Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Band: 17 (1925)

Heft: 10

Artikel: "Theorie und Konstantenbestimmung des hydrometrischen Flügels"

Autor: Ott, L.A. / Springer, Julius

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920406

Wie man aus dem vorher Gesagten erkennen wird, müssen bei der Projektierung automatischer Wasserkraftzentralen die Betriebsverhältnisse sowohl der Zentrale selbst, als des Netzes, an das sie angeschlossen wird, gründlich untersucht werden. Außerdem ist eine eingehende Zusammenarbeit des Elektrikers mit dem Turbinenbauer Vorbedingung. Irgend welche unbekannte Anforderungen an das Material sind aber nicht zu erwarten. Die Maschinen und Apparate, die zur Verwendung gelangen, sind bekannter und bewährter Bauart, die in Betracht kommenden Schaltmethoden sind ebenfalls längst erprobt, so daß kein Grund vorhanden ist, die großen wirtschaftlichen Vorteile der Automatisierung auch bei hydro-elektrischen Zentralen nicht mehr als bisher auch in der Schweiz auszunützen.

„Theorie und Konstantenbestimmung des hydrometrischen Flügels".

Von Dr. Ing. L. A. Ott. Berlin 1925. Julius Springer.

Der Verfasser dieser Dissertationsschrift hat sich zum Ziel gesetzt, eine allgemeine Theorie des hydrometrischen Flügels zu entwickeln und eine Flügelgleichung aufzustellen, die in höherem Masse als die bisher bekannten Gleichungen sich mit den Versuchsergebnissen widerspruchslos decken soll. Er legt grosses Gewicht auf die Entwicklung der Methode, nach der die Konstanten der Flügelgleichung aus den Schleppversuchen (Eichung) abgeleitet werden können, und sucht auch Ergebnisse über die Messgenauigkeit zu gewinnen, indem er es als dringend betrachtet, einmal genau festzustellen, welcher Grad von Zuverlässigkeit der Flügelmessmethode innewohnt. Angesichts der wachsenden Bedeutung der genauen Ermittlung grosser und grösster Wassermengen in Niederdruckanlagen, sowie im Hinblick auf neu vorgeschlagene Messmethoden kann man der Auffassung des Verfassers über die Dringlichkeit dieser Abklärung nur beipflichten.

Als neue allgemeine Flügelgleichungen schlägt Dr. Ott folgende vor:

$$v = a + kn + \frac{c^2}{v - a' - k'n} \text{ oder, in expliziter Form:}$$

$$v = \frac{a + a'}{2} + \frac{k + k'}{2} n + \sqrt{\left(\frac{a - a'}{2} + \frac{k - k'}{2} n\right)^2 + c^2},$$

worin n die Zahl der Umdrehungen in der Zeiteinheit, v die Strömungsgeschwindigkeit, und a, a', k, k' und c Konstante bedeuten, welch letztere gegenseitig von einander unabhängig sind. Ihre geometrische Bedeutung lässt sich am besten aus der Figur erkennen, in der die Flügelgleichung als Teil eines Hyperbel-Astes erscheint, dessen Asymptoten mit I und II bezeichnet seien.

Einige der bisher bekannten Flügelgleichungen können als Spezialfälle der obigen gedeutet werden; ebenso kann man durch Vereinfachungen weitere Näherungsformeln gewinnen.

a). Setzt man $a' = o$ und $k' = o$ d. h. lässt man die Asymptote II mit der n-Achse zusammenfallen, so erhällt man die bekannte Rateau'sche Gleichung

$$v = a + k\,n + \frac{c^2}{v}$$

$$\text{oder } v = \frac{a}{2} + \frac{k}{2} n + \sqrt{\left(\frac{a}{2} + \frac{k}{2} n\right)^2 + c^2}$$

b). Wird $a = o$ und $a' = o$ gesetzt, so gehen die Hyperbel-Asymptoten durch den Koordinaten-Nullpunkt 0, und die Flügelgleichung nimmt die Form derjenigen von Baumgarten an:

$$v = \frac{k + k'}{2} n + \sqrt{\left(\frac{k - k'}{2} n\right)^2 + v_0^2},$$

worin v_0 die Anlaufgeschwindigkeit ist.

c). Setzt man $c = o$, so zerfällt die Hyperbel in zwei Gerade mit den Gleichungen

$$v = a' + k'n \qquad \text{und} \qquad v = a + k\,n$$

d. h. die Hyperbel ist dann durch ihre Asymptoten ersetzt.

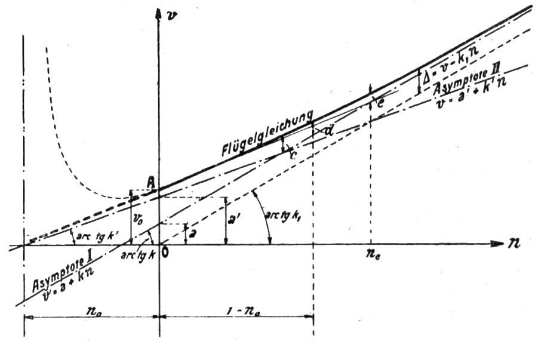
d). Noch etwas genauere Näherungsgleichungen, als die unter c). genannten, werden von Dr. Ott zum praktischen Gebrauch vorgeschlagen:

$$v = a' + k'n + \frac{c^2}{c - (a - a') - (k - k')n} \quad \text{für } n < \frac{a' - a}{k - k'}$$

$$\text{und } v = a + k\,n + \frac{c^2}{c + (a - a') + (k - k')n} \quad \text{für } n > \frac{a' - a}{k - k'}$$

Diese enthalten die Grösse n nur in erster Potenz, sind daher etwas einfacher in der Anwendung als die allgemeine Gleichung.

e). Eine weitere Vereinfachung, die zwar von Dr. Ott nicht angegeben ist, die aber nahe liegt, besteht darin,



dass die Asymptote II parallel zur Ordinatenachse gelegt wird (s. Figur). Die Flügelgleichung nimmt dann die sehr einfache Form

$$v = a + k\,n + \frac{d}{n + n_0}$$

mit 4 Konstanten a, k, d und n_0 an. Auch diese Gleichung gibt Resultate von bemerkenswerter Genauigkeit. Für den praktischen Gebrauch normaler Flügel bei Geschwindigkeiten über der doppelten Anlaufgeschwindigkeit, d. h. über ca. 0,15 m/sec. liefert sogar der Ansatz

$$v = a + k\,n + \frac{d'}{n}$$

mit nur drei Konstanten ebenso genaue Resultate. Unseres Erachtens ist diese letztere Form für praktische Zwecke allen andern vorzuziehen.

Eine elegante graphische Methode wird von Dr. Ott zur Bestimmung der Konstanten a, a', k, k' und c entwickelt. Sie beruht auf der Auftragung der Differenzen $\triangle = v - k_1 n$ als Funktion von n (s. Figur), in geeigneten Masstäben, in der Bestimmung der Anlaufgeschwindigkeit v_o auf dem Wege der graphischen Extrapolation, in der schätzungsweisen Einzeichnung der Asymptote I und der Tangente im Punkt A, sowie im Abgreifen der Grössen a, n_e, e, woraus dann die andern Konstanten a', k, k' und c berechnet werden können. Diese Methode verlangt die Durchführung von möglichst vielen Schleppversuchen bis herab zu kleinsten Werten der Geschwindigkeit, denn nur dann ist die sichere Ermittlung von v_o möglich. Die bisher in der Schweiz gebräuchliche Methode der Konstantenbestimmung (Ausgleich der Eichpunkte nach der Methode der kleinsten Quadrate nach zwei oder mehreren Geraden) verlangt die Durchführung von Schleppversuchen nur innert denjenigen Geschwindigkeitsgrenzen, in denen der Flügel wirklich gebraucht wird, d. h. selten unter ca. 0,20 m/sec. Auch für die noch einfachere Ermittlung der 3 Konstanten a, k und d' in Gleichung $v = a + k\,n + \frac{d'}{n}$ ist dies der Fall.

Bei den von Dr. Ott mitgeteilten Eichungsbeispielen an guten Instrumenten und mit guter Versuchseinrichtung lag der mittlere Fehler eines Eichpunktes in den Grenzen von $\pm$ 0,002 bis $\pm$ 0,005 m/sec. Bei Geschwindigkeiten von beispielweise 0,5 bis 1,0 m/sec. ist er somit 0,2 bis 1,0 %.

Ueber die Genauigkeitsgrenzen der Flügelmess-methode als solche, d. h. bei der Verwendung des Flügels zu Messzwecken konnte der Verfasser auf Grund seiner Untersuchungen naturgemäss nichts aussagen, sogerne der Praktiker auch hierüber etwas vernommen hätte.

Der wissenschaftliche Wert der Ott'schen Untersuchungen ist aber dadurch in keiner Weise beeinträchtigt, denn diese schaffen eine brauchbare Grundlage für weitere Arbeiten, sodass das Studium dieser Schrift den Fachleuten empfohlen werden kann.

Es sei jedoch bei dieser Gelegenheit mitgeteilt, dass nach neuern, bisher unveröffentlichten Untersuchungen des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft im Durchschnitt aller verwendeten Flügeltypen die durchschnittlichen prozentuellen Abweichungen der Eichpunkte von den ausgeglichenen Werten (Streuung) untenstehende Werte annehmen. Diese sind für die Flügelprüfanstalt der genannten Amtsstelle, sowie für die bereits erwähnte Ausgleichmethode charakteristisch. Ferner sind die durchschnittlichen Abweichungen der Messresultate bei der Verwendung des Flügels zur Bestimmung der Wassermengen in Turbinenanlagen untenstehend angegeben. Die Ziffern bedeuten die Abweichungen vom wirklichen Werte der Wassermengen, der mit andern Messmethoden (Ueberfälle, Behälter) ermittelt wurde. Es handelt sich dabei um normale Verhältnisse bei den Messungen. Sind die äussern Umstände ungünstig (schlechte Beharrungszustände, Rückströmungen in einzelnen Teilen des Messprofils, sandhaltiges Wasser etc.), so können die Fehler der mit Flügel ermittelten Wassermenge grösser sein. Bei guten Verhältnissen ist jedoch eine Messgenauigkeit von rund $^1/_2$ bis $^3/_4$ % möglich. Diese ist wesentlich besser, als man gewöhnlich vom Flügel erwartet.

In den Geschwindigkeitszonen:	0,25 — 0,5 m/sec.	0,5 — 1,0 m/sec.	1,0 — 2,0 m/sec	2,0 — 4,0 m/sec.
Durchschnittl. Abweichungen der Eichpunkte:	± 0,50 %	± 0,25 %	± 0,16 %	± 0,08 %
Durchschnittl. Abweichungen der Wasser-Meßresultate in Turbinenanlagen:	± 0,72 %	± 0,39 %		

Dr. ing. A. Strickler.

Die Wasserstandsverhältnisse im Winter 1925/26.

Vom Sekretariat des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes.

Vorbemerkung des Sekretariates. Wir haben im Winter 1924/25 periodisch einen Ueberblick über den Stand der in den größeren Seen und Staubecken aufgespeicherten Wassermengen, sowie über die Abflußmengen der wichtigeren Gewässer gegeben, der in Fachkreisen großem Interesse begegnet ist, und der auch von der Allgemeinheit im Hinblick auf die Energieversorgung verfolgt wurde. Diese Zusammenstellungen sollen auch im kommenden Winter gemacht werden. Leider ist es uns noch nicht gelungen, sämtliche wichtigeren Staubecken in das Verzeichnis aufzunehmen. Wir zweifeln aber nicht daran, daß schließlich doch allgemein die Erkenntnis durchdringen wird, daß diese Darstellungen von großem Wert für die Aufklärung des Publikums über unsere wasserwirtschaftlichen Verhältnisse und für die speziell interessierten Fachkreise sind. Wir danken an dieser Stelle dem eidg. Amt für Wasserwirtschaft, der eidg. meteorologischen Zentralanstalt, sowie den beteiligten Werken für ihre Mitwirkung.

Das erste Drittel des Monates Oktober war beinahe niederschlagsfrei und erst gegen Mitte des Monates haben im ganzen Lande mit Ausnahme der Südschweiz stärkere Niederschläge eingesetzt. Die im laufenden Jahr verzeichneten Niederschläge erreichten nach den Mitteilungen der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt bis Oktober knapp die normale Menge. Nur am Nordwestfuß des Jura dürfte sie diesen Betrag etwas überschreiten. Die größten monatlichen Niederschlagsmengen zeigten der August und September, strichweise auch der Juli. Die Schneebedeckung reicht bis ca. 2400 m. ü. M. Darunter liegen keine nennenswerte Schneemengen.