Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 69 (1977)

Heft: 4

Artikel: Abflussmessung mit einem akustischen Stömungsmesser in Flussstrecken mit veränderlichem Rückstau

Autor: Fischer, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941484

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: 22.07.2025

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

Abflussmessung mit einem akustischen Strömungsmesser in Flussstrecken mit veränderlichem Rückstau

DK 681.121.8

Max Fischer

Résumé

Cet article donne une rétrospective des efforts entrepris durant des années par l'Office fédéral de l'économie hydraulique pour le mesurage des débits dans les cours d'eau à remous variable. Les premiers essais avec un appareil accoustique de la Maison Krupp Atlas-Elektronik ont été effectués en 1970. Depuis 1975 quatre appareils sont continuellement en service et donnent entière satisfaction. Cet exposé traite en outre du principe de mesurage ainsi que des expériences faites.

Kurzfassung

Nachstehend wird ein Rückblick auf die langjährigen Bemühungen gegeben, die Abflussmengen in Flussstrecken mit veränderlichem Rückstau zu erfassen. 1970 wurden die ersten Versuche mit einem akustischen Strömungsmesser der Firma Krupp Atlas-Elektronik durchgeführt. Seit 1975 stehen vier gutfunktionierende Anlagen im Dauerbetrieb. Es wird über das Messprinzip und über die Betriebserfahrungen berichtet.

Rückblick

Die Abteilung Landeshydrographie des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft hat die Aufgabe, auf nationaler Ebene hydrologische Grunddaten zu sammeln und zur Verfügung zu stellen mit dem Ziel, die wirtschaftliche Nutzung der Wasservorkommen, ihren wirksamen Schutz und die Abwehr schädigender Einwirkungen auf das Wasser sichern zu helfen. Unter diesen Erhebungen ist die kontinuierliche Bestimmung der Abflussmengen zahlreicher Flüsse unseres Landes eine der Hauptaufgaben. Die Beobachtungsdaten sind allen Interessenten aus Praxis und Wissenschaft entweder im Hydrographischen Jahrbuch der Schweiz oder durch direkte Auslieferung zugänglich.

Wenn immer möglich werden für Abflussmessungen Flussstrecken mit freiem Abfluss und gut definiertem Querschnitt gewählt. In diesen Fällen ist der Wasserstand ein Mass für die Abflussmenge. Es genügt dann, die Wasserstände mit einem Limnigraphen aufzuzeichnen, um mit Hilfe einer Beziehungskurve Wasserstand/Abflussmenge die Durchflussmenge über die Dauer berechnen zu können. Die Beziehungskurve muss durch Abflussmessungen, meistens mit hydrometrischen Flügeln durchgeführt, bestimmt werden.

In Flussstrecken, die durch ein Wehr, einen See oder eine Einmündung eines Nebenflusses eingestaut werden, lässt sich keine eindeutige Beziehung zwischen Wasserstand und Abflussmenge finden. Infolge des veränderlichen Rückstaues müsste für jede Stauhaltung eine ihr zugehörige Beziehungskurve ermittelt werden, was in den wenigsten Fällen möglich ist.

Das Problem der Abflussmessung in Flussstrecken mit veränderlichem Rückstau beschäftigt unser Amt schon seit über 50 Jahren. Von besonderem Interesse waren dabei die Verschiebungen der Wassermassen zwischen den Juraseen, die als Grundlage für die Regulierung des Wehres Port dienen.

So hat man schon um 1920 versucht, die mittlere Geschwindigkeit durch Dauermessung mit Schwimmflügel zu ermitteln, um nach Multiplikation mit der Querschnittfläche die Abflussmenge zu erhalten. Durch die Intensivierung des Schiffverkehrs auf den Kanälen musste dieses Verfahren aufgegeben werden. In den Jahren 1947/48 versuchte man die Strömungsgeschwindigkeit mit einem Apparat in Ufernähe zu messen. Das Prinzip bestand im Wägen des Staudruckes auf eine durch die Strömung abgelenkte Scheibe. Ihre Rückstellung in die ursprüngliche Lage erfolgte durch ein Kraftsystem. Die benötigte Kraft war ein Mass für die Geschwindigkeit. Man versuchte die Apparatur mit hydrometrischem Flügel zu eichen. 1950 hat die Firma A. Amsler, Schaffhausen, zum selben Zweck das Pitotron entwickelt. Ein Staurohr mit einem sehr empfindlichen Messwerk konnte Strömungsgeschwindigkeiten von einigen Zentimetern pro Sekunde noch genau messen (Bild 1).

Alle diese Versuche führten nicht zum Ziel. Die Apparate haben im Schleppkanal, in dem sie ausprobiert wurden, gut funktioniert. Im Dauereinsatz in natürlichen Gewässern hingegen wurden sie nach kurzer Zeit durch Verkrustung der mechanischen Teile funktionsunfähig. Zudem hat eine theoretische Untersuchung ergeben, dass eine Einpunktmessung in Fliessgewässern mit natürlichem Bachbett nicht in eine befriedigende Beziehung zur mittleren Geschwindigkeit des ganzen Messprofils gebracht werden kann. Diese Feststellung trifft auch für Mittelwerte aus längeren Zeitspannen zu.

Theoretische Untersuchungen

1958 hat Dr. C. Knapp an der ETH Zürich eine Doktorarbeit über Geschwindigkeitsmessungen strömender Flüssigkeiten mittels Ultraschall verfasst. Unser Amt hat die Ent-

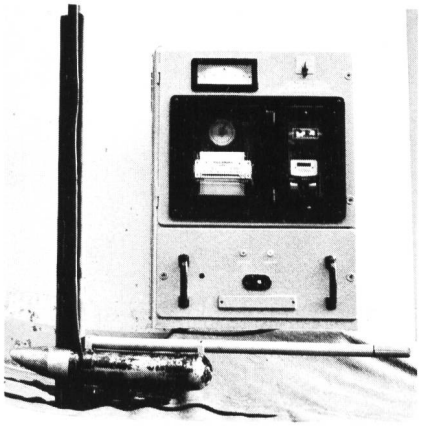


Bild 1. Elektronischer Strömungsmesser «Pitotron» der Firma A. Amsler, Schaffhausen.

Bild 2. Akustisches Strömungsmessgerät Flora (Deckel entfernt). ▶

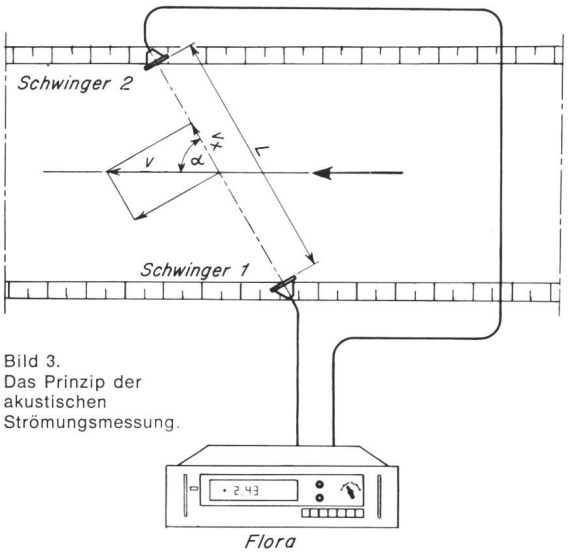


Bild 3.
Das Prinzip der akustischen Strömungsmessung.

wicklung damals mitverfolgt und war auch an einigen Versuchen beteiligt.

Angeregt durch die positiven Ergebnisse wurden an zwei Messstellen, nämlich an der Rhone bei Genf und an der Aare bei Brügg, theoretische Untersuchungen angestellt. Es ging dabei um die Frage: Genügt es, die Fliessgeschwindigkeit in einer Horizontalen des Querschnittes zu messen, um die mittlere Fliessgeschwindigkeit des ganzen Messprofils eindeutig zu erfassen? Auf unser Problem bezogen, sollte damit abgeklärt werden, ob ein einziges festmontiertes Schwingerpaar genügt, oder ob in mehreren Ebenen gemessen werden muss.

Die Abflussmenge Q kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$Q = K v_H F$$

in ihr bedeuten:

K Faktor

$$K = \frac{\text{mittl. Fliessgeschw. im ganzen Messprofil}}{\text{mittl. Fliessgeschw. in einer best. Höhenlage } v_H}$$

v_H mittlere Fliessgeschwindigkeit in einer Horizontalen auf einer bestimmten Höhe des Messquerschnittes.

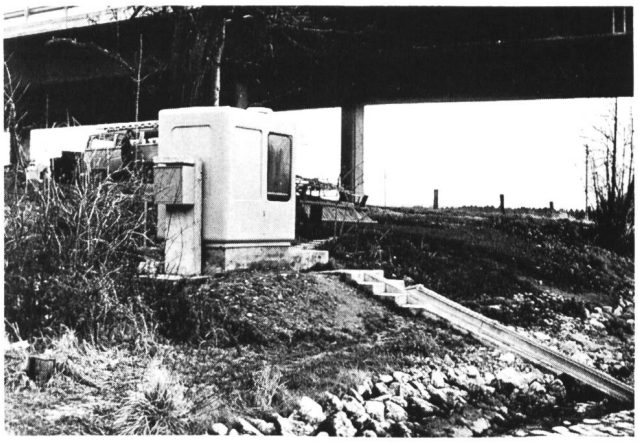
F Querschnittfläche im Messprofil (Funktion von P).

P Wasserstand

oder anders ausgedrückt:

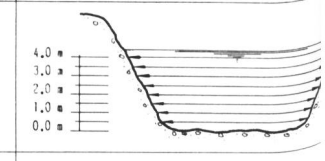
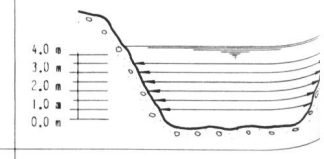
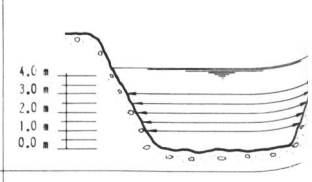
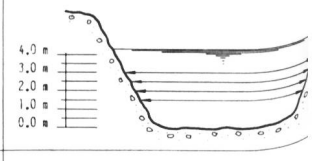
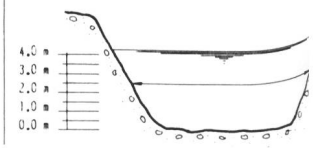
$$K = \frac{Q/F}{v_H}$$

Bild 4. Apparatekabine der Station Gampelen, rechtes Ufer des Zihlkanals. Rechts Gleitschiene für Schwinger.



Abflussmessstation Rhone Genf Pont sous Terre — Tabelle 1

Arithmetische Mittelwerte von "K" für verschiedene Kombinationen von Höhenlagen

Wassermessungen	Mittl. K-Wert	Grösste Abweichung vom Mittelwert	Querprofil (Schema)
	aus 8 Höhenlagen, 4 bis 0.5 m		
A	0.963	+ 2.3 %	
B	0.999	- 1.4 %	
C	0.969		
D	0.978		
Mittelwert	0.977		
	aus 6 Höhenlagen, 3.5 bis 1.0 m		
A	0.954	+ 2.6 %	
B	0.991	- 1.2 %	
C	0.954		
D	0.966		
Mittelwert	0.966		
	aus 5 Höhenlagen, 3.0 bis 1.0 m		
A	0.968	+ 2.6 %	
B	1.004	- 1.3 %	
C	0.966		
D	0.978		
Mittelwert	0.979		
	aus 4 Höhenlagen, 3.0 bis 1.5 m		
A	0.948	+ 2.5 %	
B	0.992	- 1.3 %	
C	0.946		
D	0.956		
Mittelwert	0.958		
	aus 1 Höhenlage, 2.5 m		
A	0.937	+ 2.3 %	
B	0.963	- 1.1 %	
C	0.931		
D	0.933		
Mittelwert	0.941		

Hydrometrische Daten der 4 ausgewählten Wassermessungen A bis D

		A	B	C	D
Pegelstand P	m	4.205	4.450	4.510	4.751
Abflussmenge Q	m^3 / s	146	156	356	391
Flächeninhalt des Querschnittsprofils F	m^2	296	312	326	347
Mittlere Wassergeschwindigkeit der Messung Q/F	m / s	0.495	0.501	1.092	1.127

Mittlere Wassergeschwindigkeiten in den verschiedenen Höhenlagen

Höhenlage : 4.00 m	m / s	0.572	0.559	1.209	1.274
3.50 m	m / s	0.560	0.541	1.225	1.243
3.00 m	m / s	0.544	0.533	1.182	1.229
2.50 m	m / s	0.528	0.520	1.173	1.208
2.00 m	m / s	0.515	0.503	1.143	1.162
1.50 m	m / s	0.504	0.488	1.123	1.124
1.00 m	m / s	0.471	0.458	1.041	1.056
0.50 m	m / s	0.444	0.436	0.970	0.986

Berechnung der K-Werte in den verschiedenen Höhenlagen

$$\text{Koeffizient "K"} = \frac{\text{mittl. Geschw. der Messung (Q/F)}}{\text{mittl. Geschw. in der Höhenlage}}$$

Höhenlage : 4.00 m	0.865	0.896	0.903	0.885
3.50 m	0.984	0.926	0.891	0.907
3.00 m	0.910	0.940	0.924	0.917
2.50 m	0.937	0.953	0.931	0.933
2.00 m	0.961	0.996	0.955	0.970
1.50 m	0.982	1.027	0.972	1.003
1.00 m	1.051	1.094	1.049	1.067
0.50 m	1.115	1.149	1.126	1.143

Dieser Faktor K ist wegen der abnehmenden Fliessgeschwindigkeit in Sohlennähe immer kleiner als 1. Bleibt der K-Wert für alle auftretenden Abflussmengen und für alle Rückstauverhältnisse konstant, so kann mit einem einzigen Schwingerpaar in einer Höhenlage gemessen werden.

Für die Untersuchungen an der Rhone bei Genf wählte man vier Flügelmessungen mit extremen Wasserführungen und Rückstauverhältnissen aus. Durch Interpolation wurden die jeweiligen mittleren Geschwindigkeiten v_H für 8 verschiedene Höhenlagen bestimmt und jeweils deren K-Wert berechnet. Aus der Zusammenstellung (Tabelle 1) ist ersichtlich, dass die grössten Abweichungen der K-Werte vom Mittelwert aus 8, 6, 5 und 4 Höhenlagen nicht grösser sind als die Abweichungen vom Mittelwert der Höhenlage 2,5 m. Das gleiche Resultat hat eine Untersuchung für die Verhältnisse am Zihlkanal ergeben. Diese Feststellung deckt sich nicht mit der althergebrachten Theorie der Hydrometrie. Bei den vorliegenden breiten und relativ tiefen Gerinnen und bei den nicht allzu grossen Veränderungen des Rückstaues liegen die Unstimmigkeiten jedoch innerhalb der Toleranz der Flügelmessungen.

Messprinzip

Ende 1967 ist unser Amt mit der Firma Krupp Atlas-Elektronik in Bremen in Verbindung getreten, um die Entwicklung eines akustischen Strömungsmessgerätes anzuregen. Nach verhältnismässig kurzer Zeit stand ein Prototyp zur Verfügung, welcher durch viele Versuche in unserem Amt und in Deutschland geprüft und weiterentwickelt wurde. Das Gerät erhielt den Namen «FLORA» (FLOw RAte meter) (Bild 2).

Das Messprinzip und die Funktionsweise wurden schon im Aufsatz von Hans Sartor in der Zeitschrift «Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen» H. 4, 1976, eingehend beschrieben. Im folgenden Abschnitt wird auf das Wichtigste in Kürze eingegangen.

Gemäss der Skizze (Bild 3) sendet der Schwinger 1 einen kurzen Ultraschallimpuls aus, welcher vom Schwinger 2 empfangen und in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Dieses Signal löst beim Schwinger 1 wiederum einen Impuls aus, so dass eine Impulsfrequenz entsteht, die von der Laufzeit t_1, des Impulses von Schwinger 1 zu Schwinger 2 abhängt. Diese Frequenz f_1 wird im Flora gespeichert. Nach einer kurzen Zeit folgt der Zyklus in entgegengesetzter Richtung. Schwinger 2 wird zum Sender, Schwinger 1 zum Empfänger. Die Laufzeit des Impulses von Schwinger 2 zu Schwinger 1 ist t_2. Die sich einstellende Frequenz f_2 wird in einem zweiten Speicher festgehalten. f_2 ist niedriger als f_1, da der Impuls von Schwinger 2 zu Schwinger 1 wegen der entgegenlaufenden Strömungskomponente $v_x = v\cos\alpha$ mehr Zeit braucht als in entgegengesetzter Richtung, bei welcher v_x gleichläufig ist. Aus der Differenz der beiden Frequenzen f_1—f_2 lässt sich die gesuchte mittlere Fliessgeschwindigkeit v bestimmen.

Mathematisch ausgedrückt

c Schallgeschwindigkeit im Wasser

Laufzeit Schwinger 1 ⟶ Schwinger 2

$$t_1 = \frac{L}{c + v\cos\alpha}$$

Laufzeit Schwinger 2 ⟶ Schwinger 1

$$t_2 = \frac{L}{c - v\cos\alpha}$$

$$f_1 = \frac{1}{t_1} = \frac{c + v\cos\alpha}{L}$$

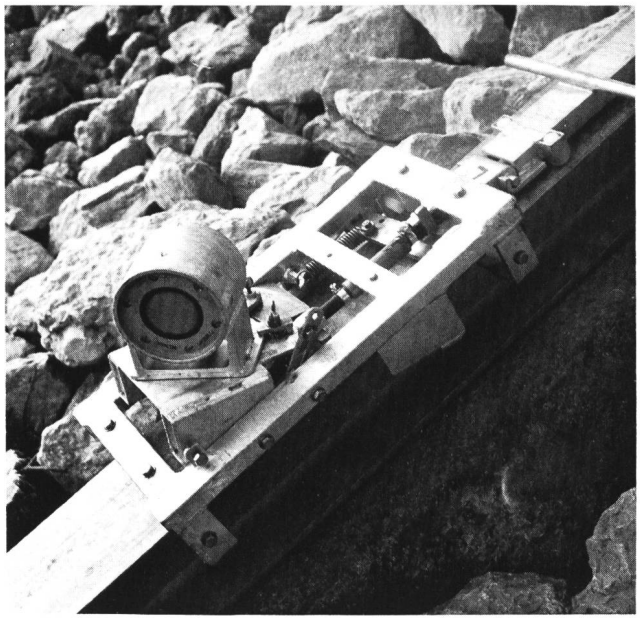
$$f_2 = \frac{1}{t_2} = \frac{c - v\cos\alpha}{L}$$

$$f_1 - f_2 = \triangle f = \frac{2v\cos\alpha}{L}$$

$$v = \triangle f \frac{2\cos\alpha}{L}$$

Bild 5. Abmontierbare Winde für das Heraufziehen des Schwingers. Mit den U-Eisenstangen, die oberste ist angehoben und auf die Winde gestützt, kann der Schwinger hinuntergestossen und fixiert werden. Gleichzeitig dienen die U-Eisen als Kabelschutz.

Bild 6. Ultraschallschwinger auf Gleitschiene montiert.



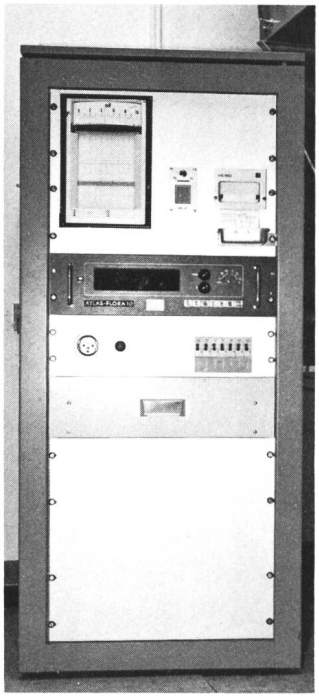


Bild 7. Apparatekasten mit Flora Registrierapparat links oben und Messwertdrucker rechts über Flora.

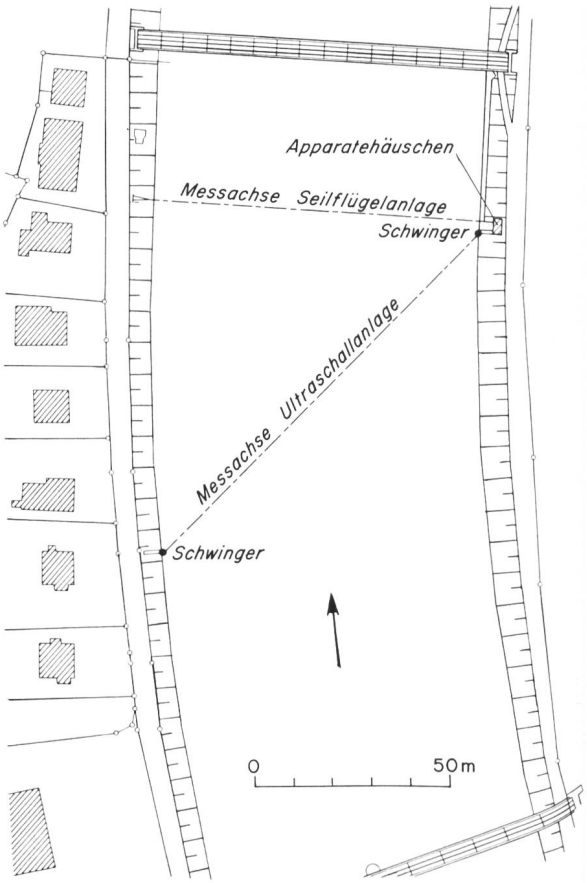


Bild 8. Lage der Messstation Aare Brügg.

Diese Darstellung ist etwas vereinfacht, indem die Laufzeit in der Elektronik selbst vernachlässigt wird, da sie nicht ins Gewicht fällt.
Die Schallgeschwindigkeit c ist in der Endformel nicht mehr enthalten; v ist somit unabhängig von c. Das ist sehr wichtig, da die Temperatur und die im Wasser gelösten Stoffe die Schallgeschwindigkeit beeinflussen. Dieser Einfluss kann nur schwer kompensiert werden.

Installationen

Bis heute sind folgende Abflussmessstationen des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft mit Ultraschall-Messanlagen ausgerüstet: Aare—Brügg, Broyekanal—Sugiez, Zihlkanal—Zihlbrücke und Rhone—Genf, Pont sous Terre. Vorgesehen ist ferner eine Anlage an der Aare bei Interlaken. Die Kanäle der Juragewässer mit den drei erstgenannten Stationen haben ähnliche Querprofile mit schräg abfallenden Ufern.
Für die Vorversuche in Brügg im Jahre 1971 hatte man in Ufernähe Eisenpfähle eingerammt. An diesen konnten die Schwinger an Gleitschienen in der Höhe verstellt werden. Das Verbindungskabel der beiden Schwinger wurde in einem mit Gewichten beschwerten Plastikrohr ins Flussbett gelegt. Diese Anordnung hat jedoch nicht befriedigt. Die Schwinger waren schlecht zugänglich und an den Pfählen blieb Geschwemmsel hängen. Ferner war das Kabel nach ungefähr einem Jahr durchgescheuert.
Die definitive Einrichtung (Bild 4) besteht aus einer Schiene, auf welcher ein Schlitten mit dem Schwinger entlang der Uferböschung gleitet. Durch ein Drahtseil gezogen und mit Stangen aus U-Eisen entgegengestemmt, kann der Schwinger in jede beliebige Tiefenlage gebracht und fixiert werden. Für das Heraufziehen wurde eine abmontierbare Winde angefertigt (Bild 5).
Der Schwinger kann um die Hochachse gedreht und um die Querachse in die horizontale Schallrichtung einjustiert werden (Bild 6). In Brügg ist das Verbindungskabel der beiden Schwinger für die Flussüberquerung am Tragseil der Seilflügel-Messanlage befestigt; bei den andern Stationen führt es über nahegelegene Brücken.

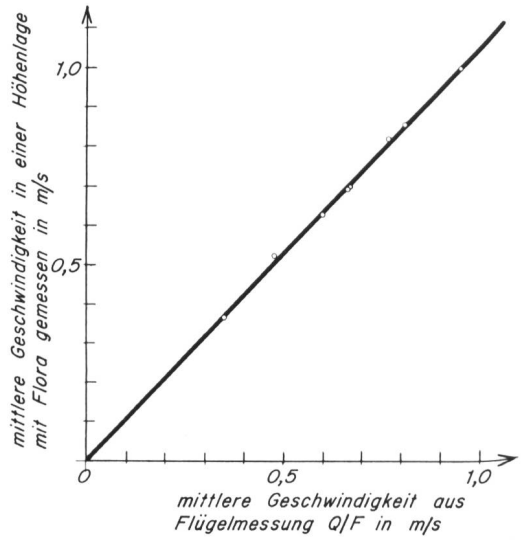


Bild 9. Vergleich der mittleren Geschwindigkeit aus der Flügelmessung Q/F mit der Anzeige am Flora.

Messapparate

Der Apparatekasten (Bild 7) wurde in eigener Werkstatt zusammengestellt. Die eingebauten Apparate und deren Funktionen sind nachfolgend erwähnt.

FLORA

Das Flora misst die mittlere Strömungsgeschwindigkeit während einer vorgewählten Integrationszeit. Sie wird in einem Sichtfenster durch Leuchtziffern in m/s, dm/s und cm/s angezeigt. Bei Rückströmung erscheint ein Minuszeichen. Als Integrationszeiten können 1, 10 oder 60 Minuten, 6, 12 oder 24 Stunden gewählt werden. Der Messbereich erstreckt sich bis 9,99 m/s. Für die automatische Erfassung des Messwertes steht ein BCD-Code und ein Analogsignal zur Verfügung.

Registriergerät

Auf dem Mehrkanalschreiber (in Bild 7 links oben) werden die Ganglinien der mit dem Flora gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten und der Wasserstand in verschiedenen Farben registriert. Die Auflösung auf dem 100 mm breiten Registrierband ist für eine numerische Auswertung zu gering. Die Aufzeichnung dient lediglich zur übersichtlichen Kontrolle für eine allfällige Fehlererkennung.

Messwertdrucker (rechts über Flora)

Dieser druckt jede Stunde die Zeit, den Wasserstand und die Strömungsgeschwindigkeit aus. Der Wasserstand wird nach der Luftdruckmethode gemessen und durch einen Coder für den Drucker digitalisiert.

Eichung mit hydrometrischen Flügeln

Der grösste Teil der Versuche wurde an der Aare bei Brügg durchgeführt. Die Station eignet sich dazu am besten, da dort eine Seilflügelanlage für Vergleichsmessungen zur Verfügung steht (Bild 8).

Verglichen wurde die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Messquerschnittes (aus der Abflussmengenmessung Q/F berechnet) mit der Anzeige am Flora. Während der ersten Versuche konnten mit dem Flora lediglich zur Strömungsgeschwindigkeit proportionale Werte gemessen werden. Erst in der späteren Entwicklungsphase des Gerätes war eine absolute Messung von v möglich. Von Anfang an stellte man jedoch immer eine gute Linearität fest.

Das Diagramm (Bild 9) zeigt eine Messserie aus der definitiven Anlage an der Station Brügg. Die Eichpunkte liegen auf einer Geraden, die durch den Nullpunkt geht. Die maximalen Abweichungen erreichen 2 %; sie liegen somit innerhalb der Messtoleranz der Flügelmessungen.

Abflusseichmessung mit Flora, die Abflussmenge kann auf dem Platz bestimmt werden. Tabelle 2

Datum: 3.4.75 Pegelstand: 426.295 m ü.M.

Schwingerhöhe m ü.M.	Zugehörige Schicht des Querschnittes von...bis...m	Teilfläche des Querschnittes m^2	V-Flora m/s	Integrat.-zeit min.	Teil Q m^3/s
-.--	Sohle-420.20	44.52	0.264 [1]	--	11.753
420.71	420.20-421.22	37.54	0.377	10	14.153
421.73	421.22-422.24	43.61	0.381	9	16.615
422.75	422.24-423.26	48.76	0.384	11	18.724
423.77	423.26-424.28	56.05	0.378	12	21.187
424.79	424.28-425.30	60.64	0.365	10	22.134
425.81	425.30-426.06	63.72	0.333	12	21.219
				Abflussmenge Q =	125.784

[1]) Der Wert 0,264 errechnet sich aus dem untersten gemessenen Wert 0,377, der mit dem Faktor 0,7 multipliziert wird (vergleiche Text).

Vergleich der Abflussmengenmessungen mit Flügel und mit Flora Messstation Brügg an der Aare. Tabelle 3

Datum	Pegelstand m ü.M.	Abflussmenge Flügel m^3/s	Abflussmenge Flora m^3/s	Differenz m^3/s
3.12.74	427.510	338.0	345.0	+ 7
11. 2.75	426.633	180.0	186.0	+ 6
3. 4.75	426.295	124.0	125.8	+ 1.8
29. 4.75	427.138	273.0	280.8	+ 7.8

Eichmessungen mit der Anlage selbst

Bei den Stationen an Broye- und Zihlkanal fehlt eine Seilflügelanlage, mit welcher Eichmessungen durchgeführt werden könnten. Zudem sind die Fliessgeschwindigkeiten im allgemeinen so klein, dass Flügelmessungen von den nahegelegenen Brücken aus keine guten Resultate versprechen. Aus diesem Grunde hat man in Brügg probeweise mit der Ultraschallanlage selbst Eichmessungen durchgeführt und mit simultanen Flügelmessungen verglichen. Dabei verschob man die Schwinger in Stufen von je 0,5 m in der Höhe und bestimmte die mittleren Fliessgeschwindigkeiten in den verschiedenen Höhenlagen. Multipliziert man die Geschwindigkeiten mit den zugehörigen Teilflächen des Messquerschnittes, so erhält man eine Teilabflussmenge. Die gesuchte Gesamtabflussmenge ergibt sich aus der Summation der Teilabflussmengen.

Für diese Messungen wurden Tabellen mit den vorgewählten Höhenlagen und den dazugehörigen Teilflächen des Flussquerschnittes erstellt, so dass die Abflussmenge gleich an Ort berechnet werden kann (Tabelle 2).

Mit der Höhenverschiebung der Schwinger längs der Uferböschungen ändert sich der Winkel zur Strömungsrichtung und die Distanz zwischen beiden Schwingern. Im Flora sind 5 Drehschalter eingebaut, mit welchen die Einjustierung des Gerätes auf die verschiedenen Verhältnisse vorgenommen werden kann. Nach je 2 gemessenen Höhenlagen müssen die Schwinger hochgehoben werden, um deren Winkel nachzustellen.

Da die Schwinger nicht bis auf die Sohle abgesenkt werden können, wird die untere verbleibende Teilfläche des Querschnittes mit der letztmöglichen gemessenen Geschwindigkeit multipliziert und mit einem Faktor gewertet. Dieser Faktor wird durch die Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit in Richtung Sohlennähe bedingt und ist durch spezielle Messungen zu bestimmen. An der Messstelle bei Brügg beträgt er 0,7. Aus der Zusammenstellung (Tabelle 3) ist ersichtlich, dass die Resultate der beiden Messmethoden gut übereinstimmen. Die Abweichungen liegen in der Grössenordnung der Messtoleranz für Flügelmessungen.

Störeinflüsse

In den stark befahrenen Juragewässern kommt es durch vorbeifahrende Schiffe immer wieder zu Unterbrechungen des Schallstrahles in der Messstrecke. Solche kurzzeitige Signalausfälle können die Speicher für die beiden Frequenzen f_1 und f_2 ohne oder nur mit einem geringen Informationsverlust überbrücken.

Die beiden Stationen Sugiez und Zihlbrücke liegen unweit kanalabwärts der Seeausflüsse. Die schwache Strömung bewirkt nur eine sehr geringe Durchmischung, so dass im Frühling und Herbst starke Temperaturgradienten entstehen. An der Sohle, 4 m unter dem Wasserspiegel, wurden in Extremfällen bis zu 4 °C niedrigere Temperaturen als an der Oberfläche gemessen. Bei so hohen Temperaturdifferenzen wird der Schallstrahl gegen das dichtere Wasser nach unten abgelenkt und trifft somit den gegenüber-

liegenden Schwinger nicht mehr. Diese Strahlunterbrechungen können Minuten, aber auch Stunden dauern. Um Falschmessungen erkenntlich zu machen, gibt das Flora bei einem über 3 Minuten dauernden Unterbruch ein Signal ab, das beim Drucken des Messwertes ein Erkennungszeichen auslöst.

Bei der Station Brügg sind durch Einstrahlungen eines Radiosenders in das Verbindungskabel der beiden Schwinger Schwierigkeiten aufgetreten. Durch Filter und durch Verwendung eines doppelt abgeschirmten Kabels konnten die Störungen behoben werden.

Schlussbemerkung

Die mehrjährige Betriebserfahrung hat gezeigt, dass die Anlagen unter günstigen Voraussetzungen gute und zuverlässige Resultate liefern. Die Berechnung der Abflussmengen aus dem Druckerstreifen ist sehr zeitaufwendig. Aus diesem Grunde konnten aus den anfallenden Daten bis heute nur kurze Zeitabschnitte ausgewertet werden. Inzwischen sind jedoch Versuche für eine automatische, computergerechte Datenerfassung im Gange.

Adresse des Verfassers: Max Fischer, Sektionschef, Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Postfach 2743, 3001 Bern.

Bedeutung und Schutz von Feuchtgebieten im Einzugsbereich von Zürichsee und Limmat

DK 626.871

Jacques Burnand[1])

Feuchtgebiete sind im Vergleich zu früher in der Umgebung von Zürich selten geworden; man schätzt, dass in der Nordostschweiz in den letzten 150 Jahren 90 % der Riedflächen zerstört worden sind. Lange Zeit waren Feuchtgebiete wertvolle Streuelieferanten für Bauernställe. Die grossen Flusskorrektionen verminderten die Ueberschwemmungen. Die Auenlandschaft der Linthebene beispielsweise ging durch die Linthkorrektion als Feuchtgebiet weitgehend verloren. Um die Streuewiesen aber entspann sich ein Interessenkonflikt: Wo immer möglich, war drainiertes Landwirtschaftsland den Bauern wertvoller als Streueland, und sehr viele Riede wurden melioriert. Nur langsam erkannte der Mensch den hohen Wert der Feuchtgebiete als Lebensgemeinschaften: Sie sind «Réduits» für Pflanzen und Tiere, die sonst aus unserer überbeanspruchten Landschaft immer mehr verdrängt werden, wie Enziane, Orchideen, Amphibien und viele Vögel. Auch für die Forschung sind Feuchtgebiete besonders wertvoll. Im riesigen Siedlungsgebiet von Zürich sind die noch unberührten Naturräume, wie z. B. der Katzensee oder der Türlersee, zum Refugium ruhesuchender Menschen geworden. Auch das Wasserspeichervermögen der Riedgebiete darf nicht vergessen werden.

Als das Interesse der Bauern an der Streue nachliess, begannen die Auseinandersetzungen zwischen Naturschutzvertretern und Vertretern artfremder Nutzungen. Man versuchte immer mehr, für Vorhaben, die auf billiges Land angewiesen waren, Riedgebiete zu beanspruchen.

Heute stehen in der Umgebung von Zürich viele der noch erhaltenen Feuchtgebiete unter Schutz (Limmatauen bei Dietikon, Katzensee, Rieder im Sihltal bei Schönenberg, Lützelsee usw.). Damit sind die Gefahren aber noch nicht gebannt. Die Riedflächen müssen gepflegt werden, da sie «Kulturbiotope» sind und ohne menschlichen Eingriff verbuschen (Bild 1). Auch der Erholungsbetrieb kann ein Ried schädigen (z. B. Zertrampeln von empfindlichen Stellen). Durch die Ueberdüngung der umliegenden Landwirtschaftsflächen werden die Düngstoffe in grossen Mengen ins Ried eingeschwemmt und verändern dort die Lebensbedingungen und somit die Lebensgemeinschaften; es entstehen Zonen mit Hochstauden (Spierstaude, Brennessel), welche die eigentlichen Riedpflanzen verdrängen. Vielfach wirken diese vielfältigen Bedrohungen zusammen.

Bei der Unterschutzstellung eines Gebietes müssen viele Fragen beantwortet werden: Wer übernimmt die Pflege des Gebietes? Kann der übermässige Nährstoffzufluss unterbunden werden? Wie steht es mit dem Erholungsbetrieb im Gebiet?

Auf allen Ebenen muss für die Erhaltung der Biotope zusammengearbeitet werden. Bund, Kantone, Gemeinden müssen sich für eine Planung einsetzen, die alle Betroffenen miteinbezieht. Naturschutzorganisationen in Zusammenarbeit mit den Schulen können den Wert der Feuchtgebiete heute und in Zukunft allen bewusst machen und über ihren Wert informieren. Der Naturschutz beginnt, wo der einzelne Bürger möglichst viel selber zur Erhaltung und Gestaltung seiner Umwelt beiträgt, wo er sich auch selbst mit diesen Fragen auseinandersetzen muss.

Wenn einmal ein landschaftsveränderndes Projekt, z. B. ein Kraftwerk, beschlossen ist, öffnet sich, wie das Beispiel des Integralprojektes Bremgarten—Zufikon im Reusstal zeigt, ein neues Tätigkeitsfeld für den Naturschutz. Der Gestaltung neuer Feuchtgebiete stehen noch viele Möglichkeiten offen.

[1]) Vortragszusammenfassung von Jacques Burnand, Dr. Naturwiss. ETH, Oekologe, Beratungsgemeinschaft für Umweltfragen, Zürich. Der Vortrag wurde am 29. März 1977 vor dem Linth-Limmatverband in Zürich gehalten.

Bild 1. Als «Kulturbiotop» muss auch ein geschütztes Ried gepflegt werden. Die Bopplisser Weid am Lägern-Südhang wird jedes Jahr im Herbst gemäht, damit Schilf und Büsche nicht alles überwachsen.