Kontinuierliche Bestimmung der Abflussmengen in Gewässerstrecken mit veränderlichem Rückstau

Autor(en): **Kuntschen**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **42 (1950)**

Heft 6-7

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-922026

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Kontinuierliche Bestimmung der Abflußmengen in Gewässerstrecken mit veränderlichem Rückstau

Mitteilung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft

Vorbemerkung:

Im Nachstehenden wird kurz über die Bestimmung der Abflußmengen der schweizerischen Gewässer und sodann über eine vom hydrographischen Dienst des Amtes entwickelte Methode für die Abflußbestimmung in Gewässerstrecken mit veränderlichem Rückstau berichtet. Wir übergeben die Abhandlung, verfaßt von den Herren Ingenieur *H. Bircher,* Chef des hydrographischen Dienstes, und Ingenieur *E. Walser,* Sektionschef, der Öffentlichkeit in der Erwartung, daß hierdurch Interessenten angeregt werden, zu der Weiterentwicklung der Methoden beizutragen oder schon vorhandene Methoden bekanntzugeben.

Der Direktor des Eidg. Amtes
für Wasserwirtschaft:
Kuntschen

Bern, den 11. April 1950.

I. Allgemeines über die Abflußmengenbestimmung

Durch den hydrographischen Dienst des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft werden gegenwärtig die täglichen Abflußmengen an 119 Stationen der wichtigsten Flüsse bestimmt und im hydrographischen Jahrbuch veröffentlicht. Die Bestimmung der Abflußmengen beruht für alle Stationen auf kontinuierlichen Registrierungen der Pegelstände.

A. Normale Stationen

Wenn freier Abfluß besteht und auch dann, wenn die Station im Bereiche eines konstanten Rückstaues liegt, besteht eine eindeutige Beziehung zwischen Pegelstand und Abflußmenge, die durch eine Kurve dargestellt wird, wie es in Abbildung 1 gezeigt wird. Diese Kurve wird aufgestellt auf Grund einer Anzahl Wassermessungen, die bei verschiedenem Pegelstand durchgeführt werden. Mit Hilfe dieser Beziehung kann für beliebige Wasserstände die Abflußmenge ermittelt werden, und zwar für einen beliebigen Zeitpunkt oder Zeitabschnitt.

Da man es in der Natur gewöhnlich nicht mit unveränderlichen Flußbetten zu tun hat, diese vielmehr Änderungen der Gestalt und der Rauhigkeitsverhältnisse erleiden, ist auch die Beziehung von Pegelstand zu Abflußmenge nicht konstant; es werden daher periodisch Wassermessungen zu Kontrollzwecken vorgenommen und im Bedarfsfalle unter Durchführung der notwendigen Wassermessungen die Beziehung neu aufgestellt. Es gibt Stationen, bei denen dies im Jahre mehrmals nötig ist. (Vergleiche Abbildung 1.) Immerhin lassen sich die Verhältnisse noch gut überblicken.

B. Stationen mit veränderlichem Rückstau

1. Außer den unter A geschilderten Normalstationen gibt es solche, an denen bei einem bestimmten Pegelstand ganz verschiedene Abflußmengen auftreten können. Dies ist in Gewässerstrecken der Fall, die *veränderlichem Rückstau* unterworfen sind, z. B. durch ein bewegliches Wehr, durch die Einmündung eines bedeutenden Zuflusses oder einen See mit veränderlichem Wasserstand. Die Beziehung zwischen Pegelstand und Abflußmenge ist nicht mehr eindeutig; sie kann z. B. dargestellt werden als Kurvenschar, bei der die für den Rückstau maßgebende Größe (Schützenstellung beim Wehr, Wassermenge des Zuflusses, Wasserstand des rückstauenden Sees) als Parameter auftritt. Es können auch andere, den Abflußvorgang charakterisierende Größen die Rolle des Parameters übernehmen, z. B. das Wasserspiegelgefälle zwischen zwei an der Gewässerstrecke liegenden Punkten (s. Abb.3 und 4).

Die vorgenannten Kurven, bzw. Kurvenscharen, werden für eine bestimmte Meßstelle auf Grund von Wassermessungen aufgestellt. Es ist dann möglich, von den Wasserständen auf die Abflußmengen zu schließen; ihre kontinuierliche Bestimmung bedingt die kontinuierliche Aufzeichnung der Wasserstände.

2. Schon bei stabilen Verhältnissen braucht es für das Aufstellen einer Kurvenschar bedeutend mehr Wassermessungen als für das Aufstellen einer einzelnen Kurve im Normalfall unter A. Änderungen des Flußbettes treten häufig auf, bevor für ein erstes Aufstellen der Kurvenschar genügend Resultate vorliegen. Damit werden die Meßreihen inhomogen, ohne daß man sich immer dessen bewußt ist; denn die Veränderung der Abflußverhältnisse kann oft nur an der veränderten Lage von Meßresultaten gegenüber einer früher exakt aufgestellten Beziehung erkannt werden.

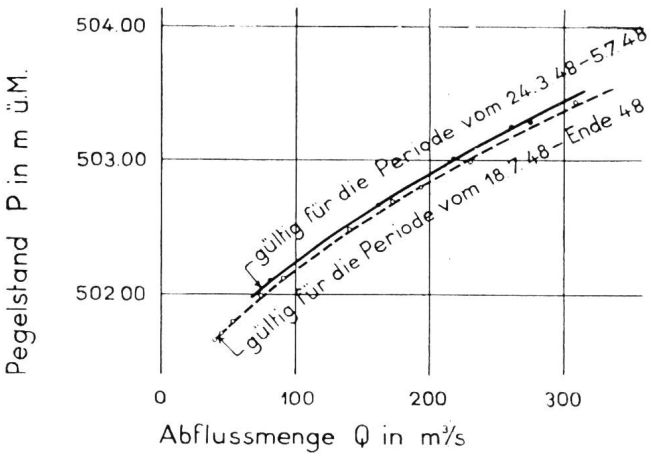

Abb. 1 Wassermeßstation Bern, Dählhölzli (Aare). Beispiel einer gewöhnlichen Station mit eindeutiger Beziehung zwischen Abflußmenge Q und Pegelstand P.

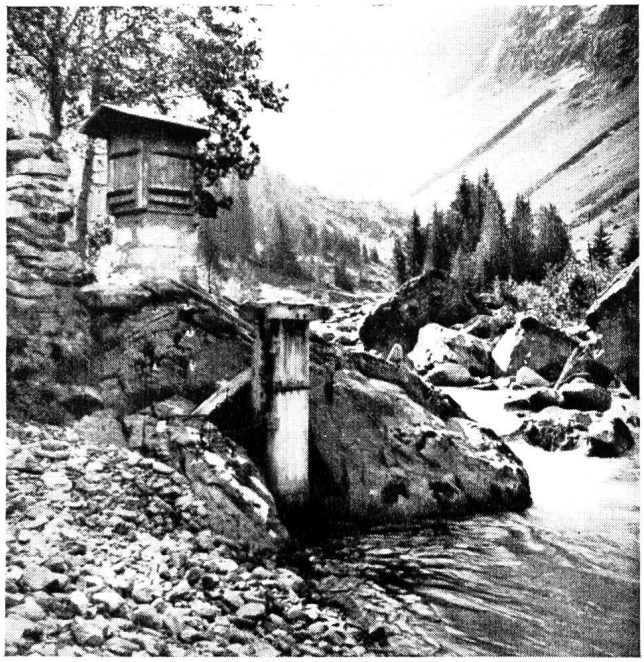

Abb. 2 Wassermeßstation Alp Sutglatschèr (Somvixer Rhein)

Für Beziehungsveränderungen sind bei gewöhnlichen Wassermeßstationen nur das Pegelprofil und dessen nähere Umgebung von praktisch feststellbarem Einfluß. Bei Stationen mit veränderlichem Rückstau wirken sich dagegen alle zwischen der Meßstelle und der Stelle, von welcher der Rückstau ausgeht, erfolgenden Veränderungen auf die Beziehung aus. Man macht immer wieder die Erfahrung, daß solche Änderungen auch in Gewässerstrecken auftreten, bei denen nicht von eigentlicher Geschiebeführung gesprochen werden kann. Diese Kurvenscharen sind offenbar in bezug auf kleine Gestaltänderungen und auf Rauhigkeitsänderungen (Wasserpflanzen) recht empfindlich.

Die geschilderten Umstände und noch weitere, deren Behandlung hier zu weit führen würde (Zuflüsse auf der Zwischenstrecke, kleine Gefälle usw.), bewirken, daß in den Strecken mit veränderlichem Rückstau ganz allgemein die ausschließlich auf der Registrierung der Wasserspiegelhöhen beruhende Bestimmung der Abflußmengen nur mit einem gegenüber gewöhnlichen Wassermeßstationen geringeren Genauigkeitsgrad möglich ist.

3. Das führte zu dem Bestreben, die Abflußmengenbestimmung an Stellen zu legen, bei denen kein veränderlicher Rückstau vorhanden ist, also z. B. genügend weit oberhalb der Einmündung in einen See, an das Stau*ende* einer Wasserkraftanlage. Durch den fortschreitenden Ausbau der Flüsse für die Kraftnutzung nehmen nun aber die Strecken mit veränderlichem Rückstau immer mehr zu. Man sieht den Zeitpunkt kommen, da an der unteren Aare, an der Rhone unterhalb des Genfersees oder am Rhein zwischen Basel und dem Bodensee überhaupt keine gewöhnlichen Wassermeßstationen mehr möglich sein werden. Gerade an solchen Strecken ist aber das Interesse an einer exakten Bestimmung der Abflußmengen im Hinblick auf den Kraftwerkbetrieb und auch auf die Schiffahrt ein lebhaftes. Das Problem ist auch da von Bedeutung, wo sich die Gezeiten des Meeres in den Unterläufen der Flüsse weit in das Land hinein auswirken.

4. Das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft schenkte diesem Problem stets größte Aufmerksamkeit, und es hat denn auch im Laufe der Jahre verschiedene Lösungen ins Auge gefaßt. So wurde z. B. versucht, bei der Bestimmung von Kurvenscharen außer der Durchführung von Wassermessungen auf rechnerischem Wege vorzugehen. Es wurden während der Wassermessungen auch Wasserspiegellängenprofile und Querprofile aufgenommen; es konnten so Rauhigkeitskoeffizienten berechnet und im weitern durch Rechnung Punkte der Kurvenschar bestimmt werden. Aber selbst bei dieser Zuhilfenahme muß natürlich die Kurvenschar bei jeder Zustandsänderung des Flußbettes neu bestimmt werden. Es hat sich zudem gezeigt, daß noch aus andern Gründen die Genauigkeit der Methode nicht genügt.

Als Beispiel sei der Zihlkanal angeführt, der den Neuenburgersee mit dem Bielersee verbindet. Auf der ganzen Kanallänge herrscht veränderlicher Rückstau. Die Durchflußmengen werden seit dem Jahre 1920 bestimmt, und zwar auf Grund der Wasserstände des Neuenburger- und des Bielersees; die hierfür verwendete Kurvenschar weist als Abszisse die Durchflußmenge, als Ordinate den Wasserstand des Neuenburgersees und als Parameter die Wasserspiegeldifferenz zwischen beiden Seen auf (Abbildung 4). Normalerweise ist der Zihlkanal der Ausfluß aus dem Neuenburgersee; es kommt aber auch vor, daß

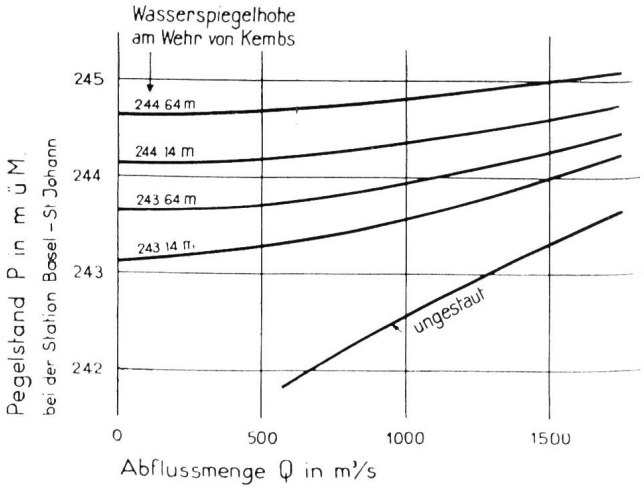

Abb. 3 Limnigraphenstation Basel, St. Johann (Rhein). Beispiel für eine Flußstrecke mit veränderlichem Rückstau. Beziehung zwischen Abflußmenge Q und Pegelstand P als Kurvenschar mit dem Stauspiegel am Wehr als Parameter. Zustand 1946—48.

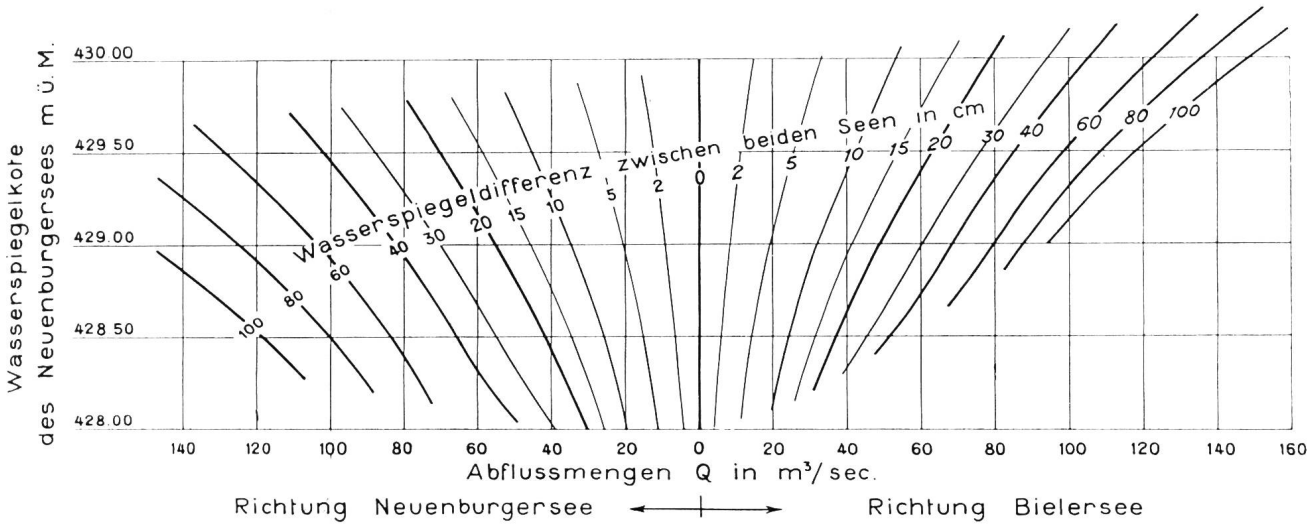

Abb. 4 Wassermeßstation Zihlbrück am Zihlkanal. Veränderlicher Rückstau. Abflußmenge in Beziehung gebracht zur Wasserspiegelkote des Neuenburgersees und zum Gefälle zwischen Neuenburger- und Bielersee (bisherige Bestimmungsmethode).

der Wasserspiegel im Bielersee über denjenigen des Neuenburgersees steigt; dann tritt im Zihlkanal Rückströmung auf. Die Kurvenschar hat sich deshalb bis in das Gebiet «negativer» Abflußmengen zu erstrecken. In den Jahren 1945/47 wurde versucht, mittels zahlreicher, kurz nacheinander vorgenommener Wassermessungen die Kurvenschar auf möglichst homogener Basis neu aufzustellen. Dies geschah auf Grund von 28 Wassermessungen. Schon die Messungen der Jahre 1948 und 1949 zeigen aber wiederum z. T. beträchtliche Abweichungen gegenüber der Kurvenschar, so daß es wieder nötig wäre, diese neu aufzustellen.

Ein solches Vorgehen ist auf die Dauer praktisch nicht durchführbar, schon im Hinblick darauf, daß eine Wassermessung die Tagesleistung eines Technikers mit drei bis fünf Gehilfen darstellt, wozu noch ein Zeichnertag für die Ausarbeitung kommt. Es müßte also die einmal aufgestellte Kurvenschar weiter verwendet werden unter Anbringung von Korrekturen, die sich nach den jeweiligen Meßergebnissen richten. Das wird aber erschwert durch den Umstand, daß die Abweichungen ganz unregelmäßig bald in positivem, bald in negativem Sinne auftreten.

II. Versuch mit einer auf der Registrierung der Strömungsgeschwindigkeit in einem Profilpunkte beruhenden Methode

1. Schon im Winter 1922/23 wurde durch unser Amt am Rhein bei Konstanz eine Methode eingeführt, die nicht mehr darin bestand, daß die Durchflußmengen in Beziehung gebracht wurden zu zwei Pegel- (Limnigraphen) Stationen, bzw. zu einem Wasserstand und einer Wasserspiegeldifferenz. Die Abflußmengen wurden vielmehr in Beziehung gebracht zu *zwei Größen, die beide in demselben Durchflußprofil erhoben werden,* nämlich: zum *Wasserstand und der Strömungsgeschwindigkeit in einem bestimmten Punkt.* Auch am Zihlkanal wurde vorübergehend ein derartiger Versuch unternommen. Die Methode scheiterte damals am Ungenügen der verwendeten Apparate.

2. Anfang 1945 beschloß unser Amt, die Versuche unter Anwendung des vorstehenden Prinzips am Zihlkanal wieder aufzunehmen. Um durch länger dauernden Betrieb einer derartigen Registrierstation, verbunden mit der Durchführung zahlreicher Wassermessungen, die nötigen Erfahrungen sammeln zu können, war vorerst ein Instrument für dauernde Registrierung der Strömungsgeschwindigkeit zu konstruieren. Das Instrument mußte Strömungen in beiden Richtungen ohne weiteres registrieren, es mußte besonders auch bei kleinen Strömungsgeschwindigkeiten große Genauigkeit aufweisen. Diese Bedingungen sowie die Anforderungen hinsichtlich Betriebssicherheit auch beim Auftreten von Geschwemmsel, gaben Anlaß, nach Konstruktionen Ausschau zu halten, die nicht auf dem Prinzip des Woltmannschen Flügels beruhen. Wir begrüßten es deshalb, als uns der Direktor des norwegischen Amtes für Maß und Gewicht, Herr Dr. *O. Falk* aus Oslo,, anläßlich seines Aufenthaltes in der Schweiz im Herbst 1946 die von ihm entwickelten Geräte vorzeigte. Diese beruhen auf der Messung des vom strömenden Wasser auf einen Widerstandskörper ausgeübten Druckes. Eichversuche in der Flügelprüfanstalt

Abb. 5 Wassermeßstation Zihlbrück. Ansicht vom Neuenburger Ufer aus. Im Vordergrund Limnigraphenstation, am andern Ufer Geschwindigkeits-Registrierstation.

des Amtes zeigten uns, daß von einem derartigen Gerät die Erfüllung unserer Anforderungen erwartet werden konnte. In verdankenswerter Weise stellte Herr Dr. Falk uns im folgenden Jahre ein eigens für unsere Zwecke gebautes Instrument zur Verfügung, das uns die Durchführung des Versuches ermöglichte und das seither, durch verschiedene Umbauten den Erfahrungen angepaßt, in den Besitz des Amtes übergegangen ist.

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die Versuchsstation bei Zihlbrück am Zihlkanal, Abbildung 7 ihre schematische Darstellung im Flußquerschnitt. Da der Anlage zunächst provisorischer Charakter zukam, wurden für die Aufnahme der Registrierinstrumente Holzgerüste erstellt, wobei der Limnigraph, um eine Störung der Strömungsverhältnisse in der Nähe des Geschwindigkeitsregistrierapparates zu vermeiden, auf dem gegenüberliegenden Ufer angeordnet wurde. Eine permanente Anlage wird beide Apparate an der gleichen Stelle aufnehmen können, so daß praktisch nur eine Station zu bauen sein wird. Die Station Zihlbrück liegt rund 300 m südlich der Straßenbrücke. Sie wurde im Spätherbst 1947 erstellt. Nach einer Periode der Anpassungsarbeiten und Vorversuche hatte der Geschwindigkeitsregistrierapparat im Frühsommer 1948 seine heutige Gestalt erreicht, worauf mit der Messung vom 23. Juli 1948 die eigentliche Versuchsserie begann. Es wurde Wert darauf gelegt, diese mindestens über ein ganzes Jahr auszudehnen. Bis zum 14. September 1949 wurden dann in Zihlbrück total 28 Wassermessungen durchgeführt, davon drei bei Rückströmung. Zwei Messungen erfolgten bei defektem Apparat. Die folgenden Ausführungen, für die wir uns auf die Strömung gegen den Bielersee beschränken, stützen sich somit auf die Resultate von 23 Wassermessungen.

3. Bezeichnet man mit:

Q = die Abflußmenge,

F = die benetzte Querschnittsfläche,

V_m = die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Querschnittes,

wobei

① $$v_m = \frac{Q}{F},$$

v_D = die Strömungsgeschwindigkeit in dem für die Registrierung ausgewählten Punkt des Querschnittes (Meßpunkt)

und setzt man

② $$v_m = \lambda \cdot v_D,$$

so gilt:

③ $$Q = F \cdot v_m = F \cdot \lambda \cdot v_D$$

F ist eine Funktion des Pegelstandes P. F (P) wird aufgestellt auf Grund von Querprofilaufnahmen (Tabelle 1).

Tabelle 1:

Beziehung zwischen dem Pegelstand P und der Durchflußfläche F

P m	F m²
428,50	102,4
428,75	112,2
429,00	122,1
429,25	132,5
429,50	143,2
429,75	154,1
430,00	165,3
430,25	176,8
430,50	188,4

Wenn nun der Wert λ, von dem anschließend gesprochen wird, bekannt ist, kann auf Grund von Limnigraphenaufzeichnungen (P, bzw. F) und den Registrierungen der Strömungsgeschwindigkeit (v_D) die Durchflußmenge Q für jeden Zeitabschnitt berechnet werden.

Abb. 6 Wassermeßstation Zihlbrück. Ansicht vom Berner Ufer aus. Links Limnigraphenstation, rechts Geschwindigkeits-Registrierstation.

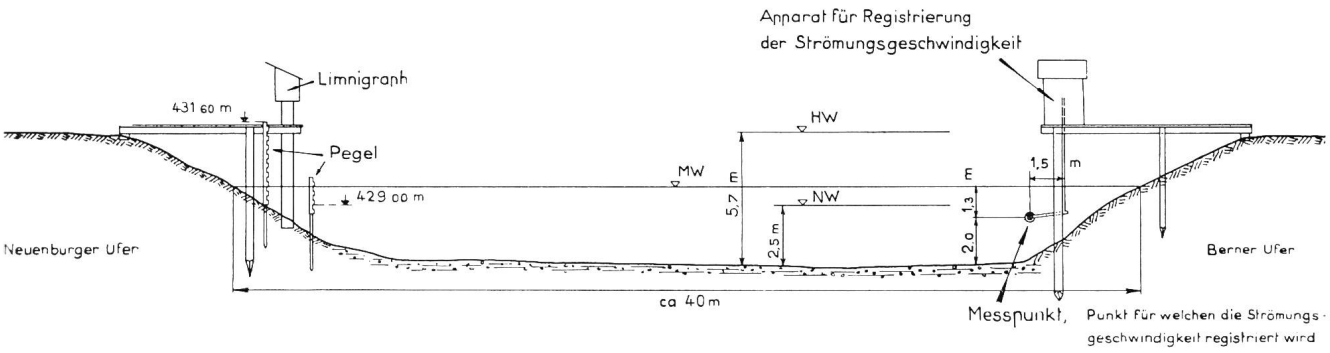

Abb. 7 Querprofil durch den Zihlkanal bei der Wassermeßstation Zihlbrück

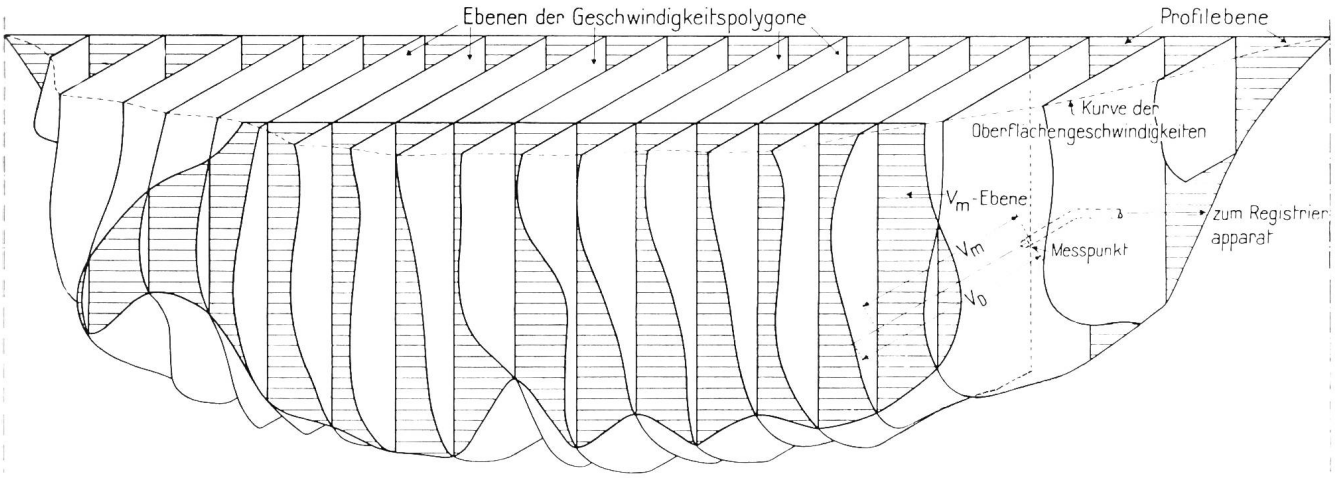

Abb. 8 Schematische Darstellung der Strömungsverteilung im Kanalquerschnitt auf Grund einer Flügelmessung

Wie verhält es sich mit dem Faktor λ? Denkt man an die bekannten Pulsationen des fließenden Wassers, so gelangt man zur Ansicht, daß λ zeitlich variabel sei. Bei diesen Variationen handelt es sich aber um rhythmische Schwankungen; der Schluß liegt deshalb nahe, daß Mittelwerte von λ um so weniger voneinander abweichen werden, je länger die Zeitabschnitte sind, für welche die Mittelwerte bestimmt werden. Es hat sich denn auch gezeigt, daß für Mittelwerte von der Dauer einer Wassermessung, also $1^1/_2$ St. — 3 Stunden, der Einfluß der Pulsationen ausgeschaltet ist.

(Fortsetzung folgt)

Die wichtigsten Probleme der elektrischen Energieübertragung auf große Distanzen

Unter diesem Titel ist im Januarheft 1950 der Wiener Zeitschrift «Elektrotechnik und Maschinenbau» eine Arbeit[1] erschienen, die in umfassender Weise die Fragen eines der wichtigsten Gebiete der zukünftigen Energiewirtschaft behandelt. Es ist dem Nichtfachmann nicht ohne weiteres klar, daß der elektrische Energietransport technische und wirtschaftliche Probleme größten Ausmaßes stellt, sobald es sich um größere als bisher übliche Distanzen und Energiemengen handelt. Der Verfasser, der sich neben Verwendung der vorhandenen Fachliteratur vor allem auf Versuche und theoretische Untersuchungen der Firma Brown-Boveri stützen kann, gibt in klarer und präziser Art einen Einblick in die Probleme und ihre möglichen Lösungen, die die Energieübertragung auf große Distanzen mit sich bringt.

Hochspannungsprobleme der Drehstromübertragung. Unter diesem Abschnitt werden die zwei Hauptprobleme, die die Anwendung sehr hoher Übertragungsspannungen mit sich bringt, eingehend erörtert: Das Koronaproblem und das Isolationsproblem.

Die Koronaverluste sind Übertragungsverluste, die nur von der Spannung abhängig und bei Vollast oder leerlaufender Leitung praktisch gleich groß sind. Es ist eine alte physikalische Tatsache, daß an der Oberfläche eines

[1] Die wichtigsten Probleme der elektrischen Energieübertragung auf große Distanzen, von Dr. W. Wanger, Baden, nach einem Vortrag, gehalten am 12. Mai 1949 im Außeninstitut der Technischen Hochschule Wien. E und M = Elektrotechnik und Maschinenbau, Heft 1, 1950, Springer-Verlag in Wien.