



Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 19A - Wasserwirtschaftliche Planung und
Siedlungswasserwirtschaft; Referat Hydrografie
Stempfergasse 7
8010 Graz

Schwebstoffmessungen in Österreich

ADCP-Messung

Bericht

Projektleitung: Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. H. Habersack

Bearbeitung: Dipl.-Ing. M. Haimann



Department für Wasser - Atmosphäre – Umwelt

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau

Wien, im Oktober 2010

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	5
2	METHODIK	6
2.1	ADCP-Messung	6
2.2	ViSea PDT	7
3	ERGEBNISSE	9
3.1	Ergebnisse Niederösterreich	9
3.2	Ergebnisse Oberösterreich	10
3.3	Ergebnisse Vorarlberg	12
3.4	Ergebnisse Tirol	15
3.4.1	ADCP-Messung – Moving Boat Methode	15
3.4.2	ADCP-Messung – Section by Section Methode	22
3.5	Ergebnisse Steiermark	23
3.5.1	Vergleich Vielpunktentnahme, Moving-Boat Messung und Section-by-Section Messung	23
3.5.2	Reduktion der Lotrechten	29
4	ZUSAMMENFASSUNG	34
5	DANKSAGUNG	35
6	LITERATURVERZEICHNIS	35

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schwebstoffmessstelle Deutsch Brodersdorf/Leitha	9
Abbildung 2: ADCP-Auswertung vom 23.6.2010 an der Messstelle Dt. Brodersdorf/Leitha	10
Abbildung 3: Schwebstoffmessstelle Schärding/Inn (Foto: Wakolbinger)	11
Abbildung 4: Schwebstoffverteilung der ADCP-Messung unterhalb der Brücke vom 19.10.2009	11
Abbildung 5: Schwebstoffverteilung der ADCP-Messung bei der Brücke vom 1.6.2010	12
Abbildung 6: Schwebstoffmessstellen Gisingen/III (links), Lustenau/Rhein (mitte), Kennelbach/Bregenzerach (rechts) (Fotos: Pfurtscheller)	12
Abbildung 7: ADCP-Auswertung vom 15.06.2010 an der Messstelle Gisingen/III	13
Abbildung 8: ADCP-Auswertung vom 15.06.2010 an der Messstelle Lustenau/Rhein	14
Abbildung 9: ADCP-Auswertung vom 16.06.2010 an der Messstelle Kennelbach/Bregenzerach	14
Abbildung 10: ADCP-Auswertung vom 08.04.2009 an der Messstelle Hart/Ziller	17
Abbildung 11: ADCP-Auswertung vom 14.4.2009 an der Messstelle Hart/Ziller	17
Abbildung 12: ADCP-Auswertung vom 14.05.2009 an der Messstelle Innsbruck/Inn	18
Abbildung 13: ADCP-Auswertung vom 07.04.2009 an der Messstelle Kössen-Hütte/Großache	18
Abbildung 14: ADCP-Auswertung vom 14.04.2009 an der Messstelle Kössen-Hütte/Großache	19
Abbildung 15: ADCP-Auswertung vom 15.04.2009 an der Messstelle Lechaschau/Lech	19
Abbildung 16: ADCP-Auswertung vom 08.04.2009 an der Messstelle Oberaudorf/Inn	20
Abbildung 17: ADCP-Auswertung vom 22.06.2009 an der Messstelle Oberaudorf/Inn	20
Abbildung 18: ADCP-Auswertung vom 08.04.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn	21
Abbildung 19: ADCP-Auswertung vom 14.04.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn	21
Abbildung 20: ADCP-Auswertung vom 16.06.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn	21
Abbildung 21: ADCP-Auswertung vom 22.06.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn	22
Abbildung 22: ADCP-Auswertung vom 04.08.2009 an der Messstelle Innsbruck/Sill	23
Abbildung 23: ADCP-Auswertung vom 16.06.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn	23
Abbildung 24: Auswertung einer Moving-Boat-Messung mittels ViSea PDT	24
Abbildung 25: Auswertung einer Section-by-Section-Messung mittels ViSea PDT	24
Abbildung 26: Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur	30
Abbildung 27: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur	31
Abbildung 28: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur	31
Abbildung 29: gewählte Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Leibnitz/Sulm	32
Abbildung 30: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Leibnitz/Sulm	33
Abbildung 31: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Leibnitz/Sulm	33
Abbildung 32: Darstellung der ADCP-Backscatter-Daten mit WinRiver II	34
Abbildung 33: Darstellung der Schwebstoffkonzentration mittels ViSea PDT	34

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Vergleich Vielpunktmessung – ADCP-Messung an der Messstelle Dt. Brodersdorf/Leitha	10
Tabelle 2: Ergebnisse der ADCP-Messungen in Tirol	16
Tabelle 3: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Gestüthof/Mur	25
Tabelle 4: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Kapfenberg/Mürz	26
Tabelle 5: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Leibnitz/Sulm	27
Tabelle 6: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Mureck/Mur	28
Tabelle 7: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Trautenfels/Enns	29

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Bisher wurden zur Bestimmung der Schwebstoffverteilung im Querprofil Vielpunkt- und Integrationsentnahmen durchgeführt. Diese Methoden haben jedoch den Nachteil keine flächige Information zu liefern sowie bei hohen Fließgeschwindigkeiten nicht einsetzbar zu sein (Integrationsentnahmen) oder einen hohen zeitlichen Aufwand darzustellen (Vielpunktentnahmen). Deshalb wurde in den vorangegangenen Jahren ein Untersuchungsprogramm zur Bestimmung der Schwebstoffverteilung im Querprofil und des Schwebstofftransportes mittels ADCPs in den Bundesländern Oberösterreich, Steiermark und Tirol begonnen, dessen Ergebnisse in den Berichten „Schwebstoffmessungen mittels ADCP“ (Habersack, 2008 und 2009) zusammengefasst wurden. Es hat sich gezeigt, dass die ADCP-Messung mit gemeinsamer Probenentnahme und Auswertung mittels der Software ViSea Plume Detection Toolbox durchaus geeignet ist und es wurden erste Grenzen der Anwendbarkeit dargelegt. Eine Optimierung der Anzahl der Lotrechten ist möglich, jedoch ist die derzeitige Datengrundlage noch zu gering, um gesicherte Aussagen treffen zu können.

Um die Ergebnisse aus den Jahren 2007 und 2008 abzusichern, soll das Messprogramm im heurigen Jahr fortgesetzt werden. Zusätzlich sollen Untersuchungen zum Einsatz von Section-by-Section-Messungen durchgeführt werden, da Messungen mittels ADCP und Moving-Boat-Methode bei hohen Turbulenzen im Gewässer und bei Geschiebetrieb nicht möglich sind.

In den Bundesländern Niederösterreich und Vorarlberg wurden erstmals ADCP-Messungen zur Bestimmung der Schwebstoffverteilung und des Schwebstofftransportes durchgeführt.

Im Messprogramm 2009 wurden folgende Teilziele verfolgt:

- Repräsentativität von ADCP Messungen im Vergleich zu Vielpunktentnahmen
- Empfehlungen bzgl. Reduktion der Lotrechten
- Vergleich der Ergebnisse aus Moving-Boat-Methode und Section-by-Section-Methode

2 METHODIK

Um den Schwebstofftransport in seiner zeitlichen und räumlichen Auflösung vollständig zu erfassen, wird bei der in Österreich angewendeten Monitoringstrategie auf eine Kombination von direkten und indirekten Entnahmefethoden zurückgegriffen. Nähere Angaben zur österreichischen Monitoringstrategie sind dem Leitfaden „Schwebstoffe im Fließgewässer – Leitfaden zur Erfassung des Schwebstofftransportes“ zu entnehmen (BMFLUW, 2008).

Am Ufer des Gewässers montierte Trübungssensoren zeichnen kontinuierlich die Schwebstoffkonzentrationen auf. Die Sondenaufzeichnungen werden durch die Entnahme von Flaschenproben in Sondennähe kalibriert. Diese Ganglinie der sondennahen Schwebstoffkonzentrationen muss nun so angepasst werden, dass die Repräsentativität im Verhältnis zur Schwebstoffkonzentration im Querprofil gewährleistet ist. Dies erfolgt derzeit mittels Vielpunktentnahmen und anschließender Ermittlung eines Querprofilbeiwertes. Als Alternative dazu soll die Verwendung von ADCP-Messungen kombiniert mit Kalibrierprobenentnahmen bei reduzierter Anzahl getestet werden. Die so erhaltene mittlere Schwebstoffkonzentration im Querprofil wird mit der dem Durchfluss multipliziert, um den Schwebstofftransport zu berechnen.

Die Messungen mittels ADCP und die Auswertung mittels ViSea PDT der Firma Aquavision sind im Folgenden genauer erläutert.

2.1 ADCP-Messung

Die von den Ultraschallwandlern ausgesendeten Signale werden an Partikeln im Gewässer (Schwebstoffe, Luftblasen,...) reflektiert und wieder aufgezeichnet. Durch die Annahme, dass sich die Partikel mit derselben Geschwindigkeit bewegen wie das Wasser, kann über die Frequenzverschiebung mittels Dopplergesetz die Fließgeschwindigkeit bestimmt werden.

Messungen mittels ADCP können auf zwei Arten durchgeführt werden. Die Durchflussmessungen werden bevorzugt mit der Moving-Boat-Methode durchgeführt. Es wird empfohlen die Fahrten solange zu wiederholen, bis die Abweichung von vier Messungen vom Mittelwert der Messungen nicht mehr als 5 % beträgt.

Der Messquerschnitt wird in Tiefenzellen unterteilt, deren Breite von der Schallimpulsfolge und der Bootsgeschwindigkeit abhängt. In jeder dieser Zellen wird der Teildurchfluss aus den Geschwindigkeitskomponenten senkrecht zum Messweg berechnet und diese zum Gesamtdurchfluss addiert. Das ADCP-Durchflussmessgerät misst gleichzeitig die Wassertiefe, die Geschwindigkeit des Bootes über Grund und die die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeiten in so genannten Messzellen.

Die Fließgeschwindigkeit des Gewässers wird mit Hilfe der Gleichung (1) berechnet. Die Bootsgeschwindigkeit wird dabei mittels Bottom tracking relativ zum Gewässerboden bestimmt.

$$\vec{V}_{Wasser} = \vec{V}_{ADCP-Wasser} - \vec{V}_{ADCP-Sohle} \quad (1)$$

Kommt es aufgrund von Geschiebetrieb zu einer Bewegung der Sohle, kann die Geschwindigkeit des ADCPs über dem Grund nicht mehr richtig berechnet werden. Dadurch entsteht ein Fehler in der Berechnung der Fließgeschwindigkeit des Gewässers und somit des Durchflusses. Die Durchflussbestimmung mittels Moving-Boat-Methode ist unter diesen Bedingungen nicht zulässig.

Durch einen Test kann ein Auftreten von bewegter Sohle ausgeschlossen werden. Dabei können zwei Varianten unterschieden werden:

- 10 Minuten an einer Stelle messen und darauf achten, ob beim Ship-Track eine Wanderung des Bootes erkennbar ist (Scheinfahrt).
- Bei einer Fahrt über den Querschnitt und zurück, sollte die Endposition gleich der Startposition sein.

Wurde durch den Test nachgewiesen, dass Geschiebetrieb auftritt, gibt es zwei Möglichkeiten trotzdem ADCP-Messungen durchzuführen. Durch Einsatz von einem GPS kann die Fahrt des ADCPs bestimmt werden, ohne auf das Bottom Tracking angewiesen zu sein. Dabei kann trotz bewegter Sohle das Profil mittels Moving-Boat Methode erfasst werden. Die zweite Möglichkeit sieht die Anwendung der Section-by-Section-Methode vor, bei dem das ADCP nicht über das Gewässer gezogen, sondern das Profil in Lotrechten gemessen wird. Es wird empfohlen eine Mindestanzahl von 20 Lotrechten zu messen, wobei die Abschnitte so gewählt werden sollen, dass keiner mehr als 5% des Durchflusses enthält.

Bei dieser Methode wird die Information über die Bewegung über den Grund nicht als Orientierung benötigt, weshalb diese Messmethodik auch bei Geschiebetrieb angewendet werden kann. Da das Boot während der Messung nicht bewegt, sondern an einem Punkt im Gewässer ruhig gehalten wird, kann die Section-by-Section-Methode oft auch bei höheren Turbulenzen als die Moving-Boat-Methode eingesetzt werden.

2.2 ViSea PDT

Da die ausgesendeten Schallwellen an den Partikeln im Gewässer reflektiert werden, enthalten sie Informationen über die jeweilige Schwebstoffkonzentration, die als Intensität der reflektierten Signale erfasst wird. Die ADCP-Schallreflexion an suspendiertem Material kann mit der Sonargleichung beschrieben werden. Es wird dabei ein Gleichgewicht zwischen ausgesendeter, empfangener und auf dem Weg verlorener Energie aufgestellt. Zur Lösung der Gleichung ist die Kenntnis einiger geräte-, sediment- und wasserspezifischer Parameter notwendig (Aardom und Mol, 2005). Eine vereinfachte Version der Sonargleichung wurde von Deines (1999) formuliert (Gleichung 2):

$$S_v = C + 10 \log_{10} \left[\frac{T_T R^2}{L P_T} \right] + 2\alpha R + K_c (E - E_r) \quad (2)$$

Wobei

S_v	absolute akustische Rückstrahlung [dB]
C	Konstante [dB]
T_T	Temperatur des ADCP-Ultraschallwandlers [°C]
R	Schrägentfernung des Wandlers zu Reflektor [m]
L	ausgesendete Wellenlänge [m]
P_T	Übertragungsleistung [W]
α	Abschwächungskoeffizient [dB/m]; Summe aus Schalladsorption im Wasser α_w und die Abschwächung durch die Partikel α_s
K_c	Skalierungsfaktor [dB/count]
E	relative Rückstrahlung oder Echointensität [count]
E_r	Grundrauschen [count]

bedeuten.

Die Firma Aqua Vision BV aus den Niederlanden hat diese Gleichung in ihrer Software ViSea und der Plume Detection Toolbox umgesetzt und ermöglicht es, den Schwebstoffgehalt eines Gewässers aus den ADCP-Daten qualitativ zu erhalten.

Das Ergebnis dieser Umrechnung, die absolute akustische Rückstrahlung, kann durch Kalibrierung mit z.B. Schwebstoffproben in Schwebstoffkonzentrationen umgerechnet werden. Im Zuge des Projektes wurden die während der Vielpunktentnahmen gewonnenen Proben zur Kalibrierung der ADCP-Daten herangezogen.

Messungen mittels Moving-Boat-Methode gestatten, im Vergleich zu den punktuellen Messungen der Vielpunktentnahme, eine flächenhafte Ermittlung der Schwebstoffkonzentration über die gesamte Wassersäule. Die nicht gemessenen Bereiche an der Gewässeroberfläche und in Sohlhöhe werden durch Extrapolation ermittelt und ebenfalls zum Gesamttransport addiert.

In der Version 3.058 der Software ViSea PDT der Firma Aquavision wurde die Möglichkeit geschaffen, auch die Section-by-Section-Messungen bezüglich des Schwebstofftransportes auszuwerten.

3 ERGEBNISSE

3.1 Ergebnisse Niederösterreich

Am 23.6.2010 wurde in Deutsch Brodersdorf an der Leitha (Abbildung 1) eine Schwebstoffmessung mittels ADCP durchgeführt. Dabei wurden zuerst die Fließgeschwindigkeit und der Durchfluss mittels ADCP und Flügel gemessen und im Anschluss die Schwebstoffproben mittels Nielsen-Sammler entnommen. Da der Nielsen-Sammler nicht mit einer Ventilsteuerung ausgestattet ist, beginnt die Befüllung sofort mit dem Eintauchen des Sammlers. Eine Entnahme in bestimmten Tiefenstufen ist daher nicht durchführbar, vor allem da am Messtag relativ hohe Fließgeschwindigkeiten von bis zu 2 m/s vorherrschten. Da bei der Messung nur eine geeignete Flasche für die Probenentnahme mittels Nielsen-Sammler zur Verfügung stand, mussten die Proben umgeleert werden. Dadurch kann es zu einer Verfälschung der Probenergebnisse gekommen sein. Am Messtag war noch keine Trübungssonde installiert, weshalb nicht bekannt ist, ob während der Messung neben dem Wasserstand auch die Schwebstoffkonzentration konstant blieb.



Abbildung 1: Schwebstoffmessstelle Deutsch Brodersdorf/Leitha

Die im Labor analysierten Schwebstoffproben wurden sowohl für die Auswertung der Vielpunktentnahme (Fließgeschwindigkeiten mittels Flügel) und der ADCP-Messung herangezogen. Die Probe der 1. Lotrechten bei einer Tiefe von 0,5 m wurde bei beiden Auswertungen aufgrund der im Vergleich zu den anderen Proben zu hohen Konzentration nicht berücksichtigt. Einen Vergleich der Ergebnisse zeigt Tabelle 1 .

Tabelle 1: Vergleich Vielpunktmessung – ADCP-Messung an der Messstelle Dt. Brodersdorf/Leitha

	Vielpunktmessung		ADCP-Messung	
Durchfluss	27,2	m ³ /s	26,8	m ³ /s
mittlere Schwebstoffkonzentration	120,6	mg/l	117,2	mg/l
sondennahe Schwebstoffkonzentration	146,8	mg/l	146,8	mg/l
Querprofilbeiwert	0,822		0,798	

In Abbildung 2 ist die aus der ADCP-Messung ermittelte Schwebstoffverteilung dargestellt. Aus der Grafik ist zu erkennen, dass zwar die Bereiche mit hohen und niedrigen Schwebstoffkonzentrationen durch die ADCP-Messung und die Proben ähnlich wiedergegeben werden, die Proben jedoch eine höhere Spannweite aufweisen.

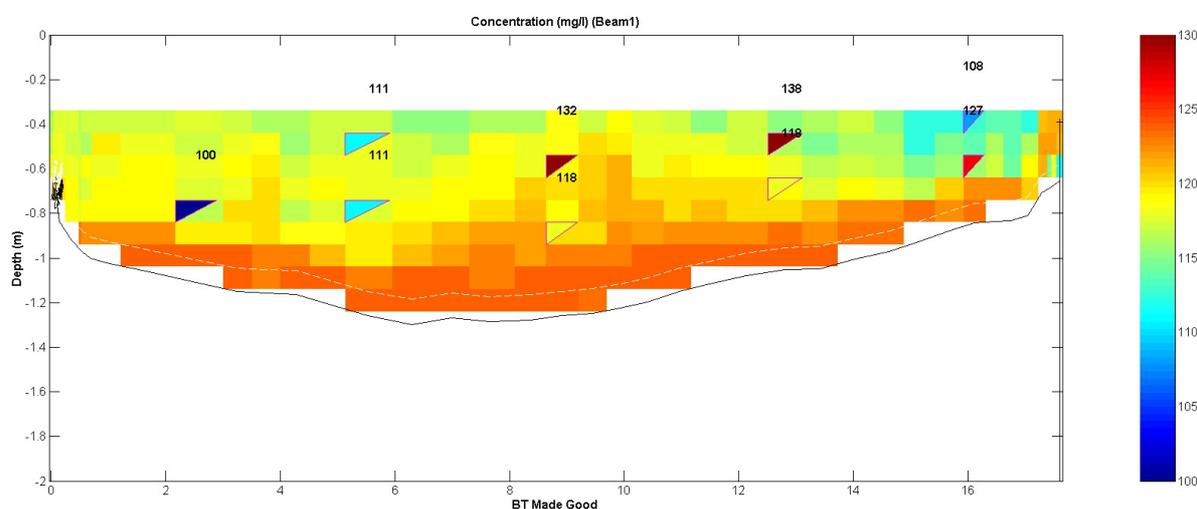


Abbildung 2: ADCP-Auswertung vom 23.6.2010 an der Messstelle Dt. Brodersdorf/Leitha

3.2 Ergebnisse Oberösterreich

Die Bestimmung der Schwebstoffverteilung im Querprofil wurde in Schärding am 19.10.2009 durchgeführt. Dabei wurden die Probenentnahmen und ADCP-Fahrten nicht bei der Sonde in der Nähe der Brücke (Abbildung 3) sondern einige Meter flussab, wo die Brückenpfeiler die Messungen nicht mehr beeinflussen. Dabei wurde das ADCP mittels Motorboot über den Fluss gezogen. Die Probenentnahmen wurden ebenfalls vom Boot aus entnommen und konnten daher nur oberflächennah gewonnen werden.



Abbildung 3: Schwebstoffmessstelle Schärding/Inn (Foto: Wakolbinger)

Abbildung 4 zeigt das Ergebnis der Schwebstoffauswertung der ADCP-Messung mit der Software ViSea PDT. Bei einem Durchfluss von $630,6 \text{ m}^3/\text{s}$ und einer mittleren Schwebstoffkonzentration von $7,9 \text{ mg/l}$ wurde ein Schwebstofftransport von $5,01 \text{ kg/s}$ ermittelt.

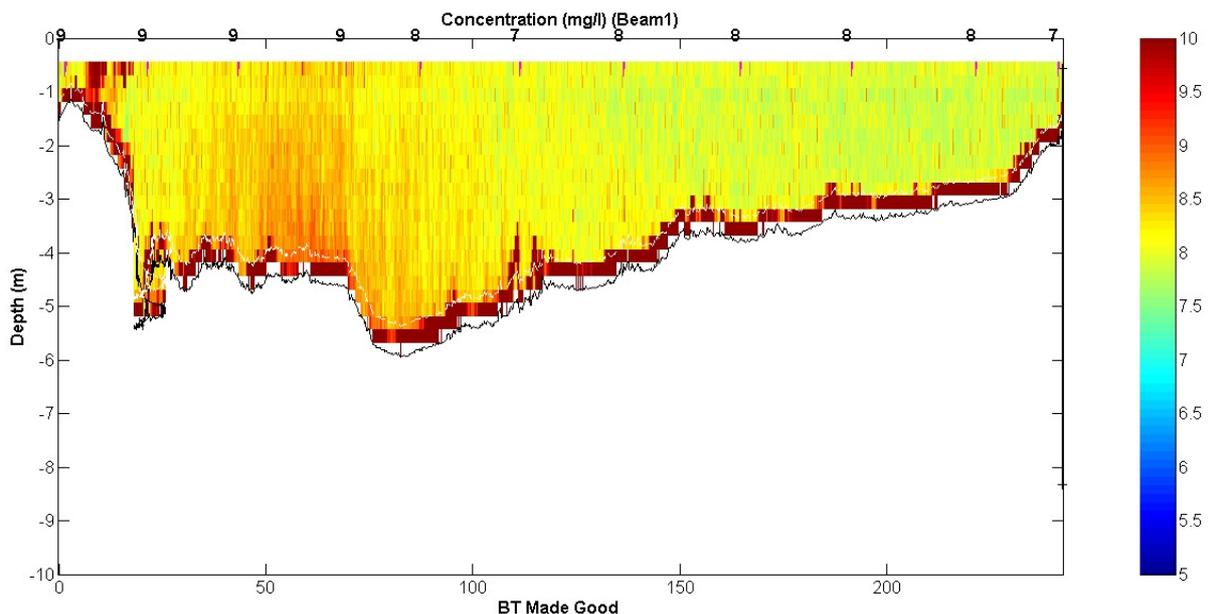


Abbildung 4: Schwebstoffverteilung der ADCP-Messung unterhalb der Brücke vom 19.10.2009

Im Jahr 2010 wurden zwei weitere Vielpunktentnahmen mit ADCP-Messungen durchgeführt. Am Messtag des 1. Juni 2010 wurden die Proben von der Brücke aus entnommen. Da nach der Probenentnahme in der 2. Lotrechten der US P61 Sammler nicht mehr funktionierte, konnten die Proben danach nur noch oberflächennah entnommen werden. Die ADCP-Messung wurde knapp unterhalb der Brücke durchgeführt und fand bei einem Durchfluss von $1551 \text{ m}^3/\text{s}$ und einem Schwebstofftransport von $480,1 \text{ kg/s}$ statt. Es wurde eine mittlere

Da am 15.6.2010 sowohl in Gisingen an der Ill als auch in Lustenau am Rhein beim vorherrschenden Wasserstand Geschiebetrieb stattfand, wurden die Messungen mittels Rio Grande als Section-by-Section-Messung durchgeführt.

Die Messung in Gisingen/Ill fand bei einem Durchfluss von 119 m³/s stand. Die Laborergebnisse weisen bei allen Proben sehr ähnliche Schwebstoffkonzentrationen auf. Sie schwanken lediglich zwischen 99 und 107 mg/l. Die mittlere Schwebstoffkonzentration wurde mit 99,2 mg/l, der Schwebstofftransport mit 11,77 kg/s errechnet.

In Lustenau/Rhein wurde die Messung bei einem Durchfluss von rund 500 m³/s durchgeführt. Es wurde ein Schwebstofftransport von 159,03 kg/s errechnet. Die mittlere Schwebstoffkonzentration wurde mit 315,8 mg/l bestimmt.

Die Verteilungen der Schwebstoffkonzentrationen in den Querprofilen während der Messungen am 15.06.2010 an den Messstellen Gisingen/Ill und Lustenau/Rhein sind in Abbildung 7 und Abbildung 8 dargestellt. Bei der Darstellung der Section-by-Section-Messung werden die Messergebnisse in den Lotrechten für die gesamte Breite der Berechnung dargestellt, wodurch in den Abbildungen große Zellenbreiten im Gegensatz zur Moving-Boat-Messung entstehen.

In Abbildung 8 ist zu erkennen, dass in der Mitte des Profils eine höhere Konzentration auftritt als am Ufer. Es wäre daher sinnvoll zu überprüfen, ob dies ständig der Fall ist und dann die Probenentnahmen dort durchzuführen. Durch die höheren Konzentrationsunterschiede in den Proben könnte der Zusammenhang zwischen Proben und ADCP-Messung noch verbessert werden.

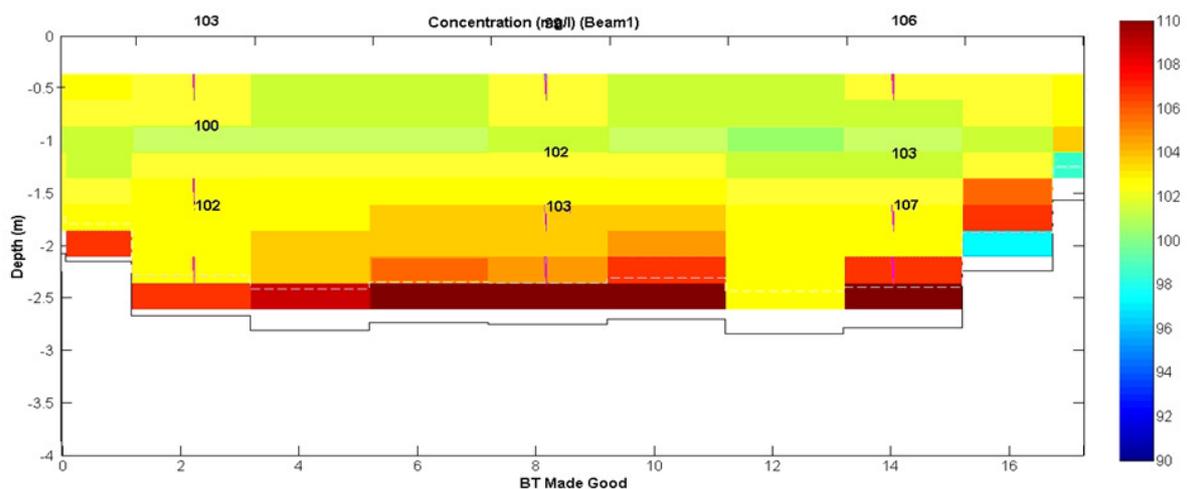


Abbildung 7: ADCP-Auswertung vom 15.06.2010 an der Messstelle Gisingen/Ill

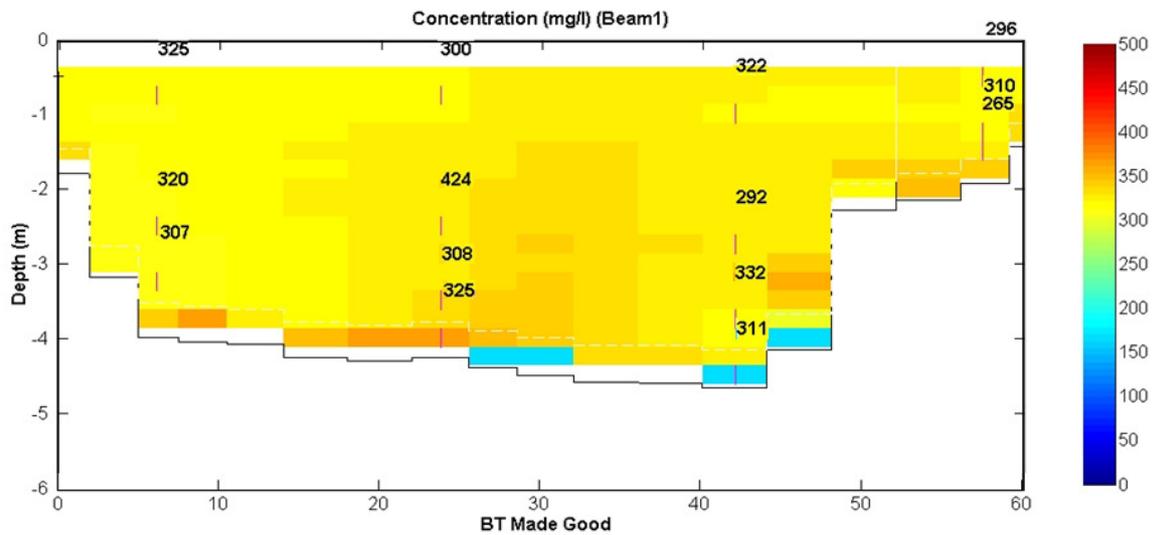


Abbildung 8: ADCP-Auswertung vom 15.06.2010 an der Messstelle Lustenau/Rhein

Die Messung am 16.6.2010 an der Bregenzerach fand bei geringerer Wasserführung statt und konnte als Moving-Boat-Messung ausgeführt werden. Da das Profil zwar eine maximale Tiefe von über 2 m aufweist, jedoch über weite Bereiche nur 0,5 m tief ist, wurde die Messung mittels Stream Pro mit dem großen Bootskörper durchgeführt. Bei einem Durchfluss von 38,14 m³/s und einer mittleren Schwebstoffkonzentration von 15,2 mg/l konnte ein Schwebstofftransport von 0,58 kg/s ermittelt werden. In Abbildung 9 ist die Schwebstoffverteilung im Querprofil an der Messstelle dargestellt. Sowohl die Schwebstoffkonzentrationen der Proben als auch die Auswertung der ADCP-Messung liegen zwischen 15 und 20 mg/l und sind in der linken Querschnittshälfte etwas höher als in der rechten Hälfte.

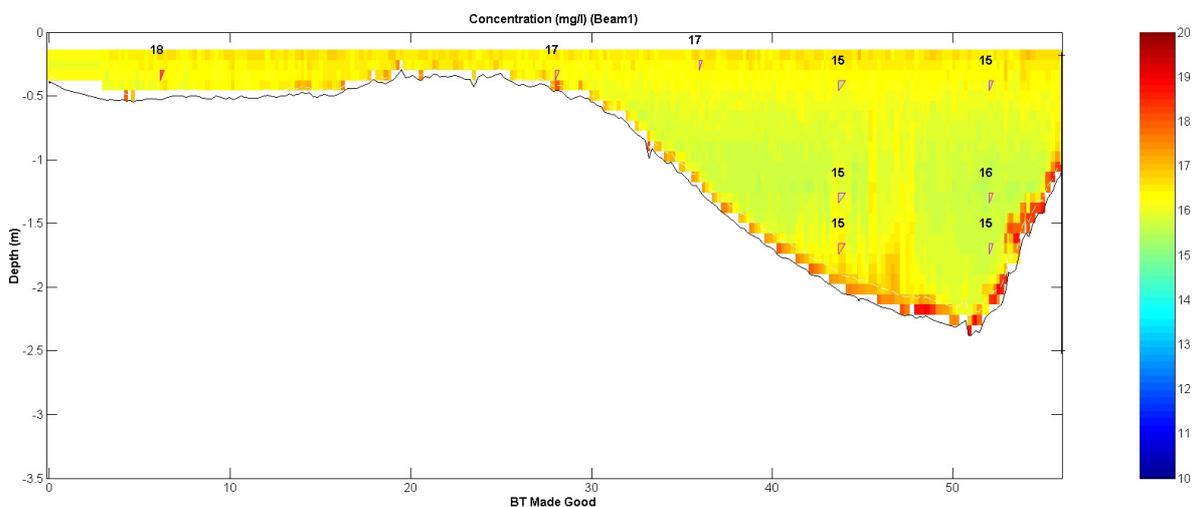


Abbildung 9: ADCP-Auswertung vom 16.06.2010 an der Messstelle Kennelbach/Bregenzerach

3.4 Ergebnisse Tirol

Im Jahr 2009 wurden vom Hydrographischen Dienst Tirol 14 ADCP-Messungen an insgesamt 7 Messstellen für die Schwebstoffbestimmung durchgeführt. Dabei konnten 12 Moving-Boat-Messungen und zwei Section-by-Section-Messungen durchgeführt werden.

3.4.1 ADCP-Messung – Moving-Boat-Methode

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der einzelnen ADCP-Fahrten an den Messstellen Hart/Ziller, Innsbruck/Inn, Kössen-Hütte/Großache, Lechaschau/Lech, Oberaudorf/Inn und Rattenberg/Inn in Bezug auf Schwebstofftransport und Durchfluss dargestellt. Bei den Messungen in Kössen-Hütte/Großache könnte Geschiebetrieb stattgefunden haben. Aus der Tabelle 2 sind weiters die Mittelwerte der Messungen zu entnehmen.

Aufgrund der bereits reduzierten Anzahl an Lotrechten bzw. Schwebstoffproben wurden die Messungen nicht als Vielpunktentnahmen ausgewertet, sodass kein Vergleich zwischen den beiden Messmethoden durchgeführt werden kann.

Tabelle 2: Ergebnisse der ADCP-Messungen in Tirol

Messstelle/Datum		Messfahrt 1	Messfahrt 2	Messfahrt 3	Messfahrt 4	Messfahrt 5	Messfahrt 6	Messfahrt 7	Messfahrt 8	Mittelwert
Hart/Ziller	Qs [kg/s]	7,45	7,25	7,26	7,17					7,28
08.04.2009	Q [m ³ /s]	33,2	32,2	32	31,6					32,25
Hart/Ziller	Qs [kg/s]	7,02	7,08	7,46	7,67					7,31
14.04.2009	Q [m ³ /s]	39	38,6	40,5	41,8					39,98
Innsbruck/Inn	Qs [kg/s]	115,42	126,63	121,57	116,04					119,92
14.05.2009	Q [m ³ /s]	264,3	287,6	276,4	259					271,83
Kössen-Hütte/Großbache	Qs [kg/s]	10,89	10,95	11,02	10,52					10,85
07.04.2009	Q [m ³ /s]	69,1	69,4	68,9	65,7					68,28
Kössen-Hütte/Großbache	Qs [kg/s]	4,17	4,45	4,55	4,16					4,33
14.04.2009	Q [m ³ /s]	64,1	67,7	69,2	64,2					66,30
Lechaschau/Lech	Qs [kg/s]	11,78	11,37	10,96	11,74					11,46
15.04.2009	Q [m ³ /s]	69,2	66,5	64,5	69,2					67,35
Oberaudorf/Inn	Qs [kg/s]	21,27	21,75	21,65	21,49	21,74	21,57			21,61
08.04.2009	Q [m ³ /s]	340,7	343,6	339,8	341,1	343,3	340,7			341,23
Oberaudorf/Inn	Qs [kg/s]	217,29	212,96	228,03	211,75					217,51
22.06.2009	Q [m ³ /s]	448,2	449,3	451,3	450,8					449,90
Rattenberg/Inn	Qs [kg/s]	39,57	38,64	38,99	40,01					39,30
08.04.2009	Q [m ³ /s]	242,8	235,2	239,9	244,2					240,53
Rattenberg/Inn	Qs [kg/s]	15,34	15,38	14,71	15,07	14,85	14,85	13,81	14,01	14,75
14.04.2009	Q [m ³ /s]	214,2	225,6	217,0	223,2	217,6	221,5	210,5	214,1	220,00
Rattenberg/Inn	Qs [kg/s]	288,12	334,85							311,49
16.06.2009	Q [m ³ /s]	504,3	572,2							538,25
Rattenberg/Inn	Qs [kg/s]	172,17	177,08	171,92	174,09					173,82
22.06.2009	Q [m ³ /s]	391,5	400,1	390	391,5					393,28

In Abbildung 10 bis Abbildung 21 sind die Ergebnisse der ADCP-Messungen an den Messstellen Hart/Ziller Innsbruck/Inn, Kössen-Hütte/Großbache, Lechaschau/Lech, Oberaudorf/Inn und Rattenberg/Inn graphisch dargestellt.

An der Messstelle Hart/Ziller wurden am 08.04.2009 und am 14.04.2009 Messungen durchgeführt. Zwar war am Messtag vom 08.04.2009 ein geringerer Durchfluss, doch wurden an diesem Messtag die höheren Schwebstoffkonzentrationen gemessen. Das Profil weist an beiden Messtagen eine sehr ähnliche, gleichmäßige Verteilung auf (Abbildung 10 und Abbildung 11).

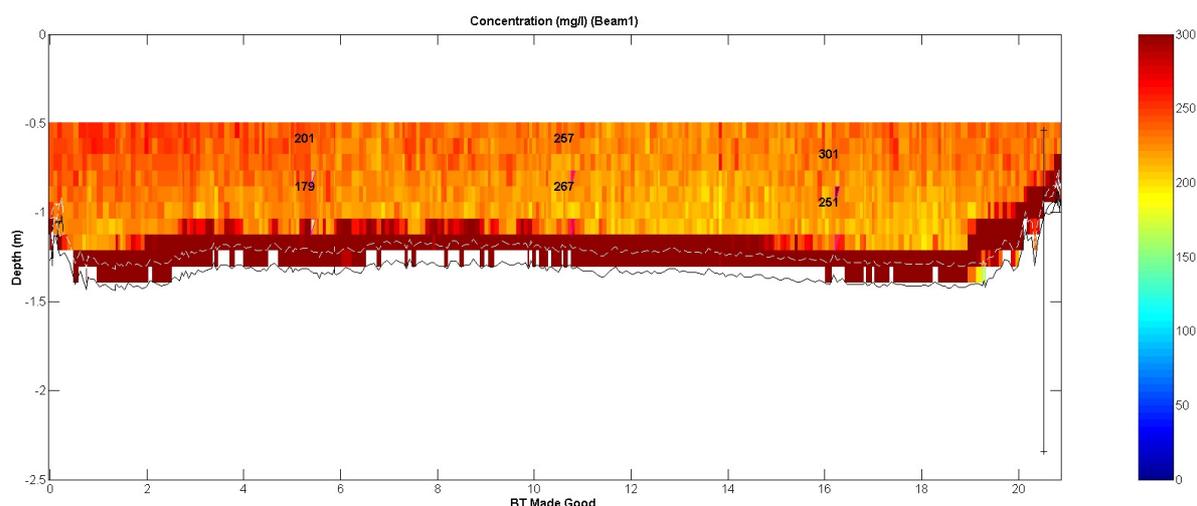


Abbildung 10: ADCP-Auswertung vom 08.04.2009 an der Messstelle Hart/Ziller

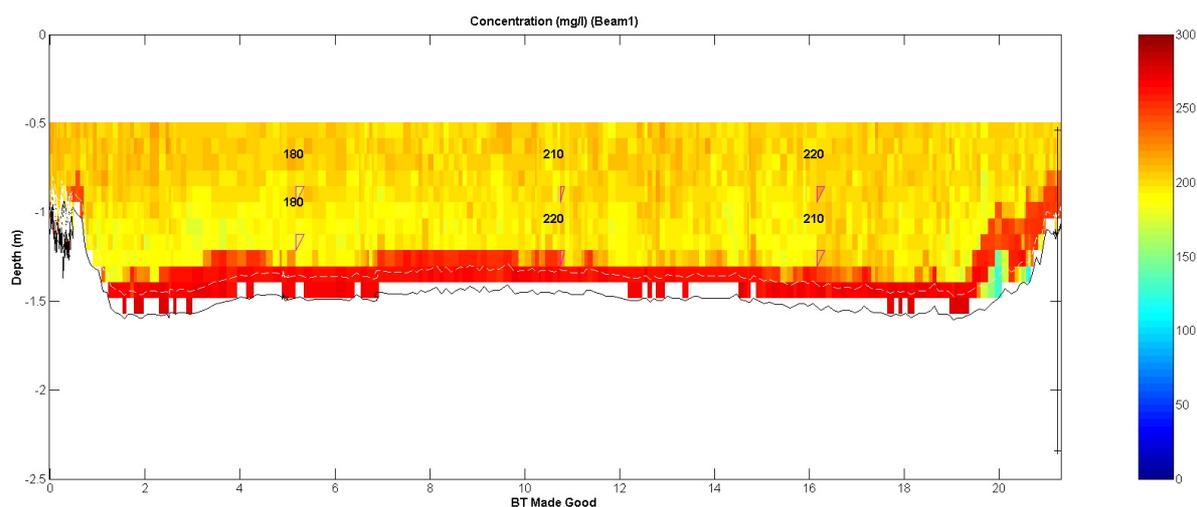


Abbildung 11: ADCP-Auswertung vom 14.4.2009 an der Messstelle Hart/Ziller

An der Messstelle Innsbruck/Inn wurde im Jahr 2009 nur eine ADCP-Messung zur Bestimmung der Schwebstoffkonzentration durchgeführt. Diese ist in Abbildung 12 dargestellt. Die Schwebstoffkonzentrationen liegen in einem Bereich zwischen 300 und

700 mg/l. In der linken Gewässerhälfte (in Sohlhöhe) treten dabei die höchsten Konzentrationen auf.

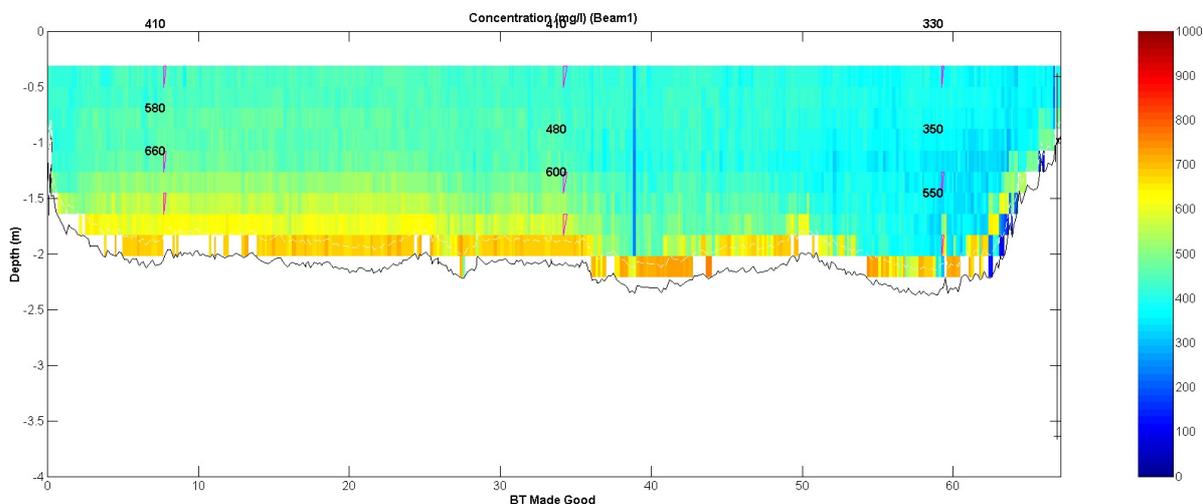


Abbildung 12: ADCP-Auswertung vom 14.05.2009 an der Messstelle Innsbruck/Inn

Wie bei der Messstelle Innsbruck/Inn ist auch an der Messstelle Kössen-Hütte/Großache die Schwebstoffkonzentration über das Querprofil nicht regelmäßig verteilt, sondern weist in der linken Gewässerhälfte die höheren Konzentrationen auf. Dies lässt sich an beiden Messtagen des Jahres 2009 trotz der unterschiedlichen Durchfluss- und Schwebstoffbedingungen (siehe Tabelle 2) erkennen (Abbildung 13 und Abbildung 14).

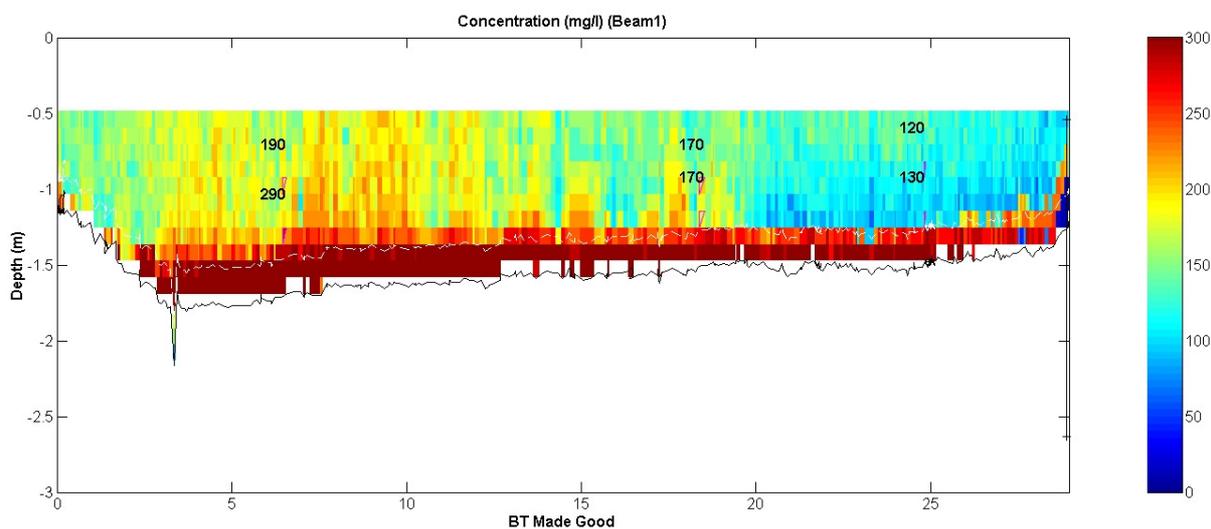


Abbildung 13: ADCP-Auswertung vom 07.04.2009 an der Messstelle Kössen-Hütte/Großache

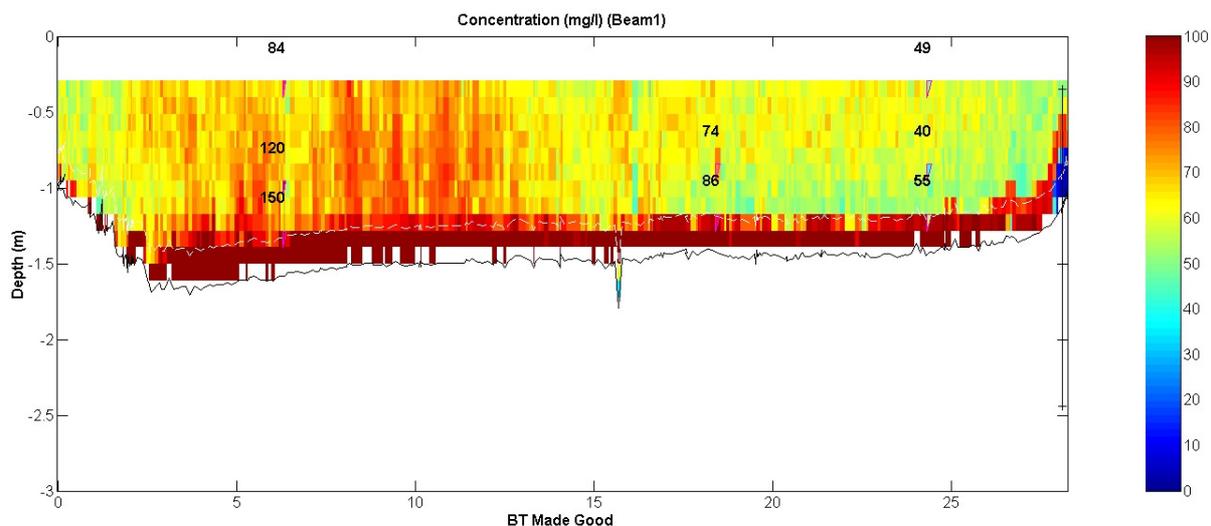


Abbildung 14: ADCP-Auswertung vom 14.04.2009 an der Messstelle Kössen-Hütte/Großache

An den Messstellen Lechaschau/Lech wurde am 15.04.2009 eine ADCP-Messung durchgeführt und mittels ViSea Plume Detection Toolbox ausgewertet. Der Durchfluss betrug am Messtag rund 70 m³/s und die Schwebstoffkonzentrationen lagen zwischen 100 und 250 mg/l. An diesem Messtag traten die höchsten Konzentrationen in der Mitte des Profils auf (Abbildung 15).

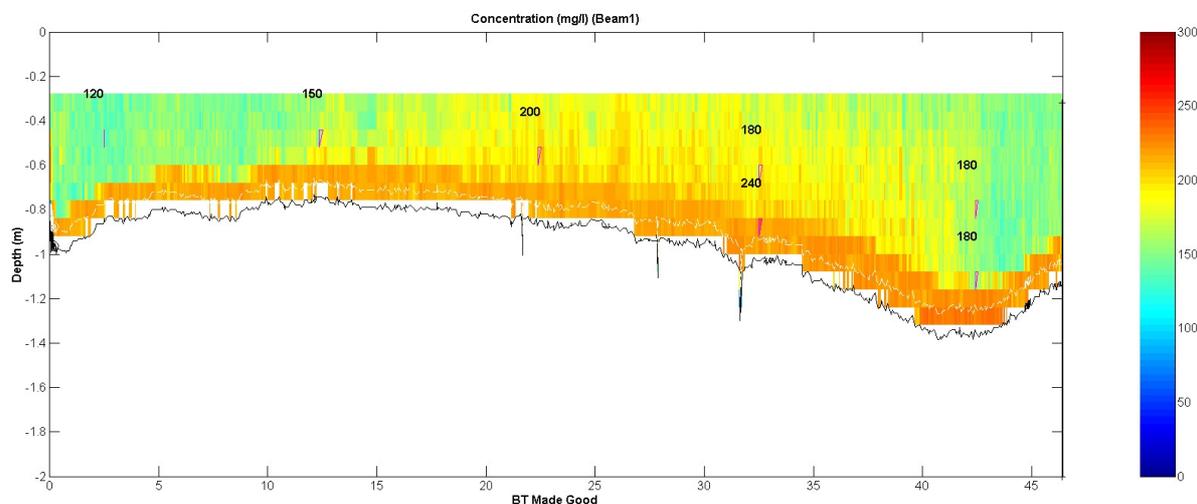


Abbildung 15: ADCP-Auswertung vom 15.04.2009 an der Messstelle Lechaschau/Lech

Im Jahr 2009 wurde an der Messstelle Oberaudorf/Inn am 04.08.2009 und am 22.06.2009 die Schwebstoffverteilung im Querprofil mittels ADCP und Probenentnahmen bestimmt. Dabei traten Durchflüsse von 340 und 450 m³/s und mittlere Schwebstoffkonzentrationen von 63 und 483 mg/l auf. Während das Querprofil am 08.04.2009 eine sehr regelmäßige Verteilung der Schwebstoffkonzentrationen aufweist, fällt am Messtag des 22.6.2009 auf, dass die Schwebstoffkonzentrationen innerhalb des Querschnittes, vor allem im rechten

Gewässerquerschnitt, sehr stark streuen. Die Konzentrationen reichen dabei von 400 bis über 1000 mg/l (Abbildung 16 und Abbildung 17).

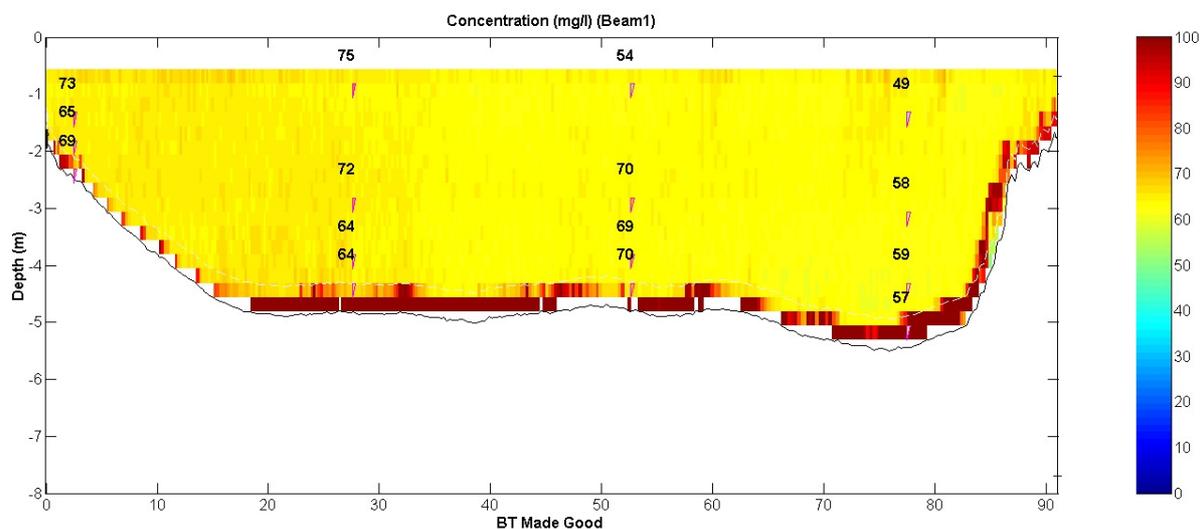


Abbildung 16: ADCP-Auswertung vom 08.04.2009 an der Messstelle Oberaudorf/Inn

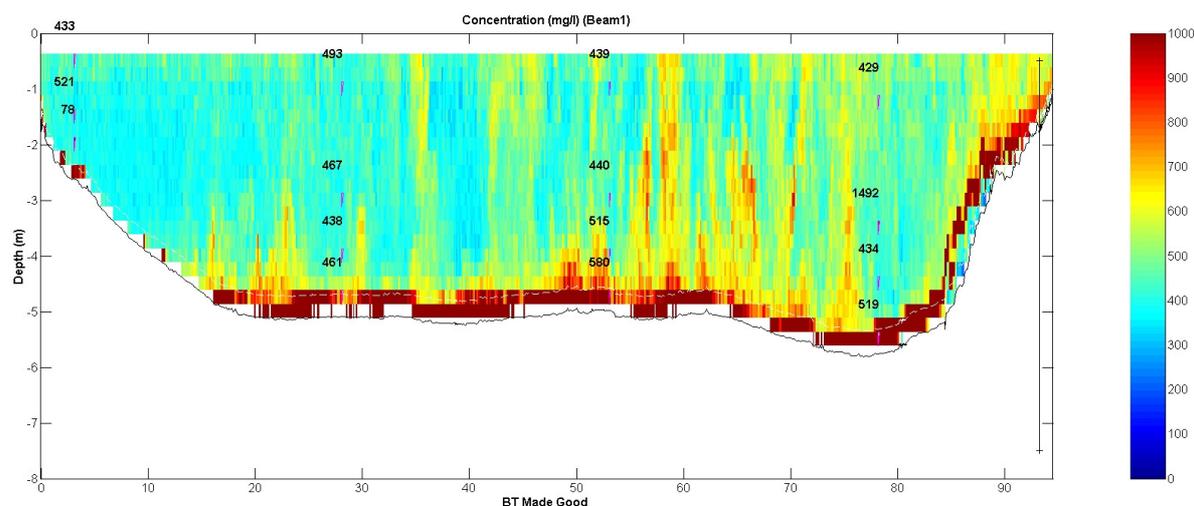


Abbildung 17: ADCP-Auswertung vom 22.06.2009 an der Messstelle Oberaudorf/Inn

Die meisten ADCP-Messungen zur Bestimmung der Schwebstoffverteilung und der Transportberechnung wurden im Jahr 2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn durchgeführt. Die Bedingungen an den vier Messtagen waren sowohl beim Durchfluss als auch bei der Schwebstoffkonzentration sehr unterschiedlich (Tabelle 2). Der höchste Durchfluss und die höchste mittlere Schwebstoffkonzentration traten am 16.06.2009 mit rund 540 m³/s bzw. 580 mg/l auf. Die niedrigsten Werte wurden mit 220 m³/s und 67 g/l am 14.04.2009 gemessen. Trotz der unterschiedlichen Bedingungen zeigt die Verteilung der Schwebstoffkonzentrationen an allen vier Messtagen ein sehr ähnliches Bild, wobei die höchsten Schwebstoffkonzentrationen in der Mitte des Gewässers auftreten (Abbildung 18 bis Abbildung 21).

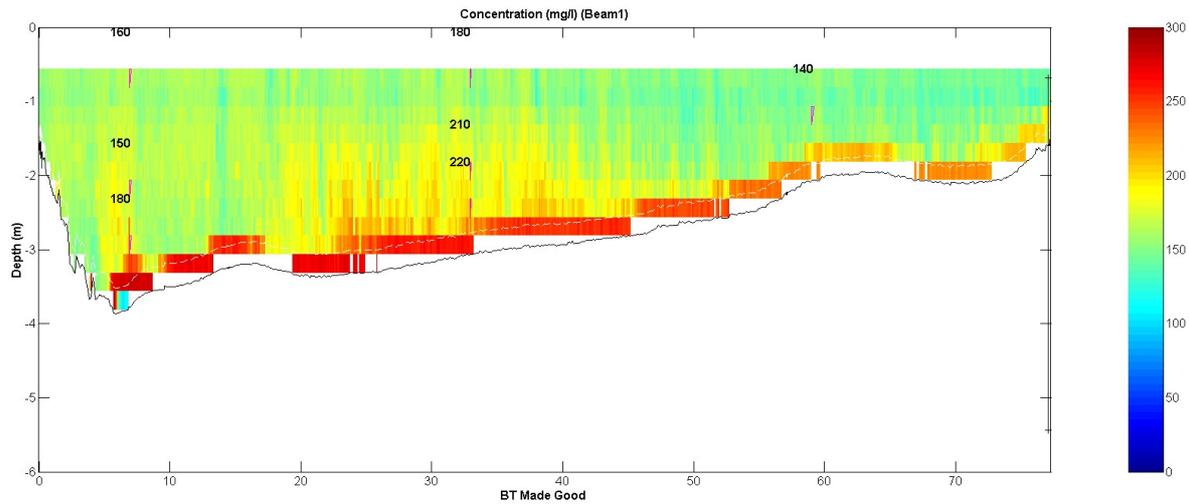


Abbildung 18: ADCP-Auswertung vom 08.04.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn

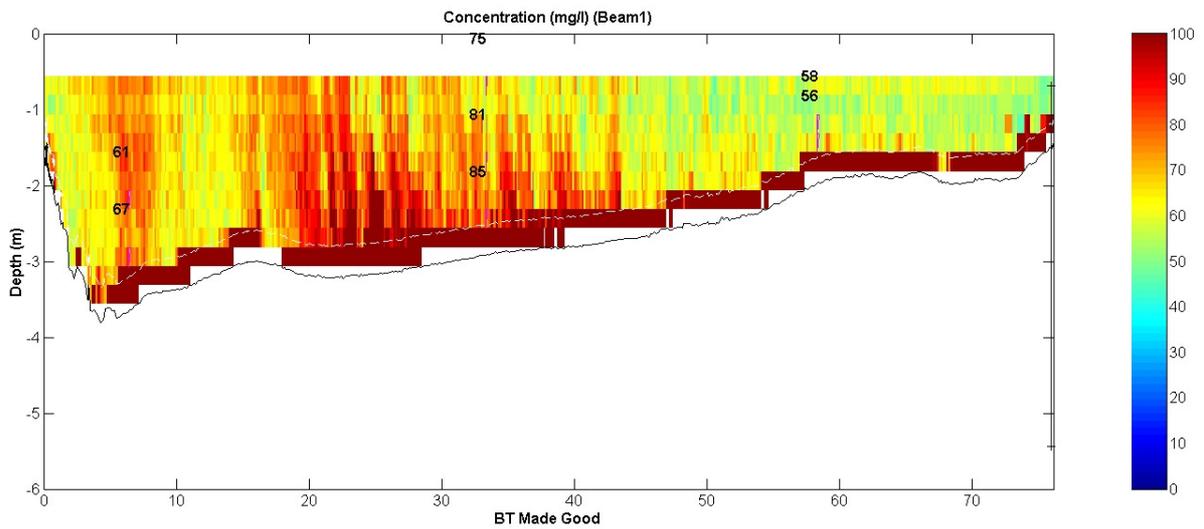


Abbildung 19: ADCP-Auswertung vom 14.04.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn

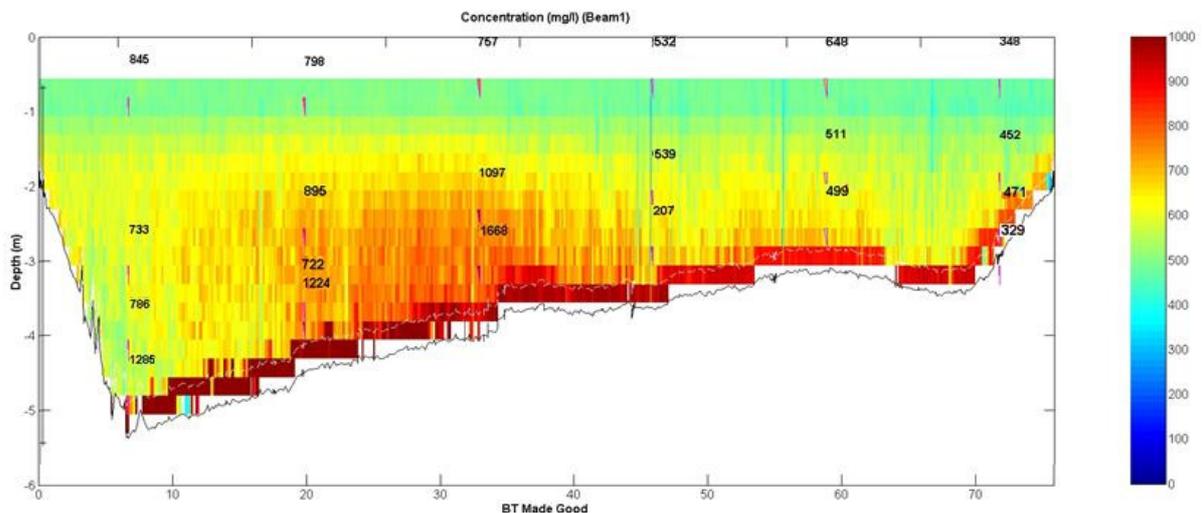


Abbildung 20: ADCP-Auswertung vom 16.06.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn

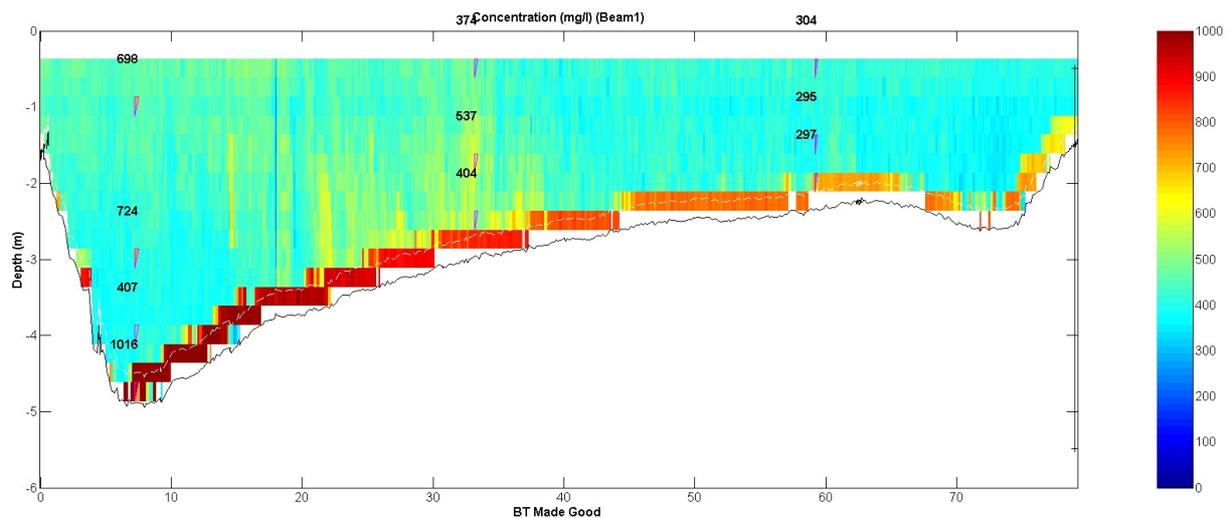


Abbildung 21: ADCP-Auswertung vom 22.06.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn

3.4.2 ADCP-Messung – Section-by-Section Methode

Von den im Jahr 2009 durchgeführten Section-by-Section-Messungen können nur zwei für die Berechnung der Schwebstoffkonzentration herangezogen werden. An der Messstelle Innsbruck/Sill wurde am 4.8.2009 ein Durchfluss von $65 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt und ein Schwebstofftransport im Querprofil von $25,34 \text{ kg/s}$ errechnet. Diese Messung wurde auch als Vielpunktentnahme ausgewertet und dabei ein Schwebstofftransport von $41,6 \text{ kg/s}$ berechnet. Das bedeutet eine Abweichung der ADCP-Messung von der Vielpunktentnahme von rund 40 %. Ein Vergleich der berechneten Mittelwerte der Schwebstoffkonzentrationen aus Vielpunktentnahme ($698,9 \text{ mg/l}$) und ADCP-Messung ($383,9 \text{ mg/l}$) mit dem arithmetischen Mittel aus der Schwebstoffproben ($654,5 \text{ mg/l}$) zeigt, dass das Ergebnis der Vielpunktentnahme richtig ist. Das zu niedrige Ergebnis der Section-by-Section-Messung lässt sich wahrscheinlich durch die schlechte Qualität der ADCP-Messung, die sehr viele Ausfälle bei einem Großteil der Stationierungen aufweist, erklären.

Am 16.6.2009 wurden an der Messstelle Rattenberg/Inn bei einem Durchfluss von $744,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ein Schwebstofftransport von $508,6 \text{ kg/s}$ und eine mittlere Schwebstoffkonzentration von 683 mg/l ermittelt. Auch diese Messung wurde zusätzlich als Vielpunktentnahme ausgewertet und ein Schwebstofftransport von $502,3 \text{ kg/s}$ berechnet. Das ergibt eine mittlere Schwebstoffkonzentration von 686 mg/l . Die geringe Abweichung der Ergebnisse von weniger als 2 % zeigt, dass Vielpunktentnahme und Section-by-Section-Messung durchaus vergleichbar sind, eine gute ADCP-Messung mit geringen Ausfällen ist dafür jedoch Voraussetzung.

In Abbildung 22 und Abbildung 23 sind die Schwebstoffkonzentration in den einzelnen Messlotrechten für die beiden Messungen dargestellt. Wie bei den Moving-Boat-Messungen zeigt sich auch hier, dass an der Messstelle Rattenberg/Inn die höchsten Schwebstoffkonzentrationen in der Mitte des Messprofils auftreten.

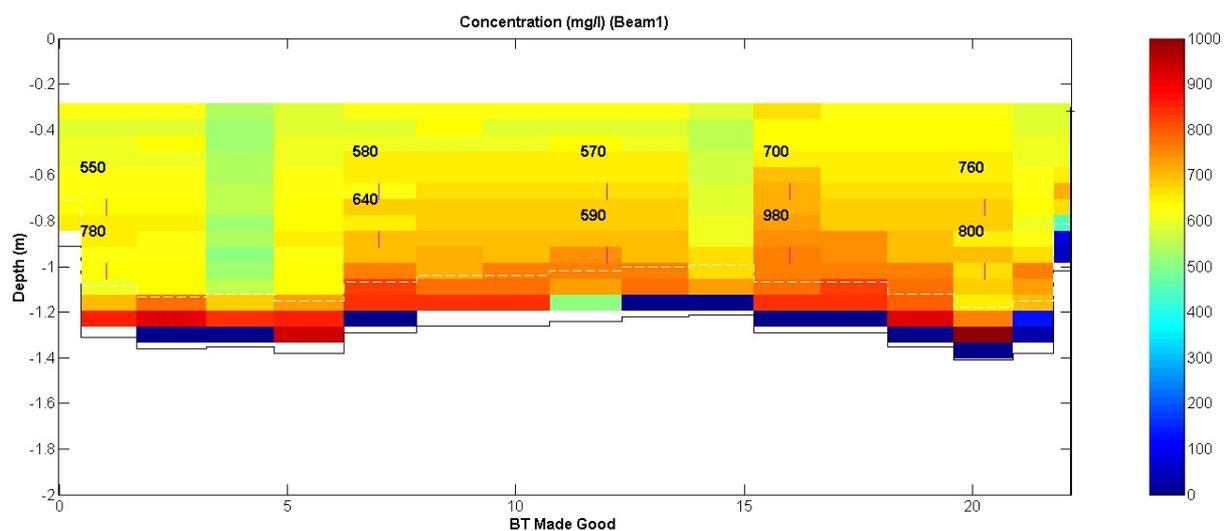


Abbildung 22: ADCP-Auswertung vom 04.08.2009 an der Messstelle Innsbruck/Sill

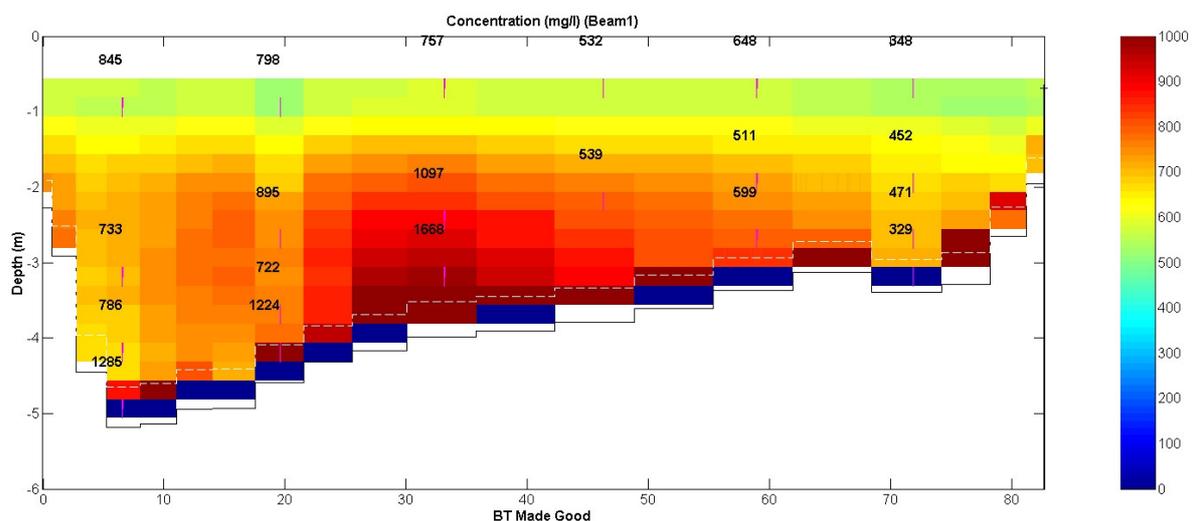


Abbildung 23: ADCP-Auswertung vom 16.06.2009 an der Messstelle Rattenberg/Inn

3.5 Ergebnisse Steiermark

3.5.1 Vergleich Vielpunktentnahme, Moving-Boat Messung und Section-by-Section Messung

In der Steiermark wurden an den Messstellen Gestüthof/Mur, Kapfenberg/Mürz, Leibnitz/Sulm, Mureck/Mur und Trautenfels/Enns Schwebstoffmessungen in Kombination mit ADCP-Messungen durchgeführt. Dabei wurde, wenn möglich, sowohl die Moving-Boat-Methode als auch die Section-by-Section-Methode angewendet. Die Schwebstoffprobenentnahmen wurden dabei in fünf Lotrechten zu je drei Tiefenstufen entnommen.

Abbildung 24 und Abbildung 25 zeigen einen Vergleich der mittels Moving-Boat-Messung und Section-by-Section-Messung ermittelten Schwebstoffverteilung an der Messstelle Leibnitz/Sulm für den 4. Mai 2009. In Abbildung 24 ist die Moving-Boat-Messung dargestellt, in der das Messprofil und auch die Schwebstoffverteilung in einer hohen Auflösung wiedergegeben wird. Aus Abbildung 25 sind die 10 Lotrechten der Section-by-Section-Messung zu erkennen. Die Schwebstoffkonzentration wird für jede Lotrechte gemittelt dargestellt. Die Breiten der Zellen ergeben sich dabei aus der Anzahl und Stationierung der Lotrechten.

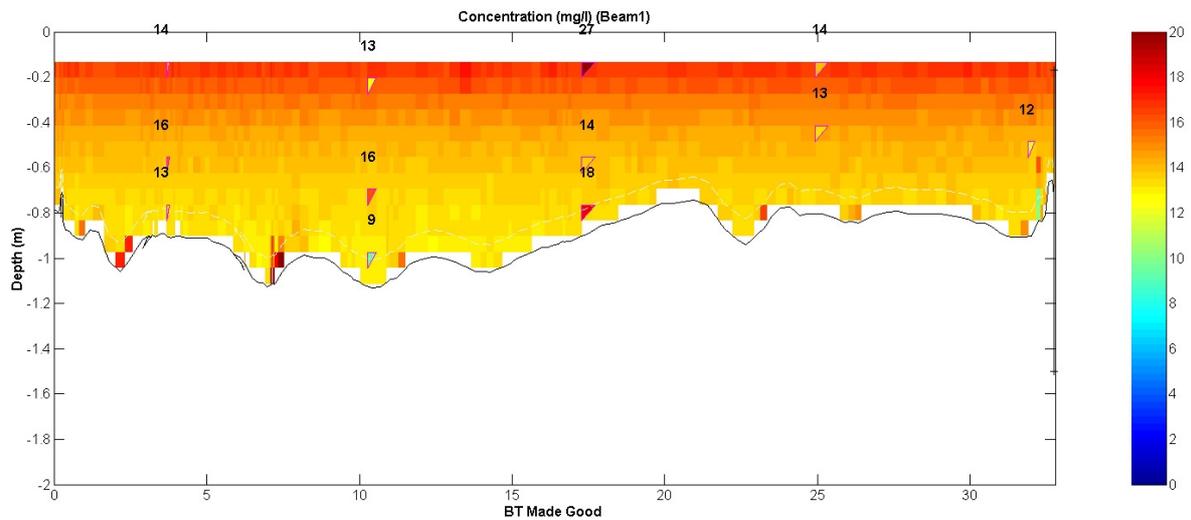


Abbildung 24: Auswertung einer Moving-Boat-Messung mittels ViSea PDT

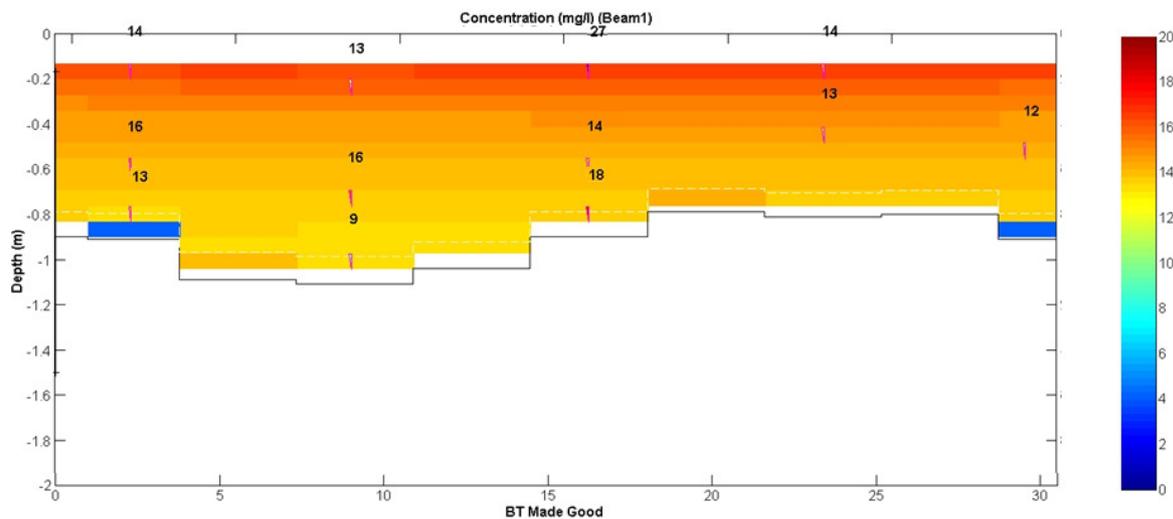


Abbildung 25: Auswertung einer Section-by-Section-Messung mittels ViSea PDT

In Tabelle 3 bis Tabelle 7 sind die Ergebnisse der ADCP-Messungen (Section-by-Section und Moving-Boat) den Ergebnissen aus der Vielpunktentnahme bzgl. Durchfluss, Schwebstofftransport und Schwebstoffkonzentration an allen fünf Messstellen gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, dass durch die Auswertung mittels Section-by-Section-Messung meistens die niedrigsten Ergebnisse bei den Durchflüssen und dem Schwebstofftransport ermittelt wird. Daraus werden auch die niedrigsten Schwebstoffkonzentrationen berechnet. Die Vielpunktentnahme liefert an diesen Messstellen meistens die höchsten Ergebnisse.

Tabelle 3: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Gestüthof/Mur

	Durchfluss	Schwebstofftransport	Schwebstoffkonzentration
	[m ³ /s]	[kg/s]	[mg/l]
Gestüthof/Mur 06.02.2009			
Section by Section	11,9	0,04	3,4
Moving Boat	14,7	0,07	4,8
Vielpunktentnahme	14,2	0,07	4,9
Gestüthof/Mur 16.03.2009			
Section by Section			
Moving Boat	15,7	0,06	3,8
Vielpunktentnahme	15,8	0,07	4,6
Gestüthof/Mur 30.04.2009			
Section by Section	98,0	2,73	27,9
Moving Boat	100,5	3,01	30,0
Vielpunktentnahme	103,0	3,25	31,6
Gestüthof/Mur 03.07.2009			
Section by Section	67,5	0,50	7,4
Moving Boat	67,0	0,51	7,6
Vielpunktentnahme	75,2	0,61	8,1
Gestüthof/Mur 09.09.2009			
Section by Section	48,7	0,27	5,5
Moving Boat	47,1	0,31	6,6
Vielpunktentnahme	48,8	0,35	7,1
Gestüthof/Mur 04.11.2009			
Section by Section	27,2	0,03	1,1
Moving Boat	27,1	0,03	1,1
Vielpunktentnahme	27,3	0,04	1,5

Tabelle 4: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Kapfenberg/Mürz

	Durchfluss	Schwebstoff-transport	Schwebstoff-konzentration
	[m ³ /s]	[kg/s]	[mg/l]
Kapfenberg/Mürz 06.02.2009			
Section by Section			
Moving Boat	11,8	0,04	3,4
Vielpunktentnahme	11,8	0,04	3,6
Kapfenberg/Mürz 16.03.2009			
Section by Section			
Moving Boat	26,9	0,48	17,8
Vielpunktentnahme	26,7	0,52	19,5
Kapfenberg/Mürz 30.04.2009			
Section by Section	58,3	0,86	14,8
Moving Boat	59,8	0,92	15,4
Vielpunktentnahme	62,8	0,93	14,9
Kapfenberg/Mürz 03.07.2009			
Section by Section	57,7	5,84	101,2
Moving Boat			
Vielpunktentnahme	58,2	6,82	117,2
Kapfenberg/Mürz 09.09.2009			
Section by Section	25,3	0,24	9,5
Moving Boat	27,6	0,28	10,1
Vielpunktentnahme	28,2	0,27	9,7
Kapfenberg/Mürz 04.11.2009			
Section by Section	20,3	0,08	3,9
Moving Boat	22,1	0,09	4,1
Vielpunktentnahme	22,5	0,10	4,4

Tabelle 5: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Leibnitz/Sulm

	Durchfluss	Schwebstoff-transport	Schwebstoff-konzentration
	[m ³ /s]	[kg/s]	[mg/l]
Leibnitz/Sulm 05.02.2009			
Section by Section	22,8	0,47	20,6
Moving Boat			
Vielpunktentnahme	22,7	0,59	26,1
Leibnitz/Sulm 13.03.2009			
Section by Section			
Moving Boat	15,1	0,12	7,9
Vielpunktentnahme	15,3	0,14	9,4
Leibnitz/Sulm 04.05.2009			
Section by Section	15,9	0,21	13,2
Moving Boat	15,1	0,21	13,9
Vielpunktentnahme	15,2	0,25	16,3
Leibnitz/Sulm 07.07.2009			
Section by Section	34,1	4,17	122,3
Moving Boat	35,0	4,44	126,9
Vielpunktentnahme	35,8	4,72	131,9
Leibnitz/Sulm 10.09.2009			
Section by Section	20,5	0,54	26,3
Moving Boat	19,9	0,51	25,6
Vielpunktentnahme	20,2	0,56	27,4
Leibnitz/Sulm 11.11.2009			
Section by Section	26,8	0,40	14,9
Moving Boat	24,6	0,38	15,4
Vielpunktentnahme	24,2	0,40	16,5

Tabelle 6: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Mureck/Mur

	Durchfluss	Schwebstoff-transport	Schwebstoff-konzentration
	[m ³ /s]	[kg/s]	[mg/l]
Mureck/Mur 05.02.2009			
Section by Section			
Moving Boat	98	2,53	25,8
Vielpunktentnahme			
Mureck/Mur 13.03.2009			
Section by Section			
Moving Boat	108,8	0,52	4,8
Vielpunktentnahme	107,9	0,61	5,7
Mureck/Mur 04.05.2009			
Section by Section	290,8	11,38	39,1
Moving Boat	290,1	11,16	38,5
Vielpunktentnahme	292,3	12,58	43,0
Mureck/Mur 07.07.2009			
Section by Section			
Moving Boat			
Vielpunktentnahme	319,4	21,6	67,6
Mureck/Mur 10.09.2009			
Section by Section	245,1	7,92	32,3
Moving Boat	244,2	8,56	35,1
Vielpunktentnahme	244,7	10,00	40,9
Mureck/Mur 11.11.2009			
Section by Section	161,8	3,23	20,0
Moving Boat	161,3	3,23	20,0
Vielpunktentnahme	163,8	3,74	22,8

Tabelle 7: Vergleich zwischen Vielpunktentnahme, Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung an der Messstelle Trautenfels/Enns

	Durchfluss	Schwebstoff-transport	Schwebstoff-konzentration
	[m ³ /s]	[kg/s]	[mg/l]
Trautenfels/Enns 27.02.2009			
Section by Section			
Moving Boat	7,9	0,04	5,1
Vielpunktentnahme	11,6	0,05	4,3
Trautenfels/Enns 29.04.2009			
Section by Section	116,1	2,13	18,3
Moving Boat	115,9	2,22	19,2
Vielpunktentnahme	117,4	2,42	20,6
Trautenfels/Enns 10.07.2009			
Section by Section	92,5	3,03	32,8
Moving Boat			
Vielpunktentnahme	94,8	3,24	34,2
Trautenfels/Enns 17.09.2009			
Section by Section	86,8	4,53	52,2
Moving Boat			
Vielpunktentnahme	89,7	5,49	61,2
Trautenfels/Enns 05.11.2009			
Section by Section	45,8	0,33	7,2
Moving Boat			
Vielpunktentnahme	45,2	0,35	7,7

3.5.2 Reduktion der Lotrechten

Schwebstoffmessstelle Mureck/Mur

Die Untersuchungen zur möglichen Reduktion der Lotrechten für die Probenentnahmen wurden an der Messstelle Mureck/Mur bereits in den Jahren 2007 und 2008 begonnen und durch die Messungen aus dem Jahr 2009 ergänzt. Dabei wurde in fünf Lotrechten gemessen (Abbildung 26), die jedoch zum Teil nicht mit der Stationierung aus dem Jahre 2007 übereinstimmt. Die Ergebnisse aus diesem Jahr wurden so weit möglich an diese Lotrechten angepasst und in den Ergebnissen berücksichtigt.

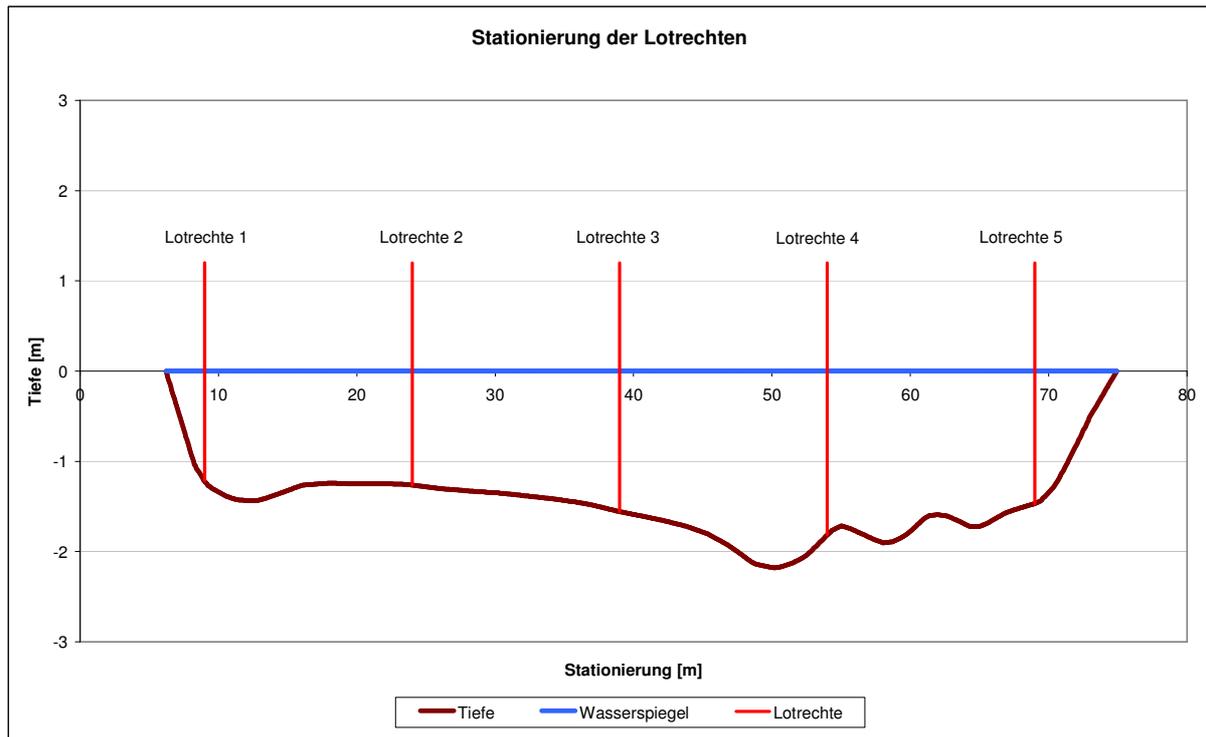


Abbildung 26: Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur

Durch die Messungen aus dem Jahr 2009 werden die Ergebnisse aus den Vorjahren bestätigt. Bei den Kombinationen von drei Lotrechten treten zwar maximale Abweichungen von über 25 % auf (Kombination mit Lotrechten 1, 2 und 4), jedoch gibt es auch eine Kombination (Lotrechte 1, 2 und 5) bei der keine Messung Abweichungen von über 10 % aufweist (Abbildung 27). Die Kombinationen 1,3 und 5 sowie 2,3 und 5 weichen zwar mindestens einmal um mehr als 10 % von der Vergleichsmessung ab, jedoch liegen die Messungen im Mittel sehr gut. Die Abweichungen unter Berücksichtigung von lediglich zwei Lotrechten nahmen im Vergleich zu den Vorjahren zu. Es gibt keine Kombination, die alle Werte innerhalb einer Abweichung von 10 % aufweist. Es treten maximale Abweichungen von 50 % auf und alle Kombinationen weisen mehrere Werte mit einer Abweichung von über 10 % auf (Abbildung 28).

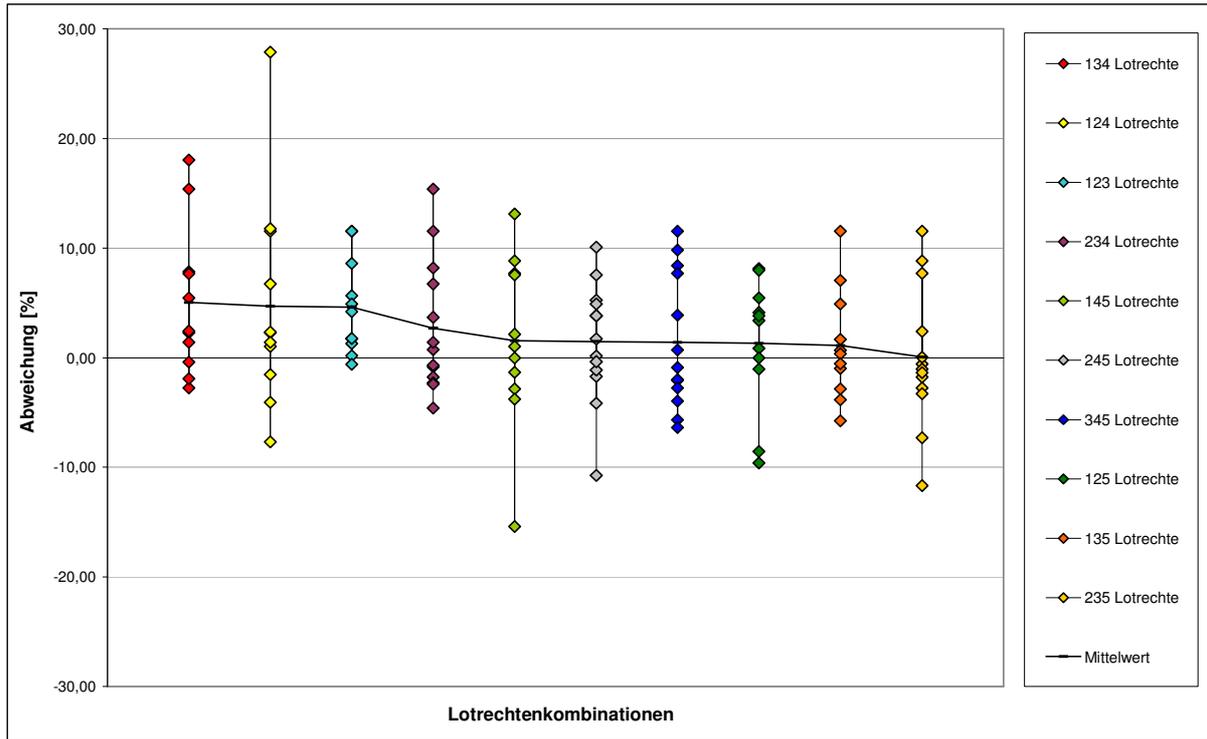


Abbildung 27: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur

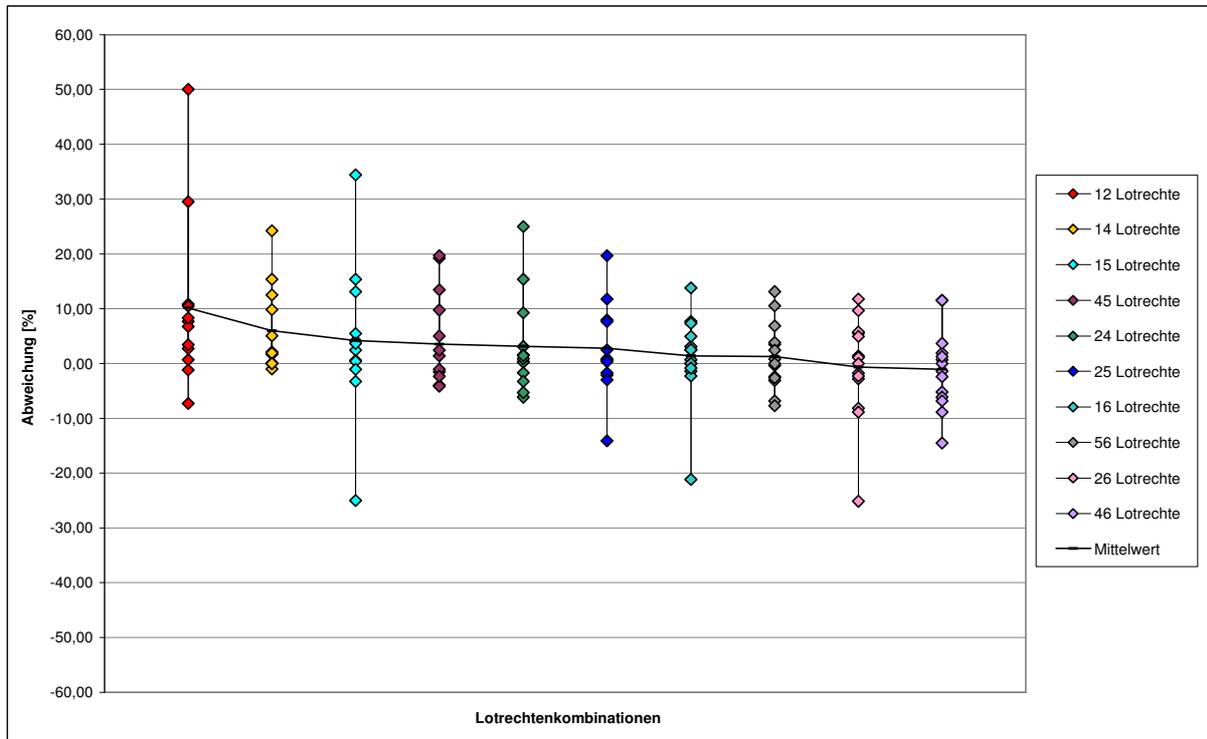


Abbildung 28: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur

Schwebstoffmessstelle Leibnitz/Sulm

Für die Untersuchungen zur möglichen Reduktion der Lotrechten wurden an der Messstelle Leibnitz/Sulm die fünf Messungen aus dem Jahr 2009 herangezogen. Bei den Messungen wurden die Proben in fünf Lotrechten zu drei Tiefenstufen entnommen. Die Stationierung der Lotrechten ist aus Abbildung 29 ersichtlich.

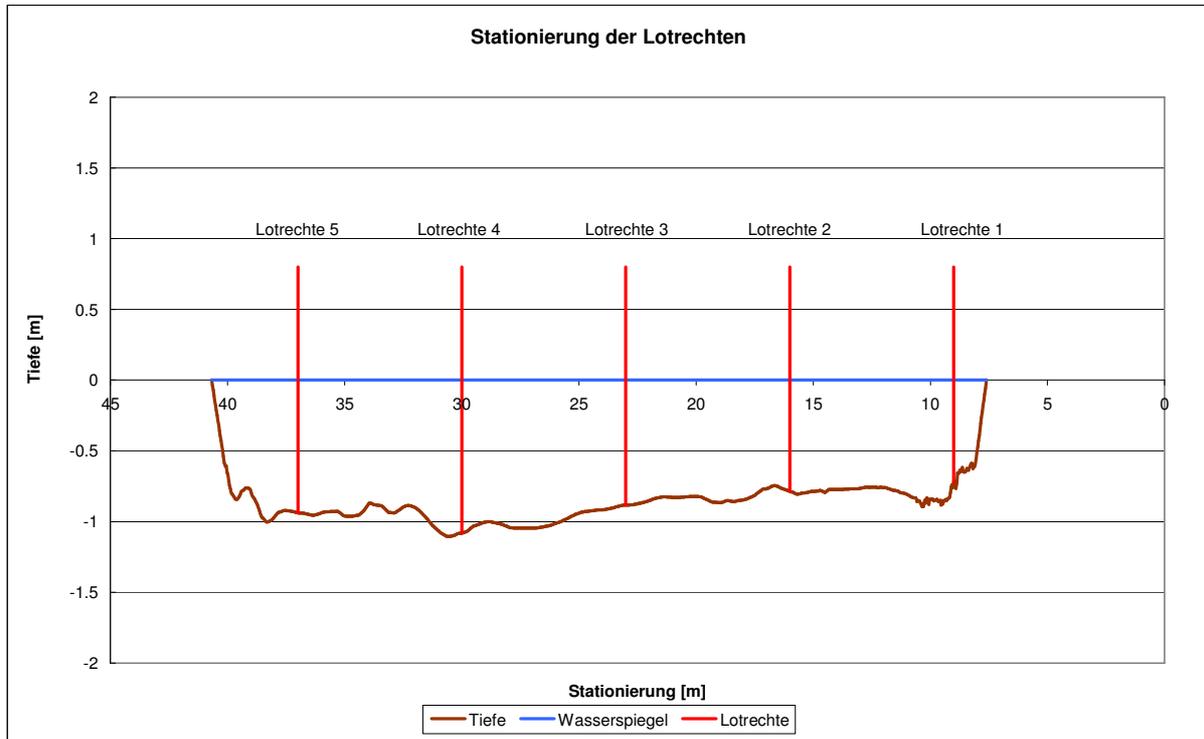


Abbildung 29: gewählte Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Leibnitz/Sulm

Abbildung 30 zeigt die möglichen Kombinationen von 3 Lotrechten. Die maximale Abweichung der Kombinationen zu jener mit allen eingegebenen Punkten beträgt über 15%, jedoch kommen mehrere Kombinationen von Lotrechten auf Abweichungen von maximal +/-10 %. Aus Sicht dieser Ergebnisse wäre die Kombination aus den Lotrechten 2, 3, und 5 zu empfehlen, da diese die geringsten Abweichungen von der Auswertung mit allen Punkten aufweist und auch der Mittelwert der Messungen nahe bei Null liegt. Allerdings ist der Probenumfang mit fünf Messungen zu gering, um eine gesicherte Aussage treffen zu können.

Eine weitere Reduktion der Lotrechten auf nur 2 Lotrechte ergibt bereits Abweichungen von über 20 % des Gesamtergebnisses (Abbildung 31). Zwar scheint es auch hier wieder Kombinationsmöglichkeiten zu geben (Lotrechten 2 und 5 sowie Lotrechten 1 und 2), die geeigneter sind als andere, jedoch ist der Probenumfang zu gering, um ausschließen zu können, dass auch hier größere Abweichungen auftreten können.

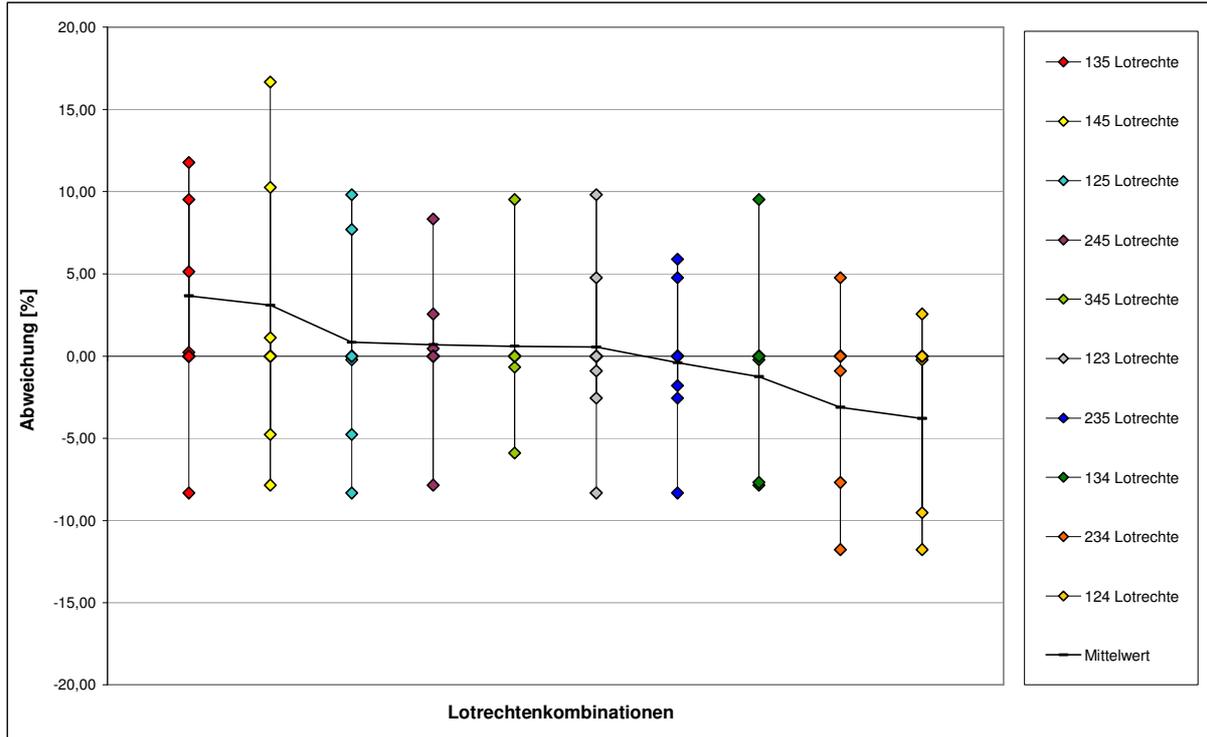


Abbildung 30: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Leibnitz/Sulm

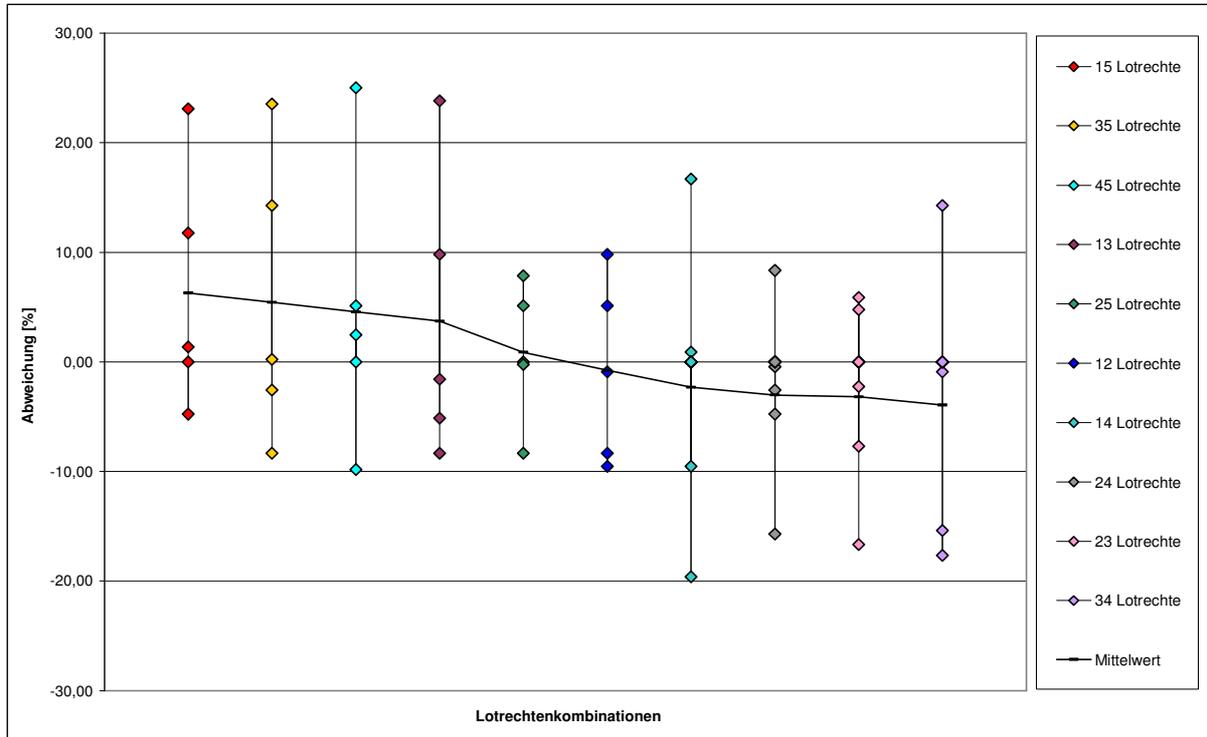


Abbildung 31: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Leibnitz/Sulm

4 ZUSAMMENFASSUNG

Die ADCP-Messungen wurden in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark, Tirol und Vorarlberg mit Erfolg eingesetzt.

Bei der Entnahme der Proben sollte darauf geachtet werden, dass diese nur in vom ADCP erfassten Bereichen gewonnen werden, da sonst keine Zuordnung zu Backscatterdaten möglich ist. Die Proben sollten die gesamte Spannweite der auftretenden Schwebstoffproben in einem Querschnitt umfassen. Eine grobe Abschätzung der Schwebstoffverteilung im Querprofil kann bereits im Feld über die Backscatter-Darstellung in WinRiver erfolgen. Diese spiegelt bereits die Verteilung der Schwebstoffkonzentration wider (vergleiche Abbildung 32 und Abbildung 33).

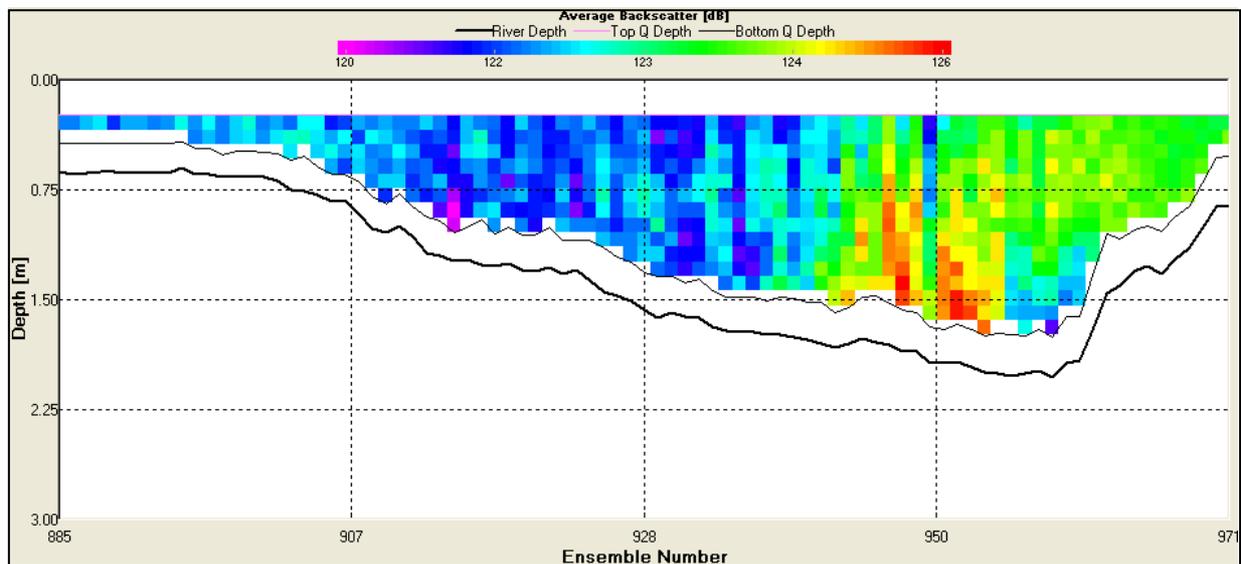


Abbildung 32: Darstellung der ADCP-Backscatter-Daten mit WinRiver II

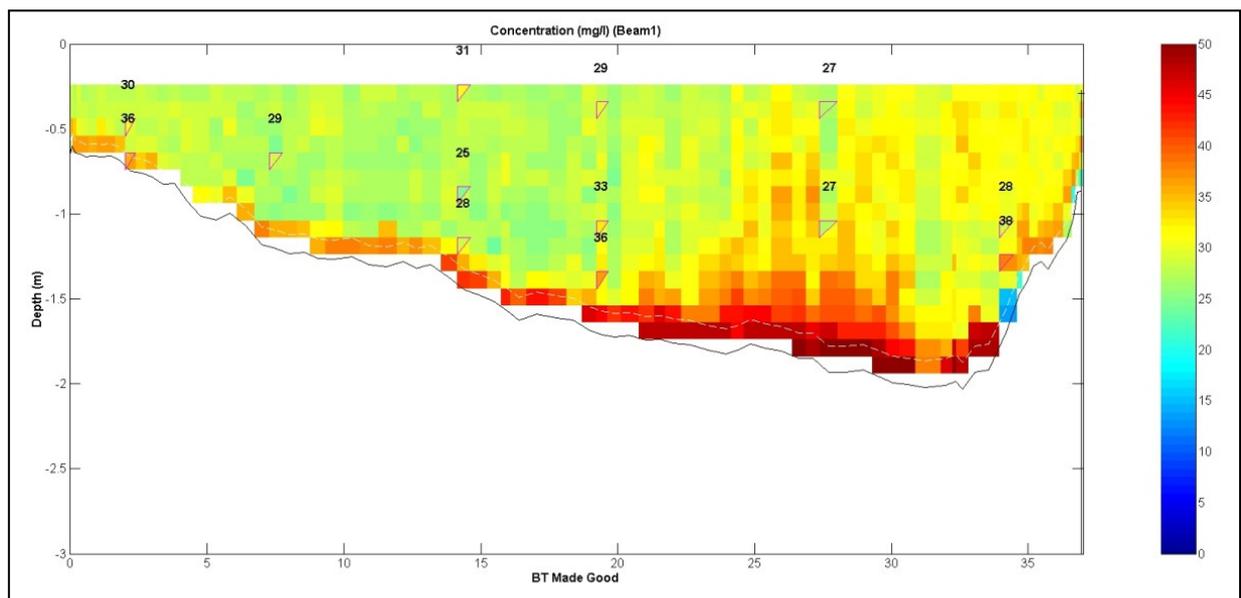


Abbildung 33: Darstellung der Schwebstoffkonzentration mittels ViSea PDT

Bei Hochwasser und bei Geschiebetrieb kann die Moving-Boat-Methode nicht angewendet werden, jedoch ist die Durchführung von Messungen mittels Section-by-Section-Methode unter diesen Bedingungen möglich. In der neuen Version ist nun nicht nur die Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in den gemessenen Lotrechten sondern auch die Berechnung des Schwebstofftransportes mit der Software ViSea PDT möglich. Die Messungen zeigen im Vergleich zu Vielpunktentnahme und Messungen mittels Moving-Boat-Methode vergleichbare, jedoch häufig geringere Ergebnisse.

Eine Reduktion der Lotrechten wurde an den Messstellen Leibnitz/Sulm und Mureck/Mur durchgeführt. Dabei konnten in Mureck/Mur die Ergebnisse aus den Vorjahren ergänzt und bestätigt werden. Es zeigt sich, dass die genauesten Ergebnisse dann erzielt werden, wenn die gesamte Bandbreite an Schwebstoffkonzentrationen abgedeckt wird. Bei asymmetrischen Profilen mit einer unregelmäßigen Durchmischung muss die Stationierung der Lotrechten besonders sorgfältig gewählt werden, um ein genaues Ergebnis zu erzielen. Für die Kalibrierung der ADCP-Daten ist eine Entnahme von etwa 10 Proben über das Querprofil verteilt ratsam. Bei einigen Messstellen scheint es möglich zu sein, nach Durchführung eines geeigneten Untersuchungsprogramms, die Probenanzahl weiter zu reduzieren. Dafür sollten mindestens fünf ADCP-Messungen bei unterschiedlichen Durchflüssen im Vergleich zu Vielpunktentnahmen sowie mit einer systematischen Reduktion der Proben ausgewertet werden. Ergeben diese Untersuchungen, dass mit einer reduzierten Anzahl an Proben vergleichbare Ergebnisse erzielt werden, kann mit dieser Probenanzahl gearbeitet werden. Auch danach sollte einmal im Jahr eine „volle“ Vielpunktentnahme als Überprüfung der Ergebnisse durchgeführt werden.

5 DANKSAGUNG

Die Bearbeiter bedanken sich für finanzielle Unterstützung durch die Hydrographischen Dienste Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark, Tirol und Vorarlberg. Für die tatkräftige Mithilfe bei der Messkampagne gebührt unser Dank den Herren Dipl.-Ing. C. Krammer und E. Albrecht (HD Niederösterreich), HR Dipl.-Ing. G. Lindner und Herrn Ing. C. Wakolbinger (HD Oberösterreich), Dipl.-Ing. Dr. R. Schatzl, Mag. D. Greiner und G. Hochl (HD Steiermark), Dr. W. Gattermayr, St. Giersig, D. Pfurtscheller und Ing. M. Neuner (HD Tirol) sowie DI C. Mathis (HD Vorarlberg).

6 LITERATURVERZEICHNIS

Aardom J. H., Mol J.-W. (2005): Quantification of sediment concentration and fluxes from ADCP measurements, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 12.2005, Akustische Doppler Geräte (ADCPs) in der Hydrometrie: Möglichkeiten und Perspektiven einer innovativen Technik, Beiträge zum Seminar am 28./29. September 2005 in Koblenz

BMFLUW (2008): Schwebstoffe im Fließgewässer – Leitfaden zur Erfassung des Schwebstofftransportes; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

Deines K.L. (1999): Backscatter Estimation Using Broad Band Acoustic Doppler Current Profilers, Oceans 99 MTS, IEEE conference Proceedings, 13. – 16. September 1999, San Diego, California

Habersack H., Haimann M (2008): Schwebstoffmessungen mittels ADCP, Bericht, Universität für Bodenkultur, Wien

Habersack H., Haimann M (2009): Schwebstoffmessungen mittels ADCP, Bericht, Universität für Bodenkultur, Wien