

Zum Verfahren von Gibson für die Wassermengen-Messung in Druckleitungen

Autor(en): **Salgat, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **99/100 (1932)**

Heft 14

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-45471>

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.

INHALT: Zum Verfahren von Gibson für die Wassermengen-Messung in Druckleitungen. — Städtebauliches aus Stuttgart. — Vom Bau der Rheinbrücke Koblenz-Waldshut. — Schweizer Mustermesse Basel, 2. bis 12. April. — † Dr. Ing. h. c.

Jules Weber. — Tragwerk und Raumabschluss. — Wettbewerbe: Schulhausanlage an der Tannenrauchstrasse in Zürich-Wollishofen. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Zum Verfahren von Gibson für die Wassermengen-Messung in Druckleitungen.

Von Ing. F. SALGAT, Genf.¹⁾

Obschon das Gibson'sche Messverfahren nicht neu ist, scheint es uns doch von Interesse, die verschiedenen bezüglichen mathematischen Untersuchungen in Erinnerung zu bringen, eine neue Ableitung von Herrn L. Allievi anzuführen, die theoretischen und praktischen Eigenschaften des Verfahrens zu zeigen, Erfahrungsergebnisse über Rohrleitungen mit veränderlichem Querschnitt (von denen in dieser Zeitschrift bereits gesprochen wurde) mitzuteilen, und schliesslich die Vor- und Nachteile, sowie die Anwendungsgrenzen des Verfahrens zu besprechen.

Das von Norman R. Gibson vor etwa zehn Jahren erfundene Wassermessverfahren ist nur bei geschlossenen Leitungen anwendbar und besteht, wie bekannt, darin, die Wassergeschwindigkeit auf Grund des Antriebes (Impuls) zu ermitteln, der durch eine Schliessbewegung des am untern Ende der Leitung befindlichen Absperrorgans hervorgerufen wird. Der Impulsatz wird durch folgende allgemeine Gleichung ausgedrückt:

$$\int_{t=0}^{t=T} p dt = \frac{\gamma}{g} \sum (lv) \dots \dots \dots (1)$$

- wobei g = Erdbeschleunigung in m/sec^2 ,
- l = Länge in m jedes einzelnen Rohrstranges von gleichbleibendem Durchmesser, wenn die Leitung aus verschiedenen Strängen von verschiedenem Querschnitt besteht,
- p = Ueberdruck im Augenblick t in kg/m^2 ,
- T = Zeitdauer der Schliessbewegung in sec ,
- v = Mittlere Geschwindigkeit im Querschnitt der verschiedenen Rohrstränge am Anfang der Schliessbewegung, in m/sec ,
- γ = Spezifisches Gewicht des Wassers in kg/m^3 .

Der Wert des linken Gliedes von Gl. (1) wird von der Fläche des Ueberdruck-Diagrammes gegeben; dieses Glied bildet ebenfalls den auf die Leitungsquerschnitteinheit bezogenen Antrieb. Das rechte Glied stellt die Bewegungsgrösse dar.

Aus Gleichung (1) ergibt sich:

$$Q = g \sum_{t=0}^{s_T} \left(\frac{l}{\gamma}\right) \dots \dots \dots (2)$$

- wo Q = Wassermenge in m^3/sec ,
- f = Querschnitt der verschiedenen Rohrstränge in m^2 ,
- $s_T = \int_{t=0}^{t=T} p dt$ = Fläche des Ueberdruck-Diagrammes vom Anfang der Schliessbewegung an bis zum Augenblicke T , unter Berücksichtigung der Masstäbe.

Es geht daraus hervor, dass Geschwindigkeit und Wassermenge dem Flächeninhalt des Ueberdruck-Diagrammes proportional sind. Zur Messung der Wassermenge genügt es also, dieses Diagramm aufzunehmen und dessen Flächeninhalt sachgemäss auszumessen. Man erkennt daraus, dass beim Gibson'schen Verfahren zwei getrennte Fragen zu untersuchen sind; einerseits das Verfahren selbst, andererseits dessen Verwendung. Bei der ersten liegt der Hauptpunkt in der theoretischen Begründung, bei der zweiten in ihrem praktischen Wert.

Bei den ersten theoretischen Begründungen des Verfahrens betrachtete man den Vorgang für jeden Zeitraum $2L : a$ (wobei L = Gesamtlänge der Leitung und a = Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Ueberdruckwellen in der

Leitung), und es wurde dabei angenommen, dass der mittlere Ueberdruck und die mittlere Wassergeschwindigkeit durch den Mittelwert dieser Grössen am Anfang und am Ende dieses Zeitraumes gegeben sei. Diese Annahme kann destomehr als zulässig betrachtet werden, als bei der praktischen Verwendung des Verfahrens die Schliesszeit sehr gross gegenüber $2L : a$ gewählt werden muss. Durch Summierung der so ermittelten Werte ergab sich Gleichung (1).

Man wird aber bemerken, dass die Einführung des Zeitraumes $2L : a$ nicht unentbehrlich ist; man kann vielmehr einen so kleinen Zeitraum in Betracht ziehen, als man wünscht, und dann integrieren. Die anscheinende Annäherung der frühern Berechnung wird somit vermieden, und es geht daraus die sehr wichtige Tatsache hervor, dass die Gibson'sche Messmethode unter Vorbehalt einer Annahme betreffend die mittlere Geschwindigkeit, die weiter behandelt wird, in theoretischer Hinsicht als streng genau bezeichnet werden kann.

Auf Grund der Allievi'schen Wasserstosstheorie haben wir seinerzeit eine andere Beweisführung des Verfahrens, sowie zwei weitere theoretische Varianten vorgeschlagen²⁾. Bei der Diskussion der einen der dabei erhaltenen Gleichungen kamen wir zu einer *scheinbaren* Fehlermöglichkeit, die aber in Wirklichkeit nur eine Abweichung gegenüber der Allievi'schen Theorie ist. Diese Abweichung rührt davon her, dass bei dieser Theorie der Wert $V : a$ gegenüber τ vernachlässigt wird. Das Weglassen von $V : a$ bildet also eine Annäherung der Allievi'schen Theorie, die beim Gibson'schen Verfahren nicht eintritt. Wir haben seinerzeit gezeigt, einerseits wie unbeträchtlich die Rolle ist, die diese Annäherung bei der Allievi'schen Theorie spielt, andererseits unter welchen Bedingungen diese Annäherung vollständig verschwindet. Es wurde dabei festgelegt, dass sobald die relative Schliesszeit verhältnismässig lang ausfällt, die eine dieser Bedingungen (die sinusartige Gestaltung der Ueberdruckkurve) erfüllt wird.³⁾

Bezugnehmend auf unsern frühern Aufsatz²⁾ hat uns L. Allievi noch auf einen weitern Weg zur Beweisführung des Gibson'schen Verfahrens aufmerksam gemacht, und zwar auf Grund seiner eigenen Gleichungen. Es freut uns, diese Gelegenheit zu haben, die Ausführungen von Allievi nachstehend bekannt geben zu können:

„Ich erlaube mir zu bemerken, dass die Begründung des Gibson'schen Verfahrens ohne weiteres und auf einfachste Weise aus den allgemeinen Gleichungen der Wasser-

²⁾ F. Salgat: „La Méthode Gibson pour la mesure du débit d'une conduite forcée“. „Bulletin Technique de la Suisse Romande“, 1926, Numéro 18 à 21.

³⁾ Unter den der Allievi'schen Wasserstosstheorie zu Grunde gelegten Annahmen hatten wir seinerzeit jene des Weglassens von $V^2 : 2g$ gegenüber Y_0 besonders erwähnt. Es dürfte für den Leser von Interesse sein zu erfahren, dass Prof. Bergeron (Paris), unter vollständiger Anerkennung der Allievi'schen Arbeiten, eine sehr bemerkenswerte Aenderung in den Ableitungen der Ueberdruck-Theorie eingeführt und dabei klargestellt hat, dass die durch die Allievi'schen Funktionen $F(t - x : a)$ und $F(t + x : a)$ dargestellten Wasserstosswellen tatsächlich die Energie und nicht nur den Druck bilden, wie man es früher angenommen hatte. Es folgt daraus, dass die erwähnte Annahme betr. $V^2 : 2g$ keine Rolle mehr spielen kann. Prof. Bergeron zeigt ferner, wie von dem Umstand, dass die erwähnten Funktionen die Energie bilden, bei der Aufstellung der Grundgleichungen mit Hilfe von relativen Grössen Rechnung getragen werden muss. Bei der gleichen Arbeit wird vom Verfasser ebenfalls der Druckverlust berücksichtigt. Diese vervollkommnete Allievi'sche Theorie kann somit für jeden Wert von ψ zur Verwendung gelangen.

¹⁾ Deutsche Bearbeitung von Ing. W. Ryter, Genf.

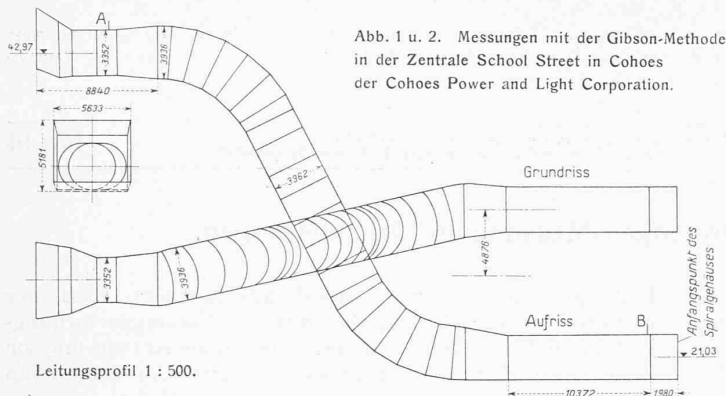
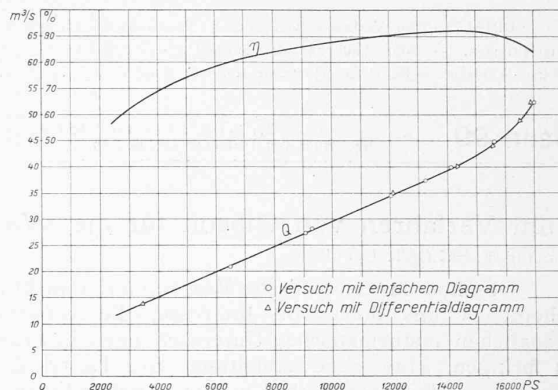


Abb. 1 u. 2. Messungen mit der Gibson-Methode in der Zentrale School Street in Cohoes der Cohoes Power and Light Corporation.



stosstheorie wie folgt hervorgeht. Die Grundgleichungen (Gleichungen (6) meiner „Note I“) lauten:

$$Y_1 - y_0 = \frac{a}{g} (v_0 - V_1)$$

$$Y_1 + Y_2 - 2y_0 = \frac{a}{g} (V_1 - V_n)$$

$$\dots$$

$$Y_{n-1} + Y_n - 2y_0 = \frac{a}{g} (V_{n-1} - V_n)$$

Durch Addierung ergibt sich:

$$2 \sum_1^{n-1} (Y_i - y_0) + (Y_n - y_0) = \frac{a}{g} (v_0 - V_n)$$

oder:

$$v_0 - V_n = \frac{g}{L} \frac{2L}{a} \left[\sum_1^{n-1} (Y_i - y_0) + \frac{1}{2} (Y_n - y_0) \right]$$

welche Gleichung den Beweis bringt, dass die Geschwindigkeitsänderung eben durch den Flächeninhalt des Ueberdruck-Diagrammes bestimmt wird (es ist das also das Grundprinzip des Gibson'schen Verfahrens) und zwar auf strengste Weise und unabhängig von dem für die Schliessbewegung gewählten Gesetz.

Die durch Addierung der Grundgleichungen erhaltene Gleichung bildet also eine vollständige Lösung des Problems der Bestimmung der Geschwindigkeit und macht jede weitere Untersuchung betreffend den Genauigkeitsgrad vollständig zwecklos.“

Der Leser wird bemerken, dass die vorletzte Gleichung von Allievi der Formel (8) unseres früheren Aufsatzes entspricht⁴⁾. Zur Ableitung der letzten Formel verfährt Allievi in ähnlicher Weise wie Ing. Karlsson⁴⁾. Andererseits stützt sich diese sehr interessante Beweisführung von Allievi, in analytischer Hinsicht, auf eine annähernde Quadratur des Ueberdruck-Diagrammes. In Wirklichkeit spielt jedoch diese Annäherung keine Rolle, wie wir es weiter oben in unserer Bemerkung betreffend die Genauigkeit des Verfahrens in theoretischer Hinsicht angeführt haben. Diese Betrachtungen führen uns zu der wiederholten Anerkennung der allgemeinen Anwendungsmöglichkeiten der Allievi'schen Theorie und der Einfachheit ihrer Ausnützung bei dem hier untersuchten Falle.

In unseren obigen Ausführungen haben wir uns mit den theoretischen Grundlagen des Gibson'schen Messverfahrens nicht beschäftigt, weshalb wir nun auf einige Punkte davon zurückkommen wollen.

a) Die einzige Annahme, die bei den verschiedenen Ableitungen gemacht wurde (wie dies bei der Wasserstosstheorie und bei zahlreichen mathematischen Untersuchungen dieser Art auch der Fall ist) ist jene, dass die hydrodynamischen Verhältnisse für sämtliche Elemente einer zur Rohrxaxen quer gelegenen Schnittfläche genau gleich sind. In Anbetracht dessen, dass in der Bewegungsgrösse das Quadrat der Geschwindigkeit mitspielt, müsste, um eine vollkommene Genauigkeit zu gewähren, das Verhältnis des mittleren Quadrates der Geschwindigkeiten der verschiedenen Elemente zum Quadrat der mittleren Geschwindigkeit in Betracht gezogen werden. Dieses Verhältnis fällt

in Wirklichkeit etwas grösser als 1 aus, sodass die nach Gibson ausgerechnete Geschwindigkeit etwas zu klein ist. Nach Dr. D. Thoma dürfte dieser Fehler die Ordnungsgrösse von 1% aufweisen; bemerkenswert ist aber, dass ein entgegengesetzter Fehler von ähnlicher Grösse bei der Berücksichtigung des Reibungsverlustes vorkommt, sodass sich diese beiden Ungenauigkeiten schliesslich mehr oder weniger ausgleichen.⁵⁾

b) Nach dem Pascal'schen Grundsatz ist anzunehmen, dass der Ueberdruck gleichmässig im ganzen Messquerschnitt, unabhängig von der Verteilung des Betriebsdrucks, verteilt wird. Diese Eigenschaft gibt die Erklärung, warum die Versuche keinen Unterschied zeigen, ob die Messquerschnitte in gekrümmten oder in geradlinigen Rohrteilen gewählt werden, und ob die Messungen mit Hilfe nur eines oder mehrerer Manometeranschlüsse erfolgen.

c) Da die einzelnen Werte des Ueberdruckes bei der Berechnung nicht mitspielen, ist ein genauer Flächeninhalt des Ueberdruck-Diagrammes allein wichtig, die Gestaltung der Ueberdruckkurve und infolgedessen auch das Schliessgesetz sind also bedeutungslos.

d) Da nur die Bewegungsgrösse oberhalb des Messquerschnittes in Betracht gezogen wird, ist man von den Verhältnissen unterhalb desselben vollständig unabhängig. Es ist somit ohne weiteres möglich, den Messquerschnitt nur mit Rücksicht auf die Bequemlichkeit der Versuche zu wählen.

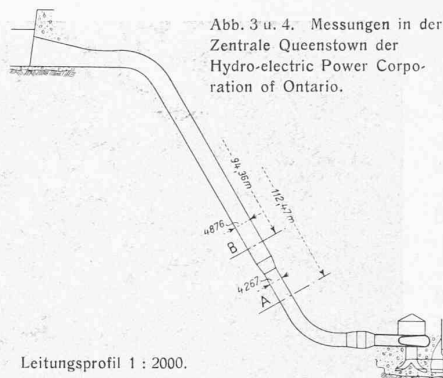
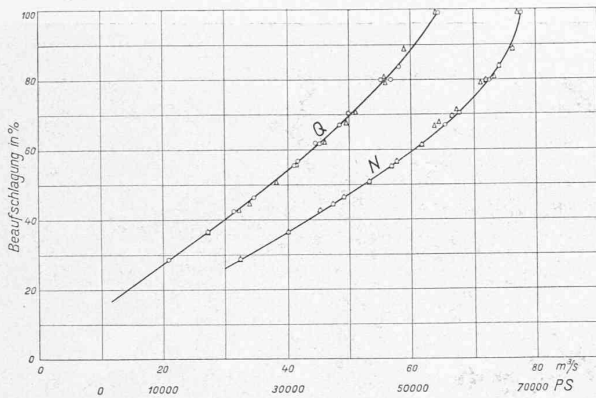
e) Es geht aus dem unter d) Gesagten hervor, dass die Möglichkeit besteht, die Messungen in zwei verschiedenen Querschnitten vorzunehmen. Der Unterschied zwischen den Flächeninhalten beider so erhaltenen Diagramme bildet den Unterschied der zwischen dem Anfangspunkt der Rohrleitung und den beiden Messquerschnitten in Frage kommenden Bewegungsgrössen. Wird nur der Unterschied der Flächeninhalte gemessen, so entspricht diese Messung jener der Bewegungsgrösse zwischen den beiden Messquerschnitten. Das so erhaltene Diagramm wird *Differential-Diagramm* genannt im Gegensatz zum *einfachen Diagramm*, welches letztes bei den Messungen in einem einzigen Messquerschnitt erzielt wird. Es wird somit ohne weiteres möglich sein, von einer Rohrleitung jenen Strang für die Messungen zu Nutzen zu ziehen, bei dem die Grössen *l* und *f* am leichtesten gemessen werden können.

f) Auf Grund der Tatsache, dass jede Aenderung der Bewegungsgrösse einer bestimmten Aenderung des Antriebes entspricht, ist das Verfahren von Gibson sowohl bei geringen, als auch bei grossen Wassergeschwindigkeiten anwendbar. Die gleiche Betrachtung zeigt, dass im Falle einer Rohrleitung, die mehrere Turbinen zu speisen hat, die Versuche auf der einen dieser Turbinen vorgenommen werden können, ohne dass die anderen stillgesetzt werden müssen, jedoch selbstverständlich unter der Voraussetzung, dass diese unter konstanter Last weiter arbeiten.

Obige Bemerkungen bezwecken die Beantwortung öfters gestellter Fragen und gemachter Einwendungen in

Dr. Thoma: Ueber den Genauigkeitsgrad des Gibson'schen Wasser-messverfahrens. Mitteilungen des Hydraulischen Institutes der Technischen Hochschule München, 1926. Verlag R. Oldenbourg.

⁴⁾ Vergl. „S. B. Z.“ Bd. 78, S. 205 vom 22. Oktober 1921.



(Zeit und Druck) unmittelbar gemessen werden können. Eine Eichung ist nicht nötig, sodass unter Verwendung eines Apparates dieser Art das Gibson'sche Messverfahren unabhängig ist von jeder Grösse, die nicht durch direkte Messung festgestellt werden kann. Es kommt also, in bezug auf Genauigkeit und Einfachheit, unmittelbar

theoretischer Hinsicht. Es bleibt nun noch übrig, das Messverfahren in bezug auf seine Anwendung zu betrachten.

Unsere Ausführungen haben bis jetzt gezeigt, dass die Verwendung des Gibson'schen Wassermessverfahrens auf der Aufnahme eines Ueberdruck-Diagrammes beruht. Es wird also zu diesem Zwecke erforderlich sein, ein Registriermanometer zu besitzen, das in praktischer Hinsicht nur dann wirklich zweckentsprechend ist, wenn es: 1. einen genügenden Genauigkeitsgrad besitzt, 2. Diagramme liefert, deren Flächeninhalt mit genügender Bequemlichkeit und Genauigkeit gemessen werden kann, 3. jederzeit eine bequeme Kontrolle der Diagramm-Masstäbe gestattet und 4. eine grösstmögliche Unabhängigkeit von jeder nicht direkt messbaren Grösse aufweist.

Unseres Wissens sind Apparate, die diesen Bedingungen genügen, im Handel nicht zu finden. Die verschiedenen Typen von piezo-elektrischen Apparaten dürften vielleicht die gewünschte Genauigkeit aufweisen, sie sind jedoch jeder störenden Beeinflussung gegenüber empfindlich und müssen vor dem Gebrauch geeicht werden.

Ing. Gibson hat dagegen einen Apparat erfunden und ausführen lassen, der hauptsächlich aus einem Manometer mit Quecksilbersäule besteht, deren Schwankungen von einem mit konstanter Geschwindigkeit laufenden photographischen Film aufgenommen werden. Wegen des Beharrungsvermögens der Quecksilbersäule ergibt dieser Apparat allerdings nicht die genaue Form der Ueberdruckkurve, indem sehr rasche Druckschwankungen nicht registriert werden; der Apparat hat vielmehr die Tendenz, einen Mittelwert anzugeben. Dieser Umstand hat aber auf die Genauigkeit des Flächeninhaltes des Diagrammes kaum einen Einfluss, und nach den Untersuchungen von Dr. D. Thoma dürften davon Ungenauigkeiten in der Ordnungsgrösse von $+0,1$ bis $+0,3\%$ erwartet werden. Wie bereits erwähnt, hat aber Thoma gezeigt, dass ein anderer Fehler im umgekehrten Sinne mit einem Wert von etwa $-0,5\%$ bis -1% von der Reibung des Wassers und des Quecksilbers in den Manometerröhren herrühren dürfte, sodass die Beeinflussungen sich teilweise aufheben.

Die mit dem Gibson-Apparat erhaltenen Diagramme weisen im allgemeinen genügend grosse Abmessungen auf (250 mm Höhe beim normalen Apparat). Für verhältnismässig kleine Ueberdrücke können entweder besondere Apparate verwendet oder auch die Diagramme z. B. auf photographischem Wege vergrössert werden. Ein anderes Mittel besteht in der Verwendung einer Flüssigkeit von geringerem spezifischem Gewicht im Manometer oder in der Schrägstellung der Quecksilbersäule, wodurch für den selben Wert des Ueberdruckes eine grössere Schwankung des Quecksilberspiegels erzielt wird.

Mit dem Gibson'schen Messapparat kam ferner das Differential-Diagramm ohne weiteres ermittelt werden. Zu diesem Zwecke wird die obere Manometerröhre mit dem obern Messquerschnitt der Rohrleitung und die untere Manometerröhre mit dem untern Messquerschnitt verbunden.

Dieser Apparat bietet also die wertvolle Eigenschaft, Diagramme zu ergeben, deren Abszissen und Ordinaten

nach dem volumetrischen Verfahren zu stehen. Ausführliche Beschreibungen des Verfahrens und des Apparates wurden bereits mehrfach veröffentlicht⁶⁾, sodass wir uns hier darauf beschränken werden, einige Bemerkungen über dessen Anwendung hinzuzufügen.

Es wird im allgemeinen und hauptsächlich bei Reaktions-Turbinen vorkommen, dass bei der Verwendung des Messverfahrens von Gibson die Turbinen bei den Versuchen nicht vollkommen dicht verschlossen werden können. Es bleibt also nach dem Schliessen eine gewisse Wassermenge bestehen, die in jener, die aus Gleichung (2) hervorgeht, nicht inbegriffen ist, und die somit der durch die Messung ermittelten Wassermenge hinzugefügt werden muss. Die Ermittlung dieser Verlust-Wassermenge kann für die ganze Versuchsreihe ein für alle Male erfolgen, und zwar z. B. durch Messung der Zeitdauer, die für eine bestimmte Absenkung des Wasserspiegels in der zu diesem Zweck oben geschlossenen Rohrleitung nötig ist.

Die Tatsache, dass zur Bestimmung einer Wassermenge eine einzige Messung erforderlich ist, hat zur Folge, dass die Ausführung einer Versuchsreihe nur sehr kurze Zeit in Anspruch nimmt. Die offiziellen Abnahmeversuche von zwei 70000 PS Aggregaten im Kraftwerk Niagara-Falls wurden z. B. in weniger als einem Tag erledigt; die 20 vollständigen Messungen an der Gruppe 19 wurden zwischen 10 h 30 und 13 h 10 zu Ende gebracht und die Versuche mit der Gruppe 21 mit 17 Messungen begannen um 15 h 52 und waren um 18 h 00 vollendet. Zwischen den einzelnen Messungen wurden die Maschinen normalerweise auf das Netz geschaltet und die Energielieferung wurde für die Messungen nur während sehr kurzer Zeit unterbrochen. Das Versuchspersonal betrug 10 Mann, Versuchsleitung und elektrische Messungen inbegriffen. Bemerkenswert ist, dass für die Belastung von 45900 kW zwei Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten, die eine mit einfachem, die andere mit Differential-Diagramm, vorgenommen wurden. Die Abweichungen der erzielten Resultate waren unbeträchtlich ($0,65\%$) und erreichten etwa die Ordnungsgrösse des Ungenauigkeitsgrades der verschiedenen Ablesungen und der Bestimmung des Flächeninhaltes des Diagrammes.

Unter den zahlreichen Vergleichen der beiden erwähnten Diagramm-Typen wurden uns jene der Anlage School Street in Cohoes der Cohoes Power and Light Corporation von N. R. Gibson zur Verfügung gestellt (Abb. 1 und 2). Bemerkenswert ist die gute Uebereinstimmung der

⁶⁾ Es sind u. a.: N. R. Gibson, The Gibson Method and apparatus etc. Proceedings of the annual meeting of the A. S. M. E. 1923. Dr. D. Thoma op. cit. (dieser Aufsatz bezieht sich hauptsächlich auf die Frage des Genauigkeitsgrades). F. Salgat op. cit. A. Melli, Misura di portata nelle condotti forzate „El Metodo Gibson“. Obgleich dies vom Verfasser nicht erwähnt wird, ist dieser Aufsatz zum grössten Teil dem vorletzt erwähnten entnommen. — Es erschien ferner in der „S. B. Z.“ ein Aufsatz über die Verwendung des Gibson'schen Verfahrens bei Rohrleitungen mit veränderlichem Querschnitt, und zwar von Dr. D. Thoma, und auch von Ing. de Haller (Bd. 95, S. 175, 29. März 1930).

von den beiden Diagramm-Typen erhaltenen Resultate und die sehr geringe Streuung der Punkte. Dieses Beispiel ist noch dadurch interessant, dass die Rohrleitung verschiedene Richtungs- und Querschnitts-Änderungen aufweist.

Die mit den Turbinen von *Queenstown* der *Hydro-Electric Power Corporation of Ontario* gemachten Versuche bilden ebenfalls ein ausgezeichnetes Beispiel des unbedeutenden Einflusses einer Querschnitts-Änderung der Rohrleitung auf die Versuchsergebnisse (Abb. 3 und 4). Diese Versuche, die unter Verwendung des einfachen Diagrammes ausgeführt wurden, sind

durch zwei verschiedene Ingenieure unter Verwendung von zwei verschiedenen Gibsonschen Messapparaten vorgenommen worden. Die Übereinstimmung der Ergebnisse kann als sehr befriedigend bezeichnet werden.

Die verschiedenen Daten der bei den beiden erwähnten Versuchen in Frage kommenden Rohrleitungen und Apparate sind die folgenden:

1. <i>School Street</i> : Versuche mit:		Differential-Diagramm	einfachem Diagramm
L		165' 6"	182' 11"
$\sum \frac{l}{f}$		1,389	1,512
$K^7)$		70,15	73,05
2. <i>Queenstown</i> : Versuch Nr.			
		1	2
L		369,17'	309,88'
$\sum \frac{l}{f}$		1,742	1,385
$K^7)$		99,45	88,98

Die Abweichungen der verschiedenen Daten voneinander macht den Vergleich noch interessanter.

Schliesslich seien noch die in der Anlage Walchensee ausgeführten Versuche erwähnt, bei denen nicht weniger als vier verschiedene Messverfahren Verwendung fanden, und zwar Pitot-, Allen-, Gibson- und Flügelmessungen. Als Vergleichswerte wurden die Ergebnisse der Flügelmessungen angenommen und dabei beobachtet, dass jene des Gibson-Verfahrens eine gute Übereinstimmung ergaben. Die Messungen wurden mit Hilfe eines uns nicht bekannten Apparates von Dr. *Thoma* vorgenommen.

Das Wesen selbst des Gibson-Verfahrens beschränkt dessen Verwendung auf Anlagen, die eine geschlossene Leitung aufweisen; wir sind aber der Ansicht, dass die geschlossene Leitung u. a. auch das Saugrohr einer Reaktorturbine sein kann und dass es von Interesse wäre, einen Versuch in dieser Hinsicht vorzunehmen. Dieser Versuch ist bereits vorgesehen worden, jedoch noch nicht ausgeführt. Falls die auf diese Weise erhaltenen Ergebnisse, wie wir hoffen, befriedigend ausfallen, wird man künftig über ein Messverfahren verfügen, das ganz besonders für Kaplan-turbinen, bei denen eine grosse Anzahl von Messungen nötig ist, bemerkenswerte Vorteile bieten wird.

Als *Nachteil* der Gibson-Methode muss der Umstand erwähnt werden, dass einesteils die Energielieferung der untersuchten Turbine für die Messung unterbrochen werden

⁷⁾ K ist die Konstante des Apparates, d. h. das Verhältnis von g zur Höhe (in Zoll), die auf dem Diagramm einem Druck von 1 Fuss entspricht.



Abb. 16. Serpentinstrasse an der Lenzhalde in Stuttgart. Die Serpentine (steigt nach rechts ausholend und wieder nach links wendend) ist zu flach angelegt, lädt übermässig aus und ist beidseitig bebaut; die Folge ist eine ungeordnete Massierung der Bebauung. (Luftfoto Strähle, Schorndorf.)

muss, sofern die Schliessorgane nicht vollkommen dicht schliessen, und andernteils die Verlustwassermenge bestimmt werden muss. Der erste dieser Nachteile ist aber gegenüber andern Verfahren sehr gering, indem die für die Messung in Anspruch genommene Zeitdauer beim Gibson-Verfahren im allgemeinen bedeutend kleiner ausfällt, als bei andern. Diese Zeitdauer fällt ganz besonders kurz aus, wenn die Maschine auf dem Netz parallel geschaltet ist, da sie während der Messung auch so bleibt. Dem zweiten Nachteil wird man im allgemeinen ohne Schwierigkeiten in der weiter oben erwähnten Weise abhelfen können. Diese Nachteile stehen also in keinem Verhältnis mit den bereits hervorgehobenen Vorteilen des Verfahrens.

Vom wirtschaftlichen Standpunkte aus empfiehlt sich das Gibson'sche Verfahren vor allem für die Messung bedeutender Wassermengen, da die Unterbrechung der Energielieferung ausserordentlich kurz ausfällt.

Man kann sich also die Frage stellen, warum dieses Verfahren so schwer in die Praxis eingeführt wird. Wohl wurden Einwendungen gemacht, die aber schon durch eine einigermaßen logische Ueberlegung der Frage beseitigt werden könnten. Wir hoffen mit obigen Zeilen zur Aufklärung beigetragen zu haben.

*

Nachtrag. Es werden uns eben zwei Aufsätze betreffend das Gibson'sche Messverfahren zur Kenntnis gebracht. Der erste ist in der „Energia Elettrica“ vom Dez. 1931 erschienen (E. Scimemi, *Misure di portata negli impianti*



Abb. 15. Anhöhe zwischen Doggenburg und Botnanger Steige (noch nicht fertig ausgebaut). Gute Wirkung breiter Horizontal-Grünstreifen.

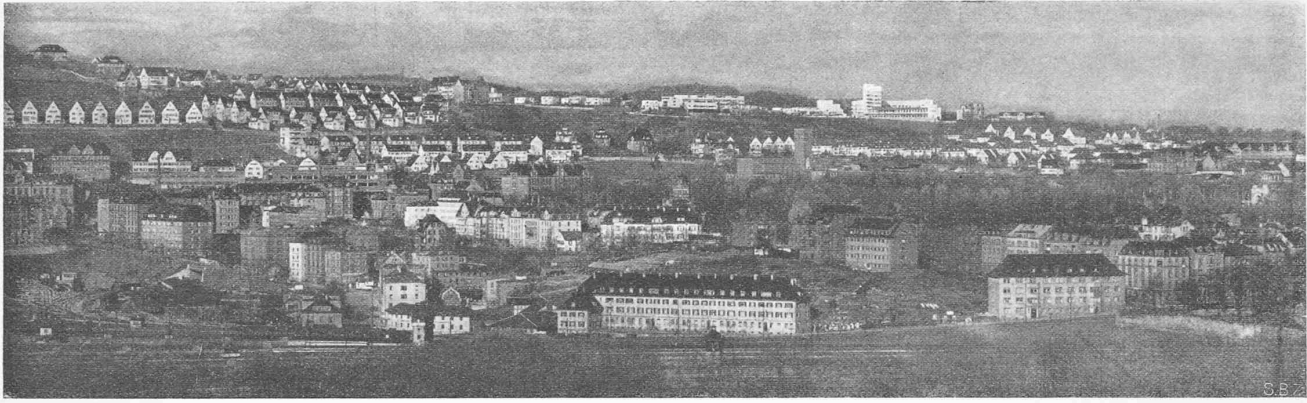


Abb. 20. Mönchhalde und Weissenhofsiedlung, von gegenüber gesehen: Links Staccato, rechts Legato. (Photo Fels).

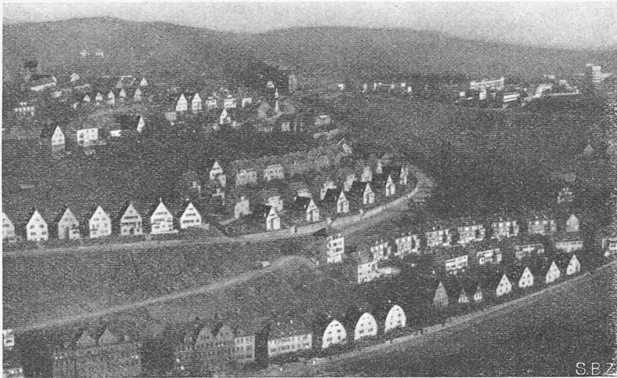


Abb. 19. Fliegerbild (Strähle) der Mönchhalde, rechts hinten der Weissenhof. Links ist zu viel „Städtebau“.

Der zweite Aufsatz ist im Wasserkraftjahrbuch 1930/31 (H. F. Canaan, Wassermessungen bei Grosskraftanlagen) erschienen. Man findet da (Abb. 16) eine schematische Darstellung des Messapparates von Prof. D. Thoma. Dieser Apparat ist u. a. mit einem Kolben versehen, der, zum Zweck die Reibung möglichst zu vermindern, dauernd in Drehbewegung gehalten wird. Der Kolben wirkt auf die Winkeleinstellung eines Spiegels, der einen Lichtstrahl auf einen photographischen Film lenkt.

Im gleichen Aufsatz (Abb. 19) befindet sich eine Darstellung des Voith-Brecht'schen Apparates, der in der Art der Druckanzeiger ausgebildet ist, dessen Kolben jedoch in raschen Schwingungen gehalten wird, ebenfalls um die Reibung möglichst zu vermindern. In der Versuchsanstalt wurden mit diesem Apparate Ergebnisse erzielt, die eine gute Uebereinstimmung mit Ueberfallmessungen aufwiesen.

idroelettrici eseguite col metodo Gibson) und beschreibt Versuche, die einerseits in der königl. Ingenieurschule zu Padova und andererseits in den Anlagen Canova und Nove der Soc. idroelettrica Ventina in Canova durchgeführt worden sind. In Canova fanden gleichzeitig Flügelmessungen statt. Diese Versuche sind insofern interessant, als sie nochmals den Beweis gebracht haben, dass das Gibson'sche Verfahren äusserst wenig Zeit in Anspruch nimmt (10 Minuten pro gemessenen Punkt). In Bezug auf die Genauigkeit des Verfahrens dagegen können diese Messungen nicht als glückliches Beispiel genannt werden. Die Resultate weisen eine bedeutende Zerstreung auf, die dem verwendeten Messapparat, einem kaum geänderten Maibak'schen Druckanzeiger, zuzuschreiben ist. Der Verfasser wollte damit einige Nachteile des Gibson'schen Apparates u. a. in Bezug auf dessen Verwendung bei hohen Gefällen vermeiden. Diese Nachteile kommen aber bei Verwendung des Differentialdiagrammes überhaupt nicht in Frage.

Städtebauliches aus Stuttgart.

Von Architekt PAUL TRÜDINGER, Stuttgart.

(Schluss von S. 151)

B. DIE HANG- UND HÖHENBEBAUUNG.

Man kann es gleich vorweg nehmen: die Hang- und Höhenbebauung in Stuttgart ist grösstenteils missglückt (wenngleich noch weniger wie in Zürich!). Dass in einer Zeit, als Theodor Fischer und Bonatz die modernen Gesichtspunkte für Hangbebauung bereits entwickelt hatten, noch in diesem Ausmass gesündigt wurde, ist wirklich beklagenswert.

Die neuen Grundsätze waren im wesentlichen die folgenden. Erschliessung der Hänge durch unbebaute Verkehrsstrassen mit 5 bis 7% Steigung, die sich der Geländeform eng anzupassen haben. Die Erschliessungsstrassen werden miteinander verbunden durch Wohnstrassen, die annähernd parallel zu den Höhenkurven verlaufen. Diesen Wohnstrassen entlang ziehen sich die Baustreifen;



Abb. 17. Bebauung des Gebietes an der Wernhaldenstrasse. Schlechte, ungeordnete Hangbebauung.

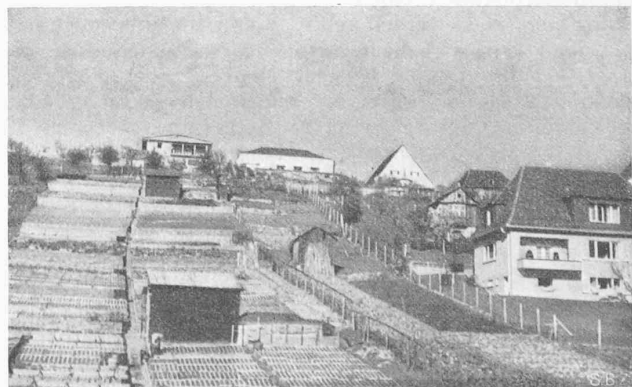


Abb. 18. Hügelbebauung an der Gustav Siegle-Strasse. Entstehungsgeschichte im Text nachzulesen.