



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

Schwebstoffmessungen in Österreich

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 Juli 2009

INHALTSVERZEICHNIS

1	 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	5
2	 METHODIK	6
2.1	Moving-Boat-Methode	6
2.2	Section-by-Section Methode	8
3	 ERGEBNISSE	10
3.1	Vergleich Vielpunktentnahme mit ADCP-Messung	10
3.2	Ergebnisse Oberösterreich	11
3.2.1	ADCP-Messung Schärding	11
3.2.2	Querprofilbeiwert	13
3.3	Ergebnisse Tirol	15
3.3.1	ADCP-Messungen	15
3.3.2	Querprofilbeiwert	17
3.4	Steiermark	25
3.4.1	Section-by-Section Messung	25
3.4.2	Reduktion der Lotrechten	26
3.4.3	Querprofilbeiwert	31
3.5	Kärnten	34
3.5.1	Schwebstoffmessstelle Dellach/Drau	34
3.5.2	Verkürzung des Abstandes zwischen ADCP-Messung und Probenentnahme	36
3.5.3	Querprofilbeiwert	38
4	 ZUSAMMENFASSUNG	41
5	 DANKSAGUNG	42
6	 LITERATURVERZEICHNIS	43

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Berechnung der Fließgeschwindigkeit mit und ohne bewegter Sohle (SEBA, 2007)	7
Abbildung 2: Durchführung einer Section-by-Section-Messung (Teledyne RD Instruments, 2006)	9
Abbildung 3: Schwebstoffmessstelle Schärding/Inn (Foto: Wakolbinger)	11
Abbildung 4: Schwebstoffmessung an der Messstelle Schärding/Inn (Foto: Wakolbinger)	11
Abbildung 5: Geschwindigkeitsverteilung der ADCP-Messung knapp unterhalb der Brücke vom 14.07.2008	12
Abbildung 6: Schwebstoffverteilung der ADCP-Messung knapp unterhalb der Brücke vom 14.07.2008	13
Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Steyr/Enns	14
Abbildung 8: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Wels/Traun	14
Abbildung 9: ADCP-Auswertung vom 10.09.2008 an der Messstelle Oberaudorf/Inn	16
Abbildung 10: ADCP-Auswertung vom 10.09.2008 an der Messstelle Brixlegg/Inn	16
Abbildung 11: ADCP-Auswertung vom 11.09.2008 an der Messstelle Innsbruck/Inn	17
Abbildung 12: ADCP-Auswertung vom 11.09.2008 an der Messstelle Hart/Ziller	17
Abbildung 13: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Bruckhäusl/Brixentaler Ache	18
Abbildung 14: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Hart/Ziller	19
Abbildung 15: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Innsbruck/Inn	19
Abbildung 16: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Innsbruck/Sill	20
Abbildung 17: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Kössen-Hütte/Großache	20
Abbildung 18: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Landeck/Sanna	21
Abbildung 19: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Lechaschau/Lech	21
Abbildung 20: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Lienz/Isel	22
Abbildung 21: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Lienz-Falkensteinsteg/Drau	22
Abbildung 22: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Oberaudorf/Inn	23
Abbildung 23: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Rattenberg/Inn	23
Abbildung 24: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Tumpen/Öztaler Ache	24
Abbildung 25: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Vent/Rofenache	24
Abbildung 26: Auswertung einer Section-by-Section-Messung mittels ViSea PDT	25
Abbildung 27: Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur	26
Abbildung 28: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur	27
Abbildung 29: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur	28

VERZEICHNISSE

Abbildung 30: gewählte Staionierung der Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns	29
Abbildung 31: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns	30
Abbildung 32: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns	30
Abbildung 33: Verteilung der Schwebstoffkonzentration Admont/Enns	31
Abbildung 34: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Admont/Enns	32
Abbildung 35: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Gestüthof/Mur	32
Abbildung 36: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Kapfenberg-Diemlach/Mürz	33
Abbildung 37: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Leibnitz/Sulm	33
Abbildung 38: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Mureck/Mur	34
Abbildung 39: Staionierung der Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau	35
Abbildung 40: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau	35
Abbildung 41: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau	36
Abbildung 42: Messprinzip bei Verkürzung des Abstandes zwischen ADCP-Messung und Probenentnahme	37
Abbildung 43: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Dellach/Drau	38
Abbildung 44: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Amlach/Drau	39
Abbildung 45: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Federaun/Drau	39
Abbildung 46: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Lavamünd/Drau	40

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Vergleich des mittels Vielpunktentnahme (VPE) und ADCP-Messung ermittelten Schwebstofftransportes und deren Abweichungen	10
Tabelle 2: Ergebnisse der ADCP-Messungen in Tirol	15
Tabelle 3: Vergleich des mittels Vielpunktentnahme (VPE), Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung bestimmten Schwebstofftransportes	26
Tabelle 4: Vergleich der Ergebnisse aus den ADCP-Messungen	38

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), weshalb bereits im Jahr 2007 Untersuchungen bezüglich der Einsetzbarkeit von ADCP-Messungen zur Ermittlung der Schwebstoffkonzentration durchgeführt wurden. Die Ergebnisse dieses Messprogramms, die im Bericht „Schwebstoffmessungen mittels ADCP“ (Habersack, 2008) zusammengefasst wurden, zeigen, 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. Weiters hat sich gezeigt, dass eine Optimierung der Anzahl der Lotrechten möglich ist, jedoch die derzeitige Datengrundlage noch zu gering ist, um gesicherte Aussagen treffen zu können. Um die Ergebnisse aus dem vergangenen Jahr abzusichern, wurde das Messprogramm im Jahr 2008 fortgesetzt. Zusätzlich wurden Untersuchungen zum Einsatz von Section-by-Section-Messungen durchgeführt werden, da sich im Vorjahr gezeigt hat, dass bei hohen Turbulenzen im Gewässer und bei Geschiebetrieb Messungen mittels ADCP und der Moving-Boat-Methode nicht möglich waren.

Im Messprogramm 2008 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
- Absicherung der Beziehung zwischen Querprofilbeiwert und Durchfluss

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 Entnahmemethoden 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.

Da im Jahr 2008 die Untersuchung der Repräsentativität der Section-by-Section-Messungen im Vergleich zu Messungen mittels Moving-Boat-Methode von Interesse war, werden diese Methoden v.a im Bezug auf Sohlbewegung im Folgenden genauer erläutert.

2.1 Moving-Boat-Methode

Bei der Moving-Boat-Methode wird das ADCP mittels Messseilbahn, Boot oder von einer Brücke aus über das Querprofil bewegt. Es wird empfohlen die Fahrten solange zu wiederholen, bis die Abweichung von vier Messungen vom Mittelwert der Messungen nicht mehr als 5 % beträgt.

Dabei werden mit dem ADCP folgende Größen bestimmt:

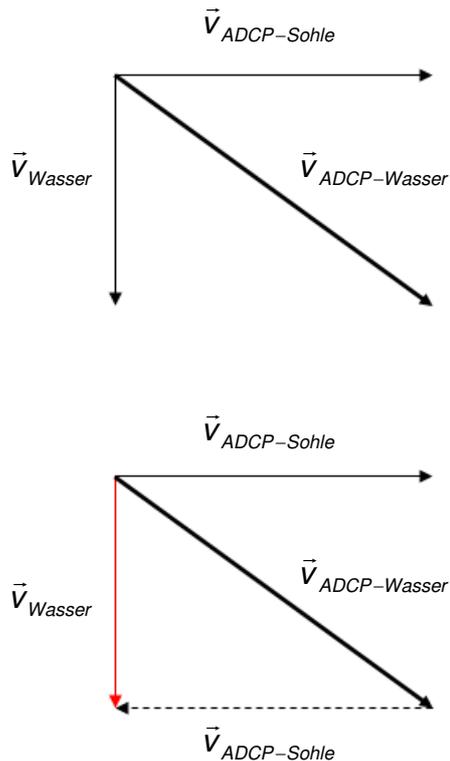
- Wassertiefe
- Relativgeschwindigkeit zwischen ADCP und Wasser
- Geschwindigkeit über Grund (Bottom Track)

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 (Abbildung 1). Die Durchflussbestimmung mittels Moving-Boat-Methode ist unter diesen Bedingungen nicht zulässig.

Sohle nicht in Bewegung



Sohle in Bewegung

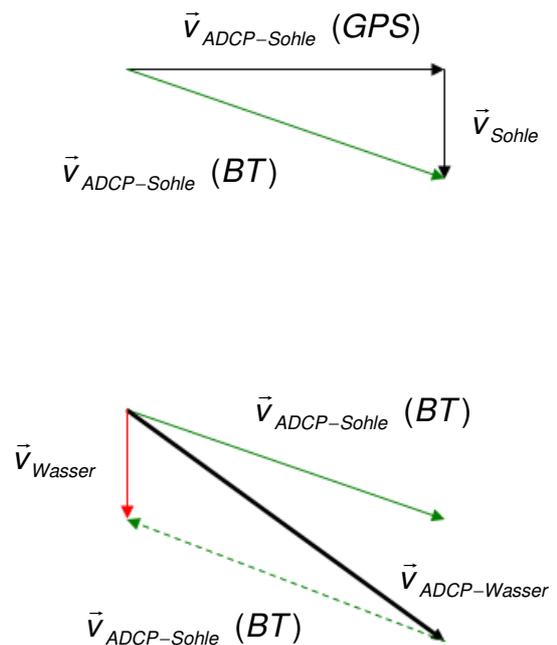


Abbildung 1: Berechnung der Fließgeschwindigkeit mit und ohne bewegter Sohle (SEBA, 2007)

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 kein Geschiebetrieb auftritt, kann die ADCP-Messung mittels Moving-Boat-Verfahren durchgeführt werden. Ist die Gewässersohle in Bewegung, gibt es zwei Möglichkeiten 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 eines Lotrechtenverfahrens vor, bei dem ähnlich der Flügelmessung in bestimmten Lotrechten des Gewässers, in denen das ADCP stabil gehalten wird, die Fließgeschwindigkeiten misst. Durch Interpolation kann der Durchfluss berechnet werden.

2.2 Section-by-Section Methode

Bei der Section-by-Section Methode wird das ADCP nicht über das Gewässer gezogen, sondern das Profil in Lotrechten gemessen. 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.

In der Software ViSea PDT können zwar die Schwebstoffkonzentrationen in den gemessenen Lotrechten dargestellt werden, eine Berechnung des Schwebstofftransportes ist mit der Software jedoch derzeit nicht möglich.

Abbildung 2 veranschaulicht die Durchführung einer Section-by-Section-Messung.

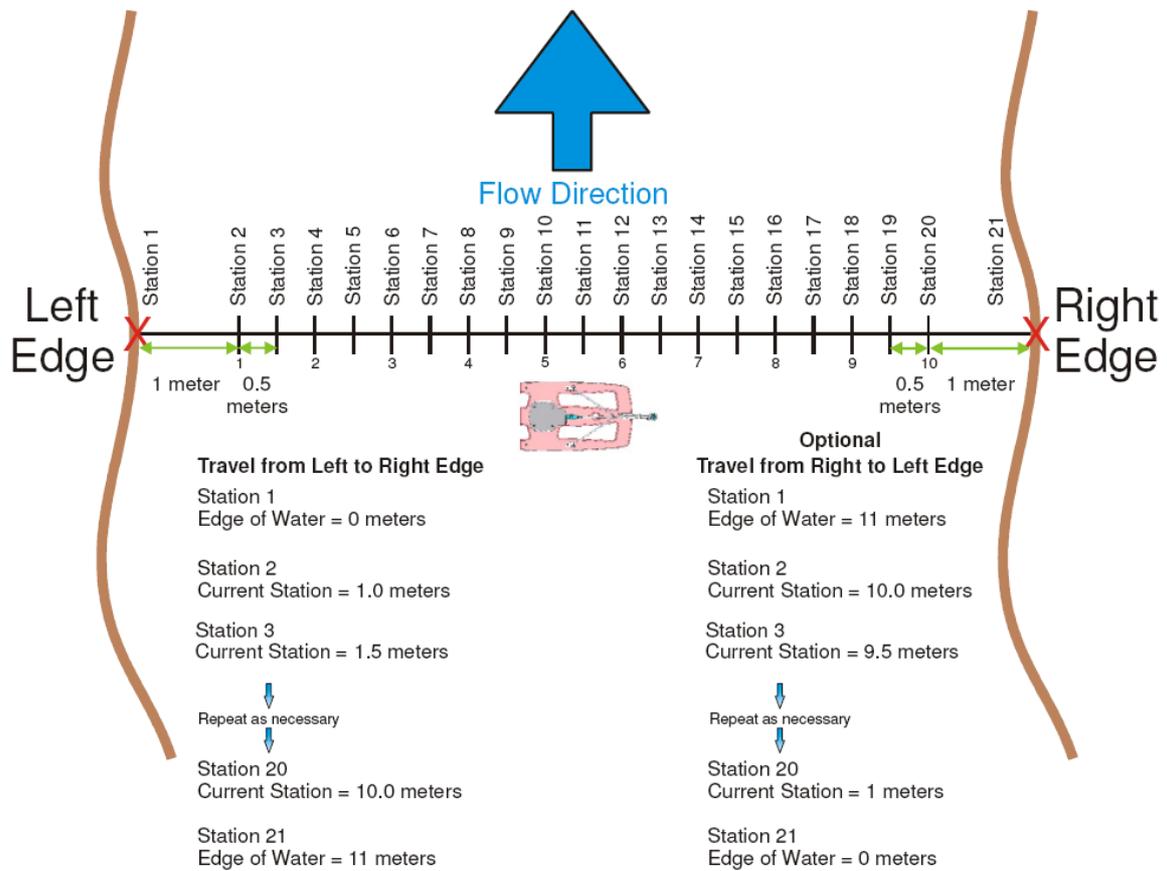


Abbildung 2: Durchführung einer Section-by-Section-Messung (Teledyne RD Instruments, 2006)

3 ERGEBNISSE

3.1 Vergleich Vielpunktentnahme mit ADCP-Messung

In Tabelle 1 sind alle ADCP-Messungen (mittels Moving-Boat-Methode) dargestellt, die im Jahr 2008 in den Bundesländern Kärnten, Oberösterreich, Steiermark und Tirol durchgeführt und im Bezug auf Schwebstoffkonzentrationen ausgewertet wurden. Um die Genauigkeit der Messungen bestimmen zu können, wurden diese mit den Ergebnissen der Vielpunktentnahmen verglichen und ebenfalls in Tabelle 1 dargestellt. Weiters werden die prozentuellen (prozentuelle Abweichungen über +/- 10% farbig hervorgehoben) und absoluten Abweichungen der ADCP-Auswertungen von den Vielpunktentnahmen, die Anzahl der gemessenen Lotrechten und die sich aus der Vielpunktentnahme ergebenden mittleren Schwebstoffkonzentrationen dargestellt.

Tabelle 1: Vergleich des mittels Vielpunktentnahme (VPE) und ADCP-Messung ermittelten Schwebstofftransportes und deren Abweichungen

Datum	Messstelle	Gewässer	Anzahl der Lotrechten	VPE [kg/s]	ADCP [kg/s]	Abweichung prozentuell [%]	Abweichung absolut [kg/s]	S _m
19.05.2008	Dellach	Drau	6	94.29	87.29	-7.42	-7.00	743.0
28.07.2008	Dellach	Drau	6	9.16	8.33	-9.06	-0.83	81.2
18.08.2008	Dellach	Drau	6	5.5	5.69	3.45	0.19	61.5
14.07.2008	Schärding	Inn	11	948.1	1033.79	9.04	85.69	570.6
25.01.2008	Admont	Enns	5	0.44	0.25	-43.18	-0.19	11.1
03.04.2008	Admont	Enns	5	0.76	0.72	-5.26	-0.04	12.7
08.07.2008	Admont	Enns	5	1.27	1.22	-3.94	-0.05	17.7
07.05.2008	Gestüthof	Mur	5	0.30	0.28	-6.67	-0.02	6.7
14.08.2008	Gestüthof	Mur	5	0.09	0.11	22.22	0.02	3.6
24.10.2008	Gestüthof	Mur	5	0.11	0.1	-9.09	-0.01	5.3
07.05.2008	Kapfenberg-Diamlach	Mürz	5	0.24	0.22	-8.33	-0.02	7.0
13.06.2008	Kapfenberg-Diamlach	Mürz	5	0.28	0.28	0.00	0.00	10.1
14.08.2008	Kapfenberg-Diamlach	Mürz	5	1.18	1.04	-11.86	-0.14	27.8
24.01.2008	Leibnitz	Sulm	5	0.03	0.03	0.00	0.00	4.5
26.03.2008	Leibnitz	Sulm	5	0.11	0.10	-9.09	-0.01	10.2
13.08.2008	Leibnitz	Sulm	5	0.10	0.08	-20.00	-0.02	15.1
31.10.2008	Leibnitz	Sulm	5	0.03	0.02	-33.33	-0.01	4.2
24.01.2008	Mureck	Mur	5	0.31	0.27	-12.90	-0.04	3.6
26.03.2008	Mureck	Mur	5	0.77	0.62	-19.48	-0.15	8.2
13.08.2008	Mureck	Mur	5	3.15	2.59	-17.78	-0.56	29.2
31.10.2008	Mureck	Mur	5	6.68	6.37	-4.64	-0.31	39.2
10.09.2008	Brixlegg	Inn	3		47.37			
11.09.2008	Hart	Ziller	3		6.59			
11.09.2008	Innsbruck	Inn	3		63.36			
10.09.2008	Oberaudorf	Inn	4		16.15			

Es zeigt sich, dass die prozentuellen Abweichungen mit über 20 % durchaus groß sein können. Diese hohen Abweichungen treten vor allem bei niedrigen Schwebstoffkonzentrationen auf, so dass die absoluten Abweichungen lediglich maximal 0,2 kg/s betragen. Allerdings weisen auch die Messungen in Kapfenberg/Mürz und Mureck/Mur Abweichungen von >10 % auf, obwohl diese bei mittleren Schwebstoffkonzentrationen zwischen 25 und 30 mg/l durchgeführt wurden. Die Ergebnisse des Vorjahres (Habersack,

2008), die hohe prozentuelle Abweichungen ebenfalls bei niedrigen Schwebstoffkonzentrationen ergaben, wurden damit teilweise bestätigt.

3.2 Ergebnisse Oberösterreich

3.2.1 ADCP-Messung Schärding/Inn

An der Messstelle Schärding/Inn wird die die Schwebstoffverteilung von einer rund 250 m langen Brücke aus bestimmt. Die Schwierigkeit bei der Durchführung der Messung liegt an der hohen Anzahl an Brückenpfeilern, die diese Brücke aufweist (Abbildung 3).



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

Durch den schmalen Gehsteig und die hohe Anzahl an Laternen auf der Brücke wird der Einsatz eines Messanhängers erschwert. Deshalb wurde der Sammler mit einer Handseilwinde manövriert. Um den Sammler nicht jedes Mal bis zur Brücke nach oben heben zu müssen, wurden die Probenflaschen von einem Boot aus gewechselt (Abbildung 4).



Abbildung 4: Schwebstoffmessung an der Messstelle Schärding/Inn (Foto: Wakolbinger)

Die anschließende ADCP-Messung wurde ebenfalls vom Boot aus, indem das ADCP seitlich mitgeführt wurde, durchgeführt. Eine Messung knapp unterhalb der Brücke war kaum möglich. Es konnte zwar eine Messfahrt durchgeführt werden, jedoch nicht die nötige Anzahl von vier Messungen, um den Durchfluss exakt bestimmen zu können. In Abbildung 5 sind die mittels ADCP gemessenen Fließgeschwindigkeiten dargestellt. In der Abbildung ist noch deutlich der Einfluss der Brückenpfeiler auf die Fließgeschwindigkeitsverteilung zu erkennen. Zusätzlich wurden weiter flussab bei gleichmäßigeren Strömungsbedingungen ebenfalls ADCP-Messungen durchgeführt. Durch den geringeren Einfluss der Brückenpfeiler lieferten die Messungen hier plausible Ergebnisse. Die in den beiden Profilen bestimmten Durchflüsse weisen ähnliche Werte auf, sodass die ADCP-Messung in Brückennähe für die Schwebstoffauswertung herangezogen werden kann. Das Ergebnis ist in Abbildung 6 dargestellt. In der rechten Hälfte des Profils treten generell niedrigere Schwebstoffkonzentration auf, jedoch ist auch hier der Einfluss der Brückenpfeiler auf die Verteilung noch zu erkennen. Im Vergleich mit der Auswertung der Vielpunktentnahme wird mittels ADCP-Messung ein höherer Schwebstofftransport berechnet. Die Abweichung des Ergebnisses aus der ADCP-Messung (1033,79 kg/s) von jenem der Vielpunktentnahme (948,1 kg/s) beträgt 9 %.

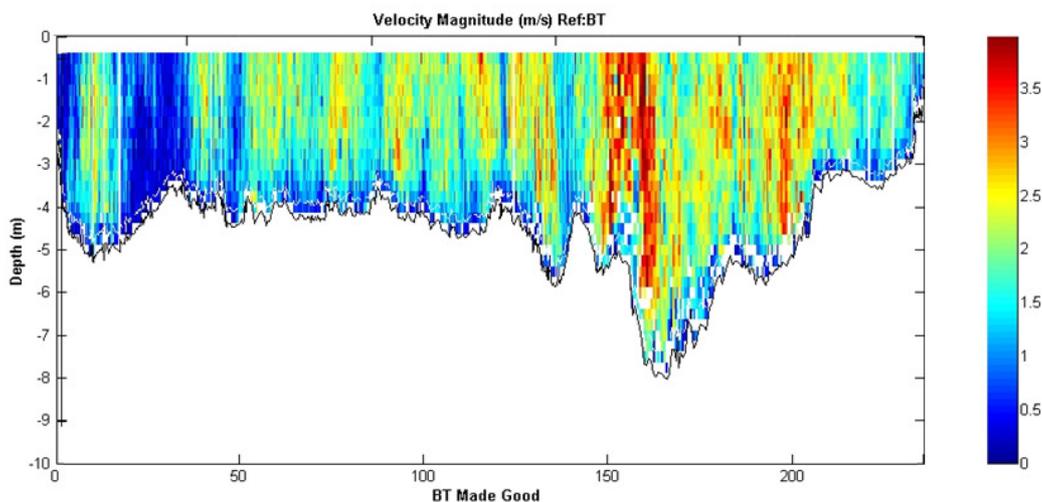


Abbildung 5: Geschwindigkeitsverteilung der ADCP-Messung knapp unterhalb der Brücke vom 14.07.2008

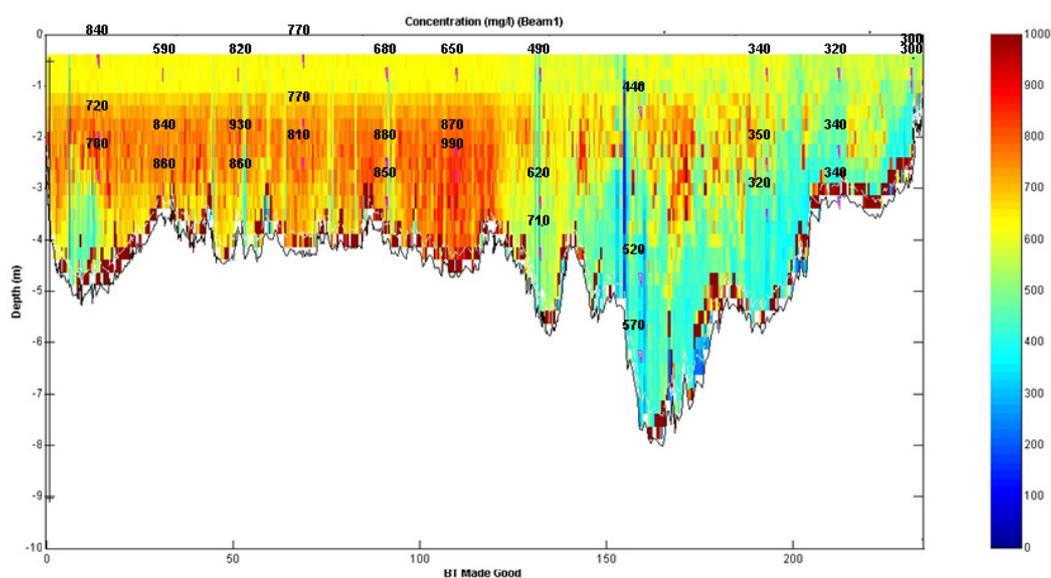


Abbildung 6: Schwebstoffverteilung der ADCP-Messung knapp unterhalb der Brücke vom 14.07.2008

3.2.2 Querprofilbeiwert

An der Messstelle Steyr/Enns wurden bereits einige Messungen durchgeführt, jedoch fanden diese zumeist bei niedrigen Wasserständen statt. Der einzige hohe Wert, der bereits im Jahr 2005 gemessen wurde konnte im vergangenen Jahr durch eine weitere Messung bei hohen Durchflüssen ergänzt und bestätigt werden. Deshalb scheint eine fallende Beziehung zwischen Durchfluss und Querprofilbeiwert für diese Messstelle anwendbar zu sein. Weitere Messungen, vor allem bei Durchflüssen zwischen 400 und 1000 m³/s, sind jedoch notwendig, um den Zusammenhang abzusichern (Abbildung 7).

In Wels/Traun wurden im Jahr 2008 keine Messungen durchgeführt. Da an dieser Messstelle aus den wenigen Messungen, die bereits in den vorangegangenen Jahren durchgeführt wurden, keine eindeutige Beziehung zu erkennen ist, wären dringend weitere Messungen notwendig (Abbildung 8).

Bei der Messstelle Schärding/Inn handelt es sich um eine relativ neue Messstelle. Im Jahr 2008 wurde eine erste Vielpunktentnahme mit anschließender ADCP-Messung durchgeführt. Da nur eine Messung vorhanden ist, kann noch keine Aussage über die Beziehung zwischen Durchfluss und Querprofilbeiwert gemacht werden.

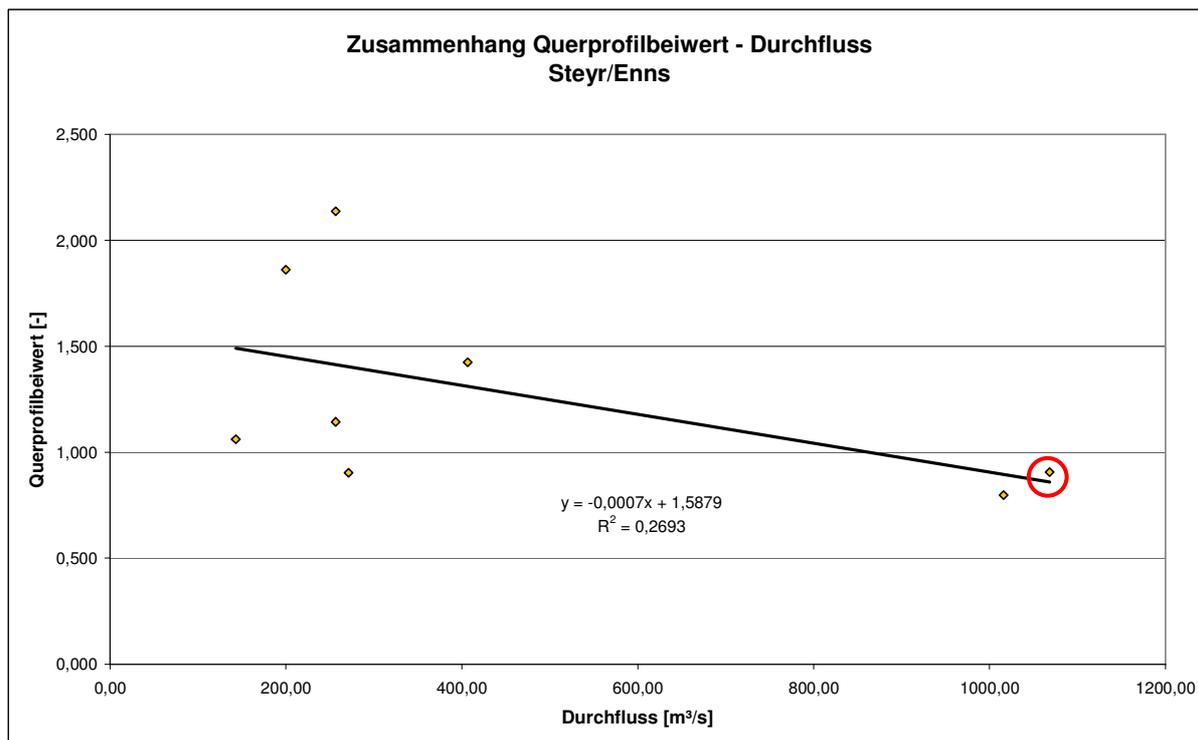


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Steyr/Enns

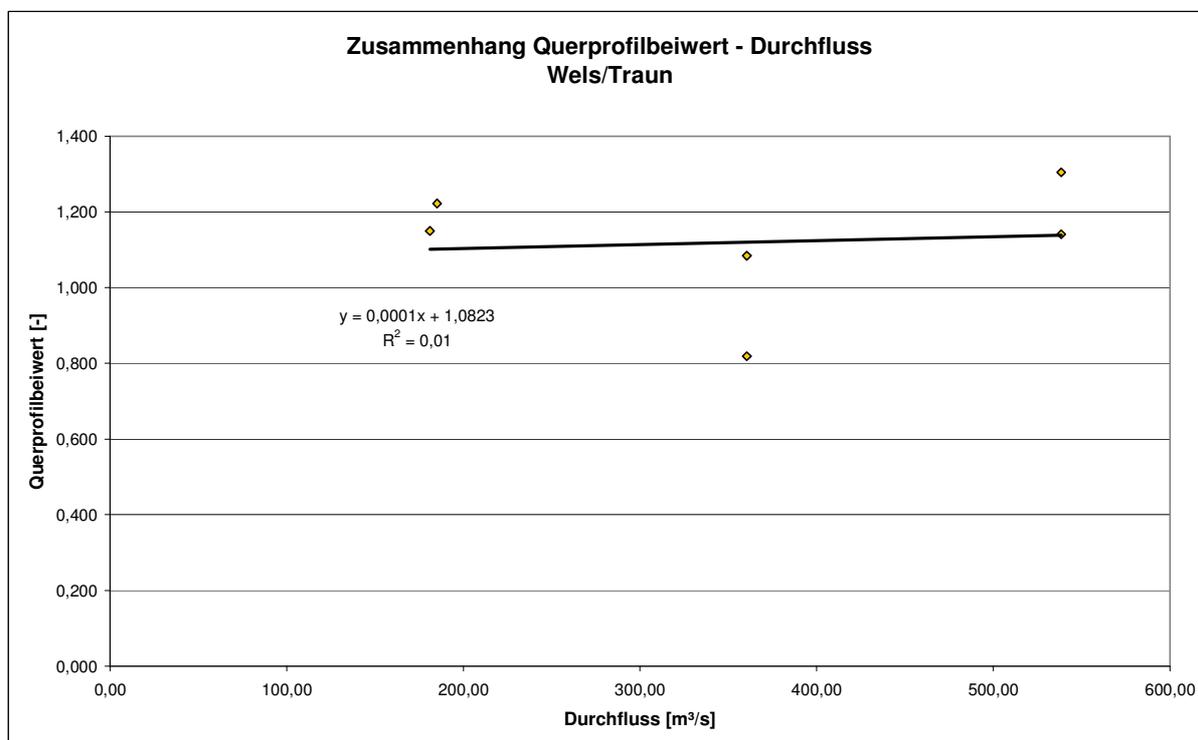


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Wels/Traun

3.3 Ergebnisse Tirol

3.3.1 ADCP-Messungen

Im Jahr 2007 wurden einige ADCP-Messungen mit dem Gerät Stream Pro an unterschiedlichen Messstellen durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass dieses Gerät aufgrund der limitierten Messtiefe von zwei Metern (in der Standardausstattung), der Untauglichkeit aufgrund der hohen Messfrequenz bei höheren Schwebstoffkonzentrationen sowie der geringen Stabilität des Geräteträgers für Tiroler Gewässer nicht geeignet ist. Weitere Messungen an den Messstellen Hart/Ziller, Brixlegg/Inn und Lechaschau/Lech im Jahr 2008 haben diese Ergebnisse bestätigt. Daher wurde im Jahr 2007 begonnen über Kooperation mit dem HD Steiermark das Gerät Rio Grande zu testen. Am 10. und 11. September 2008 wurde diese Testreihe mit einem Gerät der AHP Kärnten fortgesetzt. Dabei wurden am Inn an den Messstellen Oberaudorf, Kufstein, Brixlegg und Innsbruck, an der Öztaler Ache in Tumpen sowie am Ziller in Hart Durchflussmessungen durchgeführt. Der Einsatz des ADCPs Rio Grande war außer an der Messstelle Tumpen möglich und die Messungen zeigen brauchbare und im Vergleich der mittels Pegelschlüssel ermittelten Durchflüsse gute Ergebnisse. Die Messungen an der Pegelstelle Tumpen konnte aufgrund der dort vorherrschenden hohen Turbulenzen nicht durchgeführt werden. An den Messstellen Oberaudorf, Brixlegg, Innsbruck und Hart wurden zusätzlich noch Schwebstoffproben entnommen, um die ADCP-Messungen auch für die Bestimmung der Verteilung der Schwebstoffkonzentrationen und Schwebstofftransport heranziehen zu können. Die Ergebnisse der ADCP-Messungen bezüglich des Schwebstofftransportes sind in Tabelle 2 dargestellt. Eine Auswertung der Messungen als Vielpunktentnahme ist aufgrund der geringen Anzahl der Messlotrechten nicht zulässig, weshalb kein Vergleich der beiden Messmethoden durchgeführt werden kann.

Tabelle 2: Ergebnisse der ADCP-Messungen in Tirol

Datum	Messstelle	Durchfluss	Anzahl der Lotrechten	ADCP	sm
		[m ³ /s]		[kg/s]	[mg/l]
10/09/2008	Oberaudorf / Inn	325	4	16.84	51.8
10/09/2008	Brixlegg / Inn	360	3	47.72	132.6
11/09/2008	Innsbruck / Inn	195	3	68.16	349.5
11/09/2008	Hart / Ziller	76	3	7.23	95.3

Abbildung 9 bis Abbildung 12 zeigen die Auswertung der ADCP-Messungen bezüglich Schwebstoffkonzentration mit der Software ViSea PDT für die Messstellen Oberaudorf/Inn, Brixlegg/Inn, Innsbruck/Inn und Hart/Ziller.

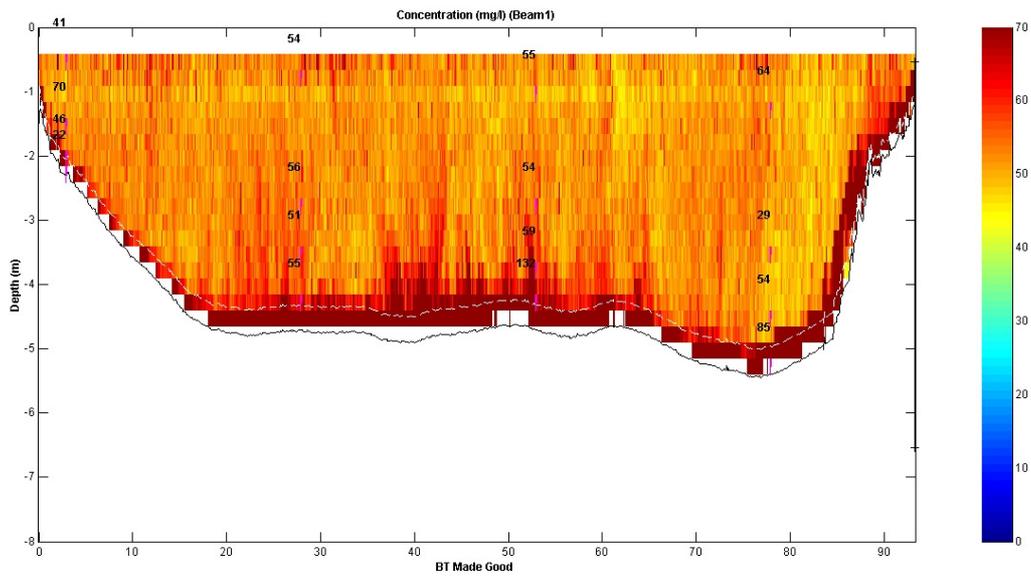


Abbildung 9: ADCP-Auswertung vom 10.09.2008 an der Messstelle Oberaudorf/Inn

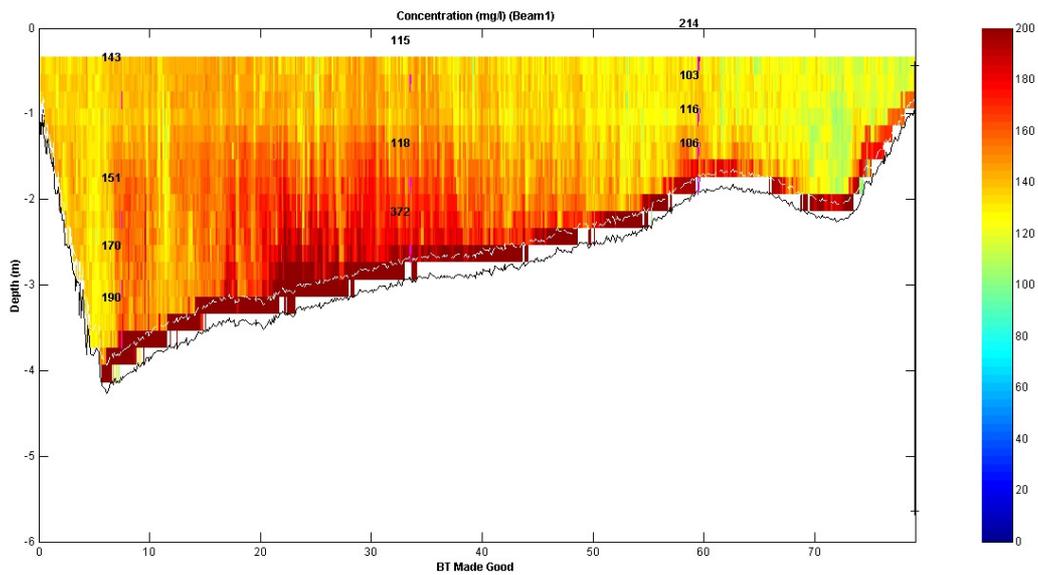


Abbildung 10: ADCP-Auswertung vom 10.09.2008 an der Messstelle Brixlegg/Inn

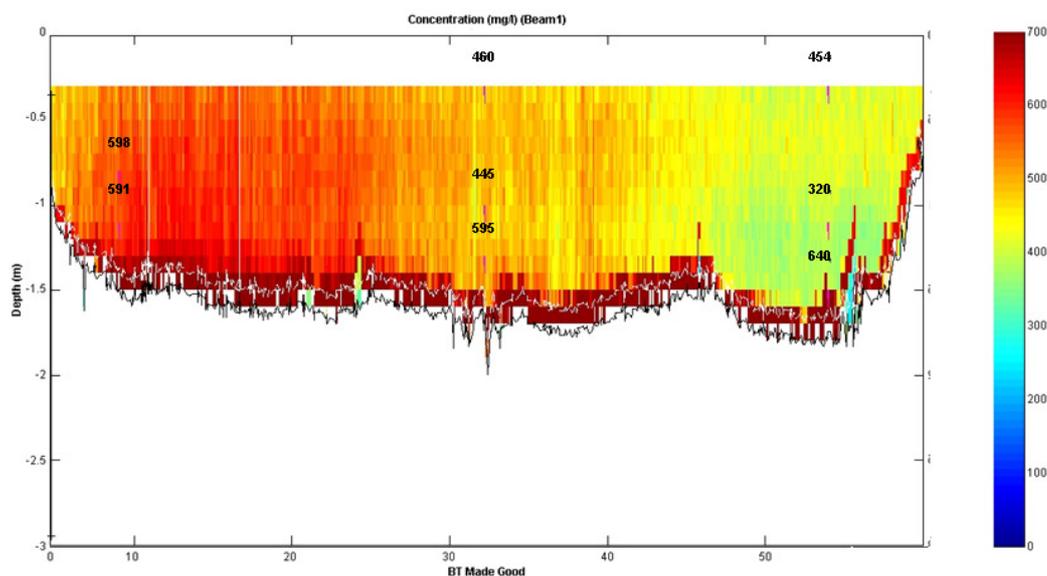


Abbildung 11: ADCP-Auswertung vom 11.09.2008 an der Messstelle Innsbruck/Inn

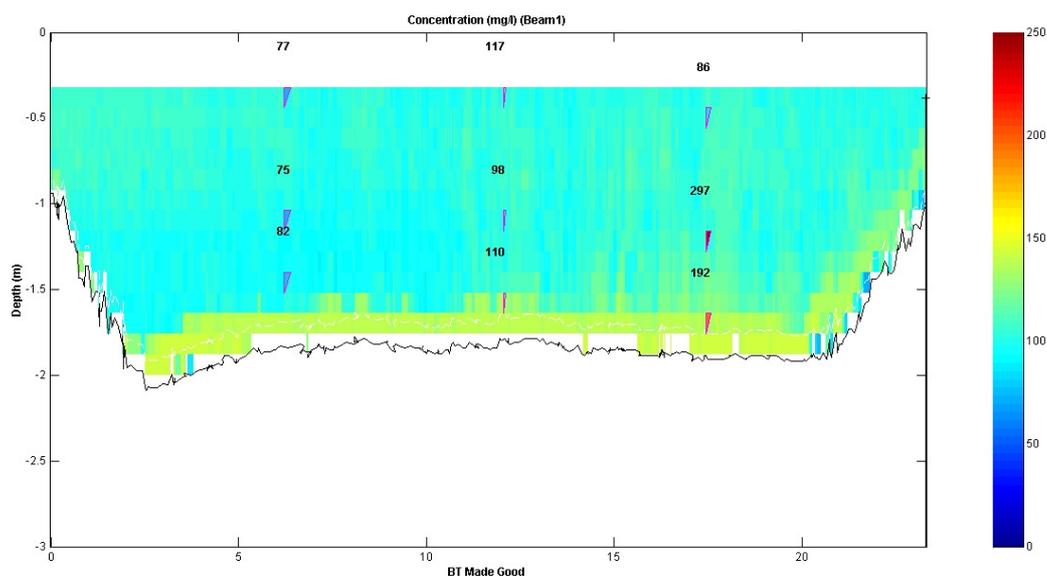


Abbildung 12: ADCP-Auswertung vom 11.09.2008 an der Messstelle Hart/Ziller

3.3.2 Querprofilbeiwert

Die Ergebnisse aus den ADCP-Messungen dienen ebenso wie die Ergebnisse der Vielpunktentnahmen dazu, die Beziehung zwischen Querprofilbeiwert und Durchfluss weiter abzusichern. Abbildung 13 bis Abbildung 25 zeigen diese für die Tiroler Messstellen (Stand Ende 2008). Aus den Abbildungen ist deutlich zu erkennen, dass die Zusammenhänge der einzelnen Messstellen unterschiedliche Qualität aufweisen. An einigen Messstellen sind noch zu wenige Messungen vorhanden, um gesicherte Aussagen über die Beziehung zwischen Querprofilbeiwert und Durchfluss tätigen zu können. Dabei handelt es sich vor

allem um die Messstellen Hart/Ziller, Innsbruck/Sill, Landeck/Sanna, Rattenberg/Inn und Vent/Rofenache. An andere Messstellen fand zwar schon eine höhere Anzahl an Messungen, allerdings bei sehr ähnlichen Durchflüssen, statt. So wurde z.B. an der Messstelle Lienz-Falkenstein/Drau noch keine Messung über MQ durchgeführt. An diesen Messstellen sollte zukünftig vermehrt gemessen werden. Gute Ergebnisse sind etwa bereits an den Messstellen Innsbruck/Inn, Kössen-Hütte/Großache und Oberaudorf/Inn vorhanden.

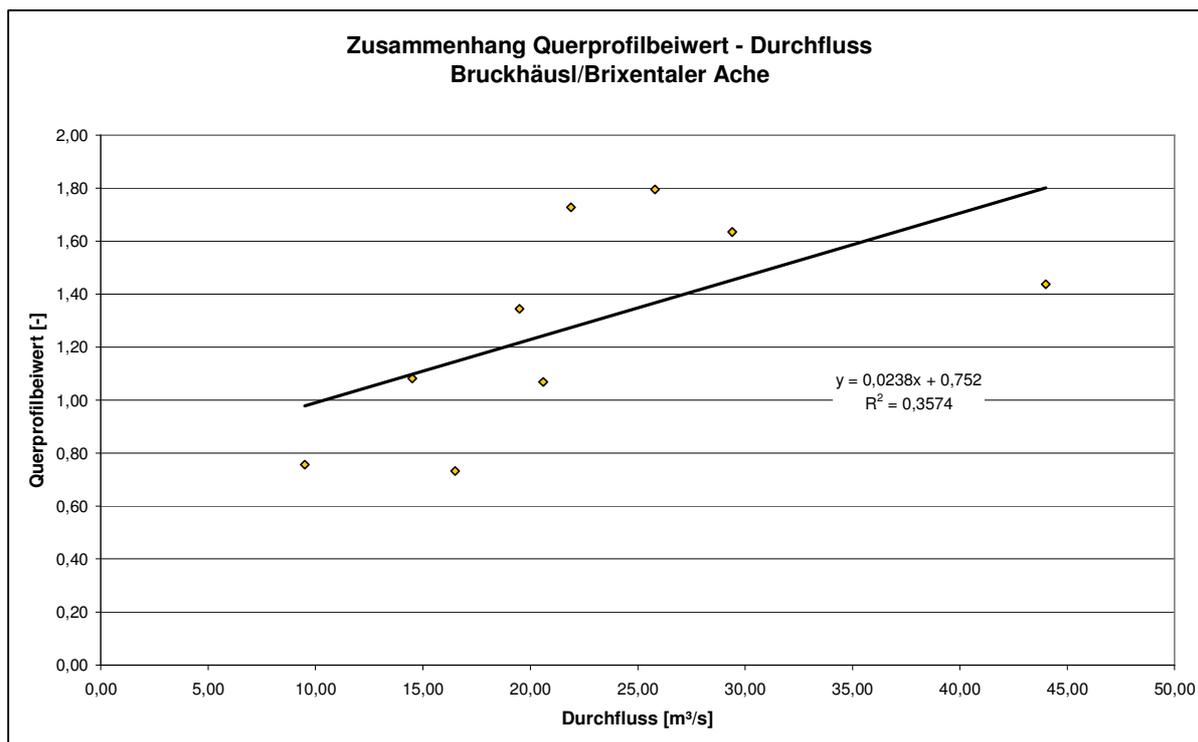


Abbildung 13: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Bruckhäusl/Brixentaler Ache

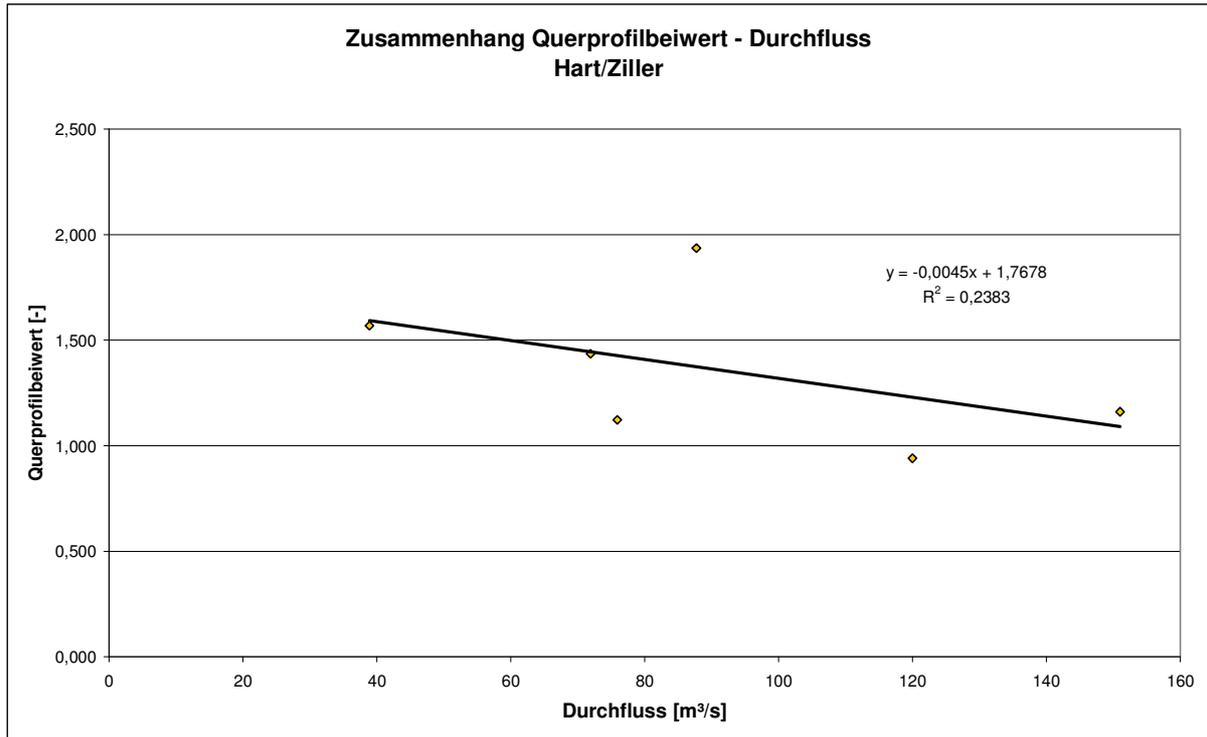


Abbildung 14: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Hart/Ziller

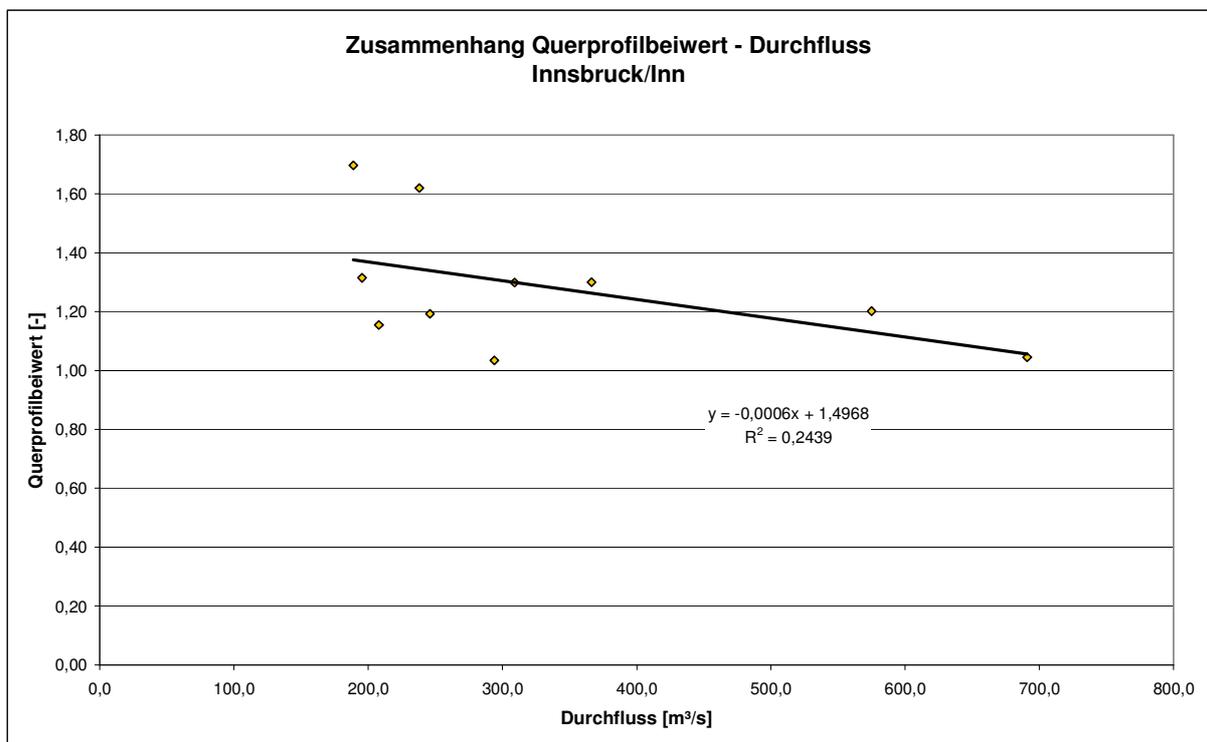


Abbildung 15: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Innsbruck/Inn

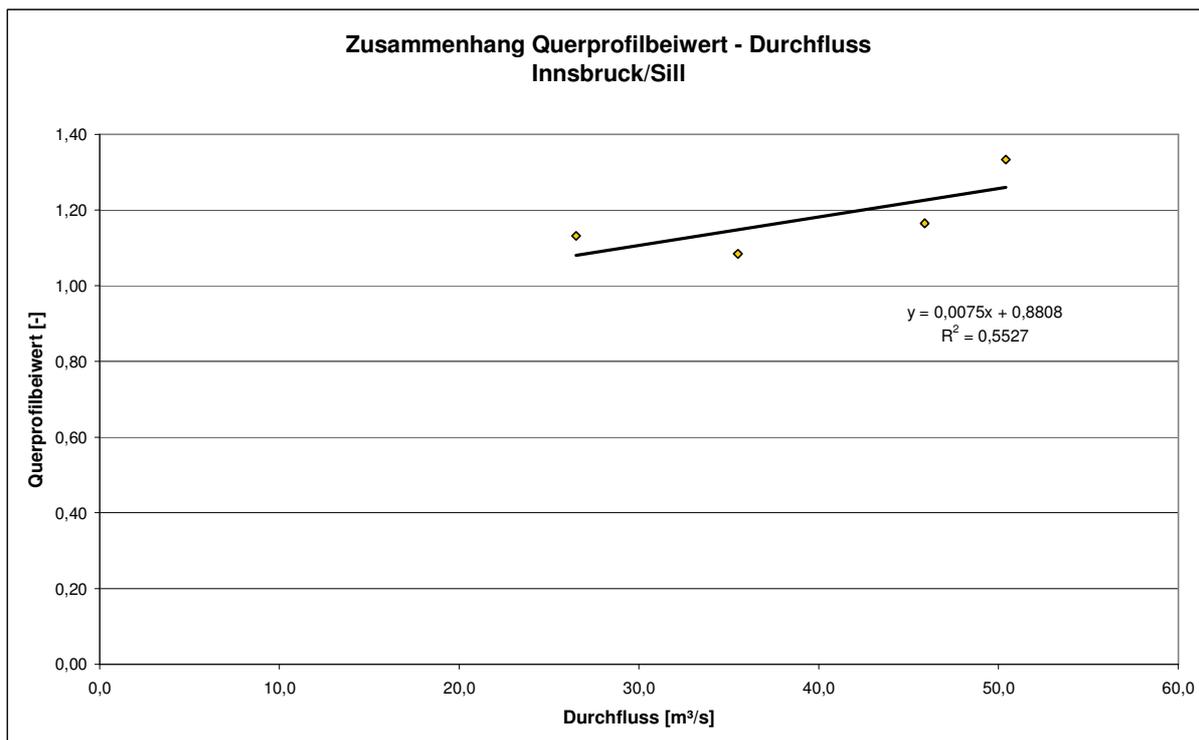


Abbildung 16: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Innsbruck/Sill

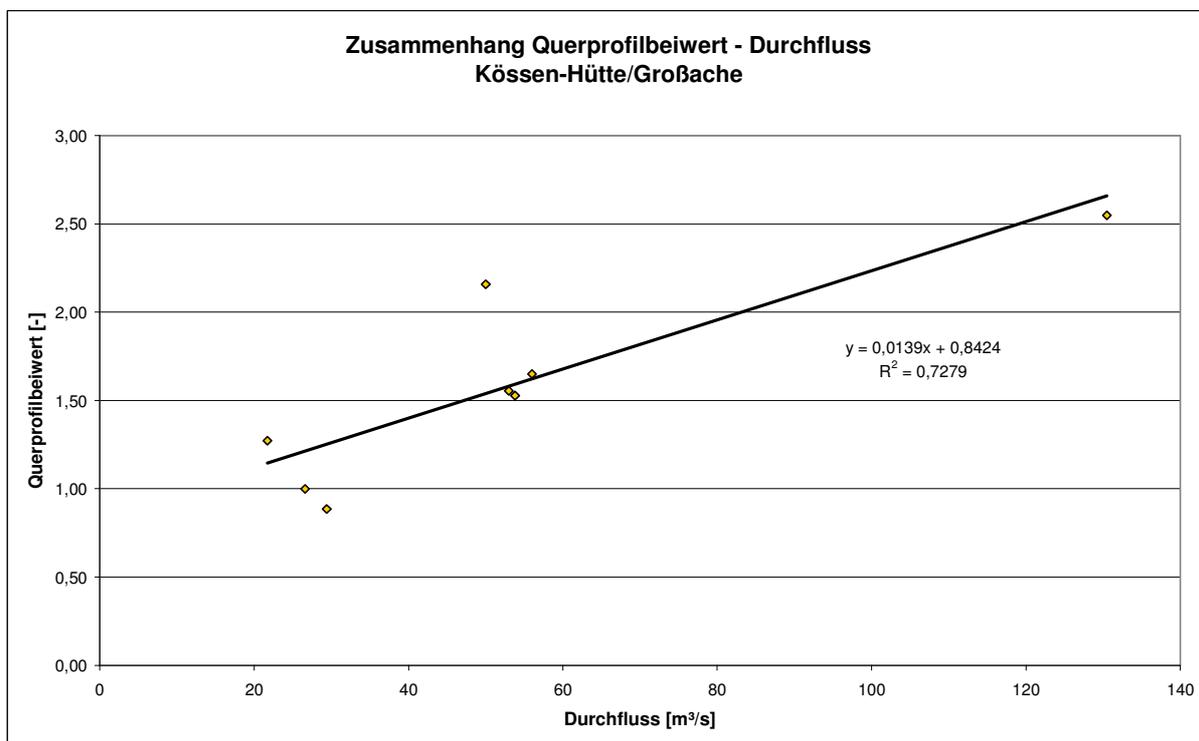


Abbildung 17: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Kössen-Hütte/Großbache

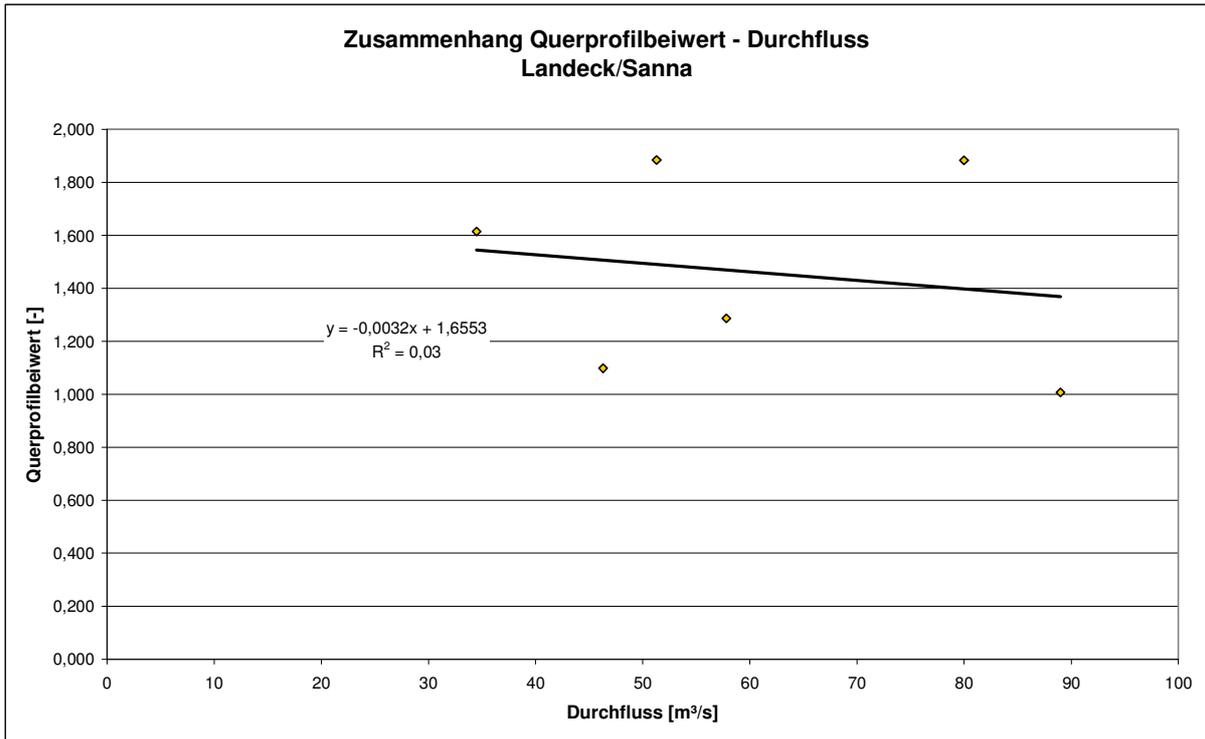


Abbildung 18: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Landeck/Sanna

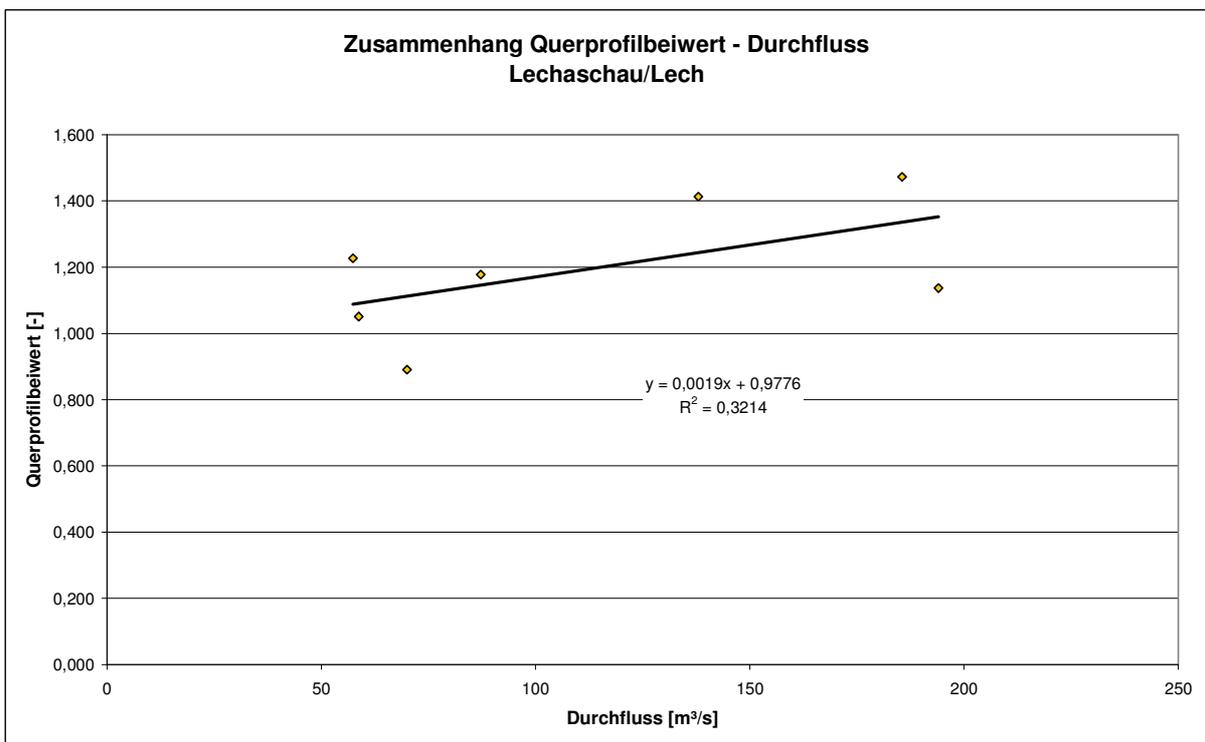


Abbildung 19: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Lechaschau/Lech

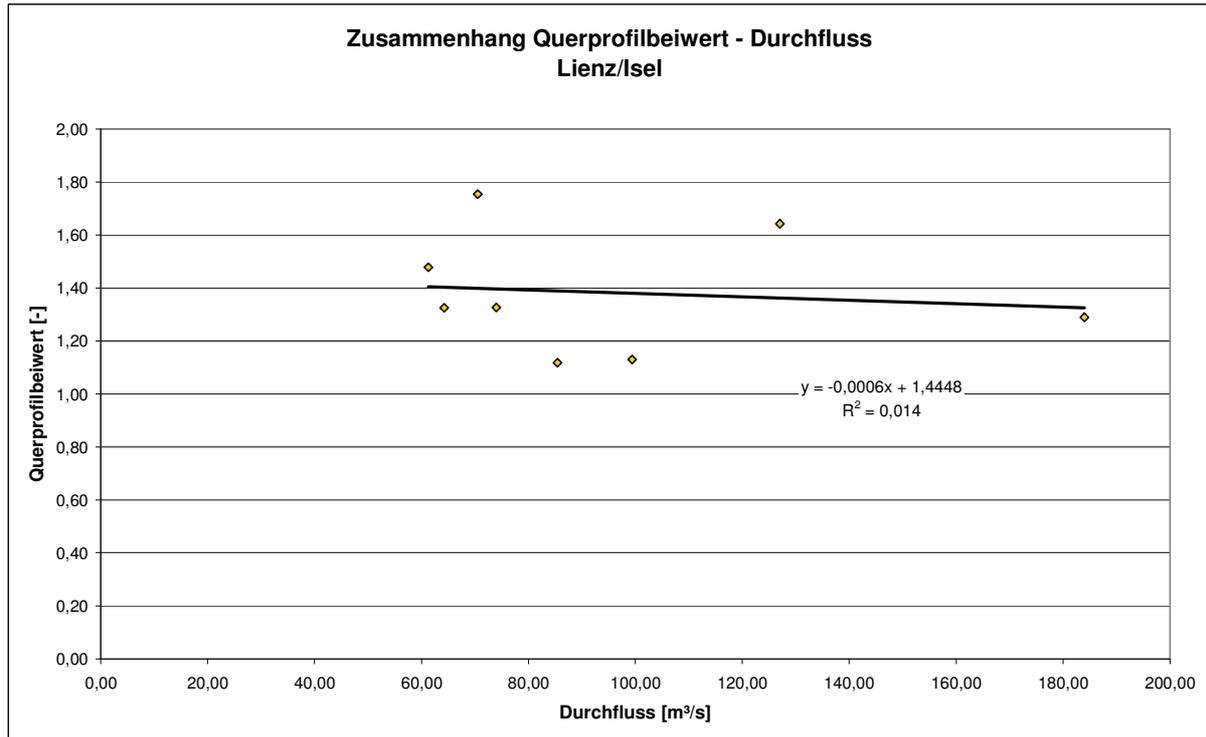


Abbildung 20: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Lienz/Isel

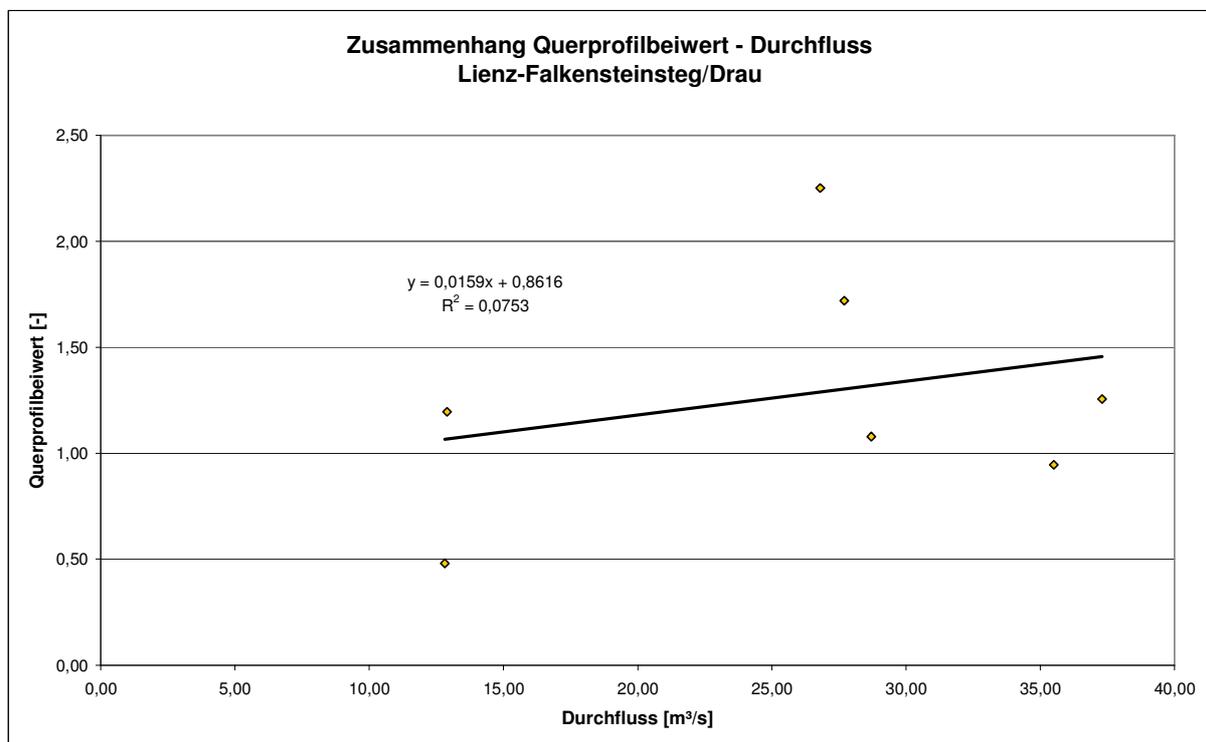


Abbildung 21: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Lienz-Falkensteinsteig/Drau

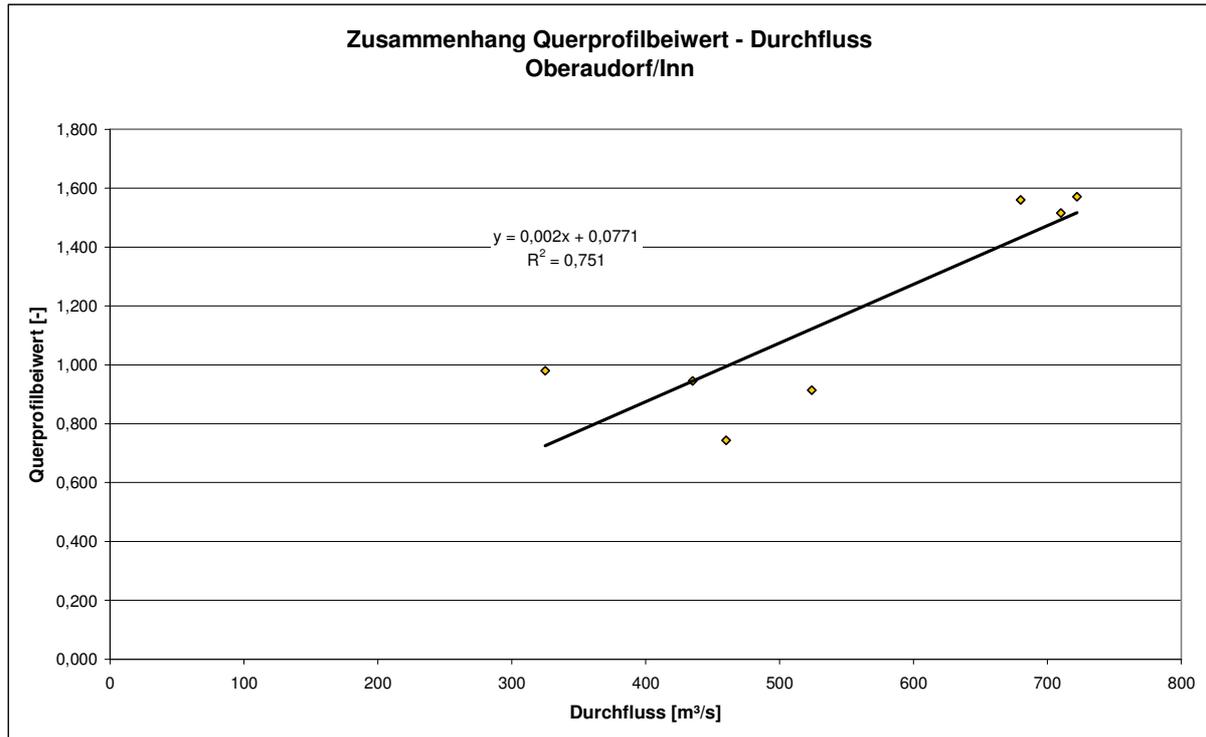


Abbildung 22: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Oberaudorf/Inn

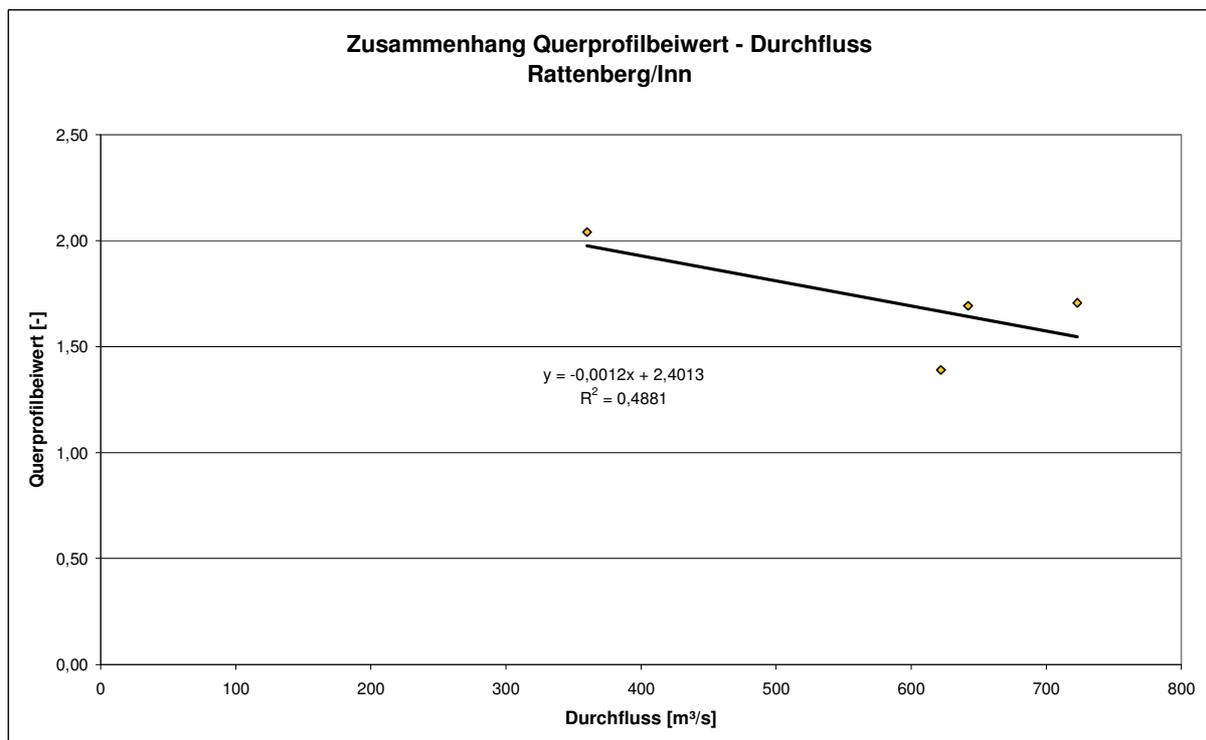


Abbildung 23: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Rattenberg/Inn

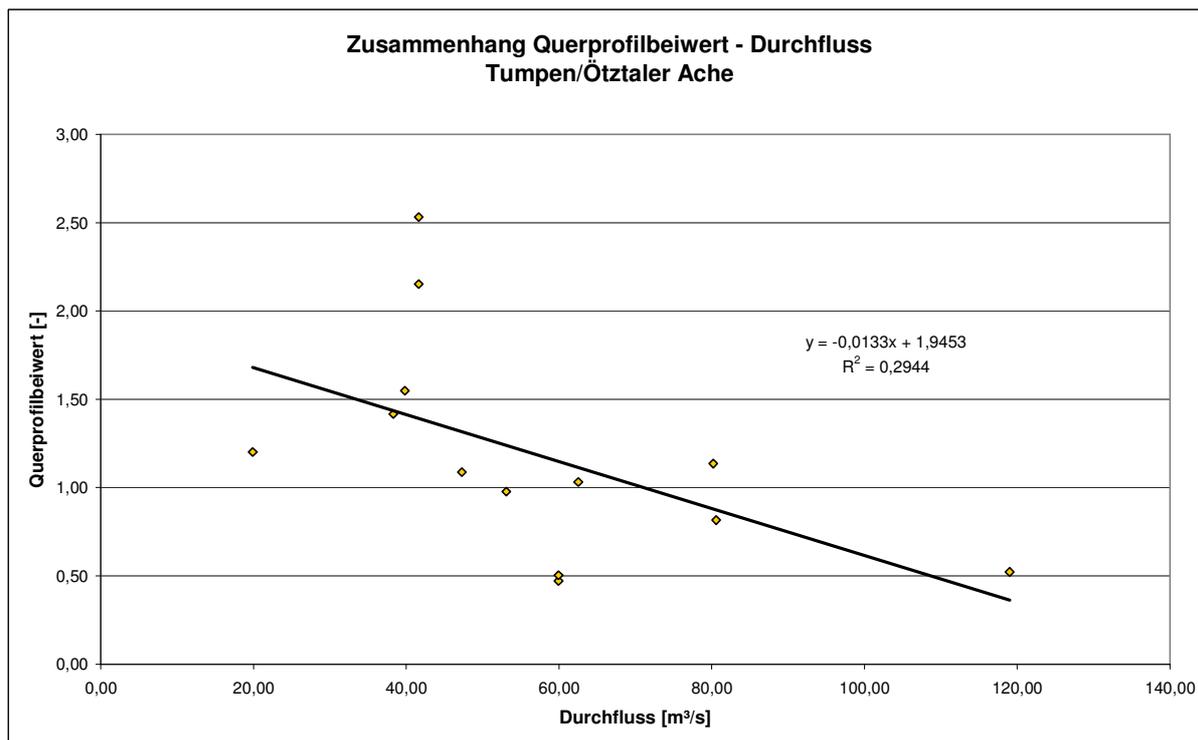


Abbildung 24: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Tumpen/Öztaler Ache

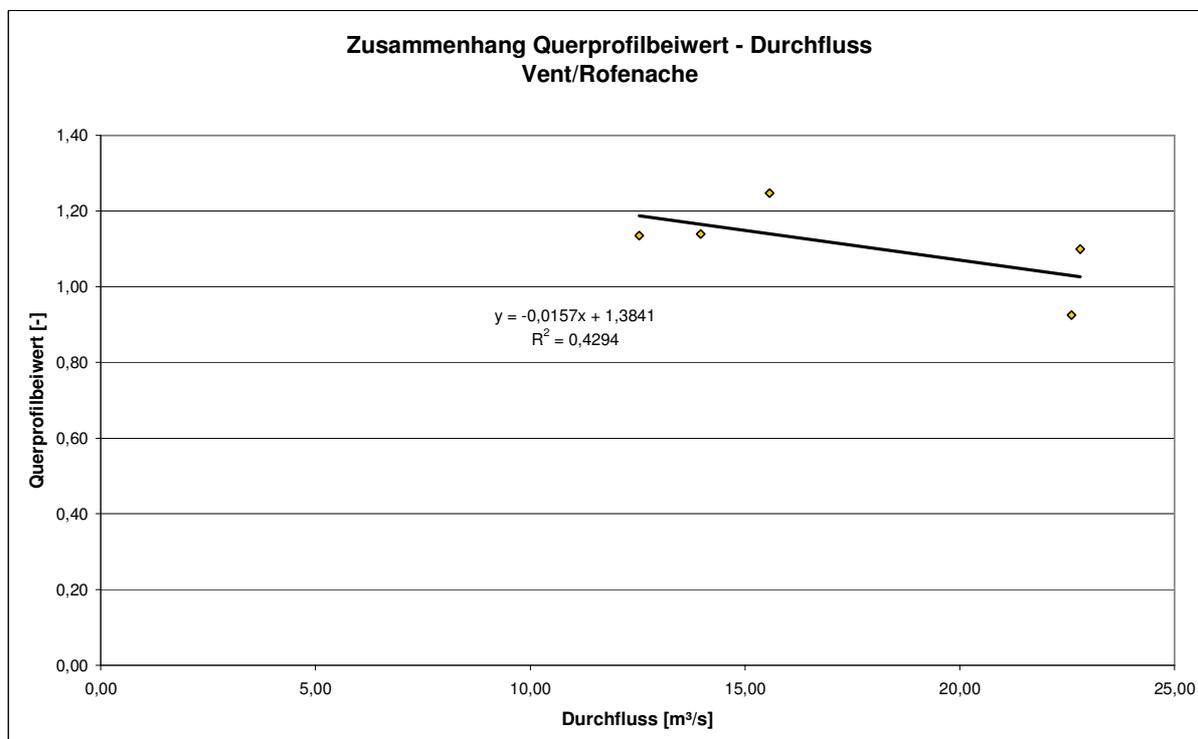


Abbildung 25: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Vent/Rofenache

3.4 Ergebnisse Steiermark

3.4.1 Section-by-Section Messung

Bei den Moving-Boat-Messungen erfolgte die Ermittlung der Schwebstoffkonzentration als auch des Schwebstofftransportes mit der Software ViSea Plume Detection Toolbox (PDT). Die Auswertung der Section-by-Section-Messungen mit der Software ist derzeit nur in Bezug auf die Schwebstoffkonzentration der gemessenen ADCP-Lotrechte möglich (Abbildung 26). Die Extrapolation über das gesamte Querprofil sowie die Berechnung des Schwebstofftransportes muss extern erfolgen und wurde analog zur Auswertung der Vielpunktentnahmen durchgeführt. Die ADCP-Messungen in den einzelnen Lotrechten dauern mehrere Minuten, sodass die Schwankungen der Schwebstoffkonzentration berücksichtigt werden und somit ein minimaler, maximaler und mittlerer Schwebstofftransport für den Zeitraum berechnet werden konnte.

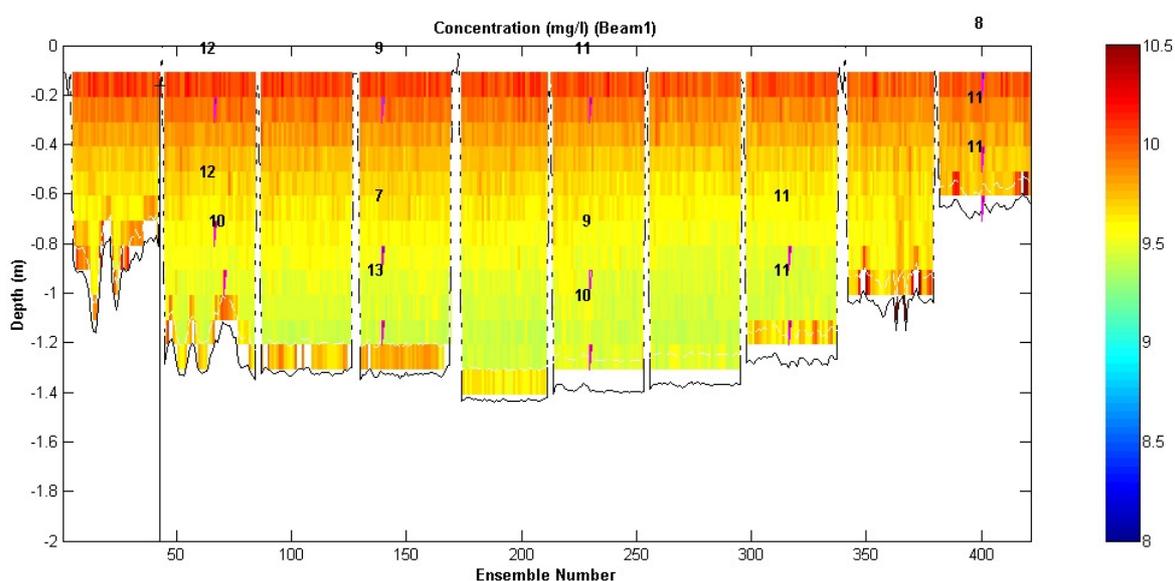


Abbildung 26: Auswertung einer Section-by-Section-Messung mittels ViSea PDT

Die Ergebnisse der Section-by-Section-Messungen, der Moving-Boat-Messungen und der Vielpunktentnahmen sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Ergebnisse der Section-by-Section-Messungen liegen im Bereich der Ergebnisse aus den anderen beiden Messmethoden und dürften daher für die Schwebstoffmessung geeignet sein. Die Auswertung der Section-by-Section-Messungen ist auf diese Weise noch recht zeitaufwendig, weshalb eine Möglichkeit zur Auswertung innerhalb der Software wünschenswert wäre.

Tabelle 3: Vergleich des mittels Vielpunktentnahme (VPE), Section-by-Section-Messung und Moving-Boat-Messung bestimmten Schwebstofftransportes

Datum	Messstelle	VPE	SbS min	SbS mittel	SbS max	moving boat
		[kg/s]	[kg/s]	[kg/s]	[kg/s]	[kg/s]
09.06.2008	Mureck / Mur	31,3	28,87	29,03	29,19	
		100,00%	92,24%	92,75%	93,26%	
13.08.2008	Mureck / Mur	3,15	2,53	2,64	2,75	2,61
		100,00%	80,32%	83,81%	87,30%	82,86%
14.08.2008	Gestüthof / Mur	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11
		100,00%	105,56%	116,67%	126,67%	122,22%
13.06.2008	Kapfenberg / Mürz	0,28	0,24	0,25	0,25	0,28
		100,00%	85,71%	89,29%	89,29%	100,00%
13.08.2008	Leibnitz / Sulm	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
		100,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%

3.4.2 Reduktion der Lotrechten

Schwebstoffmessstelle Mureck/Mur

Die Untersuchungen zur Möglichkeit zur Reduktion der Lotrechten für die Probenentnahmen wurden im Jahr 2007 begonnen und im Jahr 2008 fortgesetzt. Dabei wurde immer in denselben fünf Lotrechten gemessen (Abbildung 27), die jedoch zum Teil nicht mit der Stationierung aus den Jahren zuvor übereinstimmt. Die Ergebnisse aus dem Vorjahr wurden so weit möglich an diese Lotrechten angepasst und in den Ergebnissen berücksichtigt.

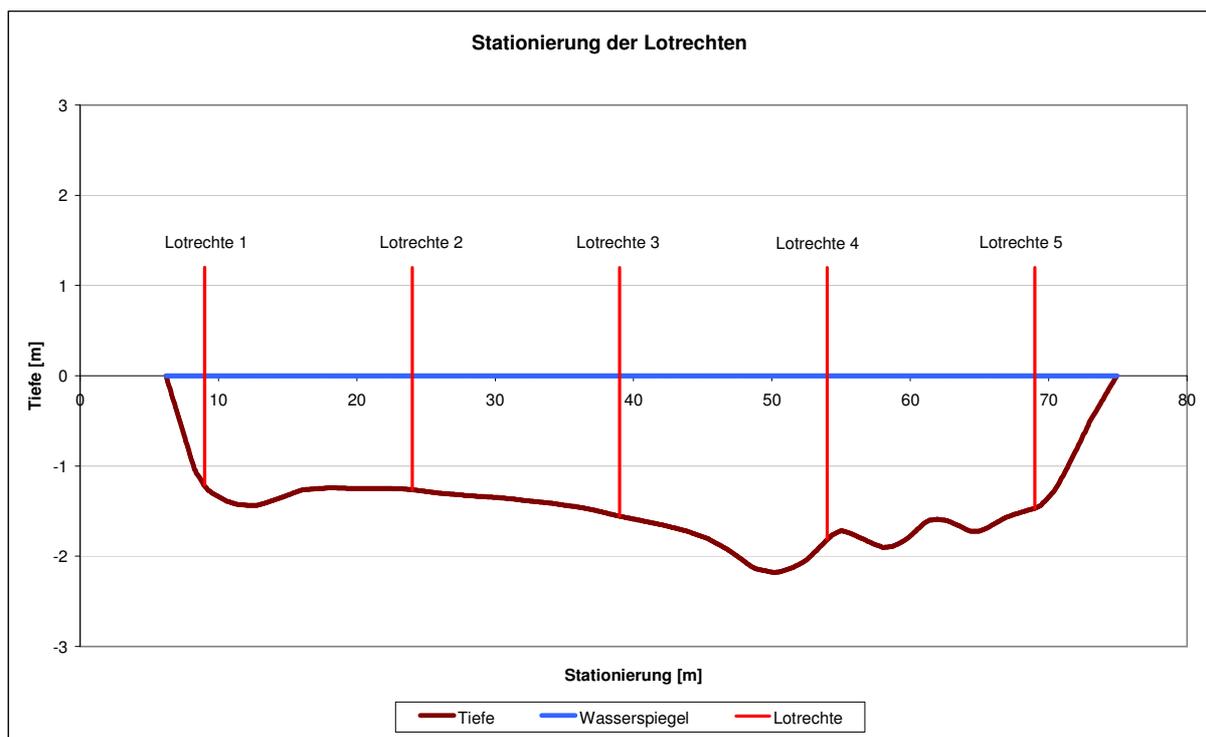


Abbildung 27: Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur

Während im Jahr 2007 bei einer Berücksichtigung von drei Lotrechten noch alle Kombinationen innerhalb einer Abweichung von maximal 10 % lagen, weisen die Ergebnisse im Jahr 2008 größere Differenzen auf. Maximale Abweichungen von über 25 % treten auf und lediglich eine Kombination (Lotrechte 1, 2 und 5) weist bei keiner Messung Abweichungen von über 5 % auf (Abbildung 28). Auch die Abweichungen unter Berücksichtigung von lediglich zwei Lotrechten nahmen stark zu und nur noch eine Kombination liegt innerhalb von 10 % (Lotrechten 1 und 5; Abbildung 29).

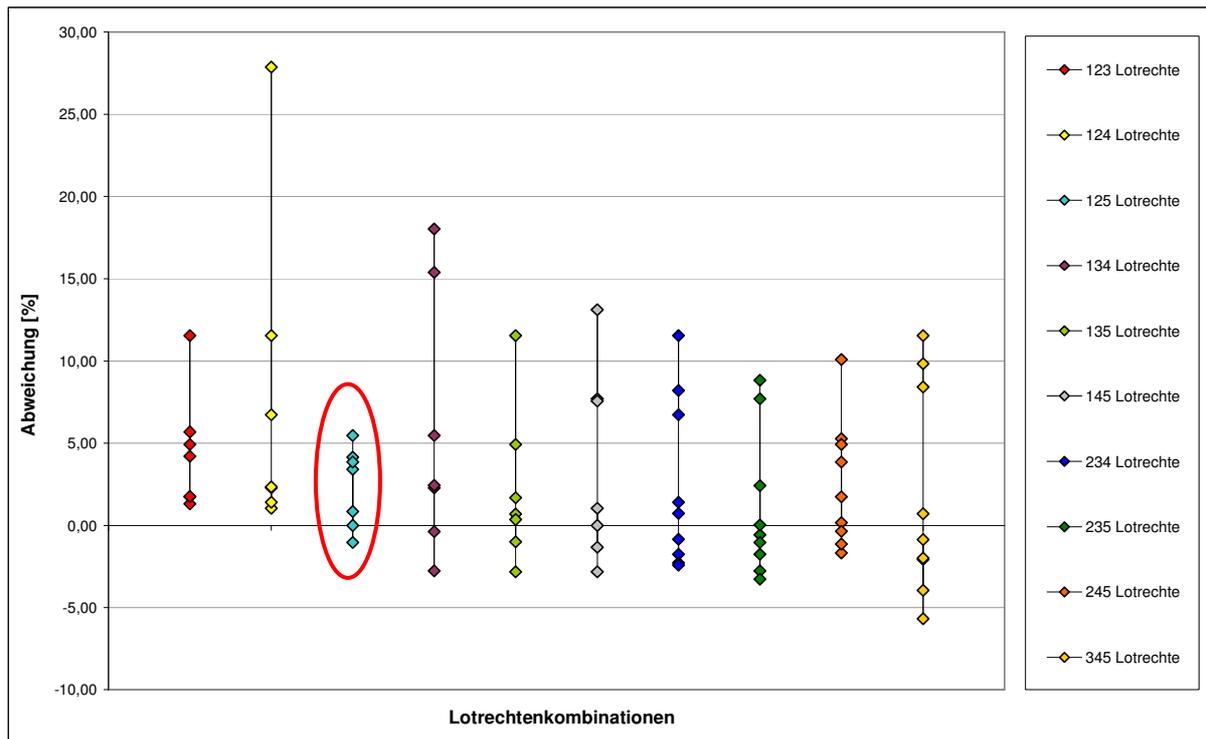


Abbildung 28: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur

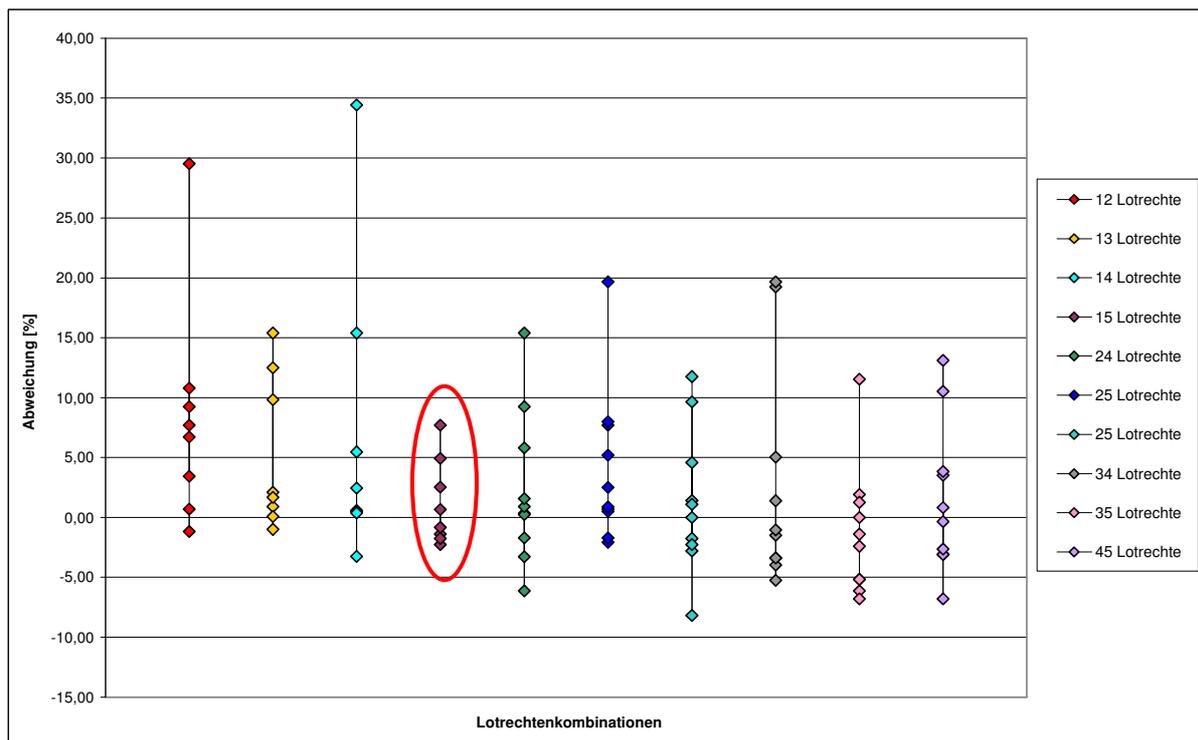


Abbildung 29: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Mureck/Mur

Schwebstoffmessstelle Admont/Enns

In Admont/Enns wurde die Anzahl der Lotrechten ebenfalls auf fünf reduziert und die Stationierung der Lotrechten vereinheitlicht (Abbildung 30). Dadurch können die Messungen besser miteinander verglichen werden. Die Ergebnisse aus dem Jahr 2007 wurden so weit wie möglich übernommen.

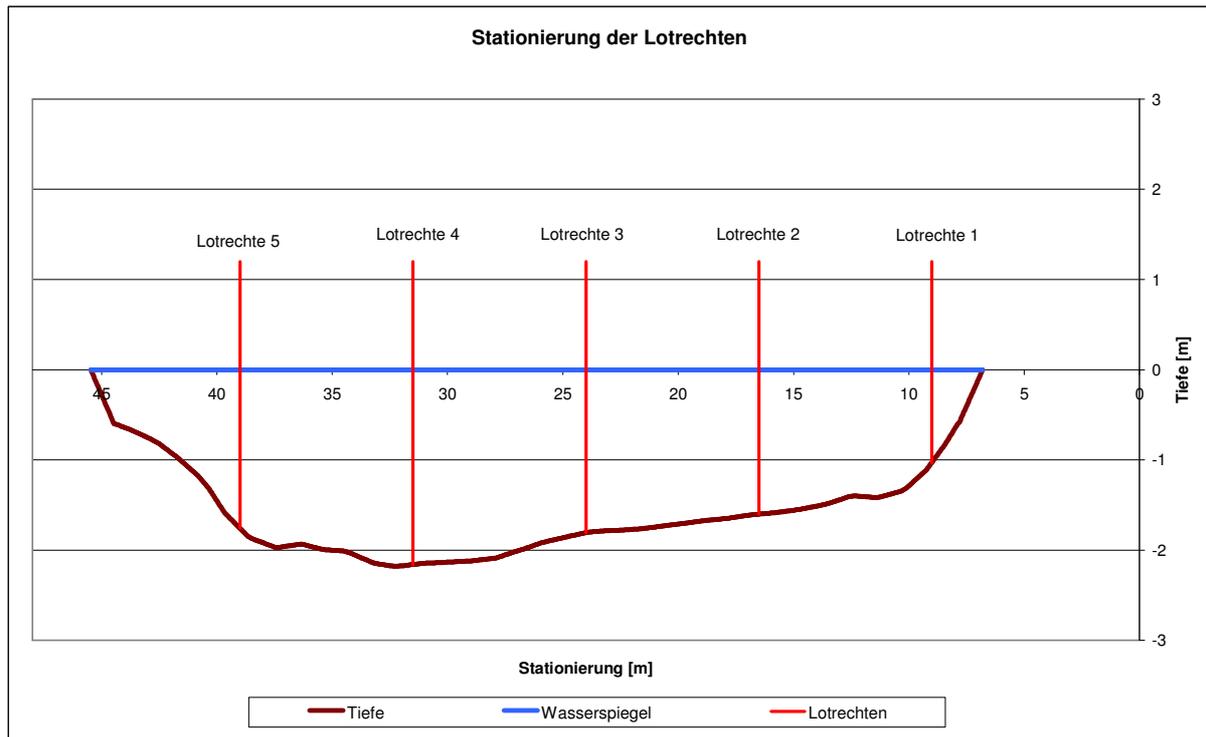


Abbildung 30: gewählte Stationierung der Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns

Im Vergleich zur Messstelle Mureck/Mur treten in Admont wesentlich höhere Abweichungen auf, es sind sogar Abweichungen von über 50% möglich (Abbildung 31). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Schwebstoffverteilung über das Profil sehr unregelmäßig ist. In der rechten Profilhälfte treten tendenziell höhere Schwebstoffkonzentrationen auf als in der linken (Abbildung 34). Durch diese Inhomogenität in der Verteilung muss die Wahl der Stationierung der Lotrechten viel sorgfältiger getroffen werden.

Verwendet man zur Auswertung nur 2 Lotrechten weisen alle Lotrechten eine Abweichung über 10 % auf (Abbildung 31). Werden drei Lotrechten in die Auswertung miteinbezogen, können Abweichungen unter 10 % erreicht werden (Abbildung 32).

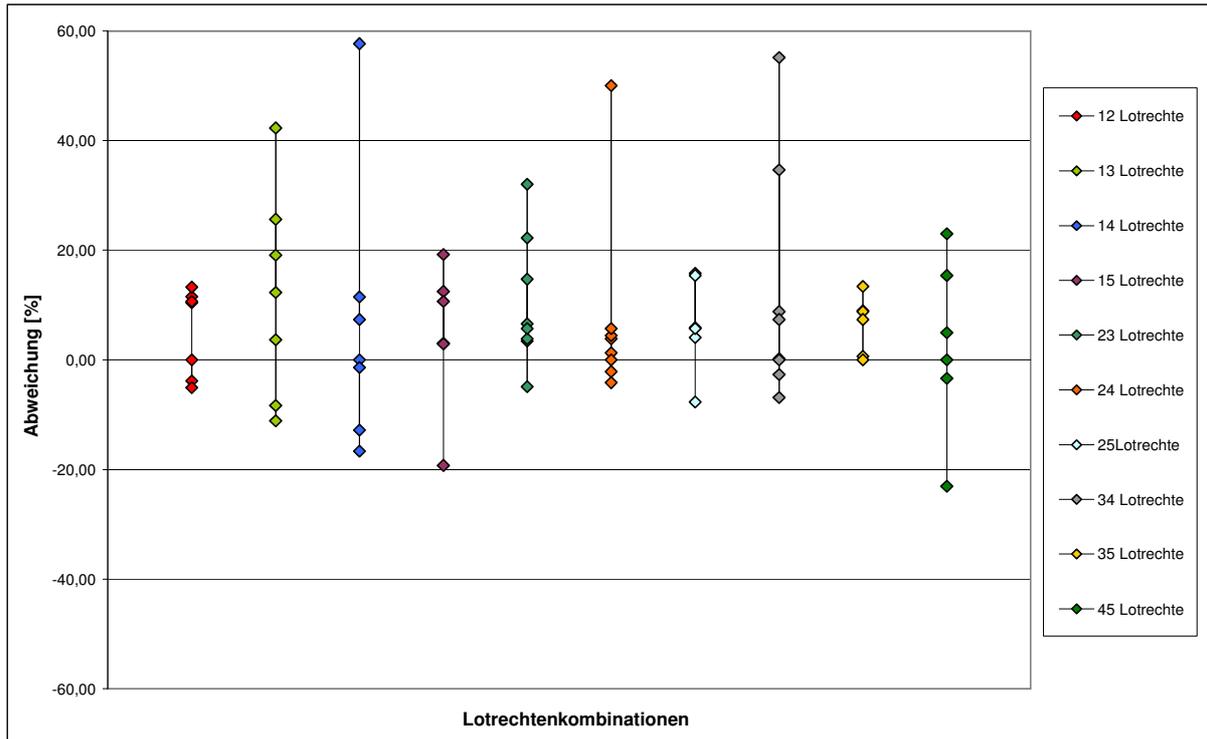


Abbildung 31: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns

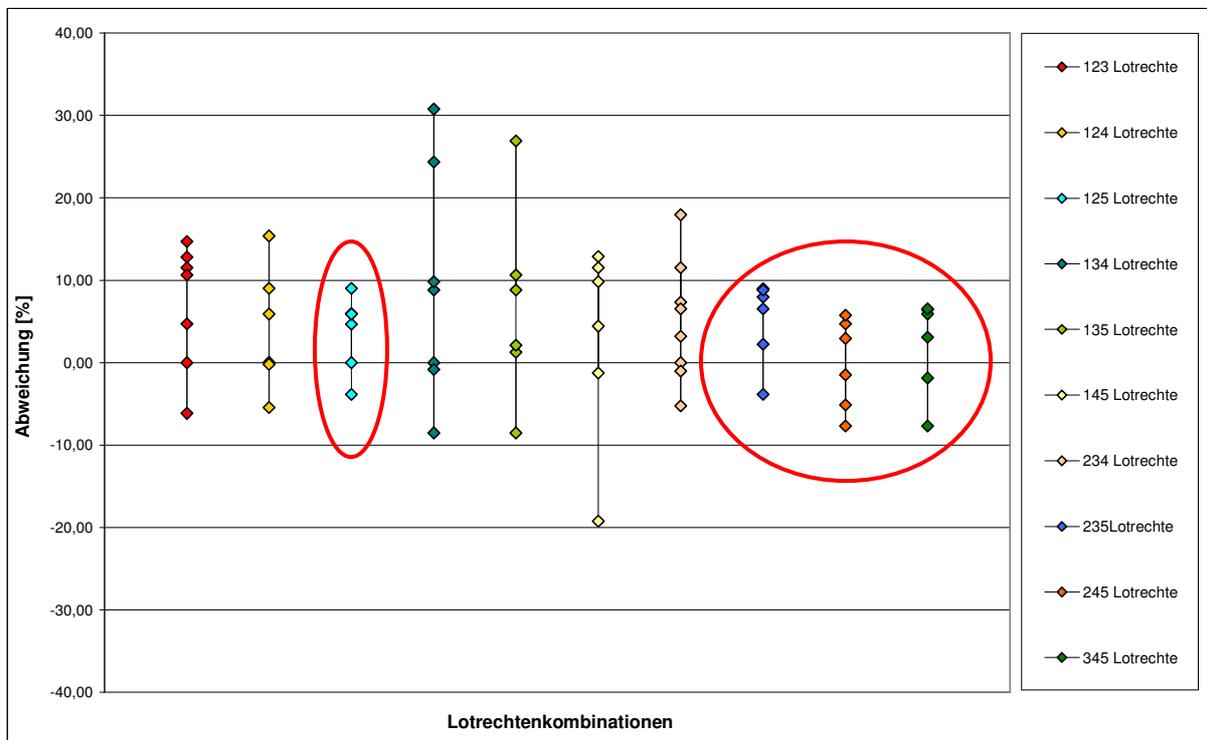


Abbildung 32: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Admont/Enns

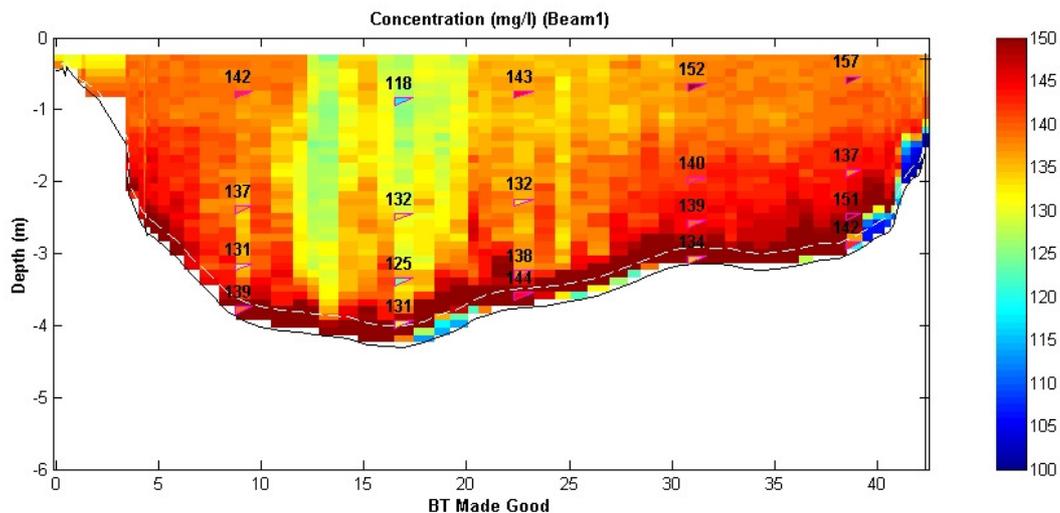


Abbildung 33: Verteilung der Schwebstoffkonzentration Admont/Enns

3.4.3 Querprofilbeiwert

An den bereits in den Jahren 2005 bzw. 2006 errichteten Messstellen Mureck/Mur, Admont/Enns und Leibnitz/Sulm konnte schon eine recht große Anzahl an Messungen zur Bestimmung des Querprofilbeiwertes durchgeführt werden. Dabei zeigt sich bei der Messstelle Mureck, dass der Querprofilbeiwert bei steigendem Durchfluss abnimmt (Abbildung 38). Dies entspricht der ursprünglichen Theorie, dass das Querprofil bei hohen Durchflüssen vollkommen durchmischt ist und daher der Querprofilbeiwert den Wert 1 annimmt. Bei den beiden anderen Messstellen ist kein so deutlicher bzw. gar kein Trend erkennbar. An der Messstelle Admont/Enns wurden die Beiwerte vor allem bei niedrigen Durchflüssen bestimmt und diese weisen in diesem Bereich eine sehr hohe Streuung auf (Abbildung 34). An der Messstelle Leibnitz/Sulm wurden lediglich Messungen unterhalb des mittleren Durchflusses durchgeführt und diese streuen hier ebenfalls stark (Abbildung 37).

An den Messstellen Gestüthof/Mur und Kapfenberg-Diömlach/Mürz wurden im Jahr 2008 die ersten Messungen durchgeführt. Daher sind auch nur wenige Messungen vorhanden und es können noch keine Aussagen über die Beziehung zwischen Querprofilbeiwert und Durchfluss getätigt werden (Abbildung 35 und Abbildung 36).

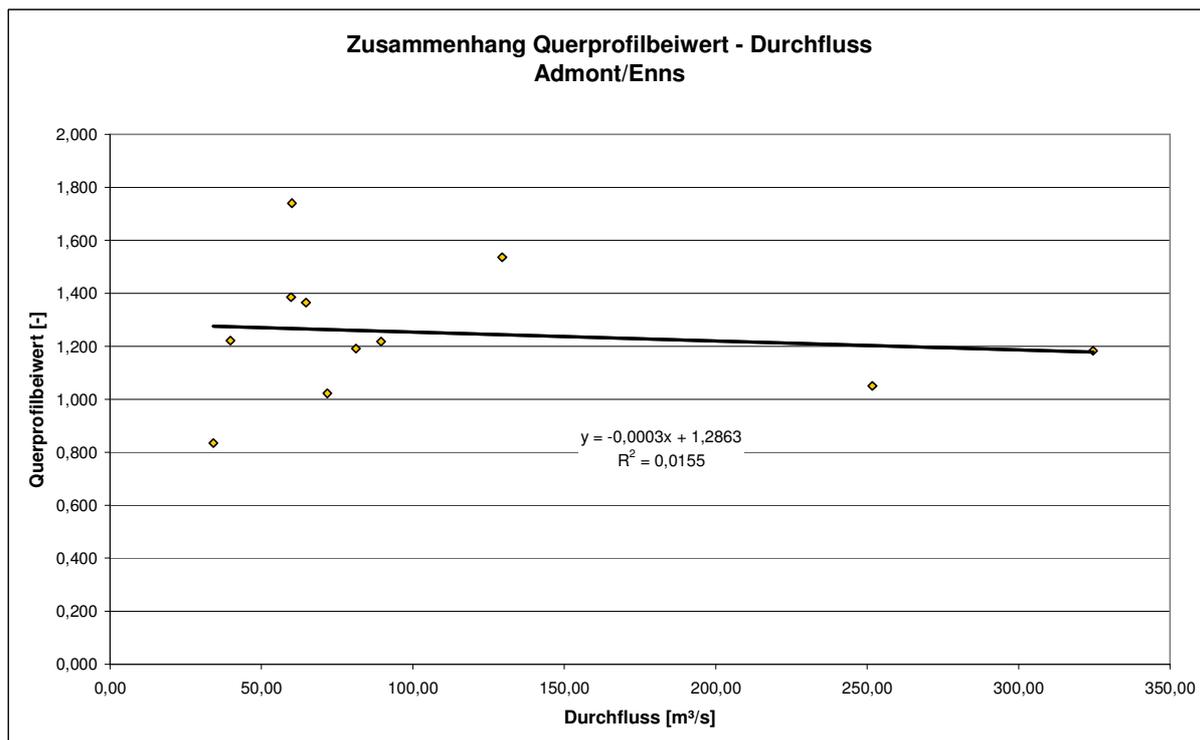


Abbildung 34: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Admont/Enns

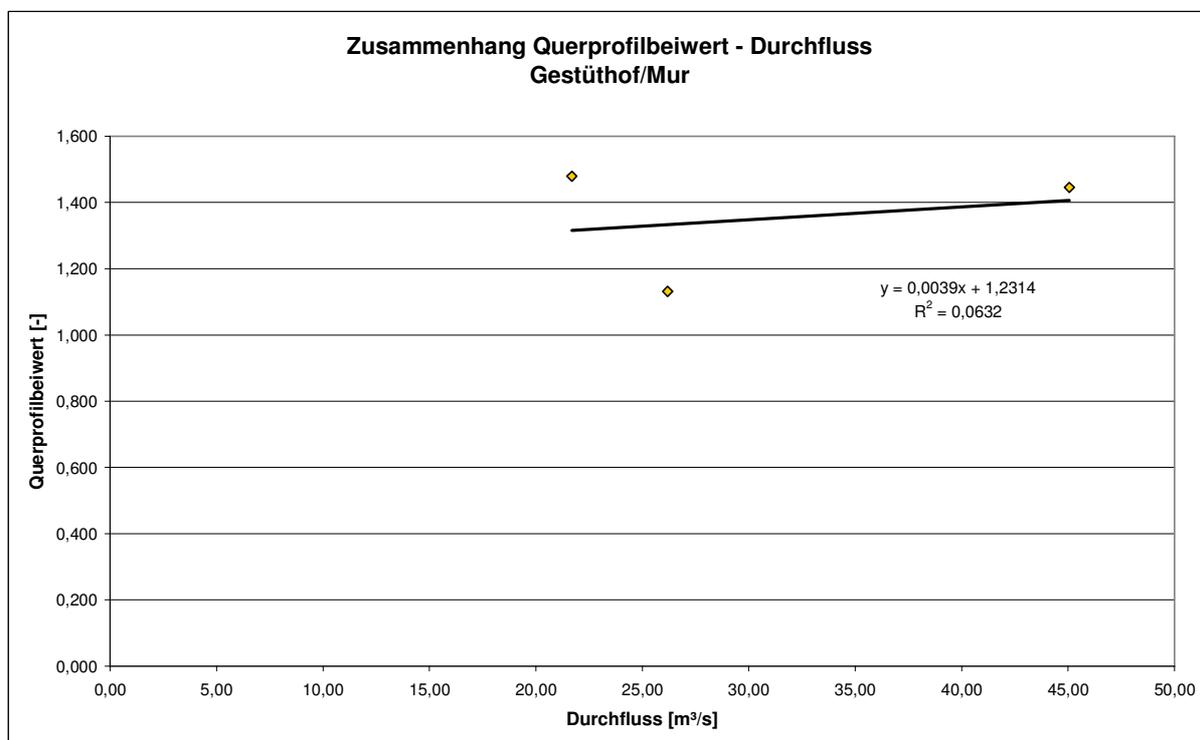


Abbildung 35: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Gestüthof/Mur

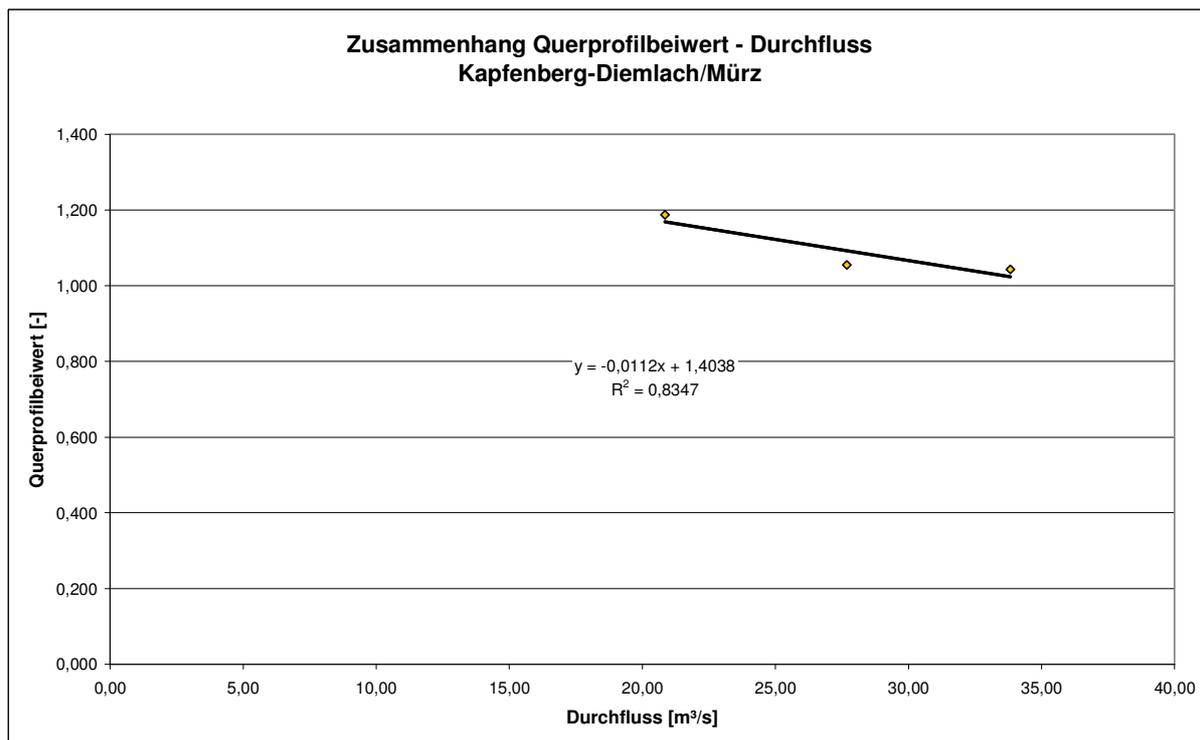


Abbildung 36: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Kapfenberg-Dienschlag/Mürz

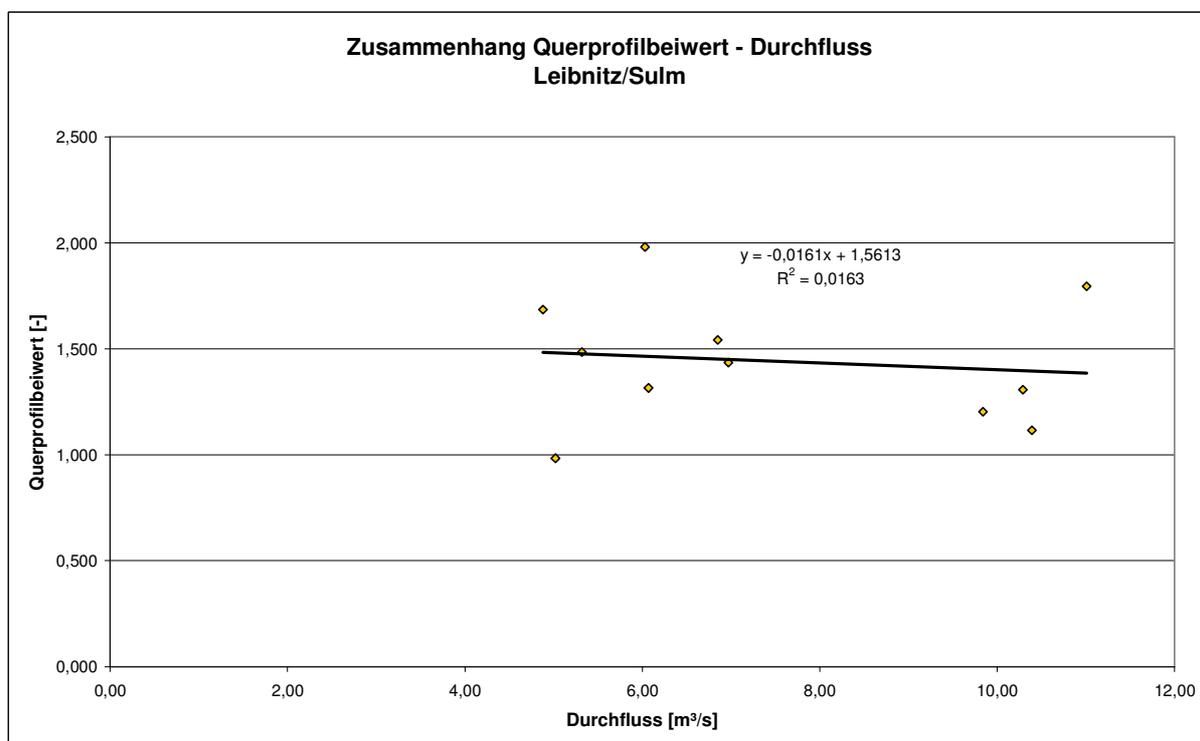


Abbildung 37: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Leibnitz/Sulm

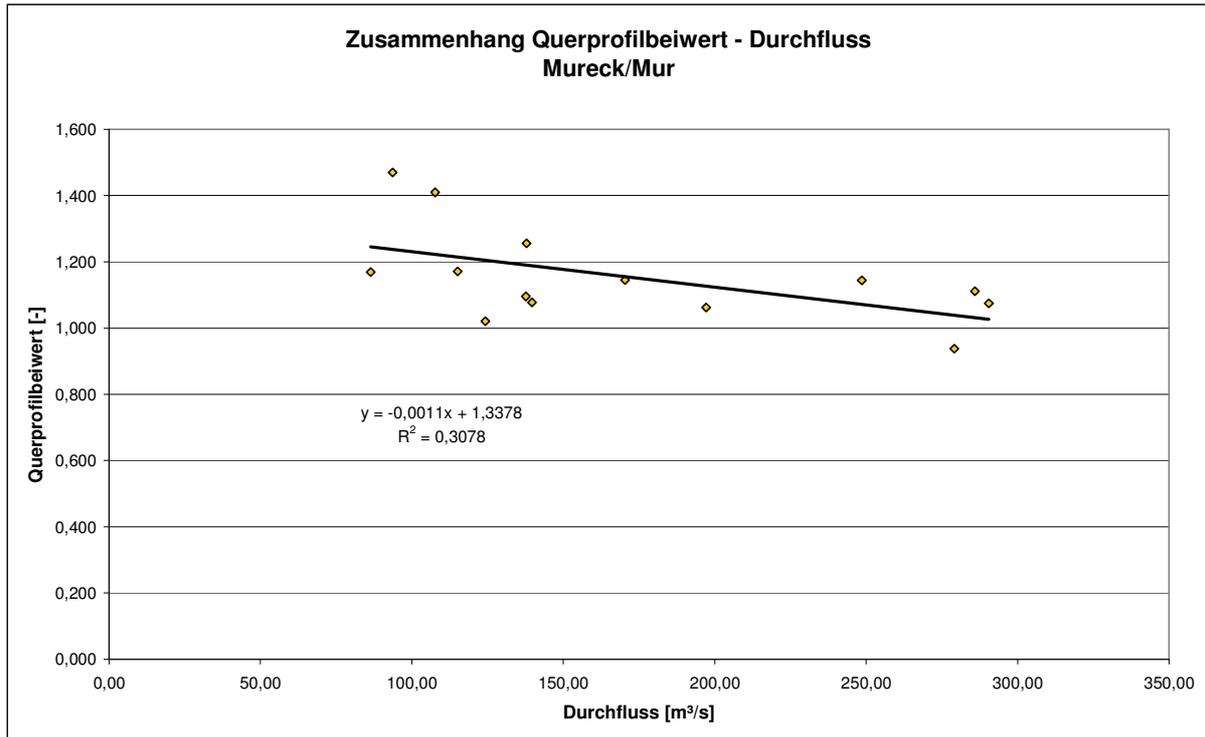


Abbildung 38: Zusammenhang Querprofilbeiwert – Durchfluss an der Messstelle Mureck/Mur

3.5 Ergebnisse Kärnten

3.5.1 Schwebstoffmessstelle Dellach/Drau

An der Messstelle Dellach/Drau wurden die drei Messungen aus dem Jahr 2007 durch drei weitere Messungen ergänzt werden. Dabei wurde in den gleichen Lotrechten wie im Jahre zuvor gemessen, um die Ergebnisse besser vergleichen zu können (Abbildung 39).

Die hohen Abweichungen bis über 50 % (Abbildung 40) treten nur bei niedrigen Schwebstoffkonzentrationen auf. Bei der Verwendung von drei Lotrechten bleiben nur die Kombinationen der Lotrechten 1, 2 und 4; 1, 3 und 6 sowie 2, 3 und 6 innerhalb einer Abweichung von 10 %. Bei Berücksichtigung von nur zwei Lotrechten wird lediglich mit der Kombination der Lotrechten 2 und 4 eine Abweichung von 10 % nicht überschritten (Abbildung 41). Diese Ergebnisse liefern erste Aussagen über die Möglichkeit der Reduktion der Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau, sollten jedoch noch durch weitere Messungen ergänzt werden.

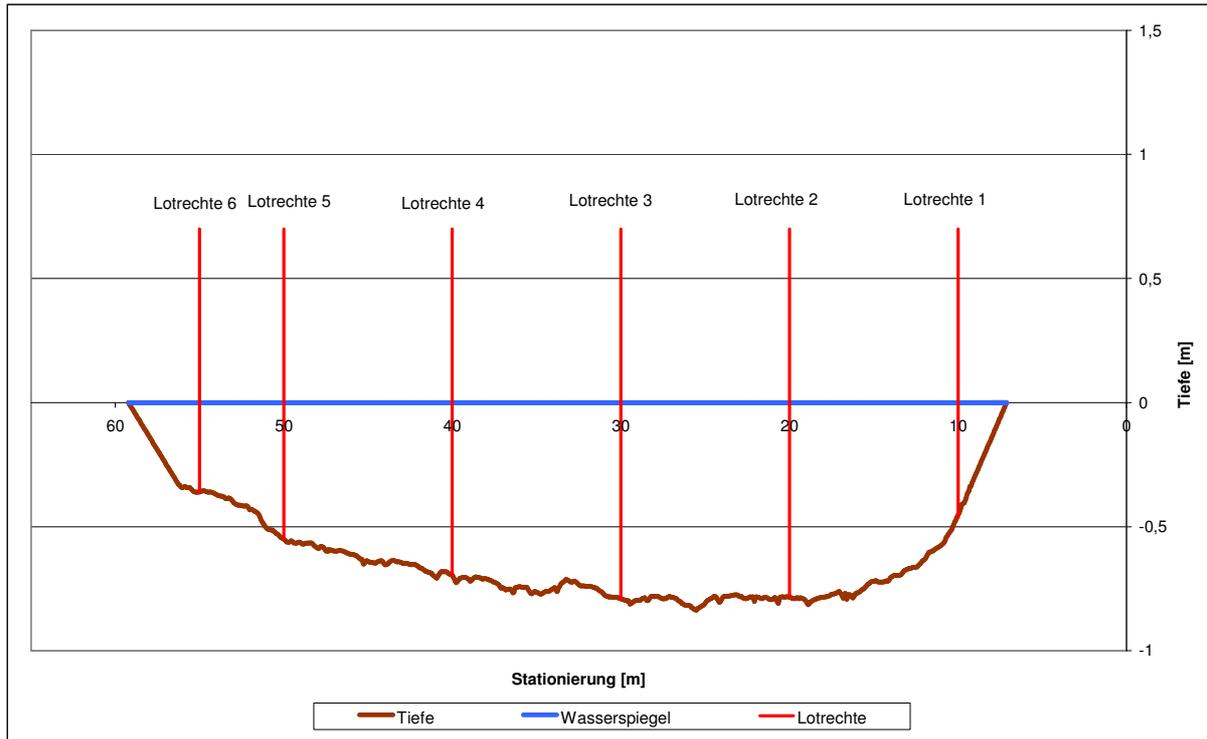


Abbildung 39: Stationierung der Lotrechte an der Messstelle Dellach/Drau

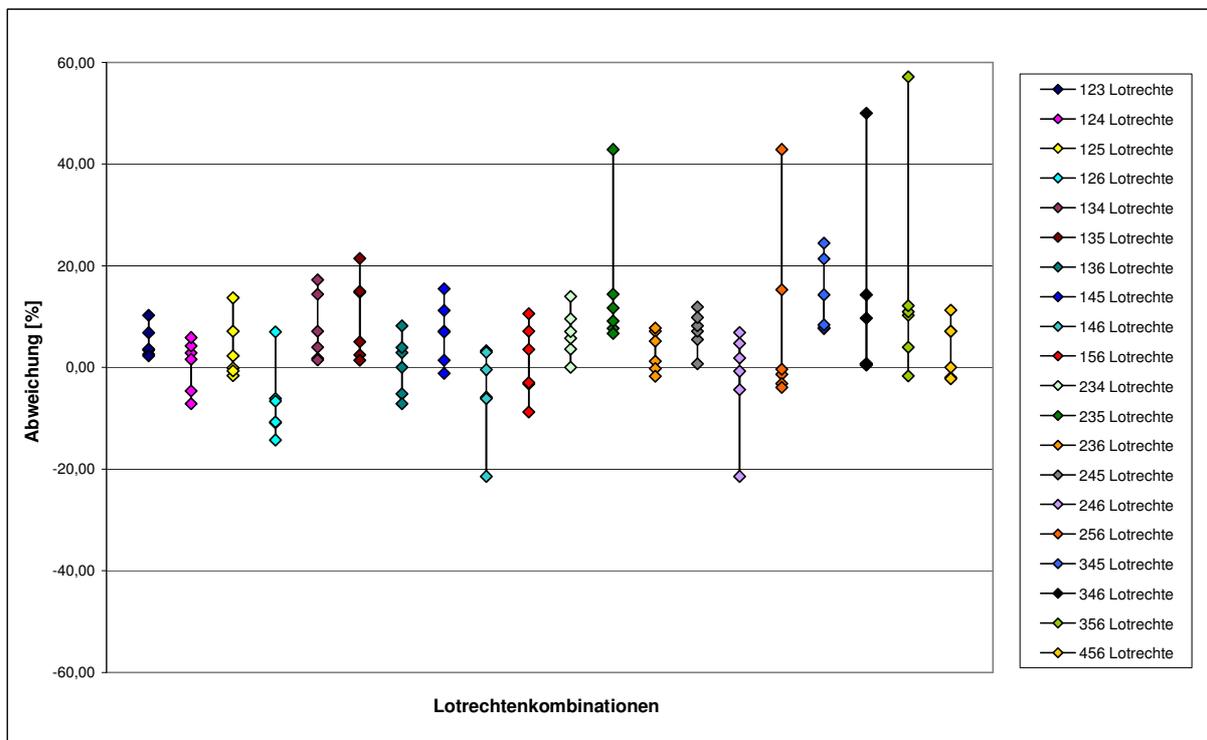


Abbildung 40: Vergleich der möglichen Kombinationen von je drei Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau

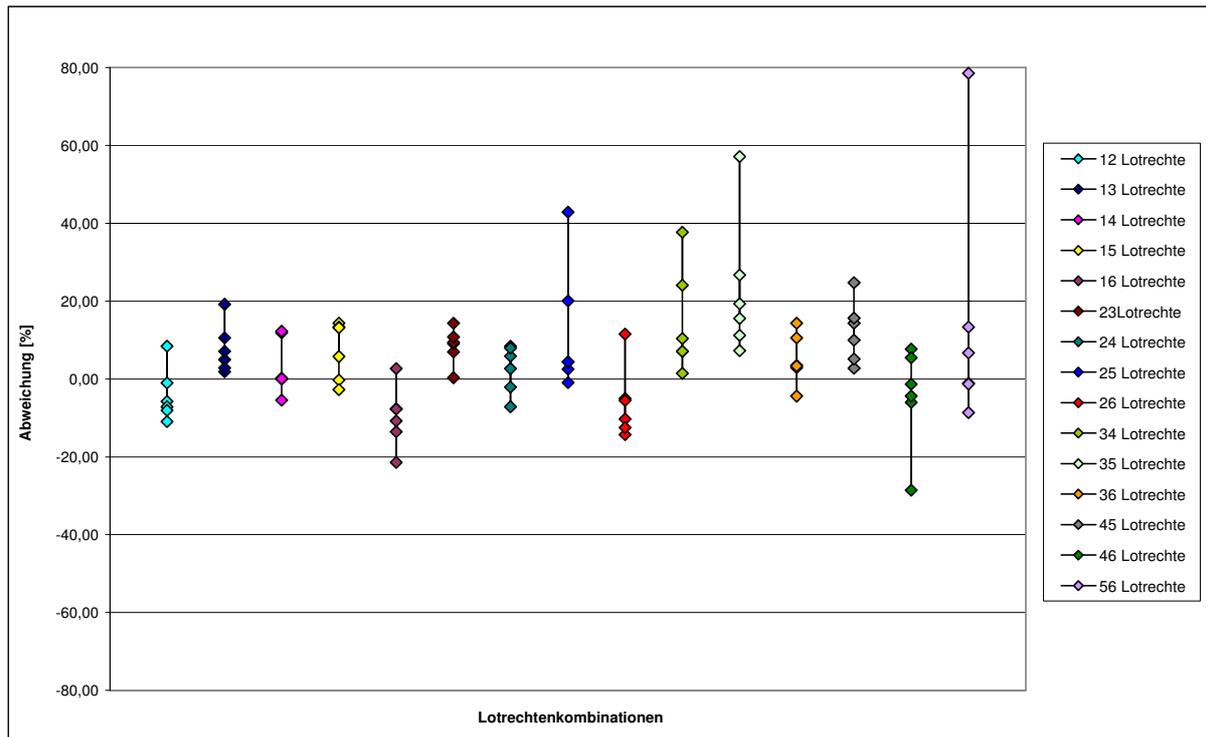


Abbildung 41: Vergleich der möglichen Kombinationen von je zwei Lotrechten an der Messstelle Dellach/Drau

3.5.2 Verkürzung des Abstandes zwischen ADCP-Messung und Probenentnahme

Bisher wurden die ADCP-Messungen und Probenentnahmen immer hintereinander ausgeführt. Die Vielpunktentnahmen dauern mindestens 1 Stunde oft auch mehrere Stunden, wodurch vor allem bei instationären Bedingungen das Probleme auftritt, dass die Konzentrationen der Proben nicht mehr mit jenen, die vom ADCP aufgezeichnet wurden übereinstimmen. Eine nachträgliche Korrektur der Schwebstoffkonzentrationen der Proben über die Aufzeichnungen der Trübungssonden ist daher meist unumgänglich. Jedoch kann durch diese Korrektur bei der Auswertung das Ergebnis nicht so genau ermittelt werden, wie wenn ADCP-Messung und Probenentnahme tatsächlich zur gleichen Zeit durchgeführt würden. Daher wurde in Dellach ein neuer Ansatz getestet, bei dem die zeitliche Distanz zwischen ADCP-Messung und Probenentnahme verkürzt wird. Dabei werden anschließend an die Probenentnahme einer Lotrechte die ADCP-Messungen in dieser Lotrechte durchgeführt. Dieser Vorgang wird für jede Lotrechte wiederholt. Im Anschluss an die Vielpunktentnahme werden die ADCP-Profilfahrten durchgeführt. In Abbildung 42 ist dieses Messprinzip nochmals veranschaulicht.

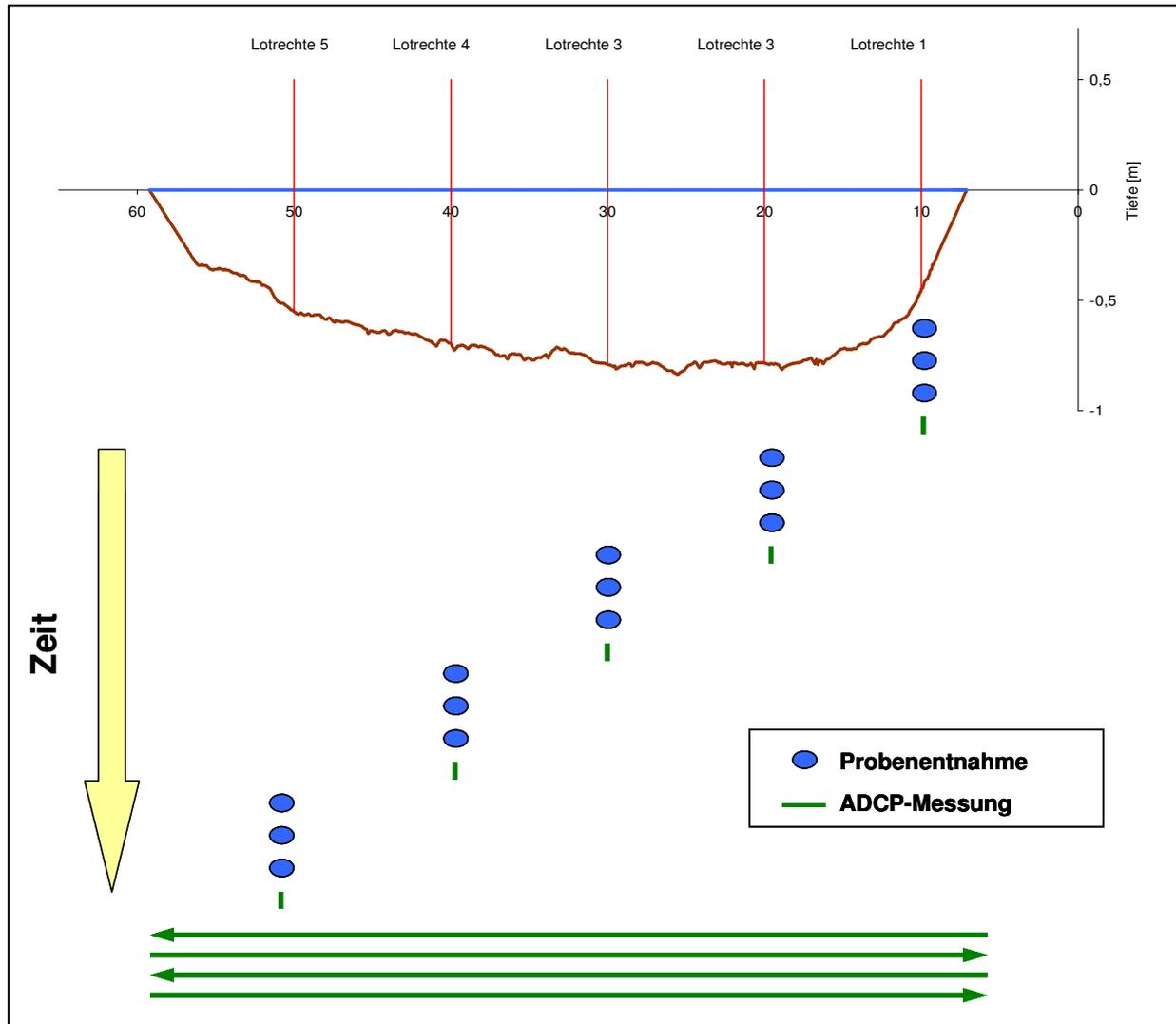


Abbildung 42: Messprinzip bei Verkürzung des Abstandes zwischen ADCP-Messung und Probenentnahme

Ein weiterer Vorteil dieses Messprinzips ist, dass mit einer Kalibrierung nicht nur eine sondern alle Querprofilmessungen für die Auswertung herangezogen werden können. Man erhält somit mehrere Messergebnisse die anschließend gemittelt werden können. In Tabelle 4 werden die mittels unterschiedlicher Auswerteprozessuren ermittelten Ergebnisse untereinander und mit den Ergebnissen der Vielpunktentnahme verglichen. In der ersten Zeile ist das Ergebnis der herkömmlichen Auswertemethode dargestellt und mit der Vielpunktentnahme verglichen. Die Abweichung der beiden Messungen beträgt 9,06 %. In der zweiten Zeile ist die neue Methode beschrieben. Die Ergebnisse der einzelnen Messfahrten (M1 – M3) sind ebenso wie der daraus gemittelte Schwebstofftransport (ADCP) dargestellt. Die Abweichung des mittleren Schwebstofftransportes aus der ADCP-Messung von jenem, der mittels Vielpunktentnahme ermittelt wurde, ist geringere als bei der herkömmlichen Methode und beträgt lediglich 3,23 %.

Tabelle 4: Vergleich der Ergebnisse aus den ADCP-Messungen

Datum	Q	ADCP	VPE	Abweichung	M 1	M 2	M 3
	[m³/s]	[kg/s]	[kg/s]	[%]	[kg/s]	[kg/s]	[kg/s]
28.07.2008	113,54	8,33	9,16	9,06			
28.07.2008	113,54	8,87	9,16	3,23	8,72	8,95	8,95

3.5.3 Querprofilbeiwert

In Dellach/Drau wurden bereits sehr viele Messungen durchgeführt. Der Querprofilbeiwert scheint bei steigendem Durchfluss abzunehmen, jedoch weisen die Messungen eine hohe Streuung auf (Abbildung 43).

An der Schwebstoffmessstelle Dellach/Drau wird zwar der Wasserstand kontinuierlich aufgezeichnet, jedoch wird keine Ermittlung des Durchflusses durchgeführt. Die Berechnung der Durchflüsse für die Auswertung der einzelnen Messungen erfolgt daher über Flügelmessungen, die im Zuge der Vielpunktentnahmen durchgeführt wurden, über Einbezug der Nachbarpegel oder mittels ADCP. Die Verwendung unterschiedlicher Methoden zur Bestimmung des Durchflusses könnte eine Erklärung für den schlechten Zusammenhang zwischen Querprofilbeiwert und Durchfluss sein.

An den Pegelstellen Amlach/Drau, Federaun/Gail und Lavamünd/Drau wurden im Jahr 2008 die ersten Messungen durchgeführt. Dementsprechend ist an diesen Messstellen noch eine geringe Anzahl an Messungen vorhanden (Abbildung 44 bis Abbildung 46).

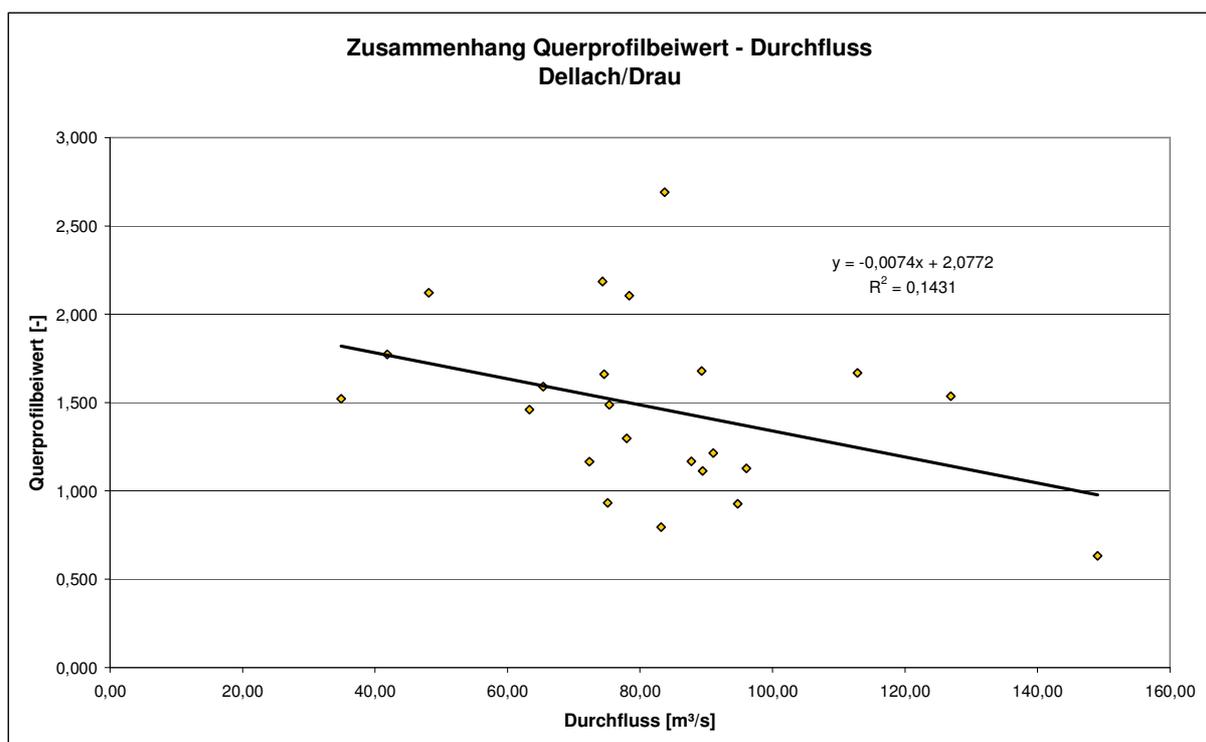


Abbildung 43: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Dellach/Drau

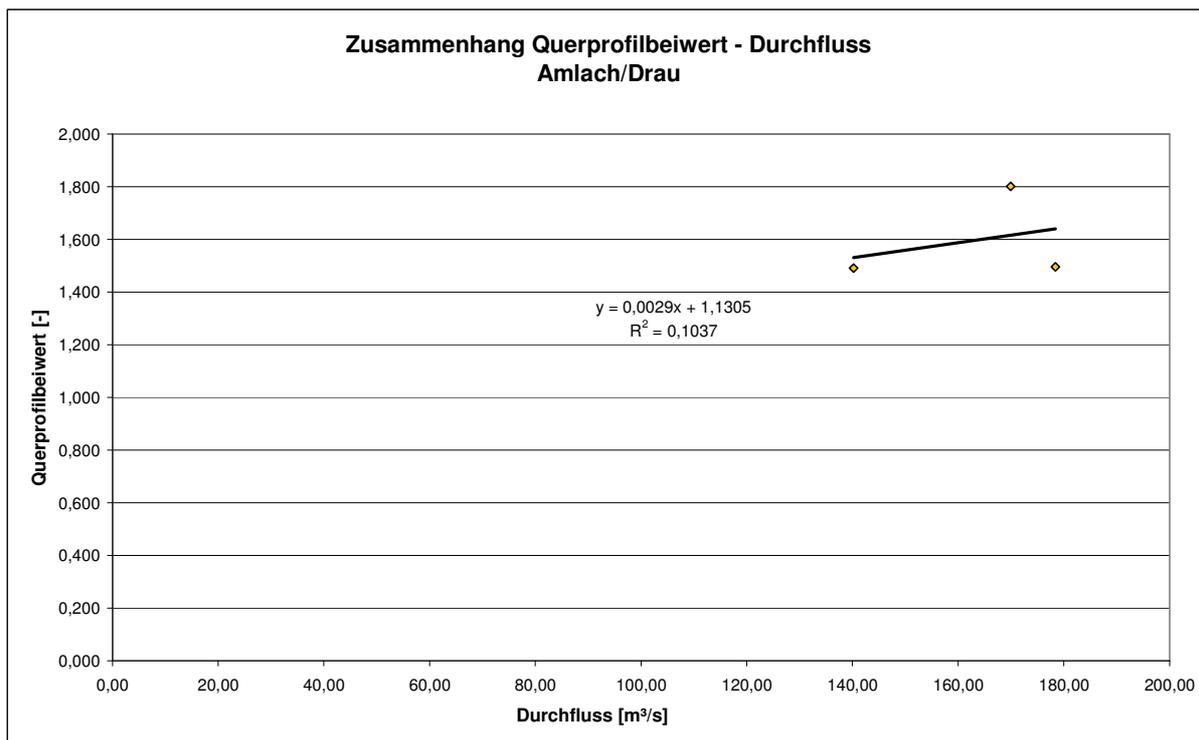


Abbildung 44: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Amlach/Drau

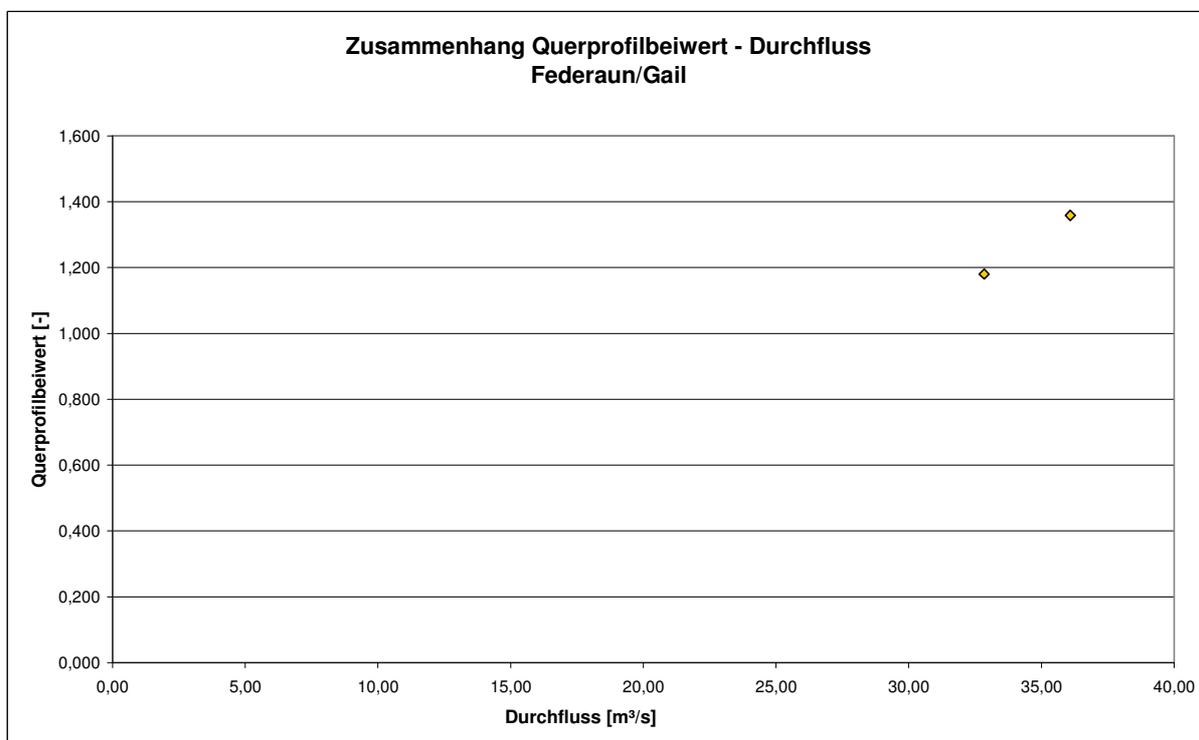


Abbildung 45: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Federaun/Drau

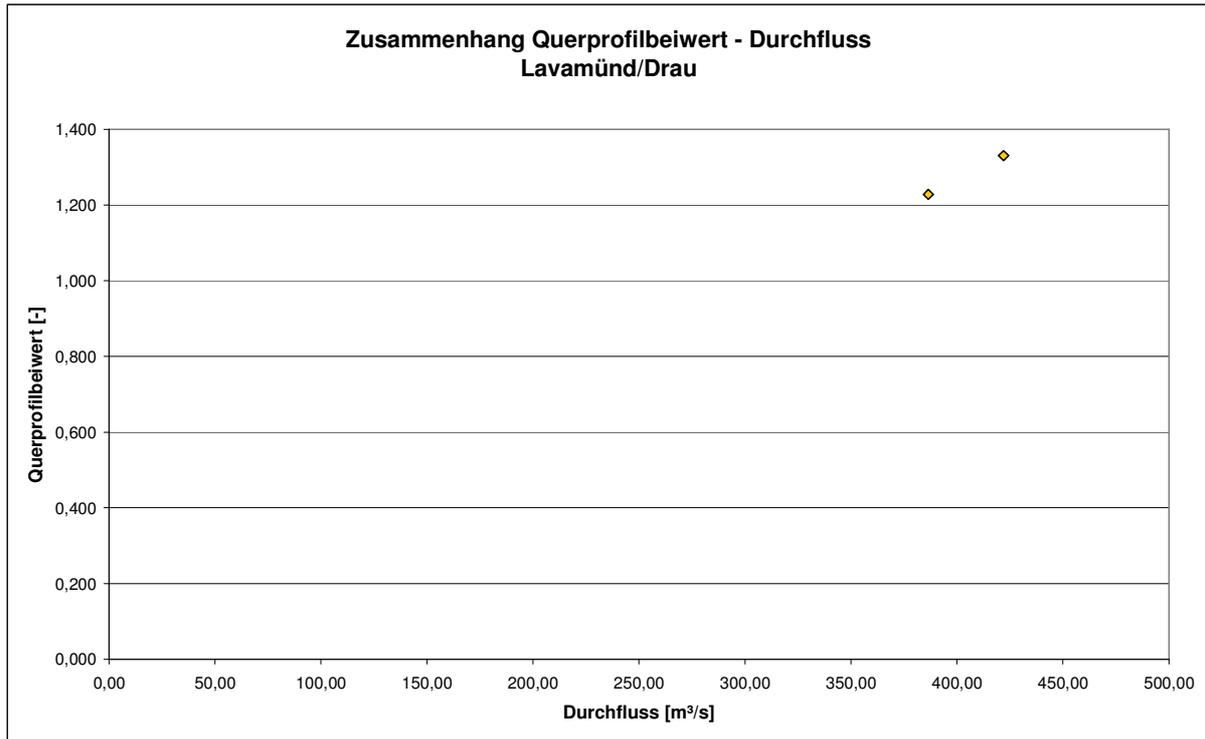


Abbildung 46: Zusammenhang zwischen Querprofil und Durchfluss an der Messstelle Lavamünd/Drau

4 ZUSAMMENFASSUNG

Wie im Jahr zuvor wurden auch heuer wieder ADCP-Messungen in den Bundesländern Kärnten, Steiermark, Oberösterreich und Tirol eingesetzt mit Erfolg eingesetzt.

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. Die Messungen zeigen im Vergleich zu Vielpunktentnahme und Messungen mittels Moving-Boat-Methode vergleichbare Ergebnisse. Jedoch ist nur die Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in den gemessenen Lotrechten mit der Software ViSea PDT möglich, eine Berechnung des Schwebstofftransportes kann derzeit nicht erfolgen.

Der im Vorjahr begonnene Versuch der Reduktion der Lotrechten (Habersack, 2008) wurde an den Messstellen Dellach/Drau, Admont/Enns und Mureck/Mur fortgesetzt. Dabei konnten die Ergebnisse aus dem Vorjahr 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.

Durch Anwendung der Methode bei der der zeitliche Abstand zwischen ADCP-Messung und Probenentnahme verkürzt wird, können alle durchgeführten ADCP-Fahrten während einer Messung auf einmal ohne Mehraufwand ausgewertet werden. Dadurch können die Messfahrten miteinander verglichen werden und durch Mittelwertbildung ein stabileres Ergebnis erzielt werden. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist, dass sie weitgehend unabhängig von Schwankungen der Schwebstoffkonzentration im Verlauf der Messung ist und daher eine nachträglich Korrektur der Schwebstoffproben entfallen kann.

Mit den Messungen des Jahres 2008 konnten die Messungen der vorangegangenen Jahre ergänzt werden, so dass an einigen Messstellen bereits gute Beziehungen zwischen Querprofilbeiwert und Durchfluss vorliegen. An anderen Messstellen streuen die vorhandenen Messungen sehr stark oder wurden erstmals Messungen durchgeführt, sodass noch kein eindeutiger Zusammenhang erstellt werden kann. Der Schwerpunkt der Messungen sollte im kommenden Jahr daher vor allem auf diese Messstellen gelegt werden.

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 und G. Hochl (HD Steiermark), Dr. W. Gattermayr, St. Giersig, D. Pfurtscheller, Ing. M. Neuner und Ing. J. Pfister (HD Tirol).

Unser Dank gilt auch der Verbund AHP Kärnten für die Möglichkeit ihr ADCP-Gerät zu nutzen.

6 LITERATURVERZEICHNIS

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

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

SEBA Hydrometrie (2007): Durchflussmessung mit Ultraschall in natürlichen Gewässern, Unterlagen zum Seminar am 22.05.2007 in Wals bei Salzburg

Teledyne RD Instruments (2006): Section by Section, User's Guide