

# Ueber das Verfahren von Gibson für die Wassermessung in Druckleitungen veränderlichen Querschnitts

Autor(en): **Pavlov, B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **93/94 (1929)**

Heft 24

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-43473>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die jährliche Wasserentnahme aus dem Sihlsee beträgt gemäss Abbildung 6 156,5 Millionen m<sup>3</sup>, die sich entsprechend den Bedürfnissen der Bundesbahnen auf die einzelnen Monate wie folgt verteilt:

Mai	4,0 Mill. m <sup>3</sup>	November	17,2 Mill. m <sup>3</sup>
Juni	6,0 "	Dezember	20,0 "
Juli	6,0 "	Januar	20,2 "
August	6,0 "	Februar	18,0 "
September	6,0 "	März	20,2 "
Oktober	15,2 "	April	17,7 "
Sommer	43,2 Mill. m <sup>3</sup>	Winter	113,3 Mill. m <sup>3</sup>

Da im Etzelwerk mit einem m<sup>3</sup> Wasser 0,86 kWh erzeugt werden können, beträgt die Jahresenergie 156,5 × 0,86 = 135 Mill. kWh, wovon 97 Mill. kWh auf den Winter und 38 Mill. kWh auf den Sommer entfallen. Wird das Etzelwerk gemeinsam mit den Nordostschweizerischen Kraftwerken gebaut und betrieben, so beträgt der Anteil der Bahnanlage jährlich 74 Mill. kWh, wovon 53,5 Mill. kWh als Winterenergie und 20,5 kWh als Sommerenergie verwertbar sind, wenn man das Etzelwerk für sich allein betrachtet. Von diesen 74 Mill. kWh sind allerdings 2,2 Mill. kWh als Vorzugsenergie (1,9 Mill. kWh als Selbstkostenenergie und 0,3 Mill. kWh Gratisenergie) an den Kanton Schwyz und an die Bezirke Einsiedeln und Höfe abzugeben, sodass für die Bahn nur 71,8 Mill. kWh verbleiben. Den S. B. B. stehen aber im Kraftwerk Amsteg noch bedeutende Sommerwassermengen zur Verfügung, die, zum Teil wenigstens, dank der grossen Leistungsfähigkeit des Etzelwerkes im Winter für den Bahnbetrieb nutzbar gemacht werden können (Abb. 7). Auf diese Weise erhöht sich die mit dem Etzelwerk bei Vollaussnützung für die Bahn verbleibende Jahresenergie von 71,8 Mill. kWh auf 100 Mill. kWh, ohne dass im Kraftwerk Amsteg irgendwelche bauliche Aufwendungen und Kosten verursacht werden.

**Gestehungskosten der Energie.** Bringt man die jährlichen Betriebskosten mit der Arbeit des Werkes zu Bahnzwecken (71,8 Mill. kWh, erhöht um die im Kanton Schwyz abzugebende Selbstkostenenergie von 1,9 Mill. kWh) in Zusammenhang, so ergeben sich die Gestehungskosten der Kilowattstunde. Diese Gestehungskosten sind verschieden, je nachdem man das Etzelwerk für sich allein betrachtet, oder sein Zusammenarbeiten mit dem Amsteger Werk berücksichtigt.

- a) Etzelwerk allein (Anteil der S. B. B.):
  - Jährliche Betriebskosten . . . 2670000 Fr.
  - Jahresenergie zu Bahnzwecken, erhöht um die im Kanton Schwyz abzugebende Selbstkostenenergie . . . . . 73700000 kWh
  - Gestehungskosten der kWh  $\frac{2670000 \times 100}{73700000} = 3,6$  Rp.
- b) Etzelwerk (Anteil der S. B. B.) in Verbindung mit dem Kraftwerk Amsteg:
  - Jährliche Betriebskosten . . . 2670000 Fr.
  - Jahresenergie zu Bahnzwecken erhöht um die im Kanton Schwyz abzugebende Selbstkostenenergie . . . . . 101900000 kWh
  - Gestehungskosten pro kWh  $\frac{2670000 \times 100}{101900000} = 2,6$  Rp.

Der Preis von 2,6 Rp./kWh ist besonders deshalb als günstig zu bezeichnen, weil das Etzelwerk in die Nähe leistungsfähiger Uebertragungsleitungen (Altendorf-Steinen, Altendorf-Rapperswil-Seebach und Altendorf-Rapperswil-Gossau) zu liegen kommt, mit denen die erzeugte Energie ohne weiteres in die für die Abgabe an den Fahrdrabt in Betracht fallenden Unterwerke geleitet werden kann. Es tritt somit für die Energie, gemessen ab Unterwerk, nur noch eine kleine Verteuerung infolge der unvermeidlichen Uebertragungsverluste ein.

Das Etzelwerk soll im Herbst 1934 betriebsbereit sein; die Bauarbeiten sind daher im Jahre 1931 in Angriff zu nehmen.

## Ueber das Verfahren von Gibson für die Wassermengenmessung in Druckleitungen veränderlichen Querschnitts.

Von Dipl.-Ing. B. PAVLOV, Moskau.

Die theoretische Grundlage des Gibsonschen Messverfahrens bildet, wie bekannt<sup>1)</sup>, das Newtonsche Gesetz: Kraft = Masse × Beschleunigung oder

$$P = M \frac{dv}{dt} \dots \dots \dots (1)$$

Da wir es im gegebenen Fall mit einem flüssigen Körper zu tun haben, bedeutet hier  $v$  die Geschwindigkeit des Schwerpunktes des in der Rohrleitung strömenden Wassers,  $M$  die Masse dieses Wassers. Was  $P$  anbetrifft, ist es gleich  $p f_1$ , wobei  $p$  die mittlere Druckerhöhung im Messpunkt (Anschlussstelle der Messvorrichtung) infolge des hydraulischen Stosses,  $f_1$  den Rohrquerschnitt dasebst bedeutet.

Wenn wir mit  $T$  die Schliesszeit und mit  $v_0$  die vor dem Schliessen vorhandene Geschwindigkeit des Schwerpunktes der Masse  $M$  bezeichnen, so erhalten wir durch Integrieren der Gleichung (1)

$$\int_0^T p dt = M v_0 \dots \dots \dots (2)$$

weil für die Schliesszeit  $T$  die Geschwindigkeit  $v = 0$  ist.

Andererseits, wenn wir die Bezeichnungen einführen  $g$  = Erdbeschleunigung,  $\gamma$  = spezifisches Gewicht des Wassers,  $v_n$  = mittlere Geschwindigkeit im normalen Querschnitt,  $f$  = Querschnitt,  $Q = f v_n$  = Wassermenge pro sec,  $L$  = Länge der Rohrleitung,  $ds$  = Element der Länge  $L$ , so haben wir selbstverständlich

$$M v_0 = \Sigma m v_n = \frac{\gamma}{g} \int_0^L f v_n ds = \frac{\gamma}{g} Q L$$

Setzen wir in die Gleichung (2) anstatt  $M v_0$  den eben gefundenen Wert ein, so erhalten wir

$$Q = \frac{g}{\gamma} \frac{f_1}{L} A \dots \dots \dots (3)$$

wobei  $A$  das Integral  $\int_0^T p dt$  bedeutet.

Die Formel (3) besteht wie für den veränderlichen, so auch für konstanten Querschnitt der Rohrleitung. Dagegen hat N. R. Gibson für den veränderlichen Querschnitt eine andere Formel vorgeschlagen. Nehmen wir zum Beispiel an, die Rohrleitung bestehe aus mehreren Rohrstücken von der Länge  $l_1, l_2, l_3, \dots$  und dem Querschnitt  $f_1, f_2, f_3, \dots$ , so gilt nach Gibson für diesen Fall die Formel

$$Q = \frac{g}{\gamma} \frac{A}{F} \dots \dots \dots (4)$$

wobei

$$F = \frac{l_1}{f_1} + \frac{l_2}{f_2} + \frac{l_3}{f_3} + \dots \dots \dots (5)$$

Die Formel (4) ist aber falsch, wie im folgenden dargelegt werden soll.

Bezeichnen wir mit  $v_1$  die mittlere Geschwindigkeit im Messquerschnitt, so kann die Gleichung (3) umgeformt werden zu

$$A = \frac{\gamma}{g} L v_1 \dots \dots \dots (6)$$

Nach Gibson<sup>2)</sup> besteht diese Formel auch für das kombinierte Rohr. Dann haben wir

$$A = \frac{\gamma}{g} (l_1 v_1 + l_2 v_2 + l_3 v_3 + \dots)$$

<sup>1)</sup> Norman R. Gibson. „The Gibson method and apparatus for measuring the flow of water in closed conduits“. Trans. Am. Soc. Mech. Eng. 1923. S. a. Bd. 78, S. 41 (23. Juli 1921) und S. 205 (22. Oktober 1921), ferner Bd. 79, S. 27 (14. Januar 1922). Red.

<sup>2)</sup> I. a. c. § 79.

woraus mit

$$v_1 = \frac{Q}{f_1}, \quad v_2 = \frac{Q}{f_2}, \quad v_3 = \frac{Q}{f_3}, \quad \dots \quad (7)$$

sich die Formel (4) ergibt.

Dem ist aber nicht so. Multiplizieren wir die Gleichung (6) mit  $f_1$ , so erhalten wir

$$Af_1 = \frac{\gamma}{g} L f_1 v_1$$

d. h. der Impuls der veränderlichen Kraft  $p f_1$  ist gleich der vernichteten Bewegungsgrösse.

Wenn wir diesen Satz auf das kombinierte Rohr anwenden, so erhalten wir

$$Af_1 = \frac{\gamma}{g} (l_1 f_1 v_1 + l_2 f_2 v_2 + \dots)$$

woraus mit (7) und mit  $L = l_1 + l_2 + \dots$  sich die Formel (3), aber nicht die Formel (4) ergibt.

Ziehen wir weiter auch die reaktiven Kräfte  $N, N'$ , die auch die Masse  $M$  zur Ruhe zu bringen suchen, in Betracht, so haben wir, wie leicht zu ersehen ist, deren Projektion  $R$  auf die Axe der Rohrleitung

$$R = \int_0^L p_n df = R(t) \quad \dots \quad (8)$$

worin  $p_n$  die mittlere Druckerhöhung in einem normalen Querschnitt infolge des hydraulischen Druckstosses,  $df$  das elementare Anwachsen des normalen Querschnitts bedeuten.

Um dieses Integral für eine beliebige Zeit  $t$  zu berechnen, müssen wir  $p_n$  in Funktion von  $s$ , dem axialen Abstand eines normalen Querschnittes von dem Messquerschnitt, kennen. Diese Funktion  $p_n = p_n(s)$  ist aber sehr kompliziert und hängt von sehr vielen Faktoren ab, wie Art und Zeit des Schliessens, Länge und Material des Rohrs usw.; bekannt sind nur ihre Grenzwerte  $p_n = p$  für den Messquerschnitt und  $p_n = 0$  für den Einlass.

Bezeichnen wir

$$B = \int_0^T R dt \quad \dots \quad (9)$$

so haben wir, wie oben

$$B + Af_1 = \frac{\gamma}{g} Q L$$

woraus

$$Q = \frac{g}{\gamma L} (B + Af_1) \quad \dots \quad (10)$$

Um sich von dem relativen Wert von  $B$  eine Vorstellung zu machen, nehmen wir das lineare Gesetz für  $f$  und  $p_n$  und setzen

$$f = f_1 + \frac{s}{L} (f_2 - f_1)$$

$$p_n = p \frac{L - s}{L}$$

wobei  $f_2$  den Einlassquerschnitt bedeutet.

Setzen wir diese Werte von  $f$  und  $p_n$  in die Integrale (8) und (9) ein, so erhalten wir

$$R = \int_0^L p_n df = \frac{p}{2} (f_2 - f_1)$$

$$B = \int_0^T R dt = \frac{f_2 - f_1}{2} A$$

$$\frac{B}{Af_1} = \frac{1}{2} \left( \frac{f_2}{f_1} - 1 \right)$$

Wenn also z. B. der Einlassquerschnitt zweimal so gross ist wie der Messquerschnitt, so haben wir  $\frac{B}{Af_1} = \frac{1}{2}$ . Man sieht hieraus, dass die Wassermenge  $Q$  im Fall eines veränderlichen Rohrquerschnitts nicht nur durch die Grösse  $A$ , sondern auch durch die einen grossen Prozentsatz von  $Af_1$  betragende Grösse  $B$  bestimmt ist. Diese Grösse  $B$  ist aber im Gibbonschen Messverfahren nicht eingeschlossen, und so können wir nur wenig Hoffnung haben, bei Wassermengenmessungen mittelst dieses Verfahrens im Fall eines veränderlichen Rohrquerschnitts richtige Resultate zu erzielen.

## Zwei Stahlskelettbauten in Basel.

Architekten ARTARIA und SCHMIDT, Basel.

(Mit Tafeln 21 bis 24.)

WOHNHAUS FÜR ALLEINSTEHENDE FRAUEN „ZUM NEUEN SINGER“.

Das Haus für alleinstehende Frauen „Zum Neuen Singer“ in Basel ist aus einem beschränkten Wettbewerb hervorgegangen, der im Jahre 1927 von der „Frauenzentrale beider Basel“ veranstaltet wurde. Aus baupolizeilichen Gründen musste die Körpergruppierung des ursprünglichen Projektes abgeändert werden; das Wichtigste, die Idee der einzelnen um je einen kleinen Entlüftungs- und Lichtschacht gruppierten Appartements ist sich aber gleich geblieben. Das Gebäude enthält im ganzen 22 Wohneinheiten, nämlich vier Einzimmerwohnungen mit einer Nutzfläche von 36 m<sup>2</sup> (einschliesslich Terrasse), fünfzehn Zweizimmerwohnungen von 45 m<sup>2</sup> (einschliesslich Balkon) und drei Dreizimmerwohnungen zu 59 m<sup>2</sup> (ebenso). An Mieten sind dafür zu zahlen 800 Fr., 1050 (im Erdgeschoss) bis 1150 Fr. (in den Obergeschossen), und 1450 Fr. Die meisten Bewohnerinnen sind Rentnerinnen. Die Hauptfront an der Speiserstrasse (Tafel 21 unten) geht nach Ost-südost. Der ganze Bautypus stellt eine Variante des „Aussenganghauses“ dar, die Wohneinheiten sind vom gemeinsamen Gang (Abb. 8) aus erreichbar, nur dass sie nicht für Querverlüftung allein auf diesen Gang angewiesen sind; denn ein besonderer Luftschacht sorgt für die Entlüftung von Küche, Bad und Klosett. Er endet über Dach in einem niederen Aufbau mit Jalousie-Oeffnungen. Im Unterschied zu den herkömmlichen Stiftern sind die Wohnräume der einzelnen Mieterinnen zu kleinen Appartements verselbständigt, deren innere Organisation aus Abb. 5 ersichtlich ist. In den Appartements gegen die Speiserstrasse ist die Schlafnische durch eine, in der Regel offstehend gedachte Schiebewand vom Wohnraum getrennt, und das Bad ist unmittelbar vom Schlafräum zugänglich. Diese Appartements dürften ein Maximum an raffinierter Raumausnutzung darstellen; jedes besitzt ein eigenes Bad, eigenes Office mit kleiner Koch- und Abwaschgelegenheit (Abb. 9), eigenen Abort und eigenen Besenraum, nebst einem vom Gang aus zugänglichen Raum für den Abfallkübel; ein sehr bedeutendes Plus an Komfort, das sich natürlich auch in den Baukosten geltend machte. Die Fenster dieser Nebenräume gehen alle nach dem Lichtschacht und sind so angeordnet, dass sich die Bewohnerinnen gegenseitig nicht stören können.

Die Strasse liegt um eine Geschosshöhe über dem Bauplatz, sodass das Haus gegen den Garten ein ebenerdiges Untergeschoss hat. Man betritt das Gebäude in diesem Untergeschoss, das die zur gemeinsamen Benutzung bestimmten Räume mit grossen Fenstern gegen Süden (Abb. 6) und nur im Kopf des rückwärtigen Flügels ein Wohnappartement enthält. Der Essraum ist so dimensioniert, dass auch Pensionärinnen, die nicht im Hause wohnen, zum Essen kommen können; durch Zusammenlegen der Klappwände kann er mit dem Wohnraum vereinigt werden (Tafel 22 oben). Ein Aufzug verbindet die Küche mit allen Obergeschossen, sodass man sich auch das Essen im Zimmer servieren lassen kann. Die auf den Untergeschoss-Grundriss gegen die Strasse sichtbaren nummerierten Boxen enthalten Effekten der Bewohner als Ersatz der fehlenden Windenräume. Die Waschküche enthält ein eigenes Bad für das Personal.

Aus dem Vorplatz (Abb. 7) führt die Treppe ins Obergeschoss und der Gang (Abb. 8) zu den Wohnräumen; er ist mit hochgelegten Klappfenstern versehen, die nicht störend vorstehen. Alle Fenster haben eiserne Rahmen und Spezial-Doppelverglasung System „Avo“ mit luftleerem Zwischenraum. Ob sich dieses, vielleicht etwas komplizierte und empfindliche System auf die Dauer bewährt, das heisst ob trotz der fortwährenden Erschütterungen beim Öffnen und starken Temperaturschwankungen die Dichtung wirklich den Zwischenraum so luftleer halten kann, wie es für die Wärme-Isolierung nötig ist, muss erst die Erfahrung zeigen. Jede Wohneinheit hat einen geräumigen Balkon; besonders behaglich sind die Lauben im Gartenflügel (Tafel 21 oben).