Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 89 (1997)
Heft: 1-2

Artikel: Vom Messflügel zum treibenden Blatt
Autor: Vischer, Daniel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940164

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

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

amt für Wasserwirtschaft 1995 eine erste Zahlung von 900 000 Franken an die im Fall Greina-Hochebene anspruchsberechtigten Gemeinwesen ausgerichtet. Diese Abgeltung steigt, zufolge der Erhöhung des Wasserzinses, auf 1,350 Millionen pro Jahr. Neu kann der Bund diese während 40 Jahren zu leistenden Ausgaben haushaltneutral finanzieren durch seinen zweckgebundenen Anteil am Wasserzins.

5. Weiteres Vorgehen

Nach der Veröffentlichung der Vorlage im Bundesblatt beginnt die Referendumsfrist von 90 Tagen zu laufen. Verstreicht diese Frist unbenützt, so kann die Novelle im ersten Halbjahr 1997 vom Bundesrat in Kraft gesetzt werden. Gleichzeitig ist eine Verordnung zu erlassen, welche den Anteil des Bundes an den Wasserzinsen der Kantone festlegt.

6. Nächste Revision des Gesetzes

Mit Beschluss vom 23. Oktober 1996 hat der Bundesrat einen Entwurf zu einem Bundesgesetz über die Koordination und die Vereinfachung der Entscheidverfahren für Bauten und Anlagen für das Vernehmlassungsverfahren freigegeben. Zu den Verfahren, die vereinfacht und beschleunigt werden sollen, gehört das Konzessionsverfahren für Grenzkraftwerke (Art. 46, 47 und 62f. WRG). Es ist daher damit zu rechnen, dass in absehbarer Zeit das Wasserrechtsgesetz im verfahrensrechtlichen Teil erneut revidiert wird.

Adresse des Verfassers: *Christian Furrer,* Dr. iur., Direktor, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Postfach, CH-2501 Biel.

Vom Messflügel zum treibenden Blatt

Daniel Vischer

Hier soll nochmals auf das hydrologische Seminar der Landeshydrologie und -geologie vom 4./5. November 1996 in Ittigen/Bern hingewiesen werden (Seiten 8 und 30). Dort wurden verschiedene neue Verfahren zur Abflussmessung vorgestellt. Als vielversprechend erweist sich eine raffinierte Art der Schwimmermessung. Sie erlaubt es – vielleicht einmal –, auf das lückenlose und darum zeitraubende Abtasten eines Abflussquerschnitts mit einem Messflügel oder einem anderen Geschwindigkeitsmesser zu verzichten.

1. Das Prinzip

Am erwähnten Seminar hielt der Verfasser einen Vortrag mit dem Titel *«Vom treibenden Blatt zum Messflügel»* (*Vischer,* 1996). Darin beschrieb er die Vielfalt der Geschwindigkeitsmesser, die von *Leonardo da Vinci* bis zu *Josef Epper,* also etwa bis zum Jahr 1900, erfunden und eingesetzt wurden. Seitdem beherrscht der Messflügel die Szene. Dieser wurde zwar auch schon früh, das heisst im Jahre 1790, in Vorschlag gebracht. Doch benötigte er noch verschiedene Verbesserungen, wie insbesondere die elektrische Drehzahlregistrierung, bis er seinen Konkurrenten ebenbürtig wurde. Zu jenen gehörten bis zuletzt die Schwimmer, deren einfachste und ursprünglichste Form eben das treibende Blatt ist, sowie die Strompendel und die hydraulischen Rohre. Die Entwicklung verlief also sozusagen vom treibenden Blatt zum Messflügel.

Es zeugte deshalb nicht nur von Humor, sondern wirkte auch sehr einprägsam, als einer der anderen Referenten des Seminars, *Jürgen Skripalle,* eine mögliche Umkehr der Entwicklung mit dem Satz andeutete: *«Vom Messflügel zum treibenden Blatt zurück!»* Er stellte in der Folge ein Messverfahren vor, das die rasche Ermittlung der Geschwindigkeit eines treibenden Blatts oder eines anderen Schwimmkörpers gestattet. Dann zeigte er, wie man von dieser punktuellen Oberflächengeschwindigkeit auf die mittlere Geschwindigkeit im Abflussquerschnitt und somit auf den Abfluss schliessen könnte, ohne weitere Messungen durchzuführen. Dabei wurde er von *Christian Kölling* in einem längeren Diskussionsbeitrag unterstützt.

2. Die Messung der Oberflächengeschwindigkeit

Das Messverfahren beruht auf der Methode der «Particle Tracking Velocimetry (PTV)». Das heisst, es werden auf der Oberfläche einer Flussströmung Partikel in Form von Blättern, Blasen usw. ausgemacht und hinsichtlich ihrer Bewegung verfolgt. Als Aufnahmegerät dient eine Videokamera, die am Ufer, auf einer Brücke oder einem verankerten Schiff angebracht ist. Aus der Verschiebung der Partikel von Bild zu Bild lässt sich bei bekannter Bildfrequenz auf die Partikelgeschwindigkeit schliessen. Die praktisch simultane und automatische Bestimmung nach Betrag und Richtung besorgt ein mitgeführter PC. Auf diese Weise ist es in kurzer Zeit (Minuten?) möglich, an einem ganz bestimmten Punkt der Wasseroberfläche einen verlässlichen zeitlichen Mittelwert der Oberflächengeschwindigkeit zu erhalten. Für weitere Einzelheiten sei auf die Literatur verwiesen (*Skripalle,* 1996).

3. Die Berechnung des Abflusses

Wie kann man von einer Oberflächengeschwindigkeit auf die mittlere Geschwindigkeit im Abflussquerschnitt schliessen? An dieser Frage sind ja bislang die Schwimmermessungen gescheitert. Heute besteht jedoch die Möglichkeit, die Geschwindigkeitsverteilung in einem fast beliebigen Querschnitt zu berechnen. Dabei kommt es nicht einmal darauf an, den Absolutwert der örtlichen Geschwindigkeit genau zu ermitteln, sondern nur den Relativwert in bezug auf die mittlere Geschwindigkeit v. Beträgt der Relativwert in jenem Punkt, wo die Oberflächengeschwindigkeit mit v_0 gemessen wurde, beispielsweise α_0, so gilt

$$v_0 = \alpha_0 v$$

und damit $v = \frac{v_0}{\alpha_0}$

Kennt man noch den Abflussquerschnitt F, so ergibt sich der Abfluss Q zu

$$Q = F \frac{v_0}{\alpha_0}$$

Die Berechnung darf sich dabei freilich nicht bloss auf den Querschnitt allein beziehen. Sie muss die Verhältnisse auf der Zu- und Abströmseite mitberücksichtigen, sich also auf ein dreidimensionales Abflussmodell stützen.

Die Eichung einer Abflussmessstation liesse sich inskünftig also etwa wie folgt vornehmen:

Vorbereitung

Man erhebt die Geometrie des Flussbetts und bestimmt für das Messprofil die Abhängigkeit zwischen dem Abfluss-

querschnitt F und dem Wasserstand h

$$F = F(h)$$

Dann rechnet man für verschiedene Abflüsse und Wasserstände den Relativwert α_0 in einem vorgegebenen Punkt P. Bild 1a deutet schematisch an, dass dieser Punkt senkrecht unter dem Kamerastandort liegen kann. Es sind aber auch andere Konfigurationen möglich. Jedenfalls erhält man zwangsläufig eine Abhängigkeit zwischen dem Relativwert α_0 und dem Wasserstand h:

$$\alpha_0 = \alpha_0(h)$$

Sofern die Abflussmessstation die üblichen Bedingungen erfüllt, ist diese Abhängigkeit eindeutig.

Eichung

Man plaziert am Messtag die Kamera am vorgesehenen Standort und bestimmt die Oberflächengeschwindigkeit v_0 der Strömung im Punkt P. Aus dem gleichzeitig ermittelten Wasserstand h schliesst man auf den zugehörigen Abflussquerschnitt F und den Relativwert α_0. Auf diese Weise erhält man den Abfluss, wie schon erwähnt, mit der Formel

$$Q = F \frac{v_0}{\alpha_0} = Q(h)$$

Selbstverständlich könnte man die Strömung im Punkt P auch mit einem Messflügel oder einer elektromagnetischen Gechwindigkeitssonde erheben. Dann wäre es aber wohl zweckmässig, den Punkt P nicht an der Oberfläche, sondern darunter zu wählen, und zwar mit festen Koordinaten.

4. Anwendung auf die Ultraschallmessung

Am Seminar erläuterte *Christian Kölling* noch, wie die Berechnung der relativen Geschwindigkeitsverteilung auch zu einer Aufwertung der Ultraschallmessung führen könnte. Er bezog sich auf jene Messung, bei der sowohl der Sender wie der Empfänger gemäss Bild 1b fest am Ufer angebracht sind und die Fliessgeschwindigkeit immer längs derselben Strecke bestimmen. Auch da besteht natürlich zwischen dieser Fliessgeschwindigkeit v_u und der mittleren Geschwindigkeit v im Abflussquerschnitt ein Verhältnis, das von der Geschwindigkeitsverteilung und damit vom Wasserstand abhängt. Berechnet man den entsprechenden Relativwert α_u, gilt analog

$$v = \frac{v_u}{\alpha_u}$$

und bei bekanntem Abflussquerschnitt F

$$Q = F \frac{v_u}{\alpha_u} = Q(h)$$

Auf diese Weise könnte mit der Ultraschallmessung leicht die Abflusskurve ermittelt werden.

5. Schlussfolgerungen

Den hier skizzierten Verfahren ist gemeinsam, dass sie den Messaufwand erheblich zu verringern suchen. Dafür erfordern sie eine wesentlich umfangreichere hydraulische Berechnung. Zur Verdeutlichung diene folgende Gegenüberstellung:

Heute übliche Abflussmessung

Durchführung zahlreicher Geschwindigkeitsmessungen im Flussquerschnitt mit einem Messflügel (oder einer elektromagnetischen Geschwindigkeitssonde). Integration der Messwerte über den Querschnitt gemäss der *Kontinuitätsgleichung.*

Das Verdünnungsverfahren wird hier, weil es praktisch nur für Wildbäche verwendbar ist, ausser acht gelassen.

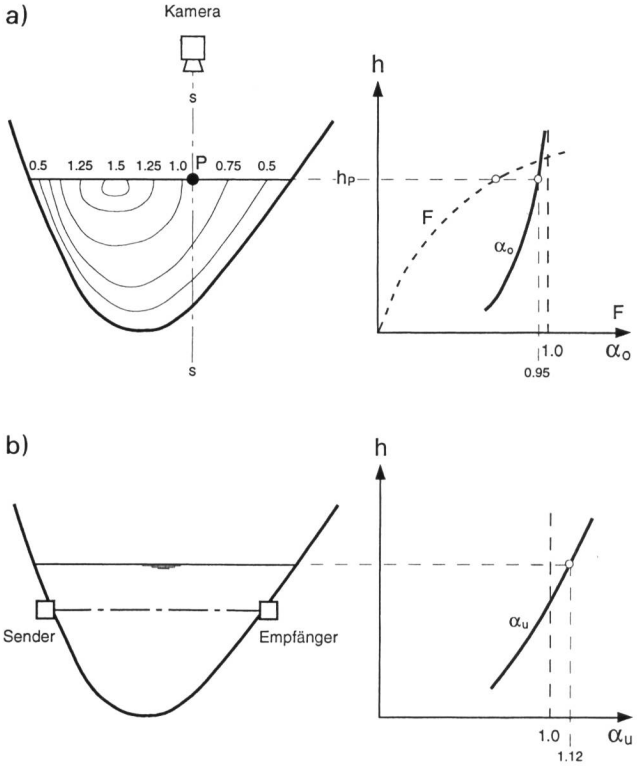

Bild 1. Schematische Darstellung eines Flussquerschnitts. a) Abhängigkeit des Abflussquerschnitts F vom Wasserstand h sowie Abhängigkeit der relativen Oberflächengeschwindigkeit im Schnitt SS vom Wasserstand h (für $h = h_P$ ist $\alpha_0 = 0{,}95$); b) Abhängigkeit der relativen Geschwindigkeit α_u zwischen Sender und Empfänger vom Wasserstand h.

Zukünftige Möglichkeit

Messung einer einzigen Geschwindigkeit im Flussquerschnitt mit einer Videokamera (oder einem Messflügel bzw. einer elektromagnetischen Geschwindigkeitssonde usw.). Umrechnung des Messwertes auf den Abfluss. Dabei wird der Messwert praktisch als Eingangsgrösse eines auf den *Bewegungs- und Kontinuitätsgleichungen* beruhenden dreidimensionalen Strömungsmodells für die betrachtete Flussstrecke benutzt.

Solche Modelle gibt es heute. Ihre Anwendung ist je nach Komplexität der Flussbettgeometrie und der Strömung teilweise noch recht zeitintensiv. Die ständigen Fortschritte führen aber zu immer kürzeren Rechenzeiten. Immerhin ist zu sagen, dass die Berechnungen (*Hermann,* 1996) nicht während der Messungen vorgenommen werden müssen; sie können vor- oder nachher gemacht werden, was die Bedeutung der Rechenzeiten etwas relativiert.

Literatur

Hermann F. et al. (1996): Die Strömung aus ausgewählten LHG-Pegeln bei extremen Hochwassern, untersucht mit numerischen 2- und 3-D-Modellen (wie *Skripalle*).

Skripalle J. (1996): Messung der Oberflächengeschwindigkeit mit Hilfe digitaler Bildverarbeitung. Landeshydrologie und -geologie, Hydrologische Mitt. Nr. 24.

Vischer D. (1996): Vom treibenden Blatt zum Messflügel (wie *Skripalle*).

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *Daniel Vischer,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.