

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 73/74 (1919)
Heft: 26

Artikel: Einige moderne Turbinen-Anlagen
Autor: Huguenin, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-35739>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

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

subdivisions multiples ont en général le mérite principal de réjouir le cœur des pédants; souvent elles sont directement nuisibles; pour la plupart, elles sont arbitraires; dans un règlement à tendances générales comme le nouveau règlement français, elles constituerait une incongruité évidente. Aussi le règlement tranche-t-il toutes ces questions en stipulant que dans les cas où un pont se trouverait dans des conditions différant sensiblement, dans un sens ou dans l'autre, de celles visées par le règlement, les prescriptions de ce dernier seront modifiées sur la proposition soit de l'auteur du projet, soit des services du contrôle.

Pour la première catégorie de ponts, c'est-à-dire les ponts-rails supportant des voies ferrées de largeur normale, la matière est traitée dans l'ordre suivant:

1^o. Bases des calculs de stabilité (art. 1^{er} à 5): charge permanente; surcharge; pression du vent; effets de la température; influences diverses (ponts courbes, ponts biais, appuis élastiques, etc.); montage; lancement; manœuvre de ponts.

2^o. Conduite des calculs (art. 6 à 10): équilibre statique; équilibre élastique; section brute et section nette; travail élastique du métal; pièces comprimées; assemblages.

3^o. Justification de la stabilité (art. 11 à 17): limite de sécurité (acier, fonte, autres métaux); pièces spéciales.

4^o. Epreuves des ponts (art. 18 à 25): calcul des flèches; épreuves; charge d'épreuve; mesure des flèches; contrôle des épreuves.

5^o. Dispositions diverses (art. 26 à 30): dispositions pour faciliter la visite et l'entretien; gabarit de l'espace libre; limitation de la surcharge.

Einige moderne Turbinen-Anlagen.

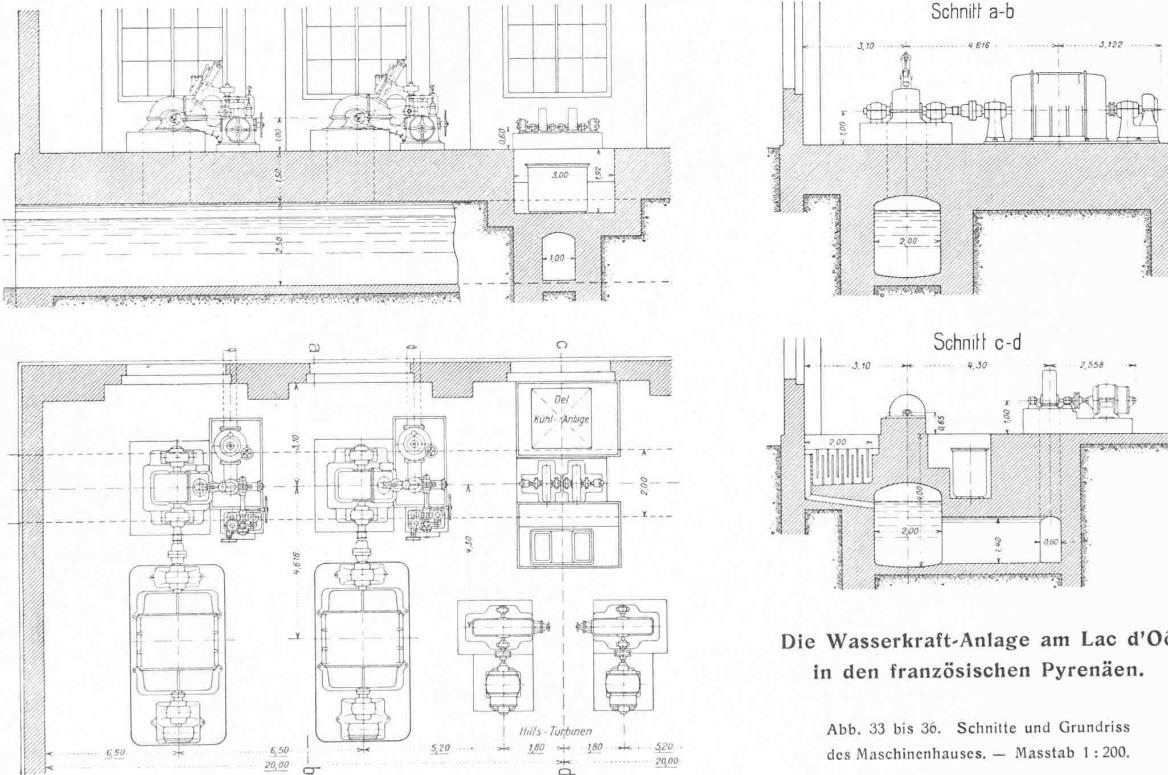
Von Ing. A. Huguenin, Direktor der A.G. Escher Wyss & Cie., Zürich.

(Schluss von Seite 303.)

7. Die Kraftanlage am Lac d'Oô bei Luchon.

Zu den eigentlichen Hochdruckzentralen übergehend, komme ich noch auf eine in den französischen Pyrenäen im Bau begriffene Zentrale zu sprechen, die in manchen Beziehungen interessantes aufweist. Die Anlage ist während des Krieges studiert und festgelegt worden und sollte auch noch während der Kriegszeit in Betrieb gesetzt werden. Sie lässt insbesondere den tief einschneidenden Einfluss des Mangels an guten Baustoffen während des Krieges in den kriegsführenden Ländern erkennen.

Bei dieser, von der Compagnie d'Electricité Industrielle in Luchon erstellten Hochdruckanlage handelt es sich um die Nutzbarmachung des natürlichen Stau- und Akkumulier-Beckens des rund 870 m über Luchon liegenden Lac d'Oô. Es ist dabei eine Absenkung des Sees um volle 60 m in Aussicht genommen; das Triebwasser gelangt durch einen rund 13 km langen Oberwasserkanal, der auf etwa 7 km als Stollen ausgebildet ist, zum Wasserschloss (siehe das Längenprofil Abbildung 32) und von hier durch eine verhältnismässig günstige und kurze Druckleitung in die Zentrale. Diese (Abbildungen 33 bis 36) wird ausgerüstet mit vier Einheiten von je 6200 PS, die bei 800 m Gefälle mit 1500 Uml/min arbeiten werden. Es ist meines Wissens das erste Mal, dass so raschlaufende Turbinen ausgeführt werden. Die Generatoren sind denn auch ausgesprochene Turbogeneratoren in der Ausführungsart der Dampfturbinen-



Die Wasserkraft-Anlage am Lac d'Oô
in den französischen Pyrenäen.

Abb. 33 bis 36. Schnitte und Grundriss
des Maschinenhauses. — Masstab 1:200.

La plupart des articles ci-dessus sont valables eo ipso pour les trois autres catégories de ponts, ponts-rails supportant des voies ferrées d'un mètre, ponts-routes et ponts-canaux, et le règlement se borne à énoncer sous ces derniers titres les articles comportant des dérogations.

Dans un article qui suivra, nous nous proposons de passer en revue, plus ou moins sommairement, les normes principales de ce nouveau règlement français.

Generatoren. Die Turbinen (Abb. 37 bis 40 auf Seite 312) erhalten 730 l in der Sekunde und benötigen, um die sehr hohe Drehzahl zu erreichen, je zwei Düsen. Alle vier Lager jeder Gruppe sind als Oeldrucklager ausgeführt, entsprechend den Ausführungen für rasch laufende Maschinen, wie Dampfturbinen und Kompressoren; sie erhalten ihr Drucköl von der zentral angeordneten Pumpenstation, die durch kleine Peltonturbinen angetrieben wird (vergl. Abbildungen 33, 35 und 36). Diese Pumpenstation ist doppelt

ausgeführt, sodass immer eine Hälfte als Reserve für die ganze Oelzirkulation dient. Das Lageröl fliesst in zwei Saugkesseln in der Mitte der Zentrale zusammen, wird durch die Pumpen, die als Zahnradpumpen ausgeführt sind, angesaugt und durch eine grosse, gleich hinter den Pumpen angeordnete Kühlslange abgekühlt, bevor es in die Lager gelangt. Jeder Generator trägt auf einem Wellenende seinen eigenen Erreger. Ausserdem sind in der Zentrale noch zwei Hilfsturbinen von 80 PS Leistung aufgestellt, die mit 700 Uml/min auf Gleichstrommaschinen arbeiten.

Der aus der grossen Drehzahl sich ergebende sehr kleine Laufraddurchmesser erforderte das

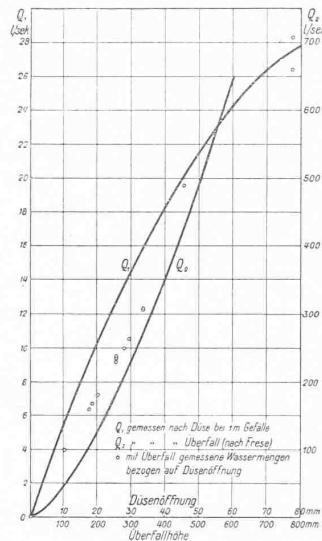


Abb. 41 und 42. Charakteristische Kurven der Pelton-Turbine des Kraftwerkes Morobbia.

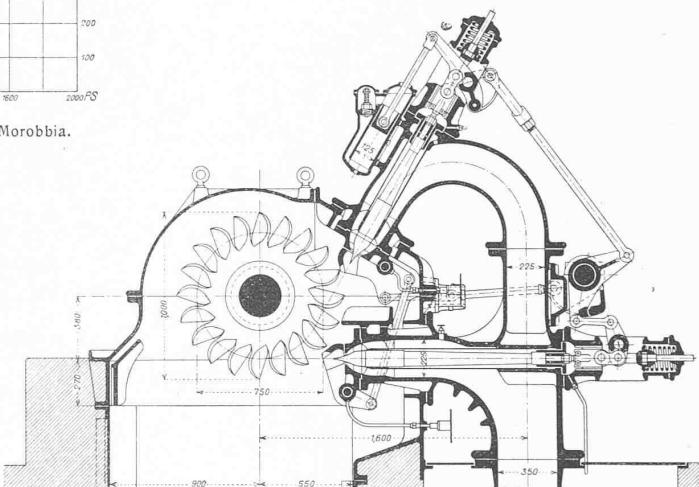
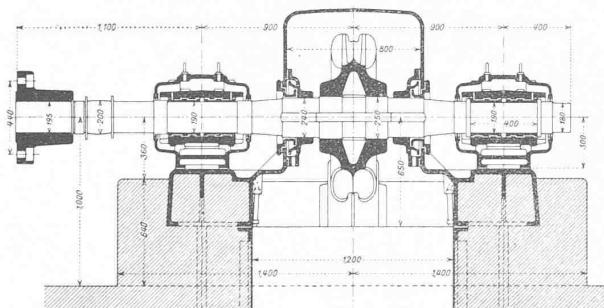
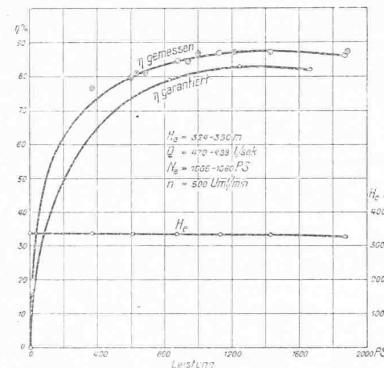


Abb. 37 und 38. Längs- und Querschnitt durch die Pelton-Turbine für 6200 PS, 1500 Uml/min des Kraftwerks am Lac d'Oô. — Masstab 1:40.

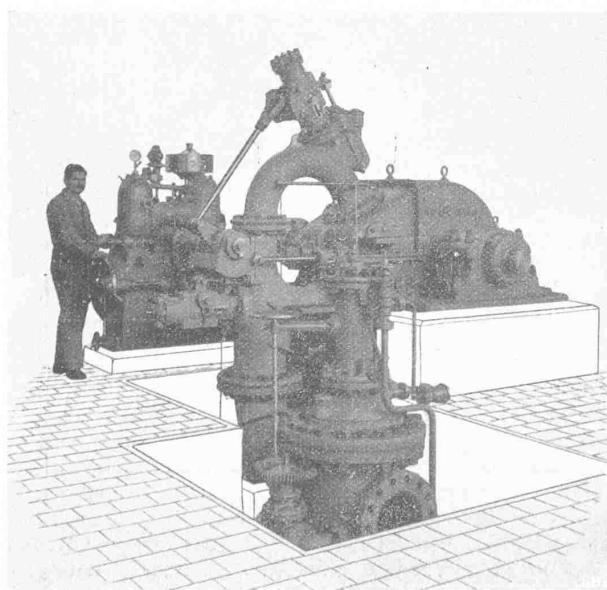


Abb. 39. Ansicht der Pelton-Turbine für 6200 PS, 1500 Uml/min.

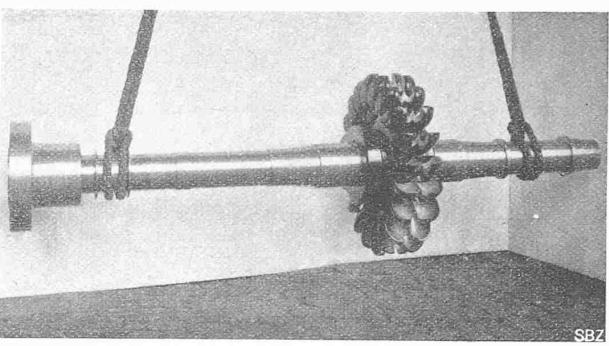
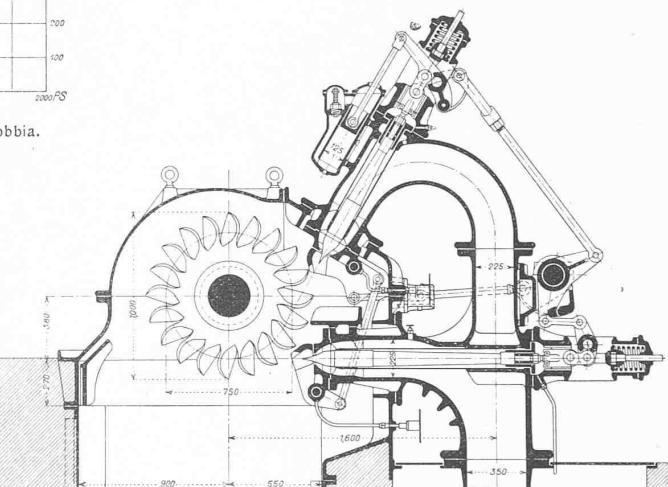


Abb. 40. Laufrad der Pelton-Turbine für 6200 PS, 1500 Uml/min. SBZ

Giessen des Laufrades in einem Stück in Stahlguss, da eigentlich nur noch Nabe und Schaufeln an demselben vorhanden sind. Die ganze Zuführung des Triebwassers zu den beiden Düsen, die die sogenannte Doppelregulierung erhalten, ist um ein Mehrfaches grösser im Raumbedarf, wie die Turbine oder das Rädchen selbst. Es ist insbesondere der Drang nach möglichst billiger erster Ausführung, der den Besteller bewogen hat, so rasch-



laufende Turbinen auszuführen. Ich bin überzeugt, dass die Verbreitung solcher Gruppen sehr rasch vor sich gehen wird, da in der Tat nichts dagegen spricht, beim Ausbau der hohen Gefälle zu so hohen Drehzahlen überzugehen.

Nebenbei seien hier die Ergebnisse der Bremsung der letzten Freistrahlтурbine Nr. 5 der Zentrale Morobbia in Bellinzona mitgeteilt, die am 28. September 1918 mit Ing. Rusca als Experten durchgeführt wurde und sehr befriedigend ausfiel. Die betreffende Turbine ist eine einstufige horizontale Turbine mit Doppelregulierung für ein variables Gefälle von 324 bis 350 m, einer Schluckfähigkeit von 470 bis 488 l/sec, somit einer Leistung von 1665 bis 1860 PS bei 500 Uml/min. Die Wassermenge, gemessen mit Ueberfall mit Seitenkontraktion, ist in Abbildung 41 aufgetragen, der Wirkungsgrad der Turbine in Abbildung 42. Dieser erreicht 87,5 %, wobei der Verlauf der Kurve ein recht flacher ist.

Die Anlage am Lac d'Oô weist neben der beschriebenen noch eine andere recht interessante maschinelle Ausrüstung auf, die ihre Begründung in den Kriegsverhältnissen hat. Normalerweise würde selbstverständlich diese Anlage für Ausnutzung des ganzen Gefälles ausgebaut worden sein, wobei der lange Stollen einem Druck von etwa 7 at ausgesetzt worden wäre. Es sind dies nun allerdings keine abnormalen Verhältnisse; ich brauche in dieser

Beziehung bloss an die Kraftanlage am Adamello in Nord-Italien zu erinnern, die einen längeren Stollen mit etwa 5 at Druck aufweist¹⁾). Doch konnte während der Kriegszeit nicht der nötige Zement aufgebracht werden, um diesen Stollen mit der gewünschten Sicherheit für den verhältnismässig hohen vorkommenden Druck herzustellen. Auch konnte besonders die offen verlegte Strecke, die als armierte Betonröhre ausgeführt wurde, nicht mit für den ganzen Druck genügend starkem Eisen armiert werden. Wohl oder übel musste sich daher die Gesellschaft dazu verstehen, nur einen ganz geringen Druck im Stollen zuzulassen und infolgedessen den, beim Ausfluss aus dem See herrschenden, je nach der Höhe des Seespiegels wechselnden Druck am Anfang des Stollens zu vernichten. Es ist nun selbstverständlich recht unwirtschaftlich, die bei $4 \text{ m}^3/\text{sek}$ Abfluss immerhin bis 2400 PS betragende Leistung einfach zu vernichten. Anderseits ist für diese Ausflussmenge eine automatische Regulierung, die dauernd für den relativ hohen Druck sicher funktioniert, nicht gerade einfach; insbesondere führt die automatische Regulierung nach der Höhe des Unterwassers mit Hilfe eines Schwimmers zu einer vollständigen, indirekten Regulierung mit Rückführung, und benötigt schon eine Mechanik, die doch zum mindesten periodischer Wartung bedarf. Zur Lösung dieser interessanten Aufgabe hat die Firma Escher Wyss & Cie. die ihr durch Patent geschützte Aufstellung von zwei Spiral-

sich ein sehr rascher Anstieg der Wirkungsgrad-Kurve (siehe Abbildung 46).

Nun hat aber die Beschaffung des Generators während der Kriegszeit grosse Schwierigkeiten bereitet, sodass von dieser Lösung abgesehen werden musste; der Kunde hat sich vielmehr entschlossen, zunächst die Energie des Seegefäßes preiszugeben, immerhin unter Wahrung der Möglichkeit, später noch einen Generator anzuschliessen. Zudem galt es, die Abmessungen der Kammer auf das allernotwendigste zu beschränken. Um dieser Forderung gerecht zu werden, hat die Firma Escher Wyss & Cie. folgende interessante und, wie ich glaube, vollständig neue Lösung in Vorschlag gebracht.

Die beiden Turbinen verbleiben in Parallel- und Serie-Schaltung, gemäss erwähntem Patent, werden aber entsprechend jedem Gefälle mit der Durchbrenntourenzahl im Betrieb gehalten. Auf diese Art und Weise werden am allereinfachsten, ohne irgend welche aussergewöhnlichen Geschwindigkeiten des Wassers in den verschiedenen Teilen des Bauwerkes, die jeweiligen Leistungen in der Turbine aufgezehrt, und lässt sich durch Regulierung des Leitapparates auf normale Weise eine regelrechte automatische Regulierung des durchfliessenden Wassers erzielen, und zwar gesteuert von der Höhe des Unterwasserspiegels zur Konstanthaltung desselben. Bei einem Gefälle von 6 m (Abb. 47) arbeiten beide Turbinen in Parallel-Schaltung

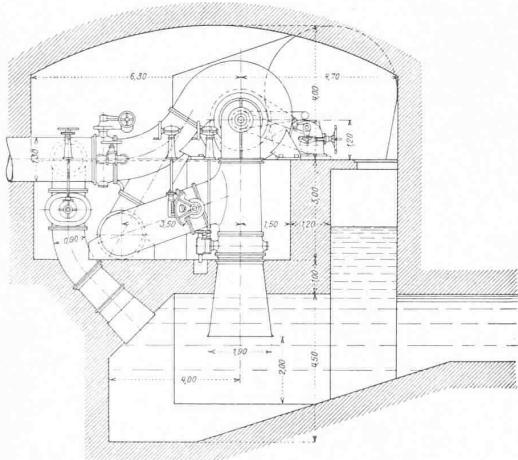
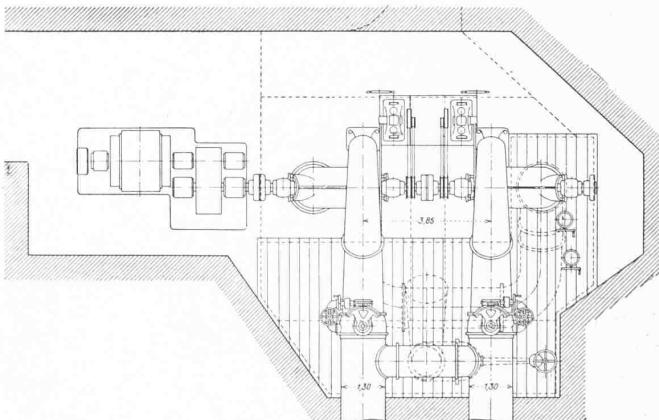
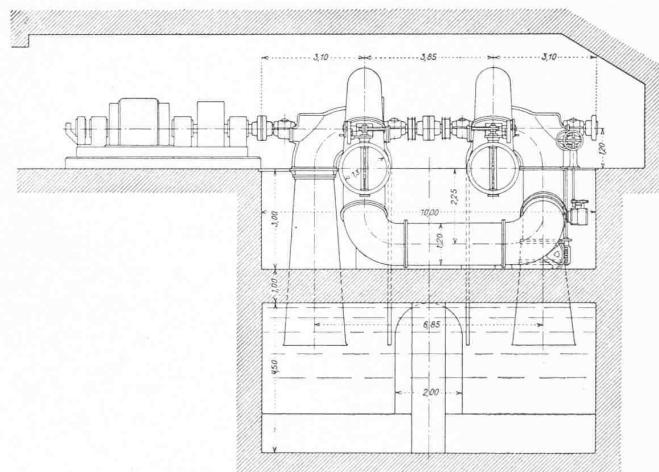


Abb. 43 bis 45. Schnitte und Grundriss
der Druckverminderungs-Anlage am Lac d'Oô. — 1 : 200.

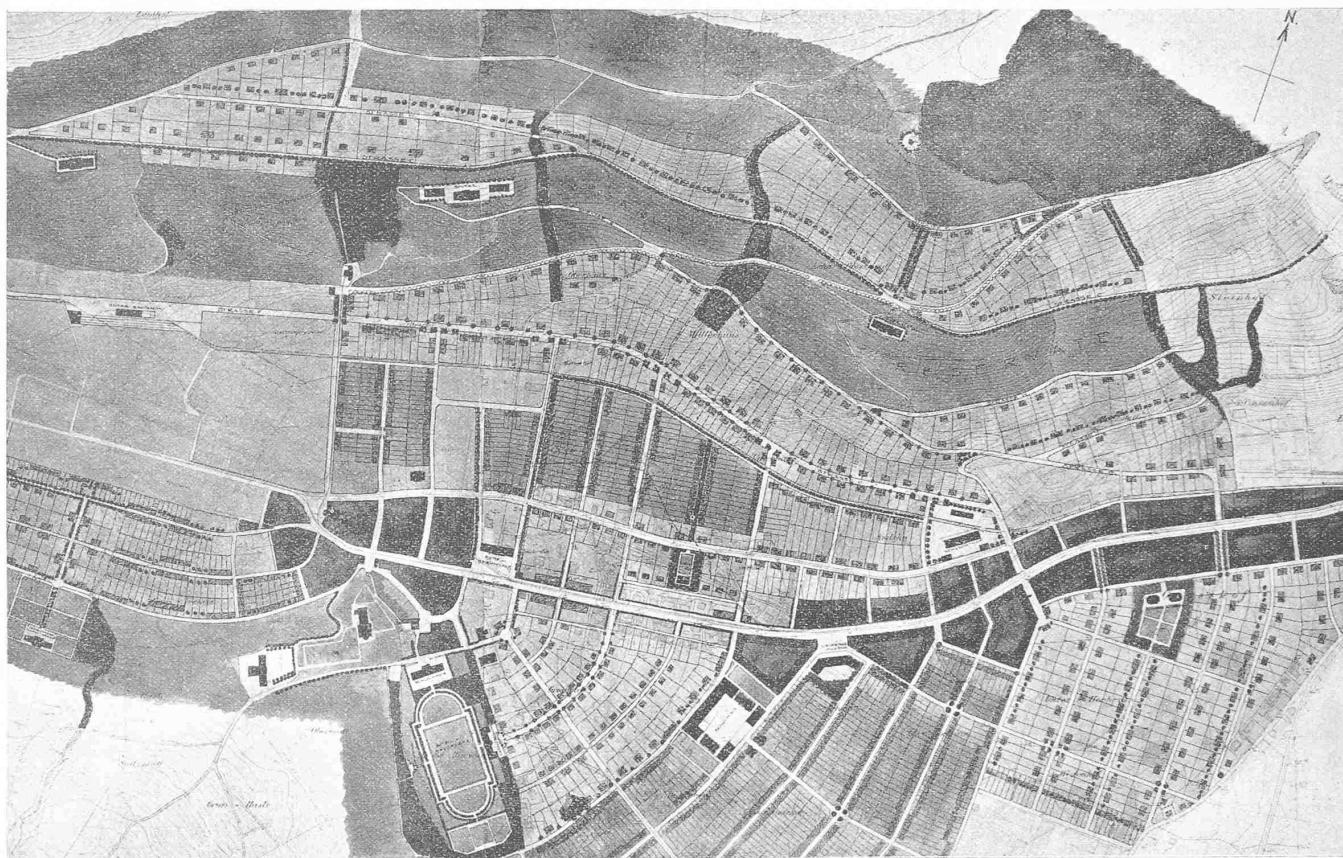


Turbinen in Parallel- und Serie-Schaltung vorgenommen, und zwar zunächst mit direkt gekuppeltem Generator, wobei die beiden Turbinen durch einen gemeinschaftlichen Regulator gesteuert worden wären, der durch einen Schwimmer vom Unterwasser her auf konstante Höhe desselben gearbeitet hätte. Bei dieser Anordnung kann durch Veränderung der Belastung des Generators von der Hauptzentrale aus auch jederzeit der Wasser-Durchfluss unabhängig vom Unterwasserspiegel einreguliert werden. Für die kleineren Gefälle von 4 bis etwa 14 m arbeiten beide Turbinen parallel, dann arbeitet blass eine Turbine bis auf 28 m und von diesem Gefälle an bis zu 60 m beide Turbinen in Serie. Diese verschiedene Schaltungsweise wird ermöglicht durch das Verbindungsrohr des einen Saugrohres mit dem Druckstutzen der zweiten Turbine. Zur Verwirklichung der verschiedenen Bedingungen genügt die Bedienung von Drosselklappen, wie dies aus Abbildung 43 ersichtlich ist. Durch diese Anordnung wird sogar für diese äußerst extremen Gefällsverhältnisse ein sehr konstanter Wirkungsgrad der ganzen Anlage gewährleistet, auch für die niedersten Gefälle ergibt

¹⁾ Vergl. Band LVII, Seite 1 u. ff. (Januar 1911). Auch als Sonderabdruck erhältlich. Red.

mit 280 Uml/min bei voller Öffnung des Leitapparates; bis auf 14 m wird die Leitschaufel-Öffnung allmählich bis auf 80% reduziert, wobei die Drehzahl stetig bis auf 340 steigt. Bei diesem Gefälle muss die Umschaltung auf eine Turbine erfolgen. Diese wird bei voller Öffnung mit 420 Uml/min laufen und bei zunehmendem Gefälle bis auf 28 m wird ihre Geschwindigkeit allmählich bis auf 530 steigen und dabei durch den Regulator die Leitschaufel-Öffnung auf 72% vermindert werden. Dann muss die Schaltung auf

Ideen-Wettbewerb für einen Bebauungsplan der Gemeinde Kriens.



Angekaufter Entwurf Nr. 15. — Architekt Hans Streuli, Wädenswil. — Ausschnitt aus dem Bebauungsplan. — 1 : 10 000.

Serie-Betrieb beider Turbinen stattfinden. Bei voller Öffnung werden beide Turbinen mit 590 Uml/min laufen und diese Umlaufzahl allmählich bis auf 750, bei 56 m Gefälle, zunehmen, wobei die Leitschaufel-Öffnung wieder allmählich auf 72 % gedrosselt wird. Wie die Abbildungen 43 bis 45 zeigen, ist die Kammer gross genug vorgesehen, damit später ein raschlaufender Generator mit Hilfe eines Zahnrad-Vorgeleges angetrieben werden kann. Durch Hinzufügung des Generators wird dann der normale Betrieb mit konstanter Wassermenge und 300 Uml/min für alle Gefälle einsetzen.

Da diese Hilfszentrale am See selbst natürlich für einen ununterbrochenen Betrieb des Werkes die allergrösste Betriebsicherheit aufweisen soll, wurde vom Kunden die Bedingung gestellt, dass für jeden der drei Betriebszustände noch eine Reserve vorhanden sein solle. Dieser Bedingung wurde in der Weise Genüge geleistet, dass für

die Betriebsperioden mit zwei Turbinen in Parallelschaltung oder Serieschaltung ausnahmsweise ein Diffusorrohr mit eingebauter (in Abb. 43 nicht eingezeichnet) Schikane zur Vernichtung der lebendigen Energie des Wassers eingeschaltet wird, sodass nur eine Turbine in Betrieb gehalten werden muss. Diese Anordnung verwirklicht somit mit einfachsten Mitteln und geringsten Kosten die gewünschte durchgehende doppelte Sicherheit für ständigen Betrieb.

Die weiteren maschinellen Ausrüstungen dieser Wasserkraft-Anlage bieten kein besonderes Interesse. Erwähnt mag nur sein, dass die Schütze beim Einlauf des Stollens als einfache, nur bei vollständigem Gegendruck bewegbare Gleitschütze vorgesehen ist. Dies ist, in Anbetracht der in nächster Nähe gelegenen Hilfszentrale, im Stollen selbst wohl ohne weiteres zulässig. Der bewegliche Rechen ist aufziehbar vorgesehen bis oberhalb des maximalen Seespiegels; während dessen Reinigung wird ein Hilfsrechenfeld hinunter gelassen.

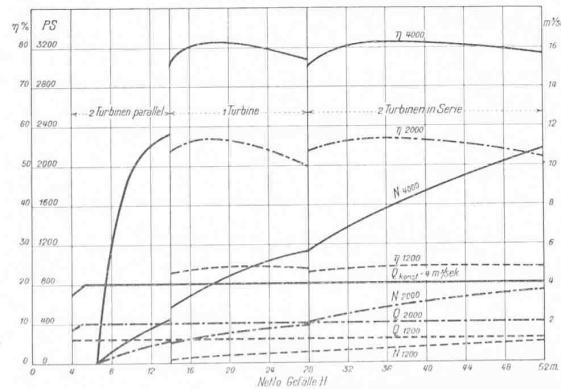
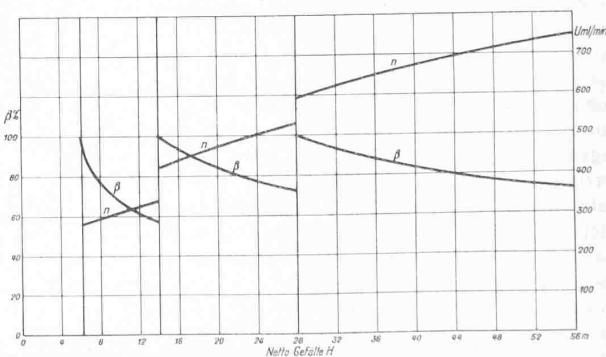


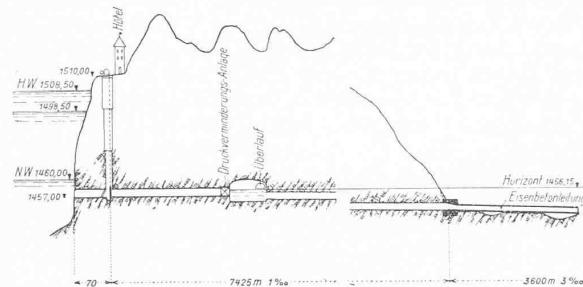
Abb. 46. Charakteristik der Turbinen der Druckverminderungs-Anlage.

Abb. 47. Leitapparat-Öffnung und Durchbrenn-Drehzahlen bei $Q = 4000 \text{ l/sec}$.

Quand une administration de l'Etat se réserve la décision finale dans une série de questions discutables et en assume la responsabilité, il est à présumer qu'elle s'est tracé une ligne de conduite, et qu'elle sera guidée dans ses décisions par certains principes. Dès lors il importe au constructeur de connaître le point de vue administratif déjà au moment où il se met à élaborer un projet, et non pas seulement après que son projet est soumis aux organes du contrôle. Aussi le nouveau règlement français vient-il

directement à l'encontre des tendances générales du règlement.

Sous ce rapport, le règlement de 1891 offrait bien aussi une certaine garantie, puisque dès sa mise en vigueur l'administration n'avait pas hésité à y suppléer également par des «Instruccions», mais cela avec une timidité de jeune fille, pour ainsi dire, et en les portant à la connaissance des intéressés sous forme de circulaire ministérielle. Parailleuse circulaire peut être abrogée à tout moment; docu-



à l'encontre de ce désir légitime du constructeur, et cela de la façon la plus heureuse, en complétant les normes proprement dites et en y supplémentant par des „Commentaires explicatifs et instructions facultatives“. C'est là une vraie révolution et, qui plus est, une révolution partie d'en haut!

Déjà par son apparence extérieure le nouveau règlement manifeste son mépris souverain pour les us et coutumes d'autan en gardant dans sa forme définitive la disposition de sa première édition provisoire, de sorte que nous trouvons à gauche, sur les pages paires, les „normes“ et à droite, sur les pages impaires, les „explications et instructions“, les deux côtés se correspondant exactement, article par article. Inévitablement, cet arrangement — éminemment pratique — comporte de nombreux blancs, tantôt à droite, tantôt à gauche, s'étendant par endroits à des pages entières, et dont le seul aspect doit faire horreur à tout bureaucrate convaincu.

Si pareille dérogation à des traditions sacrées est déjà condamnable au plus haut degré, comment qualifier une administration de l'Etat qui s'oublie jusqu'à expliquer un règlement issu de sa haute autorité? Parler de dégénération serait s'exprimer avec une modération tout-à-fait déplacée au cas particulier. Et puis, quel précédent! Il était si commode d'édicter des règlements, jusqu'ici. Un profane ne parvenait-il pas à découvrir les raisonnements transcendants ayant présidé à la rédaction de tel ou tel article, il n'avait qu'à se résigner. Aller demander des explications? Quelle impudence; l'administration de l'Etat ordonne, elle n'explique pas! Et voilà qu'à l'avenir, depuis les dieux olympiens jusqu'aux scribes tout-puissants du dernier des bureaux affairés de l'Etat, on risque de se voir opposer ce malencontreux „règlement français pour le calcul et les épreuves des ponts métalliques“, règlement qui donne des raisons, qui explique, qui justifie, qui par là-même admet la discussion — que dis-je! — qui va jusqu'à l'encourager, la provoquer même, en ne se lassant pas de répéter, dans ses „instructions“, que le règlement n'est pas quelque chose d'absolument rigide, d'immuable, mais que toutes ses prescriptions sont susceptibles de modifications.

Conçu et appliqué dans un esprit aussi large, un règlement — en soi toujours un mal — perd de son acuité, cesse d'être le cauchemar de l'homme d'initiative.

Il serait probablement téméraire de supposer que, sous le régime du nouveau règlement sur les ponts métalliques, même un constructeur français ne soit plus jamais exposé à se heurter, de prime abord, à l'opposition injustifiée du contrôle de l'Etat; mais avec un état-major pareil à celui que l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées à Paris fournit aux services de l'Etat, l'auteur d'un projet de pont a la certitude que ses revendications seront toujours agréées en dernière instance, pour autant qu'elles ne vont pas

Die Wasserkraft-Anlage am Lac d'Oô bei Luchon in den franz. Pyrenäen.

Abb. 32.
Schematisches Längenprofil
(nicht masstäblich).

