



Technische
Universität
Braunschweig



Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Dittrich
Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Abteilung Wasserbau
Beethovenstr. 51 a, 38106 Braunschweig

Bericht Nr. 1009

Geschwindigkeitsprofilmessungen mit dem W.A.S. UFO-Ex Ultrasonic Flow Observer

Braunschweig, September 2011

Einleitung

Der vorliegende Bericht beinhaltet die Beurteilung des von der Firma *Wasser-Abwasser Systemtechnik GmbH* (W.A.S.) entwickelten UFO-Ex Ultrasonic Flow Observers (UFO) im Hinblick auf die Messung von Geschwindigkeitsprofilen. Die Beurteilung des Messgeräts basiert auf der Analyse von Fließgeschwindigkeitsprofilen, die zusammen mit der Firma W.A.S. in der Versuchshalle des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig und im Zulauf zur Kläranlage Steinhof in Braunschweig gemessen wurden. Die bei den Messungen verwendeten Messgeräte und die durchgeführten Messungen sind in den Kap. 2 und 3 beschrieben. Das anschließende Kap. 4 beinhaltet allgemeine Anmerkungen zur Vorgehensweise bei der Datenanalyse und die Ergebnisse der Messungen sind in Kap. 5 zusammengestellt. Kap. 6 beinhaltet eine Diskussion der Ergebnisse und in Kap. 7 werden die Ergebnisse der Studie kurz zusammengefasst.

Messgeräte

1.1 UFO-Ex Ultrasonic Flow Observer

Bei dem zu beurteilenden Messgerät handelt es sich um das von der Firma W.A.S. entwickelte Durchflussmessgerät UFO-Ex Ultrasonic Flow Observer (UFO) (Abb. 0.1). Mit diesem Messgerät kann der Abfluss in teil- und vollgefüllten Fließquerschnitten auf der Basis von Wasserstands- und Geschwindigkeitsprofilmessungen ermittelt werden. Das Messgerät besteht aus einer Zentraleinheit (Abb. 0.1a), und einer Messeinheit zur redundanten Wasserstands- und Fließgeschwindigkeitsmessung (Abb. 0.1b).

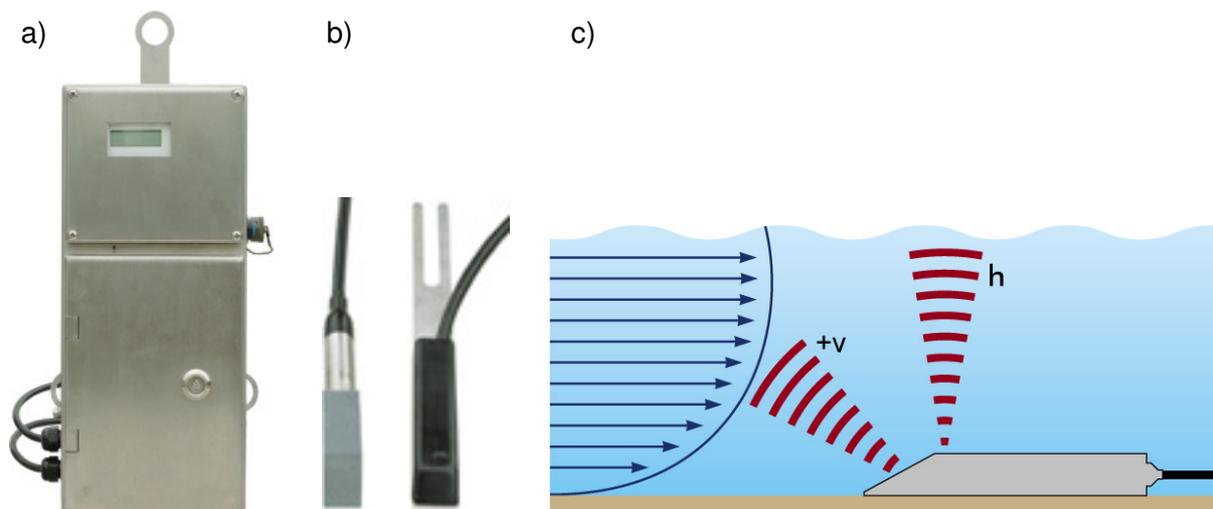


Abb. 0.1: a) Ansicht des UFO-Ex Ultrasonic Flow Observer (UFO), b) Ansicht der kombinierten Messeinheit zur Wasserstands- und Fließgeschwindigkeitsmessung und c) Prinzipskizze des auf der Kanalsohle angebrachten Sensors.

Gemäß Datenblatt des Herstellers (<http://www.was-bs.de/>) ist die Zentraleinheit mit Einhängvorrichtung und komplett gekapselten Elektronikbereich in einem 390mm langen, 180 mm breiten und 150 mm tiefen Edelstahlgehäuse untergebracht und beinhaltet den Datenspeicher, die Stromversorgung, die Kommunikationseinheit (RS232 + RS485) und ein 8 stelliges LCD-Display (Abb. 0.1a). Das Gesamtsystem ist für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen zugelassen (ATEX II 2G EEx eib IIb T4).

Die Wasserstands- und Fließgeschwindigkeitsmessung wird mit einem kombinierten Wasserstands- Fließgeschwindigkeitssensor (Abb. 0.1b) durchgeführt. Die Wasserstandsmessung erfolgt wahlweise mit einer separaten Drucksonde oder einem integrierten Ultraschall-Höhenstandsensor. Die Drucksonde hat einen Durchmesser von 17,5 mm und eine Länge von 183 mm und ist mit einer Titanmembran ausgerüstet. Der Messbereich der Drucksonde beträgt 0 m - 3,5 m bei einer Genauigkeit von $\leq \pm 0,1 \%$ vom Endwert. Der Ultraschallsensor hat einen Messbereich von 0,04 m - 1,3 m bei einer Genauigkeit von $\pm 1,2 \%$ vom Messwert. Die Drucksonde und der Ultraschallsensor können in einem Temperaturbereich zwischen 0°C - 60°C betrieben werden.

Der Fließgeschwindigkeitssensor ist 105 mm lang, 23 mm breit und 15 mm tief (Abb. 0.1b) und misst Fließgeschwindigkeiten in bis zu 18 Zellen entlang einer Lotrechten zum Messgerät nach dem Ultraschall Puls-Doppler-Verfahren mit einem Doppel-1,04 MHz Piezokristall. Für eine ungestörte Fließgeschwindigkeitsmessung sollte die Fließtiefe mindestens 40 mm betragen, wobei der Messbereich für die Fließgeschwindigkeiten zwischen - 5,2 m/s und + 5,2 m/s liegt. Die Genauigkeit der Messungen entspricht laut Herstellerangaben $\pm 2\%$ des gemessenen Werts, wobei das Gerät die Fließrichtung automatisch erkennt. Das Gerät kann in einem Temperaturbereich von 0°C - 60°C betrieben werden.

Die vom Messgerät verwendete Zellenhöhe hängt von der Wasserstandsmessung ab und wird in Abhängigkeit von der Einbausituation automatisch aus der Drucksonden- oder der Ultraschallhöhenstandsmessung bestimmt. In Tabelle 0.1 sind die Zellenhöhen und die damit verbundenen maximalen Wasserstände zusammengestellt.

Tabelle 0.1: Maximale Wasserstände mit Zellenhöhen

Wasserstand h [m]	Zellenhöhe [cm]
$h \leq 0,31$	1,7
$0,31 < h \leq 0,61$	3,4
$0,61 < h \leq 1,17$	6,8
$1,17 < h \leq 2,44$	13,6

Für die Fließgeschwindigkeitsmessungen wird die kombinierte Messeinheit an einer festen Berandung des Fließquerschnitts angebracht (z.B. an der Kanalsohle oder an den seitlichen Wänden; Abb. 0.1c). Falls kein gültiger Wasserstand gemessen wird, stellt das Gerät die Zellenhöhe automatisch auf 6,5 cm. Bei seitlicher Montage der kombinierten Messeinheit (z.B. an einer seitlichen Wand im Rechteckgerinne) erfolgt die Festlegung der Zellenhöhe durch das Messgerät anhand der vom Benutzer vorzugebenden Gerinnebreite.

Die über die Messdauer zeitlich gemittelte Fließgeschwindigkeit in den einzelnen Messzellen wird mit einem Messumformer berechnet, wodurch ein Geschwindigkeitsprofil erhalten wird. Durch die Integration der gemessenen Geschwindigkeitsverteilung kann die mittlere Fließgeschwindigkeit im Profil berechnet werden. Die Berechnung des Durchflusses erfolgt mit der Kontinuitätsgleichung unter Berücksichtigung eines Kalibrierungsfaktors.

Bei den vorliegenden Messungen wurde das Gerät UFO 41117 in Kombination mit der Softwareversion 2.45 (WAN95) eingesetzt. Am Messverfahren wurden im Vergleich zur Softwareversion 2.23(WAN69) keine Änderungen vorgenommen. Die Geräte ab Softwareversion 2.45 (WAN95) bieten jedoch die zusätzliche Möglichkeit, die Geschwindigkeitsprofile in einem separaten Kanal abzuspeichern und mit Hilfe der Auswertesoftware *FileInspector* grafisch und numerisch darzustellen.

.....

7 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde der von der Firma W.A.S. entwickelte UFO-Ex Ultrasonic Flow Observer im Hinblick auf die Messung von Geschwindigkeitsprofilen beurteilt. Die Studie beruht auf der Analyse von Geschwindigkeitsprofilen, die in der LWI-Versuchshalle und im Zulaufkanal zur Kläranlage Steinhof in Braunschweig gemessen wurden.

Die Analyse der mit dem UFO-Sensor gemessenen Geschwindigkeitsprofile verdeutlichte, dass dieser Sensor die erwartete Form des Geschwindigkeitsprofils über einer glatten Sohle wiedergibt und die Geschwindigkeitsprofile akkurat erfasst. Die beobachtete Variabilität der mit dem UFO-Sensor ermittelten Geschwindigkeitsprofile wurde auf die zeitlich begrenzte Messdauer einzelner Profile von 8 - 10 s und somit auf die Turbulenz der Strömung zurückgeführt.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass die mit dem UFO-Sensor gemessenen Geschwindigkeitsprofile im Rahmen der vorliegenden Studie plausibilisiert und indirekt verifiziert werden konnten, so dass der Sensor für praktische Anwendungen herangezogen werden kann.