

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 63/64 (1914)
Heft: 24

Artikel: Die Wasserturbinen und deren Regulatoren an der Schweiz.
Landesausstellung Bern 1914
Autor: Prášil, Franz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-31570>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Die Wasserturbinen und deren Regulatoren an der Schweizerischen Landesausstellung in Bern 1914. — Die Werkbundarbeit der Zukunft. — Das Atelier Hermann Gattikers in Rüslikon bei Zürich. — Nekrologie: A. Läng, Robert Glutz. — Miscellanea: Elektrische Automobilstrecken mit Oberleitung. Simplon-Tunnel II. Eid-

genössische Technische Hochschule. Hauenstein-Basistunnel. — Literatur: Die Werkbundarbeit der Zukunft. Literarische Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein.

Tafel 43 bis 46: Das Atelier Hermann Gattikers in Rüslikon-Zürich.

Band 64.

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

Nr. 24.

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

Von Prof. Dr. Franz Prásil, Zürich.

Soc. An. des Ateliers Piccard, Pictet & Cie., Genève.

Die Peltonturbine 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 Abb. 2 (S. 126) ersichtlich (rechts neben der Firmatafel). Die Seitenansicht Abbildung 22 zeigt die Disposition der Düsen und deren Zuleitung, sowie der Regulierung, die Verteilung der Schau-

feln am Rad, das Gehäuse mit Fundamentrahmen und die Armierung für die Wasserabführung in den Schacht und dessen Schutz. Die Schnittfigur Abb. 23 stellt die Befestigung der Schaufeln auf der Nabenscheibe dar, entsprechend der auf Seite 138, rechte Spalte, dritter Absatz gegebenen Beschreibung (meridional-gespaltene, konische Stahlhülse Pat. Nr. 54 207 von Léon Dufour, Direktor der Firma).

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 Strahlablenkung nach den

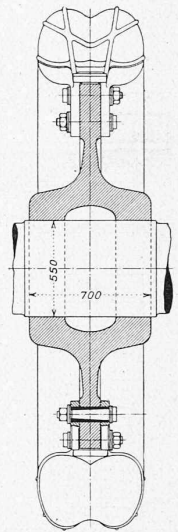


Abb. 23. Schaufelbefestigung. 1 : 40.

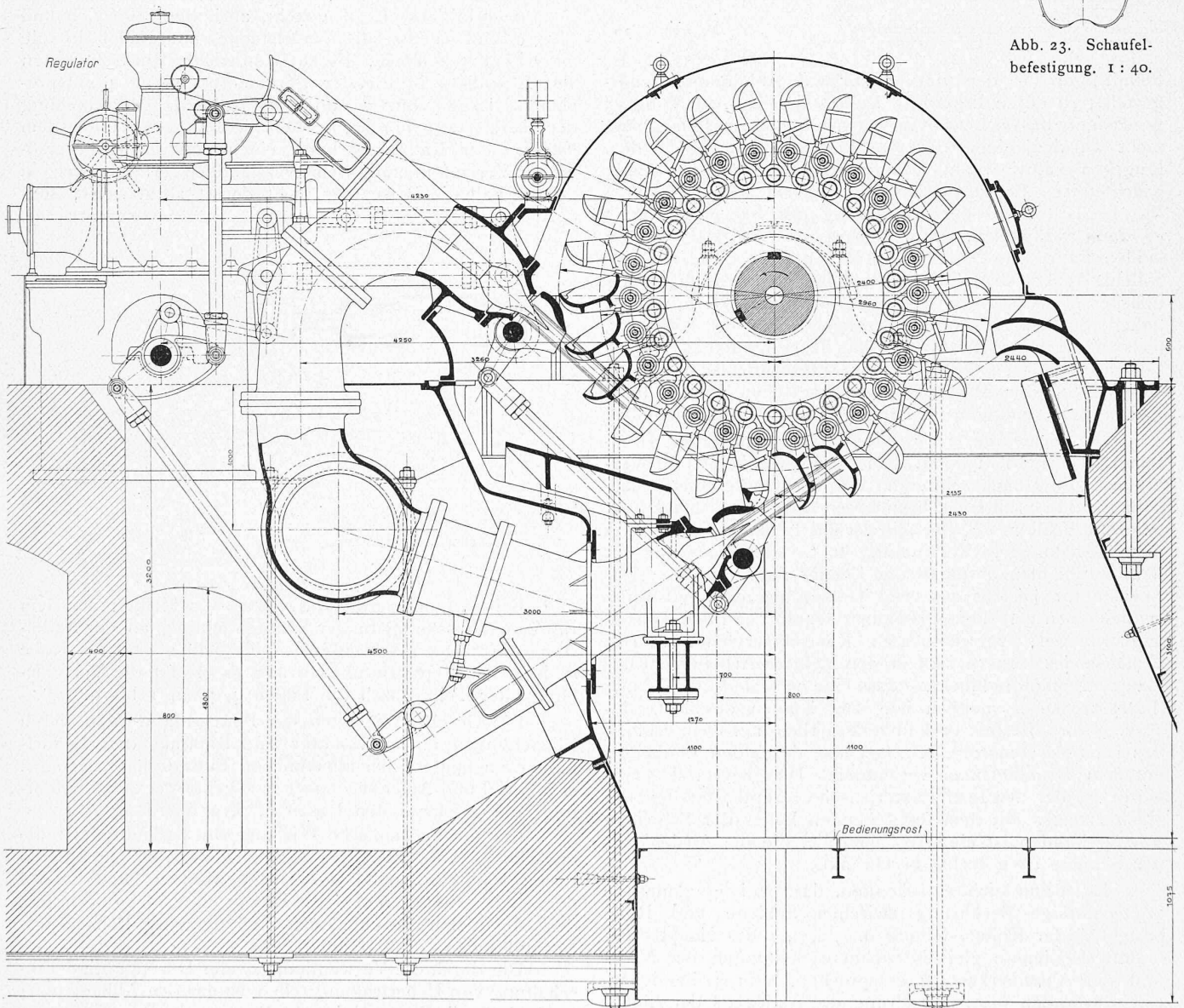


Abb. 22. Zweirädrige Peltonturbine für Saaheim am Rjukanfos, Norwegen. $H = 253\text{ m}$, $n = 250\text{ Uml/min}$, $N = 16\ 400\text{ PS}$. — Masstab 1 : 40.

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 Visp¹⁾ angewendet hat.

Der Mechanismus ist in Gesamtansicht auf Abbildung 22, und in spezieller Zusammenstellung mit besonderer

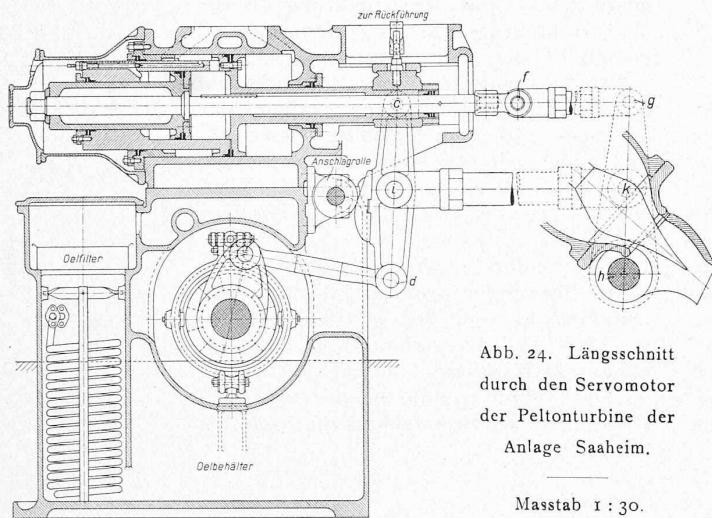


Abb. 24. Längsschnitt durch den Servomotor der Pelton turbine der Anlage Saaheim.

Masstab 1 : 30.

Schnittfigur für den Servomotor auf Abbildung 24 dargestellt; zu deren Erklärung ist das Schema Abbildung 25 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 Vergleichs letztere der Anordnung des Schemas Abb. 9 (S. 206) 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 139 erörtert. Es ist daher für den geplanten Vergleich vorläufig belanglos, dass die Eintrittsrichtung des Ablenkers in den Strahl am 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 Servomotor Kolben 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 Strahlableiter 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 Haupt servomotors hinein, sodass eine achsiale Verschiebung dieses Gehäuses möglich ist. Der Kolben des Katarakt servomotors ist fest und unveränderlich mit dem Kolben des Haupt servomotors, sein Gehäuse durch den Lenker *fg* mit dem Strahlableiter 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 *o*, *1*, *2*, *3*, *4* des Haupt servomotors bestimmte gleichbezeichnete Stellungen der Nadel und der Ablenkerkante σ entsprechen, sodass in Beharrungszuständen die Anforderung des Anliegens der Ablen-

kerkante 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 Strahlableitung 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 *o* einnehmen; bei entsprechender Druckeinstellung im linken Arbeitsraum des Haupt servomotors 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, bzw. 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 Strahlableiter, 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.

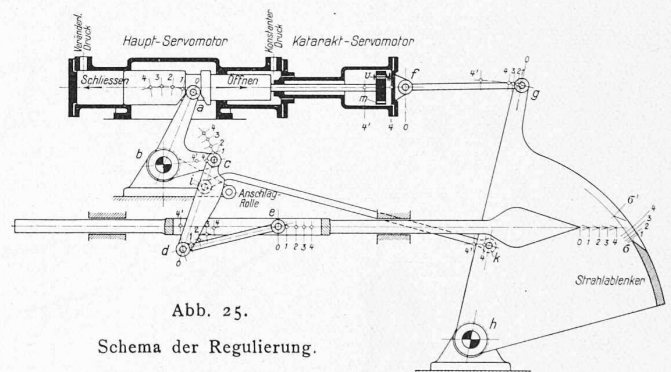


Abb. 25.

Schema der Regulierung.

Bei Oeffnungsbewegung *4* gegen *o* 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 *o*.

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 *o*, *1*, *2* u. s. f.

Für die hydraulische Wirkung von Bedeutung ist die tatsächliche Anordnung des Strahlableiters, dessen Ablenkfläche 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 Abb. 22 u. 24 zu ersehen; die Konstruktion des Reglers, des Regulierventils und der Rückführung wird weiter unten besprochen.

¹⁾ Siehe Schweiz. Bauzeitung, Band LIV (1909), Seite 263 u. ff.

Pelton-turbine der Anlage Fully.

Die Anlage ist von höchstem Interesse, da sie, wie schon auf Seite 126 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 Turbinen mit hohen Anforderungen für die Betriebssicherheit verbunden ist; die Anlage wurde projektiert von Herrn Ing. A. Boucher in Prilly-Lausanne, der auch deren Bau leitet.

Ueber die Wasserfassung und Rohrleitung liegen dem Berichtersteller detaillierte Angaben nicht vor, eine eingehende Beschreibung dürfte jedoch wohl 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 eines besonderen 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 autogene Quernahtschweissung zu einzelnen Rohrstücken vereinigt sind; die Verbindung der einzelnen Rohre erfolgt durch angeschweisste Bunde

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 26 wie im Schema ersichtlich. In diesem Schema zeigen der Schnitt a-b den 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 139 genügend verständlich sein.

Soc. An. des Ateliers Piccard, Pictet & Cie., Genève.

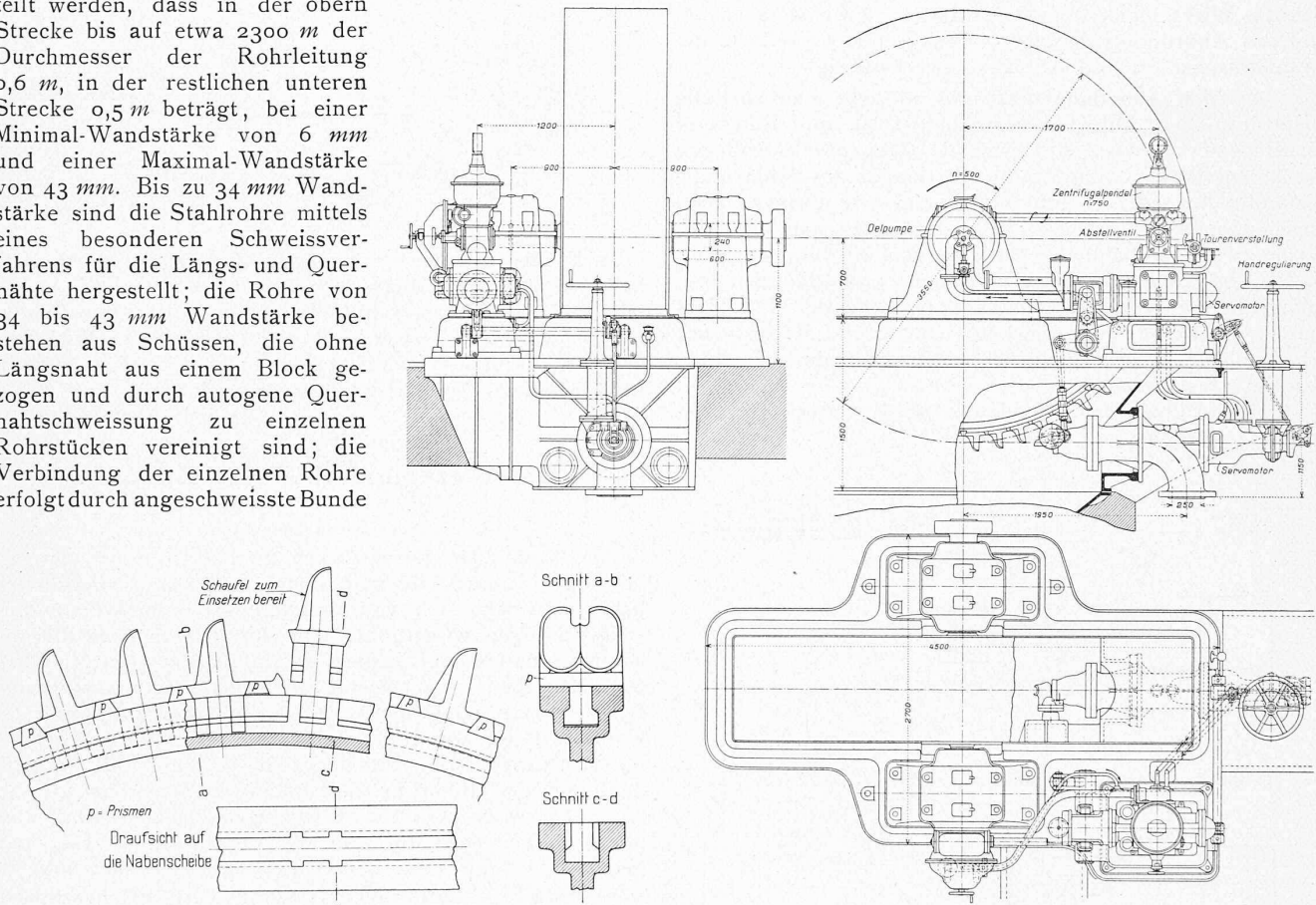
Pelton-Turbine der Anlage Fully, $H = 1650 \text{ m}$, $n = 500 \text{ Uml/min}$, $N = 3000 \text{ PS}$.

Abb. 27. Schema der Schaufelbefestigung.

Abb. 26. Draufsicht und Ansichten. — 1:60.

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 26; in Ansicht ist sie rechts im Gesamtbild (Abbildung 2) auf Seite 126 zu ersehen.

Die Turbine hat ein Laufrad von 3,55 m theoretischem Durchmesser und 54 auf einer Stahlguss-Nabenscheibe nach der auf Seite 139 beschriebenen Methode befestigten Schaufeln aus gepresstem Stahl. Die Schaufelbefestigung ist in Abbildung 27 schematisch dargestellt. Die 54 Schaufeln sind in neun Gruppen zu je sechs Schaufeln verteilt. Die

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 26 den Zusammenhang zwischen dem Regulator und dem Bewegungsmechanismus für die Nadel und den Strahlableiter. Die Firma hat das Schema Abbildung 28 (S. 260) 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 25 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 Schwinge dc zwischen Servomotor und Nadelstange und der im Zustand voller Oeffnung der Düse zu demselben parallelen Schwinge hg zwischen Katarakt-servomotor und Ablenker, 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 Nadelaxen gehenden Seiten parallel bleiben, aber verschiedene Längen erhalten; die durch Axen der Schwingen bestimmten Viereckseiten verlassen hierbei ihre parallele Lage.

Wie aus dem Schema Abbildung 25 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 26 und 28 sieht man auch die Disposition des Ablenkers zwischen Düse und Rad, und es sei bemerkt, dass die Firma das tangentielle Anliegen der Ablenkerfläche an den Strahl in Stellungen des Beharrungszustandes besonders betont und ebenso die übrigen allen diesen Konstruktionen zukommende Eigenschaft, dass bei geringen und allmählichen Entlastungen die Bewegung der Nadel und des Ablenkers eine dem zwangsläufigen Zusammenhänge 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.

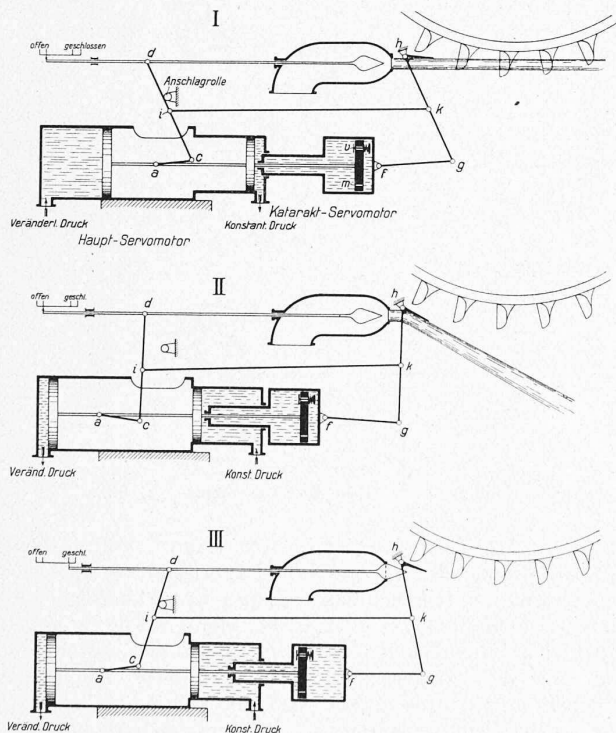


Abb. 28. Schema zur Regulierung der Turbine Fully.

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 29 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 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.

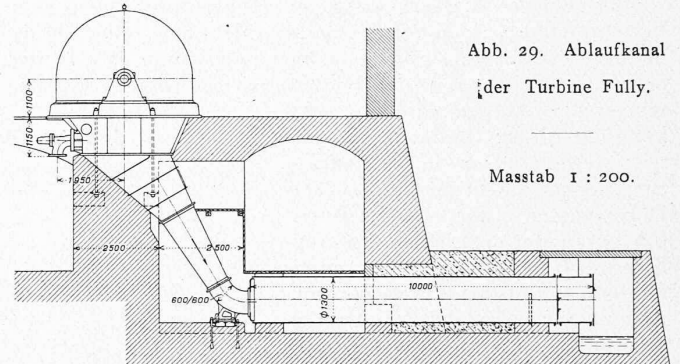


Abb. 29. Ablaufkanal der Turbine Fully.

Masstab 1 : 200.

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.

(Forts. folgt.)

Die Werkbundarbeit der Zukunft.

(Schluss von Seite 250.)

„Wenn ich den Uebergang ins Typische hier als vorhanden hingestellt und seine Vorteile hervorgehoben habe, so möchte ich von vornherein das Missverständnis ausgeschlossen wissen, als läge hierin eine Aufforderung an den schaffenden Künstler, sich möglicher Einförmigkeit zu belleissigen. So verfehlt eine solche Mahnung an und für sich wäre, so wenig könnte sie einschlagen. Denn der Künstler folgt, wenn er ein solcher ist, stets nur seinem innern Drange. Der Künstler geniesst seine volle Freiheit, denn nur aus dieser Freiheit heraus kann er wirken.

Die Architektur ist, wie allgemein anerkannt, diejenige der Künste, die von der Tradition am wenigsten losgelöst werden kann. Und es liegt auch, an und für sich betrachtet, keine Veranlassung vor, sie loszulösen. Es ist nun allerdings ein Unterschied, ob alte Schemata in einer rein zusammenstellenden Tätigkeit verarbeitet werden, oder ob eine Generation mit demjenigen Rüstzeug, das die Verhältnisse der ewig wechselnden Zeiten liefern, in Weiterbildung der Tradition selbständige Werke schafft. Das Zusammenstellen war zu jener Zeit üblich, als Architekt und Kunstgewerbezeichner „in allen Stilen bewandert“ zu sein vorgaben. Wenn nun auch inzwischen eine neue, wirklich lebendige Architekturströmung eingesetzt hat, die wir als eine der besten Errungenschaften der Gegenwart verzeichnen müssen, so haben wir daneben doch auch heute noch eine Biedermeiermode, die sich der Beliebtheit des Publikums, das nun einmal seinen Stilgötzen anbeten muss, willig angepasst. Ja, es läuft neben frischesten schöpferischsten Leistungen in der Architektur, die sich besonders im Industriebau, im Geschäftshausbau und in Verkehrsbauten äussern, heute eine offensichtliche Reaktion her, deren Vertreter alles, was in der modernen Bewegung in den letzten 50 Jahren geleistet ist, als bedauernd und falsch erklären. Selbst mancher, der an dem erfrischenden, aber anstrengenden Ausfluge der neuen Bewegung teilgenommen hat, ist wieder reumütig in die warme Stube der Stile zurückgekehrt und behauptet, dass es doch das