Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 69/70 (1917)

Heft: 17

Artikel: Das projektierte Heidsee-Werk, eine Ergänzungs-Anlage zum Albula-Kraftwerk der Stadt Zürich

Autor: Kummer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-33868

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: 15.07.2025

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

ϑ_{01} und ϑ_{02} die J_0E-fache Verdrehungen der Bogen I und II infolge Belastung durch die äusseren Kräfte,

Γ_1, Γ_2 die J_0E-fachen Verdrehungen der Bogen I und II infolge der Belastungszustände $M_1 = 1$ und $Y = 1$,

η_1, η_2 die totalen J_0E-fachen horizontalen Verschiebungen im Scheitel der Bogen I und II,

η_{01} und η_{02} die J_0E-fachen horizontalen Verschiebungen der Bogen I und II infolge Belastung durch die äusseren Kräfte,

γ_1, γ_2 die J_0E-fachen Verschiebungen der Bogen I und II infolge der Belastungszustände $M_1 = 1$ und $Y = 1$.

Bezeichnet man ferner mit J' das Trägheitsmoment der Traverse $B_1 B_2$ und mit a ihre Spannweite, so kann man mit $\alpha = \frac{J_0}{J'}$ setzen

$$\vartheta_1 = \alpha \frac{a}{6} (2 M_1 + M_2) \text{ und } \vartheta_2 = - \alpha \frac{a}{6} (M_1 + 2 M_2) \quad . \quad (51)$$

Diese Gleichungen sind, streng genommen, nur dann richtig, wenn die beiden Bogen I und II gleiche Senkungen im Scheitel erleiden. Eine Differenz in der Durchbiegung kann in diesem Falle nur von der Reaktion Z erzeugt werden. Die in der Praxis vorkommenden Verhältnisse der Abmessungen sind aber derart, dass der Einfluss der Reaktion Z auf ϑ_1 und ϑ_2 vernachlässigt werden kann. Vernachlässigt man ferner die axiale Deformation der Traverse infolge Y, so werden mit $\eta_1 = \eta_2$

$$\gamma_1 (M_1 + M_2) + 2 \gamma_2 Y = \eta_{01} - \eta_{02} \quad . \quad . \quad (52)$$

Aus (49) und (51) ergeben sich dann

$$M_1 \left(\alpha \frac{a}{3} + \Gamma_1\right) + M_2 \alpha \frac{a}{6} + \Gamma_2 Y = \vartheta_{01}$$

$$M_1 \alpha \frac{a}{6} + M_2 \left(\alpha \frac{a}{3} + \Gamma_1\right) + \Gamma_2 Y = - \vartheta_{02}$$

und

$$\left.\begin{aligned} (M_1 + M_2)\left(\Gamma_1 + \alpha \frac{a}{2}\right) + 2 \Gamma_2 Y &= \vartheta_{01} - \vartheta_{02} \\ (M_1 - M_2)\left(\Gamma_1 + \alpha \frac{a}{6}\right) &= \vartheta_{01} + \vartheta_{02} \end{aligned}\right\} \quad . \quad (53)$$

Aus (52) und (53) kann man für jeden Belastungsfall die Unbekannten M_1, M_2, Y ermitteln.

Sonderfall: Haben die beiden Bogen, wie es bei Winddruck der Fall ist, gleiche horizontale Kräfte aufzunehmen, so werden $\vartheta_{01} = \vartheta_{02}$ und $\eta_{01} = \eta_{02}$. Wie leicht einzusehen ist, werden dann $Y = 0$ und $M_1 + M_2 = 0$. Aus der zweiten der Gleichungen (53) folgt dann

$$M_1 \left(\Gamma_1 + \alpha \frac{a}{6}\right) = \vartheta_{01} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (53a)$$

Die Koeffizienten ϑ_{01}, ϑ_{02}, Γ_1, Γ_2, η_{01}, η_{02}, γ_1, γ_2 werden am einfachsten mit Hilfe des Prinzips von Castigliano bestimmt. Allgemein berechnen sich die Verdrehung ϑ und die horizontale Verschiebung η im Scheitel aus

$$\vartheta = \frac{\partial A}{\partial M_1} = \int_{-a}^{+a} M_b \frac{\partial M_b}{\partial M_1} dw + \int_{-a}^{+a} M_t \frac{\partial M_t}{\partial M_1} dw'$$

$$\eta = \frac{\partial A}{\partial Y} = \int_{-a}^{+a} M_b \frac{\partial M_b}{\partial Y} dw + \int_{-a}^{+a} M_t \frac{\partial M_t}{\partial Y} dw'$$

Aus dem Satz von Maxwell folgt weiter

$$\Gamma_2 = \gamma_1$$

Im Folgenden beschränken wir uns auf die eingehende Bestimmung der Koeffizienten Γ_1 und ϑ_{01} der Gleichung (53a). Wir nehmen an, dass die Bogenmittellinie ein Kreis und der Bogenquerschnitt konstant sei. Mit Hilfe der Gleichung (46a) erhalten wir:

$$M_S = \frac{1}{2N} \mathrm{V} (\varrho - 1) \text{ und } \Gamma_1 = \frac{r}{2} \left[(\mathrm{III} + \varrho\, \mathrm{IV}) - \frac{\mathrm{V}^2 (\varrho - 1)^2}{N}\right]$$

Wirkt auf den Bogen ein über der Bogenmittellinie gleichmässig verteilter horizontaler Druck p, so ergibt sich mit Hilfe der Gleichung (47)

$$\vartheta_{01} = p r^3 [(\mathrm{I} - \mathrm{V}) - \varrho (\mathrm{VII} - \mathrm{V}) + M_S' \mathrm{V} (\varrho - 1)]$$

wobei:

$$M_{S'} = \frac{\varrho (\mathrm{VI} - \mathrm{III}) + (\mathrm{II} - \mathrm{IV})}{N}$$

bedeutet.

Die Berechnung eines Zwillingsbogens mit mehreren Traversen wäre nach diesem Verfahren zu umständlich. In einer späteren Arbeit soll auf dieses schwierige Problem zurückgekommen werden.

Bei einer Bogenbrücke mit aufgehängter Fahrbahn mit oder ohne Traversen kann es unter Umständen vorkommen, dass die durch den horizontalen Winddruck und andere horizontale Kräfte erzeugten wagrechten Verschiebungen Nebenspannungen im Bogenscheitel hervorrufen, die das Ausknicken des Bogens zur Folge haben können. Beim Entwurf einer solchen Brücke in Eisen oder in Eisenbeton kann mit Hilfe vorheriger Ausführungen die Knicksicherheit der Bogen geschätzt werden. Eine allgemein befriedigende Theorie der Knickung kann nur mit Hilfe der statistischen Mechanik entwickelt werden.

Das projektierte Heidsee-Werk, eine Ergänzungs-Anlage zum Albula-Kraftwerk der Stadt Zürich.

Das im Herbste 1909 in Betrieb genommene Albula-Kraftwerk der Stadt Zürich[1]) ist für eine Ausnützung von rund 16 m^3/sek Wasser bei rund 145 m Nutzgefälle gebaut worden, entsprechend einer Dauerleistung von sieben der in der Zentrale Sils installierten acht Drehstrom-Generatoren von $7 \times 2300 = 16\,100$ kW. Da in den Wintermonaten Januar bis März die Wassermenge auf rund 6 m^3/sek zurückgehen kann, so bestand von jeher das Bedürfnis nach Ergänzungskraft während der Wintermonate, um eine höchstmögliche Ausnützung des Albula-Kraftwerks, sowie der ältern und kleinern Wasserkraftanlage im Letten zu Zürich zu erzielen. Wie wir in einem vor 2½ Jahren in der „Schweiz. Bauzeitung" erschienenen Aufsatze[2]) geschildert haben, ist die ebenfalls im Letten erstellte kalorische Ergänzungsanlage mit einer, bezw. zwei eigenartigen Momentreserven für die elektrische Beleuchtung der Stadt Zürich in Verbindung gebracht worden. Ausserdem bezieht Zürich schon seit 1903 elektrische Ergänzungs-Energie von auswärts (erst von der A.-G. Motor, nunmehr von den Nordostschweizerischen Kraftwerken). Projekte der Verstärkung der eigenen Ergänzungsanlagen sind jedoch stets verfolgt worden; so hat beispielsweise das Jahr 1913 die Vorlage einer kalorischen Ergänzungsanlage im Guggach zu Zürich gebracht; den Lesern der „Schweiz. Bauzeitung" dürfte die Ablehnung jener Vorlage in der städtischen Volksabstimmung noch in Erinnerung sein.[3])

Nunmehr steht die Abstimmung für eine hydraulische Ergänzungsanlage bevor, der man heute mit umsomehr Befriedigung zustimmen kann, als man 1913 gegen die Guggach-Anlage Bedenken haben musste. Da das heute vorliegende Projekt als tatsächliche Ergänzung der Albula-Anlage anzusehen ist, und zudem eine, für die massgebenden Betriebsstunden zur Zeit der „Lichtspitzen" im Winterhalbjahr ausreichende Steigerung der Akkumulierbarkeit von Betriebswasser für die stadtzürcherischen Kraftanlagen bringt, so ist es auch geeignet, die wirtschaftliche Schwäche der bestehenden Momentreserven für die elektrische Beleuchtung von Zürich zu mildern; auf diese Möglichkeit haben wir übrigens in unserm, oben zitierten Aufsatz bereits hingewiesen.[4])

Die projektierte Ergänzungsanlage zum Albula-Kraftwerk soll die Wasserkraft des Heidbachs zwischen Heidsee und Albula-Stollen, bei 562 m Nutzgefälle einerseits, und über das Albula-Gefälle von 145 m anderseits nutzbar machen, wobei der durch ein Zusatzbecken vergrösserte Heidsee als Akkumulierraum für rund zwei Millionen nutzbare Kubikmeter in Frage kommt. Die in Betracht fallenden Oertlichkeiten sind in der nebenstehenden Abbildung ersichtlich, aus der auch die massgebenden Höhenkoten entnommen werden können. Die projektierte Wasserfassung befindet sich unterhalb des See-Auslaufs, auf Kote 1459,50 m, wo der Einbau eines Wehres in den Heidbach vorgesehen ist. Die Wasserführung vom Wehr zum Wasserschloss, oberhalb Muldain, soll teils in einem offenen Zulaufkanal, teils in einem Stollen erfolgen und ist für ein Quantum von 2,2 m^3/sek bemessen, das im Maximum in den für die Benutzung von Ergänzungskraft massgebenden Betriebsstunden verwertet werden soll. Die Druckleitung, bestehend aus einem obern 540 m langen Teil aus genieteten Rohren und aus einem untern Teil aus geschweissten Röhren von 1241 m Länge, führt zu dem auf dem

[1]) Bd. XLVII, S. 123, 294, 307 (März/Juni 1906), Bd. LVII, S. 239 (29. April 1911).
[2]) Band LXIV, S. 231 und 238 (21./28. Nov. 1914).
[3]) Band LXI, S. 77 (8. Febr. 1913) und 260 (10. Mai 1913).
[4]) Band LXIV, Seite 233 und 239.

linken Albulaufer in 826,8 *m* über Meer liegenden Maschinenhaus, das für die Aufnahme von zwei hydroelektrischen Gruppen von je 6500 *PS* Turbinenleistung, bezw. je 5300 *kVA* Generatorenleistung bei cos $\varphi = 0{,}85$ vorgesehen ist. Diese Gruppen werden mit den Einheiten des Albula-Kraftwerks Sils über eine 13 *km* lange unterirdische Kabelleitung direkt parallel geschaltet und sind deshalb, wie diese, für die Abgabe von 50periodigem Drehstrom bei 7000 *V* Klemmenspannung bestimmt. Das Abwasser des Ergänzungskraftwerkes kann durch einen 165 *m* langen Stollen bei 1,2 ‰ Neigung in ein bestehendes Fenster des Albulastollens eingeleitet werden. Damit wird während der Wintermonate die Wassermenge des Albulawerkes etwas erhöht, während für die Sommermonate das letztere Werk an sich schon genügend wasserreich und seine Anlagen übrigens vollausgenützt sind. Der endgültig bereinigte Kostenvoranschlag für dieses Ergänzungskraftwerk lautet auf 5,3 Millionen Fr., wovon 2,654 Millionen Fr. auf den hydraulischen Teil, 0,840 Millionen Fr. auf den maschinellen und elektrischen Teil und 1,806 Millionen Fr. auf den Landerwerb, Bauzinsen, Bauleitung, Preiserhöhungen seit 1913 und Diverses entfallen. Die erzielbare Jahresarbeit dieses Werks wird auf 20,7 Millionen *kWh* beziffert, wovon 7,36 Millionen *kWh*, oder 35,5 % der Jahresarbeit, von Oktober bis Ende April verfügbar sind; zudem verschafft dieses Ergänzungswerk dem Albulawerk eine Vermehrung der in den Wintermonaten erzielbaren Arbeit von 1,89 Mill. *kWh*.

Zur wirtschaftlichen Beurteilung dieses projektierten Ergänzungs-Kraftwerks ist folgendes zu sagen. Ein Vergleich mit dem Albulawerk lässt es zunächst ungünstiger erscheinen, denn das Albulawerk mit 18 400 *kW* installierter Leistung hat ohne Fernleitung, Schaltstationen und Zubehör nur etwa 7,9 Millionen Fr. gekostet, während das ebenso weit ausgerüstete Ergänzungswerk mit nur 9000 *kW* installierter Leistung 5,3 Millionen Fr. kosten soll; der Bau des Albulawerks zur heutigen Zeit würde jedoch dessen Erstellungskosten von 7,9 auch auf rund 10,8 Millionen Fr. erhöhen, bezw. pro installiertes Kilowatt auf den gleichen Betrag wie das Ergänzungswerk. Zur rund doppelt so grossen Leistung des Albulawerks kommt mit rund 100 Millionen *kWh* eine analog berechnete, aber gegenüber dem Ergänzungswerk rund fünffache Jahresarbeit hinzu. Berücksichtigt man weiter, dass die Winterarbeit des Albula-Kraftwerks (Monate Oktober bis Ende April) mit rund 43 Millionen *kWh*, oder 43,0 % der Jahresarbeit, beteiligt ist, so erkennt man, dass hinsichtlich der Energie, selbst für die wirtschaftlich besonders massgebenden Wintermonate, das neue Ergänzungs-Kraftwerk gegenüber dem bestehenden Albula-Kraftwerk minderwertig ist. Dieses Urteil wird dadurch aber verändert, dass das Ergänzungs-Kraftwerk zur Spitzendeckung ausserordentlich befähigt und weiter auch geeignet ist, die Winterproduktion des Albulawerks selbst um rund 1,89 Millionen *kWh* zu steigern, sowie auch dadurch, dass die bei der Berechnung der Jahresarbeit und der Winterproduktion des Albulawerks zugrunde gelegte Möglichkeit vollständiger Akkumulierung des Nachtwassers, infolge der Geschiebeverhältnisse im Stausee vor dem Albulawehr, wohl zu optimistisch sein dürfte. Das wirtschaftliche Endurteil über die projektierte Ergänzungs-Anlage am Heidsee scheint auf Grund einer Betriebskosten-Betrachtung jedenfalls kein ungünstiges zu sein. In der Vorlage werden die Betriebskosten auf jährlich 480 000 Fr. veranschlagt, deren Deckung ein Erlös aus Sommerkraft von 100 000 Fr. und eine Bewertung der Winterkraft (7,36 + 1,89 = 9,25 Mill. *kWh*) mit einem Einheitspreis von

$$\frac{380\,000 \text{ Fr.}}{9{,}25 \text{ Mill. } kWh} = 4{,}1 \text{ Rp./}kWh$$

bringen sollen. Man kann diese Rechnung durch eine Gegenrechnung kontrollieren, bei der unter gleichzeitiger Erhöhung der Jahreskosten auf 530 000 Fr., bezw. auf 10 % des Anlagekapitals, einerseits die ganze Jahresarbeit gleichmässig und anderseits nur die Winterproduktion bewertet wird. Dabei liefert die gleichmässige Bewertung der Jahresarbeit den Einheitspreis:

$$\frac{530\,000 \text{ Fr.}}{20{,}7 \text{ Mill. } kWh} = 2{,}6 \text{ Rp./}kWh,$$

während die ausschliessliche Bewertung der zur Spitzendeckung so wohl geeigneten Winterproduktion einen Einheitspreis für dieselbe von:

$$\frac{530\,000 \text{ Fr.}}{9{,}25 \text{ Mill. } kWh} = 5{,}7 \text{ Rp./}kWh$$

ergibt. Die eine, wie die andere Darstellung zeigt, dass die Ergänzungsanlage durchaus bauwürdig ist und zur Ausführung empfohlen werden kann.

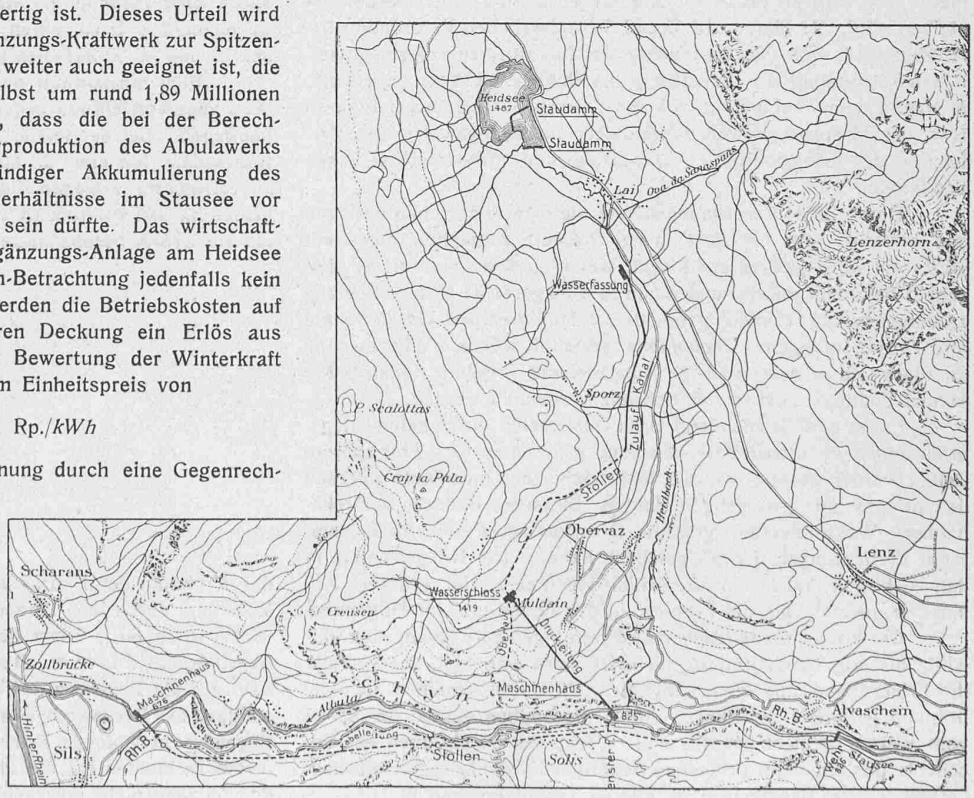
Ein Einwand gegen die Bauwürdigkeit der projektierten Anlage könnte schliesslich damit begründet werden, dass bereits kurz vor Kriegsausbruch die Verwirklichung einer grossen Akkumulierungs-Anlage im Oberhalbstein in Aussicht stand und auch später wieder in Aussicht stehen dürfte, durch die die ausnützbare Abflussmenge der Albula im Winter auf 14 m^3/sek gebracht werden kann, sodass eine besondere Ergänzungsanlage sich dann erübrigen müsste. Wir würden es aber für wenig weitsichtig und zudem als für unsere Volkswirtschaft äusserst nachteilig ansehen, wenn eine solche spekulative Hoffnung Gegner der projektierten Anlage auf den Plan rufen sollte; einerseits ist diese zu allen Zeiten an sich schon bauwürdig, während sie anderseits im gegenwärtigen Zeitpunkt die am leichtesten realisierbare Verbesserung des Albula-Werks und der gesamten stadtzürcherischen Energie-Versorgung bildet. Zu keiner Zeit hat mehr als heute das Wort Senecas gegolten: *Bis dat, qui cito dat*, an das angesichts unserer gegenwärtigen Brennstoffnot und unserer sonstigen Abhängigkeit nachdrücklich erinnert sein möge. *W. Kummer.*

Schutz des Ingenieurtitels in Oesterreich.

Im „Reichsgesetzblatt der Oesterreichischen Monarchie" vom 28. März 1917 ist eine am 1. Mai 1917 in Kraft tretende Verordnung über die Berechtigung zur Führung der Berufsbezeichnung „Ingenieur" erschienen, die auch im Fachblatt der Schweizerischen akademischen Techniker ihre Erwähnung verdient.[1]) Ueber deren Inhalt entnehmen wir einer amtlichen Mitteilung Folgendes:

„In voller Ueberzeugung von der unbedingten Notwendigkeit, den Gebrauch der Bezeichnung „Ingenieur" zu regeln, waren bereits in früherer Zeit mehrfach gegenständliche Regierungsvorlagen im Reichsrat eingebracht worden. Die während des Krieges gemachten Erfahrungen haben vollends dargetan, dass die auf diesem

[1]) Die Verordnung ist u. a. auch in der „Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereins" vom 13. April 1917 im Wortlaut wiedergegeben. *Red.*



Uebersichtskarte des Albulawerkes der Stadt Zürich und des projektierten Heidseewerks. — Masstab 1 : 75 000.