

ADCP-ERFAHRUNGSBERICHT

1. Einleitung

Seit Mitte Juni 2005 führt der hydrographische Dienst Steiermark Durchflussmessungen mit einem ADCP „Workhorse Rio Grande ZedHed“ der Firma RD Instruments durch. Nach einer allgemeinen Einführung über Messprinzip und Gerätekonfiguration werden die bisher im Routineeinsatz gemachten Erfahrungen mit dieser innovativen Messtechnik im folgenden Bericht aufgezeigt.

2. Gerätebeschreibung

2.1 Messprinzip

Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) sind Ultraschallgeräte, die

- berührungslos
- ohne mechanische Teile
- vom fahrenden Schiff aus oder fest verankert
- in mehreren Tiefenzellen

Strömungen und Durchflüsse direkt messen. Das Messprinzip basiert auf dem so genannten Doppler-Effekt, das bedeutet, dass sich die beobachtete Schallfrequenz je nach relativer Bewegung von Sender und Empfänger zueinander ändert.

Bei der Messung wird vom ADCP ein Ultraschallimpuls mit bekannter Frequenz (600 oder 1200 kHz) ausgesandt und von den Schwebstoffteilchen reflektiert. Die Frequenzverschiebung der reflektierten Impulse verhält sich proportional zur Strömungsgeschwindigkeit, wobei sich die Zuordnung zu einer Tiefenzelle aus der Laufzeit des reflektierten Impulses ergibt.

Folgende Messgrößen werden vom ADCP erfasst:

- 3-D Strömungsvektoren (da das vom HD Steiermark verwendete ADCP mit 4 Schallkeulen misst, erzeugt dieses für die 3 unbekanntenen Vektorkomponenten der Strömungsgeschwindigkeit eine 1-fach überbestimmte Lösung, das zu Kontrollzwecken dient)
- Echo-Intensitäten (mögliche Korrelationen zum Schwebstofftransport werden im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht)
- Bewegung über Grund
- roll, pitch, heading
- Temperatur

Aufgrund der Gerätekonfiguration des ADCP gibt es Bereiche, wo keine Messwerte erfasst werden können:

- Oberer Rand der Messebene: 8 cm Eintauchtiefe + ca. 25 - 30 cm Totzone (blanking) aufgrund der Gerätekonfiguration
- Unterer Rand der Messebene: ca. 6% der Wassertiefe
- Linker und rechter Uferbereich: nicht erreichbar bzw. zu flach

Die Werte der nicht direkt gemessenen Bereiche werden in der Messsoftware WinRiver durch mathematische Extrapolation berechnet.

2.2 Durchflussermittlung

Die Ermittlung des Durchflusses erfolgt über die Kontinuitätsgleichung (1)

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

Mit:

Q..... Durchfluss [m³/s]

v..... Fließgeschwindigkeit [m/s]

A..... Querschnitt [m²]

Die „wahre“ Fließgeschwindigkeit \vec{v} wird durch vektorielle Subtraktion aus „watertrack“ und „bottomtrack“ errechnet (2), wobei man unter watertrack \vec{w} den Geschwindigkeitsvektor versteht, der sich aus Strömung und Schiffsgeschwindigkeit zusammensetzt. Als bottomtrack \vec{s} bezeichnet man den Vektor der Schiffsbewegung, der durch eine gesonderte Messung auf die Gewässersohle ermittelt wird. Voraussetzung dazu ist allerdings, dass die Gewässersohle nicht bewegt ist.

$$\vec{v} = \vec{w} - \vec{s} \quad (2)$$

Aufgrund der Tatsache, dass der Messweg des ADCP durch das von den Schallwandlern aufgespannte Instrumenten-Koordinatensystem zu jedem Zeitpunkt bekannt ist, kann der Messweg beliebig zu \vec{v} orientiert sein.

Der Messquerschnitt wird in Messzellen unterteilt, in jeder dieser Zellen wird ein Teildurchfluss ermittelt, die Summe der Teildurchflüsse ergibt den Gesamtdurchfluss. Zu beachten ist, dass in jeder Messzelle nur die senkrecht auf die Zelle stehende Geschwindigkeitskomponente \vec{v} zum Durchfluss beiträgt.

2.3 Gerätekonfiguration und Messung

Das vom HD Steiermark verwendete ADCP System „Workhorse Rio Grande ZedHed“ der Firma RD Instruments mit 4 Schallkeulen ist auf einem „Trimaran – Geräteträger“ befestigt (siehe Abbildung 1). Die vom ADCP erfassten Daten werden mittels Funk (Funkmodem siehe Abbildung 2) auf einen Laptop übertragen. Auf dem Laptop selbst ist die Software WinRiver installiert, mit der die Messung durchgeführt wird. Mittels dieser Software werden am Laptop die wichtigsten Ergebnisse der Messung online am Bildschirm angezeigt, am Ende der Messung kann auch bereits der gemessene Durchfluss sowie einige andere wichtige Parameter (wie mittlere Geschwindigkeit, mittlere Tiefe, Länge des Messweges) abgelesen werden.

Eine Bildschirmdarstellung von WinRiver zeigt Abbildung 3. Links oben in der Bildschirmansicht ist dabei graphisch die Geschwindigkeitsverteilung in den einzelnen Messzellen sowie die gemessenen Profilgeometrie zu erkennen. Dabei sind auch jene

Bereiche (oberer Randbereich, unterer Randbereich sowie Uferbereiche) zu erkennen, für die das ADCP keine Messwerte erfassen kann. Vor der Messung wird die vom Messpersonal gewählte Gerätekonfiguration (Modus) vom Laptop zum ADCP übertragen, nach Eingabe des Abstandes zwischen Ufer und Messbeginn kann die Messung gestartet werden.

Dabei kann man in WinRiver jederzeit den bisher gemessenen Durchfluss im Fenster rechts unten ablesen, wobei unterschieden wird zwischen Top Q (Durchfluss im oberen Randbereich aus Extrapolation der Geschwindigkeitsverteilungen in der einzelnen Lotrechten), Bottom Q (Durchfluss im unteren Randbereich aus Extrapolation der Geschwindigkeitsverteilungen in der einzelnen Lotrechten), Left Q (Durchfluss im linken Uferbereich über Extrapolation), Right Q (Durchfluss im rechten Uferbereich über Extrapolation), Measured Q (tatsächlich gemessener Durchfluss) und Total Q (Summe aller Teildurchflüsse). In der Tabelle rechts oben sind einige zusätzliche Informationen bzgl. der Messung zu sehen, in der Graphik links unten sind der Messweg in einem lokalen Koordinatensystem sowie die jeweils gemessenen Geschwindigkeitsvektoren zu erkennen.



Abbildung 1: Geräteträger „Trimaran“



Abbildung 2: Funkmodem

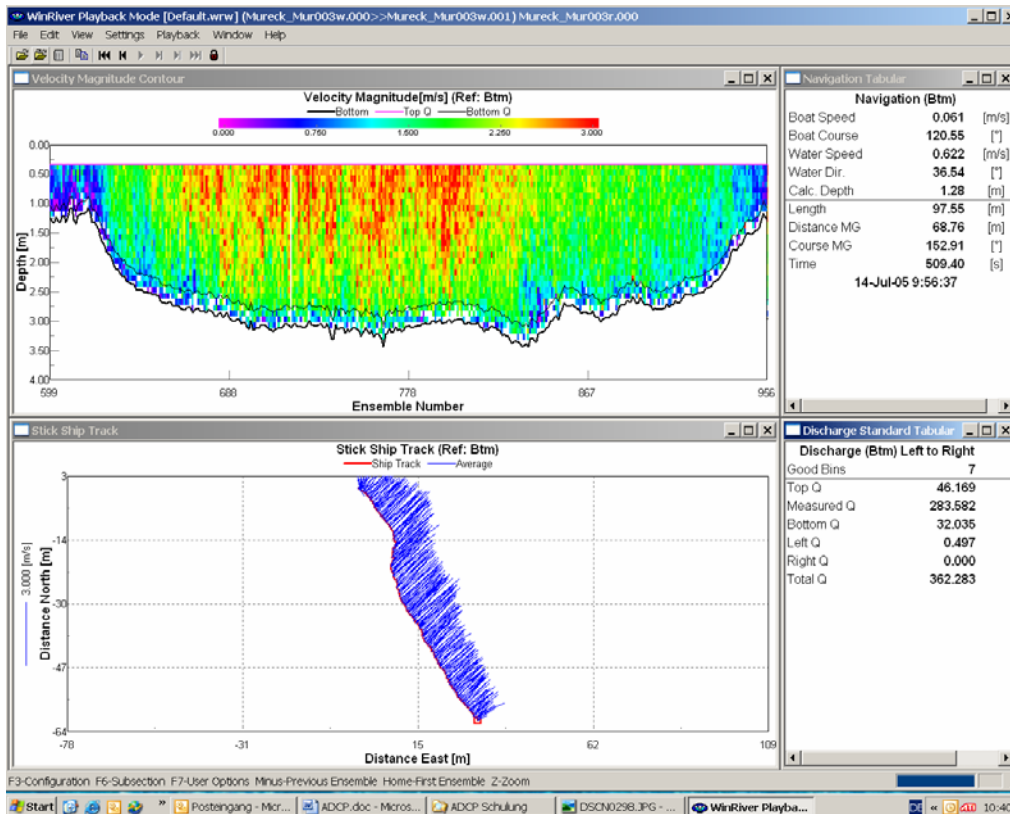


Abbildung 3: Bildschirmansicht der Software „WinRiver“

2.4 Messmodi

Wie bereits in Kapitel 2.3 erwähnt, ist vor der Messung ein Messmodus zu definieren, der vom Laptop auf das ADCP übertragen wird. Durch den Messmodus wird das ADCP auf unterschiedliche Messbedingungen eingestellt, wobei die wichtigsten Kriterien bei der Wahl des richtigen Messmodus die max. Fließgeschwindigkeit sowie die max. Wassertiefe darstellen. In WinRiver sind bereits 7 verschiedene Messmodi implementiert, wobei die Erfahrung bisher gezeigt hat, dass man mit 2 Messmodi das Auslangen findet, einen für höhere (ab ~ 1 m/s, einen für niedrige Geschwindigkeiten (bis ~ 1 m/s). Die wichtigsten Parameter, die durch den gewählten Messmodus festgelegt sind, sind folgende:

- Tiefenzellengröße
- Genauigkeit des Einzelpings
- Distanz zur ersten Tiefenzelle
- Mindesttiefe
- Maximaltiefe
- Maximale Relativgeschwindigkeit ADCP-Gewässer

Zusätzlich besteht auch für den Benutzer die Möglichkeit, einige Parameter vor der Messung im gewählten Messmodus zu ändern und so optimal auf die örtlichen Gegebenheiten anzupassen.

2.5 Nachbereitung der Messungen – Software AGILA

Zusätzlich zu WinRiver wurde vom HD Steiermark auch die Software AGILA, die von der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz entwickelt wurde, angekauft (Kostenpunkt 1750,- Euro). AGILA basiert auf einer Datenbank, in der sämtliche ADCP - Messungen gespeichert werden, wobei es möglich ist, die Messfahrten einer Messung untereinander zu vergleichen (Tiefen, Geschwindigkeiten, Profil), aber auch in die Messung selbst nochmals einzugreifen (Änderung der Art der Extrapolationen der Geschwindigkeitsverteilungen in den Lotrechten, Uferabstände, etc.). Auf jeden Fall stellt AGILA ein geeignetes Werkzeug zur Nachbereitung der ADCP - Messungen dar. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus der AGILA – Oberfläche mit einer Gegenüberstellung von 4 Messfahrten einer Durchflussmessung am Pegel Mureck/Mur.

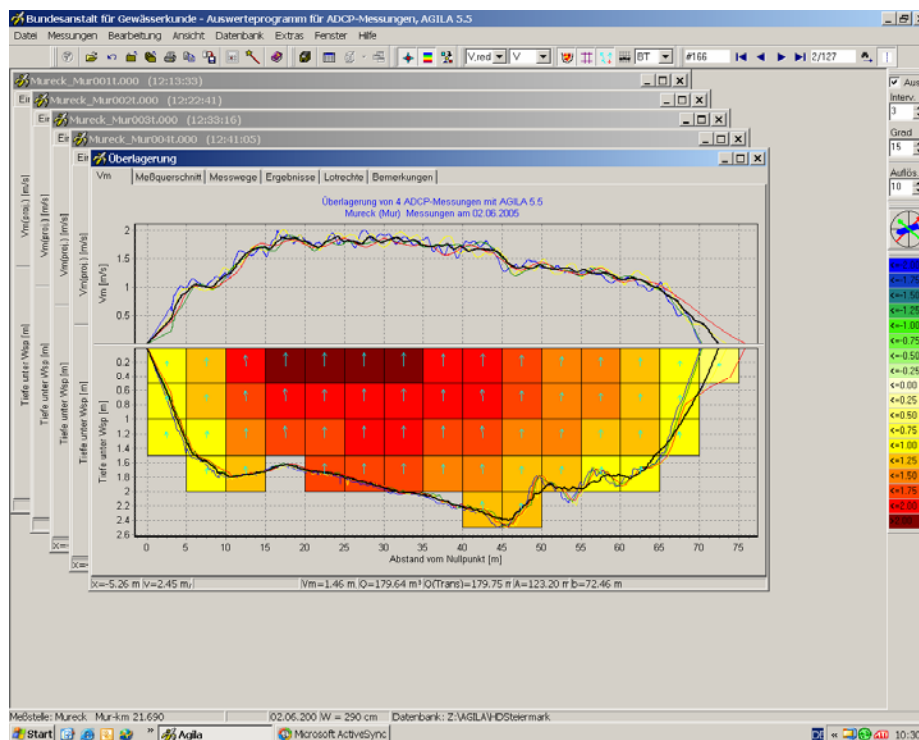


Abbildung 4: Software AGILA

2.6. Bisherige Erfahrungen mit ADCP Messungen

Seit ca. 4 Monaten führt der HD Steiermark Messungen mit dem ADCP „Workhorse Rio Grande ZedHed“ der Firma RD Instruments durch. Wie bereits erwähnt werden im Routinebetrieb zwei Messmodi eingesetzt (niedrige und hohe Geschwindigkeiten), mit denen das Auslangen gefunden wird.

Bei Gewässern mit niedrigen Geschwindigkeiten (bis max. 1 m/s) und geringen Wassertiefen hat sich gezeigt, dass eine Mindestwassertiefe von ca. 50 cm notwendig ist, um eine plausible Messung durchführen zu können. Ist dieses Kriterium gegeben, sind auch bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten durchwegs gute Messergebnisse zu erzielen.

Auf größere Schwierigkeiten stößt das ADCP – System, wenn die Fließgeschwindigkeiten über ca. 3.5 m/s steigen, was meistens auch mit stärkerer Wellenbildung verbunden ist. Da

vom HD Steiermark die Methode der kontinuierlichen Messfahrt über den Gewässerquerschnitt eingesetzt wird, verliert der ADCP – Sensor des öfteren den Kontakt mit dem Gewässer und es können daher in diesen Abschnitten keine Messwerte erfasst werden. Dies hat sich bereits bei der Einschulung des Gerätes im Juni am Pegel Graz/Mur gezeigt, wo bei Hochwasserführung (ca. HQ₁) Geschwindigkeiten bis 4 m/s auftraten und immer wieder der Kontakt ADCP mit dem Gewässer verloren ging. Viele stärker noch haben sich diese Probleme bei Hochwassermessungen an der oberen Mur im Oktober 2005 gezeigt, wo es an den Pegeln Gestüthof, St. Georgen, Zeltweg, Leoben und Bruck nicht möglich war, Messungen mit dem ADCP aufgrund der oben geschilderten Probleme durchzuführen, sondern es musste auf die Flügelmessung zurückgegriffen werden.

Eine Lösung dieses Problems wäre, in WinRiver auch die Section per Section – Methode (Messung in Messlotrechten wie bei der Flügelmessung) zu implementieren. Eine Nachfrage bei der Firma Ott, die dieses System nun in Österreich vertreibt, ergab, dass dieser Wunsch bereits von mehreren Anwendern geäußert wurde und dass RD Instruments bereits an der Arbeit ist, diese Möglichkeit der Messung in WinRiver zu implementieren. Daher sollte es in Zukunft möglich sein, auch im Hochwasser plausible ADCP – Messungen durchzuführen.

Ein Problem, auf das natürlich auch hingewiesen werden muss, ist die Problematik, dass bei Hochwasser natürlich Treibgut im Gewässer (vor allem Bäume) schwimmt und daher besondere Aufmerksamkeit vom Messtrupp während der ADCP – Messung gefordert ist, dass der Trimaran nicht mit dem Treibgut kollidiert. Dabei obliegt es der Verantwortlichkeit des Messtrupps, abzuschätzen, ob aufgrund der herrschenden Verhältnisse eine Messung noch möglich ist oder nicht.

2.7. Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht wurden die bisherigen Erfahrungen des HD Steiermark mit ADCP – Messungen mit dem „Workhorse Rio Grande ZedHed“ der Firma RD Instruments aufgezeigt, sowie einige Grundlagen der ADCP – Messtechnik dargelegt. Es zeigte sich, dass im Mittel- und Niederwasserbereich (bei Einhaltung bestimmter Mindesttiefen) sehr gute Messungen möglich waren, im Hochwasser allerdings (bei hohen Geschwindigkeiten sowie Wellenbildung) bei stetigen Messfahrten Probleme auftraten. Ein Lösungsvorschlag (Implementierung der Section per Section – Methode ins WinRiver) wurde an die Firma Ott bzw. RD Instruments weitergeleitet und wird auch bereits bearbeitet.