

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 43/44 (1904)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Das Elektrizitätswerk Kubel bei St. Gallen  
**Autor:** Kürsteiner, L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-24724>

### **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>**

Das Augsburger Stadtbad. — Von *Friedrich Steinhäusser*, städtischer Oberbaurat in Augsburg.



Abb. 2. Ansicht des Vordergebäudes mit dem Haupteingang am Schmiedlech.

eigenen Vorbau so angebracht, dass sie nur vom Wartepersonal bedient werden können. Alle Wannen sind mit Brausen für warmes und kaltes Wasser versehen; die Wannenbäder I. Klasse erhielten noch besondere weisse Waschbecken in Fayence. In jeder Zelle ist ein Heizkörper mit Wäschewärmvorrichtung aufgestellt.

Von dem dieser Abteilung zugehörigen Gange, sowie vom Vestibül direkt, durch den teilweise gedeckten Lichthof aus, sind auch die Wannenbadezellen III. Klasse zugänglich, die neben dem Unterbau des Frauenschwimmbassins zwischen dessen Strebepfeilern eingebaut sind und Abteilungs-wände nach System *Monier* erhielten.

Die Ausstattung dieser Bäder ist einfacher; doch sind Wannen und Wandverkleidungen dieselben, wie oben beschrieben, weshalb diese Bäder bei einem Preise von nur 30 Pfg. sehr stark besucht sind. Hier war ursprünglich die Anlage von Brausebädern beabsichtigt, allein es wurde von solchen ganz Umgang genommen, da im betreffenden Stadtteil vor einigen Jahren ein komfortables Brausebad erbaut worden war, das den Bedürfnissen vollkommen gerecht wird und durch den Neubau des Stadtbad es sogar im Besuche beeinträchtigt worden ist. (Schluss folgt.)

### Das Elektrizitätswerk Kubel bei St. Gallen.

Von Ingenieur *L. Kürsteiner* in St. Gallen.

#### V.

*Turbinenanlage.* Rücksichten auf eine möglichst rationelle Ausnützung des Wassers und bestmögliche Anpassung an den Stromkonsum führten vorerst zur Aufstellung von

4 Maschineneinheiten zu je 500 Pferdestärken, die in symmetrischer Anordnung in der Mitte des Maschinensaales (Abb. 36 S. 237) aufgestellt sind. Oben und unten wurde ein geeigneter Platz für je eine weitere Einheit von 1000 P. S. frei gehalten, von denen die eine bereits 1902 aufgestellt wurde, während die andere zu Ende letzten Jahres ebenfalls in Betrieb gekommen ist.

Aus den Abbildungen 33 bis 36 ist die Anordnung der Maschinenanlage zu erkennen. Das 1600 mm weite Verteilungsrohr ist ausserhalb des Gebäudes auf eine Art ausladender Konsolen gelagert und mit 4 Stützen von 600 mm versehen, von denen aus die Zuleitungsrohre zu den Turbinen durch die Umfassungswände des Maschinenhauses durchgehen. Für die beiden grössern Turbinen No. 5 und 6 verzüngt sich das Kaliber der Verteilungsleitung auf 800 mm und geht mittels 90° Bogen in die Turbinen über.

Die Turbinen arbeiten bei gefülltem Weiher mit einem effektiven Druckgefälle von 87 m und mit einem Sauggefälle von etwa 5 m. Das wirksame Gefälle beträgt somit im Maximum 92 m und kann bei sinkendem Weiherstand bis auf 83 m im Minimum herunter gehen.

Die vier kleinern Turbinen (Abb. 37 S. 236) sind doppelte Löffelradturbinen von je 500 P. S. bei 375 Touren, ausgeführt von Escher, Wyss & Cie. Je 2 Löffelräder sitzen auf einer gemeinsamen horizontalen Welle und für jedes der beiden Räder ist eine besondere Ausflussöffnung, Leitöffnung angeordnet. Die Leitöffnung wird durch eine bewegliche Zunge geschlossen oder geöffnet, die zu diesem Zwecke durch eine Verbindungsstange von dem Servomotor des Regulators beeinflusst wird. Dieser Servomotor, der noch näher beschrieben werden soll, öffnet die Zunge

je nach dem Kraftbedarf, sodass bis auf ungefähr die halbe Belastung der Nutzeffekt noch ein guter bleibt, was bei einer solchen Anlage mit Wasserakkumulation von besonderer Wichtigkeit ist.

Der Servomotor, Konstruktion Escher, Wyss & Cie., enthält als wesentlichen Teil einen Piston, der auf der einen Seite unter konstantem Druck, auf der andern, der obern Seite, unter variablem Druck steht. Gleichzeitig steht auch die Regulierzunge des Turbineneinlaufes unter konstantem Druck. Zwischen diesen 3 Druckseiten besteht folgender Zusammenhang:

Wird die obere Seite des Regulierpistons mit dem Saugraum der Turbine durch die entsprechende Kolben-

Dieser Apparat besteht aus einem Differentialpiston, der zugleich als Schieber für die 2 Ausflussöffnungen dient und bei seiner horizontalen Bewegung dieselben öffnet oder schliesst. Die Seite des grössern Pistons steht in Verbindung mit einem Ventil, dessen Ventilstift gegen einen Kataraktzylinder stösst; der Kataraktkolben selbst ist mit dem Gestänge der Zungenregulierpistons durch einen zweiarmigen Hebel verbunden, dessen anderes Ende mit dem Differentialpiston durch ein weiteres Gestänge in Verbindung steht und die Rückführung des Apparates bildet. Schliesst nun z. B. die Turbinenregulierung, so wird durch das Gestänge der Kataraktkolben gehoben, dessen Zylinder infolge des im Inneren entstehenden Vakuums der Bewegung des Kolbens

#### Das Elektrizitätswerk Kubel bei St. Gallen.

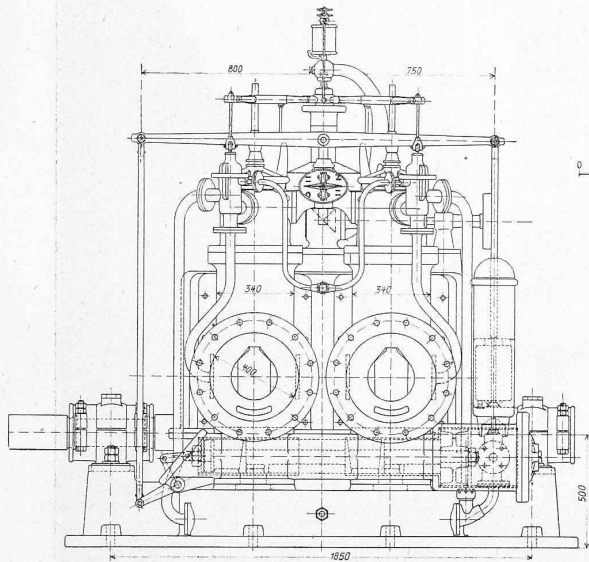
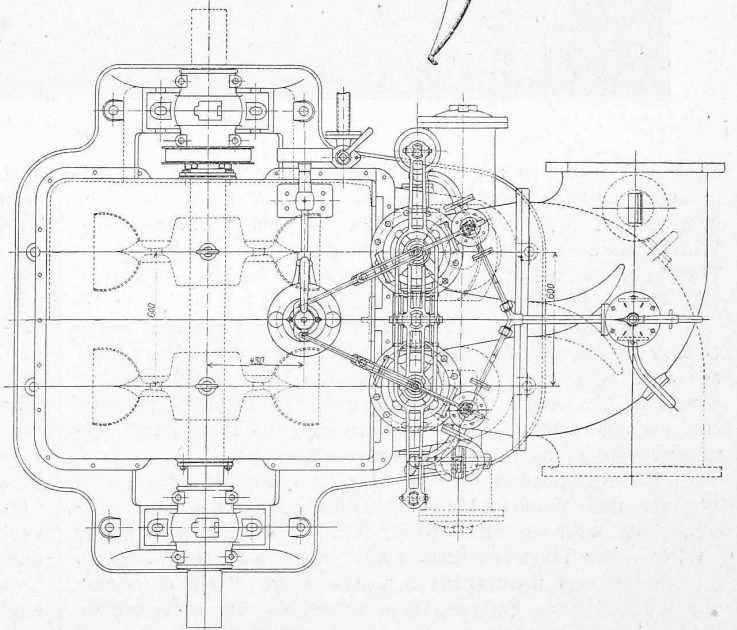
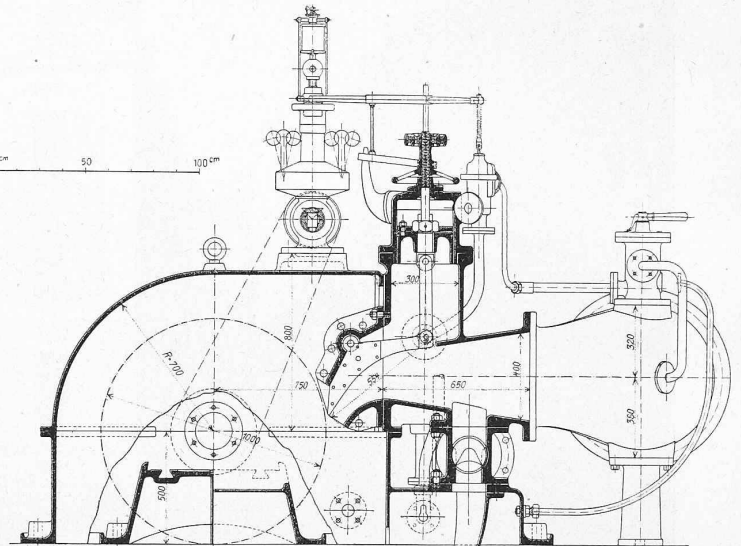


Abb. 37. Die 500 P. S. doppelte Löffelradturbine mit selbsttätiger Regulierung von Escher Wyss & Cie. — 1:30.

stellung im Regulierventil verbunden, so wirkt der Druck von unten auf den Kolben, dessen Fläche so bemessen ist, dass dieser Druck den Gegendruck auf die Zunge zu überwinden im Stande ist; die Zunge wird also geschlossen. Wirkt umgekehrt der Wasserdruk auch auf die obere Seite des Regulierpistons, so heben sich die beiden Drücke auf den Piston nahezu auf und der noch bleibende Druck auf die Regulierzunge öffnet diese. Diese Bewegung wird eingeleitet vom Regulierventil, Patent Escher, Wyss & Cie., das je nach der Stellung des Ventilkolbens die obere Regulierpistonseite mit dem Saug- oder mit dem Druckraum der Turbine verbindet und dazwischen entsprechend den Mittelstellungen der Zunge einen mittlern Druck über dem obern Piston einstellt. Das Regulierventil wird betätigt vom Federregulator; es ist zudem eine sog. Rückführung derart zwischen Regulator und Regulierpiston eingeschaltet, dass bei der Bewegung des letztern das Ventil wieder in seine Mittellage zurückgeführt wird, wodurch schädliche Pendelungen vermieden werden.

Mit diesem Reguliersystem ist noch eine weitere Vorrichtung verbunden, welche namentlich bei Hochdruckanlagen von grossem Vorteil ist. Wenn nämlich der Regulator bei einer plötzlich eintretenden Entlastung rasch schliesst, so kann hiedurch in der Rohrleitung eine schädliche Drucksteigerung eintreten; daher hat der sogen. *Druckregulierapparat*, System Escher, Wyss & Cie., die Bestimmung, durch gleichzeitiges Öffnen einer Nebenöffnung dem Triebwasser hier einen Ausweg zu verschaffen. Derselbe Apparat schliesst aber im nächsten Moment diese Nebenöffnung wieder und verhindert so einen allzu grossen Wasserverlust.



nachfolgt und dadurch das darunter befindliche Ventil entladet, sodass das hinter dem grössern Piston befindliche Druckwasser ins Freie strömt. Der Kolben folgt dieser Bewegung und öffnet dadurch die Leerlauföffnungen. Im gleichen Moment aber bringt die Rückführung des Apparates den Kataraktkolben und damit die Ventilbewegungen zum Stehen, sodass der Piston des Apparates nicht weiter öffnet. Der Kataraktzylinder sinkt allmählich durch sein eigenes Gewicht, schliesst damit das Ventil, sodass das durch eine kleine Oeffnung im grossen Kolben des Druckregulierapparates durchströmende Druckwasser die hintere Seite wieder unter Druck setzt und schliesst.

Der beschriebene, bei Hochdruckanlagen mit Erfolg verwendete Apparat verhindert also schädliche Stöße in der Druckleitung und sichert zugleich im Verein mit der Turbinenregulierung eine ökonomische Ausnutzung des Wassers.

Der örtlichen Verhältnisse halber mussten, wie bereits früher bemerkt, die Turbinen sehr hoch, d. h. 6,25 m über dem niedrigsten Unterwasser aufgestellt werden. Um diese Niveaudifferenz nicht am Gefälle zu verlieren, wurden die Turbinen mit Saugrohren versehen, die in Verbindung stehen mit einem zentral angeordneten Luftzuführungsapparat, dessen Zweck darin besteht, das Wasser im Saugrohr auf eine maximale Höhe steigen zu lassen, sodass die Räder sich noch frei bewegen können. Dieser Luftzuführungsapparat besteht aus einem Schwimmer, der am oberen Ende ein Luftventil trägt und dessen Gehäuse mit einem Ejektor in Verbindung steht, der den Wasserspiegel im Schwimmergehäuse auf ein gewolltes Niveau hebt, also ein bestimmtes Vakuum erzeugt. Der Schwimmer bleibt in dieser Lage, solange in den Saugrohren der Turbinen der Wasserspiegel nicht höher steigt. Hebt sich derselbe in einem der Saugrohre, so steigt infolgedessen auch der Schwimmer, öffnet das Luftventil und die durch dasselbe mit grosser Vehemenz einströmende Luft bringt die Wassersäule im Saugrohr der Turbine zum Sinken. Damit sinkt auch der Schwimmer und die Luftzufuhr hört auf. Diese Vorrichtung wurde mit Vorteil an verschiedenen derartigen Anlagen eingerichtet.

Die Konstruktion der grossen Turbinen von 1000 P. S.

(Abb. 38 und 39 S. 238) weicht bloss im System der Geschwindigkeits-Regulierung von den kleinen Turbinen ab. Während letztere mit der Zungen-Regulierung und je einem Einlauf per Rad ausgerüstet sind, besitzt jedes Rad der grossen Turbinen drei Einläufe, deren Querschnitt durch eine sogenannte Blende reguliert wird. Der Antrieb zur Regulierung dieser Blenden ist ausserhalb des Einlaufrohres gelegt, wodurch es ermöglicht wird, alle sechs Blenden der zwei Räder durch einen einzigen Servomotor mit Differentialkolben zu betätigen.

Die Blenden selbst bieten dem Druckwasser wenig Oberfläche dar und haben deshalb nicht wie die Zungen-Regulierung die Energie zum Selbstöffnen. Infolgedessen ist die Wirkungsweise dieses Differenzialservomotors die folgende:

*Schliessen der Turbine:* Steigt der Regulator, so senkt

sich der Ventilstift. Der oberste Raum im Differential-Zylinder steht, weil das Regulier-Ventil davor angebracht ist, unter variablem Druck, der mittlere Raum aber unter konstantem Druck und der untere Kolben nur unter atmosphärischem Luftdruck. Senkt sich nun der Ventilstift, so kommt der oberste Raum durch das Regulier-Ventil mit der freien Luft in Verbindung, das Wasser weicht und wir haben von unten, d. h. vom mittlern Räume her Ueberdruck, der Kolben steigt also und schliesst die Einläufe.

*Oeffnen der Turbine:*

Dabei sinkt der Feder-Regulator bezw. dessen Hülse; der Ventilstift des Regulierventils geht in die Höhe. Der obere Raum des Differentialzylinders steht wieder, wie beim Schliessen der Turbine, unter variablem, der mittlere Raum unter konstantem Druck und der untere Kolben nur unter atmosphärischem Luftdruck. Geht nun der Ventilstift in die Höhe, so lässt das Ventil Druckwasser in den obersten Raum des Differentialzylinders eintreten. Dessen Oberfläche ist nun so bemessen, dass er den Regulierwiderstand der Blenden

samt dem Gegendruck im mittlern Zylinderraum, der konstanten Druck hat, überwinden kann. Der Differentialkolben wird sich also senken und damit die Turbine öffnen, sobald Druckwasser in den obersten Raum tritt.

Druck-Regulierung, Rückführung, Regulier-Ventile, Filter usw. sind gleich wie bei den vorherbeschriebenen 500 P.S.-Turbinen.

Sämtliche Turbinen sind direkt gekuppelt mit Dreiphasenwechselstrommaschinen für 10 000 Volt Maschinen-spannung.

Für die Vergrösserung der Zentrale mit zwei Einheiten zu 1000 P.S. waren von Anfang an schon die dazugehörigen Absperrschieber von 800 mm Lichtweite eingebaut

Das Elektrizitätswerk Kubel bei St. Gallen.

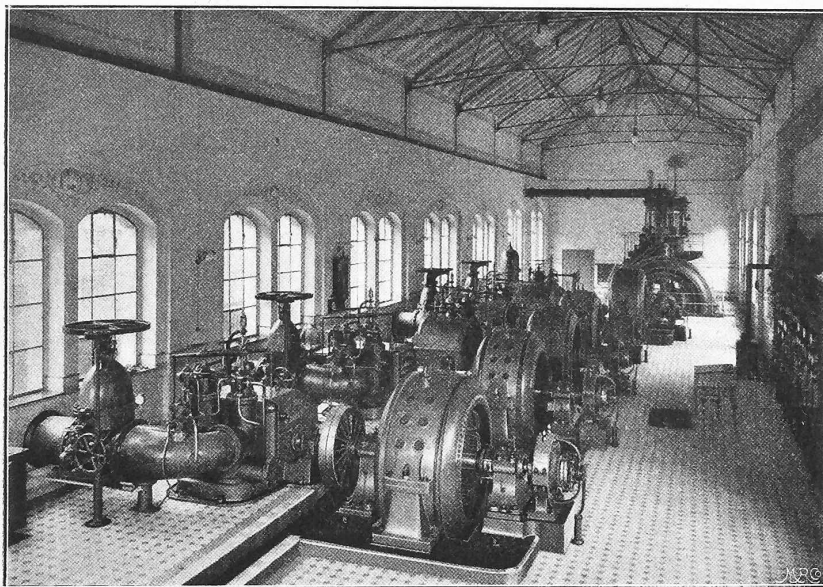


Abb. 36. Gesamtansicht des Maschinensaales.

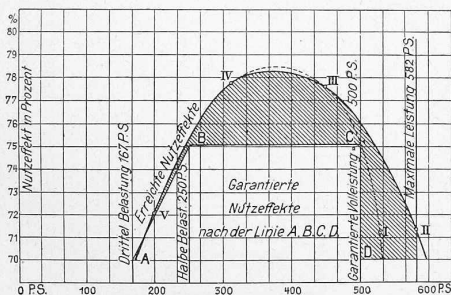


Abb. 41. Versuchsergebnisse mit der 500 P. S. Turbine.

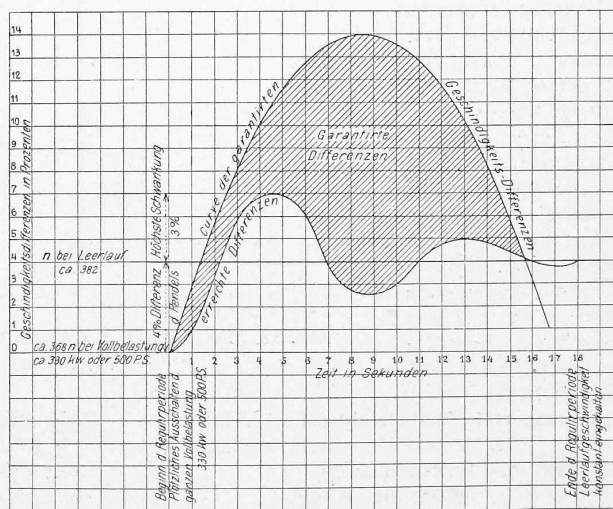


Abb. 40. Versuchsergebnisse mit dem automatischen Regulator der 500 P. S. Turbine.

worden. Sie sind so konstruiert, dass zum Schliessen und Oeffnen der hydraulische Druck des Triebwassers benützt werden kann, indem der Schieber als beweglicher Zylinder ausgebildet ist, der einen feststehenden Kolben umschliesst. Je nachdem auf der obern oder untern Seite des Kolbens Druckwasser eingelassen wird, öffnet oder schliesst der Schieber. Damit aber diese Bewegung nicht zu rasch erfolge, muss das nötige Druckwasser durch ein Steuerventil hindurch, das von Hand bewegt wird und mit einer Rückführung derart kombiniert ist, dass das Ventil, bzw. das kleine Handrädchen so lange bewegt werden muss, als für das Oeffnen beziehungsweise Schliessen des Schiebers nötig ist.

Zur Entleerung der Rohrleitung und zum Schutz gegen Einfrieren ist noch ein Leerlaufschieber angebracht mit direktem Ablauf in die Sitter.

Der Weiher ist mit dem Maschinenhaus durch eine elektrische Wasserstandsleitung verbunden, die den jeweiligen Stand des Weiherpiegels von 10 zu 10 cm Differenz automatisch aufzeichnet. Der Schwimmer, der die Verbindung mit dem Kontaktapparat herstellt, bewegt sich in einer 300 mm weiten, an der Stauwand befestigten Gussröhre, die oben in einem kleinen Eisenkasten den Kontaktapparat trägt. Zur Verhinderung des Einfrierens im Winter ist das Rohr etwa 1,5 m hoch mit Petroleum angefüllt. Der von Herrn Leo Tobler in Wolfhalden sinnreich ausgedachte und konstruierte Apparat hat seit seiner Inbetriebstellung tadellos und ohne jede Störung funktioniert.

Bezüglich der Garantien sieht der Lieferungsvertrag mit der Firma *Escher, Wyss & Cie.* in Zürich folgende Ziffern vor:

Maximale Schwankung der Tourenzahl bei plötzlicher Entlastung von Vollbetrieb auf die Hälfte . . .	$\pm 4\%$
„ „ „ „ auf Leerlauf . . .	$\pm 8\%$
Nutzeffekt bei Voll-Belastung . . .	$= 75\%$
„ „ halber Belastung . . .	$= 75\%$
„ „ Drittels-Belastung . . .	$= 70\%$

Die für die Abnahmeversuche notwendigen Wassermessungen konnten mittels eines im Ablaufkanal einge-

bauten vollkommenen Ueberfalles mit Seitenkontraktion in bequemer und einwandfreier Weise vorgenommen werden. Der Ueberfall ist in Form einer Wand aus 7 mm starkem Eisenblech am Ende des gewölbten Unterwasserkanals so

Das Elektrizitätswerk Kubel  
bei St. Gallen.

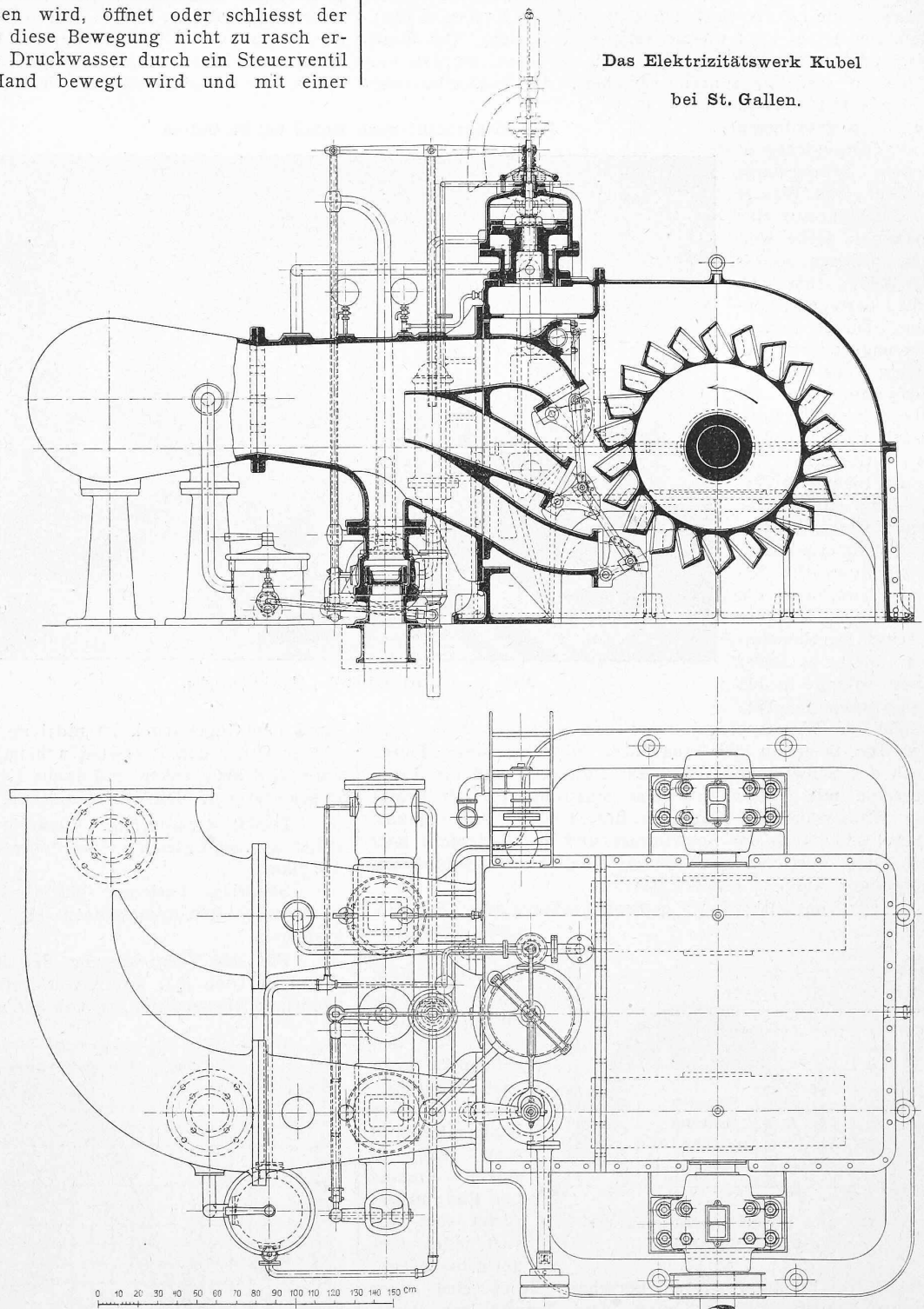


Abb. 38. Die 1000 P. S. doppelte Löffelradturbine mit selbsttätiger Regulierung von *Escher Wyss & Cie.*  
Grundriss und Schnitt senkrecht zur Achse. — Masstab 1 : 30.

eingebaut, dass die Höhe des abfliessenden Wasserstrahles mittels eines Schwimmers und eines elektrischen Kontaktapparates im Maschinenhaus automatisch und kontinuierlich aufgezeichnet wird. Die Anwendung eines Ueberfalles mit Seitenkontraktion war in vorliegendem Fall nicht zu umgehen, weil die Zuführung von Luft in den Raum zwischen Ueberfallwand und der Unterseite des Ausflusstrahles bei

einem freien Ueberfall mit grossen Schwierigkeiten verbunden gewesen wäre und die Seitenwände des Kanals überdies nicht vertikal verlaufen, sondern gekrümmt sind.

Für die Lieferung der Turbinen war vertraglich ver-

sermengen nach Bazin zu rechnen. Direkte Kontrollmessungen mittels neu geachteter Flügel sollten womöglich ebenfalls vorgenommen werden!

Die Versuche zur Prüfung der Garantien bezüglich Regulierung sind ebenfalls durchaus zufriedenstellend verlaufen. Wie aus Abb. 40 (S. 237) hervorgeht, betragen die höchsten Schwankungen der Tourenzahl bei plötzlichem Ausschalten von 500 P. S. nur 3% und die Regulierzeit 18 Sekunden. Tatsächlich arbeiten die Regulatorer auch seit Inbetriebsetzung der Anlage in wirklich tadelloser Weise und haben sich stets bei verschiedenen Anlässen, die zu plötzlichen grossen Belastungsänderungen führten, in allen Beziehungen bewährt. (Forts. folgt.)

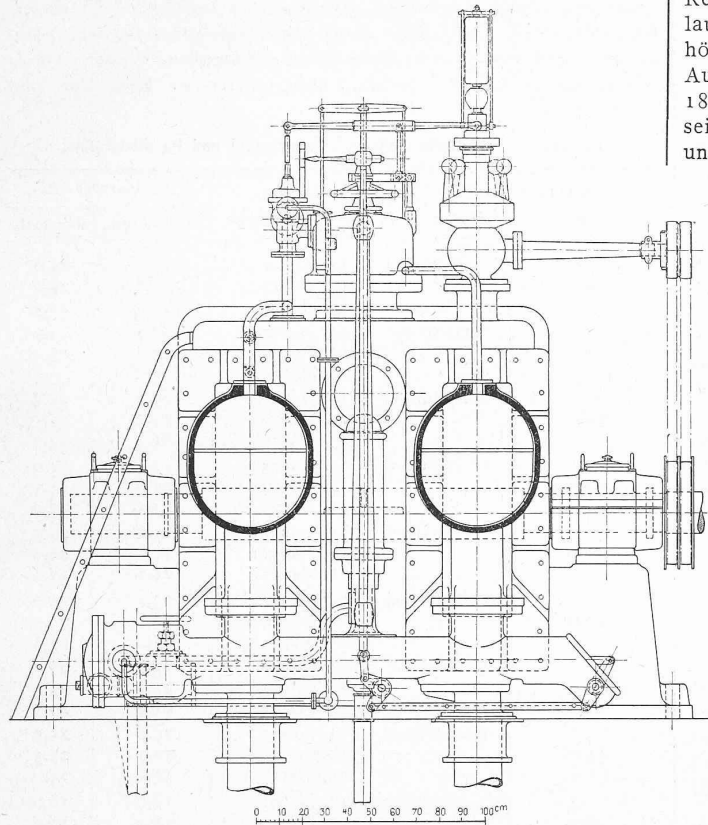


Abb. 39. Die 1000 P.S. Turbine mit Regulierung von Escher Wyss & Cie. Schnitt parallel zur Achse. — Masstab 1:30.

### Simplon-Tunnel.

Der 22. Vierteljahresbericht ist, vom 20. April d. J. datiert, erschienen. Wir entnehmen demselben in üblicher Anordnung die wichtigsten Angaben über den Gang der Arbeiten im I. Quartal d. J. und über den Stand derselben am 31. März 1904.

Die Fortschritte der Arbeit in den Stollen werden angegeben: Auf der Nordseite für den Richtstollen mit 33 m, den Parallelstollen mit 151 m und den Firststollen mit 280 m; auf der Südseite für die entsprechenden Stollen mit 430 m, 396 m und 375 m. Der Vollausschub ist nordseits um 283 m, südseits um 453 m fortgeschritten. An Gesamtleistung werden ausgewiesen: auf der Briegerseite 11 312 m<sup>3</sup> Aushub und 3229 m<sup>3</sup> (291 m) Mauerwerk, auf der Seite von Iselle 24 971 m<sup>3</sup> Aushub und 8338 m<sup>3</sup> (507 m) Mauerwerk. In Tabelle I sind die Gesamtleistungen je zu Beginn und am Schluss des Vierteljahres zusammengestellt.

Der mittlere Stollenquerschnitt betrug nordseits beim Richtstollen 6,8 m<sup>2</sup>, beim Parallelstollen 6,1 m<sup>2</sup>, südseits je 6,4 m<sup>2</sup>.

Es arbeiteten im Durchschnitte in den Stollen der Nordseite 2,5 Bohrmaschinen im Richtstollen und 3 Maschinen im Parallelstollen, die 11 bzw. 39,5 Arbeitstage und im ganzen 172 Bohrangriffe zu verzeichnen hatten.

einbart, dass die Wassermessungen nach v. Wex zu geschehen haben, dessen Koeffizient:

$$\left(\frac{2}{3} \mu = 0,3655 + 0,02357 \frac{\delta}{B} + \frac{0,002384}{h} + 0,00305 b\right)$$

für die vorliegenden Verhältnisse am besten zu passen scheint. Auf Grund der vertraglichen Bestimmungen wurden nun die Abnahmeversuche durchgeführt, welche nachstehend verzeichnete Nutzeffekte ergaben (siehe Abb. 41 und 42):

Belastung $\frac{1}{3}$	500 P. S.	70 %	1000 P. S.	84 %
" $\frac{1}{2}$	"	75 "	"	85 "
" $\frac{1}{1}$	"	76 "	"	83 "

Die Kontrollmessungen mittels des hydraulischen Flügels haben dann allerdings den Nachweis erbracht, dass die v. Wexschen Koeffizienten für den vorliegenden Fall nur für kleinere Wasserquantitäten bis auf etwa 450 Sek./l zutreffen, während sie für grössere Wassermengen zu kleine Resultate ergeben, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

Gemessen:	1 362	466	868	1074	1494	1967
Nach Wex:	1 361	462	810	1008	1386	1825
Differenz:	1 0	1 %	7 %	6,5 %	7,7 %	8 %

Werden diese Differenzen voll gewürdigt und die direkten Wassermessungen als durchaus einwandfrei betrachtet, so ergeben sich auch für diesen Fall Resultate, die für beide Gruppen innerhalb der zulässigen Grenze bleiben.

Bezüglich der Wassermessungen mittels Ueberfall und Seitenkontraktionen darf hier darauf hingewiesen werden, dass speziell für kleine Wassermengen die v. Wexsche Formel zuverlässiger erscheint als diejenigen von Braschmann und Redtenbacher. Im allgemeinen aber dürfte es sich empfehlen, wo immer möglich, Ueberfälle ohne Seitenkontraktion herzustellen und alsdann für grössere Was-

### Das Elektrizitätswerk Kubel bei St. Gallen.

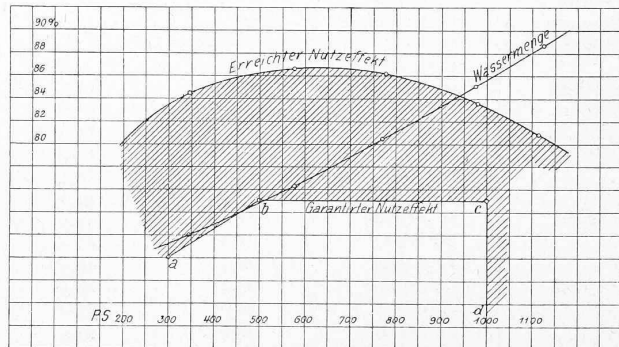


Abb. 42. Versuchsergebnisse mit der 1000 P.S. doppelten Löffelradturbine.

Tabelle I.

Gesamtlänge des Tunnels 19729 m	Nordseite-Brieg		Südseite-Iselle		Total	
	Dez. 1903	März 1904	Dez. 1903	März 1904	Dez. 1903	März 1904
Stand der Arbeiten Ende . . .						
Sohlenstollen im Haupttunnel . . . m	10144	10177	7752	8182	17896	18359
Parallelstollen . . . . . m	10003	10154	7768	8164	17771	18318
Firststollen . . . . . m	9261	9541	7031	7406	16292	16947
Fertiger Abbau . . . . . m	9249	9532	6897	7350	16146	16882
Gesamtausbruch . . . . . m <sup>3</sup>	442013	453325	342303	367274	784316	820599
Verkleidung, Länge . . . . . m	9126	9417	6614	7121	15740	16538
Verkleidungsmauerwerk . . . . . m <sup>3</sup>	94733	97962	76130	84468	170863	182430

In den beiden Stollen der Südseite waren je 4 Bohrmaschinen in Tätigkeit, die in je 91 Arbeitstagen 777 Bohrangriffe ausführten.

Aus den vier Hauptstollen sind im Berichtsvierteljahr 6425 m<sup>3</sup> Aushub gefördert worden bei einem Aufwand von 29 048 kg Dynamit und 5521 Arbeitsstunden; von letztern entfallen 2166 Stunden auf die Bohrarbeit