

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

Autor(en): **Thoma, D.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95/96 (1930)**

Heft 13

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-43974>

## **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.

In Abb. 29 ist die graphische Fahr-Charakteristik eines Dieselwagens mit 5 t Nutzlast bei einem Gesamtgewicht von 9,5 t, ausgerüstet mit einem Saurer Sechszylinder-Dieselmotor Typ BLD, dargestellt. Als Ordinaten sind die in den vier Uebersetzungen des Wechselgetriebes am Radumfang zur Verfügung stehenden Motorleistungen aufgetragen, sowie in dem gleichen Masstab die Fahrleistung des Wagens in PS, in Hinsicht auf die am Radumfang notwendige Leistung zur Ueberwindung des Roll- und Luftwiderstandes auf ebener Fahrbahn und in Steigungen. Die jeweilige Motorleistung bei den den Drehzahlen entsprechenden Geschwindigkeiten ist der Leistungskurve in Abb. 28 entnommen und um 10% vermindert worden, mit Rücksicht auf die mechanischen Verluste in der Kraftübertragung bis auf die Hinterräder.

Die Fahrleistung für die verschiedenen Geschwindigkeiten und Steigungen ist bestimmt nach Formel:

$$N = [G(f + s) \cdot v + \xi \cdot F \cdot v^3] \frac{1}{75}$$

wobei  $G$  das Gesamtgewicht in kg,  $f$  den Rollwiderstand am Radumfang pro kg Gesamtgewicht,  $s$  die Steigung als trigonometrische Tangente,  $v$  die Fahrgeschwindigkeit in m/sec,  $\xi$  den Luftwiderstandskoeffizient pro  $m^2$  senkrechter Luftwiderstandsfläche und  $F$  die senkrechte Luftwiderstandsfläche in  $m^2$  bedeutet. Dabei ist für die Luftbereifung und gute trockene Makadamstrasse mit  $f = 0,025$  sehr reichlich gerechnet. Für  $\xi$  lässt sich für nicht allzu grosse Höhe der Gegend über Meer der Wert  $0,0675$  einsetzen. Für  $F$  sind  $3 m^2$  als Stirnwiderstandsfläche angenommen;  $G =$  Gesamtgewicht =  $9500$  kg.

Die Uebersetzungsverhältnisse des Wechselgetriebes sind:

- I. Gang: 1 : 0,158
- II. Gang: 1 : 0,307
- III. Gang: 1 : 0,588
- IV. Gang: 1 : 1

das der Hinterachse: 1 : 7,55.

Aeusserer Reifendurchmesser am Hinterrad = 1 m.

Das graphische Fahrtdiagramm in Abb. 29 kennzeichnet die Fahreigenschaften des mit 5 t belasteten Wagens. Es können Steigungen mit Vollast im ersten Gang bis zu 30% und bei 6,3 km/h Geschwindigkeit und 1500 Uml/min überwunden werden. Im direkten Gang (IV. Geschwindigkeit) können noch 2,5% Steigung bewältigt werden bei 38 km/h Geschwindigkeit und 1500 Uml/min des Motors. Die im Diagramm schraffierten Flächen stellen diejenigen Zonen der Fahr-Charakteristik dar, in denen die volle Motorleistung bei  $n = 1600$  nicht ausgenützt werden kann zufolge der endlichen Anzahl Gänge des Wechselgetriebes.

Die einzelnen Gangleistungen sind gemäss Diagramm die folgenden, bei Vollast von 5 t Ladegewicht:

- I. Gang:  $V_1 = 6,3$  km/h bei  $n = 1600$ , Steig. v. 15 bis 30%
- II. Gang:  $V_2 = 12,3$  km/h bei  $n = 1600$ , Steig. v. 7 bis 15%
- III. Gang:  $V_3 = 23,8$  km/h bei  $n = 1600$ , Steig. v. 2,5 bis 7%
- IV. Gang:  $V_4 = 40$  km/h bei  $n = 1600$ , Steig. v. 0 bis 2,5%

Im praktischen Fahrbetrieb hat sich auch gezeigt, dass der mit einem Dieselmotor ausgerüstete Lastwagen in Steigungen, die mit der Grenzleistung des Motors im entsprechenden Gang befahren werden, viel stetiger durchzieht. Auch wenn die Motordrehzahl sinkt, ist man nicht gezwungen, auf den nächsten Gang zurückzuschalten, wie dies beim Vergasermotor der Fall ist. Dies rührt davon her, dass beim Vergasermotor bei sinkender Drehzahl nach einiger Zeit sich Kondensation im Ansaugrohr bemerkbar machen kann, die zu Leistungsabfall führt, während der Dieselmotor seinen Brennstoff direkt in den Arbeitszylinder zugeführt bekommt, von einem Nachlassen der Leistung also bei ihm nicht die Rede sein kann. Ebenso ist es beim Dieselmotor möglich, auch nach längerer, sehr verlangsamer Fahrt, z. B. im Stadtbetrieb, zwecks Beschleunigung sofort volle Einspritzmenge einzustellen — eine Manipulation, auf die der Vergasermotor nicht mehr reagiert. Es kann mit dem Saurer Dieselwagen im Stadtverkehr gefahren werden, ohne in den dritten Gang zurückzuschalten.

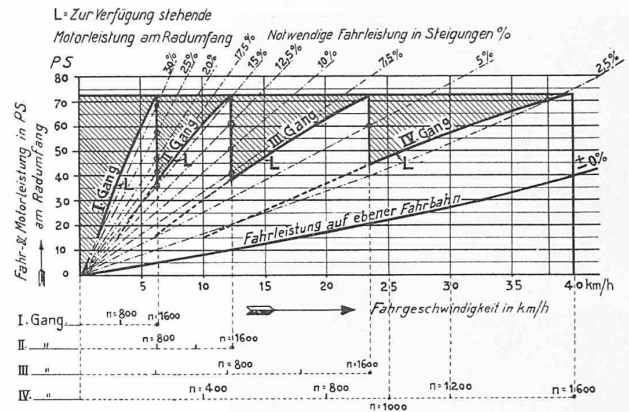


Abb. 20. Vollast-Fahrtdiagramm des 5 t-Saurer-Dieselmotors mit Saurer-Sechszylinder-Fahrzeug-Dieselmotor Typ BAD (für trockene Makadam-Strasse).

Diese Eigenschaft des Dieselmotors macht ihn zu einer sehr elastischen, anpassungsfähigen Maschine.

Das Interesse, das in vielen Fachkreisen dem Fahrzeug-Dieselmotor und dem Dieselfahrzeug entgegengebracht wird, hat es gerechtfertigt, obige Abhandlung ausführlicher zu gestalten, wobei allerdings die Materie gerade nur angeschnitten werden konnte. Dass die schweizerische Motorlastwagen-Industrie sich dieser Sache in weitsichtiger Weise und erfolgreich angenommen hat, ist ein gutes Zeichen für ihren Unternehmungsgeist im harten internationalen Konkurrenzkampf.

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

Zum bezügl. Artikel von Dipl. Ing. B. Pavlov, Moskau, in Nr. 24 letzten Bandes (14. Dez. 1929) sind uns die folgenden Zuschriften zugegangen, deren Veröffentlichung sich in Erwartung einer trotz Mahnung bisher nicht erfolgten Rückäusserung von Ing. Pavlov bis heute verzögert hat.

On peut montrer l'exactitude de la formule de Gibson de la façon suivante: Supposons une conduite composée de deux sections de diamètre différent, un tronçon A-B de longueur  $l_1$  et de section  $f_1$ , un tronçon B-C de longueur  $l_2$  et de section  $f_2$ , le réservoir d'alimentation se trouvant en C. En A on mesure la surpression  $p$  résultant de la fermeture de la vanne. Cette fermeture est supposée suffisamment lente pour que le rôle de l'élasticité de la conduite et de l'eau puisse être négligé. Dans ces conditions, la surpression qui se produit en un point quelconque de la conduite pour une manœuvre de fermeture déterminée ne dépend que de la quantité de mouvement du fluide qui se trouve en amont de ce point.

En B par exemple on aura:

$$f_2 p_2 = \frac{d}{dt} (M_v) = \gamma/g \cdot l_2 f_2 \frac{dv_2}{dt}$$

Mais de cette force  $f_2 p_2$ , seule une fraction  $f_1/f_2$  se transmettra à la partie aval de la conduite, le reste étant supporté par les parois. La force totale en A,  $f_1 p$ , sera donc la somme de cette fraction et de la force  $f_1 p_1$  résultant du ralentissement de la masse d'eau contenue dans le tronçon A-B; ce dernier terme est égal à:

$$f_1 p_1 = \frac{d}{dt} (M_v) = \gamma/g \cdot l_1 f_1 \frac{dv_1}{dt}$$

On aura en définitive pour la pression mesurée en A

$$f_1 p = \frac{\gamma}{g} l_1 f_1 \frac{dv_1}{dt} + \frac{f_1 \gamma}{f_2 g} l_2 f_2 \frac{dv_2}{dt}$$

comme  $f_1 v_1 = f_2 v_2 = Q$

$$p = \frac{\gamma}{g} \frac{dQ}{dt} \left[ \frac{l_1}{f_1} + \frac{l_2}{f_2} \right]$$

et en intégrant:  $A = \frac{\gamma}{g} Q \left[ \frac{l_1}{f_1} + \frac{l_2}{f_2} \right] \dots \dots \dots (1)$

ce qui est la formule de Gibson pour ce cas particulier. Le raisonnement s'étend facilement aux conduites de plus de deux sections de diamètre différent.

M. Pavlov a bien remarqué qu'on ne pouvait sans autre appliquer aux conduites de section variable les formules valables pour un diamètre constant. Sa formule  $B + A f_1 = \gamma/g Q L$  (2) est à ce point de vue correcte, mais elle n'est pas en contradiction avec la formule de Gibson. Le raisonnement par lequel M. Pavlov veut établir cette contradiction n'est pas exact, car si l'on se donne la loi de variation de la section le long de la conduite, la surpression  $p_n$  en chaque point est par là même déterminée, et on ne peut la choisir arbitrairement. Si l'on introduit dans (2) la valeur correcte de  $B$ , on trouve pour  $A$  la valeur donnée par Gibson.

Zurich, le 18 décembre 1929.

P. de Haller, ing.  
au Laboratoire hydraulique  
Escher Wyss & Cie.

In der Abhandlung von Dipl. Ing. B. Pavlov wird auf Grund einer Verallgemeinerung der für Leitungen mit gleichbleibendem Querschnitt aufgestellten Gleichungen behauptet, dass die von Gibson für die Berechnung der Wassermenge bei Druckleitungen veränderlichen Querschnitts angegebene Formel falsch sei.

Der Verfasser bezeichnet mit  $p$  die Druckerhöhung im Messpunkt infolge des hydraulischen Stosses (also  $p =$  wirkliche Druckerhöhung  $+ \gamma \frac{v^2}{2g} +$  für Reibung verbrauchter Druck) und mit  $f_1$  den Rohrquerschnitt beim Messpunkt. Unter Beibehaltung dieser und der anderen vom Verfasser gewählten Bezeichnungen ist dann bei Leitungen mit gleichbleibendem Querschnitt  $p f_1$  die auf die Masse  $M$  wirkende verzögernde Kraft und die Gl. (2) des Verfassers

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

trifft zu. Wenn aber das Rohr mit Durchmesserabstufungen ausgeführt ist, werden ausser im Messquerschnitt auch an den Ringflächen bei den Durchmesserabstufungen Kräfte auf den Rohrinhalt übertragen, die den dort entstehenden Druckerhöhungen entsprechen und ebenfalls verzögernd wirken. Die Gleichung (2) und die daraus abgeleitete Gleichung (6) sind für diesen Fall nicht mehr richtig, und damit verlieren auch die daran angeknüpften, die Unrichtigkeit der Gibson'schen Formel ergebenden Ueberlegungen ihre Beweiskraft.

Vorsicht wäre hier um so mehr angebracht gewesen, als der Verfasser später (Gleichungen 8 und folgende) selbst die durch die Veränderlichkeit des Durchmessers entstehenden Abweichungen zu berücksichtigen versucht. Er macht dabei aber die willkürliche und bei nicht gleichbleibendem Durchmesser sogar notwendigerweise unzutreffende Annahme, dass die Druckerhöhung längs der Leitung linear verteilt sei.

Tatsächlich lässt sich die Formel für die Wassermenge für Druckleitungen mit veränderlichem Querschnitt ganz ähnlich wie für Leitungen mit gleichbleibendem Querschnitt ohne willkürliche Annahmen über den Druckverlauf ableiten. Der Einfachheit wegen ist im folgenden die Formel für den Fall abgeleitet, dass drei Durchmesserstufen vorhanden sind.

Im Anschluss an die Pavlov'schen Bezeichnungen sollen die Längen der Teilstrecken mit  $l_3, l_2, l_1$ , ihre Querschnittsflächen mit  $f_3, f_2, f_1$ , die Massen der Wasserinhalte mit  $M_3, M_2, M_1$ , und die vor dem Schliessen vorhandenen Geschwindigkeiten von  $v_{30}, v_{20}$  und  $v_{10}$  bezeichnet werden. Ferner seinen  $p''$  bzw.  $p'$  bzw.  $p$  die während des Versuchs veränderlichen Druckerhöhungen (mit der Eingangs angegebenen Korrektur) an den Stellen, wo sich die Durchmesser ändern bzw. im Messquerschnitt. Die vom Verfasser mit (2) bezeichnete Gleichung darf auf die einzelnen Teilstrecken angewendet werden, da in diesen der Querschnitt unveränderlich ist. Man erhält so, wenn man die

Faktoren  $f$  auf die rechte Seite der Gleichungen bringt und beachtet, dass die Verzögerung in den Strecken 2 und 1 durch die Druckunterschiede  $p'-p''$  bzw.  $p-p'$  bewirkt wird

$$\int_0^T p'' dt = \frac{M_3 v_{30}}{f_3}$$

$$\int_0^T (p' - p'') dt = \frac{M_2 v_{20}}{f_2}$$

$$\int_0^T (p - p') dt = \frac{M_1 v_{10}}{f_1}$$

Wenn man diese drei Gleichungen addiert, so erhält man als Summe der linken Seiten einfach  $\int_0^T p dt$ ; somit ist

$$\int_0^T p dt = \frac{M_3 v_{30}}{f_3} + \frac{M_2 v_{20}}{f_2} + \frac{M_1 v_{10}}{f_1}$$

Nun ist  $\frac{M_3 v_{30}}{f_3} = \frac{\gamma l_3 f_3 v_{30}}{g f_3} = \frac{\gamma l_3 Q}{g f_3}$ , und für die beiden anderen Glieder auf der rechten Seite gilt das Entsprechende. Es ergibt sich so

$$\int_0^T p dt = Q \frac{\gamma}{g} \left( \frac{l_3}{f_3} + \frac{l_2}{f_2} + \frac{l_1}{f_1} \right)$$

oder, mit Verallgemeinerung für eine beliebige Zahl von Stufen

$$Q = \frac{g}{\gamma \sum \left( \frac{l_i}{f_i} \right)} \int_0^T p dt$$

Man erhält also — ohne willkürliche Annahme und unabhängig von der Art und Zeit des Schliessens, dem Material der Rohre usw. — genau die von Gibson angegebene Formel.

München, den 7. Februar 1930.

D. Thoma.

### Projekte für die Untertunnelung der Strasse von Gibraltar.

Neuerdings beginnt sich wieder eine breitere Öffentlichkeit mehr mit diesen Ideen zu beschäftigen, nachdem schon in früheren Zeiten mehrmals Versuche in dieser Richtung unternommen worden waren, und nachdem die spanische Regierung im Jahre 1927 eine Ingenieur-Kommission zur weiteren Abklärung der damit zusammenhängenden Fragen bestellt hatte. Die Vorarbeiten, namentlich in geologischer Hinsicht, sind noch recht wenig weit gediehen (mit der Abteufung von Sondierschächten begann man 1928); das erklärt auch die grosse Anzahl von Entwürfen, die bisher für die Linienführung vorgeschlagen wurden. Nach einem geologischen Gutachten fällt die Entstehung der durch den Tunnel zu durchstossenden Formationen in die Kreide- und Tertiärzeit; es handelt sich, namentlich im westlichen Teil der Meerenge, um wasserundurchlässigen Ton und Mergel und um tonige Lehm- und Kalkschichten, die an dieser Stelle voraussichtlich weniger zerklüftet sein werden, als die Kalkschichten im mittlern und östlichen Teil gegen das Mittelländische Meer. Dort muss mit dieser Zerklüftung gerechnet werden, da man sich die Strasse von Gibraltar als grabenförmigen Einbruch in einem in geologischer Hinsicht einheitlichen und ursprünglich zusammenhängenden Gebiet erklärt. An der engsten Stelle zwischen Punta Guadalmesi (Spanien) und Cires (Marokko) sind die Küsten nur 13,8 km von einander entfernt; aber gerade an dieser Stelle beträgt die Wassertiefe 750 bis 1000 m. Hier scheint eine Untertunnelung als praktisch undurchführbar. Gegen Westen, auf Seite des Atlantischen Ozeans, steigt der Meeresgrund an; doch beträgt auch hier die Wassertiefe immer noch rund 400 m, so dass nur im Viereck Kap Trafalgar-Tarifa auf spanischer Seite und Tanger-Punta Al-Boassa (auf der Karte Albadassa) auf marokkanischer Seite, heute eine Lösung gesucht wird. Schon im Jahre 1869 wurde das erste Projekt durch Ingenieur Laurent de Villedemil veröffentlicht. Später griffen spanische, englische und französische Ingenieure die Idee wieder auf und heute interessieren namentlich die Arbeiten dreier Projektverfasser: des Franzosen Berlier und der Spanier Ibañez de Ibero und Pedro Jenevois.