

**Zeitschrift:** Die Eisenbahn = Le chemin de fer  
**Herausgeber:** A. Waldner  
**Band:** 10/11 (1879)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Bestimmung der Constanten einer Pitot's-Röhre  
**Autor:** Stapff, F.M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-7629>

### **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:** 02.04.2025

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

stationen mit Jablochkoff'schem Licht ausgeführt worden, wovon besonders folgende zwei nennenswerth sind: die Beleuchtung der Quais zwischen den Westminster- und Waterloo-Brücken mit 20 Lampen und des Holborn-Viaductes mit 16 Lampen. — Es wird nun demnächst daselbst untersucht werden, ob die Mehrkosten für die jetzige brillante Beleuchtung gegenüber der alten so gross seien, dass solche auf Vermehrung des Gases verwendet denselben Lichteffect geben würden oder ob alsdann doch eine Oeconomie bei electricischem Licht herauschaut. Anerkannt wird auch momentan noch in England, dass das Jablochkoff'sche System besonders für Strassen- und Luxusbeleuchtung das beste sei.

Mit der schon längst daselbst bekannt gewordenen Rapiéff-Lampe wird nur das Etablissement der „Times“ beleuchtet und mit dem Werdermann'schen System erst noch Versuche angestellt. Der letztere macht in die Leitung eingeschaltete Kohlenstäbchen glühend, wie dies mit Platindraht sonst geschieht, scheint aber zu grosse Verluste an Licht und somit Kraft bei dieser auf der Theilbarkeit des electricischen Lichtes beruhenden Erfindung zu haben.

Zum Schlusse wiederhole ich die aus allen Berechnungen und Erfahrungen im Auslande hervorgehende Ansicht, dass speciell in der Schweiz wohl in jedem einzelnen Fall genau zu untersuchen ist, wie hoch die Anlage sowie der Betrieb kommen muss, denn je nach der Disposition schwanken die Betriebskosten des electricischen Lichtes in weiten Grenzen unter und über den Kosten der Gasbeleuchtung.

\* \* \*

#### Bestimmung der Constanten einer Pitot's-Röhre.

Seitdem der Abflusscanal des *Gotthardtunnels* in der Nähe des Portales so weit abgedeckt worden ist, dass die Messung des Abflusswassers mit Schwimmer sehr umständlich wird, verende ich zu den Wassermessungen daselbst eine *Pitot's-Röhre* mit Doppelrohr nach *Davey's* Construction.

Zur directen Bestimmung der Constanten dieses Instrumentes fehlten hier die erforderlichen Vorrichtungen und Vergleichsinstrumente. Ich habe desshalb die Constante nach einer Methode bestimmt, welche, obwohl indirect, unzweifelhaft richtig ist und überall leicht ohne Vorbereitungen anwendbar, so dass ihre Mittheilung vielleicht Manchen interessiren könnte.

Bedeutet  $Q$  die per Secunde durch ein Wasserprofil  $P$  mit der mittleren Geschwindigkeit  $v$  fließende Wassermenge, so ist

$$Q = P v$$

Es lässt sich aber, sofern  $v$ , wie in unserem Fall, nur innerhalb kleinerer Grenzen schwankt,

$$v = C + \sqrt{2gh}$$

setzen, worin  $h$  die an Pitot's Röhre abgelesene Geschwindigkeitshöhe,  $C$  eine von der Beschaffenheit des Instrumentes und der Messmethode abhängige constante Geschwindigkeit bedeutet. Wir erhalten also

$$Q = P (C + \sqrt{2gh})$$

Für ein anderes Profil  $P'$  desselben Canales, durch welches das gleiche Wasserquantum  $Q$  fließt und in welchem die Geschwindigkeitshöhe  $h'$  an Pitot's Röhre abgelesen worden ist, haben wir ebenso

$$Q = P' (C + \sqrt{2gh'})$$

Aus beiden Gleichungen für  $Q$  folgt die Constante

$$C = \frac{P' \sqrt{2gh'} - P \sqrt{2gh}}{P - P'}$$

Zur experimentellen Ermittlung derselben ist also nur nöthig, die beiden benachbarten Canalprofile  $P$  und  $P'$  zu messen und in jedem die mittlere Geschwindigkeitshöhe  $h$  resp.  $h'$  durch die zu benutzende Pitot's-Röhre zu bestimmen.

Am 12. Dezember 1878 wurde nahe dem *Südportal des Gotthardtunnels* gemessen:

Wasserprofil in dem 1 <sup>m</sup> weiten Abflusscanal	Geschwindigkeitshöhen daselbst in halber Tiefe des Stromes; Mittel aus je 4 Einzelbestimmungen
186,5 <sup>m</sup> v. Portal: 0,6283 □ <sup>m</sup>	0,0106 <sup>m</sup> 1 <sup>o</sup>
198,9 „ 0,5808 „	0,0124 „ 2 <sup>o</sup>
211,2 „ 0,6718 „	0,0099 „ 3 <sup>o</sup>

Die Beobachtungen 1<sup>o</sup> und 2<sup>o</sup> zusammen in die Gleichung für  $C$  eingesetzt ergeben

$$C \times 0,0475 = 0,002507$$

Die Beobachtungen 1<sup>o</sup> und 3<sup>o</sup>

$$C \times 0,0435 = - 0,010247$$

Die Beobachtungen 2<sup>o</sup> und 3<sup>o</sup>

$$C \times 0,0910 = - 0,007740$$

Aus vorstehenden drei Gleichungen ergibt sich nach der Methode der kleinsten Quadrate

$$C = - 0,08294$$

Führt man diese Constante und die je zusammengehörigen Beobachtungsresultate nach 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> in die allgemeine Gleichung

$$Q = P (C + \sqrt{2gh})$$

ein, so folgt für  $Q$

$$\text{aus } 1^o \text{ } 234,0 \text{ } \textit{m}$$

$$\text{„ } 2^o \text{ } 240,4 \text{ „}$$

$$\text{„ } 3^o \text{ } 240,6 \text{ „}$$

mithin *Mittelwerth*  $Q = 238,3 \text{ } \textit{m}$ .

Es lässt sich nun die als Summand erscheinende Constante  $C$  leicht in einen Coefficienten  $\mu$  umwandeln. Setzen wir nämlich in die Gleichung

$$Q = \mu P \sqrt{2gh}$$

für  $Q$  den letztgefundenen Mittelwerth 238,3  $\textit{m}$  ein; für  $P$  und  $h$  die je zusammengehörigen Werthe nach 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup>, so erhalten wir

$$\mu \text{ } 0,288571 = 0,2383$$

$$\mu \text{ } 0,286064 = 0,2383$$

$$\mu \text{ } 0,296311 = 0,2383$$

und hieraus nach der Methode der kleinsten Quadrate

$$\mu = 0,82088$$

Daher ist für die benutzte Pitot's-Röhre

$$Q = 0,821 \times P \times \sqrt{2gh} = 3,636 \times P \times \sqrt{h}$$

Hienach berechnet, geben obenstehende Beobachtungen 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> folgende Wasserquanten  $Q$

$$1^o \text{ } 236,9 \text{ } \textit{m}$$

$$2^o \text{ } 234,8 \text{ „}$$

$$3^o \text{ } 243,2 \text{ „}$$

mithin *Mittelwerth*  $Q = 238,3 \text{ } \textit{m}$ .

Um die mit Pitot's Röhre erhaltenen Resultate mit den durch Schwimmer (nach früher beim Gotthardtunnel angewandeter Methode) erzielten, verglichen zu können, liess ich am 26. September durch Hrn. *Grossmann* folgende gleichzeitige Messungen anstellen:

1 <sup>o</sup> Mit Schwimmer: Wasserprofile 185 <sup>m</sup> v. P. 0,6389 □	
260,6 „ „ 0,6113 „	
285 „ „ 0,6138 „	
	im Mittel 0,6213 □ <sup>m</sup>

Schwimmzeit von 285 bis 185 <sup>m</sup>; Mittelwerth von 10 Beobachtungen: 276,4 Sec., zum Zurücklegen von 100 <sup>m</sup>.

Oberflächengeschwindigkeit: 0,3618 <sup>m</sup>.

$$\text{Wasserquantum: } 0,6213 \times 0,3618 \times 0,86 = 193,3 \text{ } \textit{m}$$

2<sup>o</sup> Mit Pitot's Röhre:

185 <sup>m</sup> v. P., Wasserprofil $P$ 0,6385 □ <sup>m</sup> ; Geschwindigkeitshöhe $h$	0,0067 <sup>m</sup>
260,6 „ „ „ 0,6237 „	0,0073 „
285 „ „ „ 0,6097 „	0,0074 „

Wasserquantum, durch Einsetzen vorstehender Beobachtungsdaten in die Gleichung

$$Q = 3,636 \times P \times \sqrt{h}$$

berechnet:           189,8 //  
                          193,4 //  
                          191,2 //  
im Mittel 191,5 //

Aus der befriedigenden Uebereinstimmung dieser Resultate folgt sowohl, dass der nach Obigem für Pitot's Röhre gefundene Coefficient  $\mu = 0,821$  richtig ist, als auch die seit Beginn des Tunnelbaues durch Schwimmer ermittelten Abflussquanten, bei deren Berechnung die *mittlere* Geschwindigkeit = 86 % der Oberflächengeschwindigkeit angenommen wurde. (Bei Annahme von 85 % würde die Uebereinstimmung noch grösser sein, nämlich 191,1 Schwimmer, 191,5 Pitot's Röhre).

Es ist hier anzumerken, dass solche Uebereinstimmung nur dann sich erzielen lässt, wenn mit *derselben* Pitot's-Röhre *immer auf ganz gleiche Weise* operirt wird. Nach jeder Versuchsreihe muss durch Eintauchen der Röhre in *stillstehendes* Wasser ermittelt werden, um wie viel in Folge verschiedener Adhäsion etc. die Wasserstände in beiden Röhren von einander abweichen,

erste Beitrag eine „Berichtigung“ meiner Studie genannt wird, indem ich voraussetzte, dass der mir gänzlich unbekannt Herr Verfasser eben nur zur Sache sprechen wollte.

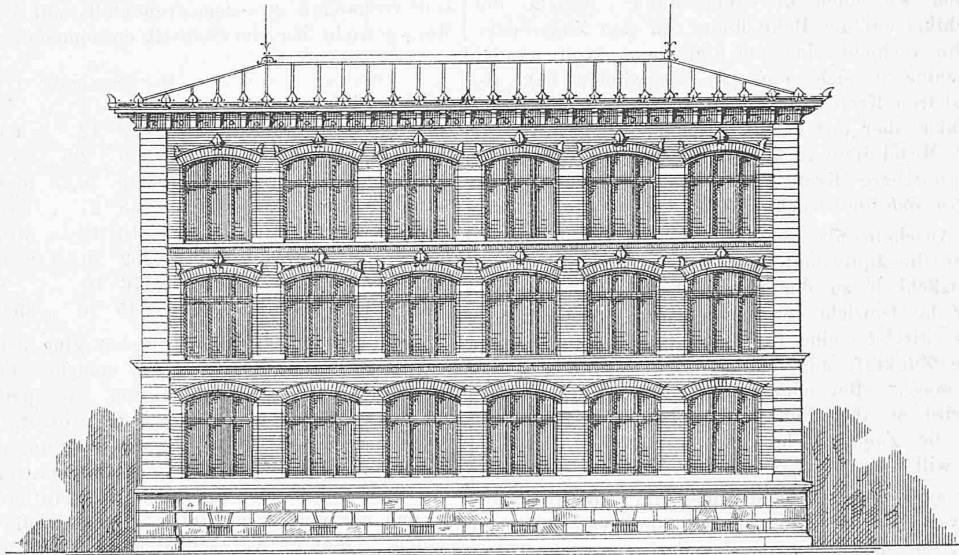
Da aber die Entgegnungen theilweise auf Missverständniss zu beruhen, theilweise dadurch hervorgerufen zu sein scheinen, dass meine Ausdrucksweise nicht immer vollständig klar und prägnant gewesen sein mag, so wolle es mir erlaubt sein die so sachkundig dargestellten Einwürfe des Herrn Stocker etwas näher zu besprechen.

Die „Berichtigung“ besteht in der Hauptsache darin, dass der Herr Verfasser derselben bei der Entwicklung der Formeln des II. Abschnitts eine „rationellere Durchführung“ der Definition wünscht, „welche darin besteht, dass nicht nur die Widerstände des Wagenzugs an und für sich in Rechnung gebracht werden, sondern die ganze Arbeit, welche zur Beförderung eines und desselben Wagenzugs unter den verschiedensten Bahnverhältnissen aufgewendet werden muss.“

Mit dieser „rationelleren Durchführung“ erkläre ich mich vollständig einverstanden, glaube aber auch dieselbe nicht verabsäumt, sondern wirklich zur Anwendung gebracht zu haben. Dabei kann jedoch unter der „ganzen Arbeit“, welche zur Beförderung des Zuges nöthig ist, nur die ganze *effective* Arbeit

### Façade des Schulhauses Frauenfeld

(Siehe Artikel in Nr. 23.)



Maassstab 1 : 250

damit die in *fließendem* Wasser erhaltenen Wasserstände nach dieser Differenz corrigirt werden können. Vor dem Eintauchen in das fließende Wasser ist in beide Röhren so viel Wasser zu saugen, dass es noch etwas höher steht, als nach beendeten Versuch. Die Röhrenmündungen müssen genau in halber Wassertiefe sich befinden, wenn obiger Coefficient gelten soll, da sich derselbe sofort merklich ändert, wenn die Röhrenmündungen höher oder tiefer liegen. Die Röhre muss vor Schliessen des Hahnens geraume Zeit (bei 10 Minuten) unbeweglich im Wasser gehalten werden. Sowohl während des Eintauchens als Ablesens müssen die Röhren in vertikaler Lage sich befinden.

Airolo, December 1878.

F. M. Stafff.

\* \* \*

#### Zur Frage der virtuellen Länge.

In Nr. 3 der „Eisenbahn“ erscheint ein Beitrag zur Theorie der virtuellen Länge, welchen besonders ich freudigst begrüße, weil ich daraus ersehe, dass man, auf meinen ausgesprochenen Wunsch eingehend, dem bisher verkannten Princip näher zu treten beginnt, um demselben durch allseitige Besprechung und Verbesserung zu einer allgemeinen Anwendung zu verhelfen. Es hat mich desshalb auch keineswegs verstimmt, dass dieser

verstanden werden, nicht aber auch diejenige Arbeit, welche zur Bewegung der Maschinenteile *in sich* nöthig ist, und zwar hauptsächlich desswegen, weil meine, von Herrn Stocker als „rationell“ anerkannte, Definition der virtuellen Länge ausdrücklich nur von der „*wirksamen (virtuellen) Zugkraft*“ spricht, welche zur Ueberwindung der Zugwiderstände *auf der Bahn* benöthigt ist.

Als Zugwiderstände *auf der Bahn* können aber nur solche angesehen werden, welche wirklich durch die Bewegung des Zuges auf der Bahn, nicht aber durch die Bewegung der Maschinenteile *in sich* entstehen. Es müssen demzufolge allerdings, wie Herr Stocker verlangt, nicht nur die Widerstände der Wagen, sondern auch die Widerstände der Locomotiven in Betracht gezogen werden; letztere aber nur in so weit als die Maschinen wirklich Vehikel sind, welche sich auf der Bahn fortbewegen.

Für die Widerstände der Fahrzeuge ist, wie auch Herr Stocker als richtig anerkennt, die Vuillemin'sche Formel zur Zeit maassgebend, und wurde desshalb auch diese von mir für die Formel der virtuellen Länge zur Anwendung gebracht. Hienach betragen die Widerstände auf horizontaler gerader Bahn

$$W = (1,65 + 0,05 v) Q$$

wobei  $Q$  das Gewicht der sämtlichen Fahrzeuge darstellt.

Vuillemin und Cons. haben in ihren Formeln, welche ich