

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 77/78 (1921)
Heft: 20

Artikel: Zur Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes Wäggital
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-37351>

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: 01.04.2025

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

erstellt von März 1920 bis April 1921 mit 2570 m³, samt Honorar aber ohne Umgebungsarbeiten, zu 62,45 Fr./m³. Diesen Werten entsprechen Vorkriegspreise von etwa 13 Fr./m³, bzw. 25 Fr./m³, sodass die Baukostenverteuerung etwa 150% ausmacht; bei beiden Bauten machte sich die Streikverzögerung vom Sommer 1920 geltend.

Zur Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes Wäggitäl.

In dem auf Seite 212 erschienenen Protokoll über die Diskussion des Wäggitälwerkes im Schosse des Zürcher Ingenieur- und Architekten-Vereins finde ich eine kurze Bemerkung, wonach Herr Direktor Gugler in verdankenswerter Weise u. a. eine Anregung von meiner Seite erwähnt hat betreffend „Veredelung von Abfallkräften“. Da ich jener Sitzung des Z. I. A. wegen Abwesenheit leider nicht beiwohnen konnte, sei mir gestattet, an dieser Stelle jenen Vorschlag deutlicher und vollständiger darzulegen mit spezieller Anwendung auf das Kraftwerk Wäggitäl, dessen Rentabilität dadurch eventuell wesentlich erhöht werden kann.

Bekanntlich ist dieses Kraftwerk in sehr rationeller Weise als zweistufige Hochdruckanlage projektiert mit max. 260 + 194 = 454 m Bruttogefälle. Dabei soll der Stausee Innertal über den Sommer teils durch natürlich zufließendes Wasser, teils durch zugepumptes Wasser aus dem 260 m tiefer gelegenen Rempnenbecken gefüllt werden, wodurch 130 Millionen m³ aufgespeichert werden können zur Erzeugung von 140 000 PS reiner Winterkraft während fünf Monaten.

Das Rempnenbecken dient zur Pufferung beim Parallelbetrieb der beiden Zentralen Rempnen und Siebnen, sowie als Reservoir für den Pumpenbetrieb. Obwohl dieses Becken 368 000 m³ nutzbaren Inhalt hat, können davon beim Pumpenbetrieb nur etwa 273 000 m³ zur Aufspeicherung benützt werden, entsprechend einer Absenkung des Wasserspiegels von etwa 6,5 m, um einen ungestörten Pumpenbetrieb zu sichern.

Nach diesem Projekt der N. O. K. ist also für das ganze Kraftwerk nur Jahresakkumulierung vorgesehen, bzw. beabsichtigt.

Mein Vorschlag geht nun dahin, die Ausnützung der Pumpenanlage nicht davon abhängig zu machen, ob mehr oder weniger natürliches Wasser dem Rempnenbecken aus seinem Einzugsgebiet zufließt, sondern dieselbe auch als Tagesakkumulierung zu benutzen.¹⁾ Dies ist möglich, wenn man das Rempnenbecken mittels billiger Abfallkraft jede Nacht auspumpt, dieses Zusatzwasser in den oberen Stausee befördert, des folgenden Tages in Turbinen ausnützt und gleichzeitig das Becken wieder auffüllt.

Mit der auf eine Fördermenge von 6 m³/sek ausgebauten Pumpenanlage kann während den 13 Nachtstunden (eine Wassermenge von 13 × 3600 × 6 = 280 800 m³ gepumpt werden. Da aber nicht immer so viel natürliches Wasser aus dem Einzugsgebiet dem Rempnenbecken zufließt, so muss die Differenz bis max. 273 000 m³ dem Ablaufwasser der dortigen Turbinen entnommen werden. Dieses Zusatzwasser geht dem Wasserhaushalt nicht verloren, denn es zirkuliert einfach während 24 Stunden zwischen dem Rempnenbecken und dem oberen Stausee. Die untere Zentrale Siebnen wird dadurch in keiner Weise beeinflusst oder benachteiligt.

Die maximale statische Druckhöhe für die obere Stufe (bei stillstehenden Turbinen oder Pumpen) beträgt H_{stat} = 900 - 634 = 266 m. Da die Wassermenge für die Pumpen nur 6 m³/sek beträgt gegen 30 m³ für die Turbinen, ist der Druckverlust beim Pumpen nur etwa 3 m gegen rund 13 m beim Turbinenbetrieb. Daher wird die maximale manometrische Förderhöhe für den Pumpenbetrieb H_{man} = 266 + 3 = 269 m und der entsprechende max. Kraftbedarf der Pumpen N_{eP} = rd. 27 000 PS ≈ 20 700 kW während 13 Nachtstunden.

Für den Turbinenbetrieb wird das maximale Nettogefälle H_n = 266 - 13 = 253 m. Da jedoch die Kraftabgabe während nur 11 Tagesstunden erfolgt, so entspricht die des Nachts zugepumpte Wassermenge für die Turbinen einem $Q^T = \frac{280800}{11 \times 3600} = 7,1$ m³/sek. Die effektive maximale Leistung der Turbinen beträgt dann N_{eT} = rd. 19 200 PS. Soviel maximale Zusatzkraft erhalten

¹⁾ Im Gegensatz zu der von Herrn Regierungsbaumeister Baun vertretenen Ansicht, dass Tages-Pumpenspeicherung als unwirtschaftlich abgelehnt werden sollte. (Siehe „Schweiz. Bauzeitung“ Band LXXVII, Seite 187 (23. April 1921).

wir demnach durch die Tagesakkumulierung zu den übrigen 80 000 PS der Jahresakkumulierung für die Zentrale Rempnen, also $\frac{99200}{80000} = 1,24$ mal soviel.

Die erforderliche Energie zum Betrieb der Pumpen beträgt nach obigem rd. 20 700 kW, die als Nacht-Abfallenergie aus andern Kraftwerken bezogen werden muss. Nun haben aber die Nordostschweizerischen Kraftwerke in ihrem eigenen Kraftwerk Eglisau des Nachts, wenigstens im Sommer, soviel unbenützte Abfallenergie zur Verfügung, die also sozusagen gratis ist. Rechnen wir den elektrischen Leitungsverlust zu etwa 5%, so müssen in Eglisau etwa 21 800 kW für den Nacht-Pumpenbetrieb nach Rempnen abgegeben werden, um mit diesen hier im Sommer die natürlichen Zuflüsse in den Stausee Innertal zu fördern und durch den ergänzenden Tagesakkumulierbetrieb eine variable, im Mittel 7 000 kW betragende Tagesenergie zu gewinnen.

Im Winter dagegen müsste ein Teil jener Nacht-Abfallenergie aus fremden Werken bezogen werden, die aber ohne Zweifel zu sehr niedrigerem Preise, voraussichtlich zu 1,5 Rp./kWh erhältlich sein wird aus Niederdruckwerken, bei denen das Wasser nicht aufgespeichert werden kann und deshalb meist unbenützt vorbeifliesst.

Bekanntlich hat das Hochdruckwerk Löntsch die Deckung der Spitzenleistung der N. O. K. übernommen, wodurch das mit ihm gekuppelte Niederdruckwerk Beznau befähigt wurde, seine ganze Kraft konstant während 24 Stunden abzugeben, d. h. mit 100% ausgenutzt zu werden. Dieselbe Funktion wird das Wäggitälwerk ausüben gegenüber dem Eglisauwerk. Für Spitzenkraftwerke muss der Ausbau der Turbinen der höchsten Spitzenbelastung genügen, meist aber nur für wenige Stunden, während in der übrigen Zeit die Maschinenanlage mehr oder weniger schlecht ausgenutzt ist. Es wird deshalb für die Zentrale Rempnen weit rationeller sein, mittels jener Zusatzkraft nicht die höchsten Spitzen des Bedarfes zu decken, sondern die konstante Tagesleistung zu erhöhen, wodurch also die Turbinen besser ausgenutzt sein werden.

Das dem Rempnenbecken natürlich zufließende Wasser vom Trebsenbach und aus dem untern Einzugsgebiet beträgt ungefähr 45 Millionen m³ pro Jahr, das macht einen Durchschnitt von 124 000 m³ pro Tag. Wir gewinnen also durch die Tagesakkumulierung 273 000 - 124 000 = 149 000 m³ pro Tag oder $\frac{149000}{13 \times 3600} = 3,2$ m³ pro Sekunde im Durchschnitt, entsprechend einer nutzbaren Leistung von $\frac{3,2}{6} \times 19200 =$ rd. 10 000 PS. Durch Ausnützung der Pumpenanlage zur Tagesakkumulierung kann durch Veredelung von Nacht-Abfallkraft eine 11-stündige Tageskraft von im Mittel 7 000 kW gewonnen werden.

Damit glaube ich bewiesen zu haben, dass auf oben beschriebene Art die Rentabilität des Kraftwerkes Wäggitäl erheblich gesteigert werden kann. Die Schweiz, so reich an Seen, Flüssen, und Gebirgen, bietet gewiss noch viele andere Möglichkeiten, um diese neue Art von hydraulischer Kraftakkumulierung auch auf bestehende Kraftwerke anzuwenden, um sie besser auszunutzen als bisher und dadurch die Produktion elektrischer Energie, bezogen auf 1 kWh, zu vermindern.

Das ganze Problem besteht also darin, minderwertige Abfallenergie in hochwertige Tagesenergie zu transformieren, zu gegenseitigem Nutzen von Niederdruck- und Hochdruckwerken. In diesem Sinne ist die eingangs erwähnte „Veredelung von Abfallkräften“ aufzufassen. Die Lösung dieses Problems ist aber erst durch die sogen. Eidgenössische Sammelschiene möglich geworden. Es sei hier auf meinen in der „Schweiz. Bauzeitung“ vom 12. Juni 1920 erschienenen Aufsatz über „Die hydraulische Kraftakkumulierung und die schweiz. Sammelschiene“ verwiesen. Ich möchte diese Gelegenheit benützen, um zu sagen, dass die dort erwähnte Umkehrarbeit einer Schraubenturbine als Pumpe sich wohl für kleinere Druckhöhen unter gewissen Bedingungen als richtig erwiesen hat, nicht aber für grössere, umso weniger also für so grosse, wie sie für Akkumulierungs-Anlagen in Frage kommen.

Ein rationeller Ausbau von neuen Akkumulierwerken mit Pumpen erfordert Maschinenaggregate in kleiner Anzahl, aber von grösstmöglicher Leistungsfähigkeit, um die Anlagekosten samt Maschinenhaus, bezogen auf eine nutzbare PS, möglichst zu verringern. Solche Bauarten von Turbinen und Pumpen sind ebenfalls Errungenschaften neuester Zeit, stellen aber ausserordentlich hohe Anforderungen und Verantwortlichkeiten an die ausführenden Firmen.

Zürich, Oktober 1921.

Ing. W. Zuppinger.

*Bemerkungen der Nordostschweizerischen Kraftwerke
zum vorstehenden Vorschlag.*

In den vorangegangenen Ausführungen macht Ing. Zuppinger den Vorschlag, die in der obern Stufe des Kraftwerkes Wäggitäl installierte Pumpenanlage der Tagesakkumulierung dienstbar zu machen. Den Anregungen Zuppingers Folge gebend, haben die N. O. K. diesen Vorschlag auf seine Anwendbarkeit und wirtschaftlichen Folgen hin eingehend geprüft.

Die Pumpenanlage im Rempen dient in erster Linie der Jahresakkumulierung. Sie hat die Aufgabe, in den sieben Sommermonaten von den Zuflüssen zum Rempenbecken eine Wassermenge von etwa 32,1 Mill. m³ in den Stausee Innertal zu pumpen. Um billige Abfallenergie verwerten zu können, soll die Pumpenanlage nur während der Mittagstunde und zur Nachtzeit, ferner am Samstag-Nachmittag und an Sonn- und Feiertagen betrieben werden. So ergibt sich für die Pumpenanlage eine Betriebszeit von 3310 h im Sommer. Da die Pumpenanlage für einen maximalen Kraftbedarf von 20 000 kW eingerichtet wird, so beträgt die Ausnützung $\frac{32\ 100\ 000}{3310 \times 20\ 000} \times 100 = 48,5\%$, indem das Pumpen von 1 m³ gerade 1 kWh erfordert. Diese geringe Ausnützung hat ihren Grund im ungleichmässigen Zufluss des Pumpenwassers. Da das Rempenbecken nicht gross genug gemacht werden kann, um die ungleichmässigen Zuflüsse auszugleichen, so muss die Pumpenanlage für ungefähr die doppelte, mittlere Pumpwassermenge installiert werden, um den Grossteil der Zuflüsse fassen zu können.

Der Vorschlag Ing. Zuppingers geht nun dahin, die Pumpenanlage in der vorgesehenen Betriebszeit stets voll zu betreiben und den Mangel an Zuflusswasser zu ersetzen durch Zirkulationswasser. Sind die Zuflüsse zum Rempenbecken kleiner als die Wassermenge, die nachts gepumpt werden kann, wird die Differenz dem Rempenbecken entnommen. Um dieses wieder aufzufüllen, muss am Tage die entsprechende Wassermenge durch die Turbinen im Rempen abgelassen werden, wobei frei verfügbare Tagesenergie gewonnen wird. Das Rempenbecken ist gerade gross genug, um diesen Tagesausgleich zu ermöglichen. Können von den rund 60 Mill. kWh, die zum Vollbetrieb der Pumpenanlage im Sommer benötigt werden, zum Pumpen der Zuflüsse nur 32,1 Mill. kWh verwertet werden, so verbleiben 27,9 Mill. kWh zum Pumpen von 27,9 Mill. m³ Zirkulationswasser. Diese können aber während der Tageszeit beim Zurückfliessen ins Rempenbecken 12,75 Mill. kWh erzeugen. Die erzeugbare Energie ist jedoch von Tag zu Tag verschieden, da sie von der Grösse der Zuflüsse zum Rempenbecken abhängig ist. Diese variable Sommertagesenergie kann erst durch Parallelbetrieb des Kraftwerkes Wäggitäl mit einem andern Hochdruckwerk mit Sommerbetrieb, z. B. dem Löntschwerk, zu konstanter Sommertagesenergie veredelt und verkauft werden. Da die zum Pumpen des Zirkulationswassers erforderliche Energie als Abfallenergie zweiter Ordnung zu bezeichnen ist (Abfall der für das Pumpen der Zuflüsse zur Verfügung zu stellenden Abfallenergie) also einen sehr geringen Marktwert besitzt, kann die Tagesakkumulierung im Sommer trotz des geringen Wirkungsgrades von etwa 46% wirtschaftlich sein, solange der Marktwert der Tagesenergie mindestens das 2,2-fache des Marktwertes der Abfallenergie zweiter Ordnung beträgt.

Herr Zuppinger schlägt auch vor, die beschriebene Art der Tagesakkumulierung auf den Winter auszudehnen. Nach unseren Untersuchungen lassen sich dadurch 11,45 Mill. m³ Wasser von den Zuflüssen zum Rempenbecken und 26,76 Mill. m³ Zirkulationswasser heben mit einem Aufwand von 38,21 Mill. kWh Nacht- und Sonntagsenergie. Aus den gepumpten Zuflüssen können (Ausnützung in beiden Stufen) 9,42 Mill. kWh, aus dem gepumpten Zirkulationswasser (Ausnützung nur in der obern Stufe) 12,22 Mill. kWh Wintertagesenergie erzeugt werden. Damit steigt die Produktion von vollwertiger Wintertagesenergie von 110,5 Mill. kWh nach dem Hauptprojekt auf 128,4 Mill. kWh, was theoretisch einer Vermehrung von 17,9 Mil. kWh oder 16,2% entspricht. In Wirklichkeit dürfte es aber etwelche Schwierigkeiten bieten, genügend Winternachtenergie zum Pumpen zu angemessenen Preisen zu erhalten, daher dürfte diese theoretisch mögliche Verbesserung praktisch nur teilweise erzielbar sein.

Unter der Voraussetzung, dass im Winter während der Woche gar keine Nachtenergie zum Pumpen erhältlich sei, sondern dass nur jeweilen von Samstagmittag bis Montagmorgen ein 42-stündiger

Betrieb der Pumpen möglich sei, ergibt sich eine Mehrerzeugung gegenüber dem Hauptprojekt von 5,16 Mill. kWh = 4,7%.

Je nach dem Preise und der Erhältlichkeit von Winternachtenergie wird es mehr oder weniger vorteilhaft sein, die Pumpenanlage nach der Idee von Ing. Zuppinger auch im Winter zur Tagesakkumulierung beizuziehen.

Miscellanea.

Projektiertes unterirdisches Kraftwerk an der Dordogne. Von Ingenieur *Paul Basiaux* wird in der „Revue générale de l'Electricité“ vom 7. Mai 1921 zur Ausnützung des Gefälles zwischen der Diège und der Dordogne die Anlage eines unterirdischen Kraftwerkes vorgeschlagen. Es sind in der betreffenden Gegend eine Reihe zusammenhängender Kraftwerke von 200 000 PS Gesamtleistung mit zwischenliegenden Stauseen geplant, von denen das erwähnte eine Zwischen-Gefällstufe von 130 m bei 10 bis 15 m³/sek Wassermenge ausnützen soll. Die Anlage des Maschinenhauses am Ufer der gestauten Dordogne würde bei Niederwasser, wenn das Niveau der gestauten Diège sinkt, eine Verminderung des Gefälles auf rund 100 m zur Folge haben. Werden aber nach dem gemachten Vorschlag die Turbinen unterirdisch, 45 m unter dem normalen Stauspiegel der Dordogne aufgestellt, so wird, da dem Sinken des Stauspiegels der Diège ein gleichgrosses Sinken jenes der Dordogne entspricht, die Druckhöhe nahezu konstant bleiben. Die Aufstellung der vier Maschinengruppen zu je 5000 PS kann in einem im Felsen ausgesprengten Raum erfolgen; die Transformatoren und die Schaltanlage würden oberirdisch angeordnet. Wie bekannt, ist die Idee des unterirdischen Maschinenhauses, wenn auch nicht wie im vorliegenden Falle zur Vermeidung von Schwankungen des Gefälles, z. B. schon bei dem in Band LXVII, Seite 55 und 67 (29. Januar und 5. Februar 1916) beschriebenen Kraftwerk an den Porjus-Fällen in Norwegen verwirklicht worden.

Welttelegraphen-Denkmal in Bern. Die Bewegung gegen die Aufstellung des dem Bildhauer Romagnoli preisgekrönten Entwurfes auf dem Helvetiaplatz, vor dem Eingang in das Historische Museum, die in der Bevölkerung der Stadt Bern vor Kriegsausbruch so hohe Wellen warf, ist nun von einer Anzahl bernischer Vereine mit Macht wieder aufgegriffen worden. Zu diesen gehören u. a. der Bernische Ingenieur- und Architekten-Verein, die Berner Sektion der Gesellschaft schweizerischer Maler, Bildhauer und Architekten, die Bernische Kunstgesellschaft, die Vereinigung für Heimatschutz, usw., im ganzen 20 Vereine und Verbände; diese haben neuerdings an die Regierung eine Eingabe gerichtet, die sich in kurzer Zeit mit 7800 Unterschriften von Einwohnern Berns aus allen Gesellschaftskreisen bedeckte. — Wir haben der Angelegenheit nach Darstellung der preisgekrönten Entwürfe in Band LVIII, Nr. 18 vom 28. Oktober 1911 auch weiterhin alle Aufmerksamkeit geschenkt und können unsere Leser auf die in den Jahren 1912 und 1913¹⁾ gebrachten Mitteilungen und Aeusserungen aus bernischen Kreisen verweisen. Es soll uns freuen, wenn es den Anstrengungen der Berner Bevölkerung gelingt, die Sache zu einem guten Ende zu führen.

Neubauten für die Hochschule in Mailand. Zur Unterbringung der höheren wissenschaftlichen und technischen Lehranstalten in Mailand wurde schon 1913 der Bau umfangreicher Neubauten beschlossen; während des Krieges unterbrochen, werden die Bauarbeiten nunmehr eifrig gefördert. Nach „Monitore Tecnico“ vom 10. Mai, der Näheres über die Gebäude und deren Fortschrittzustand berichtet, sind sie zur Aufnahme folgender Institute bestimmt: Kunstakademie, physikalisches, astronomisches und meteorologisches Observatorium, wissenschaftliche und Literatur-Akademie, Botanische Schule, Technische Hochschule, Tierärztliche Hochschule, Landwirtschaftliche Hochschule und physiologisches Institut.

Ein neues Anlassverfahren für Gleichstrom-Motoren schlägt Dr. Ing. *Milan Vidmar* in der „E. T. Z.“ vom 29. September 1921 vor. Es beruht darauf, den Anlassstrom statt durch einen Anlasswiderstand, der hier erspart werden kann, dadurch zu verkleinern, dass die Ankerwicklung beim Anlassen in Serie geschaltet wird. Wie die Theorie der neuen Idee zeigt, ist dies durch Abheben der Bürsten bis auf zwei in sehr einfacher Weise erreichbar. Mit dem Wegfall des Anlassers sind natürlich weitgehende Vorteile verbunden, deren wichtigster wohl darin liegt, dass der Motor dadurch zu einer selbständigen Einheit wird.

¹⁾ Band LX, Seiten 232, 245, 326, 351, und Band LXI, Seite 77.