

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73 (1955)  
**Heft:** 32

**Artikel:** Experimentelle Bestimmung der Wirkungsgrade eines durch  
Kaplanturbine angetriebenen elektrischen Stromerzeugers  
**Autor:** Tobler, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-61969>

### **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:** 27.04.2025

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

ierung ausgeschlossenen Teilnehmer zur Ueberarbeitung ihrer Entwürfe einzuladen.

Der Gemeinderat war mit dem Preisgerichtentscheid nicht in allen Teilen einverstanden. Die beiden empfohlenen Architekten wurden zwar eingeladen, doch nahm man noch zwei andere Teilnehmer dazu, deren Projekte den Querriegel beibehalten hatten. Das etwas beladene Programm des ersten Wettbewerbes wurde entlastet und die vier Auskorenen konnten sich erneut messen. Allerdings wurde das Preisgericht nicht mehr in seiner ursprünglichen Besetzung einberufen. Eine Expertenkommission wurde eingesetzt, die von Vertretern des Heimatschutzes, des S. I. A. und des Preisgerichtes beschickt worden war. Den heimatschützerischen und städtebaulichen Belangen war grösseres Gewicht beizumessen. Nun zeigte es sich bei dieser zweiten Runde erneut, wie schwierig die Aufgabe war. Eine gute städtebauliche Lösung wurde gesucht und gleichzeitig ein guter Grundriss für das Gemeindehaus. Dazu kamen neben den subtilen ästhetischen und masstäblichen Erwägungen die nüchternen und praktischen, die den Vertretern der Gemeinde mit Recht von grosser Bedeutung waren. Durfte ein weniger gut organisiertes Gebäude nur deshalb vorgezogen werden, weil seine städtebauliche Lösung richtig war? Musste eine unzulängliche Disposition der Feuerwehrlokale einfach hingenommen werden, wenn doch Projekte mit guten Zu- und Wegfahrten eingereicht worden waren? Was war wichtiger, eine heimatschützerisch und städtebaulich gute oder eine praktische Lösung?

Die Expertenkommission, deren Bericht im Einzelnen bei den Projekten wiedergegeben ist, entschied sich für die städtebaulich und heimatschützerisch gute Lösung; die zu einer Studienkommission zusammengeschlossenen Gemeindevetreter gaben dem praktischen Projekt den Vorzug, welches von dieser entgegen dem Antrag der Experten zur Weiterbearbeitung empfohlen worden ist. Der Quergiebel, der weder städtebaulich gut noch organisatorisch richtig befunden worden war, lebte in den Köpfen einzelner Eglisauer weiter. Sie wollten immer noch nicht auf ihn verzichten und sie versuchten daher, die zuständige Gemeindeversammlung zu überzeugen, man dürfe auf die überragende Wirkung des Pulverturms nicht verzichten und müsse daher

den verzwickten Fragenkomplex erneut aufrollen. Sie drangen nur knapp nicht durch, und so wird nun das praktische Projekt weiter verfolgt, während die Tagespresse sich des Falles Eglisau annimmt. Aus Kreisen des Heimatschutzes wird für die Erhaltung des Pulverturmes in seiner heutigen Gestalt plädiert und geweielt. Was nun? Die Gemeinde muss die dringende Bauaufgabe lösen, einen andern, gleich gut gelegenen Bauplatz besitzt sie nicht. Die Mehrheit will die Entfernung des Pulverturms. So nehmen die Dinge ihren Lauf. Es ist zu hoffen, dass die, die das Gemeindehaus beschliessen und bauen werden, sich bewusst sind, welche Verantwortung auf ihnen lastet.

H. M.

*Aus dem Raumprogramm:*

Gemeindevverwaltung mit Kanzleiraum, Steueramtsräume mit Schalter, Gemeindeschreiberei, Gemeindepräsidiumsraum, Warteraum oder Halle, Sitzungszimmer des Gemeinderates, Kommissions- und Trauzimmer, Notariat und Grundbuchamt mit Kanzlei und Sitzungszimmer, Kontrahentenraum. Sing- und Versammlungssaal für rd. 60 Personen. Zwei Räume für das Ortsmuseum, Abwartwohnung, Feuerwehrgerätelokal mit Schlauchturm und Materialraum, Arrestlokale, Luftschutzraum und einige Nebenräume.

*Aus dem Bericht der Expertenkommission:*

Angesichts der bedeutenden öffentlichen Bauaufgabe im Schwerpunkt der Stadt und im Hinblick auf den Ersatz des heute das Stadtbild beherrschenden Pulverturmes gelangt die Expertenkommission zur Ueberzeugung, dass sie bei ihrer Beurteilung den städtebaulichen Gesichtspunkten den Vorrang einräumen muss. In zweiter Linie ist die Grundrisslösung im Hinblick auf die praktischen Anforderungen massgebend.

*Schlussfolgerungen.* Auf Grund der vorausgehenden Erwägungen gelangt die Expertenkommission zur eindeutigen Ueberzeugung, dass das Projekt W. Niehus die beste Grundlage für die Weiterbearbeitung der Bauaufgabe darstellt. Sie beantragt daher dem Gemeinderat Eglisau, dem Verfasser dieses Projektes den Auftrag zu erteilen.

Die Experten: Max Kopp, H. Marti, H. v. Meyenburg.

## Experimentelle Bestimmung der Wirkungsgrade eines durch Kaplan turbine angetriebenen elektrischen Stromerzeugers

Von Dipl. Ing. H. Tobler, Zürich

DK 621.313.322-82.001.41

### 1. Allgemeines

Um den Wirkungsgradnachweis der Turbine erbringen zu können, müssen die Wirkungsgrade des Stromerzeugers bekannt sein. An Grossgeneratoren können die Verluste nur in seltenen Fällen im Prüffeld des Herstellers ermittelt werden; sie sind daher meist am definitiven Aufstellungsort zu messen. Einwandfreie Zahlenwerte ergeben sich dabei, wenn der Stromerzeuger bei losgekuppeltem Turbinenläufer als Synchronmotor betrieben wird. Ist aber die Antriebsmaschine eine Kaplan turbine, so verursacht das Loskuppeln des Turbinenläufers meist grosse Schwierigkeiten; dazu ist es umständlich, den Stromerzeuger als Motor hochzufahren. Es ist also am einfachsten, hierfür die Turbine zu benutzen, wobei nach erfolgtem

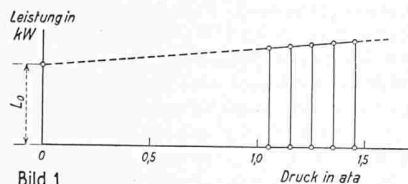


Bild 1

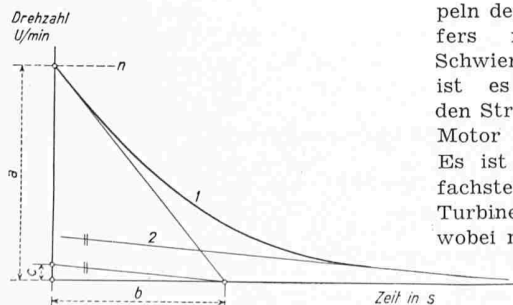


Bild 2

Einwandfreie Zahlenwerte ergeben sich dabei, wenn der Stromerzeuger bei losgekuppeltem Turbinenläufer als Synchronmotor betrieben wird. Ist aber die Antriebsmaschine eine Kaplan turbine, so verursacht das Loskuppeln des Turbinenläufers meist grosse Schwierigkeiten; dazu ist es umständlich, den Stromerzeuger als Motor hochzufahren. Es ist also am einfachsten, hierfür die Turbine zu benutzen, wobei nach erfolgtem

Parallelschalten auf das Netz der Wasserspiegel im Saugrohrraum der Turbine soweit abgesenkt wird, bis der Turbinenläufer in Luft dreht. Die dem Prüfling zugeführte elektrische Leistung enthält dann aber auch die Luftreibungsverluste des Turbinenläufers und seinen Anteil an den Spurlagerverlusten; beide sind bei der Berechnung der Wirkungsgrade des Stromerzeugers auszuschneiden. Das nachstehend beschriebene Verfahren des Verfassers, das vorerst als Vorschlag zu betrachten ist, ermöglicht die Ausscheidung der Luftreibungsverluste des Turbinenläufers in einfacher Weise überall da, wo zur Absenkung des Wasserspiegels im Saugrohrraum Pressluft verfügbar ist; zur Ermittlung des Spurlagerverlustanteils wird ein bereits bekanntes Auslaufverfahren angewandt.

### 2. Ausscheidung der Luftreibungsverluste des Turbinenläufers

Der mittels seiner Turbine hochgefahrene Stromerzeuger wird zum Netz oder einem andern Stromerzeuger möglichst gleichen Typs parallel geschaltet. Hierauf wird die Wasserzufuhr zur Turbine abgesperrt und dem Saugrohrraum Pressluft zugeführt, bis der Turbinenläufer ausserhalb des Wassers dreht. Dann werden die vom Stromerzeuger bei Nennspannung, Nennzahl und Leistungsfaktor  $\cos \varphi = 1$  aufgenommene Leistung, sowie der Pressluftdruck und die Presslufttemperatur ( $t_0$ ) im Saugrohrraum gemessen. Dies wird mindestens noch dreimal bei um je etwa ein Meter tiefer abgesenktem Wasserspiegel im Saugrohrraum wiederholt. Spannung, Drehzahl und Leistungsfaktor müssen dabei unverändert bleiben. Dass die elektrische Leistung mit Präzisionsapparaten gemessen werden muss, ist selbstverständlich.

Trägt man die Leistungswerte in Abhängigkeit der in *ata* gemessenen und auf die Temperatur  $t_0$  umgerechneten Pressluftdrücke graphisch auf, so erhält man die auf Bild 1 ersichtliche Charakteristik von praktisch geradlinigem Verlauf, was deren Extrapolation bis Null *ata* ermöglicht. Auf diese Weise erhält man die vom Stromerzeuger bei Nennspannung, Nenndrehzahl und  $\cos \varphi = 1$  aufgenommene Leistung für den Fall, dass die Lufttreibungsverluste des Turbinenläufers gleich Null wären. Die geringen Stator-Kupferverluste des bei diesen Versuchen praktisch leerlaufenden Prüflings dürfen vernachlässigt werden.

### 3. Ermittlung des Spurlagerverlust-Anteils des Turbinenläufers

Schaltet man den bei Nennspannung, Nenndrehzahl und  $\cos \varphi = 1$  als Synchronmotor laufenden Prüfling ab und lässt ihn bei konstant bleibendem Pressluftdruck  $p$  und ohne seinen Erregungszustand zu ändern, frei auslaufen, so ergibt die graphische Darstellung der gemessenen Werte die in Bild 2 gezeigte Auslaufkurve 1. Die Tangente an den der Nenndrehzahl  $n$  entsprechenden Punkt ermöglicht die Ermittlung der Konstanten  $K$  der Auslaufgleichung, in der u. a. das Schwungmoment des gesamten rotierenden Teils enthalten ist.

$$(1) \quad L = K \cdot n \cdot \frac{a}{b}$$

Hierin bedeutet  $L$  die Leistung, die bei der Drehzahl  $n$  und beim Pressluftdruck  $p$  zur Ueberwindung der Luftreibung und der Lagerreibung des ganzen rotierenden Systems nötig ist. Diese Leistung kann der Charakteristik Bild 1 entnommen werden. Angenommen, es wären keine Luftreibungsverluste des Turbinenläufers vorhanden, so müsste die Auslaufkurve den durch die Gerade 2 von Bild 2 gezeigten Verlauf aufweisen. Dabei wird die erlaubte Annahme gemacht, dass der Lagerreibungskoeffizient sich während des Auslaufens nicht ändert. Für diesen Fall lautet die Auslaufgleichung

$$(2) \quad L' = K \cdot n \cdot \frac{c}{b}$$

wobei  $L'$  die zur Deckung der Lagerreibungsverluste von Stromerzeuger und Turbine zusammen nötige Leistung bezeichnet. Führt man den aus Gleichung (1) gefundenen Wert für  $K$  in Gleichung (2) ein, so erhält man

$$L' = L \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{b}{a} \cdot n \cdot \frac{c}{b} = L \cdot \frac{c}{a}$$

Bezeichnen  $G_s$  das Gewicht des Generatorläufers und  $G_t$  das des Turbinenläufers, und setzt man voraus, dass der auf  $G_t$  entfallende Anteil  $L''$  an den gesamten Lagerreibungsverlusten  $L'$  den Gewichtsanteilen entsprechend in Rechnung gesetzt werden darf, so folgt

$$L'' = L' \cdot \frac{G_t}{G_s + G_t}$$

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. H. Tobler, Zürichholzstrasse 11, Zürich 57.

## MITTEILUNGEN

Ueber das Pyrenäen-Kraftwerk Pragnères entnehmen wir der Zeitschrift «La Houille Blanche» 1954, Nr. 5, die folgenden Einzelheiten. Die bemerkenswertesten Anlagen sind die Staumauer Cap de Long, eine elegante Bogenmauer von zylindrischer Form, deren Höhe 100 m beträgt und deren Krone eine Länge von 275 m und eine Breite von 4,5 m aufweist, ferner zwei Pumpstationen, die den Niveauunterschied der verschiedenen Wasserfassungen auszugleichen haben, drei Druckleitungen, deren grösste auf einer Länge von 2 km eine Gefällshöhe von rd. 1200 m aufweist, und zwei hydroelektrische Zentralen, deren erste (Usine de Pragnères) ein Bruttogefälle von 1254 m mit drei Peltonsturbinengruppen zu je zwei Schaufelrädern ausnützt, während die zweite (Usine de Luz) nur noch ein Gefälle von 236 m aufweist. Der Speichersee von Cap de Long, welcher aus mehreren Wasserfassungen gespeist wird, enthält eine maximale Wassermenge von 67 Mio m<sup>3</sup> bei einer Staukote von 2160 m ü. M.

Während etwa 20 Mio m<sup>3</sup> auf dem Wege des direkten Zuflusses in den See münden, werden weitere 24 Mio m<sup>3</sup> aus einem benachbarten Stausee, der 120 m tiefer liegt, in den Hauptsee gepumpt. Die zwei dafür verwendeten Pumpen fördern bei einer Motorleistung von 3000 PS eine Wassermenge von 850 l/s. Die restliche Wassermenge von maximal 30 Mio m<sup>3</sup> kann von der gegenüberliegenden Talseite aus einem Ausgleichbecken mit Staukote 1830 m ü. M. herangeführt werden, wobei das Wasser zuerst durch eine Druckleitung in die Zentrale von Pragnères fliesst (Kote 906 m ü. M.) und auf der andern Seite wieder 1254 m in die Höhe gedrückt wird. Die dazu notwendige Pumpstation liegt auf der letzten (steigenden) Leitung auf einer Höhe von 1690 m ü. M. und fördert mit fünf Pumpen eine Wassermenge von 9 m<sup>3</sup>/s. Die ganze Anlage kann auf ein Gebiet von 100 km<sup>2</sup> Einzugsfläche ausgebaut werden und wird eine Wassermenge von jährlich 150 Mio m<sup>3</sup> in eine Nettoenergie (abzüglich Pumparbeit) von 350 Mio kWh umwandeln.

Die «Esso Standard» (Switzerland) führt in ihrem Jahresbericht von 1954 aus, dass der Energiebedarf in der ganzen Welt steigt und dass die Erdölindustrie keinen Grund hat, die Atomenergie als unerwünschten Konkurrenten zu betrachten. Auf lange Sicht besteht vielmehr das Problem, die ständig steigenden Bedürfnisse der Wirtschaft an Treib- und Brennstoffen zu decken. Die Welt-Rohölproduktion hat im Jahre 1954 um weitere 25 Mio t auf 679 Mio t zugenommen. Da die festgestellten Welt-Erdölreserven heute annähernd 23 Mia t betragen, und da sich das Verhältnis zwischen Jahresproduktion und bekannten Reserven ständig verbessert, ist die Frage der Erschöpfung der Erdölvorräte heute weniger akut als vor dem Zweiten Weltkrieg. Die Gesamteinfuhr in die Schweiz erhöhte sich von 1,35 Mio t im Jahre 1953 um 22,6 % auf 1,65 Mio t, wovon 41,0 % aus Italien stammten. Bei einer Bilanzsumme von 61 Mio Fr. fanden die Einnahmen der Esso Standard (Switzerland) folgende Verwendung: 46 % für den Einkauf der Produkte, 34,5 % für Zoll, Abgaben und Steuern, 7 % für Bahn- und Rheinfrachten, 4,5 % für Personalkosten einschliesslich einer Extrazuwweisung an die Wohlfahrtsstiftung, und 6,7 % für die übrigen Betriebskosten und Abschreibungen. Der verbleibende Gewinn von 1,3 % der Einnahmen wurde je zur Hälfte zur Ausschüttung einer Dividende und zum Vortrag auf neue Rechnung verwendet.

**Stützwandverfahren «Titania».** In «Costruzioni» vom 19. Jan. 1955 beschreibt Dr. Ing. Enrico Berra ein Verfahren für die Erstellung von Dichtungs- und Stützwänden, das darin besteht, dass vorgefabrizierte, in entsprechenden Brunnenbohrungen versetzte, armierte Betonpfähle in einem sinnvollen Arbeitsvorgang monolithisch miteinander verbunden werden, wobei ein statisch einwandfreies Zusammenwirken und vollkommene Dichtigkeit der so erhaltenen Wand garantiert wird. Durch Versetzen von Hohl-elementen können Grundwasserabsenkungen oder auch Injektionsarbeiten in vorteilhafter Art und Weise mit dem Verfahren kombiniert werden. Die vielseitige Verwendungsmöglichkeit wird an Hand von Ausführungsbeispielen gezeigt, u. a. eine Ufersicherung am Po auf 12 m Tiefe und verschiedene Strassen- und Bahnunterführungen im Grundwasser. Das Verfahren wird durch die «Titania» S. A. in Mailand zur Ausführung gebracht.

**Persönliches.** Ein lieber ehemaliger Mitarbeiter unserer Zeitschrift, Prof. Dr. W. Kummer, feiert am 10. August seinen 80. Geburtstag. Obwohl sein engeres Fachgebiet, auf dem er hier bahnbrechende Aufsätze veröffentlicht hat, die elektrische Bahntraktion ist, beschäftigte er sich immer auch mit allen andern Aufgaben des Maschineningenieurs. Dies führte dazu, dass er während Jahrzehnten regelmässig «Mitteilungen» für uns verfasste. Seit der Kriegszeit hat er sich je länger desto mehr zurückgezogen, wobei sich sein Interesse vom technischen Vordergrund unseres Daseins ab- und mehr dem philosophischen Untergrund zugewandt hat. Möge seiner geistigen Arbeit noch reiche Frucht beschieden sein!

**«Epikote» in der Anstrichtechnik.** Unter dem Patronat von Shell (Switzerland) stand vom 5. bis 15. Juli im Zürcher Kongresshaus eine orientierende Ausstellung über «Epikote» in der Anstrichtechnik offen. Die Firma Shell befasst sich