



Doctoral Thesis

Zwei Instrumente zur Messung von bodennahen Strömungen in Seen

Author(s):

Stotz, Basil

Publication Date:

1991

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000643275> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Zwei Instrumente zur Messung von bodennahen Strömungen in Seen

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Naturwissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
BASIL STOTZ
diplomierter Physiker
geboren am 30. September 1955
von Basel und Münchenstein

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. D. Imboden, Referent
Prof. Dr. D. Vischer, Korreferent

Zürich 1991



6 Zusammenfassung

Zwei Instrumente zur Messung kleinster (< 3 cm/s) Strömungen in Seen werden beschrieben, erstens die Modifikation des bereits bestehenden Pendel-Strömungsmessgerät und zweitens das neu entwickelte Wolken-Strömungsmessgerät.

Kommerziell erhältliche Strömungsmessgeräte sind nicht geeignet zur Messung kleiner Strömungen in Seen. Insbesondere die Nullpunktinstabilität verunmöglicht die Abschätzung von Massenflüssen in der bodennahen Zone von Seen. An der EAWAG/ETH wurde ein neues Instrument entwickelt (U. Lemmin et al. 1985), welches auf grosse Empfindlichkeit und Stabilität optimiert ist, um die Qualität von Strömungsdaten zu verbessern. Als Mass für die Strömung wird die strömungsinduzierte Auslenkung eines Pendels verwendet. Das Instrument funktioniert sehr gut, war aber aufgrund des schlecht definierten in situ Auftriebs des Pendel nur schwer zu kalibrieren. Mit dem Instrument können keine Echtzeitmessungen durchgeführt werden, da die Auslenkung mit einer Super-8-Filmkamera registriert wird. Die Positionsdaten müssen nachträglich manuell vom Film extrahiert werden. Das Instrument wurde daher neu gebaut, um die oben erwähnten Probleme zu lösen. Um die Datenextraktion zu vereinfachen und die Zeitauflösung zu verbessern, wurde ein Echtzeit-Positionsmesssystem konstruiert. Das neue Instrument kann kleine Strömungen bis 3 cm/s mit einer Genauigkeit von 15% bei 1 cm/s messen. Die Nullpunktstabilität ist besser als 2 mm/s. Bis zu 24 000 Strömungsvektoren können in einem Festkörperspeicher erfasst werden.

Die Analyse bisheriger Messungen mit dem Pendel-Strömungsmessgerät oder mit anderen Instrumenten zeigt, dass eine Nullpunktstabilität von 0.5 mm/s nötig wäre, um benthische Massenflüsse zuverlässig aus Strömungsmessungen abzuschätzen. Frühere Arbeiten (Ewing et al. 1947, Sternberg 1968 und Ellis et al. 1987) haben gezeigt, dass das optische Verfolgen einer kleinen Farbwolke eine brauchbare Messmethode mit einer inhärent guten Nullpunktstabilität ist. In Anwendung dieser Methode wurde ein neues Instrument gebaut, dessen Stabilität besser als 0.5 mm/s ist. Die Strömung wird detektiert, indem kleine (3 cm Durchmesser) Farbwolken verfolgt werden. Die Wolken werden periodisch ins Wasser emittiert und mit einem Wolkendetektor, der ein Gesichtsfeld von 200 cm² hat, detektiert, indem die zweidimensionale Tracerverteilung im Wasser gemessen wird. Die Strömung wird aus der zeitlichen Änderung der Wolkenposition berechnet. Es kann bis Strömungen von 1 cm/s messen. Das Messintervall hängt von der Strömung ab. Ein typischer Wert ist eine Minute bei einer Geschwindigkeit von 5 mm/s. Der Messfehler beträgt 30% bei 5 mm/s und 10% bei 1 mm/s.

Beide Instrumente wurden erfolgreich im Vierwaldstätter See eingesetzt, und mit akustischen Strömungsmessgeräten verglichen.

7 Summary

Two current meters for measuring very low (< 3 cm/s) current in lakes will be described. One is a modification of an existing custom made instrument and the other is a new design.

The available instrumentation is not well suited for measuring small bottom currents in lakes. Specially zeropoint instabilities of various kinds are a severe obstacles for estimating mass fluxes in the bottom zone of lakes with these current data. Therefore a new instrument was built at EAWAG/ETH (Lemmin et al. 1985) in order to improve the quality of current data by optimizing the sensitivity and the zeropoint stability. The instrument uses the friction induced excursion of a pendulum to measure the currents. The instrument performed well, but problems arised with the calibration, caused by the poorly defined in situ bouyancy of the used pendulum. The instrument was not able to produce realtime data, because it sampled the pendulums excursion with a super-8-movie-camera. The position data had to be extracted manually from the film after the deployment. Thus the instrument was completely rebuilt to fix the above mentioned problems. To simplify the data extracting and to get a better time resolution a realtime position detector was constructed. The new instrument can measure weak bottom current up to 3 cm/s with an accuracy of 15% at a speed of 1 cm/s. The zero point stability is better then 2 mm/s. It stores up to 24 000 currentvectors in a solid state memory.

By analysing measured current data of the pendulum current meter and other type of meters it turned out, that a zeropoint stability of at least 0.5 mm/s is necessary to relyably estimate benthic mass fluxes from current data. Some previous results (Ewing 1947, Sternberg et al. 1968 and Ellis et al. 1987) showed that tracing the position of a small cloud of dye, is a suitable method with an inherent good zeropoint stability. Applying this method a new instrument was built with a stability better than 0.5 mm/s. The current is sensed by tracking small (3 cm diamcter) clouds of dye. The clouds are injected periodically into the water and are sensed with a cloud detector with a field of view of 200 cm^2 by measuring the 2-dimensional tracer distribution in the water. The current is calculated by temporal change of the clouds position. The measuring range is from zero to 1 cm/s. The sampling interval and the error is current dependent. A typical value is one minute at a speed of 5 mm/s with an error of 30%. At a speed of 1 mm/s the error reduces to 10%.

Both instruments were deployed succesfully in lake Vierwaldstätter together with acoustic Doppler instruments for intercomparison.