



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

# Schwebstoffmessungen mittels ADCP

## 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 Juni 2008

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>  EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>  METHODIK</b>	<b>6</b>
2.1	Vielpunktentnahme	6
2.2	ADCP-Messung plus Probenentnahmen	7
2.2.1	Messprinzip ADCP	7
2.2.2	ADCP-Geräte	8
2.2.3	Bestimmung der Schwebstoffkonzentration mit der Software ViSEA Plume Detection Toolbox	10
<b>3</b>	<b>  ERGEBNISSE</b>	<b>12</b>
3.1	Einsatzbereiche der ADCP-Messgeräte	12
3.2	Vergleich Vielpunktentnahme mit ADCP-Messung	19
3.3	Reduktion der Lotrechten	20
3.3.1	Schwebstoffmessstelle Mureck/Mur	21
3.3.2	Schwebstoffmessstelle Admont/Enns	24
3.3.3	Schwebstoffmessstelle Dellach/Drau	26
3.4	Eignung der Plume Detection Toolbox	28
<b>4</b>	<b>  ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>  DANKSAGUNG</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>  LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>31</b>

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1: Darstellung einer Vielpunktentnahme in vier Tiefenstufen	6
Abbildung 2: Einfluss der Seitenstrahlen auf den messbaren Bereich (Simpson, 2001)	8
Abbildung 3: Bei ADCP-Durchflussmessung nicht erfasste Bereiche (verändert nach Simpson, 2001)	8
Abbildung 4: links: Geräteträger „Trimaran“ des ADCP-Gerätes „Workhorse Rio Grande ZedHed“; rechts: ADCP-Gerät „Stream Pro“ der Firma RD Instruments	9
Abbildung 5: Auswertung einer ADCP-Messung mittels Plume Detection Toolbox an der Messstelle Admont/Enns; Markierungen AD1 – AD20 geben die Entnahmepunkte und die Konzentrationen der Schwebstoffproben wieder	11
Abbildung 6: Messfahrt mittels Workhorse Rio Grande vom 4.7.2007 an der Messstelle Leibnitz/Sulm	14
Abbildung 7: Messfahrt mittels StreamPro vom 4.7.2007 an der Messstelle Leibnitz/Sulm	15
Abbildung 8: Gegenüberstellung von Messtiefe und Schwebstoffgehalt der im Sommer 2007 mittels StreamPro durchgeführten Messungen	17
Abbildung 9: Gegenüberstellung von Schwebstoffkonzentration und maximale Messtiefe an den Messstellen Kössen-Hütte/Großbache, Innsbruck/Inn und Oberaudorf/Inn	18
Abbildung 10: Vergleich der Korngrößenanalyse von Innsbruck/Inn, Oberaudorf/Inn und Kössen-Hütte/Großbache	19
Abbildung 11: Abweichung der Ergebnisse bei Reduktion der Anzahl der Lotrechten	21
Abbildung 12: Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur	22
Abbildung 13: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur	23
Abbildung 14: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur	23
Abbildung 15: gewählte Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns	24
Abbildung 16: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns	25
Abbildung 17: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns	25
Abbildung 18: Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau	26
Abbildung 19: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau	27
Abbildung 20: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau	27

## **TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1: Vergleich der im Jahr 2007 mittels Workhorse Rio Grande durchgeführten Messungen	13
Tabelle 2: Vergleich der im Jahr 2007 mittels StreamPro durchgeführten Messungen	16
Tabelle 3: Vergleich der Ergebnisse aus den Jahren 2006 und 2007 von ADCP-Messungen und Vielpunktentnahmen (VPE), prozentuelle und absolute Abweichung der ADCP-Messung von der Vielpunktentnahme und mittlere Schwebstoffkonzentration ( $s_m$ ) während der Messung	20

## 1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Die Messungen der vorangegangenen Jahre haben gezeigt, dass sich Vielpunktentnahmen zur Bestimmung der Verteilung der Schwebstoffkonzentrationen sehr gut eignen, jedoch einen großen zeitlichen Aufwand während der Messung und bei der Auswertung im Labor darstellen. Durch Verwendung von ADCP<sup>1</sup>-Messgeräten zur Bestimmung der Schwebstoffverteilung im Querprofil könnte die Anzahl der zu messender Lotrechten und somit der Arbeitsaufwand reduziert werden. Erste Untersuchungen (Kerschbaumsteiner, 2007; Haimann 2007) haben gezeigt, dass diese Methode durchaus brauchbare Ergebnisse liefert. Um diese Erkenntnisse durch zusätzliche Messungen zu bestätigen und die Einsatzbereiche unterschiedlicher ADCP-Messgeräte zur Bestimmung der Schwebstoffverteilung und des Schwebstofftransports abzugrenzen, wurde in den Bundesländern Kärnten, Oberösterreich, Steiermark und Tirol ein Messprogramm durchgeführt. Die erhaltenen Ergebnisse werden mit jenen aus den Vielpunktentnahmen verglichen, um eine Empfehlung hinsichtlich der Anwendbarkeit von ADCP-Geräten zur Schwebstoffbestimmung geben zu können.

Die während der Messungen gewonnenen Erfahrungen sollen für die Erstellung eines Leitfadens zur Schwebstoffmessung verfügbar gemacht werden.

Dabei werden folgende Teilziele verfolgt:

- Abgrenzung der Einsatzbereiche unterschiedlicher ADCP-Geräte
- Ermittlung der Repräsentativität von ADCP-Messungen im Vergleich zu Vielpunktentnahmen
- Einschätzung der Eignung der Software Plume Detection Toolbox der Firma Aquavision

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der im Jahr 2007 von den Hydrographischen Diensten der sich am Messprogramm beteiligenden Länder in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau (IWHW) durchgeführten Messungen zusammen.

---

<sup>1</sup> „ADCP“ (Acoustic Doppler Current Profiler) ist ein eingetragenes Warenzeichen von RD Instruments Inc.. Da es sich als allgemeine Bezeichnung von akustischen Doppler Geräten zur Strömungs- und Durchflussmessung durchgesetzt hat, wird es im Folgenden in diesem Sinne verwendet.

## 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, in prep.).

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 getestet werden. Die so erhaltene mittlere Schwebstoffkonzentration im Querprofil wird mit dem Durchfluss multipliziert, um den Schwebstofftransport zu berechnen.

Da im Jahr 2007 die Untersuchung der Repräsentativität der ADCP-Messung zusammen mit Probenentnahmen im Vergleich zur Vielpunktentnahme von Interesse war, werden diese Methoden im Folgenden genauer erläutert.

### 2.1 Vielpunktentnahme

Zur Durchführung der Vielpunktentnahme wird der Fließgewässerquerschnitt in mehrere Abschnitte unterteilt. In deren Mitte werden Lotrechten eingerichtet an denen in verschiedenen Tiefen Schwebstoffprobenentnahmen erfolgen. Die Anzahl der Lotrechten und der Anzahl der Messpunkte pro Lotrechte hängt von der Breite und der Tiefe des Gewässers ab (DVWK, 1986). Im Allgemeinen sind fünf bis zehn Lotrechte ausreichend, um die horizontale Verteilung der Schwebstoffe zu bestimmen (Edwards und Glysson, 1999). In Abbildung 1 ist eine Vielpunktentnahme in vier Tiefenstufen dargestellt.

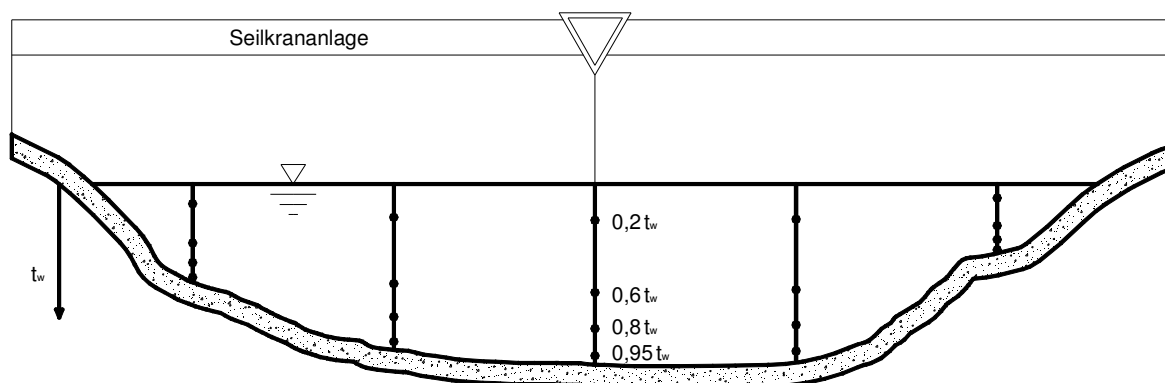


Abbildung 1: Darstellung einer Vielpunktentnahme in vier Tiefenstufen

Die Entnahme der Proben erfolgt mit einem US – P61 Suspended Sediment Sampler, da sich dieses Schwebstoffentnahmegesetz in den vorangegangenen Jahren für Vielpunktentnahmen bewährt hat. Der Sammler wurde sowohl zur Entnahme einzelner Proben in unterschiedlichen Tiefen als auch zur Entnahme tiefenintegrierter Proben entwickelt und kann daher zur Durchführung von Vielpunkt- und Integrationsentnahmen herangezogen werden. Durch die isokinetische Entnahme ist sichergestellt, dass die Schwebstoffkonzentration der gewonnenen Probe jener des Gewässers entspricht.

Laut DVWK (1986) gilt die Vielpunktentnahme als die genaueste Entnahmemethode zur Bestimmung des Schwebstofftransportes, jedoch wirkt sich der große Zeitaufwand besonders bei instationären Verhältnissen negativ auf das Ergebnis der Messung aus.

Durch die Bestimmung der lokalen Geschwindigkeiten in den jeweiligen Entnahmepunkten wird die Berechnung des Schwebstofftransportes ( $Q_s$ ) und der geschwindigkeitsgewichteten mittleren Schwebstoffkonzentration ( $s_m$ ) im Querprofil ermöglicht. Die Bestimmung der Fließgeschwindigkeiten sollte möglichst gleichzeitig mit der Probenentnahme erfolgen. Da dies jedoch in der Praxis mit diesem US-P61 nur schwer möglich ist, erfolgen die Messungen meist nacheinander.

## **2.2 ADCP-Messung plus Probenentnahmen**

### **2.2.1 Messprinzip ADCP**

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.

Die Durchflussmessungen wurden in den Jahren 2006 und 2007 mit der moving-boat-Methode durchgeführt, dabei wird der Sensor an einem Geräteträger (Katamaran oder Trimaran) über den Gewässerquerschnitt gezogen. 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. Dabei wird die Bootsgeschwindigkeit, ebenso wie die Fließgeschwindigkeit nach dem Dopplerprinzip ermittelt während sich die Wassertiefe aus der Laufzeit des Schalls vom Wandler zur Sohle und zurück berechnet wird.

Aus gerätetechnischen Gründen ist das ADCP nicht in der Lage, den gesamten Querschnitt zu erfassen. Durch die Zeit, die der Wandler zum Abklingen der Eigenschwingungen benötigt um von Senden auf Empfangen umschalten zu können, entsteht ein blanking, dessen Bereich abhängig von der Frequenz und den Einstellungen am ADCP sind. Der untere Randbereich umfasst in etwa 6% der Wassertiefe und entsteht durch Reflektion der Nebenkeulen (*side lobes*) von der Gewässersohle, die den Hauptstrahl (*main beam*) des ADCPs beeinträchtigen (Abbildung 2).

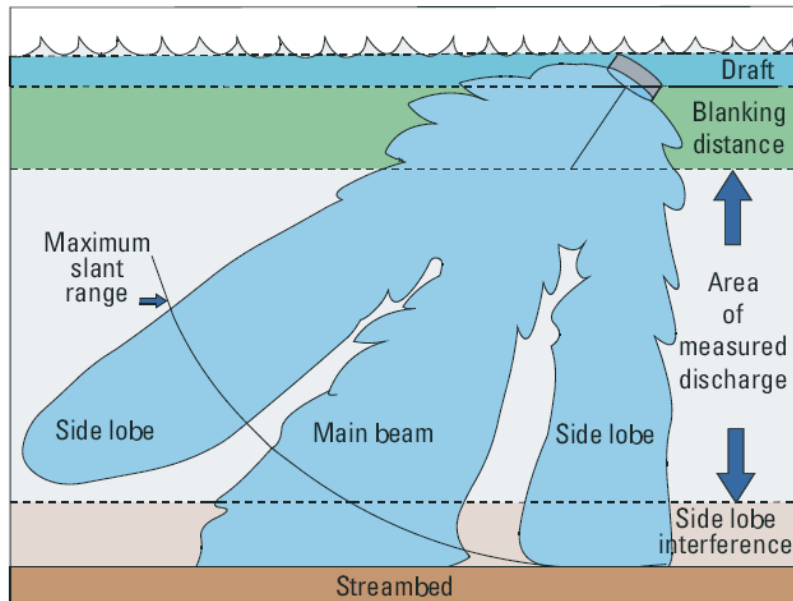


Abbildung 2: Einfluss der Seitenstrahlen auf den messbaren Bereich (Simpson, 2001)

Auch die Uferbereiche können nicht erfasst werden. Um auch für diese Bereiche Durchflussanteile zu erhalten, werden die Messwerte des Kerngebiets extrapoliert. Jene Bereiche, die von den ADCP Geräten nicht erfasst werden, sind in Abbildung 3 dargestellt.

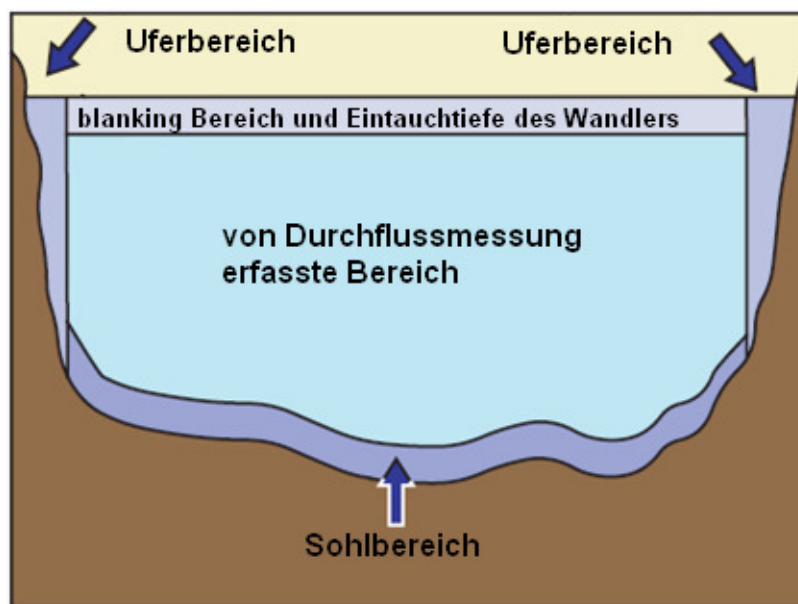


Abbildung 3: Bei ADCP-Durchflussmessung nicht erfasste Bereiche (verändert nach Simpson, 2001)

### 2.2.2 ADCP-Geräte

Für die Durchführung der Messungen standen zwei Workhorse Rio Grande (HD Oberösterreich und HD Steiermark) sowie zwei StreamPro (HD Steiermark und IWHW) der Firma RD Instruments zur Verfügung. Im Folgenden werden die beiden Gerätetypen näher



erläutert. Die im Folgenden angegebenen Werte entsprechen den Herstellerangaben (It Fa. Seba). Die aus den Messungen ermittelten Grenzwerte werden in Kapitel 3 wiedergegeben.

- **Rio Grande**

Das Workhorse Rio Grande ADCP der Firma RD Instruments wird vorwiegend fest in einem Boot installiert oder mit einem Schwimmkörper (Trimaran) verwendet (Abbildung 4). Dieses Messsystem kann ab einer Wassertiefe von 75 cm eingesetzt werden. Durch die Auswahlmöglichkeit unterschiedlicher Modi kann das Gerät an die Gewässerbedingungen angepasst und somit sowohl bei Hoch- als auch bei Niederwasser eingesetzt werden. Bei Verwendung eines Trimarans als Geräteträger ist die Anwendbarkeit bei einem Geschwindigkeitsbereich von 5 m/s begrenzt. Die Messgenauigkeit beträgt  $\pm 0,25\%$  der Geschwindigkeit (Wasser und Boot) oder  $\pm 0,25$  cm/s.

Nachteilig wirkt sich bei diesem System die große Zeitspanne aus, die der Sensor zum Abklingen der Eigenschwingungen benötigt, um zwischen Senden und Empfangen umzuschalten. Gemeinsam mit der Eintauchtiefe des Wandlers resultiert dies in einem oberen Blankingbereich von rund 35 cm.



Abbildung 4: links: Geräteträger „Trimaran“ des ADCP-Gerätes „Workhorse Rio Grande ZedHed“; rechts: ADCP-Gerät „Stream Pro“ der Firma RD Instruments

- **StreamPro**

Das StreamPro ADCP der Firma RD Instruments (Abbildung 4) arbeitet nach dem Prinzip der Breitband-Doppler Technologie. In der Standardausstattung ist das Gerät vor allem für seichte Gewässer, bei Tiefen von 0,3 m bis 2 m und Fließgeschwindigkeiten bis zu 3 m/s geeignet. Die Messgenauigkeit wird mit  $\pm 1,0\%$  oder  $\pm 0,2$  cm/s angegeben. Die Lieferung des Sensors erfolgt in Kombination mit einem Katameran, der von Brücken oder Seilkrananlagen aus eingesetzt werden kann. Mittels Bluetooth werden die Daten auf einen Pocket PC übertragen.

Optional wird ein größeres Messboot angeboten, das stabiler im Wasser liegt und daher bei Fließgeschwindigkeiten bis zu 5 m/s eingesetzt werden kann. Ebenso ist eine Softwareerweiterung erhältlich, die eine Vergrößerung der Messtiefe auf bis zu 4 m ermöglicht.

### 2.2.3 Bestimmung der Schwebstoffkonzentration mit der Software ViSEA Plume Detection Toolbox

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 1):

$$S_v = C + 10 \log_{10} \left[ \frac{T_T R^2}{L P_T} \right] + 2\alpha R + K_c (E - E_r) \quad (1)$$

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]
$\alpha$	Abschwächungskoeffizient [dB/m]; Summe aus Schalladsorption im Wasser $\alpha_w$ und die Abschwächung durch die Partikel $\alpha_s$
$K_c$	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 (Abbildung 5). Die nicht gemessenen Bereiche (siehe Kapitel 2.2.1) an der Gewässeroberfläche und in Sohlhöhe werden durch Extrapolation ermittelt und ebenfalls zum Gesamttransport addiert. Die Uferbereiche können derzeit jedoch noch nicht mit einberechnet werden.

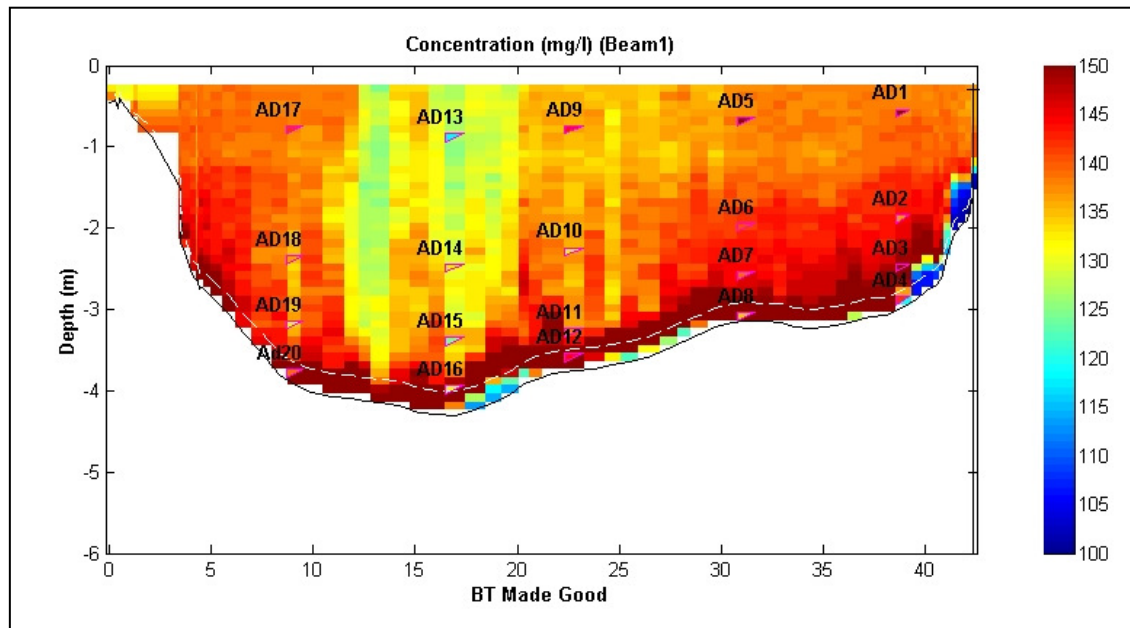


Abbildung 5: Auswertung einer ADCP-Messung mittels Plume Detection Toolbox an der Messstelle Admont/Enns; Markierungen AD1 – AD20 geben die Entnahmepunkte und die Konzentrationen der Schwebstoffproben wieder

### **3 ERGEBNISSE**

#### **3.1 Einsatzbereiche der ADCP-Messgeräte**

Um die Einsatzbereiche der beiden zur Verfügung stehenden ADCP-Messgeräte auszutesten wurden an Messstellen in Kärnten, Oberösterreich der Steiermark und Tirol ADCP-Messungen bei unterschiedlichen Durchflussbedingungen durchgeführt.

Eine Übersicht über die mittels Workhorse Rio Grande durchgeführten Messungen und die Verhältnisse während der Messung sind in Tabelle 1 dargestellt. Wenn Messungen nicht möglich waren sind jene Parameter, die vermutlich die Durchführung der Messung verhinderten, farbig hervorgehoben.

Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen, dass die Durchführung der Messungen vor allem bei hohen Fließgeschwindigkeiten und hohen Turbulenzen problematisch bzw. nicht möglich war, da der Sensor zu oft aus dem Wasser tauchte und dadurch unbrauchbare Werte lieferte, wie es bei den Messstellen Landeck/Sanna, Tumpen/Öztaler Ache und Vent/Rofenache der Fall war.

Tabelle 1: Vergleich der im Jahr 2007 mittels Workhorse Rio Grande durchgeführten Messungen

Messstelle	Datum	Breite [m]	Tiefe mittel [m]	v max [m/s]	Konzentration [mg/l]	Turbulenz	Messung
<b>Tirol</b>							
Brixlegg / Inn	19.07.2007	85,8	2,81	2,7		mittel	möglich
Innsbruck / Inn	19.07.2007	77,4	2,08	3,1	950,0	mittel-hoch	möglich
Landeck / Sanna	18.07.2007		ca 1,00	3,6	830,0	hoch	nicht möglich
Tumpen / Öztaler Ache	18.07.2007			3,4	980,0	sehr hoch	nicht möglich
Vent / Rofenache	18.07.2007		0,90	4,8	2220,0	sehr hoch	nicht möglich
<b>Steiermark</b>							
Admont /Enns	01.02.2007	35,7	1,11	1,4	5,0	mittel	möglich
Admont /Enns	18.04.2007	38,7	1,58	2,3	5,0	mittel	möglich
Admont /Enns	05.07.2007	41,1	1,96	2,9	50,0	mittel	möglich
Admont /Enns	12.09.2007	45,0	3,20	3,7	140,0	mittel-hoch	möglich
Leibnitz / Sulm	25.01.2007	32,8	0,79	0,8	20,0	gering	möglich
Leibnitz / Sulm	12.04.2007	32,0	0,82	0,7	10,0	gering	möglich
Leibnitz / Sulm	04.07.2007	30,2	0,67	0,5	10,0	gering	möglich
Leibnitz / Sulm	11.09.2007	32,1	0,79	0,8	10,0	gering	möglich
Mureck / Mur	25.01.2007	68,0	1,39	2,1	10,0	mittel	möglich
Mureck / Mur	12.04.2007	69,6	1,45	2,6	10,0	mittel	möglich
Mureck / Mur	04.07.2007	69,0	2,18	2,2	20,0	mittel	möglich
Mureck / Mur	11.09.2007	72,3	2,10	2,9	90,0	mittel	möglich
<b>Oberösterreich</b>							
Steyr Ortskai / Enns	03.09.2007	74,5	1,50	2,7	10,0	mittel	möglich

Messungen mit dem Workhorse Rio Grande bei Wassertiefen zwischen 0,6 bis 0,8 m sind zwar noch möglich, allerdings wird in diesem Bereich weniger als 50 % der Lotrechten gemessen und der Rest nach oben (blanking Bereich) und unten extrapoliert. Bei Profilen bzw. Wasserständen, die über den Großteil der Breite diese Tiefen aufweisen, sollte das Ergebnis zumindest hinterfragt werden.

Ein Vergleich der Ergebnisse der mit den beiden ADCP-Messgeräte an der Pegelstelle Leibnitz/Sulm vom 4.7.2007 bei gleichem Wasserstand durchgeführten Messungen ergab eine Differenz der ermittelten Durchflüsse von 0,5 m<sup>3</sup>/s. Bei einem Durchfluss von 4,33 m<sup>3</sup>/s (Rio Grande) bzw. 4,88 m<sup>3</sup>/s (StreamPro) ergibt das eine Unterschätzung durch den Rio Grande von über 10%. Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen je eine Messfahrt mittels Stream Pro und Workhorse Rio Grande. Daraus ist gut zu erkennen, dass beim StreamPro ein viel größerer Bereich, nämlich 62% des Querschnittes, im Vergleich zum Rio Grande (40%) des Querschnittes durch die Messung erfasst wurde.

Vm(proj.) mit Darstellung der projizierten Fließgeschwindigkeiten im Querschnitt

Meßstelle	: Leibnitz	W	= 153 cm	h,m	= 0,67 m
Gewässer	: Sulm	Q	= 4,43 m <sup>3</sup> /s	h,max	= 0,84 m
Fluß-km	: 1,000	A	= 20,74 m <sup>2</sup>	r,hy	= 0,66 m
Datum der Messung	: 04.07.2007	b	= 30,73 m	P	= 17,48 m <sup>2</sup> /s
Uhrzeit	: 09:18:14	Vm	= 0,21 m/s	C*Wurzel(I)	= 0,25 m <sup>1/2</sup> /s

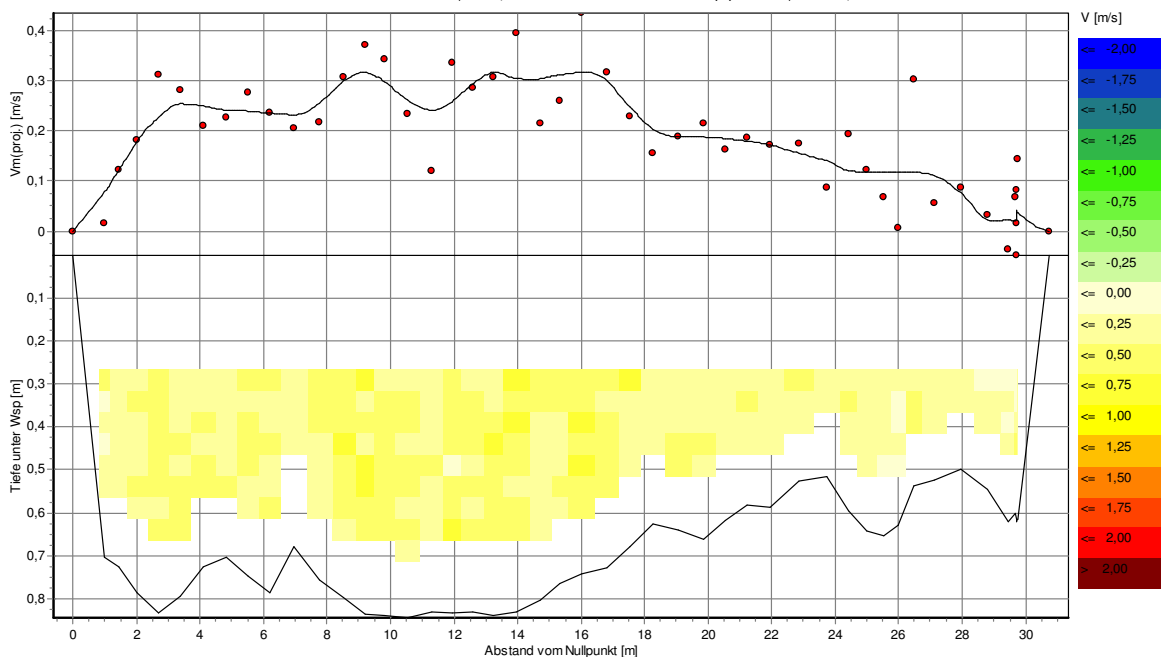


Abbildung 6: Messfahrt mittels Workhorse Rio Grande vom 4.7.2007 an der Messstelle Leibnitz/Sulm

Vm(proj.) mit Darstellung der projizierten Fließgeschwindigkeiten im Querschnitt

Meßstelle	: Leibnitz	W	= 153 cm	h, m	= 0,69 m
Gewässer	: Sulm	Q	= 4,92 m <sup>3</sup> /s	h, max	= 0,87 m
Fluß-km	: 1,000	A	= 21,30 m <sup>2</sup>	r, hy	= 0,67 m
Datum der Messung	: 04.07.2007	b	= 31,06 m	P	= 17,95 m <sup>2</sup> /s
Uhrzeit	: 09:35:46	Vm	= 0,23 m/s	C*Wurzel(I)	= 0,27 m <sup>1/2</sup> /s

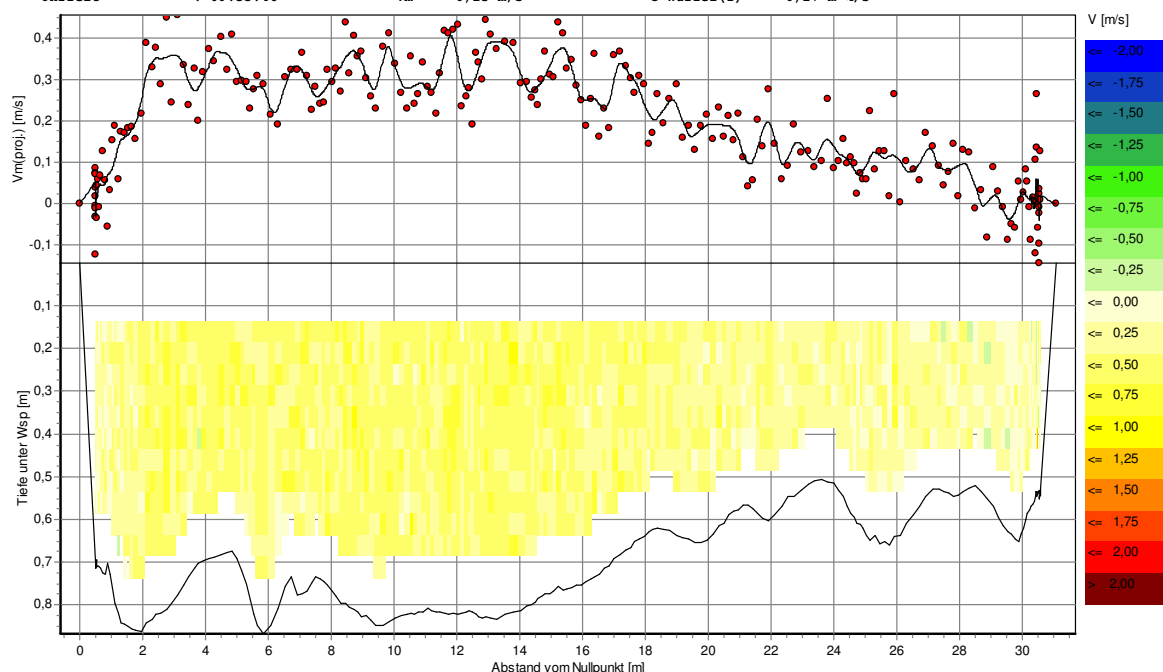


Abbildung 7: Messfahrt mittels StreamPro vom 4.7.2007 an der Messstelle Leibnitz/Sulm

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die im Jahr 2007 mittels StreamPro durchgeführten Messungen. Auch hier sind jene Parameter gekennzeichnet, aufgrund derer die Messung nicht möglich bzw. nur bedingt möglich waren. Der Einsatzbereich des Stream Pro sowohl zur Durchfluss- als auch zur Schwebstoffmessung wird von mehreren Parametern eingeschränkt. Zum einen ist die Bluetooth-Verbindung des Stream Pros mit einer Reichweite von etwa 40 - 60 m beschränkt und kann so an vielen Gewässern, an denen an der Messseilbahn gemessen wird, nicht eingesetzt werden (Vergleiche Tabelle 2 Innsbruck/Inn, Lachaschau/Lech und Mureck/Mur). Durch die Software winriver II, die bei der Durchführung der Messungen nicht zur Verfügung stand, kann jedoch auch das Stream Pro über den Laptop bedient werden und so, in Verbindung mit einer Antenne, Breiten von 150 – 200 m gemessen werden. Andererseits kommt es schon bei Fließgeschwindigkeiten ab 2,5 m/s bei Vorhandensein von Turbulenzen zu den schon oben beschriebenen Schwierigkeiten während den Messungen, sodass die Ergebnisse stark voneinander abweichen und die geforderte Maximalabweichung von 5% nicht eingehalten werden kann (Tabelle 2: Innsbruck/Sill, Lienz/Isel) oder die Messungen gar nicht erst möglich sind (Tabelle 2: Tumpen/Öztaler Ache).

Tabelle 2: Vergleich der im Jahr 2007 mittels Stream Pro durchgeführten Messungen

Messstelle	Datum	Breite [m]	Tiefe max [m]	v max [m/s]	Konzentration [mg/l]	Turbulenz	Messung
<b>Tirol</b>							
Bruckhäusl / Brixentaler Ache	16.05.2007	18,1	0,79	2,0	24,5	mittel	möglich
Innsbruck / Inn	15.05.2007	> 40,0	1,50	2,4	130,0	mittel	nicht möglich
Innsbruck / Inn	19.07.2007	77,4	2,08	3,1	950,0	mittel-hoch	nicht möglich
Innsbruck / Sill	27.06.2007	26,9	0,97	3,2	160,0	mittel-hoch	bedingt möglich
Innsbruck / Sill	26.07.2007	24,6	0,82	2,4	40,0	mittel-hoch	bedingt möglich
Kössen-Hütte / Großache	16.05.2007	31,0	0,99	2,0	20,0	mittel	möglich
Kössen-Hütte / Großache	30.08.2007	35,0	>1,30	2,4	1100,0	mittel	nicht möglich
Landeck / Sanna	26.06.2007			3,6	830,0	hoch	nicht möglich
Lechaschau / Lech	05.06.2007	>40,0		2,3		mittel	nicht möglich
Lechaschau / Lech	25.07.2007	50,0*	1,18	2,7	135,0	mittel	möglich
Lienz / Isel	17.07.2007	42,6	1,47	2,8	75,0	mittel-hoch	bedingt möglich
Tumpen / Öztaler Ache	18.07.2007			3,5	170,0	sehr hoch	nicht möglich
<b>Steiermark</b>							
Leibnitz / Sulm	04.07.2007	32,0	0,86	0,6	10,0	gering	möglich
Mureck / Mur	04.07.2007	69,0	2,18	2,2	20,0	mittel	nicht möglich
<b>Kärnten</b>							
Dellach / Drau	16.07.2007	54,6**	1,37	2,9	70,0	mittel	möglich
Dellach / Drau	20.08.2007	55,0**	1,14	3,0	500,0	mittel	bedingt möglich
Dellach / Drau	15.10.2007	52,1**	0,62	2,1	5,0	gering	möglich

\*Sesselmessung

\*\* Brückenmessung



Die maximale Wassertiefe für ADCP-Messungen mit dem Stream Pro liegt bei 2 m bzw. 4 m bei Kauf einer Software zur Erweiterung der Messtiefe. Die Messungen im Sommer 2007 haben jedoch gezeigt, dass hohe Schwebstoffkonzentrationen einen Einfluss auf die mögliche Messtiefe haben (Tabelle 2: Innsbruck/Inn, Innsbruck/Inn, Dellach/Drau). In Abbildung 8 sind alle Messungen, die im Sommer 2007 mittels StreamPro durchgeführt wurden in Bezug auf maximale Wassertiefe und Schwebstoffgehalt aufgetragen.

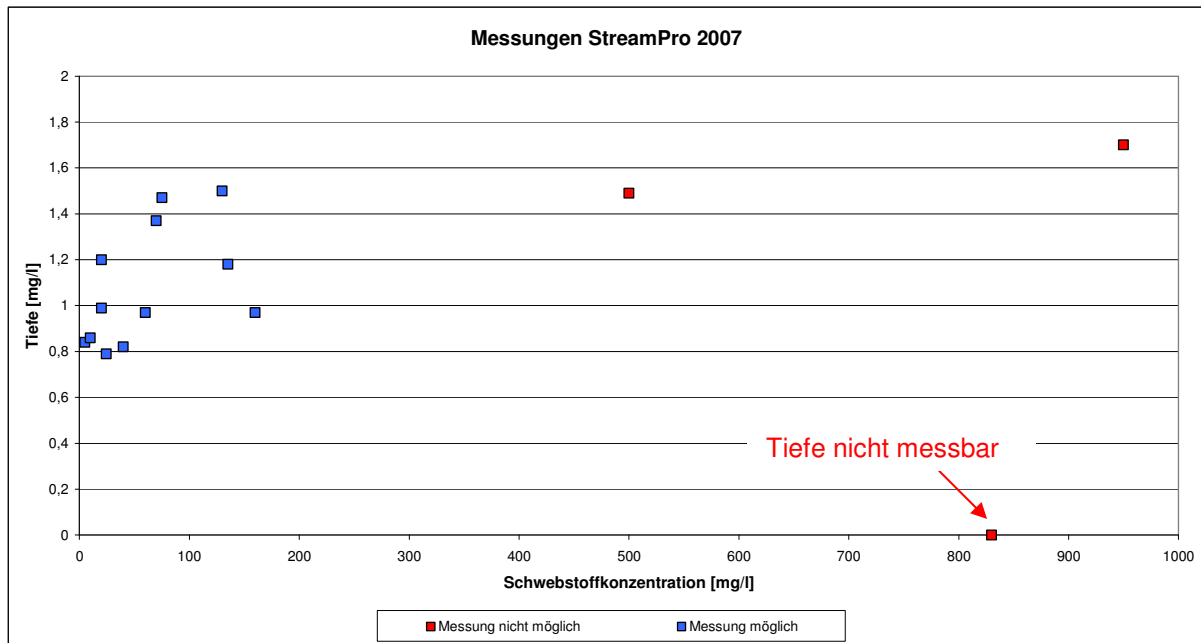


Abbildung 8: Gegenüberstellung von Messtiefe und Schwebstoffgehalt der im Sommer 2007 mittels StreamPro durchgeführten Messungen

Da über einem Konzentrationsbereich von 200 mg/l nur sehr wenige Messungen vorhanden waren, wurden nähere Untersuchungen zu diesem Thema unternommen. Dabei wurden lediglich Probefahrten, keine vollständigen Messfahrten, durchgeführt, um die Grenzen von Tiefe und Schwebstoffkonzentration zu ermitteln. In Abbildung 9 sind die während dieser Messungen maximal möglichen Tiefen sowie die mittleren Schwebstoffkonzentrationen in der Messlotrechten dargestellt.

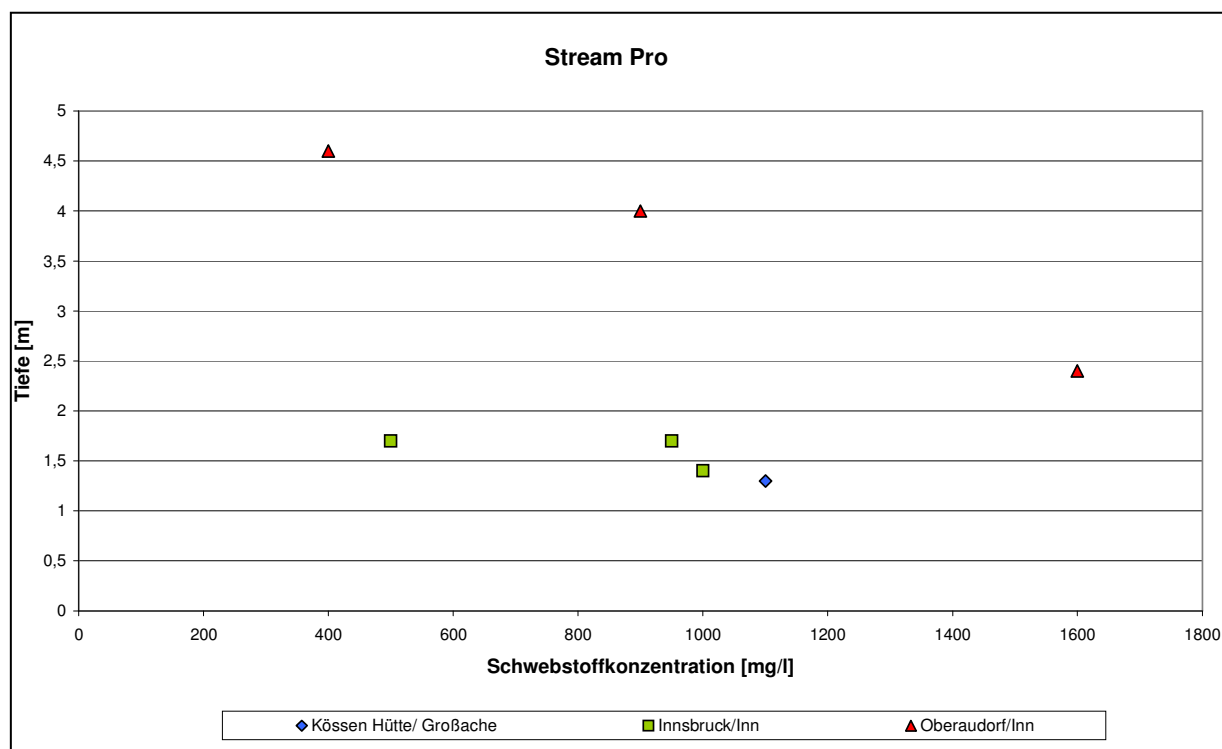


Abbildung 9: Gegenüberstellung von Schwebstoffkonzentration und maximale Messtiefe an den Messstellen Kössen-Hütte/Großache, Innsbruck/Inn und Oberaudorf/Inn

Bei Schwebstoffkonzentrationen von rund 1000 mg/l konnten an den Messstellen Innsbruck/Inn und Kössen-Hütte/Großache keine Messungen mehr durchgeführt werden. An der Messstelle Oberaudorf/Inn konnten bei vergleichbaren oder sogar höheren Schwebstoffkonzentrationen größere Tiefen als an den anderen beiden Messstellen gemessen werden. Da die Streuung der Ultraschallsignale nicht allein von den Konzentrationen der Schwebstoffe sondern auch von den Korngrößen abhängt, scheint dies die Erklärung für die Unterschiede zu sein, vor allem da die Messstelle Oberaudorf/Inn nur rund 300 m flussab eines Kraftwerks liegt, in dessen Stauraum die größeren Schwebstoffpartikel aufgrund der geringeren Fließgeschwindigkeit abgelagert werden. Ein Vergleich der Ergebnisse der durchgeführten Korngrößenanalyse an allen drei Messstellen (Abbildung 10) bestätigt diese Annahme.

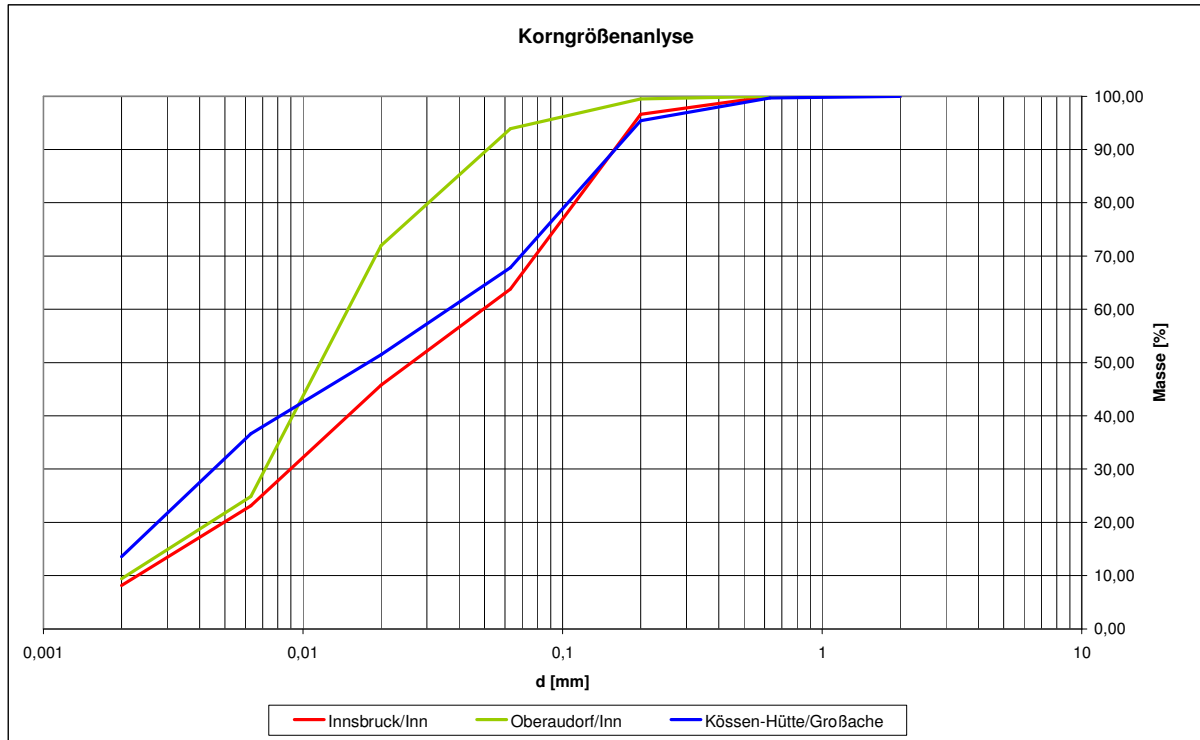


Abbildung 10: Vergleich der Korngrößenanalyse von Innsbruck/Inn, Oberaudorf/Inn und Kössen-Hütte/Großbache

### 3.2 Vergleich Vielpunktentnahme mit ADCP-Messung

Um die Genauigkeit der Ermittlung des Schwebstofftransportes im Querprofil der ADCP-Messungen bestimmen zu können wurden diese mit den Ergebnissen der Vielpunktentnahmen verglichen. Die für die Auswertung der Vielpunktentnahme notwendigen Fließgeschwindigkeiten wurden aus den ADCP-Messungen in den jeweiligen Ensembles (Gesamtheit der Tiefenzellen einer Messlotrechten) und Tiefenstufen entnommen.

In Tabelle 3 werden die Ergebnisse des Schwebstofftransportes, die mittels Vielpunktentnahme und mittels ADCP-Messung bestimmt wurden, aufgelistet. Weiters werden die prozentuellen (prozentuelle Abweichungen über +/- 10% farbig hervorgehoben) und absoluten Abweichungen der ADCP-Auswertungen von den Vielpunktentnahmen, das verwendete ADCP Gerät, die Anzahl der gemessenen Lotrechten und die sich aus der Vielpunktentnahme ergebenden mittleren Schwebstoffkonzentrationen dargestellt.

Tabelle 3: Vergleich der Ergebnisse aus den Jahren 2006 und 2007 von ADCP-Messungen und Vielpunktentnahmen (VPE), prozentuelle und absolute Abweichung der ADCP-Messung von der Vielpunktentnahme und mittlere Schwebstoffkonzentration ( $s_m$ ) während der Messung

Datum	Messstelle	ADCP Gerät	Anzahl der Lotrechten	VPE	ADCP	Abweichung prozentuell	Abweichung absolut	$s_m$
				[kg/s]	[kg/s]	[%]	[kg/s]	[mg/l]
03.09.2007	Steyr/Enns	RioGrande	8	1,25	1,06	-15,20	-0,19	8,71
16.07.2007	Dellach/Drau	StreamPro	6	6,70	7,33	9,40	0,63	70,7
20.08.2007	Dellach/Drau	StreamPro	6	16,85	16,73	-0,71	-0,12	238,9
15.10.2007	Dellach/Drau	StreamPro	6	0,12	0,14	12,90	0,02	3,5
08.08.2006	Admont/Enns	RioGrande	4	152,32	154,40	1,37	2,08	629,1
23.08.2006	Admont/Enns	RioGrande	8	0,89	0,82	-7,87	-0,07	15,1
01.02.2007	Admont/Enns	RioGrande	5	0,11	0,09	-18,18	-0,02	2,9
18.04.2007	Admont/Enns	RioGrande	6	0,36	0,32	-11,11	-0,04	4,4
05.07.2007	Admont/Enns	RioGrande	5	5,85	5,52	-5,64	-0,33	45,2
12.09.2007	Admont/Enns	RioGrande	5	45,50	46,53	2,26	1,03	140,2
14.07.2006	Leibnitz/Sulm	RioGrande	8	0,09	0,09	0,00	0,00	14,5
26.07.2007	Leibnitz/Sulm	RioGrande	7	0,08	0,07	-12,50	-0,01	16,0
25.01.2007	Leibnitz/Sulm	RioGrande	5	0,22	0,21	-4,55	-0,01	19,7
12.04.2007	Leibnitz/Sulm	RioGrande	5	0,08	0,07	-12,50	-0,01	7,3
04.07.2007	Leibnitz/Sulm	RG/SP	5	0,04	0,03	-18,92	-0,01	8,5 / 7,8
11.09.2007	Leibnitz/Sulm	RioGrande	5	0,09	0,08	-11,11	-0,01	9,3
26.07.2006	Mureck/Mur	RioGrande	6	2,75	2,86	4,00	0,11	23,5
25.01.2007	Mureck/Mur	RioGrande	5	1,19	1,14	-4,20	-0,05	9,6
12.04.2007	Mureck/Mur	RioGrande	5	1,79	1,76	-1,68	-0,03	12,8
04.07.2007	Mureck/Mur	RioGrande	5	2,90	2,90	0,00	0,00	21,0
11.09.2007	Mureck/Mur	RioGrande	5	26,76	26,12	-2,39	-0,64	93,6
16.05.2007	Bruckhäusl/Brixentaler Ache	StreamPro	2	0,27	0,3	11,11	0,03	27,2
19.07.2007	Innsbruck/Inn	RioGrande	5	260,85	282,8	8,41	21,95	1006,5
26.07.2007	Innsbruck/Sill	StreamPro	5	0,64	0,61	-4,69	-0,03	25,0
16.05.2007	Kössen-Hütte/Großbache	StreamPro	2	0,31	0,35	12,90	0,04	12,6
17.07.2007	Lienz/Isel	StreamPro	5	6,72	6,54	-2,68	-0,18	104,7

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass die prozentuellen Abweichungen durchaus groß sein können (bis +/- 20%), diese aber vor allem bei geringen Schwebstoffkonzentrationen auftreten (Vergleich der mittleren Schwebstoffkonzentrationen  $s_m$ , Tabelle 3) und daher geringe absolute Abweichungen vorliegen. Hohe Abweichungen treten auch an den Messstellen Bruckhäusl/Brixentaler Ache und Kössen-Hütte/Großbache auf. Allerdings wurden an diesen Messstellen nur in 2 Lotrechten Proben entnommen und sowohl zur Kalibrierung als auch zur Auswertung der Vielpunktentnahme herangezogen. Da jedoch die Anzahl von zwei Lotrechten vor allem für die Auswertung der Vielpunktentnahme zu wenig ist, dürften die hohen Abweichungen auf diesen Umstand zurückzuführen sein.

Aus diesen Erkenntnissen heraus scheint die Schwebstoffmessung mittels ADCP und Auswertung durch die Software Aquavision durchaus gute Ergebnisse zu liefern.

### 3.3 Reduktion der Lotrechten

Bei dem im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Vergleich zwischen Vielpunktentnahme und Auswertung der ADCP-Messungen wurden alle während der Vielpunktentnahme gewonnenen Proben in das Programm eingegeben. Um den Aufwand einer Schwebstoffmessung zu minimieren, wäre eine Reduktion der zu messenden Lotrechten bzw. Punkte wünschenswert. Wie aus Abbildung 11 ersichtlich, nimmt jedoch die Abweichung der Ergebnisse von jenem mit Eingabe aller gemessenen Punkte bei Reduktion der Anzahl der Lotrechten und somit der eingegebenen Schwebstoffproben zu. Daher wurde an den Messstellen Mureck/Mur, Admont/Enns und Dellach/Drau eine gezielte Reduktion der

Lotrechten durchgeführt, um die zur Kalibrierung notwendige Anzahl zu bestimmen. An den anderen Messstellen wurden entweder zu wenig Messungen oder diese bei zu ähnlichen Durchflussverhältnissen durchgeführt, so dass eine Reduktion der Lotrechten nicht sinnvoll erscheint.

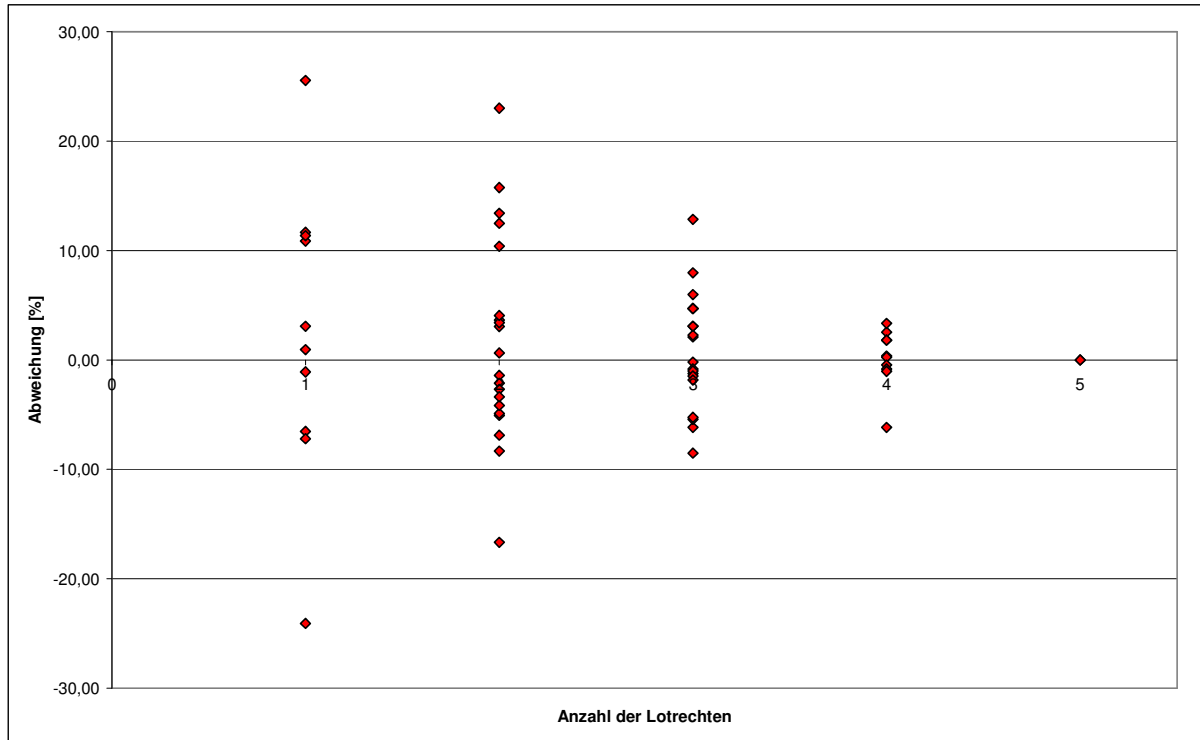


Abbildung 11: Abweichung der Ergebnisse bei Reduktion der Anzahl der Lotrechten

### 3.3.1 Schwebstoffmessstelle Mureck/Mur

Für einen Vergleich der Reduktion der Lotrechten wurden an der Messstelle Mureck/Mur sieben Messungen herangezogen. Da sowohl die Stationierung als auch die Anzahl der Lotrechten bei den Messungen unterschiedlich gewählt wurden, mussten diese zusammengefasst werden. Es ergeben sich somit 6 Lotrechte, obwohl nicht immer in allen 6 Lotrechten gemessen wurde. Abbildung 12 zeigt die Stationierung der Lotrechten im Querprofil.

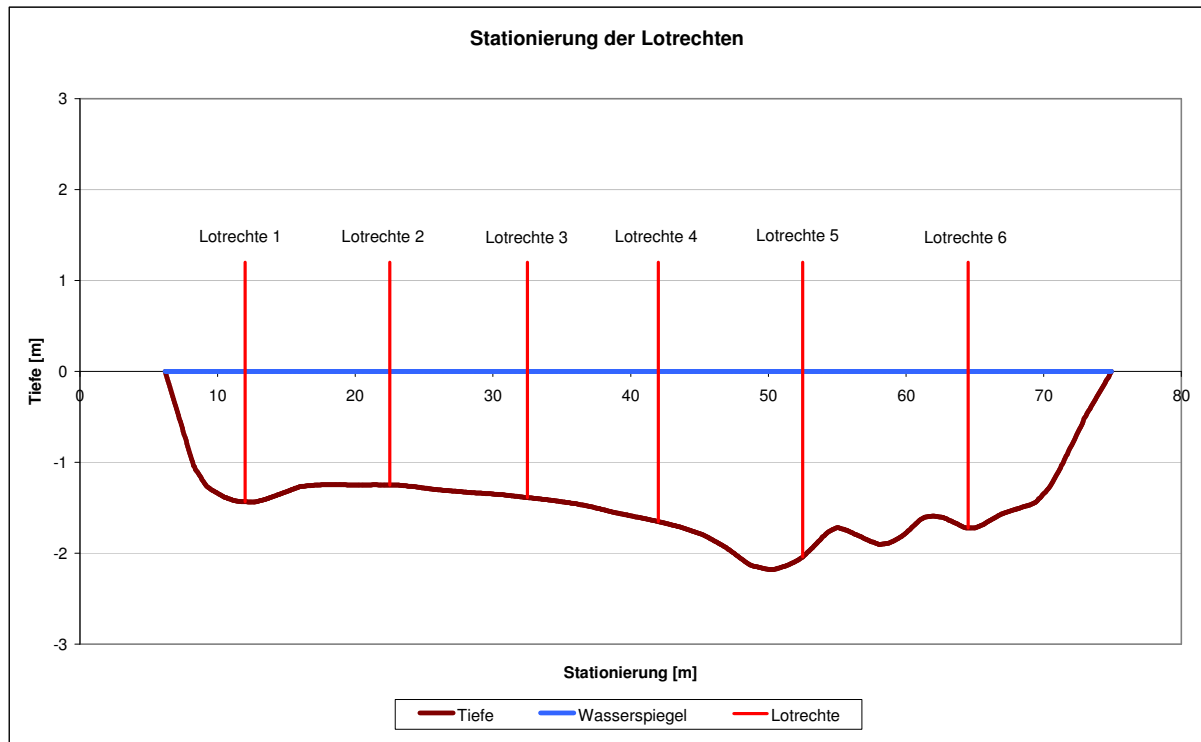


Abbildung 12: Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur

Abbildung 13 zeigt die möglichen Kombinationen von 3 Lotrechten, wobei in jeder Lotrechte, je nach Wasserstand, in 3 bzw. 4 Punkten gemessen wurde. Die maximale Abweichung der Kombinationen zu jener mit allen eingegebenen Punkten beträgt weniger als 6%, wobei mehrere Kombinationen von Lotrechten sogar auf Abweichungen von maximal +/-3% kommen. Aus Abbildung 13 ist zu erkennen, dass es ungünstig ist, die Lotrechten nur an einer Seite oder nur in der Mitte des Gewässers anzuordnen. Aus Sicht dieser Ergebnisse wäre die Kombination aus den Lotrechten 2, 4, und 5 zu empfehlen, da diese die geringsten Abweichungen von der Auswertung mit allen Punkten aufweisen und auch eine ausreichende Anzahl an Messungen beinhalten. Allerdings ist der Probenumfang mit 7 Messungen zu gering, um eine gesicherte Aussage treffen zu können.

ERGEBNISSE

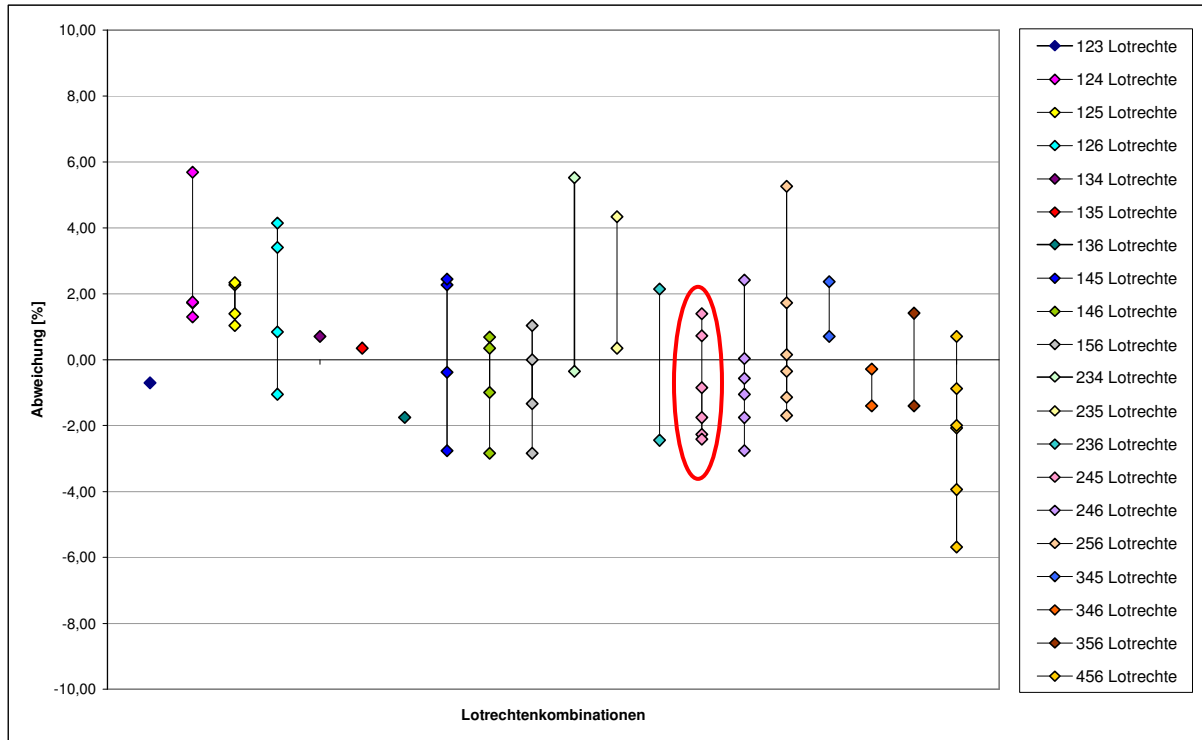


Abbildung 13: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur

Eine weitere Reduktion der Lotrechten auf nur 2 Lotrechte ergibt bereits Abweichungen von über 10 % des Gesamtergebnisses, was für die Auswertungen zu ungenau ist (Abbildung 13). Zwar scheint es auch hier wieder Kombinationsmöglichkeiten zu geben, die geeigneter sind als andere, jedoch ist der Probenumfang zu gering, um ausschließen zu können, dass auch hier größere Abweichungen auftreten können.

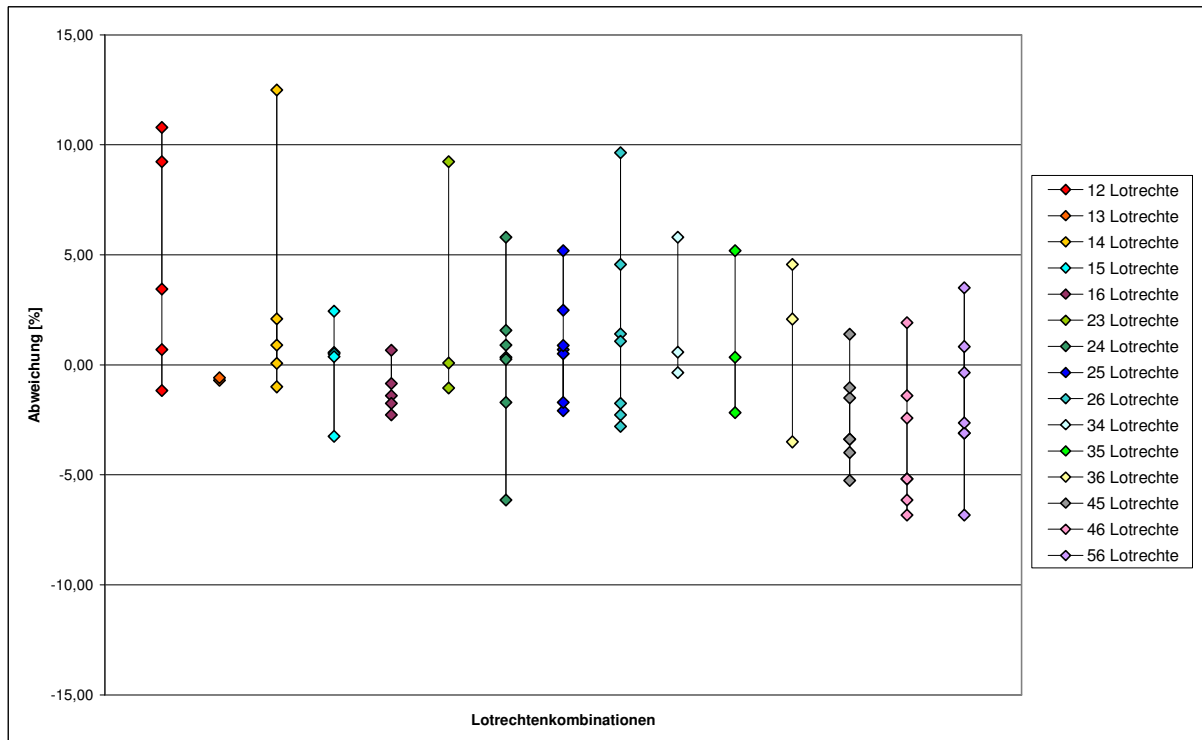


Abbildung 14: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur

### 3.3.2 Schwebstoffmessstelle Admont/Enns

Für einen Vergleich der Reduktion der Lotrechten wurden an der Messstelle Admont/Enns fünf Messungen herangezogen. Da die Stationierung der Lotrechten bei den Messungen unterschiedlich erfolgte, wurden diese so zu zusammengefasst, dass möglichst geringe Distanzen zwischen den einzelnen Lotrechten liegen. Abbildung 15 zeigt die Stationierung der Lotrechten.

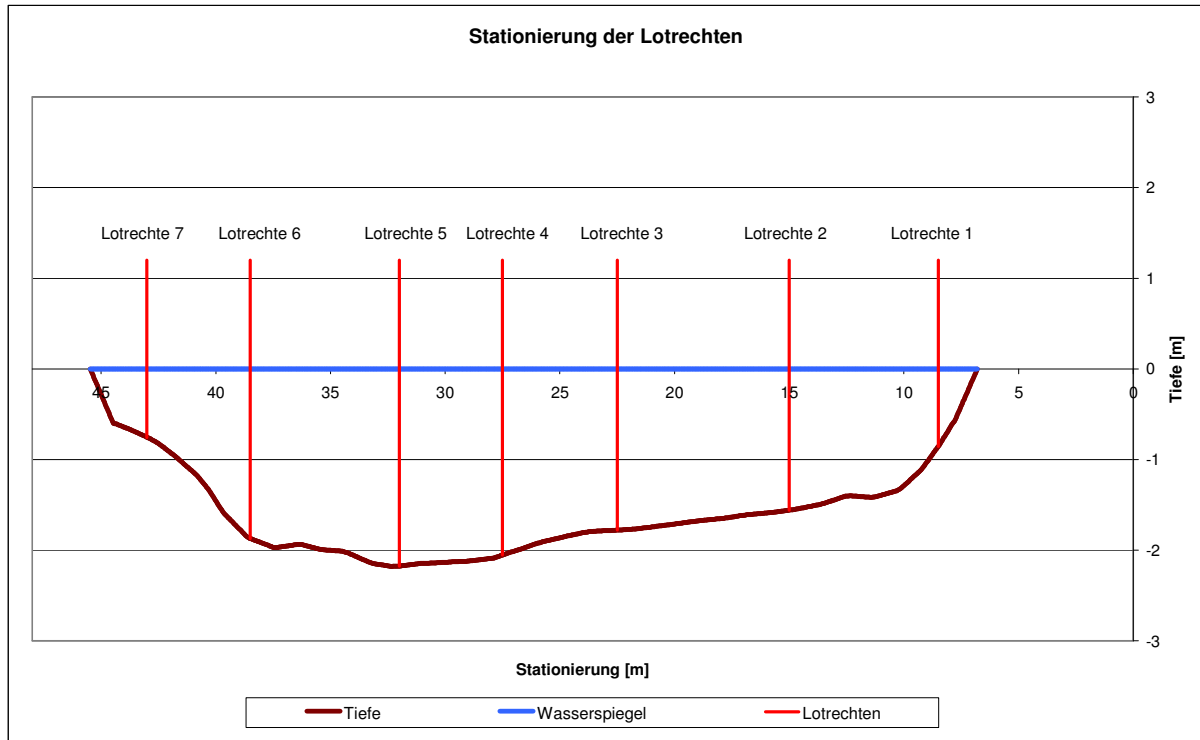


Abbildung 15: gewählte Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns

Durch die unterschiedliche Anzahl an Messlotrechten (zwischen 4 und 7) während der einzelnen Messungen werden nicht alle Kombinationen gleich oft verwendet. Im Vergleich zur Messstelle Mureck/Mur treten in Admont wesentlich höhere Abweichungen auf, es sind sogar Abweichungen von über 50% möglich (Abbildung 15). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Schwebstoffverteilung sehr unregelmäßig ist. In der rechten Profilhälfte treten tendenziell höhere Schwebstoffkonzentrationen auf als in der linken. Durch diese Inhomogenität in der Verteilung muss die Wahl der Stationierung der Lotrechten viel sorgfältiger getroffen werden.

Von den Kombinationsmöglichkeiten die öfter als 1-mal gemessen wurden, bleiben nur jene mit den Lotrechten 124, 256, 125, 126 unter einer Abweichung von 6%. Verwendet man zur Auswertung nur 2 Lotrechte scheinen nur die Lotrechte 2 und 5 in Frage zu kommen (Abbildung 14). In beiden Fällen ist die Anzahl der durchgeführten Messungen zu gering, um diese Kombinationen definitiv empfehlen zu können.



ERGEBNISSE

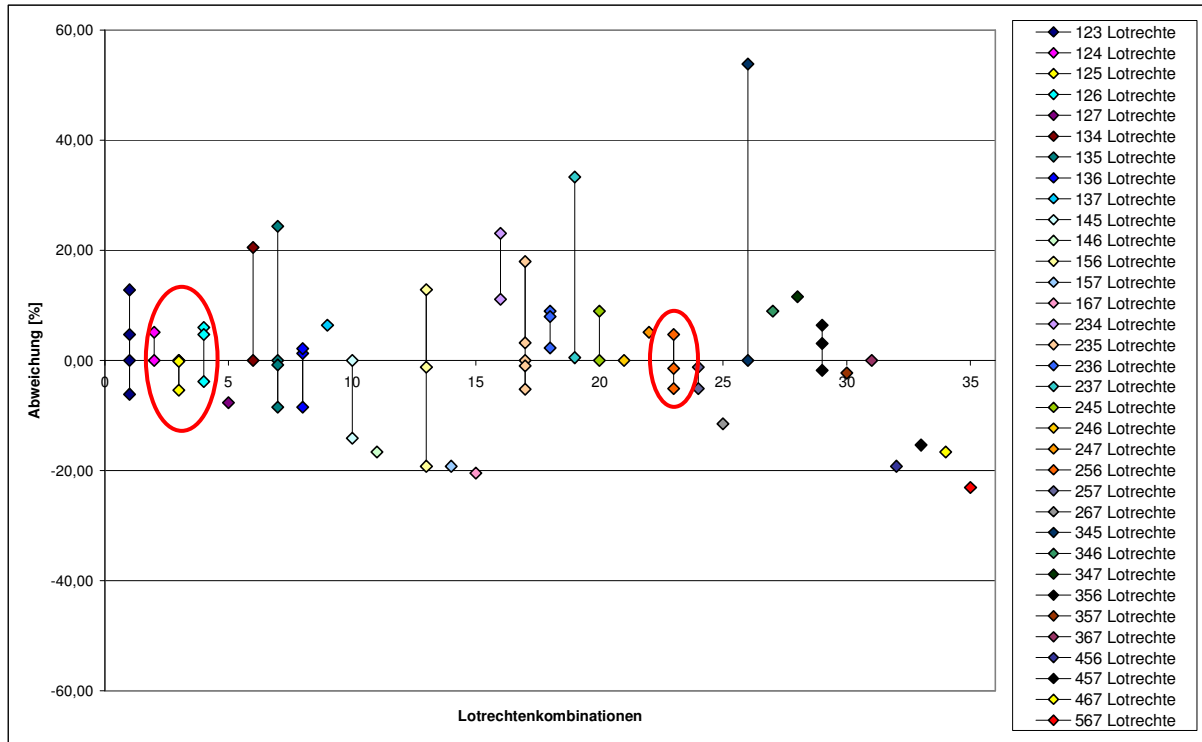


Abbildung 16: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns

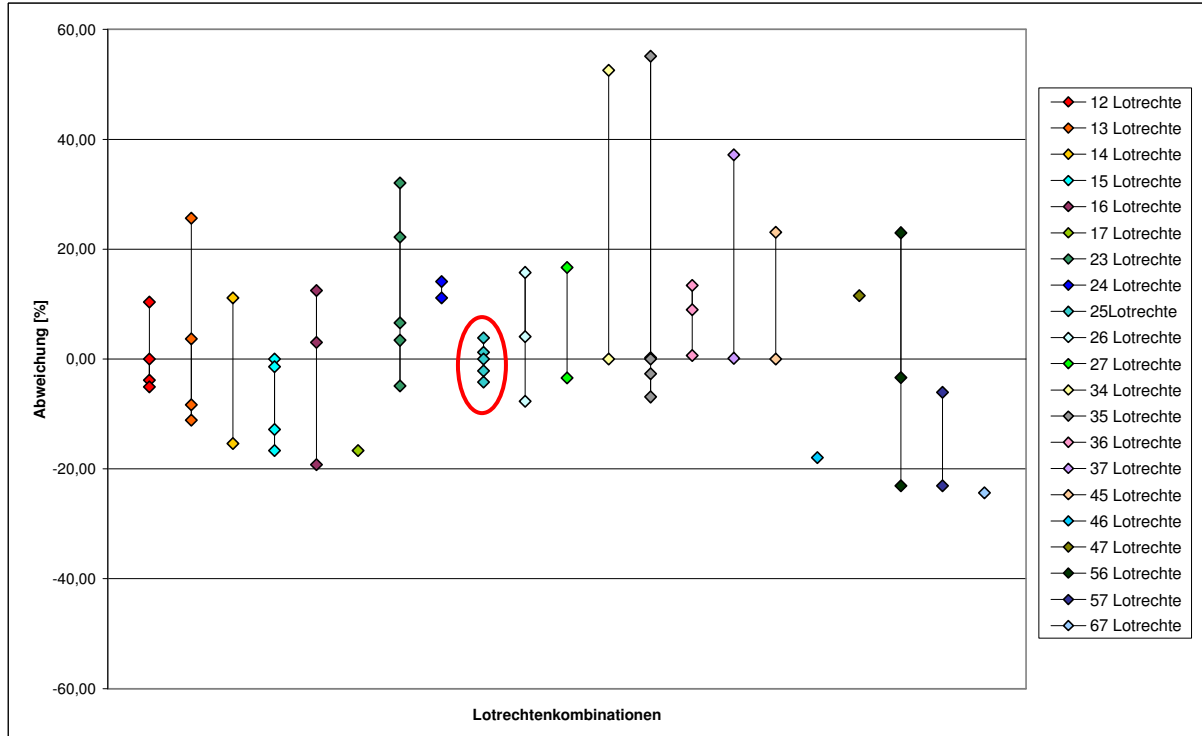


Abbildung 17: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns

### 3.3.3 Schwebstoffmessstelle Dellach/Drau

An der Messstelle Dellach/Drau wurden bisher nur drei Messungen bei jedoch unterschiedlichen Durchflüssen durchgeführt. Die Stationierung der Lotrechte erfolgte bei allen Messungen gleich (Abbildung 18), daher sind die Ergebnisse sehr gut miteinander vergleichbar.

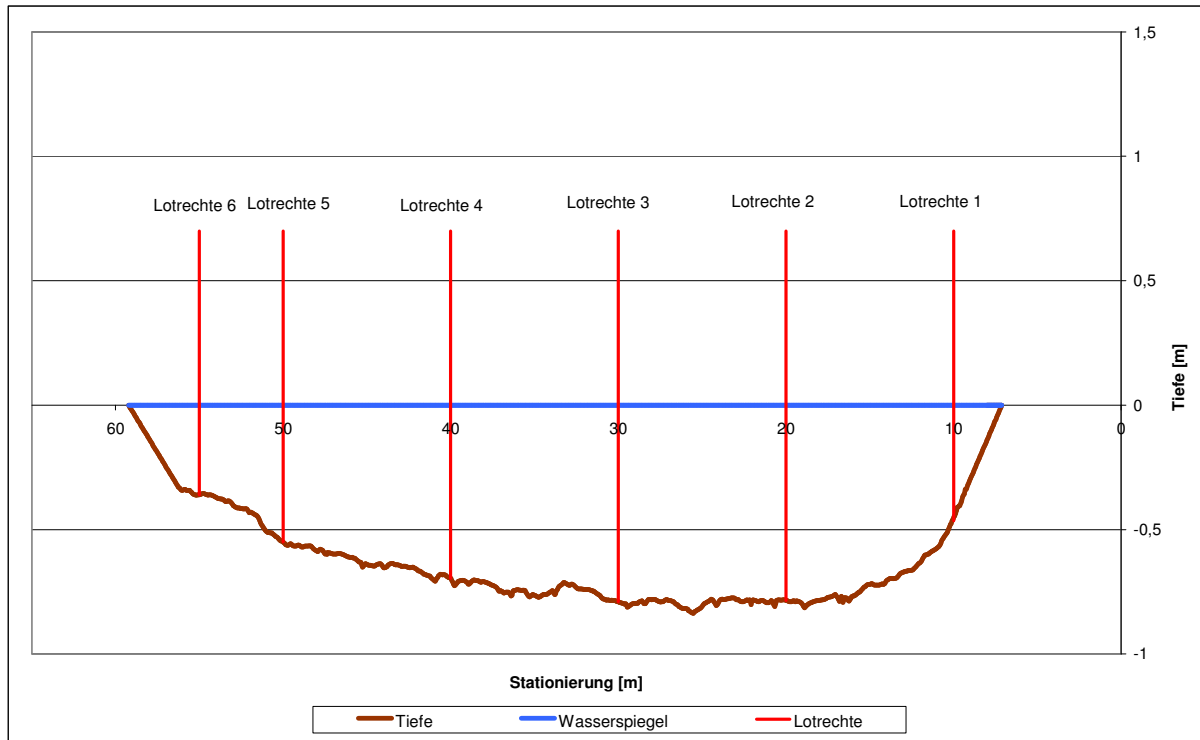


Abbildung 18: Stationierung der Lotrechte an der Messstelle Dellach/Drau

Obwohl die Schwebstoffverteilung an der Messstelle Dellach/Drau sehr regelmäßig ist, treten doch sehr hohe Abweichungen, bis über 50% (Abbildung 19), auf. Wie schon in Kapitel 3.1 beschrieben, treten diese vor allem bei niedrigen Schwebstoffkonzentrationen auf. So treten auch die hohen Abweichungen von über 20% nur am Messtag des 15.10.2007 auf, der nur geringe Schwebstoffkonzentrationen aufweist siehe (Tabelle 2). Unter diesen Umständen und bei einer Anzahl von nur drei Messungen mittels ADCP können noch keine Aussagen über eine mögliche Reduktion der getroffen werden.

ERGEBNISSE

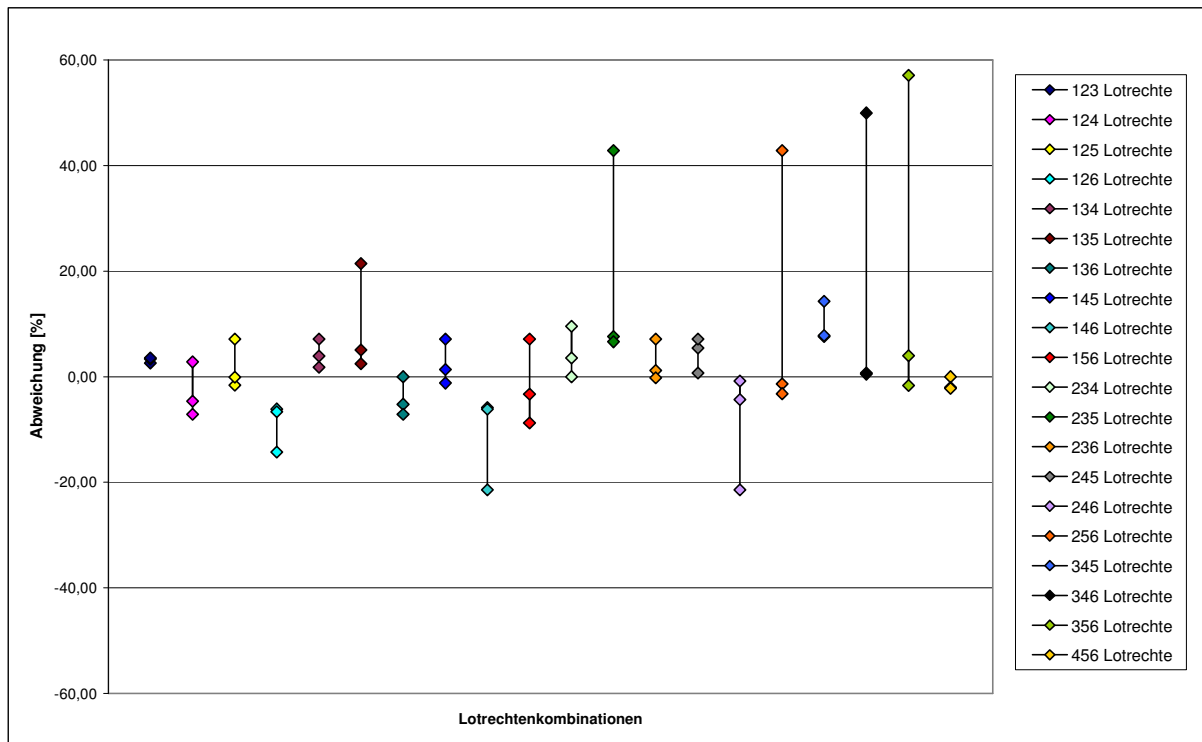


Abbildung 19: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau

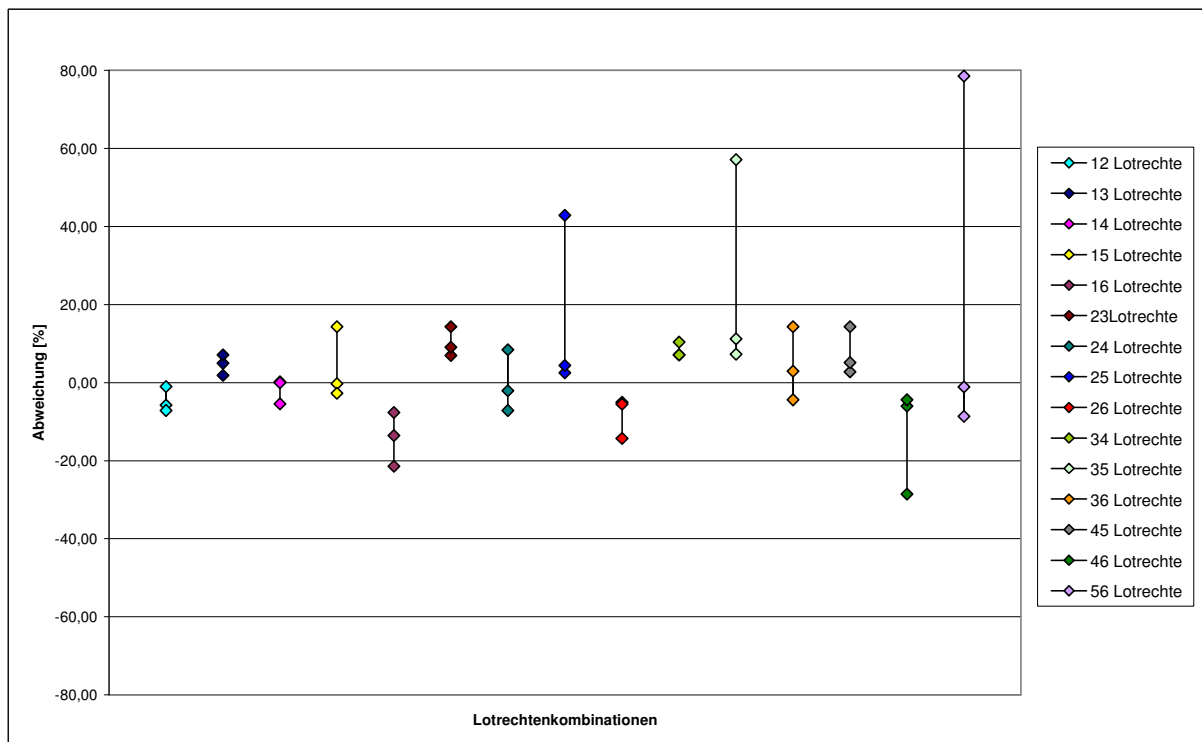


Abbildung 20: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau

### **3.4 Eignung der Plume Detection Toolbox**

Die Software ViSea mit dem Zusatz Plume Detection Toolbox hat sich bei den Auswertungen der im Jahr 2007 durchgeführten Messungen als sehr viel versprechend erwiesen. Wie bereits im Kapitel 3.2 ausgeführt, erscheinen die Messungen durchaus plausibel und durch eine Reduktion der Lotrechten im Vergleich zur Vielpunktentnahme eine Zeitersparnis möglich zu sein.

Allerdings könnte die Software durch einige Modifikationen durchaus noch benutzerfreundlicher gestaltet werden. So ist es derzeit noch nicht möglich, Uferabstände in das Programm einzugeben und so die ufernahen Bereiche, die durch die ADCP-Messung nicht erfasst werden (siehe Abbildung 3), bzgl. Schwebstoffkonzentration auszuwerten. Auch könnte die Auswertung mehrerer Messfahrten, die während einer Durchflussmessung durchgeführt werden, vereinfacht werden. Dies wäre wünschenswert, um die Schwankungen der Schwebstoffkonzentrationen, die während der Messung entstehen, berücksichtigen zu können. Auch die Auswertung von Section by Section Messungen ist derzeit nur bedingt und unter großem Aufwand möglich. Durch eine Weiterentwicklung der Software, diesen Punkten entsprechend, würde die Auswertung vereinfacht und die Genauigkeit der Ergebnisse erhöht werden.

## **4 ZUSAMMENFASSUNG**

Die Messungen im Sommer 2007 haben gezeigt, dass Auswertungen mittels ADCP-Messungen unter bestimmten Bedingungen durchaus vergleichbare Ergebnisse wie die Vielpunktmessungen liefern können. Voraussetzung dafür ist, dass die ADCP-Geräte nur in den für das jeweilige Gerät definierten Einsatzbereichen verwendet werden.

Bei hohen Turbulenzen (im Hochwasserfall und in Gebirgsbächen) kann mit den ADCP Geräten nicht mehr mittels moaving boat methode gemessen werden, da der Sensor zu oft aus dem Wasser ragt. Unter diesen Bedingungen könnte die Section by Section Methode eine Alternative darstellen. Inwieweit die beiden Methoden vergleichbare Ergebnisse liefern wurde jedoch noch nicht untersucht.

Weiters hat sich gezeigt, dass eine Reduktion der Anzahl der Lotrechten und der zu messenden Punkte durchaus vorgenommen werden kann und somit sowohl die Messzeit als auch die Zeit der Laborauswertung deutlich verkürzt werden kann. Eine Anzahl von 2-3 Lotrechten scheint ausreichend zu sein, allerdings hängt dies stark von der Lage der Lotrechten im Querprofil und der Charakteristik des jeweiligen Flussprofils ab, weshalb dies für jede Messstelle ermittelt werden muss.

Die Software ViSea der Firma Aquavision scheint für die Auswertung der Schwebstoffverteilung und des Schwebstofftransports im Querprofil als geeignet. Durch die Weiterentwicklung der Software hinsichtlich der Miteinberechnung der Uferbereiche kann die Genauigkeit des Ergebnisses sicher noch erhöht werden. Durch die Ermöglichung Section by Section Messungen mit der Software auswerten zu können, würde sich der Einsatzbereich von ADCP-Messungen zur Schwebstoffbestimmung vergrößern.

## **5 DANKSAGUNG**

Die Bearbeiter bedanken sich für finanzielle Unterstützung durch die Hydrographischen Dienste Kärnten, Oberösterreich, Steiermark und Tirol. Für die tatkräftige Mithilfe bei der Messkampagne gebührt unser Dank den Herren Dipl.-Ing. M. Jaufer, A. Rachoinig (HD Kärnten), HR Dipl.-Ing. G. Lindner und Herrn Ing. C. Wakolbinger (HD Oberösterreich), Dipl.-Ing. Dr. R. Schatzl, Mag. D. Greiner, G. Hochl und H. Jungwirth (HD Steiermark), Dr. W. Gattermayr, St. Giersig, D. Pfurtscheller, Ing. M. Neuner und Ing. J. Pfister (HD Tirol).

## 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 : Schwebstoffe im Fließgewässer – Leitfaden zur Erfassung des Schwebstofftransports; in prep., 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

DVWK (1986): Schwebstoffmessungen, Regeln zur Wasserwirtschaft Nr. 125/1986; Kommissionsvertrieb Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin

Edwards, T., Glysson, G. (1999): Field methods for measurement of fluvial sediment, Techniques of Water-Resources Investigations of the U.S. Geological Survey, Book 3, Application of Hydraulics, Chapter C2, Reston, Virginia

Haimann, M. (2007): Schwebstoffmonitoring an der Sulm und an der Enns; Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien

Kerschabumsteiner, W., Haimann, M. (2007): Schwebstoffmessungen an den Messstellen Admont/Enns und Leibnitz/Sulm; Kurzbericht, Universität für Bodenkultur, Wien

Simpson M.R. (2001): Discharge Measurements Using a Broad-Band Acoustic Doppler Current Profiler, United States Geological Survey, open-file report 01-1, Sacramento, California