittfigur Abb. 14 ist die Konstruktion der Generatorturbine ersichtlich, die Abb. 15 zeigt in photographischer Ansicht die Spirale mit Spurlagerträger in der Montierwerkstätte. Die Firma schreibt darüber:

Diese Anlage ist das erste ausgeführte Werk, das einen Teil des Riesenprojektes bildet, welches die Pearson Engineering Co. zur Ausnützung der Wasserkräfte des Noguera-Pallaresa, Segre und des Ebro in Catalonien ausgearbeitet hat und gegenwärtig verwirklicht. Das zweite Werk, die Anlage Tresp, befindet sich gegenwärtig im Bau. Diese Anlage liegt 130 km oberhalb des Seros-Werkes; der hydraulische Teil, d. h. die gesamte Wasser-

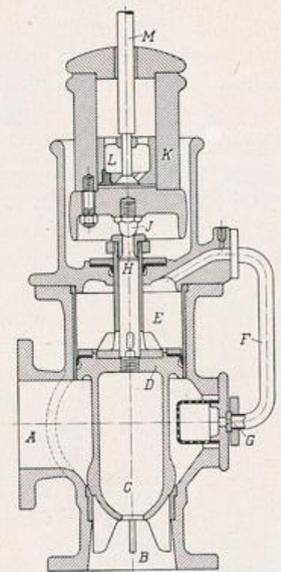


Abb. 12 Freilauf-Ventil.

schloss-Ausrüstung, Rohrleitungs-Anlage und die Turbinen werden ebenfalls von Escher Wyss & Cie. geliefert. Die maximale Leistung der Anlage Tremp beträgt rund 50 000 PS

Das *Seroswerk* nützt die Wasserkraft des Rio Segre aus; mit ihm werden rund 60 000 PS erzeugt. Das Wasser wird in einem 27,5 km langen offenen Kanal zum Wasserschloss geführt und von dort in vier genieteten Rohrleitungen von je 72,5 m Länge und 3000 mm Durchmesser den Generator-Turbinen zugeleitet. Letztere sind als einfache Francis-Spiral-Turbinen mit stehender Welle ausgeführt. Jede Turbine ist konstruiert für ein mittleres Gefälle von 47 m, eine maximale Leistung von 15 000 PS und eine normale Umlaufzahl von 250 in der Minute. Die garantierten Nutzeffekte sind: 82 % bei Vollast, 86 % bei $\frac{7}{8}$ Belastung, 85 % bei $\frac{6}{8}$ Belastung und 80 % bei Halblast. Der Durchmesser des gusseisernen Laufrades beträgt 1700 mm. Versuchsweise ist jedoch für die eine Turbine das Laufrad aus Stahlguss ausgeführt worden.

Die Spirale wurde wegen ihrer grossen Abmessungen und der Notwendigkeit einer äusserst raschen Ablieferung aus Eisenblech hergestellt. Die übrigen Teile der Turbine werden in einen kräftigen mittleren Ring aus Stahlguss eingebaut, der mit der Spirale vernietet ist und auch die Belastung des Spurlagers direkt auf die Fundamente überträgt, ohne dass die eigentliche Spirale beansprucht wird. Der Eintrittsdurchmesser beim Spiralgehäuse beträgt 2300 mm. Das Gehäuse ist bis zur Hälfte einbetoniert und gut verankert und zeigt, dank des kreisförmigen Querschnittes, trotz der grossen Wassergeschwindigkeit, während des Betriebes durchaus keine Vibration. Entgegen der sonst in Europa üblichen Anordnung ist hier die Spur auf

der Turbine und nicht auf dem Generator gelagert. Ihre Belastung beträgt 140 t. Das Spurlager ist vollständig durch Oeldruck entlastet. Jede Turbine hat zur Vermeidung von Druckstössen zwei Druckregler, die ebenfalls hydraulisch entlastet sind. Die Regulierung der Turbine geschieht durch einen speziellen Regulator, dessen Konstruktion prinzipiell gleich ist derjenigen der Universal-Oeldruck-Regulatoren. Die Pumpen zur Spur und zum Regler sind getrennt, jedoch zu einer gemeinsamen Gruppe miteinander vereinigt. In der Zentrale sind ferner zwei durch eine eigene Rohrleitung gespiesene ebenfalls vertikalachsige Erregerturbinen von je 600 PS und 600 Uml/min aufgestellt.

Die Rohrleitung wurde zum Teil in den Werkstätten von Escher Wyss & Cie., zum Teil in Spanien ausgeführt und in ihrem ganzen Umfange von dieser Firma montiert.

Bemerkenswert ist die kurze Zeit, in der dieses riesige Werk vollendet wurde. Im Dezember des Jahres 1912 erfolgte der erste Spatenstich, und schon im April 1914 konnte die Inbetriebsetzung stattfinden.

Die Regulatoren von Escher Wyss & Cie., Zürich.

Die Firma hat den Bau von Geschwindigkeits-Regulatoren normalisiert und führt unter der Bezeichnung Universal-Oeldruck-Regulatoren und entsprechender Nummerierung acht Grössen aus, von denen die fünf auf Seite 1 aufgezählten ausgestellt sind. Der allgemeine Aufbau der Regulatoren soll an Hand der Abb. 16 und 17, Seite 13, die dem Berichte über die Wasserturbinen und Regulatoren des El. W. Sao Paulo, Brasilien, in der „Schweiz. Bauzeitung“ Bd. LVII, 1911, Seite 165, entnommen sind und des Schemas Abbildung 18 geschildert werden.

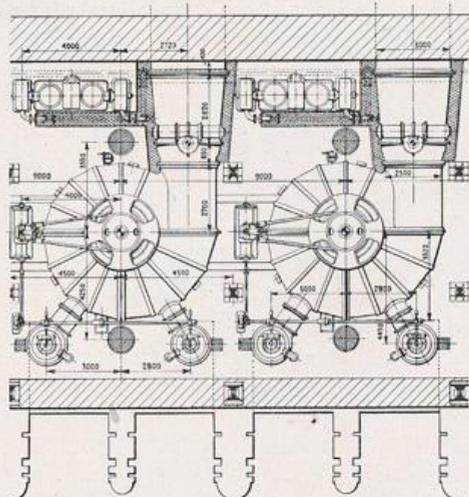
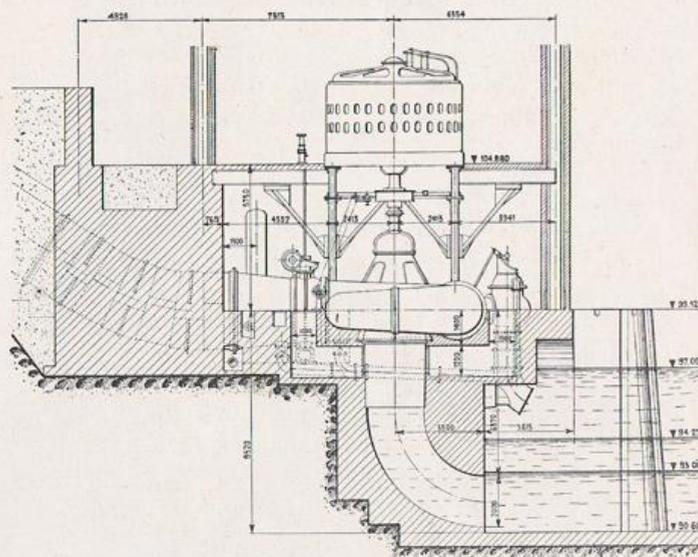
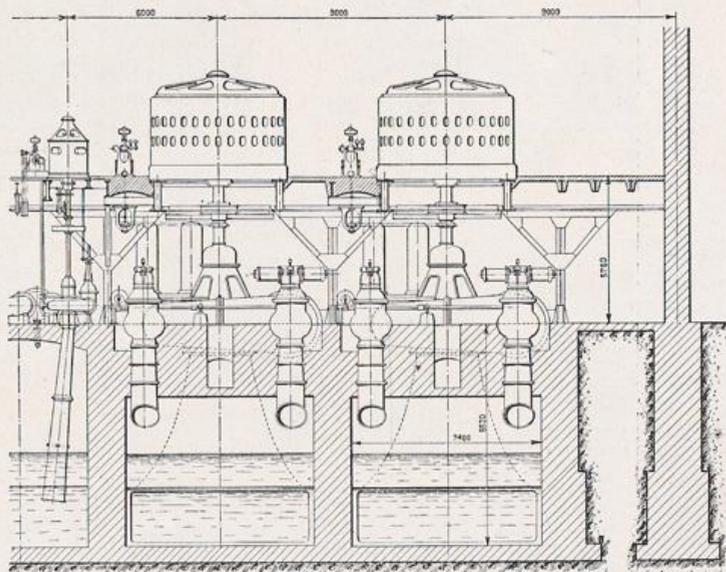


Abb. 13. Wasserkraftanlage Seros in Spanien mit 15 000 PS. Spiral-Francis-Turbinen von Escher Wyss & Cie., Zürich. — 1 : 300.

In einem als Oelbehälter dienenden gusseisernen Gehäuse befinden sich die Oelpumpe, der zweizylindrige Kolben-Servomotor, die Kanäle zur Führung des Oels von der Pumpe zum Regulierventil und von diesem zu den Arbeitsräumen des Servomotors. Am Gehäuse befestigt sind an der äusseren Deckenwand nach dem Schema Abbildung 18 rechts der Fliehkraftregler (Jahns-Regler), links das Regulierventil, in der Mitte ein Ständer zur Aufnahme der Lagerung der Regulierwelle und einer Führung für den, durch das links vom Ständer ersichtliche Rückführungsgestänge verstellbaren Stützpunkt S des Uebertragungshebels zwischen der Hülse des Reglers und dem Lenker für das Regulierventil. Zwischen Ständer und Regler ist die Oelbremse, seitlich am Ständer der Mechanismus für die Handregulierung angeordnet.

Als Oelpumpen werden entweder dreizylindrige Kolbenpumpen mit oszillierenden Zylindern nach den umstehenden Abbildungen 16 und 19 oder zumeist Zahnräderpumpen nach Abbildung 20 verwendet, die mittels Riemen von der Turbinenwelle aus, oder auch in einzelnen Fällen von besonderen kleinen Turbinen angetrieben werden.

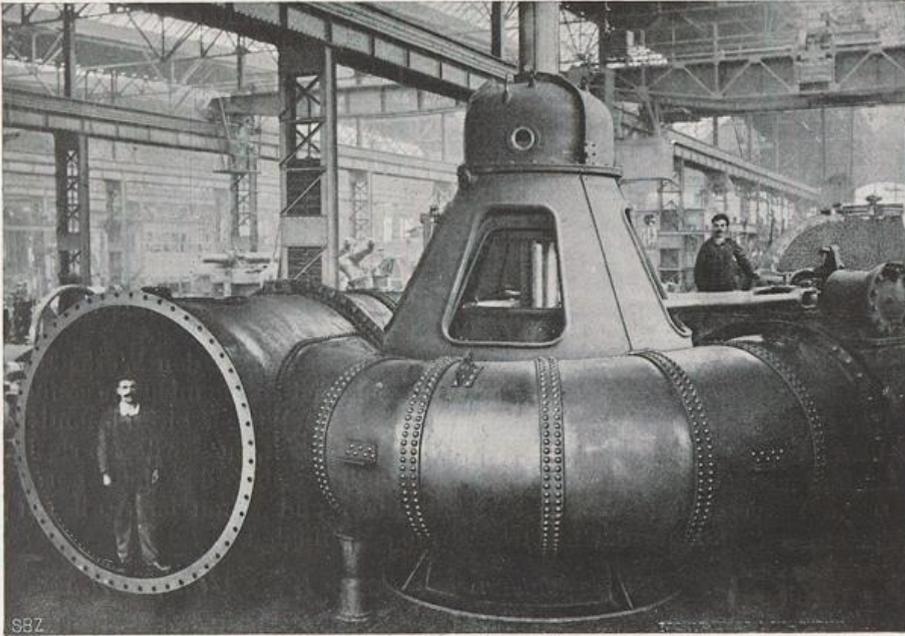


Abb. 15. Spiralgehäuse mit Spurlager-Träger der Seros-Turbine.

Die Servomotoren sind entweder entsprechend dem Schema doppelwirkend, d. h. es ist bei Bewegung des Kolbens immer der eine Arbeitsraum mit der Pumpe, der andere mit dem Oelbehälter in Verbindung, oder entsprechend der Abbildung 16 mit Differentialwirkung ausgebaut, wobei der kleinere Arbeitsraum stets unter konstantem Druck, der grössere je nach der Bewegungsrichtung des Kolbens unter gleichem oder kleinerem Druck steht als der kleinere. Die Bewegung des Kolbens wird durch einen in dessen Mitte angreifenden Hauptantriebshebel auf die Regulierwelle übertragen; von letzterer aus erfolgt die Betätigung des Reguliermechanismus an der Turbine. (Siehe z. B. Abbildung 8.)

Die Regulierventile werden entweder entsprechend der Hauptfigur des Schemas Abbildung 18 ohne Vorsteuerung, d. h. mit direkt von dem am Uebertragungshebel hängenden Lenker mitgenommenen Verteilungsschieber ausgeführt, oder entsprechend der obern linken Figur des Schemas mit Vorsteuerung, d. h. mit hydraulisch bewegtem Verteilungsschieber (auch Schwebekolben genannt), wobei das Vorsteuerungsorgan, d. i. ein zylindrischer Stift, mit dem Lenker verbunden ist.

Die Verteilungsschieber sind in allen Fällen aus gehärtetem Stahl hergestellte Kolbenschieber, deren Kolben derart auf einem gemeinschaftlichen zentralen Zylinder angeordnet sind, dass je nach der Stellung des Schiebers entsprechende Kanäle im Ventilgehäuse, die in Verbindung stehen mit den Kanälen im Servomotorgehäuse, gedeckt oder geöffnet werden. Die Anwendung der Kolben und der Kanäle ist nun verschieden, je nachdem der Servomotor doppelwirkend oder für Differentialwirkung ausgeführt ist.

Im Schema Abbildung 18 sind die Regulierventile für den ersten Fall gezeichnet; an Hand dieses Schemas soll der Reguliervorgang beschrieben werden.

Der Verteilungsschieber hat zwei zur Ölverteilung dienende Kolben, die in der Mittelstellung des Ventils, also bei Beharrungszustand, denjenigen Kanälen im Ventilgehäuse gegenüberstehen, die zu den

Verbindungskanälen gegen den Servomotor hinführen; die mittleren Kanäle im Ventilgehäuse schliessen an den Verbindungskanal zur Pumpe, die Endkanäle bzw. Räume im Ventilgehäuse an den Oelbehälter an. Somit wird durch eine Aufwärtsbewegung des Ventils einerseits die Verbindung der Pumpe mit dem linken Arbeitsraum, andererseits die Verbindung des rechten Arbeitsraumes mit dem Oelbehälter und hiemit eine Bewegung des Servomotorkolbens von links nach rechts, bei Abwärtsbewegung ein entsprechender Wechsel der Verbindungen und hiermit eine Bewegung des Servomotorkolbens von rechts nach links eingeleitet. Da bei der bestehenden Disposition des Gestänges ein Heben der Hülse des Fliehkraftreglers die Abwärtsbewegung des Ventils und umgekehrt zur Folge hat, so entspricht der Bewegung des Servomotorkolbens von rechts nach links das Schliessen, derjenigen von links nach rechts das Oeffnen am Leitapparat der Turbinen, in Uebereinstimmung mit der Eigenschaft des Reglers, bei Entlastung

das Heben, bei Belastung das Senken der Hülse einzuleiten. Die notwendige Rückführung des Ventils in die Mittellage bei eingetretenem Reguliervorgang erfolgt durch Verschiebung

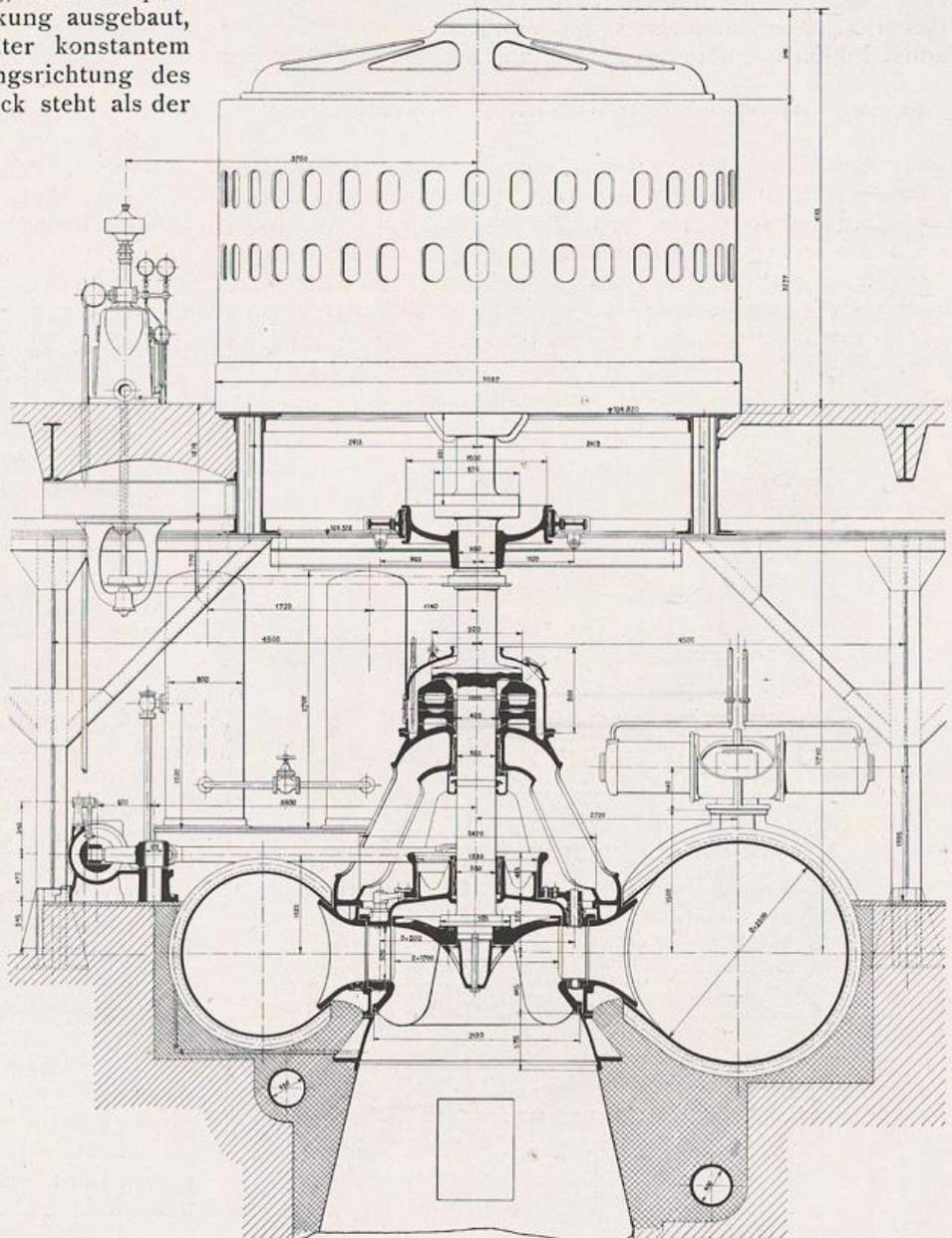


Abb. 14. Vertikalschnitt der Seros-Turbine von Escher Wyss & Cie. in Zürich.
 $H = 47 \text{ m}$, $n = 250 \text{ Uml/min}$, $N = 15000 \text{ PS}$. — Masstab 1 : 80.

des Stützpunktes *S* in der Mitte des Hebels zwischen Reglerhülse und Ventil mittelst des linksseitig am Antriebshebel angreifenden Gestänges, das den Stützpunkt bei der eingezeichneten geometrischen Anordnung bei Schliessbewe-

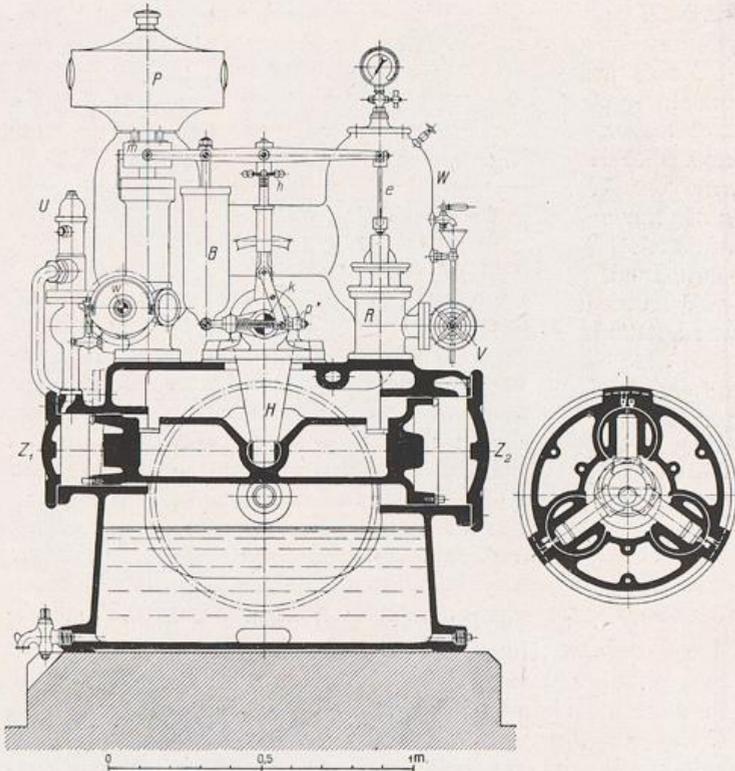


Abb. 16. Schnitt durch Differentialkolben und Oelpumpe. — 1 : 25.

gung des Servomotorkolbens hebt, bei Oeffnungsbewegung senkt. Der Rückführungsweg kann geändert werden durch Veränderung der Entfernung des rechtsseitigen Scharniers am wagrecht gezeichneten Hebel des Rückführungsgestänges von der lotrechten Mittelebene der Regulierwelle; die konstruktive Ausführung dieser Verstellvorrichtung ist aus den Abbildungen 16 und 17 zu ersehen. Wird dieser Abstand ganz aufgehoben, so bleibt der Stützpunkt *S* in Ruhe. Es kann das Regulierventil nur bei *einer* Lage der Hülse in

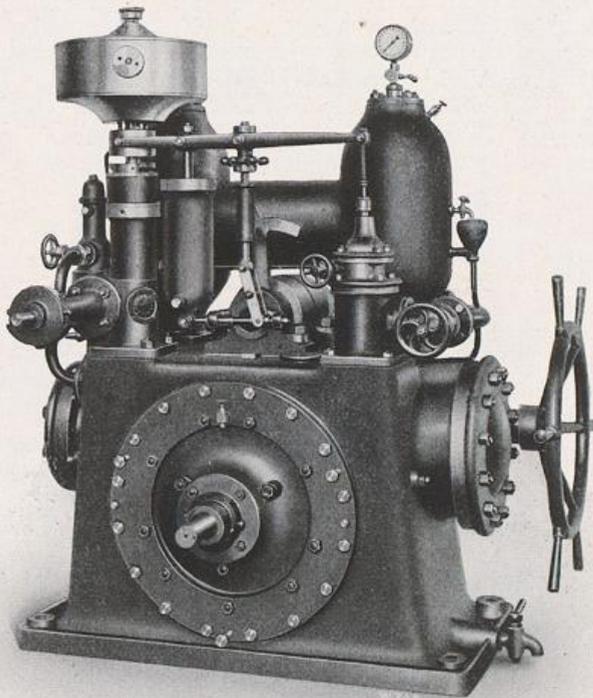


Abb. 17. Universal-Drucköl-Regulator von Escher Wyss & Cie., Zürich.

Mittelstellung sein. Die Rückführung ist isodrom eingestellt. Durch Veränderung der Lage des Stützpunktes *S* an der im Lagerständer vertikal geführten Tragstange mittelst der angedeuteten mit Handrad versehenen Schrauben-

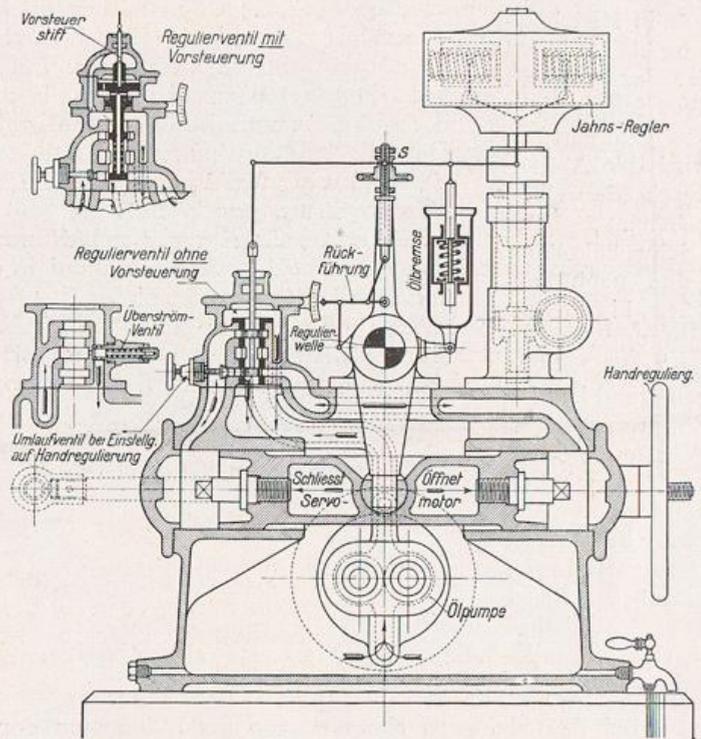


Abb. 18. Schema eines Universal-Drucköl-Regulators (mit und ohne Vorsteuerung) von Escher Wyss & Cie., Zürich.

einstellung kann die Mittelstellung des Verbindungshebels zwischen Hülse und Regulierventil geändert und hiermit in der üblichen Weise die Verstellung zur Änderung der mittleren Umdrehungszahl bewerkstelligt werden, von Hand mittelst des Handrades und, wenn ein von einem kleinen Elektromotor angetriebenes Schneckenwerk zugeschaltet ist, durch elektrische Uebertragung vom Schaltbrett aus.

Am Ventilgehäuse befindet sich einerseits ein Ueberströmventil, d. h. ein Sicherheitsventil, das zwischen dem mittleren Kanal im Gehäuse des Regulierventils und dem Verbindungskanal zum Oelbehälter eingeschaltet ist, mittelst dessen der Arbeitsdruck eingestellt wird; ferner ist noch ein Umlaufventil angebracht, durch das die beiden Arbeitsräume des Servomotors in Verbindung gebracht werden können, was dann zu geschehen hat, wenn die automatische Regulierung ausser Wirksamkeit und die Handregulierung in Betrieb gesetzt werden soll.

Die Oelbrämse kommt bei jeder Hülsenbewegung zur Wirksamkeit; es ist hiebei der Kataraktkolben in elastischer Verbindung mit dem von der Hülse zum Regulierventil führenden Hebel. Da aber der Kataraktzylinder infolge seiner Verbindung mit dem Antriebshebel an dessen Bewegung teilnimmt, und zwar in der Weise, dass er bei Oeffnungsbewegung des Servomotorkolbens nach aufwärts gedrückt, bei Schliessbewegung nach abwärts gezogen wird, so wird unter dem Einfluss des Kataraktes auf die Hülse immer ein Zwang ausgeübt, der trachtet, diese in die dem Beharrungszustand der eingetretenen Belastung entsprechenden Lage entgegenzuführen, was umso mehr von Belang ist, je mehr die Ventiltrückführung isodrom eingestellt ist.

Der nicht vorgesteuerte Verteilungsschieber hat nur die beiden Verteilungskolben, und besteht im Prinzip aus einem vollen Stück; der Schwebekolben des vorgesteuerten Ventiles hat ausser den beiden Verteilungskolben noch ein Differentialkolbensystem und ist nach Abbildung 18 links oben mit zentralen und seitlichen Kanälen versehen, durch die der Raum zwischen den beiden Verteilungskolben mit den Räumen des Differentialkolbens in geeignete Verbindung kommt. Bei der gezeichneten Mittelstellung, in

welcher der Vorsteuerstift vom Schwebekolben etwas absteht, findet Durchfluss statt, wobei die Pressungen in den verschiedenen Räumen um den Schwebekolben durch geeignete Dimensionierung so eingestellt werden können, dass der Schwebekolben in Mittelstellung bleibt. Wird der Vorsteuerstift dem Schwebekolben genähert, so wird der Abfluss durch denselben gehemmt, der Schwebekolben geht nach abwärts, bis die Entfernung vom Vorsteuerstift wieder genügend ist; bei Entfernen des Vorsteuerstiftes vom Schwebekolben findet Aufwärtsbewegung statt. Bei der geringen Masse des Schwebekolbens ist die Bewegungsfolge eine sehr rasche, die allgemeine Wirkungsweise also dieselbe, wie bei nicht vorgesteuertem Ventil.

Bei den kleineren Nummern oo bis II kommen doppeltwirkende Servomotoren zur Verwendung, wobei das Regulierventil ohne Vorsteuerung für negative Ueberdeckung in der Mittelstellung derart dimensioniert ist, dass das von der Pumpe gelieferte Oel mit ganz geringem Druck

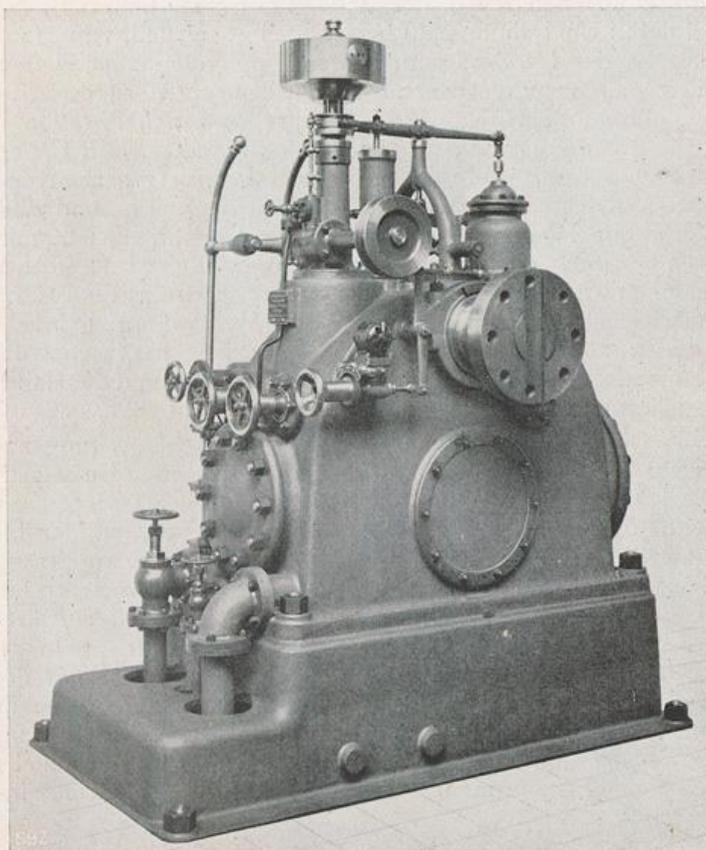


Abb. 22. Universal-Drucköl-Regulator Nr. VI.

in den Oelbehälter zurückfließen kann; die Pumpe läuft deshalb normaler Weise mit geringem Druck (etwa 2 at) und nur während der Regulierbewegungen, deren Dauer stets eine kurze ist, hat sie den für den Servomotor erforderlichen maximalen Druck zu erzeugen, wodurch kleinster

Kraftverbrauch und geringste Abnutzung der Pumpe gewährleistet sind. Bei den grösseren Ausführungen mit Differentialservomotor kann dies nicht zur Anwendung kommen; um nicht unzweckmässig grosse Oelpumpen zu erhalten, sind dann Windkessel als Ausgleichervorrichtung vorgesehen.

Die Handregulierung bei den Nummern oo bis IV erfolgt im Allgemeinen mit einem Schraubenmechanismus, der an eine, mit einem Hebel der Reguliermasse in geeigneter Verbindung stehende Kulisseeingreift; die Nummern V und VI haben hydraulische Umsteuerung von Hand.

Von grösstem Interesse sind noch die namentlich bei den grösseren Nummern angewendeten Sicherheitseinrichtungen, über die das Schema Abbildung 21 Aufschluss gibt. In demselben sind *A* der Jahnsregler, *B* der Servomotor, *C* das Regulierventil für den Servomotor, *D* das Sicherheitsventil wirksam bei Versagen des Antriebes des Reglers, *E* das Sicherheitsventil wirksam bei unrichtigem Oel-Druck im Windkessel, *S* der Stützpunkt für den Verbindungshebel zwischen Hülse und Regulierventil. Die Sicherheitsventile *D* und *E* bewirken Abstellen der Turbine, wenn eine der angegebenen Ursachen eintritt. Wenn der Antriebsriemen des Reglers abfällt, also die Hülse rasch sinkt, so wird das Ventil in *D* durch den mit der Hülse verbundenen Anschlag herabgestossen, es kommt der Windkessel mit dem Raum oberhalb des Regulierventils in Verbindung und letzteres wird demzufolge so verstellt, dass der Servomotor die Schliessbewegung annimmt. Wird der Druck im Windkessel abnorm, so wird er bei normalem Druck unter dessen und einer Feder Einfluss in Mittelstellung gehaltene Kolbenschieber verschoben, wobei dann wieder eine Verbindung zwischen dem Windkessel und

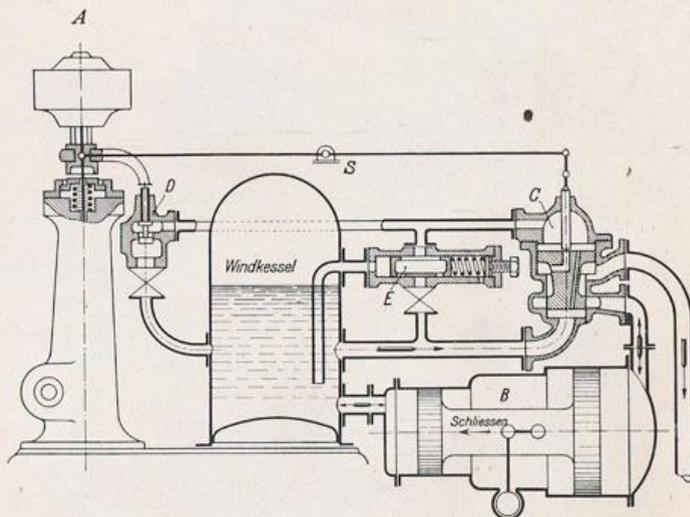


Abb. 21. Schema zu nebenstehender Abb. 22.

dem Regulierventil im Sinne des Schliessens der Turbine hergestellt wird; die Vorgänge sind leicht an Hand des Schemas zu verfolgen. Abb. 22 stellt den Regulator Nummer VI dar, der mit allen diesen Einrichtungen versehen ist.

Die Pelton-turbine für Saaheim.

Diese von der Aktieselskabet Rjukanfos in Christiania bestellte Turbine ist gebaut für ein Gefälle von 253 m und eine Leistung von 16 400 PS bei 250 Uml/min. Sie ist eine Turbine mit zwei Rädern und zwei Nadeldüsen für jedes Rad. Der mittlere Durchmesser der Räder beträgt 2,4 m, die Anzahl der Schaufeln eines Rades 26, der maximale Strahldurchmesser 0,164 m.

Die Welle mit den beiden Rädern ist auf der Gesamtansicht des Ausstellungsstandes der Firma Abb. 2 (Seite 2) rechts neben der Firmatafel ersichtlich. Die Seitenansicht Abbildung 23 zeigt die Disposition der Düsen und deren Zuleitung, sowie der Regulierung, die Verteilung der Schaufeln am Rad, das Gehäuse mit Fundamentrahmen und die Armierung für die Wasserabführung in den Schacht und dessen Schutz. Die Schnittfigur Abbildung 24 stellt die Befestigung der Schaufeln auf der Nabenscheibe dar, entsprechend der auf Seite 5, rechte Spalte, dritter Absatz gegebenen Beschreibung (meridionalgespaltene, konische

Stahlhülse + Pat. Nr. 54207 von Léon Dufour, Direktor der Ateliers Piccard, Pictet & Cie.).

Die beiden Lager der Turbinenwelle haben Bohrungen von 410, bzw. 320 mm Durchmesser und 800 mm Lagerlänge; sie sind mit Ringschmierung und gekühlter Oelzirkulation ausgerüstet.

Die Turbine ist mit kombinierter Nadelverstellung und Strahlableitung nach den im Oktober 1906 erworbenen Patenten von Léon Dufour (+ Pat. Nr. 42382, D. R. P. Nr. 185525) versehen; es sei an dieser Stelle bemerkt, dass die Firma als erste die Vorteile dieser Kombination mit Strahlableitung durch eine Ablenkfläche erkannt und sie bereits bei den 5500 PS Turbinen von Ackersand bei Visp angewendet hat. (Siehe Schweiz. Bauzeitung, Band LIV (1909), Seite 263 u. ff.

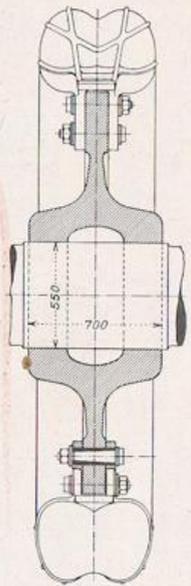


Abb. 24. Schaufelbefestigung. 1 : 40.

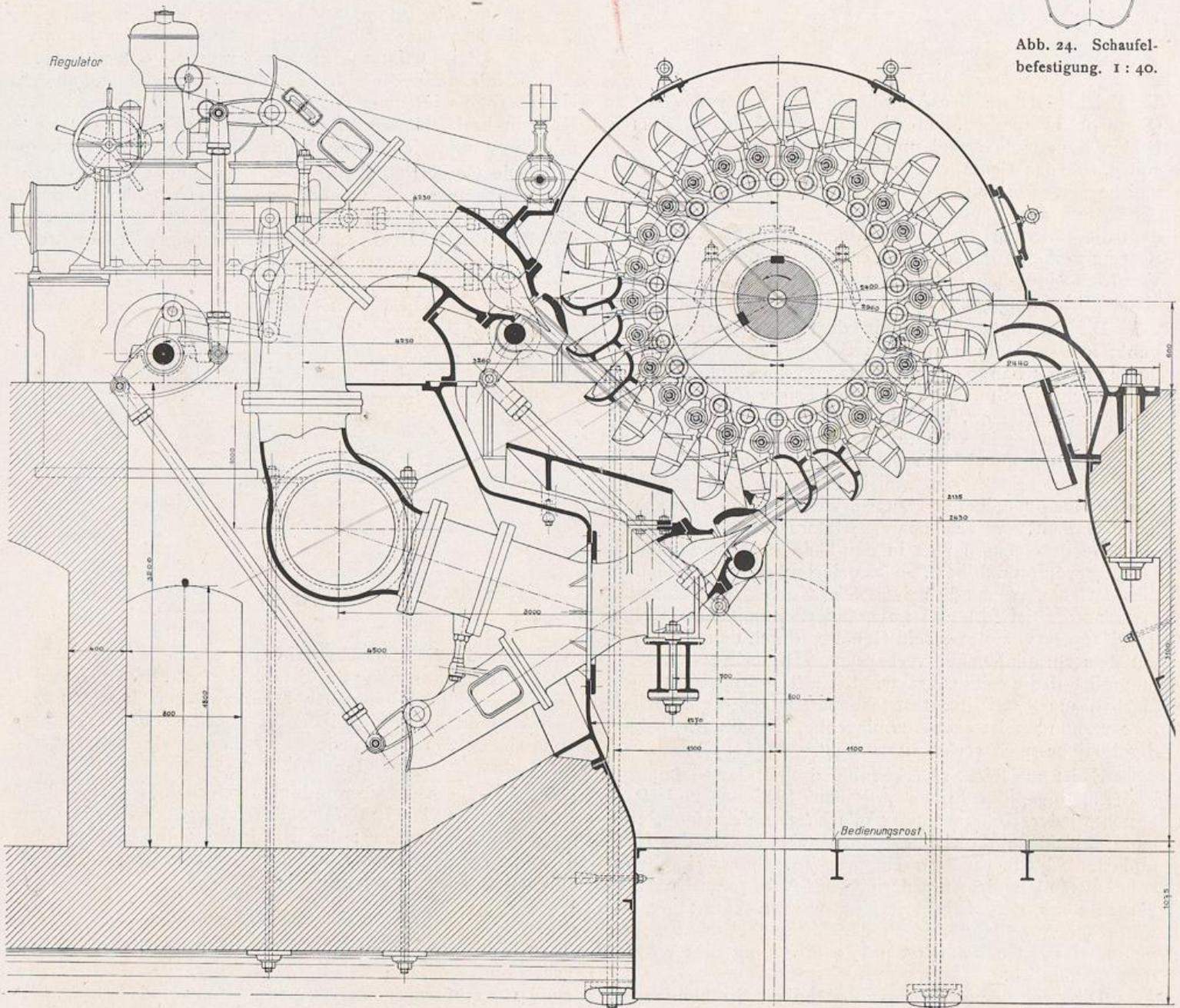


Abb. 23. Zweirädrige Pelton-turbine für Saaheim am Rjukanfos, Norwegen, gebaut von der S. A. des Ateliers Piccard, Pictet & Cie., Genève.

$H = 253 \text{ m}$, $n = 250 \text{ Uml/min}$, $N = 16\,400 \text{ PS}$. — Masstab 1 : 40.

Der Mechanismus ist in Gesamtansicht auf Abbildung 23, und in spezieller Zusammenstellung mit besonderer Schnittfigur für den Servomotor auf Abbildung 25 dargestellt; zu deren Erklärung ist das Schema Abbildung 26 gezeichnet, das sich zwar im geometrischen Zusammenhang nicht an denjenigen der Ausführung anlehnt, bei dem hingegen natürlich auf Uebereinstimmung der Kinematik geachtet ist. Es wurde nämlich versucht, behufs leichten

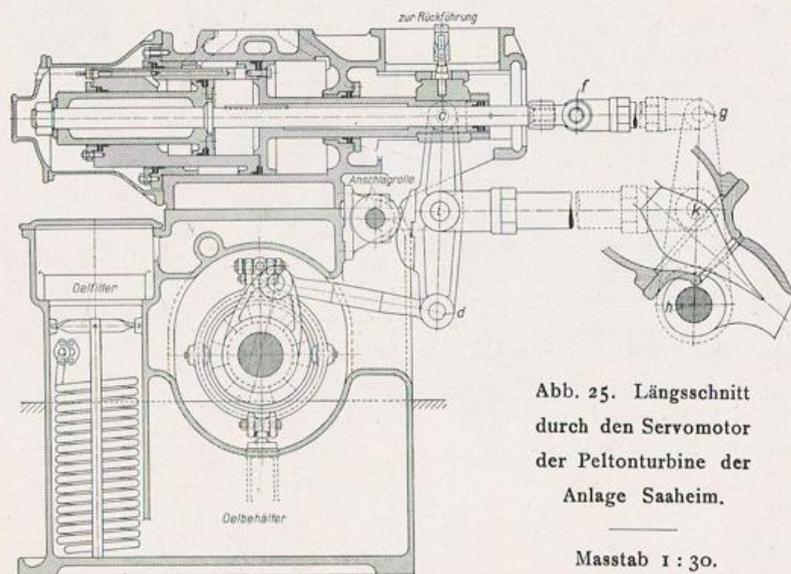


Abb. 25. Längsschnitt durch den Servomotor der Peltonturbine der Anlage Saaheim.

Masstab 1 : 30.

Vergleichs letztere der Anordnung des Schemas Abb. 10 (Seite 9) anzupassen, unter Lösung der Aufgabe, dass in beiden Fällen die Nadel und Ablenkerwege dieselben sein sollen, da das Grundproblem für beide Anordnungen das gleiche ist, wie unter *d* auf Seite 6 erörtert. Es ist daher für den geplanten Vergleich vorläufig belanglos, dass die Eintrittsrichtung des Ablenkers in den Strahl im Schema verkehrt gegen jene der Ausführung ist. Für den Vergleich sind auch in beiden schematischen Darstellungen gleiche Bezeichnungen für entsprechende Details eingeführt.

Die Schwinge *abc* mit dem festgelagerten Drehpunkt in *b* steht in *a* mit dem Servomotorkolben in Verbindung; in *c* hängt ein erster Hauptbestandteil des Mechanismus, eine nach einer bestimmten Kurve (Anschlagkurve) geformte Schiene *cd*, die mittelst des Lenkers *de* in *e* mit der Nadelstange in Verbindung steht. Die Schiene ist mit dem Strahlablenker durch den Lenker *ik* verbunden. Der Servomotor besteht aus zwei Teilen, aus dem mit Differentialkolben versehenen Hauptservomotor und dem koaxial angeordneten, verschiebbaren Katarakt-servomotor. Das Gehäuse des letztern ragt in den kleinern Arbeitsraum des Hauptservomotors hinein, sodass eine achsiale Verschiebung dieses Gehäuses möglich ist. Der Kolben des Katarakt-servomotors ist fest und unveränderlich mit dem Kolben des Hauptservomotors, sein Gehäuse durch den Lenker *fg* mit dem Strahlablenker verbunden. Dieser Katarakt-servomotor ist der zweite charakteristische Hauptbestandteil des Mechanismus. Mit dem feststehenden Lager der Schwinge *abc* verbunden ist eine Anschlagrolle, die die Auslenkung der Schiene nach rechts beschränkt.

Es ist nun leicht zu erkennen, dass so lange dauernde kraftschlüssige Berührung zwischen Schiene und Rolle besteht, jeder Kolbenstellung 0, 1, 2, 3, 4 des Hauptservomotors bestimmte gleichbezeichnete Stellungen der Nadel und der Ablenkerkante σ entsprechen, sodass in Beharrungszuständen die Anforderung des Anliegens der Ablenkerkante an den Strahl erfüllt werden kann; da die Form der Anschlagfläche an der Schiene durch Versuche gefunden werden kann, ist präzise Erfüllung dieser Anforderung möglich.

Die zweite Anforderung vollständiger Strahlablenkung bei Beginn eines durch starke Entlastung hervorgebrachten Reguliervorganges ist nun durch den Katarakt-servomotor ermöglicht; in absatzweiser Folge kann der Vorgang von

Vollöffnung bis Schluss der Düse in nachstehender Weise veranschaulicht werden.

Es sei volle Eröffnung der Düse vorausgesetzt, wobei die einzelnen Teile die Stellung 0 einnehmen; bei entsprechender Druckeinstellung im linken Arbeitsraum des Hauptservomotors werde dessen Kolben in die Stellung 4 und hierdurch der ganze Katarakt-servomotor, Kolben und Gehäuse, also auch dessen Punkt *f* und mit demselben *g*, in ihre Stellung 4', die Ablenkerkante in die Stellung σ' gebracht. Der Strahl ist ganz durchschnitten, bezw. abgelenkt; die Nadelstange mit Nadel sei hierbei noch in ihrer Lage geblieben. Nun bewegt sich unter dem Einfluss des Druckes im kleinen Arbeitsraum des Servomotors bei stehbleibendem Kolben das Gehäuse des Katarakt-servomotors nach rechts und nimmt dabei den Lenker *fg*, den Strahlablenker, und durch diesen und den Lenker *ik* die Schiene *cd* mit *bis* zu deren Anschlag an die Rolle, wobei dann, da die Schwinge *abc* in ihrer Lage 4 steht, auch die Teile *f*, *g* und σ und ebenso die Nadelstange mit Nadel in die Lage 4 kommen. Es hat also wieder Rückschwenken des Ablenkers in die der Servomotorstellung 4 entsprechende Lage von σ und entsprechende Verschiebung der Nadel stattgefunden, wobei die Bewegung unter dem Einfluss der Kataraktwirkung einen entsprechend verzögerten Verlauf nimmt. Selbstverständlich erfolgt auch in diesem Fall die Bewegung nicht derart absatzweise, sondern stetig.

Bei Oeffnungsbewegung 4 gegen 0 bleibt unter dem Einfluss der ständig in der Schliessrichtung an der Nadelstange wirksamen Achsialkraft *A* die Schiene mit der Rolle in kraftschlüssiger Berührung und es erfolgt die Verschiebung aller Teile durch die Lagen 4, 3, 2, 1 bis 0.

Die Geschwindigkeiten der Bewegung werden durch Einstellungen am Servomotor und Katarakt den Bedürfnissen angepasst; bei allmählichen Entlastungen bewegen sich Nadel und Ablenker immer in zugehöriger Aufeinanderfolge entsprechend den Lagen 0, 1, 2 u. s. f.

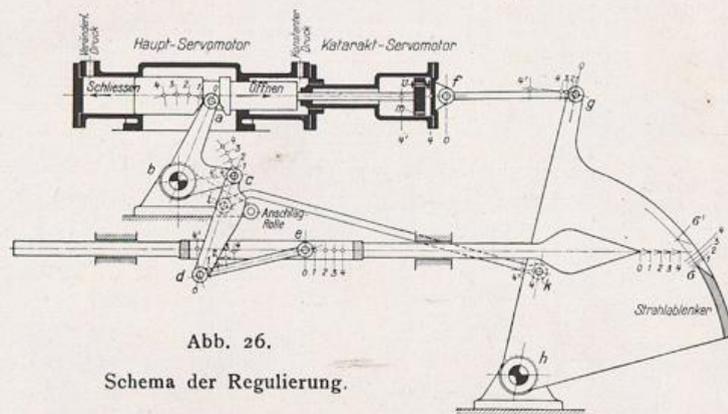


Abb. 26.

Schema der Regulierung.

Für die hydraulische Wirkung von Bedeutung ist die tatsächliche Anordnung des Strahlablenkers, dessen Ablenfläche sich ganz nahe der Düse zwischen letzterer und dem Rade befindet, wobei die Fläche eine solche Form hat, dass sie in den verschiedenen Stellungen des Beharrungszustandes den Strahl tangiert.

Die durch die Verwendung zweier Düsen nötige Einschaltung von Uebertragungsteilen ist aus den Abbildungen 23 und 25 zu ersehen; die Konstruktion des Reglers, des Regulierventils und der Rückführungsvorrichtung soll weiter unten besprochen werden.

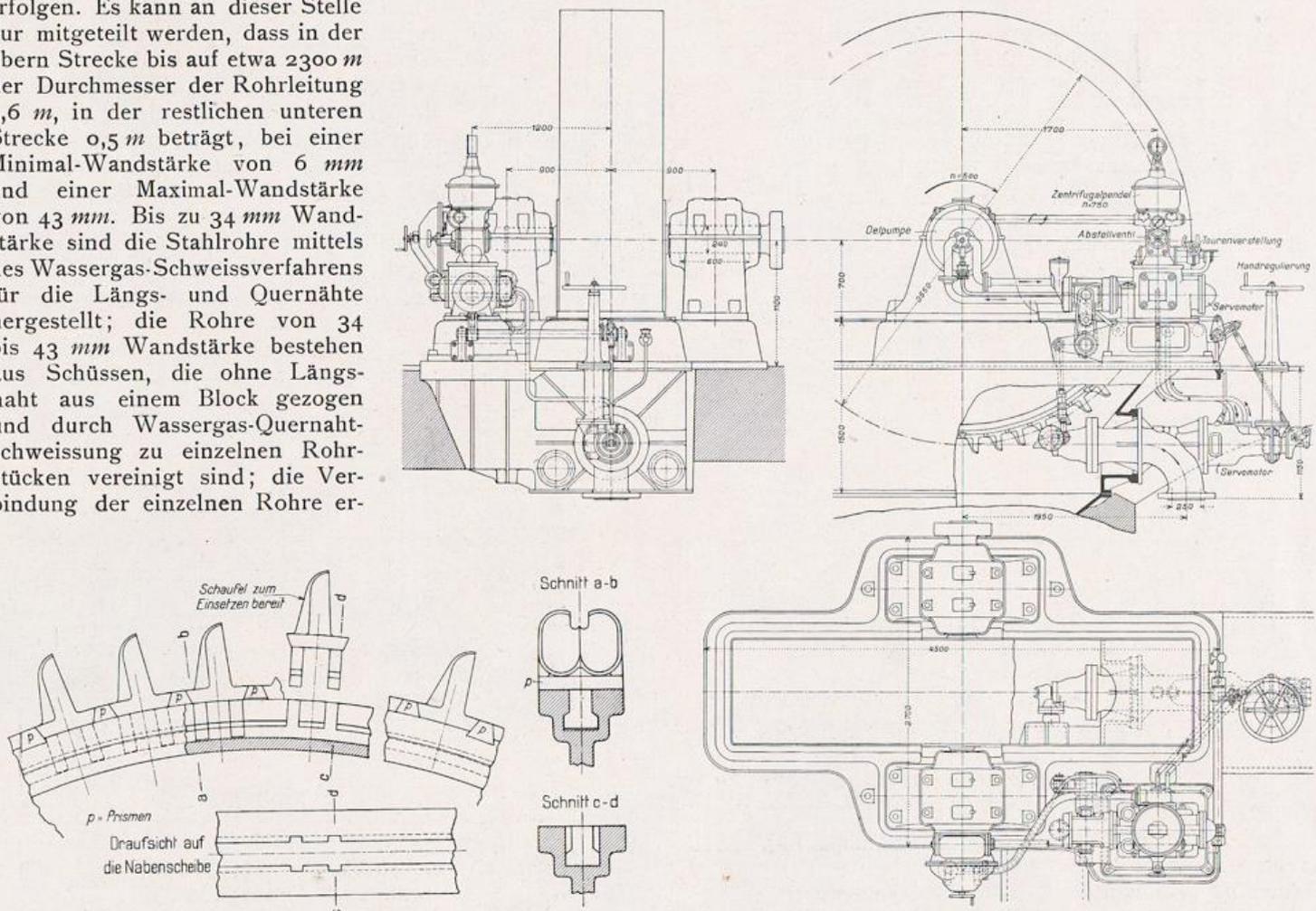
Peltonturbine der Anlage Fully.

Die Anlage ist von höchstem Interesse, da sie, wie schon auf Seite 2 bemerkt, das gesamte Gefälle von rund 1650 m zwischen dem Lac de Fully und dem Rhonetal in einer Stufe ausnützt, was natürlich sowohl hinsichtlich Material, Dimensionierung und Disposition der 4625 m langen Rohrleitung als der Konstruktion der 3000 PS Tur-

binen mit hohen Anforderungen für die Betriebssicherheit verbunden ist; die Anlage wurde projektiert von Herrn Ing. A. Boucher in Prilly-Lausanne, der gegenwärtig auch deren Bau leitet.

Ueber die Wasserfassung und Rohrleitung liegen dem Berichtersteller detaillierte Angaben nicht vor, eine eingehende Beschreibung dürfte jedoch wohl in nächster Zeit von der hierzu berufenen Seite, d. i. der Bauleitung und den Konstrukteuren der Anlage erfolgen. Es kann an dieser Stelle nur mitgeteilt werden, dass in der oberen Strecke bis auf etwa 2300 m der Durchmesser der Rohrleitung 0,6 m, in der restlichen unteren Strecke 0,5 m beträgt, bei einer Minimal-Wandstärke von 6 mm und einer Maximal-Wandstärke von 43 mm. Bis zu 34 mm Wandstärke sind die Stahlrohre mittels des Wassergas-Schweißverfahrens für die Längs- und Quernähte hergestellt; die Rohre von 34 bis 43 mm Wandstärke bestehen aus Schüssen, die ohne Längsnaht aus einem Block gezogen und durch Wassergas-Quernahtschweißung zu einzelnen Rohrstücken vereinigt sind; die Verbindung der einzelnen Rohre er-

Normalquerschnitt des Randwulstes der Nabenscheibe mit eingesetzter Schaufel, der Schnitt *c-d* den Querschnitt an einer Einsteckstelle, die Hauptfigur teils in Ansicht, teils im Schnitt die Nebeneinanderstellung der Schaufeln und eine derselben in der Lage vor dem Einstecken, die untere Figur links die Draufsicht einer Einsteckstelle. Es dürfte nun an Hand dieser Figuren die Beschreibung auf Seite 6 genügend verständlich sein.



Pelton-Türbine der Anlage Fully, $H = 1650$ m, $n = 500$ Uml/min, $N = 3000$ PS.

Abb. 28. Schema der Schaufelbefestigung.

Abb. 27. Draufsicht und Ansichten. — 1:60.

folgt durch angeschweißte Bunde mit losen Flanschen und Kautschukringdichtung. Die ganze Hauptleitung ist im Boden gedeckt verlegt und mindestens 1,0 m hoch mit Erde überdeckt.

Es ist begreiflich, dass den Absperr- und den damit verbundenen Sicherheits-Einrichtungen gleichfalls besondere Sorgfalt gewidmet ist.

Es kommen fünf Aggregate zu 3000 PS zum Einbau; die Drehstrom-Generatoren für 10000 Volt Spannung und 50 Perioden wurden von der Maschinenfabrik Oerlikon geliefert.

Die Turbinenkonstruktion ist dargestellt in der Zeichnung Abbildung 27; in Ansicht ist sie rechts im Gesamtbild (Abbildung 2) auf Seite 2 zu ersehen.

Die Turbine hat ein Laufrad von 3,55 m theoretischem Durchmesser und 54 auf einer Stahlguss-Nabenscheibe nach der bereits auf Seite 6 beschriebenen Methode befestigten Schaufeln aus gepresstem Stahl. Die Schaufelbefestigung ist in Abbildung 28 schematisch dargestellt. Die 54 Schaufeln sind in neun Gruppen zu je sechs Schaufeln verteilt. Die Abgrenzung der Gruppen ist durch die grösseren und in die Nabenscheibe hineinragenden trapezförmigen Prismen gekennzeichnet, während die übrigen Prismen — je fünf in einer Gruppe — nur auf dem Umfang der Nabenscheibe aufliegen; dies ist sowohl in Abbildung 27 wie im Schema ersichtlich. In diesem Schema zeigen der Schnitt *a-b* den

Die Turbinenwelle ist in zwei Lagern von 200 bzw. 240 mm Bohrung und 600 mm Lagerlänge gelagert; die Lager sind mit Ringschmierung und Oelzirkulation ausgerüstet, welche letztere von einer kleinen Pumpe erzeugt wird. Das Gehäuse ist in Blechkonstruktion durchgeführt und mit den Lagern und dem Regulator auf gemeinsamer Fundamentplatte befestigt; die Oelpumpe ist in originaler Anordnung am freien Wellenende angebracht.

Auch diese Turbine ist mit der kombinierten Regulierung nach Patent Léon Dufour versehen und erkennt man auf Abbildung 27 den Zusammenhang zwischen dem Regulator und dem Bewegungsmechanismus für die Nadel und den Strahlableiter. Die Firma hat das Schema Abbildung 29 (S. 18) zur Verfügung gestellt, das in drei Figuren die Stellungen bei absatzweisem Vorgang entsprechend der früher gegebenen Schilderung des Schliess-Regulierungsvorganges zeigt. Die Vergleichung dieses Schemas mit dem der Abbildung 26 ist ermöglicht dadurch, dass die einander entsprechenden Details mit denselben Buchstaben bezeichnet sind. Dieses Schema zeigt auch den grundlegenden geometrischen Zusammenhang der ausgeführten Anordnung, der durch das Parallelogramm charakterisiert ist, welches einerseits durch die Schwinde *dc* zwischen Servomotor und Nadelstange und der im Zustand voller Oeffnung der Düse zu demselben parallelen Schwinde *hg* zwischen Kataraktservomotor und Ableiter, andererseits durch die parallelen

Achsen des Servomotors und der Nadel gebildet ist. Bei ändern Nadel- und Ablenkerstellungen wird das Parallelogramm in ein ungleichseitiges Viereck verwandelt, in dem die zwei durch die Servomotor- und die Nadelaxe gehenden Seiten parallel bleiben, aber verschiedene Längen erhalten; die durch Axen der Schwingen bestimmten Viereckseiten verlassen hiebei ihre parallele Lage.

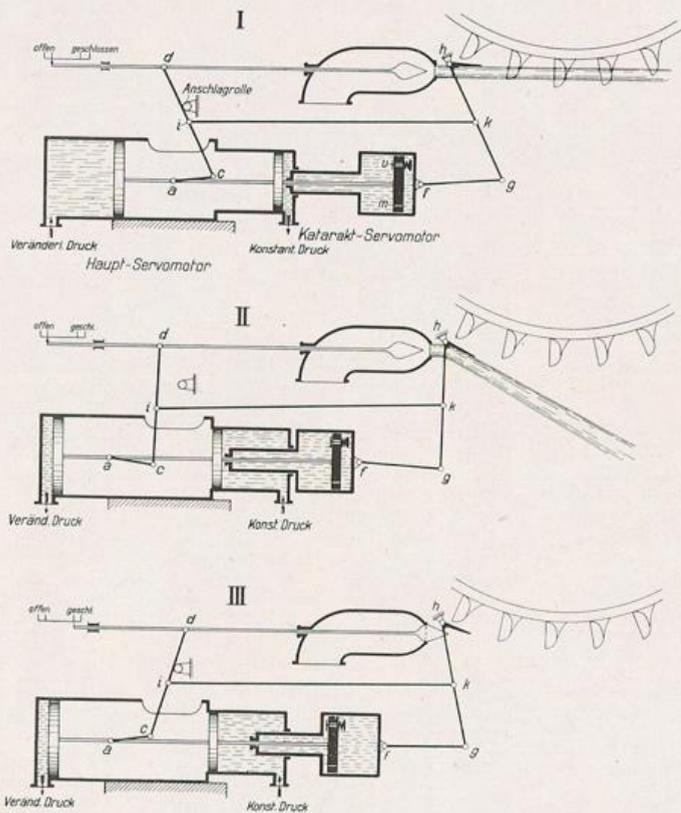


Abb. 29. Schema zur Regulierung der Turbine Fully.

Wie aus dem Schema Abbildung 26 folgt, ist dieser geometrische Zusammenhang nicht unerlässlich für die richtige Wirksamkeit des Mechanismus; diese ist auch bei anderer Anordnung möglich. Er vereinfacht jedoch die Gesamtdisposition und ist daher zweckmässig.

Auf den Abbildungen 27 und 29 sieht man auch die Disposition des Ablenkers zwischen Düse und Rad, und es sei bemerkt, dass die Firma das tangentielle Anliegen der Ablenkfläche an den Strahl in Stellungen des Beharrungszustandes besonders betont und ebenso die übrigens allen diesen Konstruktionen zukommende Eigenschaft, dass bei

geringen und allmählichen Entlastungen die Bewegung der Nadel und des Ablenkers eine dem zwangsläufigen Zusammenhang des Mechanismus entsprechende, d. h. dass hierbei die Berührung zwischen Schiene und Rolle immer erhalten bleibt; dies ist natürlich durch passende Einstellung des Kataraktes ermöglicht.

Der Aufbau des Regulators wird weiter unten geschildert werden.

Bei dem angegebenen Gefälle von 1650 m beträgt die Ausflussgeschwindigkeit aus der Düse etwa 180 m/sek und die Austrittsgeschwindigkeit vom arbeitenden Rad noch etwa 36 bis 40 m in der Sekunde; es ist daher eine besondere Vorsorge nötig, damit das ablaufende Wasser die Wände des Ablaufschachtes in keinem Falle angreift. Die getroffene Einrichtung ist aus Abbildung 30 zu ersehen; sie besteht aus einer an die Fundamentplatte anschließenden, gusseisernen Armierung des obren Schachtendes, einem daran anschließenden, schrägliegenden und nach unten sich verengenden Blechkanal, in dem verschiedene Rechen eingebaut sind, und der mittels Krümmers in einen horizontal liegenden Blechzylinder von 10 m Länge und

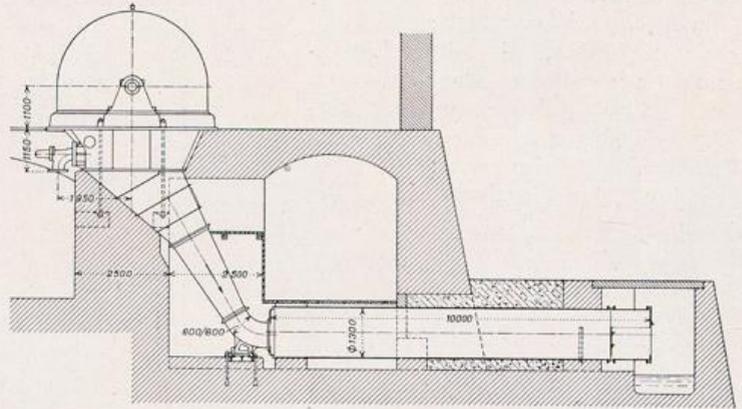


Abb. 30. Ablaufkanal der Turbine Fully. — Masstab 1 : 200.

1,3 m Durchmesser mündet; in diesem Zylinder wird das Wasser durch einen am Abflussende angebrachten Ueberfall gestaut, sodass eine Beruhigung des abfließenden Wassers vor sich gehen kann. Nach Mitteilung hat sich die Einrichtung gut bewährt.

Es liegt in dieser, für ganz aussergewöhnliche Verhältnisse gebauten Anlage und Turbinenkonstruktion jedenfalls eine zielbewusste, initiativ-technische Leistung ersten Ranges vor, und es werden Berichte über deren Wirksamkeit und Verhalten von der gesamten technischen Fachwelt jedenfalls dankbarst begrüsst werden.

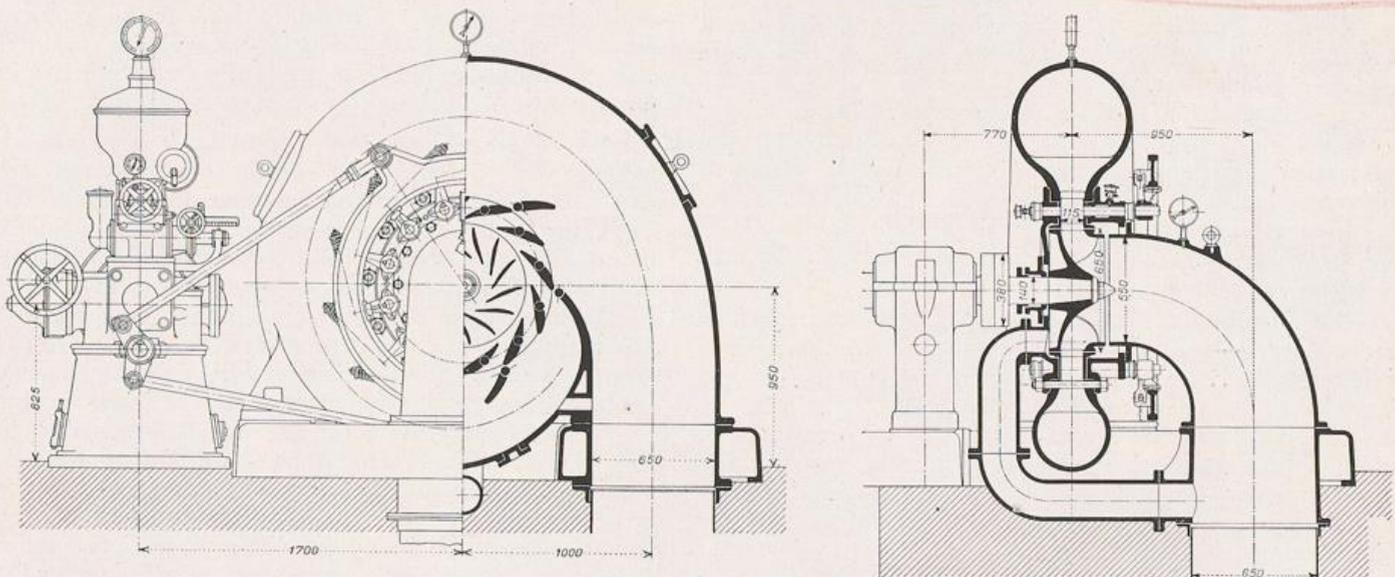


Abb. 31. Spiral-Francis turbine der Anlage Prés du Chanet, gebaut von Piccard, Pictet & Cie., Genf.
 $H = 69 \text{ m}$, $n = 750 \text{ Uml/min}$, $N = 1350 \text{ PS}$. — Masstab 1 : 40.

Die Turbine der Anlage Près du Chanet.

Diese für das Elektrizitätswerk der Stadt Neuchâtel bestimmte Turbine ist für eine Leistung von 1350 PS bei 69 m Gefälle und 750 Uml/min konstruiert.

Die Figuren der Abbildung 31 zeigen die Nebeneinanderstellung von Turbine und Regulator und die Anordnung der Turbine als einkränzige Spiral-Francis-Turbine

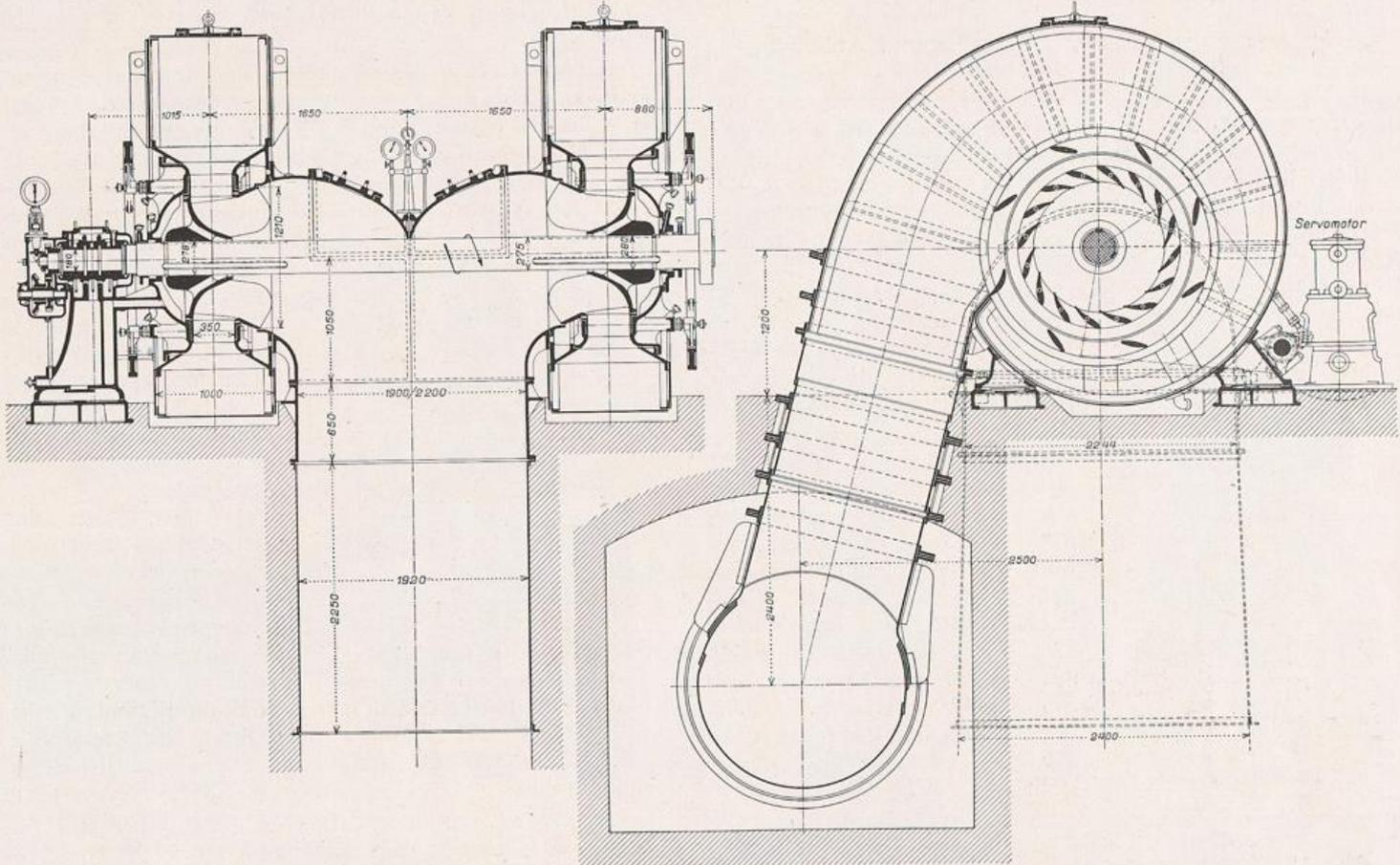


Abb. 32. Zwillings-Spiral-Francis-Turbine des Kallnachwerkes, gebaut von Piccard, Pictet & Cie., Genf. Masstab 1 : 60. — $H = 19,35$ bis $22,70$ m, $n = 300$ Uml/min, $N = 2500$ PS.

mit liegender Welle, nach der Normalkonstruktion der Firma mit äusserem Reguliermechanismus, bei dem in die Lenker zwischen den Hebeln an den Achsen der Dreh-schaukeln und dem Regulerring Druckfedern eingeschaltet sind, wie auf Seite 5 unter *b* bereits bemerkt ist. Das Rad sitzt fliegend auf dem zur Turbine gehörenden Wellenstück, das an die Generatorwelle angekuppelt ist; die Versteifung des gusseisernen Spiralgehäuses erfolgt mittelst eingegossener, zur Wasserführung geformten Rippen und in deren Verlängerung angeordneter Bolzen. Die Leitradseitenwände sind mit auswechselbaren Verkleidungen armiert, der Raum zwischen Laufrad und Deckel ist mit dem Saugraum durch ein weites Rohr behufs Druckausgleiches verbunden. Die Bewegung des Regulierendes durch den weiter unten beschriebenen Regulator erfolgt von dessen Stelle aus in der bekannten Weise mittels einem Paar Zug- bzw. Druckstangen.

Die Zwillings-Francis-Turbine für Kallnach.

Die von der Bernische Kraftwerke A.-G. bestellte Turbine ist gebaut für ein Gefälle von 19,35 bis 22,70 m und eine Leistung von 2500 PS bei 300 Uml/min. Ihre Konstruktion ist aus der Abbildung 32 ersichtlich.

Die Turbine besitzt zwei einfache Laufräder auf gemeinschaftlicher, liegender Welle; das zu jedem Laufrad gehörende Leitrad ist in ein besonderes Spiralgehäuse in Blechkonstruktion eingebaut. Die Reguliermechanismen sind nach aussen verlegt und ebenfalls mit Lenkern versehen, in die Druckfedern eingeschaltet sind; die Laufräder gossen gegeneinander in ein gemeinschaftliches Saugrohr aus, und sind behufs Druckausgleiches zwischen

den dieselben umgebenden Räume durchbrochen ausgeführt. Die Lager haben 180 mm Bohrung bei 500 mm Lagerlänge und sind mit Ringschmierung und gekühlter Oelzirkulation ausgerüstet. Die Leitradseitenwände sind mit auswechselbaren Verkleidungen armiert.

Von besonderem Interesse sind die mannigfachen Bedienungseinrichtungen, die mit dem Regulator ebenfalls weiter unten beschrieben werden.

Die Regulatoren und Betriebseinrichtungen.

Es erschien zweckmässig, vor der eigentlichen Beschreibung der Regulatoren einige wesentliche und originelle Details anhand schematischer Skizzen zu besprechen.

a) *Der Fliehkraftregler.* Der Aufbau dieser interessanten Konstruktion ist in Abbildung 33 schematisch dargestellt; der Regler ist an sich ein Pendelregler mit lot-rechter Drehachse und federbelasteter Hülse; die originellen Einzelheiten sind folgende:

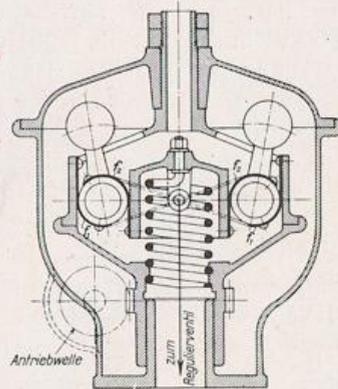


Abb. 33. Fliehkraftregler.

1. Die Lagerung der Pendelarme erfolgt durch Aufhängung am drehbaren, aber nicht verschiebbaren Pendelträger und an der Hülse mittels dünner Blattfedern in solcher Weise, dass die wagrechten Drehachsen der Pendelarme bei zunehmendem Ausschlag der letztern gehoben werden und hierbei auch die Hülse, mit der die Arme ebenfalls durch Blattfedern verbunden sind, heben; die Blattfedern der Aufhängung der Pendelarme am Träger sind derart von dem einen Arm zum andern hinübergeführt, dass eine symmetrische Kraftwirkung und Bewegung erzielt wird.

2. Die Spiralfeder belastet die Hülsen durch Zug. Der Pendelträger ist am Scheitel des die ganze Anordnung

umgebenden feststehenden Gehäuses in einem Spurlager und an der Fussplatte des Gehäuses an einem hohlen Zapfen gelagert; der Antrieb erfolgt mittels Schraubenrädern, von denen das eine mit dem Pendelträger in einem Stück gegossen ist. Der hohle Zapfen ermöglicht:

3. die einfachste Aufhängung des Regulierventiles an der Hülse mittels einer Hängestange.

Hiermit sind wenigstens prinzipiell alle Scharniere vermieden.

b) *Das Regulierventil.* Dieses ist auf Abbildung 34 schematisch dargestellt und besteht aus dem Kolbenschieber *a* als Verteilungsorgan, der mittels der Hängestange *h* mit der Hülse des Reglers verbunden ist und mit dieser um die gemeinschaftliche lotrechte Achse rotiert, aus dem diesen Kolbenschieber umgebenden zylindrischen Schieber *b*, der am weiter unten beschriebenen Rückführungsgestänge gestützt und sowohl lotrecht verschiebbar, als auch um den Kolbenschieber drehbar ist. Der Schieber *b* ist mit drei Ringkanälen versehen, von denen die zwei äusseren in der relativen Mittellage gegen die beiden Kolben des

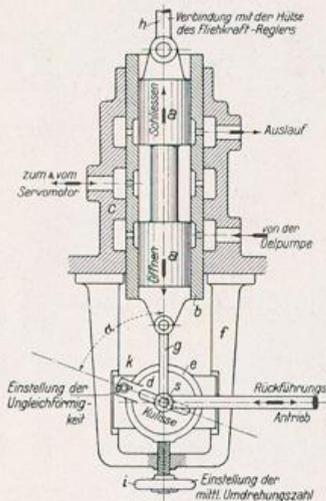


Abb. 34. Regulierventil, darunter Rückführungsschema.

grösseren Arbeitsraumes im Servomotor sowohl gegen die Pumpe als auch gegen den Auslauf durch den Kolbenschieber unterbrochen; wird letzterer nach aufwärts bewegt, so bleibt die Verbindung mit der Ölpumpe unterbrochen, während diejenige mit dem Auslauf hergestellt ist, sodass das Öl aus dem Arbeitsraum ausfliessen, der Druck in demselben vermindert und die Bewegung des Servomotorkolbens beginnen kann. Wird nach entsprechender Bewegung der Schieber *b* durch den Rückführungsmechanismus nachgeschoben, so kann relative Mittellage zwischen beiden Schiebern hergestellt und damit die frühere Verbindung aufgehoben werden; dasselbe gilt für Bewegungen in umgekehrter Richtung. Man kann dem Schieber *b* die Bezeichnung Rückführungsschieber beilegen.

Das Ventil bedarf keiner Vorsteuerung, da der Kolbenschieber im wesentlichen in allen seinen Lagen entlastet und bei seiner ständigen Rotation der Reibungswiderstand gegen Verschiebung verschwindend klein ist.

c) *Der Rückführungsmechanismus mit Einstelleinrichtungen.* Auf Abbildung 34 ist versucht, das prinzipielle dieser Mechanismen an einem Schema darzustellen, dessen geometrischer Zusammenhang sich wieder nicht an denjenigen der Ausführung anlehnt, aber kinematisch gleichwertig ist und den Vorteil besitzt, die Vorgänge in einer Ebene vor Augen führen zu können; in Abbildung 35 ist dann der geometrische Zusammenhang der Ausführung dargestellt.

Abbildung 34: In dem am Ventilgehäuse *c* befestigten Ständer *f* ist ein mit Führungsbacken versehener Ring *e* mittels Schraube und Handrad *i* in bestimmter Lage einstellbar; im Ring ist eine als Scheibe geförmte Kulisse *d*

mittels der Schraube *k* ebenfalls in einer bestimmten Lage, d. h. auf einen bestimmten Kulissenwinkel α einstellbar; in der Kulisse ist ein Stein *s* verschiebbar, der einerseits mittels des Lenkers *g* mit dem Rückführungsschieber *b* verbunden ist und an den andererseits der vom Servomotorkolben ausgehende Rückführungsantrieb angreift.

Man erkennt:

1. Durch die Bewegung von *s* in der Kulisse wird die Verschiebung von *b* und hiemit die Rückführung herbeigeführt.

2. Die Grösse des Winkels α bestimmt den Ungleichförmigkeitsgrad der Beharrungszustände: Mit $\alpha = 90^\circ$ ist (bei grosser Länge von *g*) der Ungleichförmigkeitsgrad gleich Null, da die relative Mittellage zwischen *a* und *b*

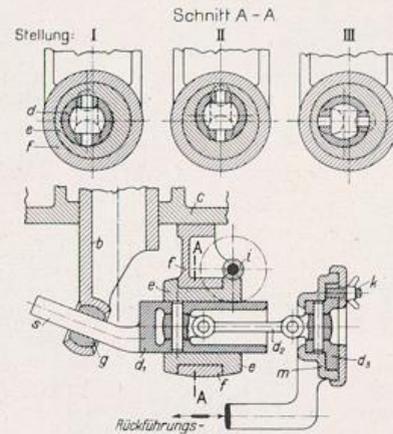


Abb. 35. Konstruktions-Schema der Rückführung zum Regulator von Piccard, Pictet & Cie., Genf.

ist gleichbedeutend mit der Einstellung der mittleren Umdrehungszahl.

Abbildung 35: Die originelle Anordnung der Ausführung ist folgende: Der Scheibe *d* entspricht ein Zylinder *d*₁, eine Scheibe *d*₃ und ein mittels Kreuzgelenken mit denselben verbundener Lenker *d*₂; an *d*₁ ist ein die Kulisse und den Stein ersetzender Zylinder *s* schräg angesetzt, der in einem Kugelgelenk *g* an den Verteilschieber angreift. *d*₁ steckt exzentrisch in einem Zylinder *e*, wobei die Exzentrizität derart angeordnet ist, dass durch Verdrehen des Zylinders *e* die Höhenlage von *d*₁ verstellt werden kann; hierzu dient der Schneckenantrieb *i*, dessen Schnecke an dem den Zylinder *e* umgebenden und am Ventilgehäuse *c* befestigten Ständer *f* gelagert ist. *d*₃ ist mit dem Anführungsantrieb *m* derart verbunden, dass eine feste Einstellung der Lage des Zylinders *s* durch Verdrehung und Feststellung mittels *k* erfolgen kann. — Man erkennt:

1. Die hin- und hergehende Bewegung von *m* bringt die Rückführungsbewegung von *b*, infolge der Schräge von *s* hervor.

2. Die Aenderung der Höhenlage von *d*₁, die wegen der Kreuzgelenke möglich ist, ändert die relative Mittellage von *a* und *b* und hiemit die mittlere Umdrehungszahl.

3. Die Verdrehung von *d*₃ verändert die Lage der Achse des Zylinders *s* gegen die Horizontalebene, somit die Grösse der Rückführungsverschiebung von *b* und demnach den Ungleichförmigkeitsgrad der Beharrungszustände.

Die Figuren I, II, III der Abbildung 34 zeigen noch drei Stellungen der Teile *d*₁ und *e* innerhalb *f* und zwar entspricht:

I grösstem Ungleichförmigkeitsgrad bei normaler, mittlerer Umdrehungszahl,

II grösstem Ungleichförmigkeitsgrad bei höchster, mittlerer Umdrehungszahl,

III normaler, mittlerer Umdrehungszahl ohne Ungleichförmigkeit (Isodromstellung).

Der Ungleichförmigkeitsgrad ist hierbei auf Beharrungszustände bei Vollast und Leerlauf bezogen.

Der Gesamtaufbau der Regulatoren von Piccard, Pictet & Cie. in Genf, wie in Abbildungen 34 bis 36 dargestellt, ist im allgemeinen der folgende:

Ein Sockel enthält den Oellagerraum mit Kühlschlange und den Servomotor; auf dem Sockel steht das Gehäuse des Regulierventils, das mit dem Ständer für die Rückführung in einem Stück ausgeführt ebenfalls einen Oelbehälter bildet; seitlich daran schliesst sich ein Oeltopf an mit einem durch Federn gehaltenen und mit Ventilen derart versehenen Kolben, dass die in diesem Oelraum infolge der Bewegungen des Regulierventiles und der Rückführungsbestandteile verursachte Oelfluktuat mit einem Widerstand verbunden ist, der bremsend auf die Ventilbewegung wirkt, mithin die Oelbremse ersetzt. Auf das Ventilgehäuse ist das Gehäuse des Fliehkraftreglers aufgesetzt, das wieder soweit mit Oel gefüllt ist, dass das Schneckenradgetriebe immer im Oelbad läuft.

Der Servomotor ist mit Einrichtungen für rein mechanische oder hydraulisch mit Drucköl betätigte¹⁾ Handregulierung und bei Regulatoren für Francisturbinen, wenn nötig, mit dem Antrieb für einen automatischen Druckregler ausgerüstet.

Am Ventilgehäuse befindet sich ein zwischen dem mittleren Ringraum und einem in den Oelbehälter führenden Kanal ein Ueberströmventil, das dann zu öffnen ist, wenn die rein mechanische Handregulierung verwendet wird, und ein mit demselben kombiniertes Sicherheitsventil zur Einstellung des maximalen Oeldruckes in den Servomotorräumen.

Katarakte sind mit den nötigen Einstellvorrichtungen, die Oelräume mit Oelstandszeiger, alle Lager und Zapfen mit den nötigen Schmiereinrichtungen armiert; selbstverständlich fehlen nicht Tachometer und Manometer.

Der Regulator der Turbine für *Fully* ist aus den Schnittfiguren der Abbildung 36 ersichtlich; im bezüglichen Längsschnitt sind die dem Schema Abb. 29 (S. 18) entsprechenden Buchstaben eingetragen; die Zergliederung seines Aufbaues und seiner Wirksamkeit dürfte an Hand obiger Erläuterung leicht durchführbar sein.

Der Regulator für *Saaheim* ist, bis auf die Details des Servomotors, demjenigen für *Fully* im allgemeinen ähnlich, namentlich hinsichtlich Fliehkraftregler, Regulierventil und Rückführung, die auf Abbildung 25 weggelassen sind.

Die Regulierungs- und Betriebseinrichtungen der Turbinen für *Prés du Chanet* und *Kallnach* werden am besten an Hand der von der Firma beigegebenen Schemata und Betriebsanweisungen erläutert. Abbildung 37 ist das Schema der Regulierung an der Turbine der Anlage *Prés du Chanet*; die Betriebsanweisung lautet:

a) *Direkte Handregulierung.* Diese wirkt direkt durch das Handrad 1 an der Welle 2, das den Reguliering 3 der Leitrad-schau-feln 4 mittels der beiden Stangen 5, dem Schraubenrad 6, der Schraube 7 und dem Hebel 8 betätigt.

Die Regulierung wird in Wirksamkeit gesetzt durch

¹⁾ Im Rückführmechanismus ist in diesem Fall zwischen dem Zylinder *d*₁ und dem ihn umgebenden Zylinder *e* noch ein mit dem ersten koaxialer Zylinder eingeschaltet, der am inneren Ende direkt unterhalb des Kolbenschiebers eine unrunde Scheibe trägt, sodass bei einer von aussen mittels Handgriff oder Handrad möglichen Verdrehung der Kolbenschieber angehoben werden kann, was, wie sich weiter unten ergeben wird, bei Einschalten der hydraulischen Handregulierung nötig ist; dieses Detail ist im Schema Abb. 35 als unwesentlich für die Hauptbeschreibung weggelassen.

Einrücken der Klauenkupplung des Rades 6, nachdem das Ueberströmventil 9 geöffnet ist.

b) *Automatische Regulierung durch das Tachometer.* Ist die Turbine in Betrieb, so tritt automatische Regulierung ein, sobald die Handregulierung ausgeschaltet ist, d. h. so-

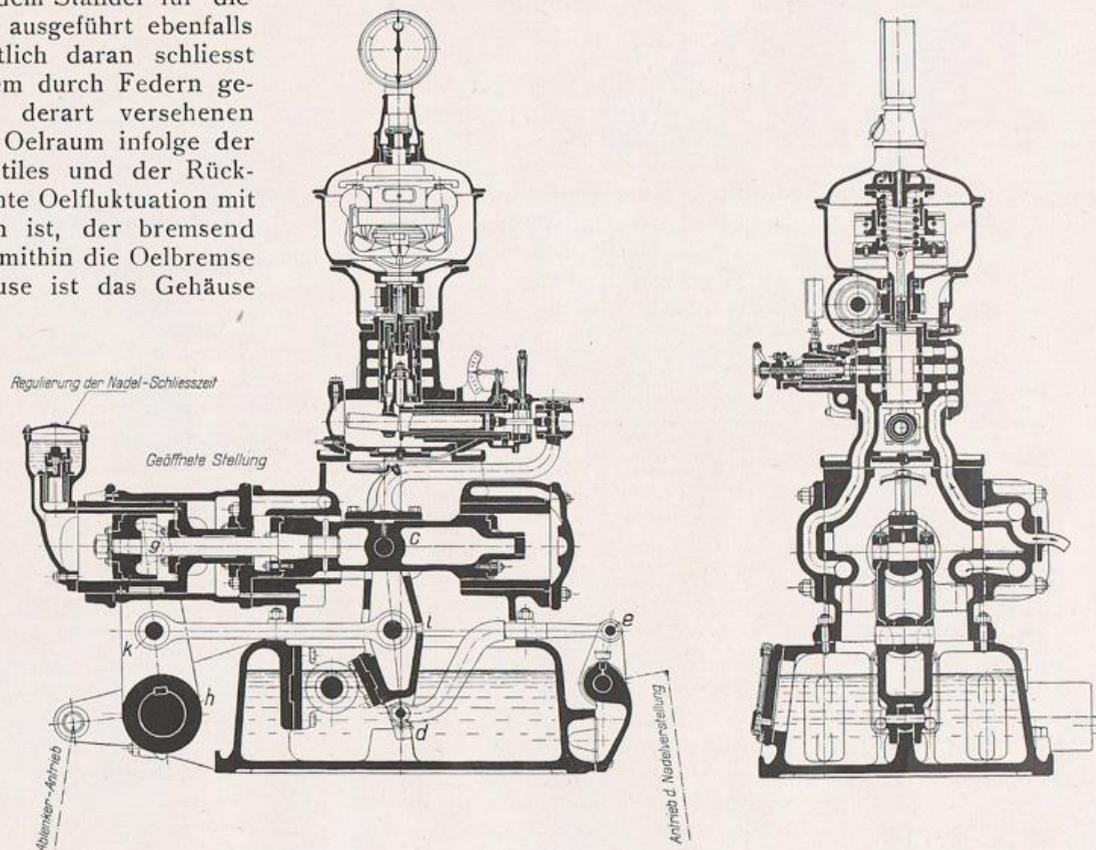


Abb. 36. Regulator der Turbine *Fully*; Längs- und Querschnitt (vergl. auch Abb. 34 u. 35).

bald man durch Drehung am Handrad 18 des Ueberström- und Sicherheitsventiles den Oeldruck eingestellt hat. Die Arbeitsgeschwindigkeit des Servomotors kann dann während des Betriebes eingestellt werden, von Hand durch Drehung am Handrad 10 der Geschwindigkeitsverstellung, oder vom Schaltbrett aus durch den Elektromotor 25. Der Ungleichförmigkeitsgrad zwischen Leerlauf und Vollast kann ebenfalls während des Betriebes durch Verdrehen des Zylinders 11 und Arretierung der neuen Stellung mittels der Mutter 12 verändert werden.

Normale Betriebsaufnahme. Vor Oeffnen des Hauptschiebers der Zuleitung zur Turbine hat man sich zu versichern: 1. dass die Leitrad-schau-feln in Schlusstellung stehen, was am Indikator 13 zu ersehen ist; 2. an den Oelständen 14 und 15, ob genügend Oel in den Oelräumen des Reglerantriebes, im Oelbehälter der Oelpumpe 16, im Oeltopf 24 des Hängelagers des Reglers ist; dann öffnet man den Hahn 17 der Kühlschlange. Wenn dies alles in Ordnung ist, kann die Turbine in Betrieb gesetzt werden, und zwar durch Oeffnen des Hauptschiebers und darauf folgendes Oeffnen am Leitrad mittels des Handrades 1, wie unter *a* angegeben. Läuft die Turbine mit zirka 500 Uml/min, so wird der Oeldruck eingestellt durch langsames Drehen am Handrad 18 des Sicherheitsventiles. Diese Pressung wird am Manometer 19 angezeigt und soll etwa 15 kg/cm² betragen. Die automatische Regulierung tritt nun in Funktion und die Turbine kann in Dienst gestellt werden.

Normale Betriebseinstellung. Schliessen am Leitrad mit Oeldruck durch rasches Drehen am Handrad 10 im Sinne der Erniedrigung der mittlern Umdrehungszahl, dann Abstellung des Oeldruckes mittels des Handrades 18 des Sicherheitsventils, schliesslich bei längerer Betriebsunterbrechung Schliessen des Hauptschiebers.

Verschiedenes. Die Oeffnungszeit der Turbine wird durch Verstellen des Stiftes 21 reguliert, die Schliesszeit

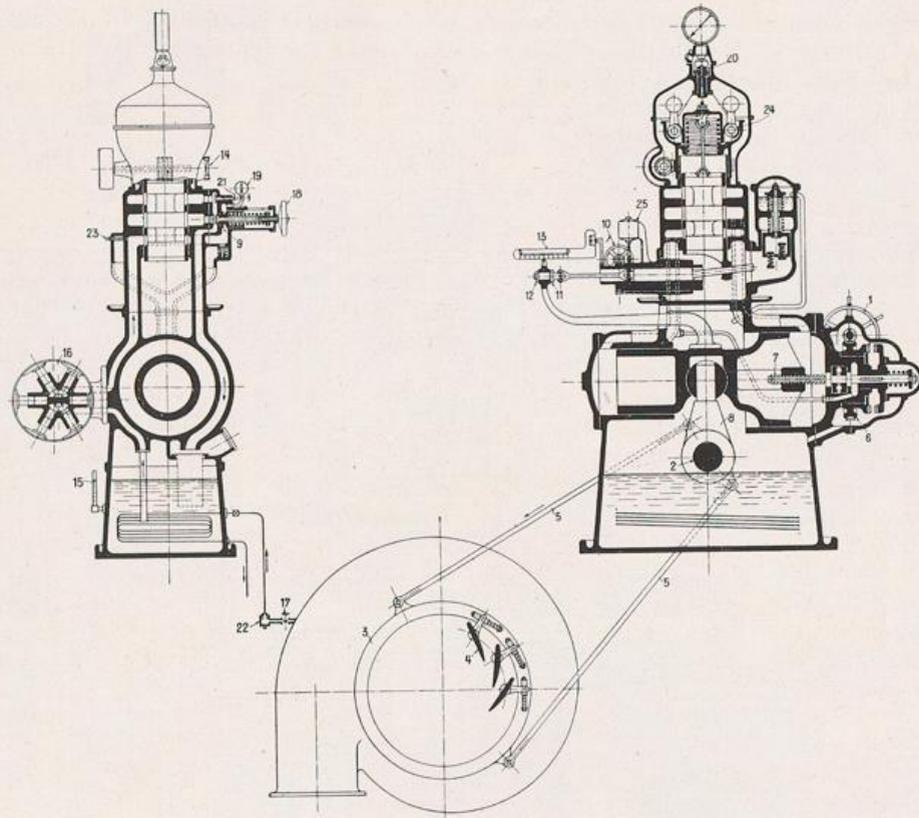


Abb. 37. Regulierraum der Anlage Prés du Chanet.

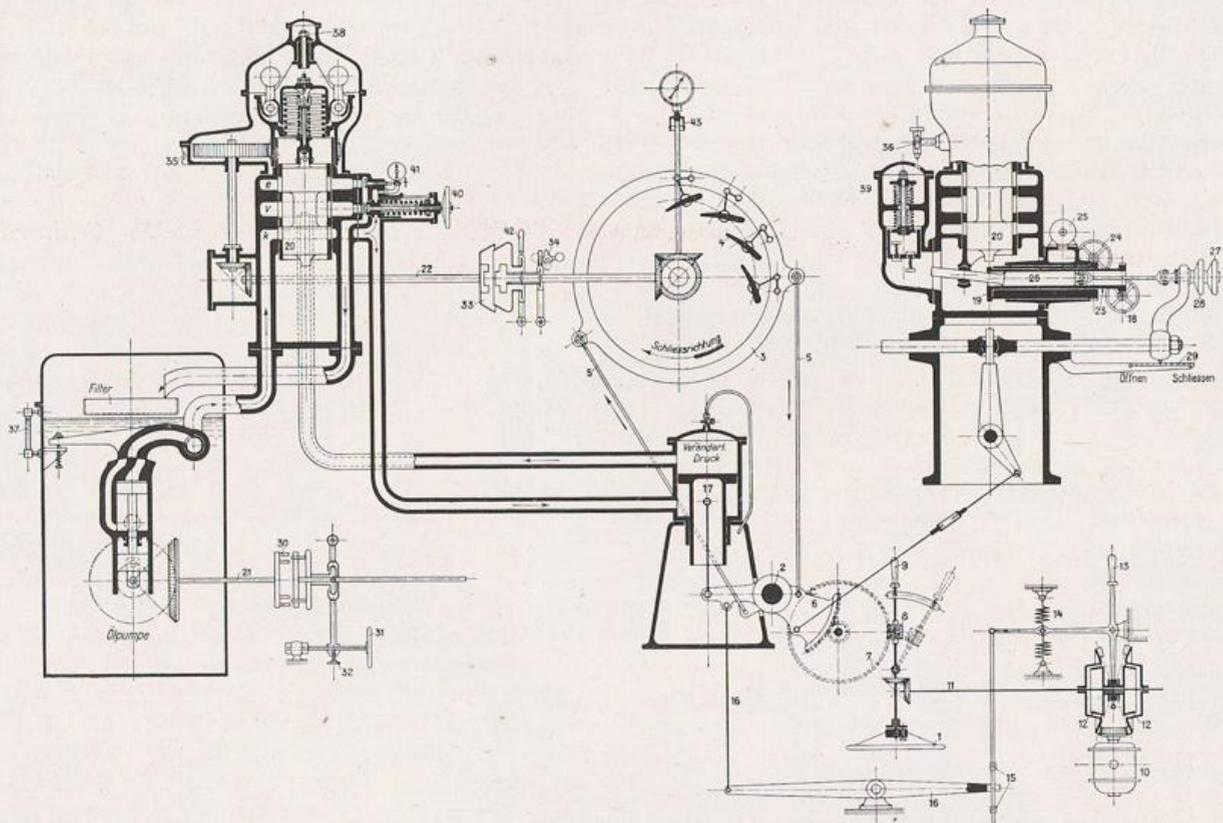


Abb. 38. Regulierraum der Anlage Kallnach, ausgeführt von Piccard, Pictet & Cie., Genf.

durch Verstellen des Stiftes 23. Wenn die Oeltemperatur 50° übersteigt, ist der Hahn 17 zu schliessen und die Oelkammer 22 zu reinigen, deren Oeffnungen durch Unreinigkeiten des Kühlwassers verstopft sein können.

Abbildung 38 ist das Schema der Regulierung an der Turbine der Anlage *Kallnach*. Die Betriebsinstruktion lautet:

a) *Direkte Handregulierung*. Diese wirkt direkt durch das Handrad 1 an der Welle 2, die den Regulerring 3 der Leitrad-schau-feln 4 durch die beiden Stangen 5 mittels des Zahnsektors 6 und die Schraube ohne Ende 8 betätigt. Die Regulierung wird in Betrieb gebracht durch Herstellung des Zahneingriffs zwischen dem Rad 7 und der Schraube ohne Ende 8 mittels des Hebels 9.

b) *Handregulierung mit elektrischem Antrieb*. Diese Einrichtung erlaubt das rasche Oeffnen und Schliessen der Turbine bei Betriebsaufnahme oder beim Versagen der automatischen Regulierung. Die Wirkung des elektrischen Motors 10 wird durch die Schraube ohne Ende 8 übertragen (diese ist, wie bei direkter Handregulierung, vorher einzurücken), durch die Räderübersetzung 11 und das Wechselgetriebe mit Reibungskupplung 12 und Einrückhebel 13. Die beiden Federn 14 halten den Hebel in der Mittellage, wobei die Kupplung ausgerückt ist. Oeffnen und Schliessen erfordern hiernach entsprechende Verstellung des Hebels 13; die Rückführung dieses Hebels in die Mittellage erfolgt bei Eintreten der Endstellungen der Regulierungsmechanismen automatisch durch die Anschläge 15 und die Uebertragung 16.

c) *Handregulierung durch Oeldruck*. Die Turbine sei in Betrieb, die Oelpumpe unter Druck; es kann dann die Regulierung durch den Servomotor bewirkt werden, selbst bei abgestelltem Regler, einfach durch Drehen an der zur Hebung des Kolbenschiebers dienenden Einrichtung, bestehend aus dem Handrad 18 und der unrunder Scheibe 19 mit verbindendem Zylinder 23.

d) *Automatische Regulierung durch den Fliehkraftregler*. Bei in Betrieb befindlicher Turbine kann diese Regulierung in Wirksamkeit kommen, wenn die Antriebe 21 für die Pumpe und 22 für den Regler eingerückt sind, wenn die Handregulierung ausgerückt, d. h. wenn der Hebel 9 in die punktierte Lage gebracht ist, wenn der Indikatorzeiger 29 auf Vollöffnung zeigt und das Oel im Servomotor unter Druck steht. Die Servomotorgeschwindigkeit kann während des Betriebes durch Drehen am Handrad 24 der Einrichtung für Geschwindigkeitsänderung oder vom Schaltbrett aus durch den Elektromotor 25 verstellt werden. Der Ungleichförmigkeitsgrad zwischen Leerlauf und Vollast kann ebenfalls während des Betriebes einge-

stellt werden durch Verdrehen des Zylinders 26 mittels des Handrades 27 und nachheriger Feststellung durch das Handrad 28.

Normale Betriebsaufnahme. Vor Oeffnen der Drosselklappe in der Zuleitung hat man sich zu versichern, dass 1. die Handregulierung eingerückt ist und die Leitrad-schau-feln in Schlusststellung stehen (Anzeige durch den Indikator 29); 2. die elastische Kupplung 30 des Pumpenantriebes gut eingerückt und das Handrad 31 durch die Schraube 32 arretiert ist; 3. die Klauenkuppelung des Reglerantriebes gut eingerückt, also der Hebel 34 in der punktierten Lage ist; 4. an den Oelstandszeigern 35, 36 und 37 genügende Füllung der Oelräume des Reglerantriebes und der Oelpumpe, am Oelstandszeiger 38 genügende Füllung im Oeltopf 39 des Regler-Hängelagers zu erkennen ist.

Wenn dies alles in Ordnung ist, kann die Turbine in Betrieb gesetzt werden durch: Oeffnen der Drosselklappe mittels Elektromotor und nachheriges Oeffnen am Leitrad mittels des Handrades 1 der Handregulierung, wie unter a angegeben. Wenn sie mit etwa 200 Umdrehungen in der Minute läuft, wird die Handregulierung mit Hebel 9 in die punktierte Stellung ausgerückt und der Oeldruck durch langsames Drehen am Handrad 40 des Sicherheitsventiles eingestellt. Das Manometer 41 darf ungefähr 12 at anzeigen. Dann folgt das Oeffnen des Leitrades mit Hilfe des Handrades 18, bis der Indikator Vollöffnung anzeigt. Die automatische Regulierung tritt dann in Funktion und die Turbine kann in Dienst gestellt werden.

Normale Betriebseinstellung. Schliessen des Leitrades mit Drucköl durch Verdrehen am Handrad 18, bis der Indikatorzeiger auf Schluss steht, Einrücken der Handregulierung mittels des Hebels 9, Abstellen des Oeldruckes durch Drehen am Handrad 40 des Sicherheitsventiles und endlich Schliessen der Drosselklappe.

Verschiedenes. Die Pumpe kann während des Ganges nicht eingerückt, wohl aber ausgerückt werden. Der Reglerantrieb kann während des Betriebes ein- und ausgerückt werden, aber das Einrücken muss langsam und bei einer kleinern Umdrehungszahl als 200 in der Minute erfolgen. Deshalb rückt man vorerst die Reibungskupplung mittels des Hebels 42, dann sachte die Klauenkuppelung mittels des Riegels 34 ein, durch Verdrehen desselben in die punktierte Lage. Der Umdrehungszähler ist am Lager der Turbine montiert und kann durch Heben des Ringes 43 ausgerückt, darf aber in keinem Fall während des Betriebes eingerückt werden.

Auf Abbildung 37 sieht man das Schema der neuern, auf Abbildung 38 jenes der ältern Konstruktion der Oelpumpe.

Vogt & Schaad, vorm. Benninger & Co., Uzwil.

Die einfache Spiral-Francisturbine.

Diese Turbine samt ihrem Regulator ist als vorderstes Objekt in Abbildung 3, Seite 3, zu sehen; ausserdem geben die Abbildung 39 eine grössere Darstellung und die Schnittfiguren der Abbildung 40 die Konstruktion dieser für eine Leistung von 150 PS bei 50 m Gefälle und 1100 Uml/min gebauten Turbine.

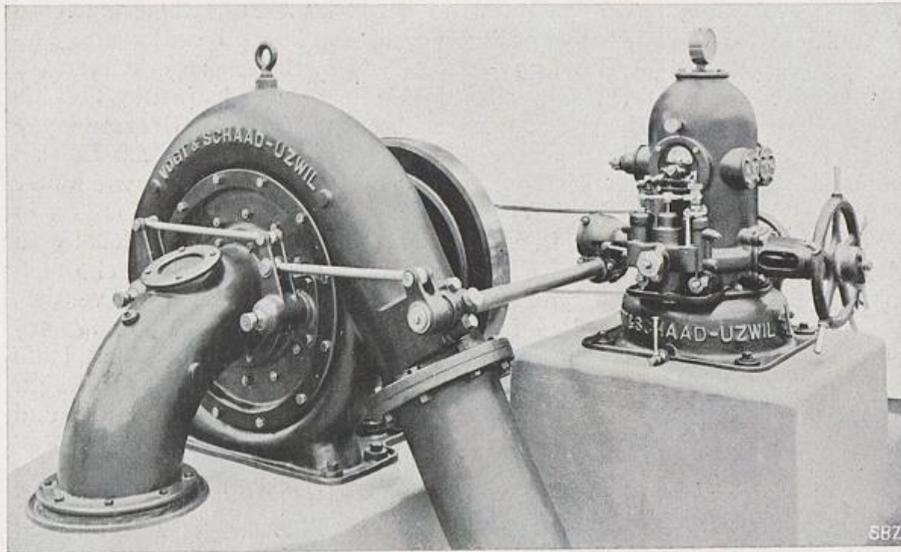


Abb. 39. Spiral-Francisturbine mit automatischer und Hand-Regulierung.

Die Welle ist horizontal; das fliegend auf ihr aufgekeilte Laufrad hat einen Durchmesser von 0,4 m, eine Eintrittsbreite von 0,04 m und neun eingegossene Blehschaufeln. Die Leitrad-schaufeln sind aus Stahlguss hergestellt. Deckel, Spiralgehäuse und Saugrohr haben an den dem Laufrad zunächst liegenden Flächen Armierungen aus Stahlblech. Der Deckel an der Antriebsseite enthält die Stopfbüchse für die Welle und an der dem Laufrad gegenüberstehenden Fläche meridionale Lappen zur Verhinderung der kreiselnden Bewegung des Wassers im Raum zwischen Laufrad und Deckel. Diese Anordnung im Verein mit entsprechender Dimensionierung der Armierungen und den Löchern in der Nabenscheibe des Laufrades dürfte für die von der Firma angegebene hydraulische Entlastung dienen. Regulierring und Lenker liegen im Innern, wobei letztere durch entsprechende Formgebung der Leitrad-schaufeln gedeckt sind. Der auf Kugeln gelagerte Ring wird an zwei diametralen Stellen von Hebeln gefasst, die nach aussen gehen und mittels Lenker und Stange mit dem Hebel der Regulierwelle verbunden sind, welche letztere von einem weiter unten beschriebenen einfach wirkenden Druckölregulator betätigt wird. Das Hauptlager hat 55 mm Bohrung, 2 x 76 mm Lagerlänge und ist mit zwangsläufiger Ringschmierung ausgerüstet. Das Spiralgehäuse ist aus Gusseisen und hat Versteifungsrippen aus gleichem Material.

Die einfache Pelton-turbine mit automatischer Regulierung.

Die Turbine ist für eine Leistung von 250 PS bei 120 m Gefälle und 400 Uml/min gebaut. Die Figuren der Abbildung 41 zeigen die Konstruktion und die Dimensionierung der Turbine, deren Zusammenhang mit dem Druckölregulator und die sehr einfache Anordnung der kombinierten Nadel- und Strahlablenkerbewegung. Eine Gesamtansicht der Gruppe gibt die Abb. 42. Die Schaufelbefestigung findet nach der zweiten der auf Seite 5 bezeichneten Arten, d. h. durch Anheften der Schaufeln, und zwar mittels konisch eingefassten Bolzen statt.

Der kombinierte Mechanismus für die Nadel- und Ablenkerbewegung ist aus dem Schema Abbildung 43 ersichtlich: Die Bewegungen gehen von den beiden Kolben K_1 und K_2 des Servomotors aus, wobei K_1 hauptsächlich der Ablenkerbewegung, K_2 der Nadelbewegung dient. Zu diesem Zwecke greift die volle Kolbenstange S_1 mittels einer Schubstange S_3 an den Ablenkerhebel H , die hohle Kolbenstange S_2 durch Uebertragung mittels Winkelhebel und Lenker an der Nadelstange an. Das Gelenk zwischen S_1 und S_3 ist mit einer Anschlagrolle R versehen. Auf S_2 befindet sich der Drehpunkt D einer besonders geformten Anschlagplatte A , die ausserdem durch den Lenker L mit dem Servomotorgehäuse derart verbunden ist, dass bei Bewegung von

D die Anschlagplatte A — vom Konstrukteur Relativ-Stellkurve bezeichnet — verschiedene Lagen einnimmt. Zwischen den Kolben K_1 und K_2 ist eine Druckfeder eingelegt. Die beiden Räume links von K_1 und rechts von K_2 im Servomotor sind die Arbeitsräume für das servomotorische Öl; der Raum zwischen K_1 und K_2 steht unter atmosphärischer Pressung durch die zugleich als Ableitung für Sickeröl

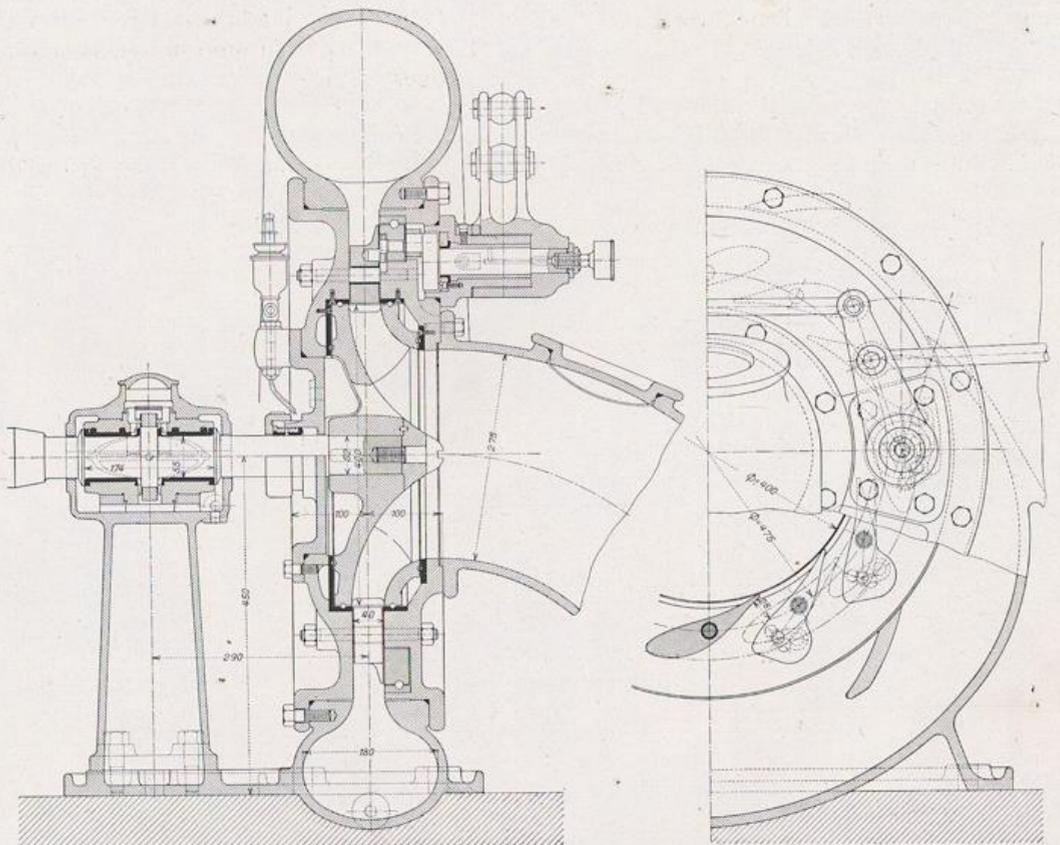


Abb. 40. Spiral-Francisturbine von Vogt & Schaad, vorm. Benninger & Cie., Uzwil. gebaut für $H = 50$ m, $n = 1100$ Uml/min, $N = 150$ PS. — Masstab 1 : 10.

dienenden Oeffnung im Servomotorzylinder. An S_1 ist noch im Punkt M die Rückführung für das Regulierventil angeschlossen.

Man ersieht, dass solange A die Rolle R berührt, jeder Stellung von K_1 eine bestimmte Stellung des Ablenkers und der Nadel entspricht; entfernt sich aber R von A , so schwingt der Ablenker über seine Normalstellungen hinaus. Erstere Eigenschaft sichert in Beharrungszuständen die richtige Stellung des Ablenkers zum Strahl, die letztere die Möglichkeit einer raschen, vollen Strahlablenkung bei starker Entlastung.

Nach diesen Erörterungen ist zu erkennen, dass die im Schema gezeichnete Stellung vollem Düsenschluss mit überschwenktem Ablenker entspricht; da bei der entsprechenden Nadelstellung der Ablenker die Nadelachse berühren soll, so wird Endstellung dann eingetreten sein, wenn K_1 um soviel zurückgegangen ist, dass A und R wieder zur Berührung kommen.

Der Bewegungsvorgang des Schliessens bei voller, rascher Entlastung kann folgenderweise geschildert werden: K_1 und K_2 befinden sich in ihrer äussersten linken Stellung, A und R sind in Berührung, die Nadel ist ganz eingezogen, der Ablenker berührt den Strahl; bei entsprechender Verstellung des Ventils kommt Drucköl in den Arbeitsraum von K_1 , der Arbeitsraum von K_2 kommt mit dem Ablauf G in Verbindung, K_1 wird rasch nach rechts bewegt, K_2 folgt unter dem Federdruck und unter dem Widerstand, den das aus dem Arbeitsraum von K_2 abfliessende Öl im Regulierventil einerseits, andererseits aber hauptsächlich durch die zwangsläufig erfolgende Querschnittsänderung des

Hahnes C findet, mit geringerer Geschwindigkeit, d. h. A und R kommen ausser Berührung. Der Ablenker eilt der Nadel vor; es kann also die im Schema gezeichnete Stellung eintreten. Damit aber K_1 in seine richtige Stellung gegen K_2 kommt, muss sich K_1 solange zurückbewegen, bis A und R zum Anschlag kommen; dies ist möglich, da bei der gezeichneten Lage von K_1 und S_1 die bei M an S_1 anschliessende Rückführung des Regulierventils letzteres über die Mittellage hinaus und hiermit in eine Lage gebracht hat, bei der der Arbeitsraum von K_1 ebenfalls mit dem Ablauf in Verbindung kommt, mithin der Federdruck den

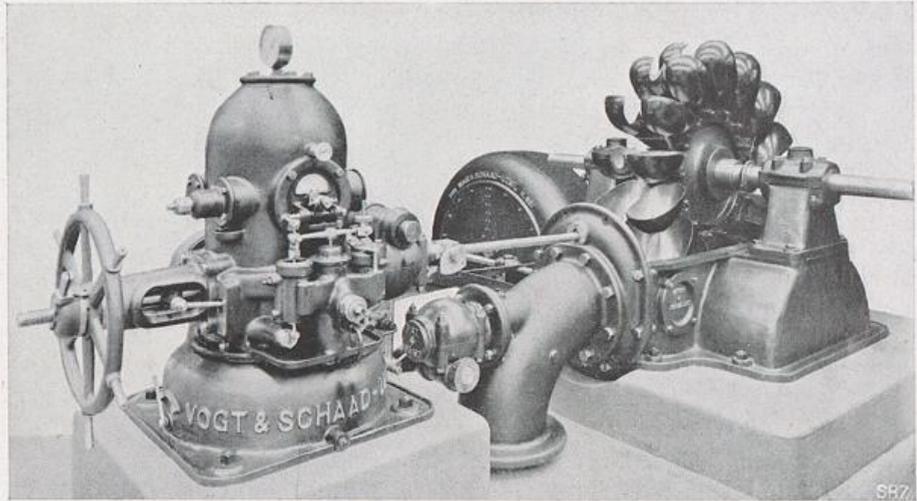


Abb. 42. Pelton-Turbine mit automatischer und Hand-Regulierung.

Kolben K_1 zurückschieben kann. In der richtigen Endstellung hat dann die Rückführung das Ventil wieder in die Mittellage zurückgebracht und sind die Arbeitsräume entsprechend abgeschlossen. Die Bewegungen verlaufen aber natürlich nicht derart absatzweise, wie beschrieben, sondern stetig.

Bei Belastung kommt Drucköl in den Arbeitsraum von K_2 , der Druck der Feder F und der auf die Nadel wirksame hydraulische Druck sichern ständige, kraftschlüssige Bewegung zwischen A und R und hiemit zwangsläufige Bewegung von Nadel und Ablenker mit Anliegen des letztern an den Strahl.

Die einfache Francisturbine.

Die für eine Leistung von 160 PS bei 3 m Gefälle und 80 Uml/min dimensionierte Turbine ist mit liegender Welle im offenen Wasserkasten einzubauen. Sie hat ein nach dem Verfahren von Kaplan mittels Winkelbildes gebautes Laufrad und Fink'sche Regulierung. Ihre Kon-

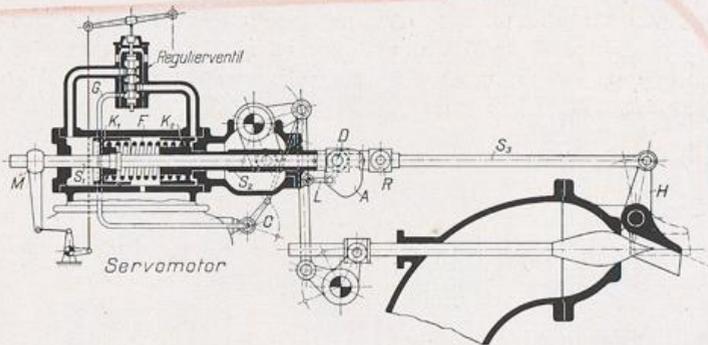


Abb. 43. Regulierungs-Schema zu Abb. 41 und 42.

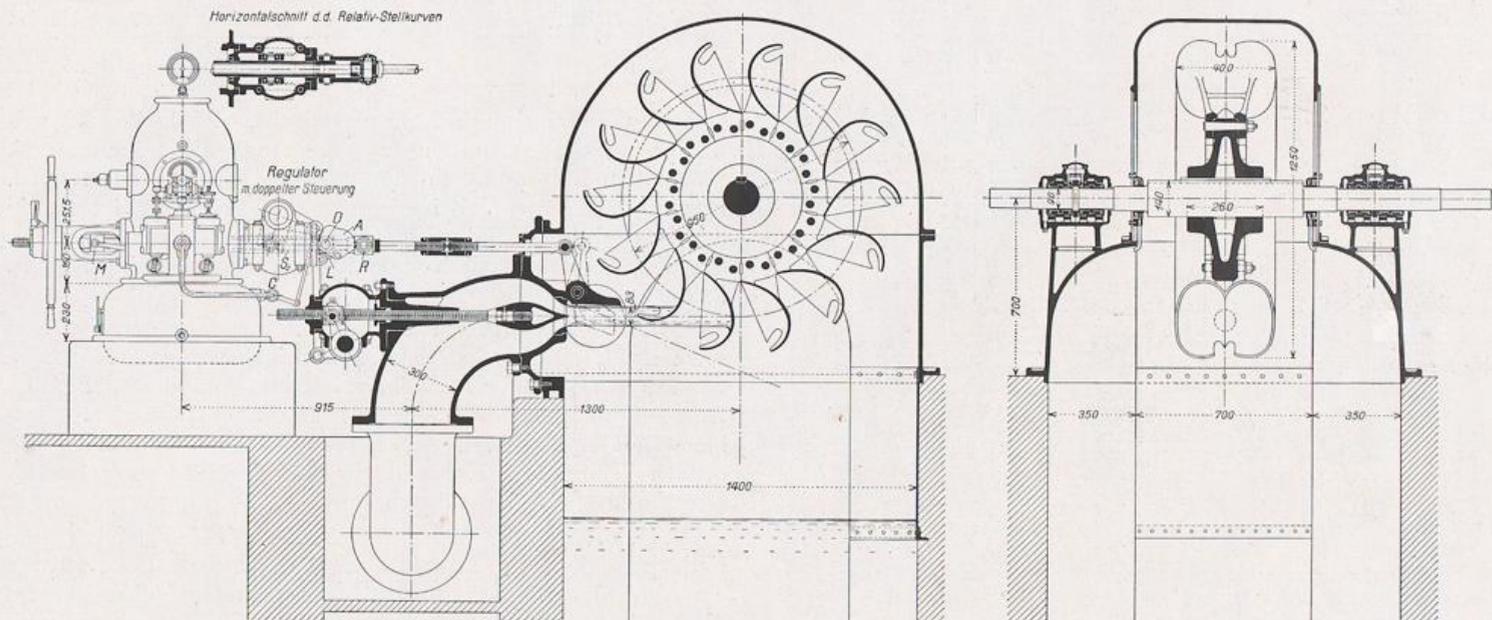


Abb. 41. Pelton-Turbine mit automat. Regulierung. — Vogt & Schaad, Uzwil. — $H = 120\text{ m}$, $n = 400\text{ Uml/min}$, $N = 250\text{ PS}$. — 1:30.

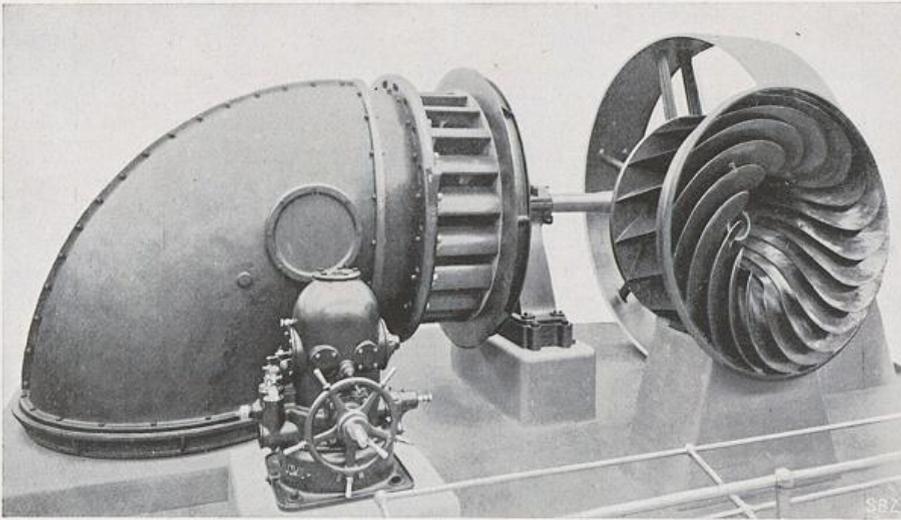


Abb. 45. Francisturbine mit automatischer Regulierung von Vogt & Schaad, Uzwil.

struktions- und Dimensionierung ist aus der Abbildung 44, die Ansicht mit herausgenommenem Laufrad aus Abbildung 45 vollkommen ersichtlich, sodass eine weitere Beschreibung nicht nötig erscheint.

Die einfache Pelton-turbine mit Handregulierung.

Aus den Schnittfiguren der Abbildung 46 sind Konstruktion und Dimensionierung der für eine Leistung von 20 PS bei 100 m Gefälle und 1300 Uml/min gebauten Turbine ersichtlich. Die Schaufeln sind durch Einklemmung zwischen zwei Nabenscheiben am Laufrad befestigt. Zur Lagerung der Welle dienen Kugellager, auf deren Detail in Verbindung mit der Tropfwasserabweisung aufmerksam gemacht sei. Die Achse der Düse und der Nadel ist vertikal angeordnet, was eine gute Wasserabführung sichert und eine bequeme Anordnung des Handrades für die Düsenverstellung ermöglicht.

Die Regulatoren System Schaad.

Der zur Spiral-Francisturbine gehörige Drucköl-Regulator ist auf Abbildung 47, teilweise im Schnitt, dargestellt;

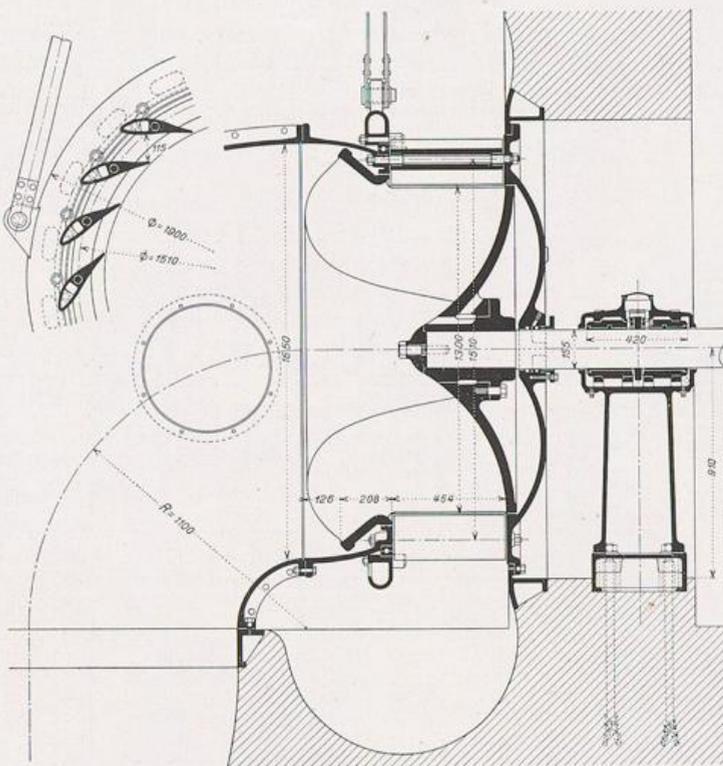


Abb. 44. Francisturbine für $H = 3\text{ m}$, $n = 1800\text{ Uml/min}$, $N = 160\text{ PS}$.
Masstab 1 : 30.

eine Ansicht desselben gibt die Abb. 39 auf Seite 24. Ueber diesen Regulator berichtet die Firma wie folgt:

Der Regulator beruht auf dem Prinzip der Drucköl-Akkumulierung mittels Windkessel, wodurch ein konstanter, geringerer Kraftverbrauch erzielt wird. Eine Kapselpumpe fördert eine konstante, für den Unterhalt des normalen Betriebes ausreichende Menge Drucköl in einen Windkessel, der mit dem Regulierventil des Servomotors in Verbindung steht. Dieser Windkessel ist derart angeordnet, dass die mit dem angesaugten und geförderten Öl aufsteigenden Luftblasen in ihn gelangen müssen, wodurch der Unterhalt des erforderlichen Luftkissens von selbst besorgt wird. Allfällig überflüssige Luft kann mittels eines seitlich am Windkessel angebrachten Proberhähnchens abgelassen werden. Die Kapselpumpe dient aber gleichzeitig auch zum Pumpen von Luft. Durch eine zweckmässige Isolierung des Saugstutzens vom Hauptbehälter kann nämlich durch Schliessen eines nicht völlig dichtenden Schiebers der Ölstand auf die Saugmündung heruntergesenkt werden. Dadurch wird erreicht, dass eine

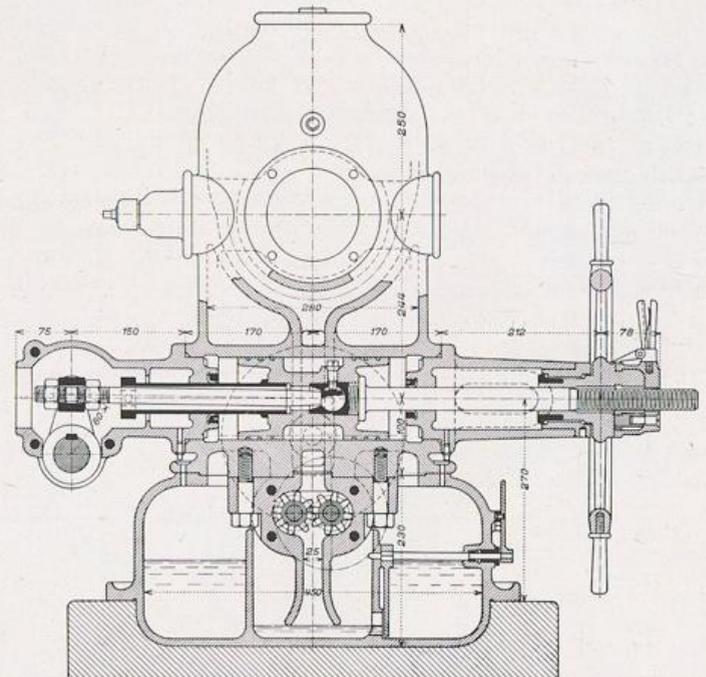


Abb. 47. Druck-Regulator zur Spiral-Francisturbine Abb. 39.
Längsschnitt durch den Servomotor. — Masstab 1 : 10.

geringe Oelmenge, mit Luft vermischt, durch die Kapselpumpe angesogen und unter einem beliebig hohen Druck (normal 8 bis 10 at) in den Windkessel gefördert wird. Das mitgerissene Öl ist nötig einerseits zum Schmieren der Kapselräder, andererseits zum Dichten derselben, sodass die Kapselpumpe mit hohem Wirkungsgrad auch Pressluft fördern kann.

Da der Kraftverbrauch der Pumpe konstant ist und etwa 25% der Höchstleistung beträgt, genügt erfahrungsgemäss ein einziger Antriebsriemen für Pumpe und Pendel. Das auf horizontaler Welle gelagerte Federpendel mit entlasteten Gelenken ist, vor Staub geschützt, in der Glocke unterhalb des Windkessels selbstschmierend untergebracht. Die Zugänglichkeit ist durch seitliche Oeffnungen gesichert.

Der Regulator ist ferner mit Energie-Ausgleicher zum Federpendel, mit Rückführungsvorrichtung auf mittlere Tourenzahl, Sicherheitsventil, Manometer, eingebautem Tachometer, Entlastungshahn zur Handregulierung und mit einem während des Gangs ein- und ausrückbarem

Handantrieb versehen. Die beiden erstgenannten Vorrichtungen, die in Abbildung 39 am Regulator gut sichtbar sind, sind in der nachstehenden Beschreibung des Regulators zur Freistrahlturbine in Verbindung mit Abbildung 48 geschildert.

Der zur Pelton-turbine mit kombinierter Regulierung gehörige Regulator ist in Ansicht auf Abbildung 42 ersichtlich. Die Wirksamkeit des Servomotors auf den Mechanismus der Nadel- und Ablenkerbewegung wurde schon oben beschrieben. In der folgenden, ebenfalls von der Firma gelieferten Beschreibung wird auf das bereits verwendete Schema Abbildung 43 und auf die, namentlich das Regulierventil und die seitlich desselben angeordneten Katarakte darstellende Abbildung 48 hingewiesen.

Zur Einleitung der Bewegungen der Reglerorgane wurde das gleiche vorgesteuerte Reglerventil verwendet, das von der Firma Vogt & Schaad bisher für Niederdruck-Anlagen mit einfachem Reglerorgan seit Jahren ausgeführt wurde, mit dem einzigen Unterschiede, dass der obere Ventilkopf *e* gegenüber dem unteren Ventilkopf *f* etwas versetzt ist; während ersterer, in der Mittellage spielend und auf den Ablenkschirm einwirkend, das Gleichgewicht hält, bleibt somit die untere Kante des untern Ventilkopfes geöffnet, sodass die Düsenadel fortwährend schliessend bis zum Anschlag langsam folgen kann, dessen obere Kante aber noch geschlossen. Tritt eine Ueberschreitung der Geschwindigkeit der Turbine ein, so werden die Steuerwelle des Federpendels nach innen (in Abbildung 48 nach hinten) verschoben und dadurch mittels Winkelhebelübertragung der horizontal liegende Ventilhebel und damit der Ventilkolben selbst gehoben und die Reglerorgane, wie erwähnt, in schliessendem Sinne betätigt; tritt eine Unterschrei-

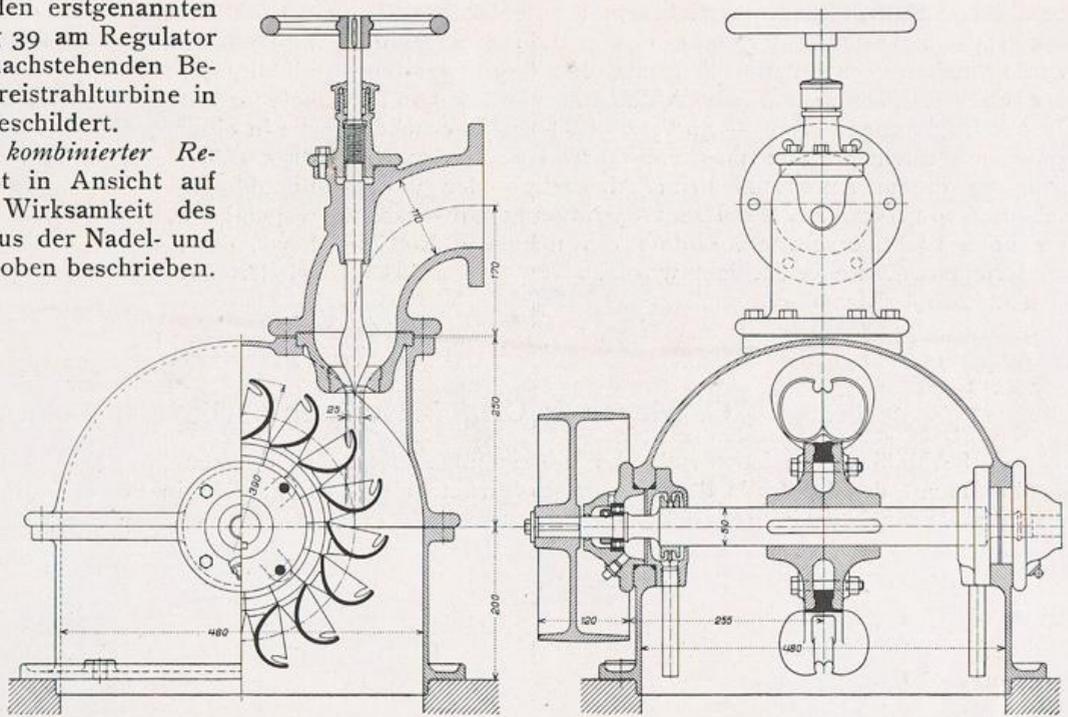


Abb. 46. Einfache Pelton-turbine mit Handregulierung. — Vogt & Schaad, Uzwil.
Gebaut als Kleinmotor für 20 PS bei $H = 100\text{ m}$ und $n = 1300\text{ Uml./min.}$ — Masstab 1 : 10.

tung der Geschwindigkeit ein, so wird umgekehrt der Ventilkolben gesenkt, wobei zunächst die obere Kante des obern Ventilkopfes geöffnet und die untere Kante des untern Ventilkopfes geschlossen werden und dann die obere Kante des letztern geöffnet, sodass beide Reglerorgane in öffnendem Sinne, gleich rasch und gleich plötzlich betätigt werden.

Der unvermeidliche Wasserverlust durch die Wasserstrahlableitung wird dadurch auf ein Minimum beschränkt, da bei ganz offener Düse die Bewegungen der Düsenadel grösser und erst gegen Schluss der Düse, durch selbsttätige Verringerung mittels Hahn *C* (Abbildung 43) der Oeffnung des Bremskanals, progressiv kleiner werden.

Um Reibungsverluste in den Gestängen auf ein Minimum zu beschränken, sind die Angriffspunkte sämtlicher Hebel mit Kugellagern ausgerüstet.

An Hand der Abbildung 48 sollen nun noch die schon vorhin erwähnten Hilfsvorrichtungen des Reglerventils zur Vermeidung von Geschwindigkeits- und Druckschwingungen, System Schaad, sowie zur Rückführung des Pendels in eine konstante Mittellage erläutert werden.

Die erstere Hilfsvorrichtung, als Energie-Ausgleicher bezeichnet (links auf Abbildung 48), ist am Hebel des Federpendels angelenkt und hat den Zweck, die überschüssige Energie des Pendels aufzunehmen und vorzeitig, d. h. schon vor Eintritt des Beharrungszustandes, an diese wieder abzugeben, wodurch eine Gegenschwingung zur Wassersäule und zur Geschwindigkeit erfolgt, die auffallend rasch zur Ruhelage führt. Zu diesem Zwecke wird die im Kolben einer Oelbremse eingespannte verstellbare Feder, deren Stange sich nach beiden Richtungen unabhängig vom Kolben bewegen kann, den Bewegungen des Federpendels in entgegengesetztem Sinne mit progressiver Geschwindigkeit betätigt. Der Hebelarm der antreibenden Kurbel ist verstellbar angeordnet, um die Intensität der Gegenschwingung den lokalen Verhältnissen anpassen zu können. Diese Vorrichtung hat sich in der Praxis vorzüglich bewährt und genügt oft allein, ohne Strahlableiter oder sonstige Nebenauslässe, zur Erreichung eines schwingungsfreien Ganges der Turbine. Versuche, die an einer Francis-

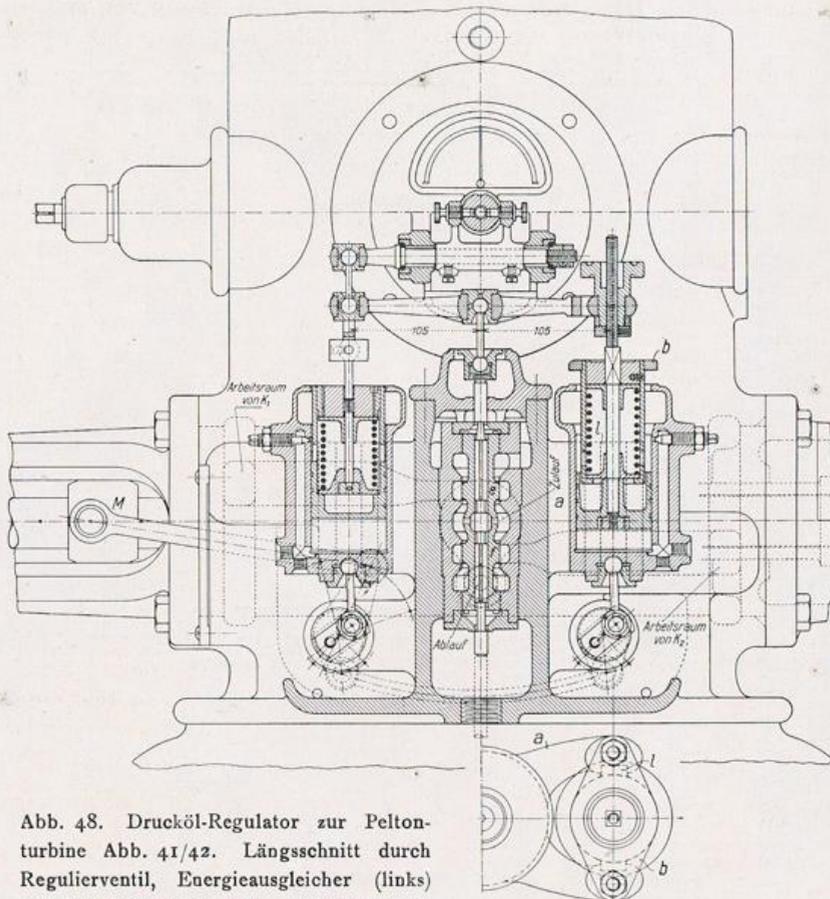


Abb. 48. Drucköl-Regulator zur Pelton-turbine Abb. 41/42. Längsschnitt durch Regulierventil, Energieausgleicher (links) und Rückführung (rechts). — Masstab 1 : 6.

turbine von 1500 PS bei 40 m Gefälle, mit einer Rohrleitung von 1,40 m Durchmesser und 120 m Länge angestellt wurden, haben nach Bericht der Firma ohne die Anwendung ihres Energie-Ausgleichers beim Abschalten von nur 500 PS Druckschwankungen von -40% und $+60\%$ ergeben, sodass abgestellt werden musste, während nach der Anbringung dieses Apparates beim Abschalten der vollen Leistung von 1500 PS die Druckschwankungen insgesamt nur noch 10% erreichten, sodass ein normaler Betrieb ohne Nebenauslässe ermöglicht wurde.

Die Rückführung, ebenfalls mit kombinierter Oelbremse und mit Rückstellfeder zur Mittellage versehen, ist aus Abbildung 48, rechts, ersichtlich. An der auf den Führungskonsolen *a* aufgesetzten Traverse *b* ist eine Feder angepresst, die in einem zylindrischen Gehäuse derart untergebracht ist, dass sich deren Führungsstange nach beiden Richtungen unabhängig vom beweglichen Zylinder der Oelbremse bewegen kann, und die stets das Bestreben hat, das Reglerventil, bzw. das Pendel des Reglers nach jedem Reguliervorgang wieder in eine und dieselbe Mittellage zurückzuführen.

O. Meyer & Cie., Maschinenfabrik, Neu-Solothurn.

Auf Abbildung 49 ist sowohl der allgemeine Aufbau als die Bauart des Laufrads der von dieser Firma gebauten Spiral-Francisturbinen ersichtlich. Ferner lassen die

zu ersehen ist. Das Laufrad ist mit den zwölf gusseisernen Schaufeln in einem Stück hergestellt und hat einen Durchmesser von 390 mm; es ist fliegend auf der Welle von

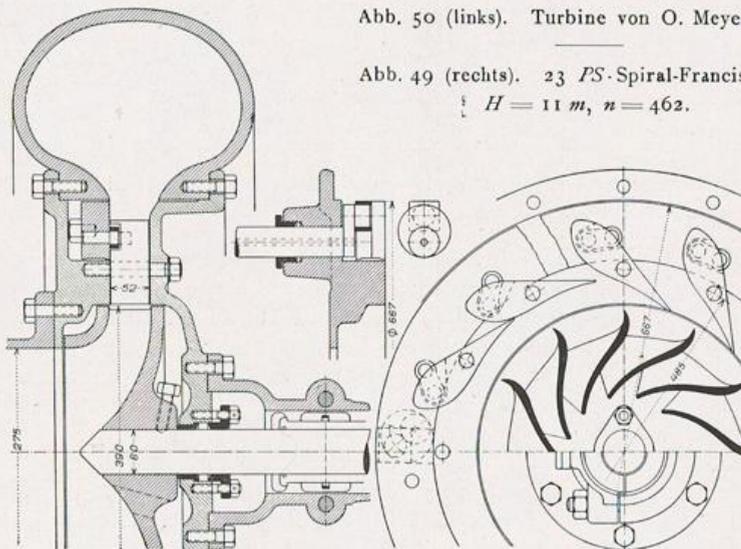
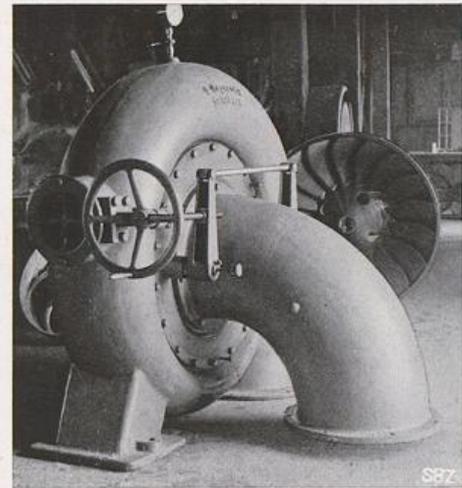


Abb. 50 (links). Turbine von O. Meyer & Cie.

Abb. 49 (rechts). 23 PS-Spiral-Francisturbine.
 $H = 11\text{ m}$, $n = 462$.



Schnitte auf Abbildung 50 die Form der Leitrad-schaufeln, den Regulier-ring mit Lenkern, sowie dessen Antrieb erkennen. Die ausgestellte Turbine war dimensioniert für eine Leistung von 23 PS bei 11 m Gefälle und 462 Uml/min und war lediglich mit Handregulierung versehen, wie aus Abbildung 49

60 mm Durchmesser aufgekeilt. Das Leitrad hat zwölf gusseiserne Leitrad-schaufeln.

Die Firma befasst sich mit der Erstellung von Mühlen-einrichtungen und liefert für solche und auch für andere kleinere Betriebe Turbinen der geschilderten Bauart.

Aktiengesellschaft der Maschinenfabrik von Theodor Bell & Cie. in Kriens.

Die Niederdruck-Francis-Turbine für Wynau.

Diese Turbine ist zum Ersatz einer älteren Jonvalturbine im Elektrizitätswerk Wynau bestimmt und für eine Leistung von 860 PS bei 4,2 m Gefälle und 42 Uml/min dimensioniert; es war bei deren Konstruktion auf den in Betrieb bleibenden Generator nebst Antrieb, auf die Verwendbarkeit einer Reihe bestehender Teile, z. B. Welle mit Tragstange, und auf die Ausnützung der bestehenden Fundamente Rücksicht zu nehmen.

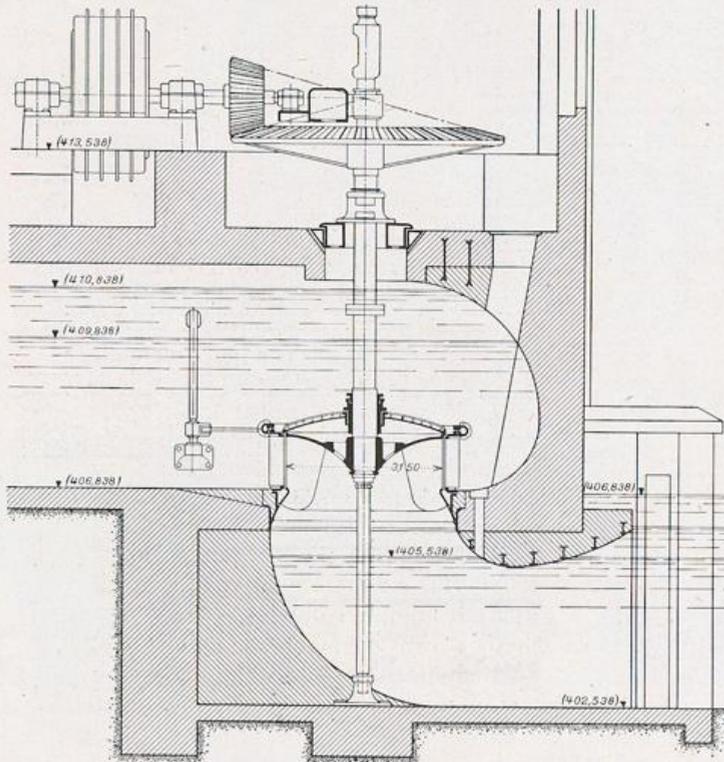


Abb. 51. Niederdruck-Francis-Turbine des E. W. Wynau. — 1 : 40.
 $H = 4,2 \text{ m}$, $n = 42 \text{ Uml/min}$, $N = 860 \text{ PS}$.

Die Gesamtanordnung der Turbine ist aus Abbildung 51 ersichtlich, während Abbildung 52 die Details der Leitrad-schauflung zeigt mit dem auf Kugeln gelagerten, kräftigen in Hohl-guss ausgeführten Regulier-ring, mit dem Angriffsdetail für die Zugstangen; der Leitraddeckel ist mittels Stangen gegen Verdrehung gesichert.

Auf Abbildung 4 auf Seite 2 ist das Laufrad auf Seite 2 ist das Laufrad mit gusseisernen Schaufeln ersichtlich, das bei 3,385 m äusserstem Durchmesser etwa 8000 kg wiegt.

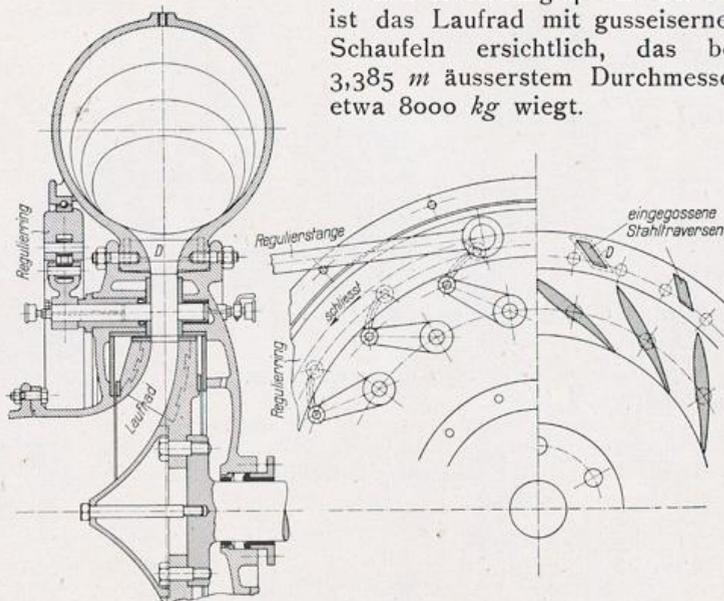


Abb. 54. Spiral-Francis-Turbine für Schwyz.
 $H = 75 \text{ m}$, $n = 600 \text{ Uml/min}$, $N = 1100 \text{ PS}$.

Die Spiral-Francis-Turbine für Schwyz.

Diese für eine Leistung von 1100 PS bei 75 m Gefälle und 600 Uml/min dimensionierte Turbine ist in Ansicht auf Abbildung 53 dargestellt. Aus der Hauptschnittfigur der Abbildung 54 ist die fliegende Anordnung des mit eingegossenen Blechschaufeln versehenen Laufrades und dessen Befestigung an der Welle zu erkennen, ferner die Anordnung der Leitschauflerlagerung und jene des auf Kugeln gelagerten Regulier-rings. Die Ansichtsfigur

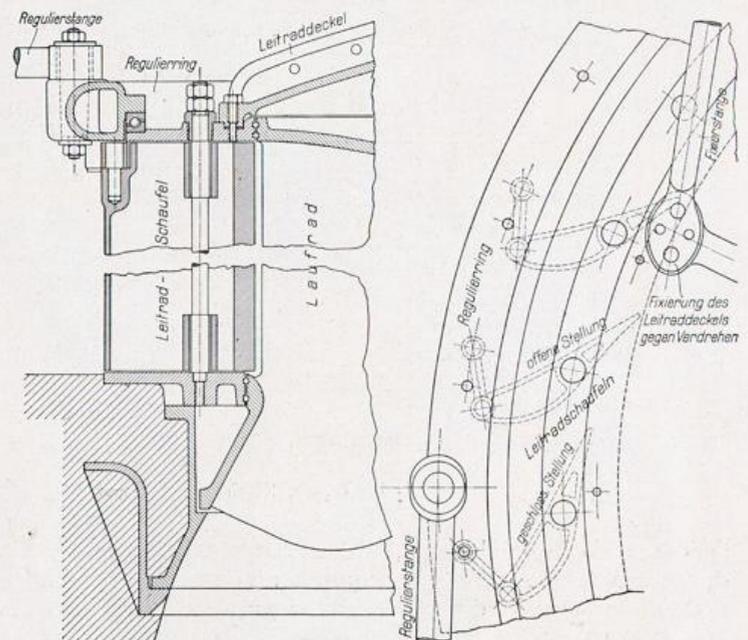


Abb. 52. Niederdruck-Francis-Turbine für das E. W. Wynau.
 Einzelheiten der Leitschaufler-Regulierung.

rechts zeigt die bereits auf Seite 5 (oberster Absatz) erwähnten, gekrümmten Lenker; die Seitenwände des Leit-rades und die dem Laufrad gegenüberstehenden Wände des Stopfbüchsendeckels und des Saugrohransatzes sind mit auswechselbaren Platten armiert. Aus der zweiten Schnittfigur ersieht man die Form der aus Stahlguss angefertigten Leitrad-schaufler und die auch in den andern Schnittfiguren sichtbaren interessanten Versteifungsstege D im Spiralgehäuse; es sind dies Teile von Profileisen

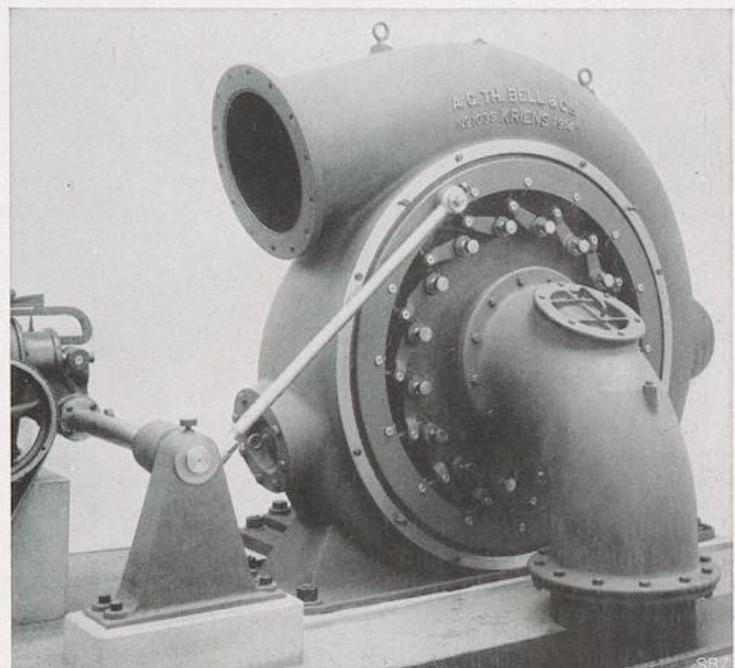


Abb. 53. Ansicht der Spiral-Francis-Turbine für das E. W. Schwyz.

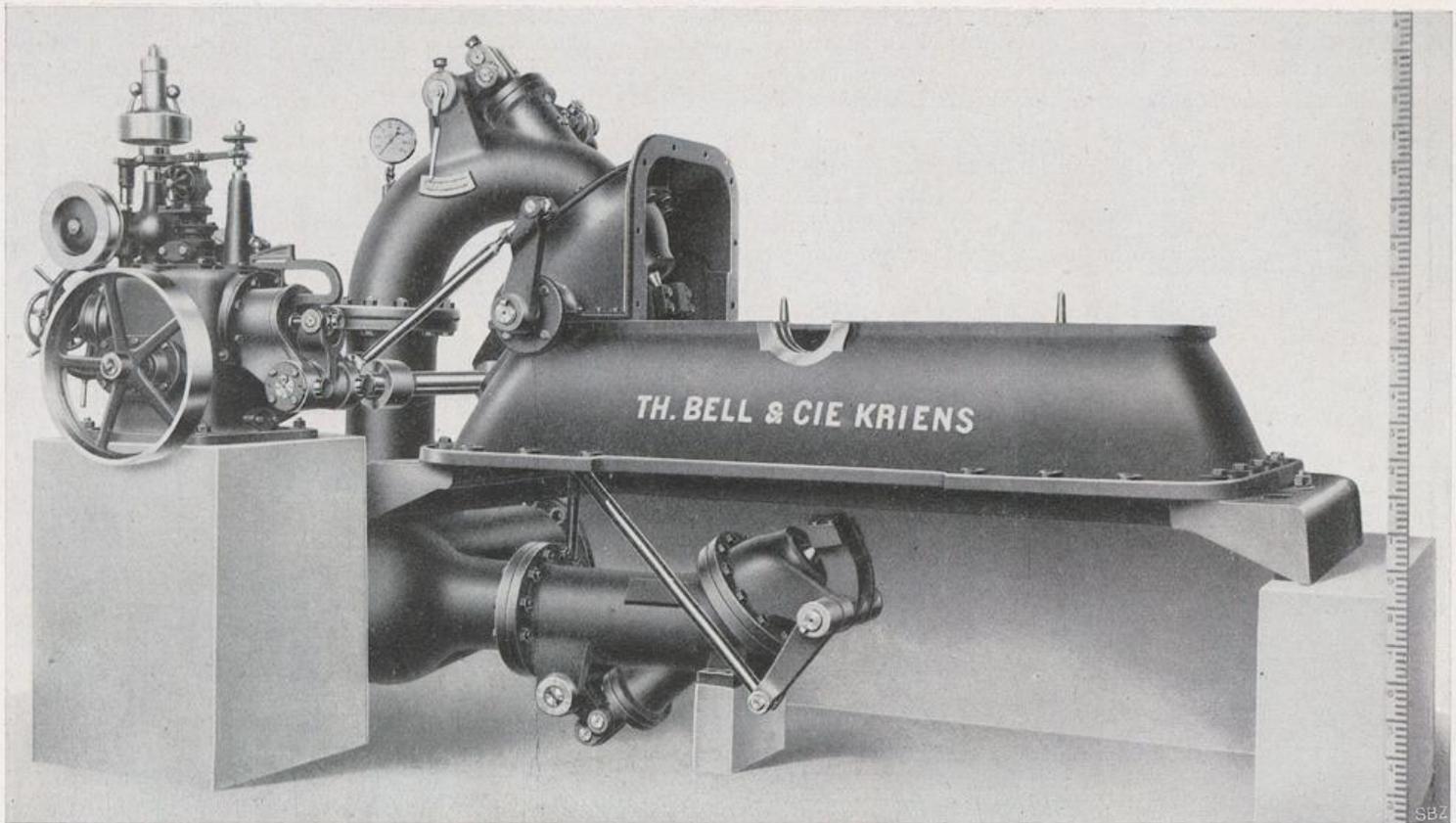


Abb. 56. Düsen, Strahlableiter und Reguliergestänge der 2000 PS-Pelton-Turbine in Abb. 53.

(I-Träger in Spezialprofil), die aus dem gewalzten Stück durch schräges Absägen gewonnen und nach entsprechender Behandlung in die Form eingelegt werden.

Die Betätigung des Reguliermechanismus erfolgt von der Regulierwelle eines normalen Oeldruckregulators aus.¹⁾

Die Pelton-turbine.

Die für eine Leistung von 2000 PS bei 255 m Gefälle und 500 Uml/min gebaute Turbine ist in Gesamtansicht mit Regulator auf Abbildung 55, mit abgehobenem Gehäuse und weggenommenem Laufrad samt Welle (behufs Blosslegung der Düsen) auf Abbildung 57, und in Ansichtszeichnung auf Abbildung 56 ersichtlich. Ferner zeigt

scheibe und einem Ring, sowie die fliegende Befestigung der Nabenscheibe auf der Welle.

Die Turbine ist mit kombinierter Nadel- und Ablenkerregulierung versehen, deren Zusammenbau am Objekt aus Abbildung 57 ersichtlich ist. Für die nähere Beschreibung der Mechanismen sind eine vereinfachte Zusammenstellung in Abbildung 59 und ein besonderes Schema in Abbildung 60 gezeichnet; letzteres ist, wie in früheren Fällen, nicht dem geometrischen Aufbau der Ausführung, sondern dem Schema Abbildung 10 angepasst, und zwar behufs leichtern Vergleichs mit der bestimmten Aufgabe, unter Beibehaltung des kinematischen Prinzips dieselbe Nadel- und Ablenkerbewegung zu erzielen; es sind daher für gleich-

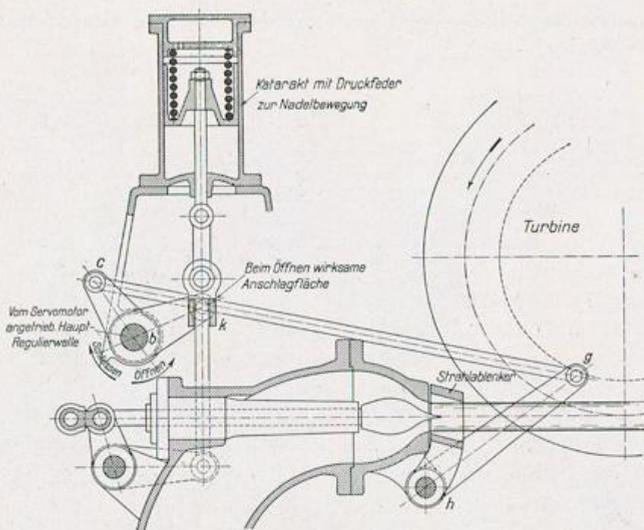


Abb. 59. Vereinfachte Zusammenstellung des Reguliermechanismus.

Abbildung 58 die Schaufelbefestigung an der Nabenscheibe durch Einklemmen der einzelnen Schaufelpaare — es sind immer zwei Schaufeln mit einem Befestigungslappen in einem Stück aus Stahlguss gegossen — zwischen der Nabens-

¹⁾ An der Ausstellung war zur Demonstration für die Bewegung der Mechanismen dieser und der Freistrahlturbine ein einziger Regulator angeordnet (Abb. 4 auf Seite 3).

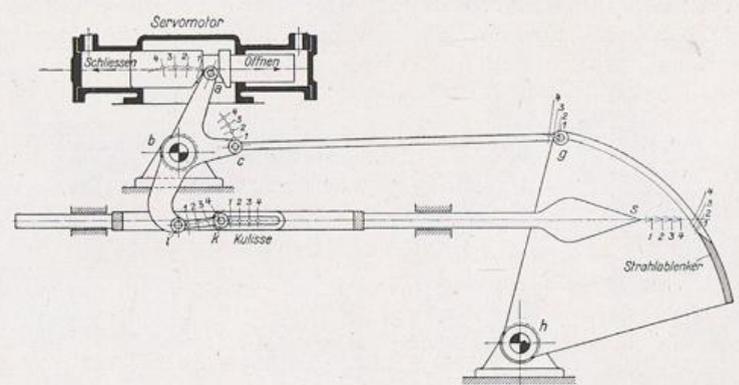


Abb. 60. Schema der Regulierung von Th. Bell & Cie.

wertige Organe die gleichen Bezeichnungen verwendet worden (vergl. Seite 9).

Die Nadelstange steht unter dem Einfluss einer vom hydraulischen Druck auf die Nadel herrührenden Achsialkraft, die ständig auf Schliessen, also von links gegen rechts wirkt, und bei eingetretener Bewegung unter dem Einfluss des auf Abbildung 59 sichtbaren Kataraktes mit Federwirkung. Solange kraftschlüssige Berührung zwischen dem Bolzen *k* des Lenkers *ik* und der Kulisse in der Nadelstange, und zwar in der gezeichneten Lage derselben, besteht, entspricht jeder Lage des Servomotorkolbens *o*, *i*,

2, 3, 4 eine bestimmte Lage von c und i der Schwinge abc und dementsprechend infolge der Verbindung cg auch der Nadel und des Ablenkers. Es kann hiernach die Bedingung des Anliegens der Ablenkerkante an den Strahl bei allen Beharrungszuständen erfüllt werden und bei Belastungsvorgängen ein zwangläufiges Folgen der Nadel und des Ablenkers stattfinden.

Wird bei vorerst festgehaltener Nadelstange in Stellung o infolge einer plötzlich eintretenden Entlastung der Servomotor- kolben in die Lage 4 gebracht, so schwenkt der Strahlablenker bis in die Lage 4 ein, k bewegt sich in der Kulisse vorwärts, und es kann dann die Nadel unter dem Einfluss der Achsialkraft und des Kataraktes entsprechend langsam nachfolgen. Ein Ueberschwenken des Ablenkers über die Stellung 4 ist bei dieser Anordnung nicht möglich; deshalb wendet die Firma nicht die im Schema Abb. 60 gezeichnete Einschwenkungsrichtung von aussen in den Strahl gegen das Rad hin, sondern, wie auf Abbildung 59 ersichtlich, vom Rad in den Strahl gegen aussen und zudem die Rohrform des Ablenkers an; dabei genügt es, die Ablenkerkante nur bis zur Strahlaxe einzuschwenken, um denselben in genügender Weise ausser Wirksamkeit zu bringen. Immerhin kann durch entsprechende Einstellung an der Rückführung des Regulators zuerst ein kleines Ueberschwenken erzielt werden. Aus den in Abbildung 59 eingetragenen Buchstaben ist der Zusammenhang mit dem Schema Abbildung 60 zu erkennen; die Anordnung wird

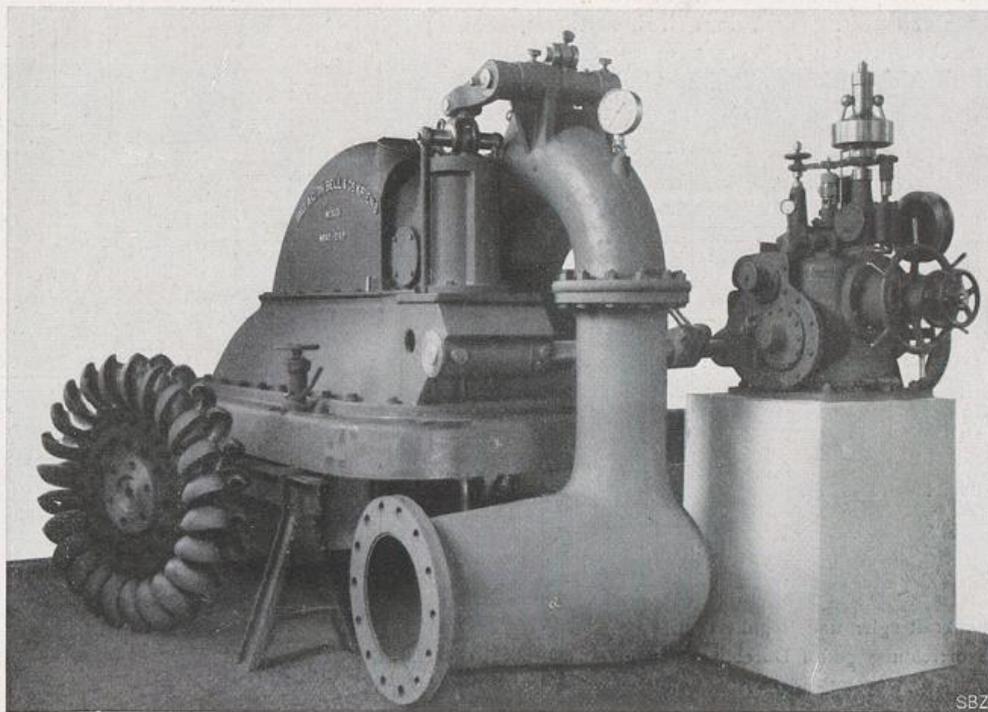


Abb. 55. Pelton-Turbine von Th. Bell & Cie., Kriens. $H = 255 \text{ m}$, $n = 500 \text{ Uml/min}$, $N = 2000 \text{ PS}$.

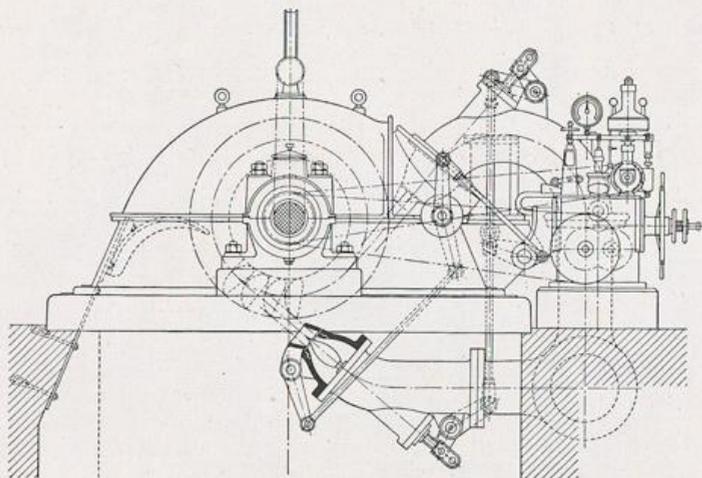


Abb. 57. 2000 PS-Pelton-Turbine von Theodor Bell & Cie.

bei dem Verzicht auf ein bedeutendes Ueberschwenken sehr einfach. Auch hier verlaufen die Bewegungen natürlich nicht stufenweise, sondern stetig.
Für die Betätigung des Mechanismus kann ein normaler Regulator verwendet werden, dessen Beschreibung weiter unten folgt.

Die Regulatoren.

Abbildung 61 zeigt eine Ansicht, Abbildung 62 zum Teil im Schnitt die Anordnung der von Th. Bell & Cie., Kriens gebauten Druckölregulatoren, bei deren Konstruktion auf gute Anpassungsfähigkeit der Antriebe, einerseits des Fliehkraftreglers und der Oelpumpe, andererseits der Regulierorgane an der Turbine geachtet ist. Fürs erstere können die Antriebe von Regler und Pumpe an beiden Regulatorseiten und in beiden Drehrichtungen erfolgen, fürs zweite

ist der Kurbelkopf drehbar, also für vertikale (wie auf Abbildung 62 gezeichnet) oder für horizontale Lage der Regulierwelle einstellbar und ferner der Servomotor doppelt wirkend und das Regulierventil symmetrisch ausgebaut.

Die Hauptbestandteile sind: Der Oelbehälter mit eingegossenem Servomotorzylinder und Oelpumpengehäuse; der Servomotor- kolben mit Schubstange samt verstellbarer Rückführungsschiene; die Deckel zum Servomotorzylinder,

von denen der eine die Handregulierung, der andere den Kurbelkopf trägt (diese Teile sind auf Abbildung 62 im Schnitt gezeichnet); ferner die Oelpumpe, der Fliehkraftregler mit Oelbremse, das Regulierventil, das Rückführungsgestänge und die Sicherheitseinrichtungen.

Der Fliehkraftregler ist in bekannter Konstruktion, mit federbelasteter Hülse und Schneidenlagerung für die Pendel und die Uebertragungslenker der Pendelbewegung auf die Hülse ausgeführt; nach Mitteilung der Firma kann die Unempfindlichkeit durch die bewegliche Abstützung der

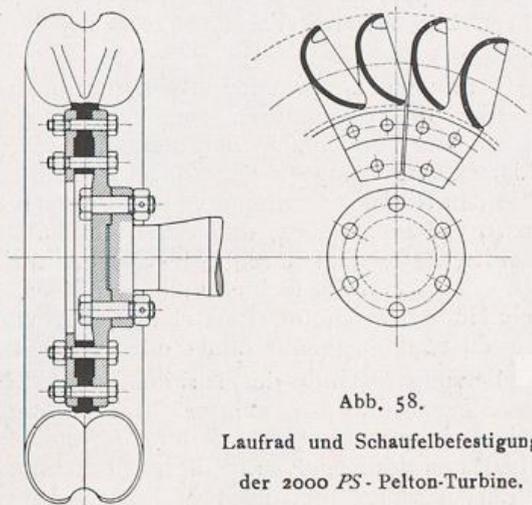


Abb. 58. Laufrad und Schaufelbefestigung der 2000 PS-Pelton-Turbine.

Feder unter 1% gebracht werden und dient zur Ausgleichung der Ungleichförmigkeit, die je nach den Betriebsverhältnissen zwischen 1 und 4% eingestellt wird, eine auf zusätzliche Muffenbelastung beruhende Tourenverstellung, die entweder von Hand oder elektrisch betätigt wird. Die erwähnte kleine Unempfindlichkeit des Federregulators,

sowie die richtige Bemessung der Katarakthemmfeder sind die Hauptfordernisse für eine gute Stabilität und für schwingungsfreie Diagramme.

Das Regulierventil (Abbildung 63 links) ist vorgesteuert und als Durchflussventil ausgebaut, indem in der gezeichneten Mittelstellung der Schwebekolben d die mit den Kanälen k_1 und k_2 in Verbindung stehenden Ringräume r_1 und r_2 nicht vollständig überdeckt, sodass, wie die Firma schreibt, bei dieser Mittelstellung und teilweiser Selbsthemmung des Reguliergestänges der Arbeitsdruck und daher der Kraftverbrauch entsprechend zurückgehen. In der Figur bedeuten: I die Verbindung mit dem linksseitigen, II diejenige mit dem rechtsseitigen Arbeitsraum im Servomotorzylinder, und III die Verbindung mit dem Oelbehälter.

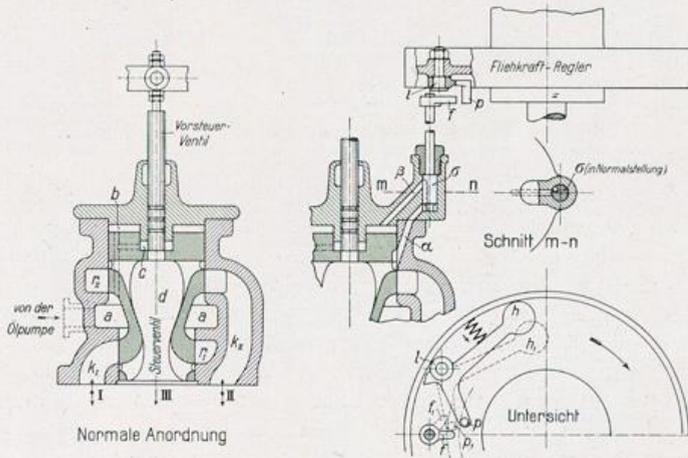


Abb. 63. Fliehkraftregler und Regulierventil mit Sicherheitsvorrichtung gegen Durchbrennen.

Zwecks Erzielung der Vorsteuerung ist der Schwebekolben d als Differentialkolben ausgebildet, der ausser den eigentlichen Durchflusskanälen für die Oelverteilung noch Kanäle zur Verbindung des Raumes a mit den Räumen c und b erhält, sodass, wie leicht aus der Abbildung 63 (links oben) ersichtlich, bei entsprechender Stellung des Vorsteuerventiles die Mittellage, bei dessen Bewegung die entsprechende Bewegung des Schwebekolbens erzielt werden kann.

Zwischen Oelpumpe und Regulierventil ist ein Druckreduktionsventil eingeschaltet, für das zwei Varianten vorliegen, die auf Abbildung 64 schematisch dargestellt sind; die rechtsseitige Variante bezieht sich auf Ausführungen mit einer Oelpumpe, die linksseitige auf solche mit zwei Oelpumpen; über letztere Variante schreibt die Firma folgendes:

Für Turbinenanlagen mit ausgesprochen ruhigem Betrieb werden die Regulator zum Zwecke grösserer Kraftersparnis mit Doppelpumpen (Patent Bell & Co.) ausgerüstet. Die kleine Pumpe fördert dabei Druckflüssigkeit, z. B. Oel, in den Raum a des Steuerventiles, dessen Steuerkanten nur so viel Spiel geben, dass der Druck im Raume a stets grösser ist, als der zum Bewegen des Servomotorkolbens erforderliche. Zwischen der kleinen Pumpe und dem Steuerventil ist ein Hilfs-Servomotor eingeschaltet, der vermittelt Oeldruck das Reduktionsventil öffnet oder schliesst.

Im Beharrungszustande der Turbine ist der Schwebekolben des Steuerventiles in seiner Mittellage oder doch nur wenig hiervon verschoben. Im Raume a (Abbildung 63), also auch im Raum des Kugelventils, herrscht Maximaldruck. Der Hilfs-Servomotor öffnet das Reduktionsventil und es kann das Oel der grossen Pumpe ungehindert durch dieses Ventil entweichen. Findet jedoch eine plötzliche, grössere Belastungsänderung, z. B. eine Entlastung statt, so verschiebt sich der Schwebekolben des Steuerventiles nach oben. Die Steuerkante öffnet und der Druck im Raume a sinkt auf einen gewissen Wert, der gerade zum Bewegen des Haupt-Servomotors erforderlich ist. Der Hilfs-Servomotor schliesst

vermöge der Spannkraft der Feder das Ventil. Die grosse Pumpe kommt also sofort unter Druck, wodurch das als Rückschlagventil dienende Ventil geöffnet wird. Die Pumpe fördert somit Oel in den Raum a und unterstützt die kleine Pumpe, sodass der Haupt-Servomotor sich rasch bewegen wird. Hat letzterer vermittle der bekannten Rückführung den Schwebekolben wieder in die Mittellage zurückgeführt, so steigt der Druck im Raume a wieder, der Hilfs-Servo-

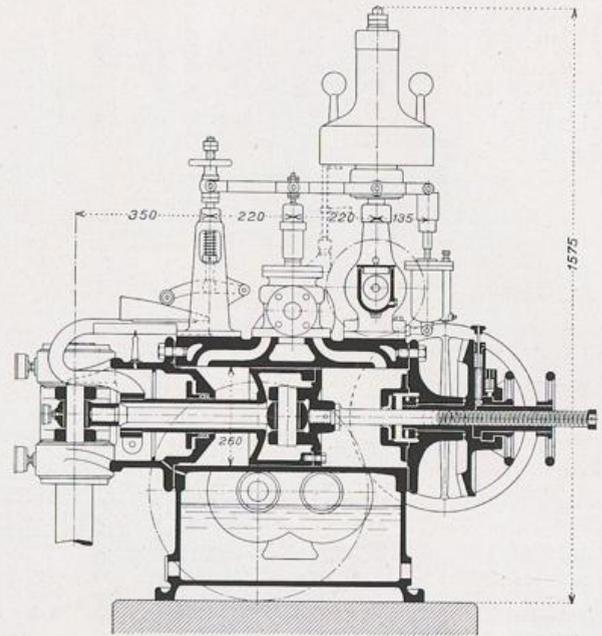


Abb. 62. Drucköl-Regulator von Th. Bell & Cie. in Kriens. Längsschnitt durch den Servomotor 1 : 20.

motor öffnet das Ventil, die grosse Pumpe wird entlastet und das Rückschlagventil schliesst wieder.

Diese Konstruktion besitzt den Vorteil, dass für beide Ausführungsarten des Regulators das gleiche Regulierventil verwendet werden kann. Die Doppelpumpe und die einfache Pumpe besitzen gleiche Anschlussdimensionen, sie können also jederzeit vertauscht werden, was die Serienfabrikation der Regulator ebenfalls erleichtert.

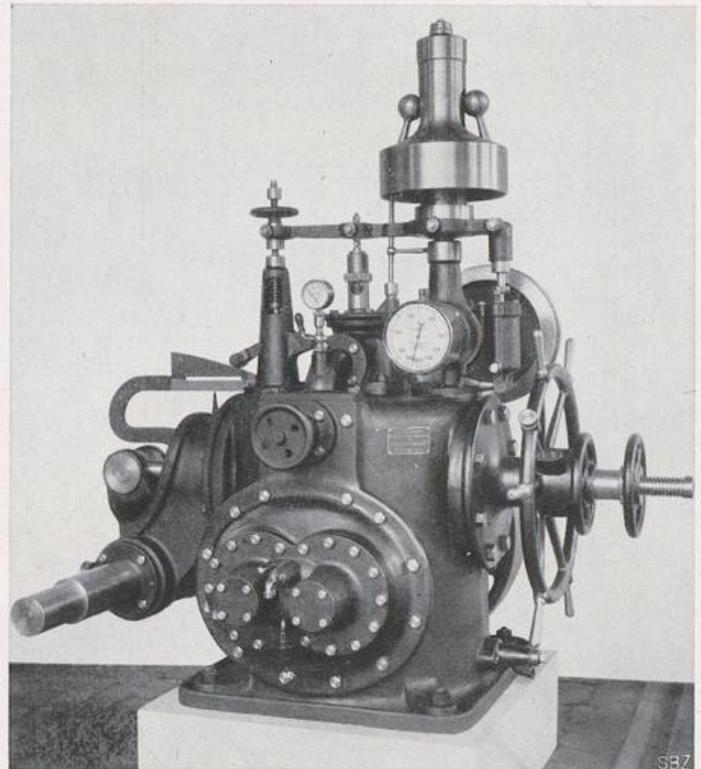


Abb. 61. Drucköl-Regulator von Th. Bell & Cie., Kriens.

Schliesslich sei noch auf die neue Sicherheitsvorrichtung (Patent Bell & Cie.) gegen Durchbrennen beim Abfallen des Pendelriemens, wie in Abbildung 63 (rechts) dargestellt, hingewiesen. Unter der Pendelglocke ist ein besonderer Schwungkörper h angeordnet, der um den Bolzen l dreht. Innerhalb einer gewissen Grenze der

Die Oelpumpen sind Zahnradkapselwerke. Die Doppelpumpe besteht aus zwei nebeneinander in einem Gehäuse untergebrachten, in Durchmesser und Verzahnung gleich grossen, aber verschiedenen breiten Zahnradpaaren, die durch eine Zwischenwand von einander getrennt sind, aber denselben Antrieb besitzen.

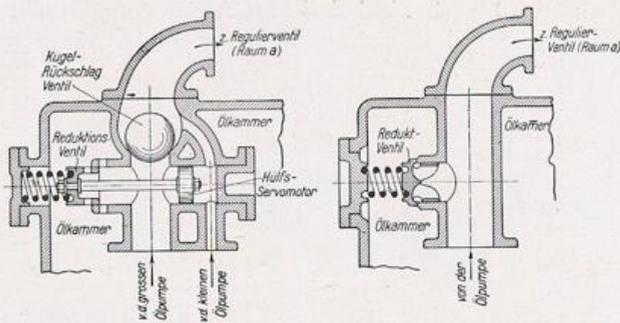


Abb. 64. Reduktionsventil bei einer (rechts) oder bei zwei Oelpumpen.

normalen Umdrehungszahl liegt das Schwunggewicht h an der Pendelglocke an. Fällt die Umdrehungszahl bedeutend, was ja bei abfallenden Riemen vor allem der Fall ist, so stellt sich der Schwungkörper unter dem Einfluss der Gegenfeder in die punktierte Lage h_1 . Der Anschlag p kommt dabei in die Lage p_1 und stösst an den Hebel f , den er in die Lage f_1 stellt. Dadurch wird der Hahn σ derart umstellt, dass das im Vorsteuerraum b des Steuer-ventiles befindliche Oel durch die Leitungen β und a frei ablaufen kann. Der Schwebekolben des Ventils geht daher in die Höhe und bewirkt Schlussstellung des Servomotors. Beim Wiedereingangssetzen muss dann nur der Hahn σ von Hand in Schliesstellung gebracht werden.

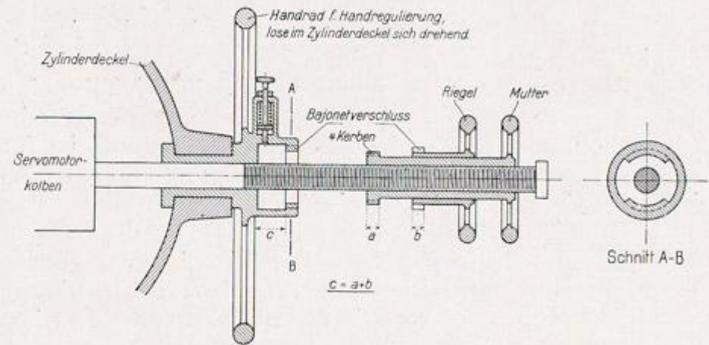


Abb. 65. Ein- und Ausrückung der Handregulierung.

Die Einrichtung der Handregulierung ist noch schematisch in Abbildung 65 dargestellt, und zwar in ausgerückter Lage. Die Servomotorkolbenstange kann sich ungehindert verschieben; zur Einrückung wird die Mutter solange verdreht, bis der Ansatz mit den vier Kerben ganz im Regulierhandrad steckt, der Riegel nachgeschoben und entsprechend dem Bajonettverschluss verdreht. Die Mutter ist sodann mit dem Handrad gegen achsiale Verschiebung und nach Einfallen der Sperrklinke in eine der vier Kerben gegen relative Verdrehung gekuppelt. Nach entsprechender Oel-druckausschaltung kann die Handregulierung in Dienst genommen werden.

Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey.

Die Pelton-turbine für Vouvy und deren Regulator.

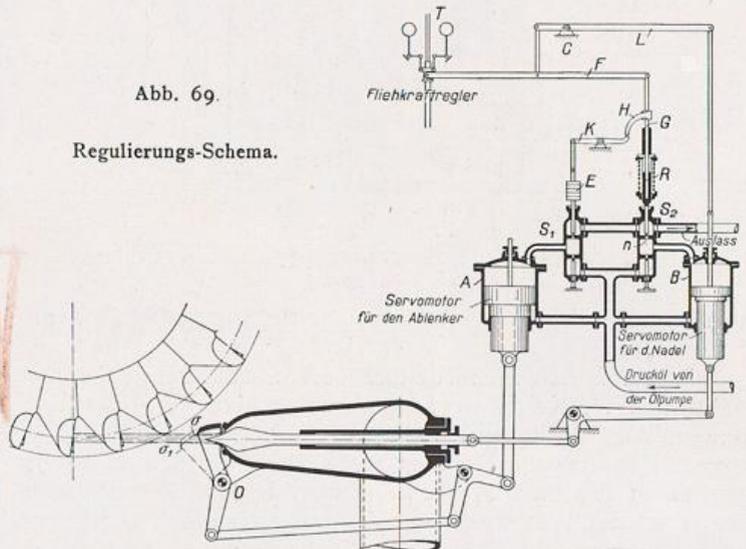
Bei der im Jahre 1892 bereits unter der Leitung von Ingenieur Boucher, dem derzeitigen Bauleiter der Anlage Fully, in Bau genommenen Anlage Vouvy wurde das erstmal der Versuch der Verwendung sehr hoher Gefällsstufen von rund 900 m gemacht. Die zur Beschreibung gelangende, in den Abbildungen 66 und 67 dargestellte Turbine ist für dieselbe Anlage bestimmt und für eine Leistung von 2600 PS bei 880 m Gefälle und 500 Uml/min dimensioniert. Aus der Konstruktionszeichnung (Abbildung 67) sind die Gesamtdisposition und die wesentliche Dimensionierung, ebenso wie die bereits auf Seite 6 bemerkte Schaufelbefestigung durch Einklemmung ohne weiteres zu erkennen. Der Regulator ist in Abbildung 68 dargestellt.¹⁾

Das Schema Abbildung 69 zeigt die Anordnung der Regulierung mit kombinierter Nadel- und Ablenkerbewegung. Der von der Firma zur Verfügung gestellten Beschreibung der Einrichtung und deren Wirksamkeit ist folgendes zu entnehmen.

Der automatische Geschwindigkeits-Regulator mit kombinierter Wirkung besteht im wesentlichen aus dem Fliehkraftregler *T*, den Regulierventilen *S*₁ und *S*₂, den beiden Servomotoren *A* für den Strahlablenker mit rascher Bewegung und *B* für die Nadel mit langsamer Bewegung, und der Oelpumpe. Alle diese Teile sind am Oelbehälter montiert und durch entsprechende Rohrleitungen verbunden.

¹⁾ Schon die ersten hydromechanischen Installationen für Vouvy sind von den Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey geliefert worden.

Aus dem Schema ist zu ersehen, dass das von der Oelpumpe kommende Drucköl zu den Regulierventilen geführt wird und auch hierbei durch Abzweigungen von der Rohrleitung zu den untern kleinern Arbeitsräumen der Servomotoren gelangt.



Das Ventil *S*₁ ist in seiner normalen Lage geschlossen und zwar indem die Ventilmadel durch den Druck einer Feder (im Schema ist statt der Feder ein Gewicht *E* eingezeichnet) auf ihren Sitz gedrückt wird. In dieser Stellung

ist im grossen Arbeitsraum des Servomotors das Oel unter Druck, der Kolben ist in tiefster Lage festgehalten. Bei Oeffnung von *S*₁ findet Entlastung in diesem obern Arbeitsraum statt, das Oel kann abfliessen, der Kolben steigen und somit der Strahlablenker in den Strahl einlenken. Die Geschwindigkeit dieser Bewegung ist durch den Hahn am Ventil *S*₁ einstellbar. Die Bewegung der Ventilmadel geht vom Hebel *K* aus.

Das Ventil *S*₂ ist mit dem Servomotor *B*, dessen Nadel mit der Hülse des Reglers durch Lenker und Hebel in Verbindung. Man erkennt, dass bei Heben der Hülse Schliessen von *S*₂ und hiermit die Einleitung der Schliessbewegung der Düsennadel, bei Senken der Hülse Oeffnen von *S*₂ und hiermit die Einleitung der Oeffnungsbewegung der Düsennadel erfolgt. Die Geschwindigkeit der Bewegung der Düsennadel kann mittels des Hahnes an *S*₂ reguliert werden. Der Lenker *G* kann durch einen Schraubenmechanismus an seiner

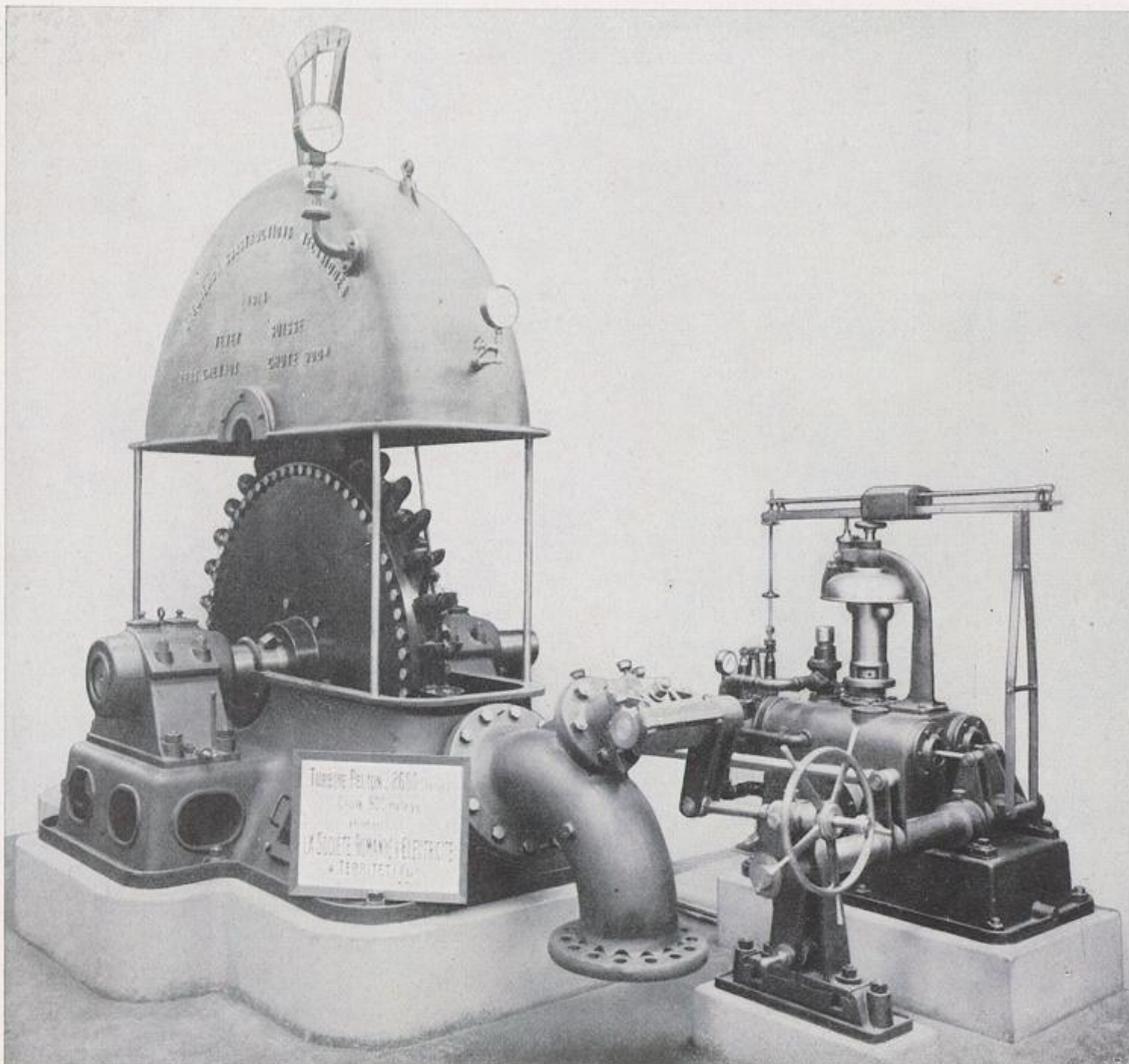


Abb. 66. Pelton-Turbine für Vouvy. $H = 880 \text{ m}$, $n = 500 \text{ Uml/min}$, $N = 2600 \text{ PS}$.

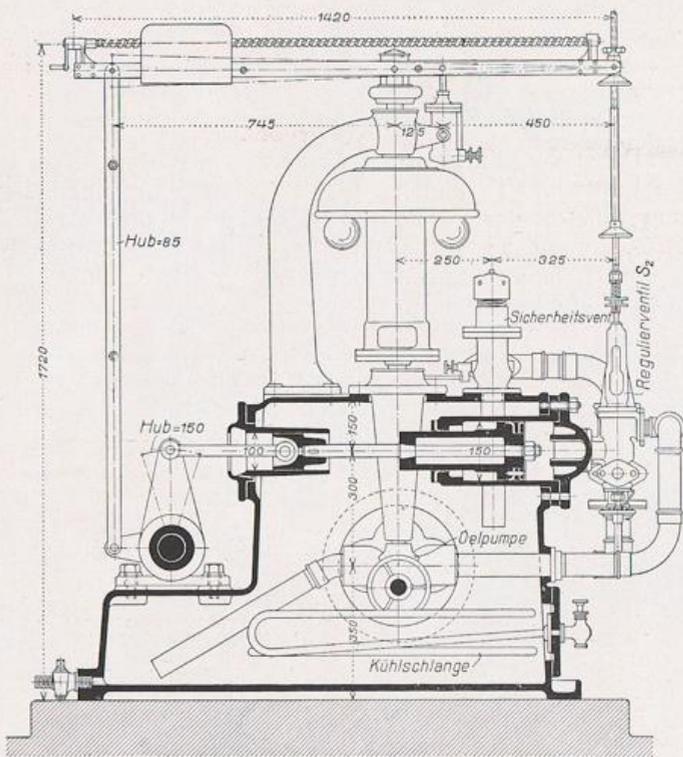


Abb. 68. Regulator und Servomotor-Längsschnitt. — 1:20.

Aufhängung am Hebel *F* verlängert oder verkürzt werden, zum Zwecke des Anlassens oder der Einstellung der Umlaufzahl (dieser Mechanismus ist im Schema nicht gezeichnet). Die Rückführung des Ventils *S*₂ erfolgt durch das

eingeschaltete Feder wird nach Aufsitzen der Ventilmadel von *S*₂ zusammengedrückt, der Anschlag *H* kommt in Berührung mit dem Hebel *K*, das Ventil *S*₁ wird gehoben, der Strahlablenker eingelenkt und hiermit die beabsichtigte rasche Abstimmung der Energiezufuhr zum Turbinenrad bewirkt. Die Höhenlage von *H* ist einstellbar, um den Zeitpunkt des Beginns der Ablenkung ausregulieren zu können.

Die Einstellung des Regulators kann nach folgenden allgemeinen Angaben erfolgen:

Einstellung des Ventils *S*₂. Im Ruhezustand durch Verlängerung des Lenkers *G* (mittels des Schraubenmechanismus) *S*₂ zuerst schliessen, dann etwa um 0,5 mm öffnen. Wenn man im Betrieb Instabilität des Regulators bemerkt, kann man versuchsweise durch Verlängerung oder Verkürzung von *G* eine bessere Wirkung erzielen; Verlängerung von *G* bewirkt Verminderung der Umlaufzahl der Turbine und umgekehrt. Der Regulierhahn soll wenig geöffnet sein, 1/2 bis 1 Umdrehung, je nach der Öffnung von *S*₂. Schliessen des Regulierhahnes verkleinert die Geschwindigkeit der Bewegung der Düsenadel und umgekehrt.

Einstellung des Ventils *S*₁. Wie schon erwähnt, kann der Zeitpunkt des Beginns für die Bewegung des Strahlablenkers durch Einstellen der Lage des Anschlages *H* reguliert werden. Normalerweise soll die Ablenkung bei einer Ueberschreitung der normalen Umlaufzahl um 5% beginnen, und zwar damit sie bei kleinen und langsamen Entlastungen nicht eintritt. Diese Ziffer ist aber keine absolute; man hat sich den Betriebsverhältnissen anzupassen. Die Länge der Hebelarme von *K* kann geändert werden durch Umstecken des Achsbolzens von *K*, wenn der Widerstand für die Bewegung von *S*₁ zu gross wird; hierdurch kann auch die Geschwindigkeit des Oeffnens oder Schliessens von *S*₁ variiert werden. Immerhin soll diese Regulierung hauptsächlich mittels des hiefür vorgesehenen Regulierhahnes erfolgen. Dessen Oeffnung soll mit derjenigen von *S*₁ korrespondieren; nach einigen Versuchen wird leicht das gewünschte Resultat erreicht.

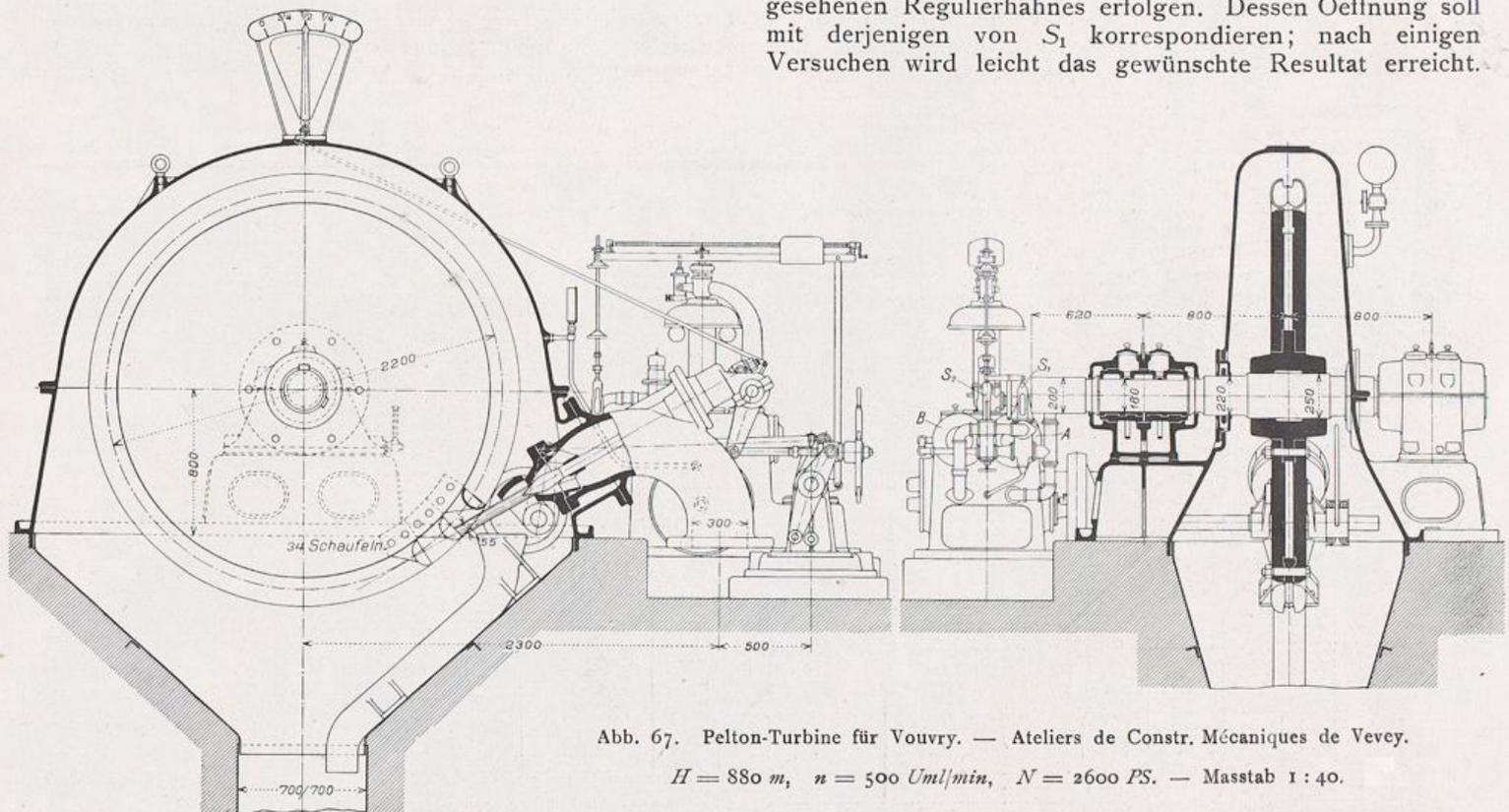


Abb. 67. Pelton-Turbine für Vouvy. — Ateliers de Constr. Mécaniques de Vevey.

$H = 880 \text{ m}$, $n = 500 \text{ Uml/min}$, $N = 2600 \text{ PS}$. — Masstab 1:40.

zwischen dem in *c* gelagerten Hebel *L* und dem Hebel *F* einerseits, dem Kolben des Servomotors *B* andererseits eingeschaltete Gestänge.

Der Reguliervorgang bei Entlastungen ist folgender: Bei kleinen und langsamen Entlastungen hebt sich die Hülse des Reglers nur so weit, dass das Ventil *S*₂ in Wirksamkeit tritt und entsprechende Bewegung der Düsenadel eingeleitet wird. Bei raschen und grossen Entlastungen dagegen wird die Hülse höher gehoben, die im Lenker *G*

Öelkatarakt. Der Zylinder muss immer voll mit Oel gefüllt sein; hauptsächlich ist Luftansammlung unter dem Kolben zu vermeiden. Der Katarakt ist daher häufig nachzusehen; Oelverluste sind zu ersetzen. Der Regulierhahn muss genügend geschlossen sein, um eine zweckentsprechende Bremswirkung zu erzielen. Aus den Abbildungen ist zu ersehen, dass für die Einstellung der mittlern Umlaufzahl eine Einrichtung mit Laufgewicht zur Veränderung der Hülßenbelastung vorgesehen ist.

Aktiengesellschaft vorm. Joh. Jacob Rieter & Cie. in Winterthur.

Die dreifache Francisturbine für die Spinnerei Niedertöss.

Die durch Kombination einer zweifachen mit einer einfachen Turbine entstandene Konstruktion ist in Ansicht auf Abbildung 70, im Schnitt auf Abbildung 71 dargestellt. Die drei Räder sind gleich dimensioniert und geben zusammen 267 PS bei 4,9 m Gefälle und 150 Uml/min; da das Rad der einfachen Turbine fliegend auf der Welle sitzt, sind nur zwei Lager nötig, die als Ringschmierlager ausgeführt sind. Auf Abbildung 71 sind die hauptsächlichsten Dimensionen eingetragen; ferner ersieht man aus derselben die Anordnung der Regulierung, sowie der Druckausgleichsrohre zwischen den an die Nabenscheibe angrenzenden Räumen und den Saugräumen.

Abbildung 72 zeigt noch im Detail die Form der Leitschaufeln und die Disposition der Lenker zwischen diesen Schaufeln und dem Regulierring mit dem von der Firma zur Abhaltung von Schwemmkörpern verwendeten, patentierten Deckring R (Schweiz. Patent Nr. 36 208). Dieser ist mit Schlitz S versehen, durch die die in den Leitrad-schaufeln steckenden Gelenkbolzen G hindurchreichen; zur Ueberdeckung der Schlitz sind an die Leitschaufeln entsprechende Deckklappen L angegossen; ferner ist die Hubbegrenzung H in dieser Abbildung zu ersehen.

Die beiden Turbinen erhalten getrennte Regulierwellen, sodass sie einzeln oder nach entsprechender Kupplung zusammen betätigt werden können.

Die Anordnung erfordert getrennte Wasserkammern oder doch wenigstens den Einbau eines gemauerten Schachtes für die Aufnahme des Zwischenlagers, bietet jedoch den Vorteil der Anwendbarkeit von Normalausführungen.

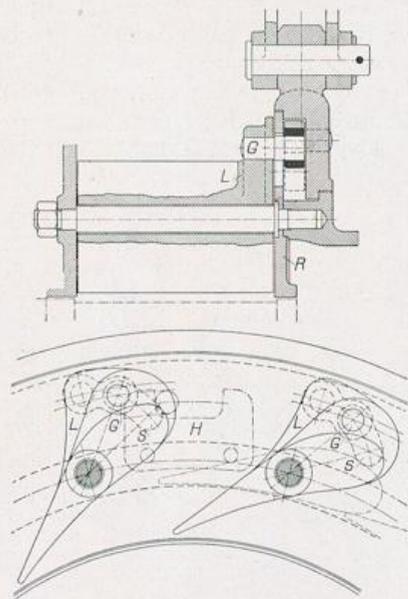


Abb. 72. Leitapparat mit Deckring.

Die Spiral-Francisturbine für Lauterbrunnen.

Diese für die Zentrale Lauterbrunnen der Jungfrau-bahn bestimmte Turbine ist in Verbindung mit einem Isodromregulator der Firma auf Abbildung 73 in Ansicht, auf Abbildung 74 im Hauptschnitt dargestellt. Sie ist für eine Leistung von 600 PS bei 37,5 m Gefälle und 400 Uml/min konstruiert.

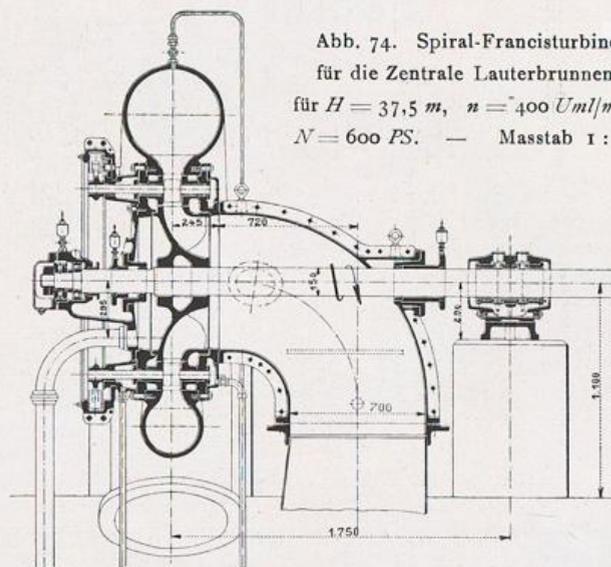


Abb. 74. Spiral-Francisturbine für die Zentrale Lauterbrunnen, für $H = 37,5 \text{ m}$, $n = 400 \text{ Uml/min}$, $N = 600 \text{ PS}$. — Masstab 1 : 40.

Die Turbine ist als Francisturbine im Spiralgehäuse mit liegender Welle, entsprechend der Normalkonstruktion der Firma für Hochdruck-Francisturbinen ausgeführt und hat Fink'sche Leitrad-schaufelung mit aussenliegendem Antriebsmechanismus; aus der Schnittfigur kann man folgende besondere Konstruktionsdetails erkennen:

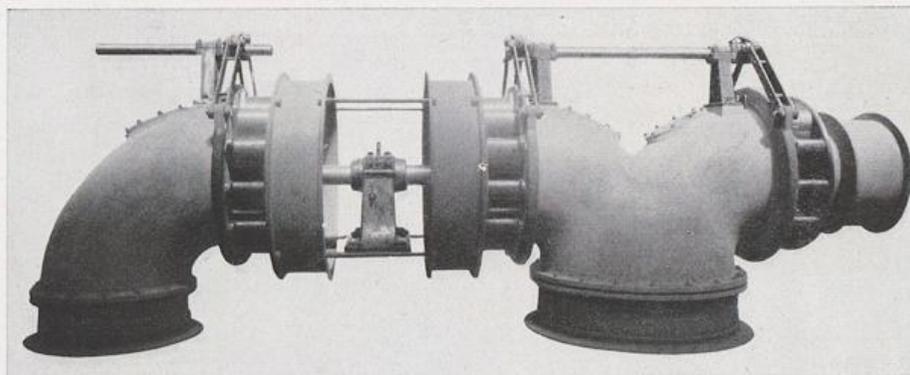


Abb. 70. Dreifache Francisturbine für die Spinnerei Niedertöss.

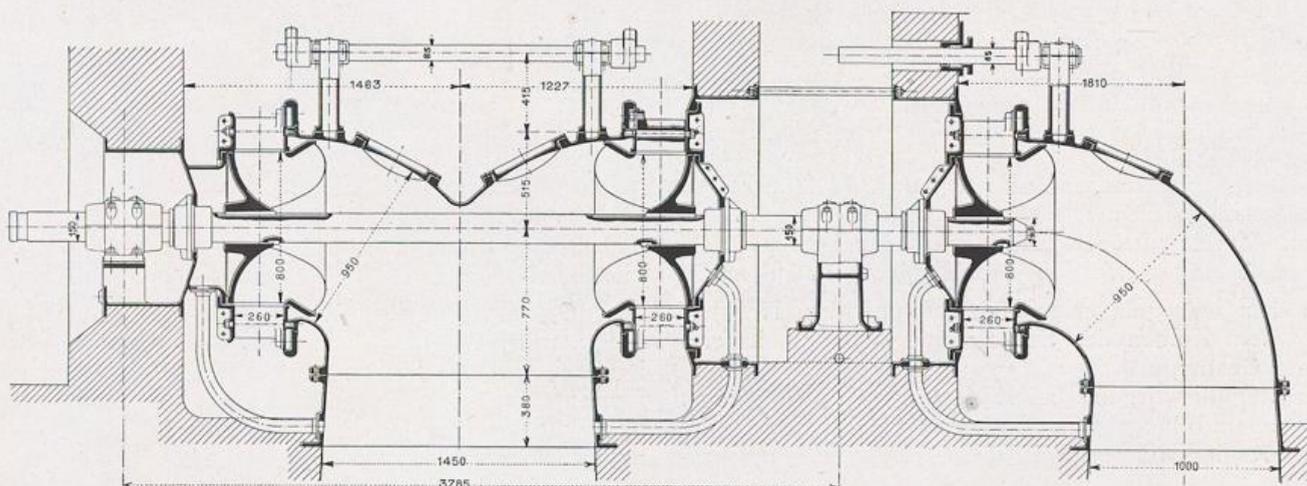


Abb. 71. Dreifache Francisturbine für die Spinnerei Niedertöss, gebaut von der A.-G. vorm. J. J. Rieter & Cie., Winterthur. Für $H = 4,9 \text{ m}$, $n = 150 \text{ Uml/min}$, $N = 267 \text{ PS}$. — Masstab 1 : 40.

Die Leitradseitenwände sind von den Gehäusedeckeln getrennt, daher bei Abnutzung durch Sand leicht auswechselbar, und enthalten die Büchsen für die Lagerung der Drehschaufelbolzen. Von den am Spiralgehäuse befestigten Gehäusedeckel trägt der eine das Endlager, der andere den Saugrohrkrümmer. An ersterem ist ausserdem die Wellenstopfbüchse und ein Ring mit den Aussenlagern für die diesseitigen Drehschaufelbolzen befestigt. Letztere tragen fliegend die Hebel, die mittels Lenker mit dem Regulierring verbunden sind; dieser ist, wie aus Abbildung 73 ersichtlich, mit einer kräftigen, dreieckförmigen Platte in einem Stück gegossen, an deren Spitze die Zugstange angreift, mittels welcher der Regulator die Regulierung betätigt. Der Regulierring ist auf dem die Aussenlager der Schaufelbolzen tragenden Ring mittels Rollen gelagert; dieser letztere Ring dient noch, ebenso wie ein auf der Saugrohrseite am dortigen Gehäusedeckel befestigter Ring, als Sammelraum für das an den Drehschaufelbolzen austretende Tropfwasser, das sodann durch Rohre nach unten abgeleitet wird. Die Abdichtung an diesen Bolzen findet mit Ledermanschetten statt, die mit den um die Bolzen liegenden einzelnen Ringen an den Gehäusepeckeln befestigt sind.

Das Endlager ist als Kugellager ausgebildet; es sei diesbezüglich auf den in Nr. 13 vom 26. September 1914 (Band LXIV) der Schweiz. Bauzeitung erschienenen Artikel von Herrn Ingenieur W. Ahrens „Die Kugellager und ihre Verwendung im Maschinenbau“ aufmerksam gemacht, in welchem auch mehrere Anordnungen von Kugellagern angegeben sind, die von der Firma Rieter & Co. für die Stützung von hängenden bzw. liegenden Turbinenwellen angewendet werden. Das auf Abb. 74 (links) gezeichnete Lager ist ein kombiniertes Trag- und Stützlager.

Der zweiteilige Saugrohrkrümmer enthält die Wellenstopfbüchse; das in deren Nähe befindliche Traglager ist mit Ringschmierung versehen. Druckausgleichrohre sind auch bei diesen Turbinen verwendet.

Die Turbine besitzt noch ein Schwungrad, das auf Abbildung 73 weggelassen ist.

Die Peltonturbine mit kombinierter Nadel- und Strahlablenker-Regulierung.

Die ausgestellte Turbine entspricht dem für die Anlage Moulin des Combes der Stadt Sitten verwendeten Modell; sie ist für eine Leistung von 500 PS bei 205 m Gefälle und 500 Uml/min gebaut und mit dem zugehörigen Drucköl-

regulator auf Abbildung 75 in Ansicht dargestellt. Abbildung 76 zeigt ausserdem das Laufrad mit der Schaufelbefestigung durch Einklemmen zwischen der Nabenscheibe und einem Klemmring.

Die Turbine ist mit kombinierter Nadel- und Strahlablenkerbewegung ausgerüstet, die durch getrennte Servomotoren hervorgebracht wird, deren Steuerung von einem

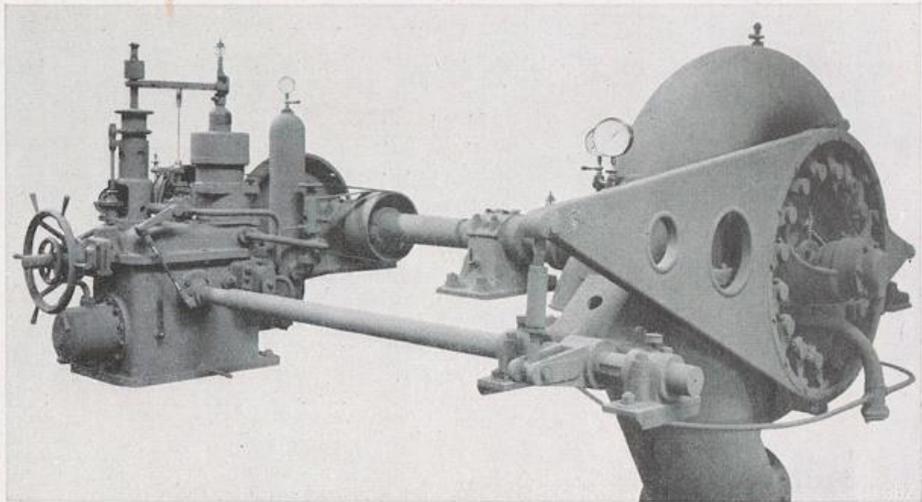


Abb. 73. Spiral-Francis-Turbine mit Isodrom-Regulator für die Zentrale Lauterbrunnen.

gemeinschaftlichen Regulierventil aus stattfindet. Für die Nadelbewegung dient, im Gegensatz zu den bisher geschilderten Kombinationen dieser Art, der Servomotor des Druckölregulators, während für die Bewegung des Ablenkers ein besonderer Servomotor angeordnet ist. Die Rückführung des Regulierventils findet unter dem Einfluss der Bewegungen beider Servomotoren statt.

Wesentlich ist nun, dass hiebei die Anordnung derart getroffen ist, dass bei Eintreten eines Regulierungsvorganges infolge einer Entlastung der Ablenker rasch eingeschwenkt, dann gleichzeitig mit der Nadelbewegung immer wieder in die ganz ausgeschwenkte Lage zurückgeführt wird, sodass im Beharrungszustand der Ablenker immer dieselbe Lage hat. Im Vergleich zu den bisher geschilderten Anordnungen enthält daher diese Konstruktion keinen Mechanismus zur Einstellung zugehöriger Nadel- und Ablenkerlagen; hingegen muss der Rückführungsmechanismus des Regulierventils so angeordnet sein, dass die Mittellage des Ventils nur bei vollständiger Auslenkung des Ablenkers, d. h. in dessen Ruhelage, möglich ist.

Das Schema Abbildung 77 zeigt den Servomotor für die Ablenkerbewegung, dessen Anordnung und Lage gegen die Nadeldüse und die Regulierwelle des Drucköl-

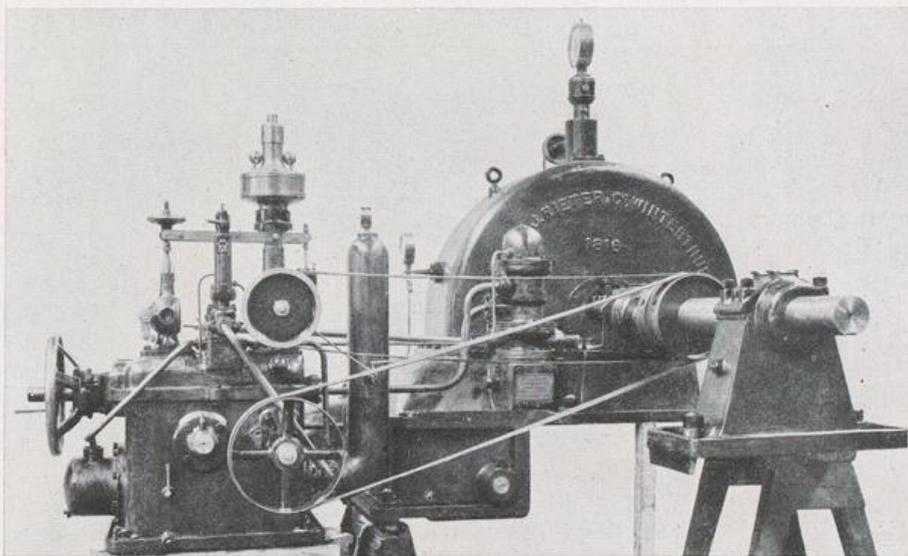


Abb. 75. Peltonturbine mit Regulator für die Anlage Moulin des Combes in Sitten.
 $H = 205 \text{ m}$, $n = 500 \text{ Uml/min}$, $N = 500 \text{ PS}$.

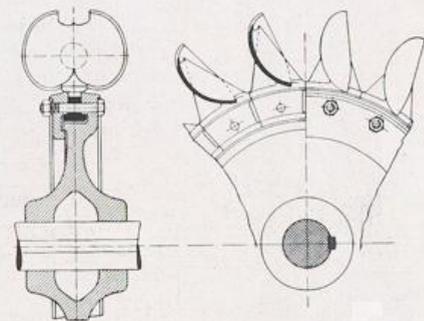


Abb. 76. Schaufelbefestigung (zu Abb. 75).

regulators, ferner den Mechanismus zur Rückführung, bzw. zur Erzielung der Bewegung des Punktes R, der die Achse des Gelenkes bezeichnet, an den das eigentliche Rückführungsgestänge angreift (siehe nächste Seite).

Konstruktiv interessant ist die Befestigung der Dichtungsmanschetten im Servomotor für die Ablenkerbewegung

mittels des durchlochtes Zwischenstückes Z. Der Druckölregulator umfasst im wesentlichen dieselben Bestandteile, wie andere Konstruktionen gleicher Art; der Servomotor besitzt Differentialkolben; der Arbeitsraum des kleinen Kolbens ist mit einem Windkessel verbunden, in den die Ölpumpe fördert und der mit dem Arbeitsraum des kleinen Kolbens im Ablenker-Servomotor direkt und mit den Arbeitsräumen der grössern Kolben durch das Regulierventil und entsprechende Rohrleitungen in Verbindung steht bzw. gebracht werden kann. Als Ölpumpe dient ein Zahnradkapselwerk. Die Hülse des Fliehkraftreglers hat Federbelastung, die Gelenke sind in Schneiden gelagert (siehe Abbildung 78).

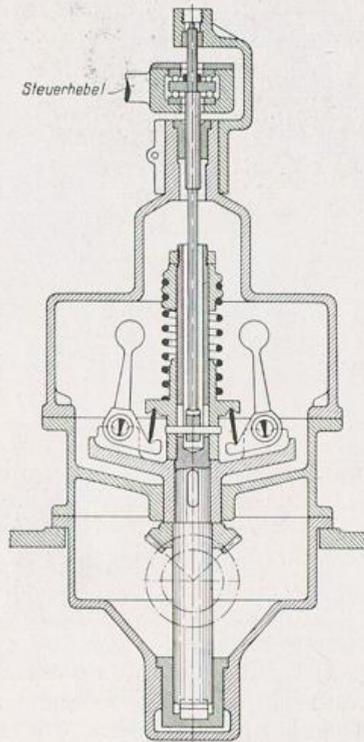


Abb. 78. Fliehkraftregler.

Der Arbeitsraum des Servomotors mit dem Ablauf in Verbindung steht; es wird hierdurch die Erhaltung der Ruhelage des Ablenkers gesichert, da am Servomotorkolben Ueberdruck an der oberen Kolbenfläche besteht.

Am Schema Abbildung 77 kann nun der Reguliervorgang bei Entlastung wie folgt geschildert werden:

Die Nadel ist ganz zurückgezogen, sodass der Strahl in grösster Stärke austritt; der Ablenker ist ganz ausgeschwenkt, dessen Kante σ liegt nahe am Strahl. Bei plötzlicher z. B. voller Entlastung wird das Regulierventil gehoben, wodurch beide Servomotoren gesteuert werden, derjenige des Ablenkers für rasche Bewegung, sodass σ nach σ' gelangt, derjenige der Nadel für langsame Schliessbewegung. Mit der raschen Ablenkerbewegung kommt a rasch nach a' ; da b noch nahezu am Platze bleibt, kommt R , d. i. der Punkt der Schwingung ab , von dem die Bewegung des Rückführungsgestänges ausgeht, nach R' . Es findet also bereits eine geringe Rückführung des Ventiles statt, die noch fortgesetzt wird durch die einsetzende

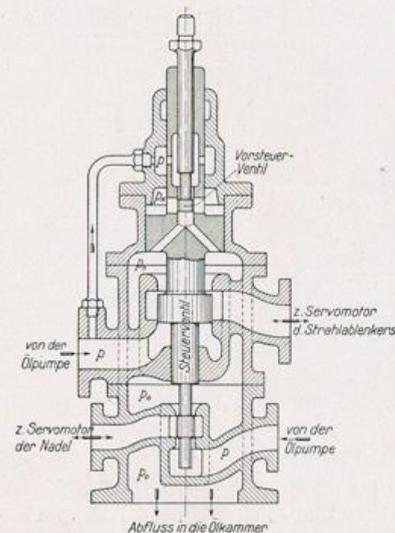


Abb. 79. Regulierventil (Schema).

Schliessbewegung der Nadel, wobei b gegen b'' gelangt. Infolge der Dimensionierung des Verteilungskolbens für den Ablenker-Servomotor wird die Druckverteilung in diesem Servo-

motor wieder auf langsames Ausschwenken von σ' nach σ eingestellt, sodass, wenn b nach b'' gekommen ist, R die Lage R'' annimmt, wobei dann die Rückführung des Ventiles erfolgt ist, wenn gleichzeitig die Hülse des Reglers in der Leerlage steht. Die Bewegungen gehen natürlich in stetiger Aufeinanderfolge vor sich; die zweckentsprechende Aufeinanderfolge der Bewegungen und deren Geschwindigkeit ist durch die oben hervorgehobene Stellung des Verteilungskolbens für den Ablenker-Servomotor und durch richtige Einstellung der Länge der Schubstange aC ermöglicht.

Da in Beharrungszuständen der Ablenker immer vollkommen ausgelenkt, d. h. dessen Kante immer in der Lage σ

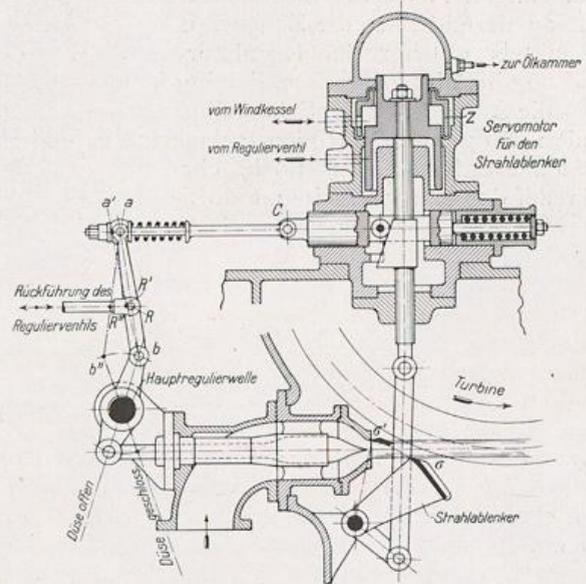


Abb. 77. Servomotor für den Strahlablenker u. Rückführungsmechanismus.

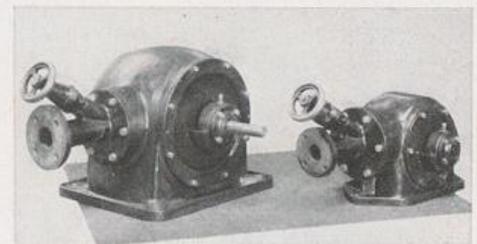
ist, so wird bei Reguliervorgängen infolge eintretender Belastungen eine Bewegung des Ablenkers nicht eingeleitet; es tritt nur Nadelbewegung mit gewöhnlicher Rückführung ein. Die Ablenkfläche des Ablenkers ist durch eine austauschbare Platte (bei σ geschärft) aus Werkzeugstahl gebildet.

Die Anordnung der Kombination ist der Firma durch die schweiz. Patente Nr. 58752 und 62073, sowie durch französische, deutsche und italienische Patente geschützt. Der Druckölregulator entspricht mit Ausnahme des geschilderten Regulierventils der Normalkonstruktion der Firma, über die weiter unten berichtet wird.

Pelton-turbinen für die Kleinindustrie.

Abbildung 80 zeigt die beiden ausgestellten Modelle, von denen das kleinere 150, das grössere 225 mm theoretischen Laufraddurchmesser besitzt. Schaufelung, Düse

Abb. 80.
Pelton-Kleinturbinen
der Firma
A.-G. vorm.
J. J. Rieter & Cie.
in Winterthur.



und Nadel sind bei diesen Kleinmotoren gleich durchgebildet wie bei den grossen Turbinen dieses Systems. Die Wellen laufen in Kugellagern. Genaue Versuche der Firma haben gezeigt, dass der Wirkungsgrad dieser wassersparenden Kleinmotoren zwischen $\frac{2}{4}$ und $\frac{1}{4}$ Beaufschlagung nicht unter 75 % sinkt.

Die Regulatoren.

Die normalen Rieter'schen Drucköl-Regulatoren werden bis jetzt in sechs Grössen serienweise fabriziert. Grösse I ist für eine maximale Regulierarbeit von 50 mkg, Grösse VI für eine solche von 2000 mkg konstruiert. Ausgestellt waren die Grössen I—IV.

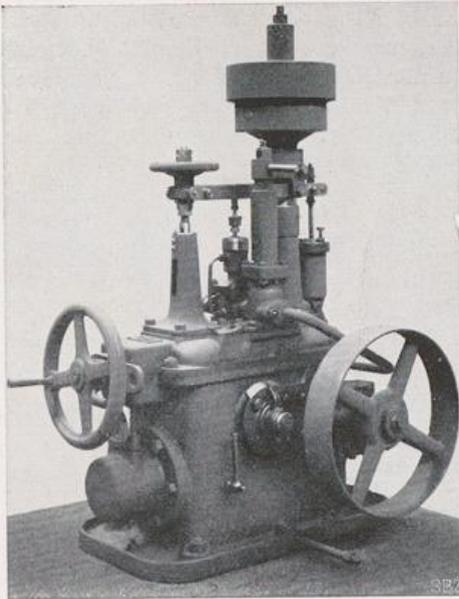


Abb. 81. Drucköl-Regulator. Grösse I.

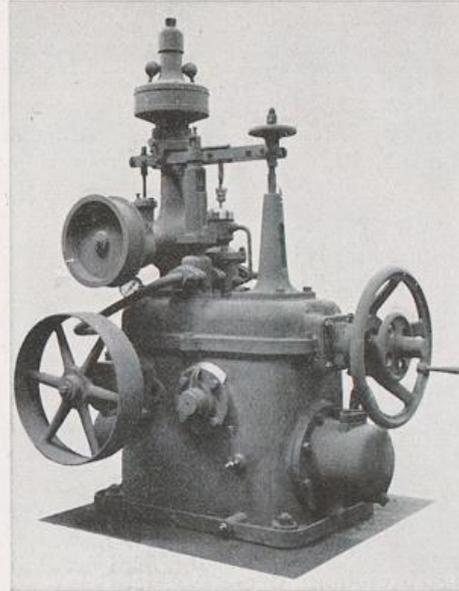


Abb. 82. Drucköl-Regulator. Grösse II.

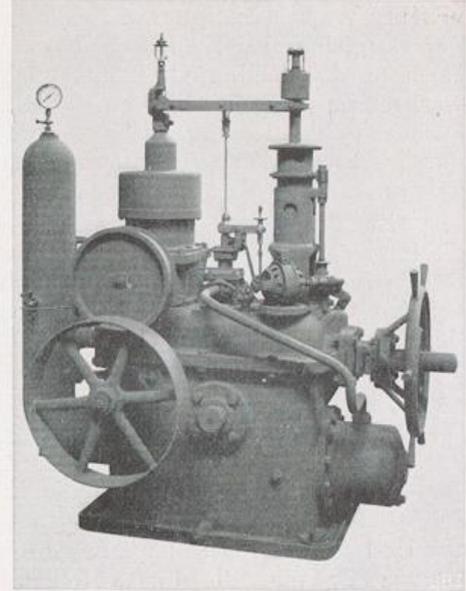


Abb. 86. Drucköl-Regulator. Grösse IV.

Die Abbildungen 81 und 82 zeigen in Ansicht die Grössen I und II. Die Abbildung 83 zeigt den Handregulierungs-Antrieb für die grössten Nummern, die Abbildung 84 das Detail für die Ein- und Ausrückung der zweiteiligen Mutter *M* bei Handbetrieb bzw. automatischem Betrieb der Regulierung. Aus letzterer erkennt man, dass bei eingerückter Mutter diese mittels des Handrades *H* verdreht und hiermit die Spindel *S* ein- oder ausgezogen werden kann, während sie bei ausgerückter Mutter unbehindert die ihr bei automatischer Regulierung vom Servomotor aufgezwungene Bewegung annehmen kann.

Ueber die Konstruktion der Regulatoren berichtet die Firma folgendes: Die grössern Serien und Spezialmodelle sind mit doppelwirkendem Servomotor versehen, die ausgestellten Normalregulatoren mit Differentialkolben-Servomotor. Der Oelkasten, der als Stativ für alle Regulatorbestandteile dient, trägt diese letztern in der Hauptsache äusserlich an- und aufmontiert. Diese übersichtliche äussere Anordnung gestattet eine leichte Verständlichkeit der Funktionen der verschiedenen Organe, erleichtert die Her-

Regulators gestattet. Das entlastete, einfache, direkt vom Regulatorhebel bediente Steuerventil gestattet bei Bewegung von der Mittellage nach oben Ueberströmen der Druckflüssigkeit von der Pumpe durch den kleinen Zylinder über das Steuerventil in den grossen Arbeitszylinder und bewirkt dadurch die Veränderung der Kolbenstellung und des Reguliergestänges in schliessendem Sinne. Der tiefliegende Kolben überträgt seine Bewegung mittels Kreuzzapfenschleifgelenk und Hebel auf die über dem Servomotor liegende horizontale Regulierwelle, deren Ausschlag rund 53° beträgt. Die Spindelaxe der Handregulierung liegt über der Regulierwelle in der Vertikalebene der Servomotorzylinderaxe. Die horizontale Regulierwelle steht senkrecht auf dieser Ebene. Der Doppelhebel des Regulierwellenangriffes bringt mit seinem obern Ende die Stellung der Handregulierspindel in Abhängigkeit von der Arbeitskolbenbewegung (bis hierher kann die Einrichtung auch am nachfolgenden Schema Abb. 87 (S. 40) verfolgt werden) und bewegt gleichzeitig einen horizontalgeführten Schlitten mit schräger Bahn, auf die sich die Rolle der starren Rückführspindel mittels Federdruck stützt. Das Regulierventil (siehe Abbildung 85) sitzt in der Mitte zwischen Rückführspindel und Zentrifugalregleraxe.

Im Betrieb folgt die bis zum Anschlag des Stellringes an der Mutter zurückgeschobene Regulierspindel mit dem Handrad den Bewegungen des Servomotorkolbens in entgegengesetztem Sinne. Durch axiale Festlegung der Handregulierspindel mittels Querriegel, oszillierendem Führungsstück und durch Auslösen des Sicherheitsventiles (Griffdrehung desselben) kann der durch letztere Operation drucklos gewordene Regulator und damit der Turbinenleitapparat von Hand geöffnet und geschlossen werden.

Die Regulatoren II, III und IV, die normal im Prinzip gleich ausgeführt werden wie Nr. I, zeigen folgende Abweichungen von diesem letztern: 1. Die Antriebe von Pumpe und Zentrifugalregler sind getrennt; jedes dieser Organe besitzt seine eigene Antriebsscheibe (vergl. Abbildung 82). 2. Die Spindel der Handregulierung ist horizontal geführt und wird vom Doppelhebel des Regulierwellenangriffes in

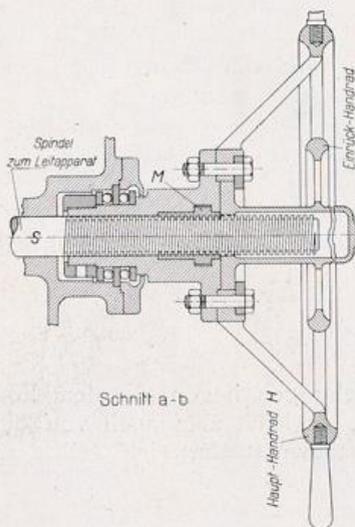


Abb. 83 (links).

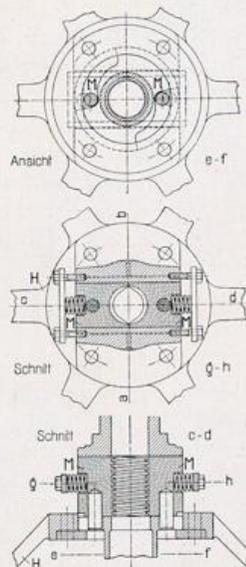


Abb. 84 (rechts).

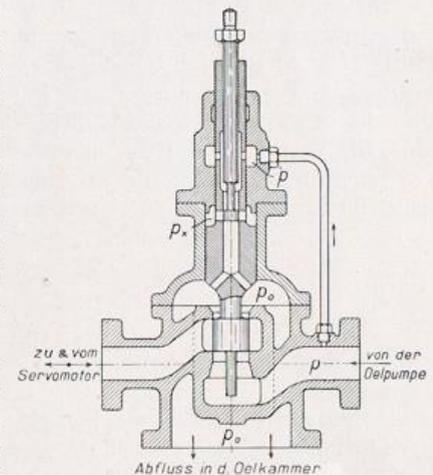


Abb. 85. Regulierventil (Schema).

stellung und ermöglicht infolge Auflösung in kleine Elemente deren leichten Austausch und billigen Ersatz. Beim Regulator Nr. 1 wird der auf Schneiden gelagerte Fliehkraftregler von der Pumpenwelle mit geschnittenen konischen Rädern angetrieben. Die Räderpumpe fördert das Drucköl in den kleinen Servomotorzylinder. Von diesem führt ein Rohr zum Steuerventil. Letzterem vorgeschaltet ist das Sicherheitsventil, das den Rückfluss des überflüssigen Förderöles in den Oelbehälter, sowie auch die Ausserdrucksetzung des

gleicher Weise betätigt, wie dieser vom Servomotorkolben; der Doppelhebel ist längs und quer symmetrisch und die Büchsen der beiden Dreh- und Schleifgelenke sind auswechselbar. Regulierspindelaxe und Arbeitskolbenaxe liegen symmetrisch zur Regulierwellenaxe. 3. Die Rückführung erfolgt durch schräge Bahn, die durch einen auf das Spindelauge aufgeschraubten Keil gebildet wird.

Zwecks Verkürzung der Schlusszeit unter das durch die Pumpenförderung bedingte Zeitmass können alle Rieter-Regulatoren mit Windkessel versehen werden. Diese werden bei den Grössen I—IV als Ellenbogenansätze der kleinen Servomotorzylinder und in einem Stück mit diesen ausgeführt. Die Windfüllung geschieht durch ein an der Pumpe angebrachtes verstellbares Schnarchventil und die Windfüllung wird im Windkessel durch eine an diesem angebrachte Abblasvorrichtung automatisch begrenzt.

Von besonderem Interesse ist das in der Abbildung 86 dargestellte Modell Nr. IV in der ausgestellten Ausführung als Isodromregler. Unter Hinweis auf das Schema Abbildung 87 gibt die Firma folgende Beschreibung der Wirkungsweise:

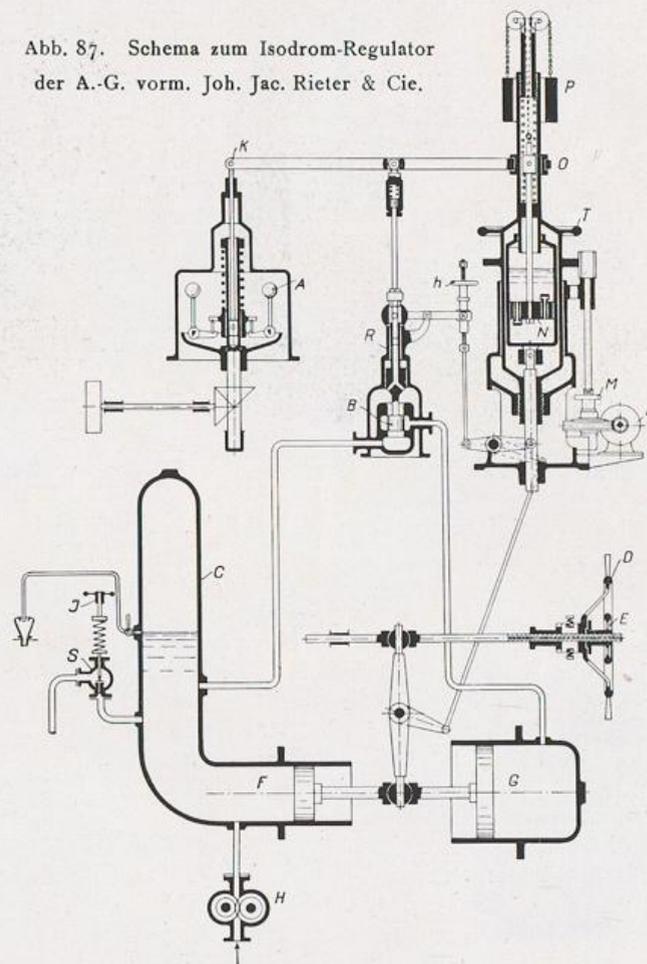
Die Räderpumpe *H* fördert Drucköl wie bei den Normalregulatoren entweder in den kleinen Zylinder *F* oder in den mit diesem verbundenen Windkessel *C*. Als Windkesselgarnituren sind vorhanden ein Manometer, das Sicherheitsventil *S* mit Ein- und Auslösung *J* und die vorstehend angeführte Abblasvorrichtung zur Begrenzung des Luftvolumens. Bei Regulatoren ohne Windkessel wird, wie schon angedeutet, das Sicherheitsventil dem Steuerventil vorgeschaltet. Unter dem Einfluss des Zentrifugalreglers *A* steht durch die Reglermuffe *K* und den Pendelhebel das in diesem Falle vorgesteuerte Regulierventil *B*, das Drucköl aus dem Windkessel *C* erhält und dessen Gehäuse mit dem grossen Zylinder *G* sowie mit dem Oelkasten in Verbindung steht. Zylinder, Regulierwelle und Handregulierung entsprechen der bereits beschriebenen Normalausführung. Die Rückführung ist an die Regulierwelle mittels Hebel und Schubstange angeschlossen. Durch Schliessbewegung des Servomotorkolbens wird durch das Rückführungsgestänge der Oelkatarakt mit dem Kolben *N* nach unten geschoben. Dieser Bewegung folgt die mit der Kataraktkolbenstange verbundene Muffe *O* des Pendelhebels. Diese steht oben und unten unter dem Druck von zwei Federn, deren äussere Enden in den Rohrfortsatz des feststehenden Gehäuses *T* festgehalten werden. Infolge der Wirkung des Oelkataraktes arbeitet also die Rückführung bei rascher Kolbenbewegung im ersten Momente starr. Der Hub der Muffe *O* wird aber durch den Federdruck und den diesem bremsend entgegenwirkenden Widerstand des Kataraktkolbens in kurzer Zeit auf Null reduziert, infolgedessen wird auch die Regulatormuffe *K* ebenfalls wieder in die Stellung vor Beginn des Regulierprozesses zurückkehren, durch welche Bewegungen das Ventil in der Mittellage verbleibt.

Diese Spezialberichte dürften die Gültigkeit der Schlusssätze in den beiden Kapiteln des Vorberichtes wohl durchaus bestätigen. Es sei hier noch beigefügt, dass die von jeher geübte offene Freigebigkeit, mit der die Schweizerischen Turbinenbauer ihre Errungenschaften der literarischen Veröffentlichung zugänglich machen, wohl besonders hervorzuheben ist. Sie gibt Zeugnis von der Wertschätzung,

Zürich, im November 1914.

Die Umdrehungszahl ist also vor dem Regulierprozess die gleiche, wie nach demselben, sofern der Hohlkörper *T* in seiner Höhenlage unterdessen nicht verstellt worden ist. Die Veränderung der Höhenlage dieses Hohlkörpers *T*, entweder durch Drehung am Griffkranz, oder durch den

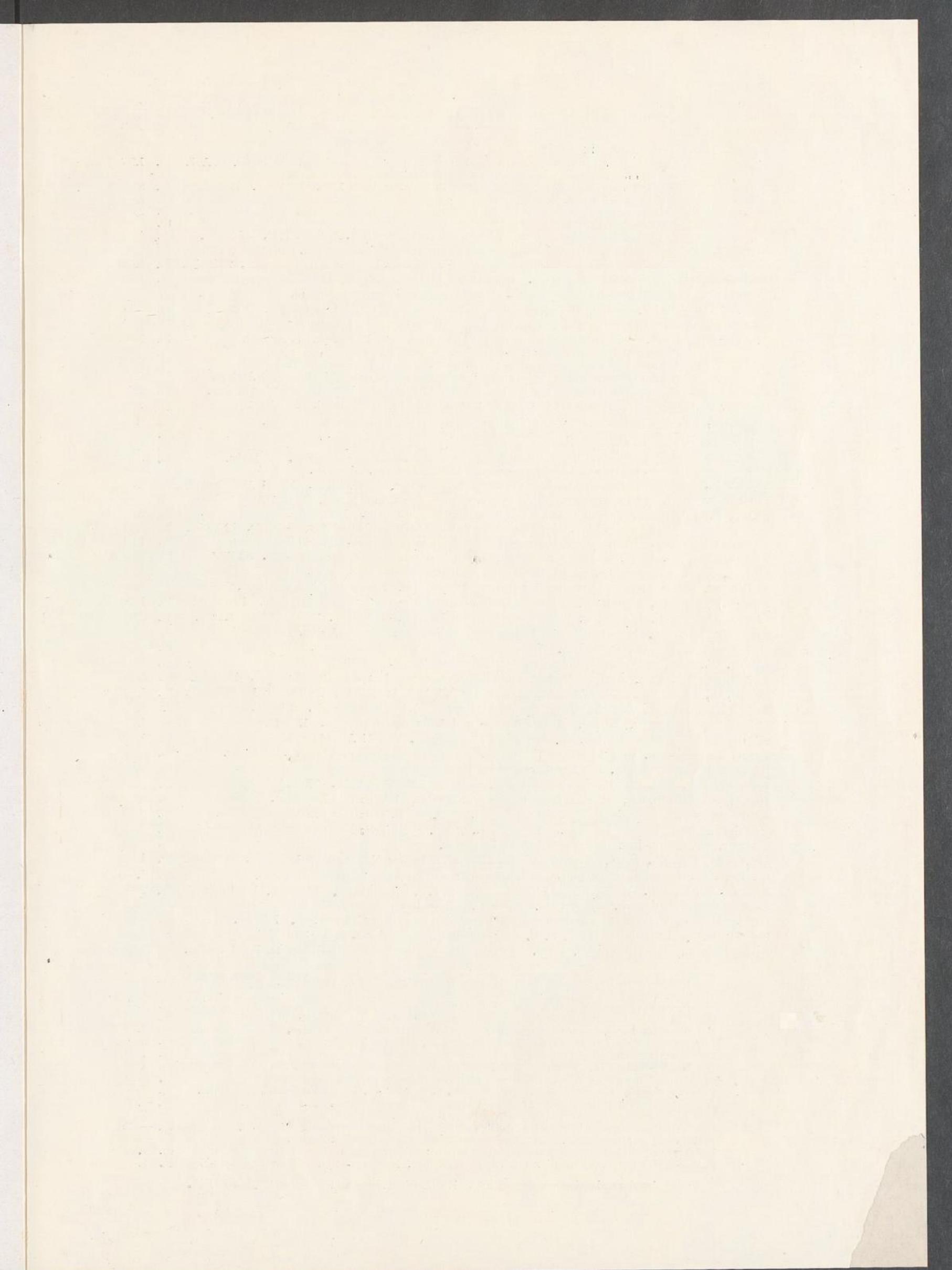
Abb. 87. Schema zum Isodrom-Regulator der A.-G. vorm. Joh. Jac. Rieter & Cie.



Elektromotor *L* mit Schnecke, Schneckenrad und Stirngetriebe, erlaubt die Veränderung der Tourenzahl während des Ganges. Der Antrieb dieses Elektromotors kann durch die Friktionsvorrichtung *M* ein- und ausgerückt werden. Zwecks Begrenzung der Turbinenöffnung und um ein rasches Abstellen der vom Regulator zu bedienenden Turbine zu ermöglichen, ist mit der Rückführung eine verstellbare Blockiervorrichtung *h* verbunden, mit der das Steuerventil dem Einfluss des Zentrifugalreglers entzogen werden kann. Was den Oelkatarakt der elastischen Rückführung anbelangt, so hat sich in der Praxis der Ausgleich der auf den Federn ruhenden Gewichtsbelastung auf *O* durch ein über Rollen geführtes Gegengewicht *P* als sehr vorteilhaft erwiesen.

die die Firmen für alle Bestrebungen hegen, die dem Fortschritt dienlich sein können, zugleich aber auch von dem durchaus berechtigten Selbstbewusstsein, sich selbst auf der Bahn des Fortschrittes zu bewegen.

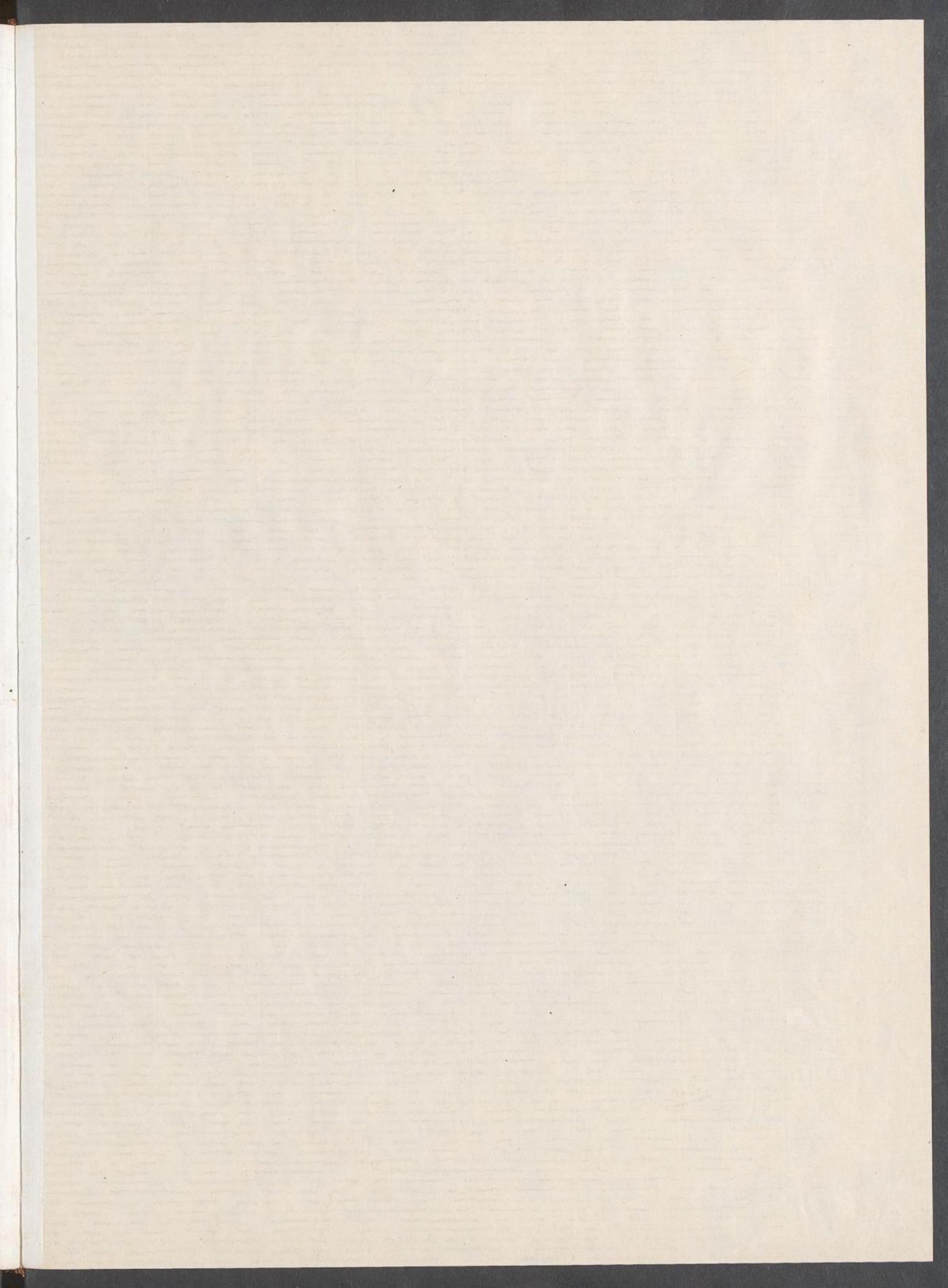
Der Redaktion der „Schweizerischen Bauzeitung“ sei für die Aufnahme des Artikels und die sorgfältige Ausarbeitung der Abbildungen hiermit bestens gedankt.



Sonderabzüge aus der Schweizerischen Bauzeitung.

Prásil, Dr. F. , Professor in Zürich.		
Zur Geometrie der konformen Abbildungen von Schaufelrissen. 16 Bilder, II. Aufl.	Fr.	1.25
Ueber Flüssigkeitsbewegungen in Rotationshöhlräumen. Mit 16 Textbildern.	Fr.	1.—
Die Turbinen und deren Regulatoren S. L. A. in Genf 1896. Mit 38 B. II. Auflage.	Fr.	2.—
Die Turbinen nebst Regulatoren in Paris 1900. 79 Bilder. II. Auflage.	Fr.	3.—
Vergleichende Untersuchungen an Reaktions-Niederdruckturbinen. Mit 38 Textbildern.	Fr.	2.50
Wasserschlossprobleme. Mit 13 Textbildern.	Fr.	1.50
Die Wasserturbinen und deren Regulatoren an der S. L. A. Bern 1914. 87 Bilder.	Fr.	4.—
Stodola, Dr. Aurel , Prof. Die Dampfmaschinen an der Schweiz. Landesausst. Genf 1896. 18 Bilder.	Fr.	1.—
Dampfturbinen und Turbogebälse an der Schweiz. Landesausstellung 1914. 23 Bilder.	Fr.	1.20
Ritter, Dr. W. , Professor in Zürich. Die Bauweise Hennebique. Mit 12 Textbildern. III. Auflage.	Fr.	1.70
Weiss, A. , Das Gaswerk der Stadt Zürich. Entwicklung und weiterer Ausbau. Mit 28 Abbild.	Fr.	2.—
Schüle, F. , Prof. Résistance et Déformations du Béton armé sollicité à la Flexion. 9 Bilder.	Fr.	—60
Rosenmund, M. Ueber die Absteckung des Simplontunnels. Mit 11 Textbildern. II. Auflage.	Fr.	1.20
Mörsch, E. , Prof., Zürich. Die Isarbrücke bei Grünwald. Mit 19 Bildern. II. Auflage.	Fr.	1.—
Schub- und Scherfestigkeit des Betons. Mit 19 Textbildern.	Fr.	—50
Berechnung von eingespannten Gewölben. Mit 16 Textbildern. II. Auflage.	Fr.	1.—
Gmündertobel-Brücke bei Teufen im Kanton Appenzell. (33 Bilder.) II. Auflage.	Fr.	2.80
Pressel, Dr. K. , Die Bauarbeiten am Simplontunnel. Mit 1 Karte, 1 Tafel und 64 Textbildern.	Fr.	2.50
Custer, W. , Ingenieur. Kanalüberdeckung und Markthalle in Mülhausen i. E. 27 Bilder.	Fr.	1.20
Kummer, Dr. W. , Triebmotoren und Triebwerke elektrischer Eisenbahnfahrzeuge.	Fr.	1.—
Seebach-Wettingen, Techn. u. wirtschaftl. Ergebnisse der elektr. Traktionsversuche.	Fr.	—50
Die elektrische Bahn Biasca-Acquarossa. Mit 20 Bildern.	Fr.	1.—
Der Kraftbedarf der Gotthardbahn bei deren elektrischen Betrieb. 6 Bilder.	Fr.	—80
Bekämpfung von Ueberspannung in Elektr. Anlagen. 4 Bilder.	Fr.	—50
Hottinger, Max. Ingenieur. Das Elektrizitätswerk Burglauenen der Jungfraubahn. Mit 31 Abbildungen.	Fr.	1.—
Saluz, P. , Oberingenieur in Chur. Die Bahnlinie Davos-Filisur. Mit 38 Abbildungen.	Fr.	2.—
Die neuen Linien der Rhätischen Bahn Ilanz-Disentis und Bevers-Schuls. 12 Bilder.	Fr.	—80
Zehnder-Spoerry, R. , Die elektrische Zahnradbahn Montreux-Glion. Mit 43 Textbildern.	Fr.	1.80
Narutowicz, G. , Prof., Zürich. Elektrizitätswerk Andelsbuch im Bregenzer Wald. 52 Bilder.	Fr.	2.—
Geiser, H. , Erweiterungsbauten des Elektrizitätswerks der Stadt Schaffhausen. Mit 56 Textbildern.	Fr.	2.—
Zollinger, Dr. A. , techn. Direktor der Berner-Alpenbahn. Bern-Lötschberg-Simplon. 28 Bilder.	Fr.	1.—
Morgenthaler, H. , Ingenieur. Die elektrischen Lokomotiven der Wengernalpbahn. 19 Bilder.	Fr.	1.—
Ehrensperger, J. , Ingenieur. Elektrizitätswerk am Lötsch. 116 Bilder, 2 Doppeltafeln. II. Aufl.	Fr.	3.60
Stix, Dr., O. , Ing. Die elektrischen Fahrzeuge der Vollbahn Spiez-Frutigen. 28 Bilder.	Fr.	1.50
Huldschiner, Dr. G. , Ingenieur. Die elektrische Bahn Martigny-Orsières. Mit 29 Bildern.	Fr.	—80
Luder, W. , Ing., Solothurn. Vom Bau der Weissensteinbahn. 33 Bilder.	Fr.	1.20
Zuppinger W. , Ing., Zürich. Versuche und Erfahrungen aus dem Wasserturbinenbau. 42 Bilder.	Fr.	1.50
Büchi, J. , Ingenieur. Die Wasserkraftanlage der A. I. A. G. in Chippis. 26 Bilder u. 1 Doppeltafel.	Fr.	1.60
Bäschlin, F. , Prof., Zürich. Ueber die Absteckung des Lötschbergtunnels. 9 Bilder.	Fr.	1.—
Huber, J. , Ingenieur, Zürich. Automat. Stau- und Abflussvorrichtungen. 17 Bilder.	Fr.	1.—
Klein, R. , Neuerungen im Dampfkessel- und Feuerungsbau. Mit 44 Abbildungen.	Fr.	1.40
Dubs, R. , Dipl.-Ing. und Utard, A. , Dr. Ing. Hydraulische Druckregulatoren. 19 Bilder.	Fr.	—80
Bosshard, E. , Ingenieur. Die Berninabahn mit 58 Bildern.	Fr.	2.50
Herzog, Ad. Bietschtal-Viadukt auf der Südrampe der Lötschbergbahn. 22 Bilder.	Fr.	—80
Hunziker-Habich, G. , Wasserkraftanlage Augst-Wyhlen. I. Teil: Das Stauwehr.	Fr.	2.—
Albrecht, O. , " " " " II. Teil: Das Kraftwerk Wyhlen.	Fr.	2.40
Bosshardt, O. , " " " " III. Teil: Das Kraftwerk Augst-Basel	Fr.	3.—
Locher, Fr. , Dipl.-Ing. Die Walchebrücke in Zürich.	Fr.	—80
Meissner, Dr., E. , Prof., Zürich. Graph. Integration totaler Differentialgleichungen. 18 Bilder.	Fr.	1.—
Greiner, L. , Ingenieur. Heizung und Lüftung der Nationalbank in Bern. 12 Bilder.	Fr.	1.—
Thormann, L. , Ing. Die elektrische Traktion der B. L. S. (Lötschberg). 42 Bilder, 1 Doppeltafel.	Fr.	2.—
Ostertag, P. , Professor. Neuerungen im Bau grosser Dieselmotoren. 15 Bilder.	Fr.	—80
Ritter, Dr. M. , Berechnung elastisch eingespannter kontinuierlicher Balken usw. 7 Bilder.	Fr.	—80
Gaudy, H. A. , Ingenieur der S. B. B. Dynamometerwagen der S. B. B. 39 Bilder.	Fr.	2.—
Rothpletz, F. , Oberingenieur, Bern. Ausbau der Druckpartie im Simplontunnel II. 45 Bilder.	Fr.	1.50
Die Rheinkorrektion und der Diepoldsauer Durchstich. Mit 40 Textbildern.	Fr.	1.—
Wetterhornaufzug I. Sektion. Mit 16 Textbildern.	Fr.	1.20
Die Monthey-Champéry-Bahn. Mit 28 Textbildern.	Fr.	1.—
Die Eisenbetonkonstruktionen des Stadttheaters in Basel. Mit 19 Textbildern.	Fr.	—60
Die Wasserkraftanlage Ackersand der „A.-G. Elektrizitätswerk Lonza“. Mit 28 Bildern.	Fr.	1.20
Der Sitterviadukt der Bodensee-Toggenburgbahn. Mit 64 Abbildungen.	Fr.	2.50
Das Wasserkraftwerk Adamello. 34 Bilder.	Fr.	1.60
Die Niesen-Bahn. Mit 36 Abbildungen.	Fr.	1.60
Bernische Kraftwerke A.-G. III. Elektrizitätswerk Kandergrund. 31 Bilder.	Fr.	1.20
Fabrikneubau in Dottikon der Schuhfabrik C. F. Bally A.-G. in Schönenwerd. 35 Bilder.	Fr.	1.—
Auszug aus dem Gutachten über die Regulierung des Bodensees. Mit 5 Bildern.	Fr.	—50
Das Elektrizitätswerk Arniberg bei Amsteg. 61 Bilder.	Fr.	2.—
Die Rheinhafenanlage in Basel und die Schifffahrt auf dem Oberrhein. 13 Bilder.	Fr.	—50
Einführung der linksufrigen Zürichseebahn in den Hauptbahnhof Zürich. 12 Bilder.	Fr.	—50
Hetzersche Holzbauweise. Lokomotivremise Bern; Bruchversuche. 16 Bilder.	Fr.	—80
Palace-Hotel Bellevue, Bern, seine Eisenbetonkonstr., Heizungs- und Lüftungsanlagen. 46 B.	Fr.	2.—

Verlag der Schweizerischen Bauzeitung. Kommissionsverlag von Rascher & Cie., Zürich.



Verzeichnis der in der Kaiserlichen Bibliothek vorhandenen Werke

1. Die Geschichte der Kaiserlichen Bibliothek von 1773 bis 1806
2. Die Geschichte der Kaiserlichen Bibliothek von 1806 bis 1848
3. Die Geschichte der Kaiserlichen Bibliothek von 1848 bis 1871
4. Die Geschichte der Kaiserlichen Bibliothek von 1871 bis 1918
5. Die Geschichte der Kaiserlichen Bibliothek von 1918 bis 1945
6. Die Geschichte der Kaiserlichen Bibliothek von 1945 bis 1989
7. Die Geschichte der Kaiserlichen Bibliothek von 1989 bis heute

Die Kaiserliche Bibliothek ist eine der größten Bibliotheken der Welt. Sie besitzt eine enorme Sammlung von Büchern, Manuskripten und anderen Dokumenten. Die Bibliothek ist ein wichtiges kulturelles Erbe und ein Zentrum für die Forschung und den Bildungsaustausch.

