

Schwebstoffmonitoring an der Sulm und an der Enns

Diplomarbeit
am
Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau
Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt
an der
Universität für Bodenkultur Wien
Vorstand: O. Univ. Prof. Dipl. – Ing. Dr. H. P. Nachtnebel

Betreuer:
Ao. Univ. Prof. Dipl. – Ing. Dr. Helmut Michael Habersack
VAss. Dipl. – Ing. Willibald Kerschbaumsteiner

Marlene Haimann

Wien, 2007



Danksagung

Mein Dank gilt besonders Ao. Univ. Prof. Dipl. – Ing. Dr. Helmut Habersack und Dipl. – Ing. Willibald Kerschbaumsteiner für die Betreuung und die Durchsicht der Diplomarbeit.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Dipl. – Ing. Petra Lalk vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Wasserwirtschaft.

Ganz besonders möchte ich mich bei Dr. Robert Schatzl, Ing. Wilhelm Verwüster, Horst Jungwirth und Gerald Hochl vom Land Steiermark, Fachabteilung 19A, Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Referat Hydrographie für die tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Messungen und die Bereitstellung von Daten bedanken.

Außerdem möchte ich Dipl. – Ing. Karin Fröhlich vom Land Fachabteilung 17C, Technische Umweltkontrolle und Sicherheitswesen für die Möglichkeit, die Einrichtungen des Umweltlaboratoriums nutzen zu dürfen und ihr und ihren Mitarbeiterinnen für die freundliche Hilfestellung bei der Laborauswertung danken.

Zu Dank bin ich auch der Firma Aquavision verpflichtet, die ihre Auswertesoftware einen Monat unentgeltlich zu Verfügung gestellt hat.

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meinen Eltern, meiner Schwester und meinem Freund für ihre jahrelange Unterstützung während des Studiums.

Natürlich möchte ich mich auch bei meinen Studienkolleginnen und –kollegen sowie Freunden für die schöne Studienzeit bedanken.

Abstract

Due to the legal obligation to measure suspended sediments in Austria the work group “monitoring of suspended sediments in the hydrographic service” was founded. As there exists no standardized method how to proceed, an aim of this group is to develop a guideline for measuring suspended sediments. The data and results of this thesis and previous projects should form a base for this guideline.

The gauging stations Admont/Enns and Leibnitz/Sulm were equipped with optical backscatter sensors in spring and summer 2006. These sensors provide continuous information about the turbidity, which serves as a surrogate for suspended sediment concentration. Additional samples had to be taken close to the optical sensors in order to calibrate the turbidity data to actual suspended sediment content. Further depth-integrated and point-integrated samples were taken to obtain the distribution of suspended sediment concentration over the cross section of the river. The collected data were used for converting time series of turbidity into mean suspended sediment concentrations. All samples were gravimetrically analysed and their suspended sediment concentration was determined.

An ADCP (Acoustic Current Doppler Profiler) was applied for measuring stream velocities. ADCP-backscatter-data can be converted into suspended sediment concentrations, which provides an excellent mean for detecting the spatial distribution.

The advantage of this procedure is that the suspended sediment load can be deduced from converting the continuous turbidity records with conversion factors.

Kurzzusammenfassung

Aus der gesetzlichen Verpflichtung heraus, Schwebstoffmessungen in Österreich durchzuführen, wurde die Arbeitsgruppe „Schwebstoffmessung im Hydrographischen Dienst“ gegründet. Da es bisher noch keine einheitliche Vorgehensweise gibt, ist es ein Ziel dieser Arbeitsgruppe, einen Leitfaden zur Schwebstoffmessung zu erstellen. Die Daten und Ergebnisse dieser und bereits vorangegangener Diplomarbeiten sollen als Grundlage dafür dienen.

Im Frühjahr und Sommer 2006 wurden an den Pegelstellen Admont/Enns und Leibnitz/Sulm Sonden eingebaut, um über die Bestimmung der Trübung kontinuierliche Informationen über den Schwebstoffgehalt der Gewässer zu erhalten. Da die Sondaufzeichnungen auf die tatsächlich im jeweiligen Fluss enthaltenen Schwebstoffe kalibriert werden müssen, wurden zusätzlich in Sondenähe Flaschenproben entnommen und damit die kontinuierlichen Daten in sondennahe Konzentrationen umgerechnet. Des Weiteren wurden über den gesamten Flussquerschnitt Viel- und Integrationsentnahmen getätigt, um die Verteilung der Schwebstoffgehalte im Querprofil bestimmen zu können. Daraus wird der Querprofilbeiwert ermittelt, der zur Umrechnung der ufernahen Konzentrationen in mittlere Schwebstoffkonzentrationen herangezogen wird. Alle Proben wurden im Labor gravimetrisch ausgewertet und ihr Schwebstoffgehalt bestimmt. Alternativ zu diesen Untersuchungen wurden ADCP-Messungen, die aus der Abfluss- und Fließgeschwindigkeitsbestimmung zur Verfügung standen, herangezogen, um aus diesen Daten Rückschlüsse auf die Schwebstoffverteilung im Gewässer zu erhalten.

Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass aus den kontinuierlichen Sondaufzeichnungen durch Anwendung von Umrechnungsfaktoren auf die Schwebstofffracht rückgeschlossen werden kann.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	2
2	SCHWEBSTOFFE	3
2.1	Charakterisierung	3
2.2	Bedeutung der Schwebstoffe	3
2.3	Herkunft der Schwebstoffe	4
2.4	Schwebstoffbewegung in Gewässern	5
3	METHODIK	9
3.1	Direkte Messmethoden	9
3.1.1	Einpunktentnahme/Dauerentnahme	9
3.1.2	Vielpunktentnahmen	10
3.1.3	Integrationsentnahmen	12
3.2	Indirekte Messmethoden	13
3.2.1	Optische Messung	14
3.2.1.1	Trübungssonde Solitax ts-line	15
3.2.2	Akustische Messung	16
3.2.2.1	Grundprinzipien der ADCP-Messung	17
3.2.2.2	Software für die weiterführende Auswertung	20
3.2.2.3	Bestimmung des Schwebstoffgehaltes aus ADCP-Daten	21
3.2.2.4	Software für die weiterführende Auswertung	23
3.3	Auswertung	23
3.3.1	Laborauswertung	23
3.3.2	Kalibrierung der Sondenaufzeichnung	25
3.3.3	Auswertung von Vielpunktentnahmen	26
3.3.4	Auswertung von Integrationsentnahmen	27
3.3.5	Bestimmung des Querprofilbeiwertes k_Q	28
3.3.6	Frachtberechnungen	28
4	DIE UNTERSUCHUNGSGBIETE	29
4.1	Die Enns	29
4.1.1	Kurzbeschreibung	29
4.1.2	Geologie	30
4.1.3	Niederschläge und Klima	31
4.1.4	Hydrologie	32
4.1.5	Messstelle Admont	34

4.2	Die Sulm	34
4.2.1	Kurzbeschreibung	34
4.2.2	Geologie	35
4.2.3	Niederschläge und Klima	37
4.2.4	Hydrologie	37
4.2.5	Messstelle Leibnitz	39
5	DATEN UND ERGEBNISSE	41
5.1	Admont/Enns	41
5.1.1	Messprogramm Admont/Enns	41
5.1.2	Sondenaufzeichnung	43
5.1.3	Dauerentnahme	44
5.1.3.1	Dauerentnahme vom 08. August 2006	44
5.1.3.2	Dauerentnahme vom 23. August 2006	45
5.1.4	Kalibrierung der Sondenaufzeichnung	46
5.1.5	Vielpunktentnahmen	47
5.1.5.1	Vielpunktentnahme vom 08. August 2006	47
5.1.5.2	Vielpunktentnahme vom 23. August 2006	49
5.1.6	Integrationsentnahmen	51
5.1.6.1	Integrationsentnahmen vom 08. August 2006	51
5.1.6.2	Integrationsentnahmen vom 23. August 2006	52
5.1.7	Ermittlung des Querprofilbeiwertes	53
5.1.8	Frachtberechnung	54
5.2	Leibnitz/Sulm	55
5.2.1	Messprogramm Leibnitz/Sulm	55
5.2.2	Sondenaufzeichnung	56
5.2.3	Dauerentnahme	58
5.2.3.1	Dauerentnahme vom 05. Juli 2006	58
5.2.3.2	Dauerentnahme vom 14. Juli 2006	59
5.2.4	Kalibrierung der Sondenaufzeichnung	60
5.2.5	Vielpunktentnahmen	64
5.2.5.1	Vielpunktentnahme vom 14. Juli 2006	65
5.2.5.2	Vielpunktentnahme vom 02. August 2006	66
5.2.6	Integrationsentnahmen	68
5.2.6.1	Integrationsentnahmen vom 05. Juli 2006	68
5.2.6.2	Integrationsentnahmen vom 14. Juli 2006	70
5.2.7	Ermittlung des Querprofilbeiwertes	71
5.2.8	Frachtberechnung	72

5.3	Ergebnisse aus ADCP–Messungen	72
5.3.1	Tiefenvergleich ADCP-Messung und Bestimmung der Tiefe mittels Sammler	72
5.3.1.1	Tiefenvergleich in Admont/Enns	73
5.3.1.2	Tiefenvergleich in Leibnitz/Sulm	73
5.3.2	Ermittlung des Schwebstoffgehaltes aus ADCP–Messung	74
5.3.2.1	Ergebnisse Admont/Enns	75
5.3.2.2	Ergebnisse Leibnitz/Sulm	76
6	DISKUSSION	78
6.1	Admont/Enns	78
6.1.1	Sondenaufzeichnung und sondennahe Proben	78
6.1.2	Vielpunktentnahmen	80
6.1.3	Integrationsentnahme	83
6.1.4	Querprofilbeiwert	84
6.1.5	Schwebstofffracht	84
6.2	Leibnitz/Sulm	85
6.2.1	Sondenaufzeichnung und sondennahe Proben	85
6.2.2	Vielpunktentnahmen	87
6.2.3	Integrationsentnahme	89
6.2.4	Querprofilbeiwert	90
6.2.5	Schwebstofffracht	90
6.3	Vergleich Vielpunktentnahme – Integrationsentnahme	91
6.4	ADCP–Messungen	94
6.4.1	Tiefenvergleich	94
6.4.2	Ermittlung des Schwebstoffgehaltes mittels ADCP - Messungen	95
7	ZUSAMMENFASSUNG	98
8	LITERATURVERZEICHNIS	100
9	ANHANG	103
9.1	Anhang 1 – Datenblätter	103
9.2	Anhang 2 - Berechnung des Schwebstofftransportes	132
9.3	Anhang 3 – Graphiken	148

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
C_m	mittlerer Schwebstoffgehalt im Querprofil [mg/l]
C_r	Schwebstoffgehalt der ufernahen Flaschenproben [mg/l]
C_s	Schwebstoffgehalt [mg/l]
FAU	Formazine Attenuation Units
FNU	Formazine Nephelometric Units
FTU	Formazine Turbidity Units
h	Gewässertief von der Sohle gemessen [m]
HD	Hydrographischer Dienst
HQ ₁	einjähriges Hochwasser
HQ ₅	fünfjähriges Hochwasser
HQ ₁₀	zehnjähriges Hochwasser
HQ ₁₀₀	hundertjähriges Hochwasser
IWHW	Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau
k_Q	Querprofilbeiwert
m. ü. A.	Meter über Adria (Österreichisches Bezugsniveau)
MQ	Mittelwasser
Q	Durchfluss [m ³ /s]
T_r	Wert der Trübungssonde
TS	Trockensubstanz
v	Fließgeschwindigkeit [m/s]
v_m	mittlere Fließgeschwindigkeit in einer Lotrechten [m/s]
VPE	Vielpunktentnahme

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Idealisierte Schwebstoffverteilung von Fließgeschwindigkeit und Schwebstoffgehalt in der Vertikalen (DVWK, 1986)	6
Abbildung 3-1: Schöpfergerät	10
Abbildung 3-2: Darstellung einer Vielpunktentnahme in vier Tiefenstufen (DVWK, 1986)	11
Abbildung 3-3: US – P61 Suspended Sediment Sampler	12
Abbildung 3-4: Funktionsweise der Sonde Solitax ts-line (Hach–Lange, 2006)	15
Abbildung 3-5: Geräteträger „Trimaran“ des ADCP–Gerätes „Workhorse Rio Grande ZedHed“ des Hydrographischen Dienstes Steiermark während der Messung	17
Abbildung 3-6: Workhorse Rio Grande ZedHed (Teledyne RD Instruments, 2007)	19
Abbildung 3-7: Schallausbreitung in Hauptstrahl (main lobe) und Nebenstrahlen (side lobes) und nicht erfasste Bereiche (Simpson, 2001)	20
Abbildung 3-8: links: Filtriergerät mit Pumpe im Hintergrund; Mitte: Analysenwaage; rechts: belegte Filter (oben) und neue Filter (unten)	24
Abbildung 3-9: Schematische Darstellung zur Auswertung einer Vielpunktentnahme (DVWK, 1986).	26
Abbildung 4-1: Übersichtskarte Steiermark und Detailansicht Admont (Digitaler Atlas der Steiermark)	29
Abbildung 4-2: Tektonische Übersicht der Steiermark 1:2,000.000 und Legende (Flügel und Neubauer, 1984)	30
Abbildung 4-3: Mittlere Monatsmittel [m^3/s] für den Pegel Admont/Enns; Reihe 1985 – 2003 (Hydrographisches Jahrbuch, 2003)	33
Abbildung 4-4: Pegelhaus (links), Lattenpegel und Pegelstiege (rechts) Messstelle Admont/Enns.....	34
Abbildung 4-5: Übersichtskarte Steiermark und Detailansicht Leibnitz (Digitaler Atlas der Steiermark)	35
Abbildung 4-6: Tektonische Übersicht der Steiermark 1:2,000.000 und Legende (Flügel und Neubauer, 1984)	36
Abbildung 4-7: Mittlere Monatsmittel [m^3/s] für den Pegel Leibnitz/Sulm; Reihe 1951 – 2003 (Hydrographisches Jahrbuch, 2003)	38
Abbildung 4-8: Pegelhaus (links) und Brücke mit Messanhänger (rechts) in Leibnitz/Sulm.....	39
Abbildung 4-9: Sonde Solitax ts–line (links) und Controller sc100 (rechts)	39
Abbildung 5-1: Durchflussganglinie und Messtage Admont/Enns	42
Abbildung 5-2: Sondenaufzeichnung an der Messstelle Admont/Enns Sommer 2006	43
Abbildung 5-3: Durchfluss, Sondenaufzeichnung von Ausreißern bereinigt und sondennahe Proben (Referenzprobe)	44
Abbildung 5-4: Graphische Darstellung der Dauerentnahme vom 08. 08. 2006	45
Abbildung 5-5: Graphische Darstellung der Dauerentnahme vom 23. 08. 2006	46
Abbildung 5-6: Zusammenhang zwischen den Sondenaufzeichnungen und den sondennahen Flaschenproben an der Messstelle Admont/Enns (Sommer 2006)	47
Abbildung 5-7: Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse und sondennahe Flaschenproben während der VPE vom 08. August 2006.....	48

Abbildung 5-8: Graphische Darstellung der Vielpunktentnahme vom 08. August 2006 Admont/Enns	49
Abbildung 5-9: Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse, sondennahe Flaschenproben und Sondenaufzeichnung (von Ausreißers korrigiert) während der VPE vom 08. August 2006.....	50
Abbildung 5-10: Graphische Darstellung der Vielpunktentnahme vom 23. August 2006 Admont/Enns	51
Abbildung 5-11: Vergleich Vielpunktentnahme und Integrationsentnahme vom 08. August 2006 (Admont/Enns).....	52
Abbildung 5-12: Vergleich Vielpunktentnahme und Integrationsentnahme vom 23. August 2006 (Admont/Enns).....	53
Abbildung 5-13: Zusammenhang zwischen den Durchfluss und Querprofilbeiwert k_Q an der Messstelle Admont/Enns (Sommer 2006).....	54
Abbildung 5-14: zeitlicher Verlauf des Durchflusses, der Sondenaufzeichnung und der mittleren Konzentrationen am Pegel Admont/Enns im Sommer 2006.....	55
Abbildung 5-15: Durchflussganglinie und Messtage Leibnitz/ Sulm	56
Abbildung 5-16: Sondenaufzeichnung mit Reinigungsterminen Leibnitz/Sulm.....	57
Abbildung 5-17: Durchfluss, Trübungsganglinie und sondennahe Proben von Juli und August 2006 .	58
Abbildung 5-18: Graphische Darstellung der Dauerentnahme vom 05. 07. 2006 Leibnitz/Sulm.....	59
Abbildung 5-19: Graphische Darstellung der Dauerentnahme vom 14. 07. 2006 Leibnitz/Sulm.....	60
Abbildung 5-20: Zusammenhang zwischen den Sondenaufzeichnungen und den sondennahen Flaschenproben an der Messstelle Leibnitz/Sulm (Sommer 2006).....	61
Abbildung 5-21: Zusammenhang zwischen den Sondenaufzeichnungen und den sondennahen Flaschenproben an der Messstelle Leibnitz/Sulm ohne dem 05.08.2006.....	62
Abbildung 5-22: Regressionsbeziehung zur Schätzung von Sondenaufzeichnungen in Abhängigkeit des Durchflusses für die Messstelle Leibnitz.....	63
Abbildung 5-23: Durchfluss, Sondenaufzeichnung und berechnete Sondenganglinie an der Messstelle Leibnitz/Sulm	64
Abbildung 5-24: Ursprüngliche Sondenaufzeichnung, berechnete Sondenganglinie und sondennahe Konzentrationsganglinie an der Messstelle Leibnitz/Sulm	64
Abbildung 5-25: Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse, sondennahe Flaschenproben und ursprüngliche Sondenaufzeichnung während der VPE vom 14. Juli 2006	65
Abbildung 5-26: Graphische Darstellung der Vielpunktentnahme vom 14. Juli 2006 Leibnitz/Sulm	66
Abbildung 5-27: Zeitlicher Verlauf von Durchfluss, Wasserstand, Schwebstoffgehalt der sondennahen Proben und der Sondenaufzeichnung während der Vielpunktentnahme am 02.08.2006.....	67
Abbildung 5-28: Graphische Darstellung der Vielpunktentnahme vom 02. August 2006 Leibnitz/Sulm	68
Abbildung 5-29: Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse, sondennahe Flaschenproben und ursprüngliche Sondenaufzeichnung während der Integrationsentnahme vom 05. Juli 2006.....	69
Abbildung 5-30: Vergleich Vielpunktentnahme und Integrationsentnahme vom 05. Juli 2006 (Leibnitz/Sulm).....	70
Abbildung 5-31: Vergleich Vielpunktentnahme und Integrationsentnahme vom 14. Juli 2006 (Leibnitz/Sulm).....	71

Abbildung 5-32: Zusammenhang zwischen den Durchfluss und Querprofilbeiwert an der Messstelle Leibnitz/Sulm (Sommer 2006)	72
Abbildung 5-33: Tiefenvergleich ADCP-Messung und Bestimmung mittels Sammlers Admont/Enns .	73
Abbildung 5-34: Tiefenvergleich ADCP-Messung und Bestimmung mittels Sammlers Leibnitz/Sulm .	74
Abbildung 5-36: Konzentrationsverteilung [mg/l] im Querprofil nach erfolgter Kalibrierung der Messung vom 08. August 2006	75
Abbildung 5-37: Konzentrationsverteilung [mg/l] im Querprofil nach erfolgter Kalibrierung der Messung vom 18. August 2006	76
Abbildung 5-38: Konzentrationsverteilung [mg/l] im Querprofil nach erfolgter Kalibrierung der Messung vom 02. August 2006	77
Abbildung 6-1: Sondenaufzeichnung und sondennahe Flaschenprobe am 01.09.2006 in Admont.....	79
Abbildung 6-2: Gegenüberstellung der Schwebstoffgehalte der sondennahen Flaschenproben und der mit den selbigen kalibrierten Sondenaufzeichnung vom 23.08.	80
Abbildung 6-3: Vergleich des Schwebstofftriebes in den Lotrechten in Admont/Enns (Werte vom 08.08. um Faktor 100 verringert)	82
Abbildung 6-4: Monatssummen Niederschlag von 2006 (rot) und Zeitreihe in Liezen (HD Steiermark, 2007)	85
Abbildung 6-5: Vergleich des Schwebstofftriebes in den Lotrechten in Leibnitz/Sulm	88
Abbildung 6-6: Monatssummen Niederschlag von 2006 (rot) und Zeitreihe in Stainz (HD Steiermark, 2007)	91
Abbildung 6-7: Schwebstofftrieb der Integrations- und Vielpunktentnahme (VPE) vom 23.08.2006 in Admont/Enns	92
Abbildung 6-8: Schwebstofftrieb der Integrations- und Vielpunktentnahme (VPE) vom 01.09.2006 in Admont/Enns	93
Abbildung 6-9: Schwebstoffverteilung mittels PTD und Vielpunktentnahme vom 18.08.2006 Admont/Enns	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Rechnerische Auswertung der Vielpunktentnahme vom 08.08.06 in Admont/Enns.....	27
Tabelle 3-2: Rechnerische Auswertung der Integrationsentnahme vom 08.08.06 in Admont/Enns.....	27
Tabelle 4-1: Durchflüsse am Pegel Admont/Enns (HD Steiermark, 2006)	33
Tabelle 4-2: Durchflüsse am Pegel Leibnitz/Sulm (HD Steiermark, 2006)	38
Tabelle 5-1: Messprogramm im August und September 2006 der Messstelle Admont/Enns	42
Tabelle 5-2: Messprogramm im Juli und August 2006 der Messstelle Leibnitz/Sulm.....	56
Tabelle 5-3: Zusammenstellung der Ergebnisse von ausgewählten Vielpunktentnahmen	76
Tabelle 5-4: Ergebnisse der Vielpunktentnahme und der ADCP-Messung vom 02.08.2006	77
Tabelle 6-1: Vergleich der mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil mit den mittleren sondennahen Schwebstoffwerten, den Sondenwerten, den K_Q – Faktoren und dem Durchfluss	81
Tabelle 6-2: Schwebstofftriebe der einzelnen Lotrechten und Durchflüsse Admont/Enns	83
Tabelle 6-3: Vergleich mittlere Schwebstoffkonzentration im Querprofil C_m , mittlere Schwebstoffgehalte in Ufernähe C_m , Sondaufzeichnung C_{sm} , Querprofilbeiwert K_Q und Durchfluss Q	83
Tabelle 6-4: Schwebstofftriebe der einzelnen Lotrechten und Durchflüsse Admont/Enns	84
Tabelle 6-5: Schwebstofffrachten im Sommer 2006 Admont/Enns.....	84
Tabelle 6-6: Vergleich der mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil C_m mit den mittleren sondennahen Schwebstoffwerten C_m , den Sondenwerten C_{sm} , den K_Q – Faktoren und dem Durchfluss Q	87
Tabelle 6-7: Schwebstofftriebe der einzelnen Lotrechten und Durchflüsse Leibnitz/Sulm	89
Tabelle 6-8: Vergleich der mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil C_m mit den mittleren sondennahen Schwebstoffwerten C_m , den Sondenwerten C_{sm} , den K_Q – Faktoren und dem Durchfluss Q	89
Tabelle 6-9: Schwebstofffrachten im Sommer 2006 Leibnitz/Sulm	90
Tabelle 6-10: Vergleich von Vielpunkt- und Integrationsentnahme anhand von Schwebstofftransport, mittlerer Schwebstofftransport im Querprofil, Querprofilbeiwert und Abweichungen.....	94
Tabelle 6-11: Vergleich des Schwebstofftransportes und der Querprofilbeiwerte aus Integrationsentnahme und ADCP-Messung mit jenen der Vielpunktentnahme (VPE)	97

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Schwebstoffe bilden zusammen mit dem Geschiebe und den Schwimmstoffen die Feststoffe eines Gewässers. Schwebstoffgehalt und Schwebstofftransport sind für wasserwirtschaftliche und wasserbauliche Probleme von großer Bedeutung (DVWK, 1986). So spielt der Schwebstofftransport bei Ablagerungen in Gewässern und im Vorland, beim Talsperrenbau, beim Schadstofftransport, bei der Gewinnung von uferfiltriertem Flusswasser sowie bei der Kolmation der Gewässersohle eine wichtige Rolle.

Im Rahmen der Wasserrechtsgesetznovelle vom Jahr 2003, mit der die europäische Wasserrahmenrichtlinie 2000 in österreichisches Recht umgesetzt wurde, wurde der § 59c (3) wie folgt geändert: „Die Erhebung des Wasserkreislaufes hat sich auf das Oberflächengewässer, das Grundwasser und die Quellen, den Niederschlag, die Verdunstung und die *Feststoffe* in den Gewässern hinsichtlich Verteilung nach *Menge und Dauer* [...] zu beziehen.“

Aus dieser gesetzlichen Verpflichtung heraus wurde die Arbeitsgruppe „Schwebstoffmessung im Hydrographischen Dienst“ gegründet, die sich aus Vertretern der Abteilung Wasserhaushalt im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, der Hydrographischen Dienste der Bundesländer, der Via Donau und der Energiewirtschaft zusammensetzt.

Die Aufgabe dieser Arbeitsgruppe ist der Aufbau eines Schwebstoffbasisnetzes in Österreich, um in den wesentlichen Gewässern kontinuierlich Schwebstoffkonzentrationen, die Transportraten und die jährlichen Schwebstofffrachten zu ermitteln (BMLFUW, 2004).

Da es in Österreich derzeit keine festgelegte Messmethode zur Schwebstoffmessung gibt, stehen der Durchführung der oben genannten Ziele noch einige Probleme gegenüber.

Erste Erfahrungen im Bereich Schwebstoffmessung wurden in den vorangegangenen Jahren in den Bundesländern Niederösterreich (2003), Oberösterreich (2003, 2005)), Vorarlberg (2003) Tirol (2005), Kärnten (2005), Salzburg (2005) und der Steiermark (2005) im Rahmen von Diplomarbeiten bereits gewonnen; diese sollten im Sommer 2006 durch weitere fünf Diplomarbeiten (Vorarlberg, Burgenland, zwei in Tirol und Steiermark) ergänzt werden.

In der Steiermark wurden bereits im Sommer 2005 die Pegelstellen Mureck/Mur und Feldbach/Raab mit Trübungssonden ausgestattet und Untersuchungen durchgeführt. Zusätzlich zu diesen Messstellen wurden vom Hydrographischen Dienst Steiermark im Sommer 2006 zwei weitere optische Trübungssonden an der Enns in Admont und an der

Sulm in Leibnitz eingebaut, um auch an diesen Pegeln den Schwebstofftransport und die Schwebstofffracht ermittelt zu können.

1.2 Zielsetzung

Die im Zuge dieser Diplomarbeit gewonnen Ergebnisse und Erfahrungen sollen die, in den vorangegangenen Jahren, erarbeiteten Zusammenhänge bestätigen und gemeinsam mit den Daten der bisher durchgeführten Arbeiten dazu beitragen, einen Leitfaden zur Schwebstoffmessung zu erstellen und ein einheitliches Messkonzept für den Routinebetrieb zu entwickeln.

Als wesentliche Teilziele können folgende Punkte genannt werden (Kerschbaumsteiner, 2006):

- Datengewinnung für die Optimierung der Probenentnahmen für den zukünftigen Routinebetrieb
- Vergleich verschiedener Entnahmemethoden zur Qualitätssicherung der Schwebstoffproben
- Herstellung eines Zusammenhanges zwischen Sondenaufzeichnung und Schwebstoffkonzentrationen aus ufernahen Flaschenproben
- Berechnung eines Zusammenhangs zwischen den mittleren Schwebstoffkonzentration im Querprofil und Konzentration der Uferentnahme, um den Querprofilbeiwert zu bestimmen
- Ermittlung des Schwebstofftransports und der Schwebstofffrachten für die beobachteten Zeiträume durch Kombination aller relevanter Messdaten
- Prüfung von Möglichkeiten, ADCP-Messungen für die Bestimmung von Schwebstoffverteilungen im Querprofil einzusetzen

Um die genannten Ziele zu erreichen, war es notwendig, folgende Untersuchungen Vorort durchzuführen:

- Vielpunktentnahmen und Integrationsentnahmen, um die Verteilung der Schwebstoffe im Querprofil zu erhalten und die Methoden untereinander zu vergleichen
- Dauerentnahmen in Sondennähe zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs des Schwebstoffgehaltes und zur Kalibrierung der Sondenaufzeichnungen
- ADCP-Messungen, um die Strömungsgeschwindigkeit und den Durchfluss zu bestimmen und um aus diesen Daten Rückschlüsse auf die Schwebstoffverteilung im Gewässer zu erhalten

2 Schwebstoffe

2.1 Charakterisierung

Schwebstoffe bilden neben dem Geschiebe und den Schwimmstoffen die Gesamtheit der durch das Wasser bewegten Stoffe und werden durch Turbulenz in etwa gleichmäßiger Verteilung im Gewässer in Schwebelage gehalten (ÖNORM 2400, 2004).

Die Bildung der im Gewässer transportierten Feststoffe erfolgt durch Abtrag der Erdoberfläche aufgrund physikalischer und chemischer Zersetzung von Gesteinen (Nachtnebel, 2002). Im Allgemeinen stellen Schwebstoffe den Hauptanteil des gesamten Feststofftransportes und können in Abhängigkeit vom Flussgebiet zwischen 80 und 90 Prozent des Gesamttransportes ausmachen (Shaheen, 1992).

Schwebstoffe werden hinsichtlich ihrer Interaktion mit der Gewässersohle in zwei Gruppen eingeteilt. Schwebstoffe, deren Korngrößen auch in der Gewässersohle vertreten sind, werden als suspendiertes Bettmaterial bezeichnet. Unter Spülfracht versteht man den feinkörnigen Anteil, der nicht oder nur in geringen Mengen im Sohlmaterial enthalten ist. In frei fließenden Gewässern liegt die Korngröße der zuletzt genannten Gruppe unter $63 \mu\text{m}$ (Kern, 1997).

2.2 Bedeutung der Schwebstoffe

Von Bedeutung sind Schwebstoffgehalt und Schwebstofftransport für wasserwirtschaftliche und wasserbauliche Problemstellungen. Dazu zählt z.B. die Beurteilung möglicher Ablagerungen in Gewässern, auf dem Vorland und in Überschwemmungsgebieten (DVWK, 1986). Während eines Hochwasserereignisses nimmt der Schwebstoffgehalt beträchtlich Ausmaße an und kann zu großem Schaden führen. Die allein durch die Überflutung verursachten Schäden sind wesentlich geringer als jene, die durch absedimentierte Schwebstoffe entstehen (Habersack und Moser, 2003).

Auch für den Talsperrenbau und bei der Errichtung von Wasserkraftwerken können Informationen über den Schwebstoffgehalt von Bedeutung sein. Diese werden einerseits benötigt, um Verschleißerscheinungen an Wasserturbinen und Pumpen abschätzen zu können. Andererseits kann durch die Kenntnis des Schwebstoffgehaltes das Ausmaß der Verschlämzung und Versandung von Talsperren beurteilt werden (DVWK, 1986). Durch den Aufstau wird das Transportgleichgewicht von Schwebstoffen gravierend gestört, und die Verringerung der Transportkapazität von Gewässern führt zur Verlandung der Stauräume (Kern, 1997).

Außerdem besteht ein Zusammenhang zwischen Wassergüte und vorhandenem Feststofftransport, da die Erosion von Landflächen eine wesentliche Schadstoffquelle von Gewässern darstellt. Feststoffe können selbst oder als Träger von Schadstoffen zur Verunreinigung von Gewässern beitragen, wobei Schwebstoffe etwa zur Hälfte am Schadstofftransport beteiligt sind (Shaheen, 1992). Wenn Schwebstoffe abgelagert werden, kommt es möglicherweise zu einer Akkumulation von umweltrelevanten Spurenstoffen. Bei erhöhter Wasserführung kann es zu einer Aufwirbelung von bereits abgelagerten Sedimenten kommen und das zu einer Remobilisierung von Schadstoffen führen (Kern, 1997).

Weiters haben Schwebstoffe Einfluss auf die Ergiebigkeit und Qualität bei der Gewinnung von uferfiltriertem Flusswasser, beispielsweise als Trinkwasser, durch deren abdichtenden Effekt auf die Sohle (Shaheen, 1992). Denn bei Ablagerung der Schwebstoffe können diese feinen Partikel die Porenräume der Gewässersohle verfüllen, wodurch die Sohle verfestigt und die Durchlässigkeit verringert wird.

Diese durch Kolmation verursachte Verfestigung hat auch negative Folgen auf die Tierwelt. Durch die Verringerung der Durchlässigkeit werden die Eier von Fischen, die sich in den Lücken des Sohlsubstrates befinden, nicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt (Eberstaller und Pinka, 2001). Aber auch die Fische selbst können durch einen zu hohen Schwebstoffgehalt in ihren Lebensbedingungen gestört sein (DVWK, 1986).

2.3 Herkunft der Schwebstoffe

Die Quellen der Schwebstoffe liegen sowohl im Gewässer selbst als auch im Einzugsgebiet desselben und sind stark von seinen Gegebenheiten und Nutzungen abhängig (DVWK, 1986). Die wesentlichen Ursachen und Prozesse für die Entstehung von Schwebstoffen sind Bodenerosion, Gerinneerosion und anthropogene Tätigkeit.

Der Hauptauslöser von Bodenerosion ist Niederschlag, weil durch den Aufprall der Regentropfen feine Bodenteilchen herausgelöst werden. Entscheidend für den Abtrag sind die Dauer und die Intensität des Niederschlags. Der durch den Regen verursachte Oberflächenabfluss transportiert das Material zum Vorfluter und trägt auch selbst zur Erosion des Bodens bei (Shaheen, 1992).

Von Gerinneerosion spricht man, wenn Schwebstoffe durch Geschiebeabrieb, d.h. durch Zerkleinerung von Geschiebe, entstehen. Auch Sohl- und Seitenerosionen sowie Uferanrisse zählen zu den Quellen von suspendiertem Material. Bei höheren Abflüssen kann es auch zu Remobilisierung von bereits im Gerinne abgelagerten Sedimenten kommen (Knighton, 1984).

Des Weiteren sind anthropogene Ursachen als Lieferanten von Schwebstoffen denkbar, zu denen Abwassereinleitungen, Arbeiten im Flussbett, wie z. B. Baggerungen oder Spülungen von Stauräumen zu zählen sind. Auch landwirtschaftliche Tätigkeit kann die Konzentrationen im Gewässer deutlich erhöhen (DVWK, 1986).

Generell treten Schwebstoffe als Gemische aus organischen und anorganischen Stoffen in Abhängigkeit von jahreszeitlichen Einflüssen und dem Abflussgeschehen auf (DVWK, 1986). Als wesentliche Einflussfaktoren für den Schwebstoffeintrag sind Niederschlag, Wind, Bodenart, Vegetation, Bodennutzung und Geländegefälle zu nennen.

2.4 Schwebstoffbewegung in Gewässern

Eine Abgrenzung der Feststoffkomponenten kann über die Art und Weise, wie sie im Gewässer bewegt werden, erfolgen. Dies ist aber nicht genau möglich, da ein Korn je nach Abfluss- und Strömungsverhältnissen sowohl als Geschiebe als auch als Schwebstoff transportiert werden kann. Von Kresser (1964) wurde durch Untersuchungen an mehreren österreichischen Gewässern festgestellt, dass sich der Zusammenhang zwischen der mittleren Strömungsgeschwindigkeit v_m und dem Grenzdurchmesser d_{gr} durch eine konstante Froudezahl beschreiben lässt. In der Gleichung (1) wird diese Beziehung ausgedrückt.

$$Fr^2 = \frac{v_m^2}{g \cdot d_{gr}} = 360 \quad (1)$$

Diese Formel lässt sich nach dem Grenzdurchmesser d_{gr} umformen und man erhält Gleichung (2):

$$d_{gr} = \frac{v_m^2}{360 \cdot g} \quad (2)$$

Hierbei ist

Fr Froudezahl

v_m mittlere Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

d_{gr} Grenzdurchmesser [m]

g Erdbeschleunigung [m/s²]

Die Grenze zwischen Geschiebe und Schwebstoffen liegt im Allgemeinen bei einem Grenzkorndurchmesser von 0,2 bis 0,7 mm (Maniak, 2005).

Schwebstoffe entziehen der Strömung Energie, die diese braucht, um das suspendierte Material in Schwebelage zu halten. Das Konzept der Transportkapazität wurde aus einer solchen Energiebetrachtung heraus entwickelt und beschreibt die im Gleichgewichtszustand maximal

mögliche Feststofftransportmenge, wenn die Feststoffzufuhr ins Gewässer unbegrenzt ist. Demnach kann die Transportkapazität auch als „[...] die physikalisch maximal mögliche Transportrate bei vorgegebenen hydraulischen Randbedingungen und Sediment-eigenschaften“ bezeichnet werden (Kern, 1997).

Für die Berechnung der Transportrate wurden mehrere Ansätze entwickelt; hier wird jedoch nur die Diffusionstheorie näher erläutert, da diese die gängigste Methode ist. Diese Theorie geht davon aus, dass die Schwebstoffe aufgrund ihrer höheren Dichte im Vergleich zu Wasser das Bestreben haben abzusinken. Diesem Absetzvorgang wirkt die turbulente Strömung entgegen, indem aufwärtsgerichtete Turbulenzwirbel schwebstoffreiche Flüssigkeitspakete nach oben verlagern. Abwärtsgerichtete Wirbel transportieren Pakete mit geringeren Konzentrationen in Richtung Sohle. Dies bewirkt einen vertikalen Konzentrationsaustausch in Abhängigkeit der Turbulenzintensität und der Sinkgeschwindigkeit der Schwebstoffe (Kern, 1997). In stationären gleichförmigen Strömungen bildet sich ein vertikales Konzentrationsprofil mit zum Gewässerbett hin zunehmenden Schwebstoffgehalt aus (Abbildung 2-1).

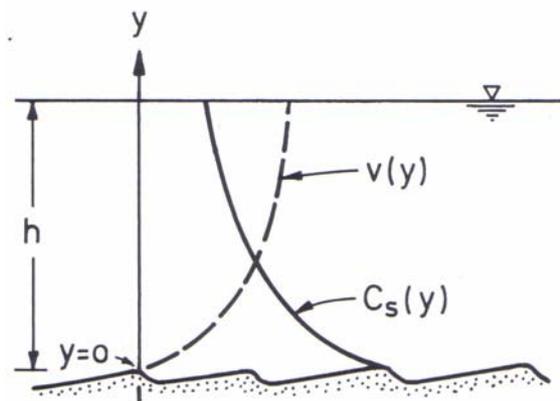


Abbildung 2-1: Idealisierte Schwebstoffverteilung von Fließgeschwindigkeit und Schwebstoffgehalt in der Vertikalen (DVWK, 1986)

Unter der Annahme, dass der Diffusionskoeffizient über die Fließtiefe veränderlich ist, und eine logarithmische Geschwindigkeitsverteilung für stationär gleichförmige Verhältnisse unter Einführung der turbulenten Schubspannung vorherrscht, kann die Diffusionsgleichung (3) gelöst werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Feststoffe sich mit derselben Geschwindigkeit bewegen, wie das sie transportierende Medium (DVWK, 1986).

$$C_s(y) = C_s(a) \cdot \left(\frac{h-y}{y} \cdot \frac{a}{h-a} \right)^\zeta \quad (3)$$

mit

$$(4)$$

$C_s(y)$ vertikale Schwebstoffverteilung [g/m^3]

$C_s(a)$ Schwebstoffgehalt im Abstand a von der Sohle [g/m^3]

h Wassertiefe [m]

a Abstand von der Sohle [m]

$\zeta = \frac{V_s}{\beta \cdot \kappa \cdot u_*}$ Rouse-Zahl oder Schwebstoffzahl

β reziproke turbulente Schmidtzahl

κ Karman-Konstante

u_* Sohlschubspannungsgeschwindigkeit

Mit der Rouse-Zahl wird das Verhältnis zwischen der Schwerkraft und den turbulenten Austauschvorgängen ausgedrückt. Bei kleinen Rouse-Zahlen wird der Schwebstofftransport durch die vertikale turbulente Durchmischung bestimmt, und die Partikel sind nahezu gleichförmig über die Abflusstiefe verteilt. Bei einer Rouse-Zahl ≥ 1 wird der Transportprozess durch das Absinken der Teilchen dominiert, und die Konzentrationen steigen in der Nähe des Gewässerbettes an (Kern, 1997).

Die Sinkgeschwindigkeit eines Schwebstoffpartikels kann mit der Gleichung (4) ermittelt werden:

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{d \cdot g}{c_w} \cdot \frac{(\rho_F - \rho_w)}{\rho_w}} \quad (4)$$

d Korndurchmesser [m]

g Erdbeschleunigung [m/s^2]

ρ_F Dichte der Schwebstoffe [kg/m^3]

ρ_w Dichte des Wassers [kg/m^3]

c_w Widerstandsbeiwert

Der Widerstandsbeiwert c_w muss empirisch bestimmt werden, kann aber im Idealfall einer glatten Einzelkugel für den Stokesschen Bereich ($Re < 0,1$) mit $c_w = 24/Re$ angenähert werden. Dabei berechnet sich die Reynoldszahl Re nach der Gleichung (5).

$$Re = \frac{v_s \cdot d}{\nu} < 0,1 \quad (5)$$

Re Reynoldszahl

V_s Korndurchmesser [m]

ν kinematische Zähigkeit des Wassers [m^2/s]

Hierbei werden der Einfluss der Oberflächenrauigkeit, die Abweichung von der Kugelform, der Einfluss von Nachbarpartikeln, die Dreh- und Taumelbewegungen sowie die Turbulenz nicht berücksichtigt, die aber auf reale Partikel durchaus eine Wirkung haben (DVWK, 1986).

3 Methodik

In diesem Kapitel werden die verwendeten Messmethoden, getrennt in direkte und indirekte Messung, zur Ermittlung des Schwebstoffgehaltes in einem Gewässer erläutert. Des Weiteren wird die Vorgehensweise zur gravimetrischen Bestimmung der Schwebstoffgehalte der Wasserproben im Labor erklärt sowie die für die Auswertung der Messergebnisse nötigen Verfahren beschrieben und an Hand von Beispielen dargelegt.

3.1 Direkte Messmethoden

Ziel der direkten Messungen ist die Bestimmung des Schwebstoffgehaltes bezogen auf ein bestimmtes Wasservolumen.

Der Schwebstoffgehalt eines Gewässers kann durch die Entnahme von Wasserproben in einem oder mehreren Punkten eines Querprofils mit anschließender Filtrierung der Proben im Labor bestimmt werden. Voraussetzungen für die einwandfreie Bestimmung des Schwebstoffgehaltes bilden die richtige Entnahme sowie die anschließende Behandlung und Auswertung der Wasserproben (DVWK, 1986).

3.1.1 Einpunktentnahme/Dauerentnahme

Gemäß DVWK-Regel-Schwebstoffmessungen (1986) sollten Einpunktentnahmen von einer Brücke, Seilkrananlage oder von einem Boot aus erfolgen. Bei kleinen Gewässern ist auch eine Entnahme vom Ufer mit einer Abstandstange, an der das Schöpfgerät befestigt wird, möglich. Eine Entnahme im Uferbereich wird nicht empfohlen, da hier durch kurzfristige Wasserstandsänderungen hohe Schwankungen des Schwebstoffgehalts hervorgerufen werden können. Als Entnahmegерäte kommen Eimer, Flaschen oder Pumpen zur Anwendung.

Im Sommer 2006 wurden Einpunktentnahmen im Rahmen von Dauerentnahmen durchgeführt. Dabei wurden über einen längeren Zeitraum in regelmäßigen Abständen (30 Minuten) Proben an der gleichen Stelle entnommen. Dies geschah einerseits, um die zeitliche Verteilung der Schwebstoffkonzentrationen bestimmen zu können, und andererseits um durch Entnahme der Proben in Sondennähe einen Vergleichswert zu den Sonden-aufzeichnungen zu erhalten. Diese Beziehung kann zur sedimentologischen Kalibrierung der Sonde herangezogen werden (DVWK, 1986).

Im Sommer 2006 wurden die Einpunktentnahmen mit einem Schöpfgerät (Abbildung 3-1), an dem zwei Kunststoffflaschen fixiert werden können, durchgeführt. An dem Gerät ist ein Seil befestigt, mit dem es in gewisser Entfernung vom Ufer in die Strömung eingebracht wird. Die gefüllten Flaschen können direkt ins Labor zur Auswertung gebracht werden.



Abbildung 3-1: Schöpfgerät

3.1.2 Vielpunktentnahmen

Die Vielpunktentnahme mit simultaner Messung der Fließgeschwindigkeit am gleichen Messpunkt gilt als die genaueste Entnahmemethode zur Bestimmung des Schwebstofftransportes. Nachteilig ist jedoch der hohe technische, personelle und zeitliche Aufwand, den die Durchführung so einer Messung mit sich bringt, weshalb sie häufig nicht angewendet werden kann.

Für diese Entnahmemethode wird der Flussquerschnitt in mehrere Abschnitte unterteilt, in deren Mitte Messlotrechten eingerichtet werden und in unterschiedlichen Tiefen je eine Wasserprobe entnommen wird (DVWK, 1986). Der Abstand der Messlotrechten einer Messstelle hängt von der Fragestellung und von der Breite des Gewässers ab. Um die horizontale Verteilung der Schwebstoffe in einem Querschnitt zu bestimmen, sind normalerweise fünf bis zehn Lotrechte ausreichend (Edwards und Glysson, 1999). So kann der Abstand bis zu 30 m betragen (DVWK, 1986).

Je nach Tiefe des Gewässers wird eine unterschiedliche Anzahl an Messpunkten pro Lotrechte gewählt. Übliche Tiefenstufen für große Gewässer sind laut DVWK (1986) $0,8 \cdot h$, $0,6 \cdot h$, $0,2 \cdot h$ und $0,05 \cdot h$ (Abbildung 3-2), während Edwards und Glysson (1999) eine Entnahme von fünf bis zehn Proben in einer Lotrechte beginnend bei $0,3$ m über der Gewässersohle empfehlen.

Bei unterschiedlichen Wasserständen sollten Vielpunktentnahmen möglichst oft wiederholt werden (DVWK, 1986).

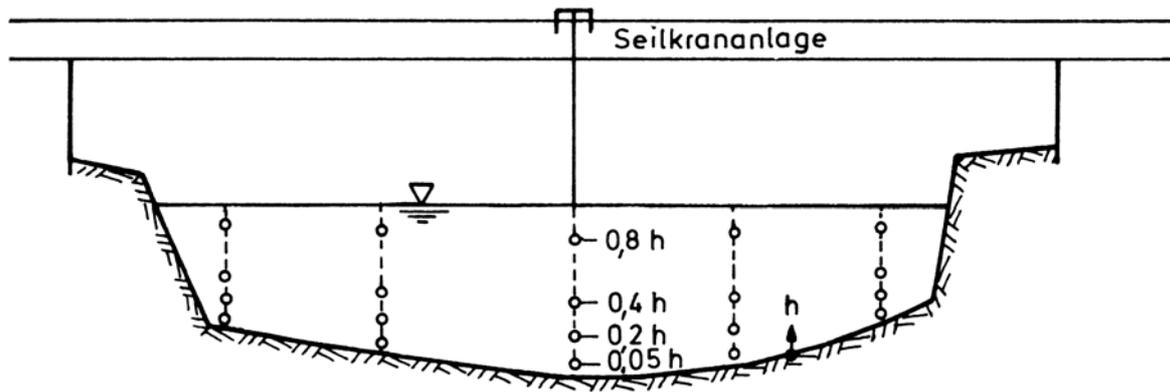


Abbildung 3-2: Darstellung einer Vielpunktentnahme in vier Tiefenstufen (DVWK, 1986)

Im Rahmen der Messungen für die Diplomarbeit wurden die Lotrechten von einem am Ufer befindlichen Bezugspunkt aus so gewählt, dass diese an jedem der einzelnen Messtage übereinstimmten. Dadurch wurde eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet.

Die Entnahme der Proben erfolgt mittels einem US – P61 Suspended Sediment Sampler (Abbildung 3-3). Dieser wurde vom Hydrographischen Dienst Steiermark im Sommer 2006 angeschafft, da sich das Gerät bei den Untersuchungen in den vergangenen Jahren als geeignet erwiesen hat. Der Sammler wurde sowohl zur Entnahme einzelner Proben in unterschiedlichen Tiefen als auch zur Entnahme tiefenintegrierter Proben entwickelt und konnte daher zur Durchführung von Vielpunkt- und Integrationsentnahmen herangezogen werden. Der rund 50 kg schwere US – P61 ist stromlinienförmig gebaut und mit „Schwanzflossen“ ausgestattet, um den Sammler im Gewässer so zu orientieren, dass die Einströmöffnung in Fließrichtung weist. Die Öffnung wird durch Senden eines Stromimpulses an das Rotationsventil freigegeben (FISP, 2007). Im Inneren des Sammlers befindet sich eine 1-Liter-Plastikflasche, die im Idealfall nicht ganz gefüllt werden sollte, um die Repräsentativität der Probe sicherzustellen.

Da dieses Gerät keine simultane Geschwindigkeitsmessung zulässt, wurden die für die Auswertung benötigten Strömungsgeschwindigkeiten vor Beginn der Vielpunktentnahmen mittels ADCP-Messung oder Flügelmessung gemäß der Krepss-Methode bestimmt.



Abbildung 3-3: US – P61 Suspended Sediment Sampler

3.1.3 Integrationsentnahmen

Mit der Integrationsentnahme erhält man den mittleren Schwebstoffgehalt zwischen der Oberfläche und dem Sohlbereich in den einzelnen Messlotrechten, indem das Entnahmegesetz mit konstanter Geschwindigkeit bis zum Grund abgesenkt und wieder gehoben wird. Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Methode ist, dass die Füllung des Messgerätes weitgehend isokinetisch, d.h. mit gleicher Einstrom- wie Anströmgeschwindigkeit, erfolgt (DVWK, 1986). Die Methode setzt eine gewisse Mindestfließgeschwindigkeit voraus, da sonst bei seichten Gewässern kein ausreichendes Probenvolumen gewonnen werden kann.

Das Verfahren bietet vor allem bei sich rasch ändernden Abflüssen den Vorteil schneller durchführbar zu sein als die Vielpunktentnahme, jedoch weist es eine geringere Genauigkeit auf (DVWK, 1986).

Im Wesentlichen existieren zwei Ansätze, wie man die Lotrechten im Querschnitt platziert um möglichst repräsentative Ergebnisse zu erhalten.

- Bei der Equal-Discharge-Increment-Method (EDI) (identischer Abfluss-Methode) werden die Querschnitte in Abschnitte mit gleichem Durchfluss unterteilt. Aus der Mitte dieser Abschnitte werden Proben mit annähernd gleichen Volumina entnommen. Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Methode ist die Kenntnis über das Abflussverhalten im Querschnitt, die aus langjährigen Abflussbeobachtungen oder Abflussbestimmungen direkt vor Einteilung der Messlotrechten gewonnen werden kann. Ist das Abflussverhalten bekannt, kann dieses Verfahren Zeit beim Messen und der Laborauswertung ersparen, da weniger Lotrechte (zwischen vier und neun) benötigt werden als bei der nachfolgend beschriebenen EWI-Methode und dadurch vor allem bei instationären Verhältnissen einen Vorteil bieten (Edwards und Glysson, 1999).

- Um die Equal–Width–Increment–Method (EWI) (identische Breiten–Methode) anwenden zu können, muss das Querprofil in Abschnitte gleicher Breite unterteilt werden. Diese Methode wird häufig in seichten, durchwatbare Gewässern und an Sandbettflüssen angewendet, die keine stabile Verteilung des Durchflusses im Querschnitt aufweisen.

Die Anzahl der Lotrechten richtet sich nach dem Gewässer, sollte aber nicht geringer als zehn sein, um die Schwebstofffracht des Querschnittes möglichst präzise wiederzugeben. Die Absenk– und Hubgeschwindigkeit muss entlang und in allen Vertikalen gleich groß sein und wird an der tiefsten Lotrechten bzw. an der mit der größten Fließgeschwindigkeit bestimmt. Die Absenk– und Hubgeschwindigkeit darf 40 Prozent der mittleren Fließgeschwindigkeit dieser Lotrechten nicht überschreiten, muss aber so schnell sein, dass die Probeflaschen nicht ganz gefüllt werden. Dadurch wird sichergestellt, dass die entnommenen Volumina proportional zum Durchfluss der Vertikalen sind (Edwards und Glysson, 1999).

Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass die Verteilung der Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil gut bestimmt werden kann, und die Verteilung des Abflusses im Querprofil nicht bekannt sein muss.

Beide Methoden eignen sich ebenso zur Einteilung der Messlotrechten für die Vielpunktentnahmen. Für die Bestimmung der Vertikalen der Vielpunkt– und Integrationsentnahmen im Zuge der Diplomarbeit wurde die EWI–Methode herangezogen. Die Probenentnahmen wurden im Sommer 2006 mit dem US–P61 Suspended Sediment Sampler des Hydrographischen Dienstes Steiermark durchgeführt (siehe Kapitel 3.1.2).

3.2 Indirekte Messmethoden

Die indirekten Messmethoden erfassen die Trübung eines Gewässers und ermöglichen somit die kontinuierliche Bestimmung des Schwebstoffgehaltes auf mittelbare Weise.

Neben der optischen und der akustischen Messung werden auch Laserlichtstreuung und Laserreflexion zur Bestimmung des Schwebstoffgehaltes in einer Suspension eingesetzt. Für die Durchführung flächendeckender Messungen kann eine Spektralanalyse vom Flugzeug oder Satelliten aus durchgeführt werden (Wren et al., 2000).

In dieser Arbeit wird nur auf die optische und die akustische Messmethode näher eingegangen, da diese im Zuge der Diplomarbeit zum Einsatz gelangt sind. Die weiteren Methoden werden nur der Vollständigkeit halber erwähnt, für weitere Informationen über diese Verfahren und deren Vor- und Nachteile wird auf die Literatur verwiesen (z.B. Wren et al., 2000).

3.2.1 Optische Messung

Die Bestimmung der Feststoffkonzentration in Flüssigkeiten durch Probenentnahme (und anschließender Filtration) hat den Nachteil, dass sie mehrere Stunden beansprucht und kaum automatisiert werden kann (Sigrist–Photometer, 2006). Die Trübung, die durch die Feststoffteilchen verursacht wird, eignet sich jedoch zur automatisierten und kontinuierlichen Messung mittels fotometrischer Geräte (DVWK, 1986), da ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Trübungswert und Feststoffkonzentration einer Suspension besteht (Sigrist–Photometer, 2006). Die Vorteile dieser Methode liegen in der Einfachheit der Methodik, der guten temporären Auflösung und den geringen Kosten (Wren et al., 2000).

Mit der Messung des Trübungswertes wird das qualitative Phänomen der Trübung, die als Verminderung der Sichtweite in einem transparenten Medium durch Streustrahlung und Adsorption an optisch dichteren Einlagerungen (z.B. Partikel) definiert ist, quantitativ erfasst.

Die Bestimmung des Trübungswertes kann mittels Streulicht auf zwei Arten erfolgen:

- Bei der Messung der Durchlichtschwächung (Transmissionsmessung) wird die Abschwächung eines transmittierten Lichtstrahles durch Adsorption durch das Wasser selbst oder an Feststoffteilchen an einem Sensor, welcher der Sonde gegenüberliegt, bestimmt. Dabei entspricht der Streukoeffizient (Trübungskoeffizient) der Gesamtheit des Streulichts, das dem einfallenden Strahl entzogen wird (Sigrist–Photometer, 2006). Diese Messanordnung wird bei Messungen von mittlerer oder hoher Trübung angewendet, da sonst der Signalunterschied zwischen eingestrahelter und durchgehender Strahlung zu gering ist, um eine gute Auflösung zu erhalten (EAWAG, 2007).
- Bei der zweiten Methode, der Streulichtmessung (Reflexionsmethode) wird die Intensität des seitlichen Streulichtes unter einem definierten Winkel, also wie viel Streulicht an den Partikeln unter diesem Winkel abgelenkt wird, bestimmt (Sigrist–Photometer, 2006). Bei Messung des Lichtstrahls unter einem Winkel von 90° spricht man von nephelometrischer Messung. Dieser Messtyp eignet sich für die Bestimmung niedriger Trübungswerte (EAWAG, 2007).

Bei der praktischen Anwendung erfolgt die Anzeige der Trübungsmessgeräte nicht in der gemessenen Lichtintensität, sondern als Konzentration einer Bezugssuspension, an der das Messgerät kalibriert wurde. Für die Kalibrierung wird Formazin als internationaler Trübungsstandard festgelegt.

Die geläufigsten Einheiten bei der Angabe von Trübungswerten sind nachfolgend aufgelistet.

- FAU bedeutet "Formazine Attenuation Units" und ist eine in der Wasseraufbereitung verwendete Einheit für die Durchlichtmessung (Winkel 0°).

- FNU "Formazine Nephelometric Units" ist in der Wasseraufbereitung die Einheit für die Messung bei 90°
- FTU "Formazine Turbidity Unit" wird ebenfalls in der Wasseraufbereitung verwendet.

Das Streulicht eines Teilchens und somit die Trübung einer Suspension hängt stark von der Korngröße ab (Sigrist–Photometer, 2006). Da diese Methoden abhängig von der Art und der Eigenschaften der Schwebstoffe sind, wird zur Bestimmung des Schwebstoffgehalts mittels Trübungsmessung eine Eichkurve benötigt (DVWK, 1986). Neben der starken Korngrößenabhängigkeit und dadurch notwendige Kalibrierungen ist auch die Tatsache, dass nur Punktmessungen möglich sind, als Nachteil dieser Methode zu nennen. Außerdem führen Verschmutzungen des Messinstrumentes zu falschen Daten, weshalb eine regelmäßige Reinigung der Messeinheit unumgänglich ist (Wren et al., 2000).

3.2.1.1 Trübungssonde Solitax ts-line

Um kontinuierliche Informationen über den Schwebstoffgehalt zu erlangen, wurde an den Pegelstellen Admont/Enns und Leibnitz/Sulm jeweils eine Trübungssonde Solitax ts-line der Firma Hach–Lange installiert. Diese Sonde kann sowohl in sehr klaren, als auch in stark getrübbten Medien eingesetzt werden und eignet sich daher auch für die Überwachung von Oberflächengewässern (Hach–Lange, 2006).

Die Messung basiert auf dem Prinzip des kombinierten Infrarot–Absorptions–Streulicht–Verfahrens (Hach–Lange, 2005). Das von den Trübungsteilchen seitlich gestreute Licht wird unter einem Winkel von 90° gemessen, wobei eine parallele Auswertung unterschiedlicher Streulichtsignale möglich ist (Abbildung 3-4) (Hach–Lange, 2006).

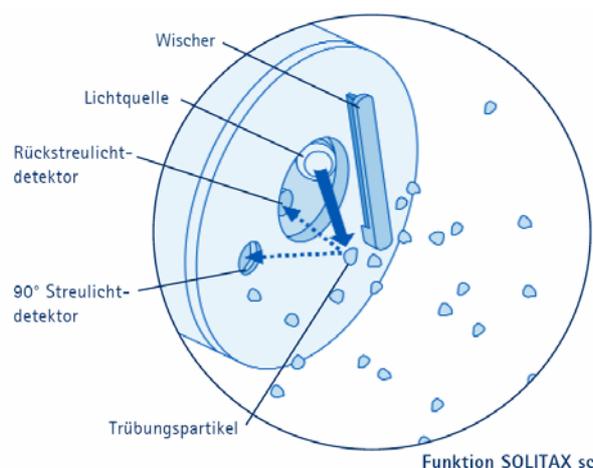


Abbildung 3-4: Funktionsweise der Sonde Solitax ts-line (Hach–Lange, 2006)

Es ist möglich zwischen den beiden Messeinheiten „Trübung“ [FNU] und „Feststoff“ [mg/l] zu wählen. Der Messbereich liegt zwischen 0,001 und 4000 FNU bzw. zwischen 0,001 und 50 g/l und weist eine Genauigkeit von < 1% Abweichung bei FNU Einheit und < 5% bei

Anzeige der Trockensubstanz auf. Die Sonde wird bereits im Werk nach DIN ISO 7027 durch Festlegen des Nullpunktes kalibriert, jedoch ist eine Nachkalibrierung bei Abweichungen der angezeigten Messwerte von den Laborergebnissen möglich.

Während der Messung sollte eine Strömungsgeschwindigkeit von 3 m/s nicht überschritten werden, da sich Luftblasen sonst negativ auf die Genauigkeit des Ergebnisses auswirken können. Die Sonde sollte keinen Temperaturen unter dem Gefrierpunkt und keinem Druck > 1 bar ausgesetzt werden (Hach–Lange, 2006).

Die Sonde verfügt über einen Wischer, der das Messfenster in regelmäßigen Abständen von Verschmutzungen und Algenbewuchs säubern soll (Hach–Lange, 2005). Bei starker Verschmutzung und besonders bei Auftreten von „Biofouling“ ist eine zusätzlich manuelle Reinigung jedoch unumgänglich.

3.2.2 Akustische Messung

Zur Messung von Strömung und Durchfluss werden heutzutage immer mehr Geräte verwendet, die unter dem Namen ADCP bekannt sind. Das Kürzel ADCP steht für Acoustic Doppler Current Profiler. Außerdem gibt es Ansätze mit denen man aus den vom ADCP erhaltenen Daten auf den Schwebstoffgehalt rückschließen kann.

Weltweit gibt es die vier nachfolgend aufgelisteten Anbieter von Akustischen Doppler Geräten:

- RD Instruments, Inc. (RDI)
- SonTek/YSI
- NorTek
- Aanderaa Instruments

Um den Durchfluss von einem fahrenden Boot aus messen zu können, muss das Gerät mit der „bottom track“-Funktion ausgestattet sein. Das bedeutet, das ADCP–Gerät muss die Geschwindigkeit des Bootes über Grund messen können. Dazu ist neben den „Workhorse Rio Grande“ ADCP der Firma RD Instruments nur die „River Suveyor“ ADPs von SonTek/YSI in der Lage.

“ADCP“ ist ein eingetragenes Warenzeichen von RD Instruments Inc., hat sich aber mittlerweile als allgemeine Bezeichnung von Akustischen Doppler Geräten zur Strömungs- und Durchflussmessung durchgesetzt (Adler, 2003) und wird im Folgenden in diesem Sinne verwendet.

Der Hydrographische Dienst Steiermark ist seit dem Frühjahr 2005 im Besitz eines ADCP Gerätes der Marke „Workhorse Rio Grande ZedHed“ der Firma Teledyne RD Instruments.

Dieses Gerät sendet mit einer Frequenz von 1200 Hz und ist für einen Einsatz im Messbereich von 0,3 m bis 21 m geeignet, wobei die minimale Messtiefe ab dem Gerätekopf gilt. Die Eintauchtiefe des ADCP muss somit noch dazugezählt werden, um die tatsächliche minimale Messtiefe zu erhalten. Bei dem Trägergerät handelt es sich um einen geschleppten Trimaran, der besonders für Messungen geeignet ist, bei denen Brücken oder Messeilbahnen zur Verfügung stehen (Adler, 2003).



Abbildung 3-5: Geräteträger „Trimaran“ des ADCP-Gerätes „Workhose Rio Grande ZedHed“ des Hydrographischen Dienstes Steiermark während der Messung

Die Methode der ADCP-Messung kann in jenen Gerinnen eingesetzt werden, in denen ein gewisser Schwebstoff- und/oder Luftblasengehalt vorhanden ist, um die Reflexionen zu erzielen, und wenn der gemäß Herstellerangaben ausreichende Sohlabstand vorliegt (ÖNORM B2401, 2006).

3.2.2.1 Grundprinzipien der ADCP-Messung

Die Messung mittels ADCP basiert auf der Anwendung des Doppler-Effektes. Diese Gesetzmäßigkeit beschreibt die Frequenzänderung einer Schallfrequenz, die dann auftritt, wenn sich Schallquelle und Empfänger relativ zueinander bewegen (Morgenschweis, 2002).

Der Ultraschallwandler (transducer) sendet einen Schallimpuls aus, der an den in der Strömung bewegten Partikeln (Schwebstoffe, organisches Material, Blasen) reflektiert wird. Da man annimmt, dass die Partikel mit derselben Geschwindigkeit bewegt werden, wie die Strömung, in der sie sich befinden, lässt sich die Fließgeschwindigkeit des Gewässers bestimmen. Aus der Laufzeit des Schallimpulses kann auf die Entfernung des Reflektors rückgeschlossen werden und somit die Lage des Messvolumens bestimmt werden (Siedschlag, 2005).

Zur Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit wird ein Ultraschallimpuls mit einer konstanten Frequenz f_1 vom ADCP-Wandler ausgesendet und durch Streuung mit einer veränderten Frequenz f_2 zurückgeworfen. Aus dem Vergleich der beiden Frequenzen kann unter

Bezugnahme auf das Dopplergesetz die Fließgeschwindigkeit mit der folgenden Formel (6) berechnet werden:

$$v = \frac{a_0}{2 \cdot \cos \beta} \cdot \frac{f_1 - f_2}{f_1} \quad (6)$$

wobei

v Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

f_1 Sendefrequenz [1/s]

f_2 Dopplerfrequenz [1/s]

a_0 Schallgeschwindigkeit [m/s]

β Winkel zwischen den Vektoren der Strömungsrichtung und der Ausbreitungsrichtung des Ultraschalls

bedeuten.

Da in der Anwendung die Werte für f_1 , $\cos \beta$ und a_0 konstant sind, vereinfacht sich die Gleichung folgendermaßen (7):

$$v \cdot k_o = f_1 - f_2 \quad (7)$$

Aus dieser Formel lässt sich erkennen, dass die Frequenzverschiebung direkt proportional zur Strömungsgeschwindigkeit ist (Morgenschweis, 2002).

Das vom Hydrographischen Dienst Steiermark angeschaffte ADCP besitzt vier Ultraschallwandler, das sind Keramikplatten, die in sehr kurzen Zeitabständen zwischen Senden und Empfangen von Ultraschallimpulsen wechseln. Des Weiteren ist das Gerät mit einem Pendel, einem Magnetkompass und einem Thermometer ausgestattet, die aber zur Durchflussbestimmung nicht unbedingt notwendig sind und nur zur Verbesserung der Messdatenqualität dienen.

Während der Durchflussermittlung werden gleichzeitig drei Größen erfasst:

- die Wassertiefe
- die Geschwindigkeit des Bootes und
- die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit

Um die Strömungsgeschwindigkeit bestimmen zu können, wird von vier Wandlern der Schall unter einem Winkel von 20° zur Vertikalen abgestrahlt. So werden vier Geschwindigkeitskomponenten ermittelt, die durch trigonometrische Umformung in räumliche

Geschwindigkeitsvektoren transformiert werden können (Adler, 2003). Der vierte Schallstrahl wird zur Datenkontrolle und –sicherheit benutzt (Morgenschweis, 2002).



Abbildung 3-6: Workhorse Rio Grande ZedHed (Teledyne RD Instruments, 2007)

Um aus den reflektierten Schallechos des gesamten Wasserkörpers unterhalb der Wandler ein Strömungsprofil ermitteln zu können, wird das Echo in Zeitfenster zerlegt. Je nach Entfernung der Zelle von den Wandlern und der Schallgeschwindigkeit werden den Tiefenzellen Reflektionszeiten zugeordnet. Aus dem Echo einer solchen Tiefenzelle wird die Strömungsgeschwindigkeit dieser Tiefenzelle bestimmt (ÖNORM B2401, 2006). Die Bootsgeschwindigkeit wird ebenso mit Hilfe des Doppler-Effektes ermittelt, indem die Dopplerverschiebung des an der Sohle reflektierten Schalls zur Berechnung herangezogen wird. Aus der Laufzeit des Schalls vom Wandler zur Flusssohle und zurück kann die Wassertiefe berechnet werden (Adler, 2003).

Die Bootsgeschwindigkeit und die Strömungsgeschwindigkeiten in den einzelnen Zellen sind die Grundlage für die Durchflussberechnung. Dafür wird der Flussquerschnitt in Zellen (*depth cells* oder *bins*) mit konstanter Höhe, die frei wählbar ist, und Breiten abhängig von den Schallimpulsfolgen und der Bootsgeschwindigkeit unterteilt. Für jede Zelle wird der Teildurchfluss ermittelt, und aus der Summe der Teildurchflüsse ergibt sich der Gesamtdurchfluss.

Der Zellendurchfluss lässt sich mit der Gleichung (8) berechnen:

$$\Delta Q = |\vec{v} \cdot \vec{s}| \cdot \Delta h \quad (8)$$

Aus gerätetechnischen Gründen ist der ADCP nicht in der Lage, den gesamten Querschnitt zu erfassen. Zu den nicht erfassten Bereichen zählt einerseits der Uferbereich, da im flachen Wasser keine Messungen möglich sind.

Der untere Randbereich wird aus einer Wasserschicht im Bereich der Gewässersohle gebildet, die etwa eine Dicke von sechs Prozent der Entfernung vom Wandler bis zur Sohle aufweist. In diesem Bereich kommt es durch Reflektionen der Nebenkeulen von der Sohle zu Beeinträchtigungen des ADCP-Hauptstrahls, der im Wasser reflektiert wird. Nebenkeulen

entstehen, indem nicht alle ausgesendeten Schallimpulse entlang des Hauptstrahls (*main lobe*) verlaufen.

Der obere Randbereich setzt sich aus 8 cm Eintauchtiefe des Wandlers und einer darunter liegenden Totzone (*blanking*) zusammen. Dieses *blanking* entsteht durch die Zeit, die der Sensor zum Abklingen der Eigenschwingungen benötigt, um zwischen Senden und Empfangen umzuschalten zu können (Adler, 2003).

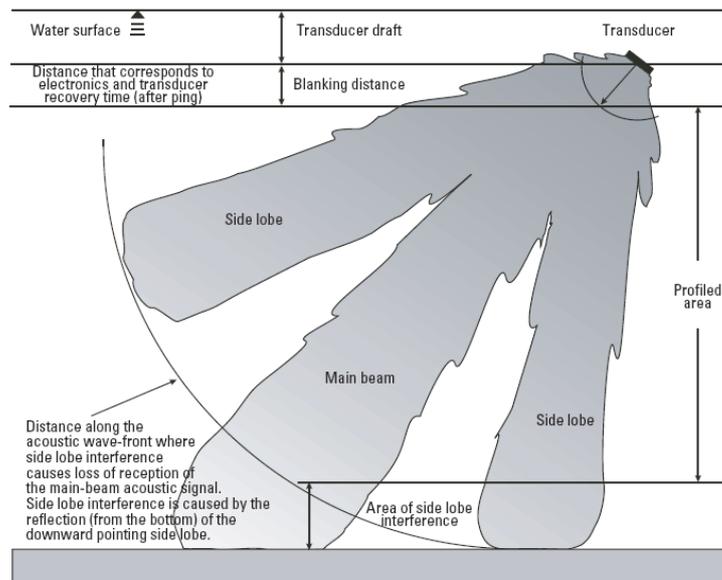


Abbildung 3-7: Schallausbreitung in Hauptstrahl (main lobe) und Nebenstrahlen (side lobes) und nicht erfasste Bereiche (Simpson, 2001)

Um auch für diese Bereiche Durchflussanteile zu erhalten, werden die Messwerte der Kerngebiete extrapoliert. Dies kann durch die Software WinRiver geschehen, die auch für die Durchführung der Messungen im Sommer zur Verfügung stand.

3.2.2.2 Software für die weiterführende Auswertung

Für die weitere Bearbeitung der ADCP-Daten wurde die Software AGILA der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz verwendet. Mit diesem Programm können die Daten von ADCP-Messungen so weiterbearbeitet werden, dass neben dem Durchfluss auch andere Auswertungsergebnisse, wie z.B. der Flussquerschnitt, die mittlere Wassertiefe und die mittlere Strömungsgeschwindigkeit, zur Verfügung stehen (Adler, 2003).

Da die Pfade der ADCP-Messungen unterschiedliche Längen aufweisen, projiziert das Auswerteprogramm AGILA jeden beliebigen Messpfad an einer Messstelle auf einen Bezugsquerschnitt, der senkrecht zur Hauptströmungsrichtung verläuft. Die so erhaltene Geometrie des Bezugsquerschnitts, seine Breite und der Sohlverlauf, sowie die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeiten sind vom tatsächlichen Messweg praktisch unabhängig (Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2005).

Die Ergebnisse werden nach Messstellen geordnet in einer eigenen Datenbank abgelegt. Hier sind auch die einzelnen Messdaten gespeichert und können so nachbearbeitet oder zur Detailanalyse geladen werden (Adler, 2003). In der Praxis werden meist mehrere Messfahrten hintereinander durchgeführt, um mehrere Abflussmessungen zu erhalten, die mit AGILA überlagert werden können. Durch den visuellen Vergleich der einzelnen Messungen kann deren Qualität abgeschätzt werden, und man erhält durch die grafische Mittelung der Einzelmessungen ein Endergebnis (Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2005).

3.2.2.3 Bestimmung des Schwebstoffgehaltes aus ADCP-Daten

Die Intensität der von den Schwebstoffen reflektierten Echostrahlen (relative backscatter) wird vom Empfänger mit dem „Received Signal Strength Indicator“ (RSSI) aufgezeichnet (Deines, 1999).

Die ADCP-Schallreflexion an suspendiertem Material kann mit der Sonargleichung beschrieben werden. Es wird dabei ein Gleichgewicht zwischen ausgesendeter, empfangener und auf dem Weg verloreener Energie aufgestellt. Durch Lösen dieser Gleichung und einer Kalibrierung mit Trübungssondenwerte, oder durch Eingabe von Schwebstoffgehalten aus entnommenen Proben, kann aus den ADCP-Daten der Schwebstoffgehalt bestimmt werden. Zur Lösung der Gleichung ist die Kenntnis einiger geräte-, sediment- und wasserspezifische Parameter notwendig (Aardom und Mol, 2005). Eine vereinfachte Version der Sonargleichung wurde von Deines (1999) formuliert (Gleichung 9):

$$S_v = C + 10 \log_{10} \left[\frac{T_T R^2}{L P_T} \right] + 2\alpha R + K_c (E - E_r) \quad (9)$$

wobei

S_v	absolute akustische Rückstrahlung [dB]
C	Konstante [dB]
T_T	Temperatur des ADCP-Ultraschallwandlers [°C]
R	Schrägentfernung vom Wandler zu Reflektor [m]
L	ausgesendete Wellenlänge [m]
P_T	Übertragungsleistung [W]
α	Abschwächungskoeffizient [dB/m]
K_c	Skalierungsfaktor [dB/count]
E	relative Rückstrahlung oder Echointensität [count]

E_r Grundrauschen [count]

bedeuten.

Exakte Werte für C und P_T können aus Tabellen der Gerätehersteller entnommen werden; K_C wird meist mit 0,45 dB/count voreingestellt. T_T kann vom ADCP-Messgerät aufgezeichnet und als ACSII – Datei exportiert und ausgelesen werden.

Der Wert R bezeichnet die Schrägentfernung vom Sender zum Reflektor und ergibt sich im Wesentlichen aus dem Öffnungswinkel (20°). R kann näherungsweise trigonometrisch abgeschätzt werden (Maushake, 2005) oder nach einer genauen Formel von Deines (1999) berechnet werden.

Um die Impulslänge ablesen zu können, werden ADCP-Rohdatenfiles in das Programm WinRiver eingelesen und von dort abgelesen. Bei einem ADCP-Gerät mit einer Frequenz von 1200 kHz beträgt die Wellenlänge rund 20 m (Maushake, 2005).

Der Abschwächungskoeffizient α ergibt sich aus der Summe von der Schalladsorption im Wasser α_W und der Abschwächung durch die Partikel α_S . Die Schalladsorption α_W wird angesetzt, um die Verluste der Schallenergie aufgrund von Umwandlung in Wärme zu kompensieren. Mit α_S wird die Abschwächung der Schallenergie durch Streuung und Adsorption an Partikeln im Wasser berücksichtigt. Zur Berechnung der Werte für α_W und α_S wird auf Formeln in der Literatur (Aardom und Mol, 2005) verwiesen.

Um den Abschwächungskoeffizienten berechnen zu können, ist die Kenntnis mehrerer Parameter notwendig, die durch CTD-Messungen (Leitfähigkeit, Temperatur und Tiefe) und durch LISST-Sensoren (Laser In-Situ Scattering and Transmissionmetry) bestimmt werden können (Aardom und Mol, 2005). Das Gerät berechnet die Schallgeschwindigkeit aus der Temperatur und dem Salzgehalt beim Aufsetzen des Gerätes und wird über die gesamte Messlänge als konstant angenommen. Wenn das nicht der Fall ist, muss eine Korrektur der Schallgeschwindigkeit durchgeführt werden (Deines, 1999).

Die empfangene Echointensität E wird für jede Tiefenzelle angegeben und kann aus den RSSI (Received Signal Strength Indicator) abgeleitet werden. E kann ebenso in den ASCII – Out Files abgespeichert und so aus dem Auswertprogramm AGILA ausgelesen werden.

Das Grundrauschen ist der RSSI-Wert, der vorhanden ist, auch wenn es kein rückgestrahltes Signal gibt (Aardom und Mol, 2005). Der Wert liegt etwa um 40 und kann entweder vom Hersteller erfragt oder selbst bestimmt werden. Dafür muss das ADCP-Gerät in reines Wasser gestellt und das Kommando PT3 eingegeben werden (Deines, 1999).

Das Ergebnis der Sonargleichung liefert die absolute Rückstreuung in Dezibel, das durch Eingabe von Schwebstoffmessungen in Schwebstoffgehalte umgerechnet werden kann. Die

Berechnung erfolgt iterativ, da eine gegenseitige Abhängigkeit zwischen Schwebstoffgehalt und der Schwächung an den Partikeln besteht.

Ausgehend von der absoluten Rückstreuung in der ersten Zelle wird die Schwebstoffkonzentration über eine Standardbeziehung bestimmt. Für die Berechnung der ersten Zelle wird die Partikelabschwächung nicht berücksichtigt. Der so erhaltene Wert wird wiederum verwendet, um die Partikelabschwächung und eine neue korrigierte absolute Rückstrahlung zu bestimmen. Dieser Schritt wird so lange wiederholt bis das Ergebnis eine optimale Übereinstimmung liefert. Der Wert der ersten Zelle wird für die Bestimmung der Partikelabschwächung in der zweiten Zelle verwendet und wieder iterativ optimiert. Die oben genannten Schritte werden nun fortgesetzt bis das ganze Profil berechnet ist.

Zur endgültigen Bestimmung der Schwebstoffgehalte werden die aus Wasserproben gravimetrisch bestimmten Schwebstoffgehalte herangezogen.

3.2.2.4 Software für die weiterführende Auswertung

WISEA ist eine Software der Firma Aqua Vision BV aus den Niederlanden mit der ADCP-Daten in Echtzeit erfasst werden können. Wenn problematische Messbedingungen an der Gewässersohle, wie etwa starker Geschiebetrieb oder schlammiger Grund, auftreten, werden zusätzliche Sensoren (Kreiselkompass, Echolot, DGPS, etc) ergänzend zum ADCP eingesetzt. Mit WISEA können die Daten dieser Sensoren erfasst und gespeichert werden sowie diese anschließend gemeinsam mit ADCP-Daten weiter bearbeitet werden (Adler, 2003).

Für diese Diplomarbeit war besonders ein Zusatz zur Software WISEA, die Plume Detection Toolbox, von Bedeutung. Dieses Programm ermöglicht es, den Schwebstoffgehalt eines Gewässers aus den ADCP-backscatter-Daten zu ermitteln. Dies kann einerseits während der Messung über Kalibrierungsmessungen des Schwebstoffgehaltes und der Bestimmung von Leitfähigkeit, Temperatur und Tiefe erfolgen. Andererseits können die gemessenen Parameter durch Kalibrierung mit den Laborergebnissen der Wasserproben aus der Bestimmung des Schwebstoffgehaltes oder der Korngrößenverteilung bestimmt werden (Aquavision,2006).

3.3 Auswertung

3.3.1 Laborauswertung

Im Umweltlabor des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung wurden die gewonnenen Proben auf den Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen β_A untersucht.

Abfiltrierbare Stoffe β_A sind per Definition „die volumenbezogene Masse der im Wasser enthaltenen ungelösten Stoffe, die unter bestimmten Bedingungen abfiltriert und im

Anschluss an ein festgelegtes Trocknungsverfahren ausgewogen werden. [...] Sie werden auf das Volumen der Wasserprobe, in der sie bestimmt wurden, bezogen und in mg/l angegeben.“(DIN 38 409, 1987).

Die Analyse wurde mit einem Filtriergerät und einer Vakuumpumpe durchgeführt, wobei ein Membranfilter mit einer Porenweite von $0,45 \mu\text{m}$ eingesetzt wurde. Diese Filter müssen vor Verwendung bei $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ zwei Stunden im Trockenschrank getrocknet und anschließend im Exsikkator 30 – 60 Minuten auf Raumtemperatur abgekühlt werden. Die darauffolgende Gewichtsbestimmung wurde mit einer Analysenwaage auf 1 mg genau durchgeführt und das so ermittelte Gewicht notiert. Dabei sollte wegen der hygroskopischen Eigenschaft des Filters darauf geachtet werden, dass der Wägevorgang möglichst wenig Zeit benötigt. Dieser Filter wird nun ins Filtriergerät eingelegt und das gesamte Volumen der gut umgeschüttelten Probe, das mittels Messzylinder zuvor bestimmt wurde, filtriert. Die belegten Filter werden wie oben beschrieben getrocknet, abgekühlt und gewogen (Amt der steiermärkischen Landesregierung, 2004). In Abbildung 3-8 sind das Filtriergerät und die Vakuumpumpe, die Analysenwaage sowie neue und belegte Filter dargestellt.



Abbildung 3-8: links: Filtriergerät mit Pumpe im Hintergrund; Mitte: Analysenwaage; rechts: belegte Filter (oben) und neue Filter (unten)

Die Auswertung des Gehaltes an abfiltrierbaren Stoffen erfolgt nach DIN 38 409 Teil 2 mittels nachstehender Gleichungen 10 und 11:

$$\beta_A = \frac{m_T}{V_P} \cdot f \quad (10)$$

$$m_T = m_b - m_a \quad (11)$$

Wobei

β_A abfiltrierbare Stoffe [mg/l]

m_T Trockenmasse [g]

m_a Masse des Membranfilters [g]

m_b Masse des Membranfilters mit abfiltrierter Trockenmasse [g]

V_P Volumen der filtrierten Wasserprobe [l]

f Faktor: $f = 1000 \text{ mg/g}$

bedeuten.

Die erhaltenen Ergebnisse werden in mg/l auf 1 Dezimalstelle genau angegeben.

Vor allem die Unsicherheit der Waage ($\pm 0,1 \text{ mg}$) und der Multiplikationsfaktor des Volumens führen zu Messunsicherheiten im Ergebnis. Weitere Fehler können durch ungenaue Arbeiten während des Filtrierprozesses, wie ungenügendes Ausspülen der Probenflaschen oder Anhaften von Feststoffteilchen am Trichter, entstehen. Auch sollte die Wartezeit zwischen Probenentnahme und Auswertung möglichst kurz gehalten werden um Ergebnisse mit minimalen Unsicherheiten zu erlangen.

3.3.2 Kalibrierung der Sondenaufzeichnung

Die von der Sonde aufgezeichneten Trübungswerte entsprechen den Konzentrationen der Standardsuspension bei gleicher Trübe. Die Bestimmung der Trübung mittels optischer Messung ist aber abhängig von Art und Eigenschaft der Schwebstoffe, weshalb die Sondenaufzeichnungen mit Hilfe von in Sondennähe entnommenen Falschenproben kalibriert werden müssen.

Zur Kalibrierung der Sondenaufzeichnung werden jene Schwebstoffproben herangezogen, die während der Dauerentnahmen entnommen werden. Über diese Proben und den gleichzeitig von der Sonde aufgezeichneten Werten wird eine lineare Beziehung aufgestellt und mit dieser die Trübungswerte in sondennahe Schwebstoffkonzentrationen umgerechnet. Die Verwendung linearer Modelle ist nicht zwingend, so sind auch polynomische Modelle oder Potenzfunktionen vorstellbar, sind aber bei guter Korrelation der Einfachheit wegen vorzuziehen.

Eine weitere Möglichkeit der Kalibrierung der Sondenaufzeichnung stellt die Ermittlung eines Sondenbeiwertes k_S dar. Dieser wird durch Division der gravimetrisch bestimmten Schwebstoffgehalte c_R durch zugehörige Werte der Sondenaufzeichnung c_S errechnet (Gleichung 12).

$$k_S = \frac{C_R}{C_S} \quad (12)$$

Diese aperiodisch vorliegenden Sondenbeiwerte werden durch lineare Interpolation in eine Ganglinie von 15-min-Werten umgerechnet. Die aufgezeichneten Trübungswerte werden durch diese Ganglinie in ufernahe Schwebstoffkonzentrationen umgerechnet. Diese muss durch Vergleich mit Wasserstands-, Durchfluss- und Trübungsaufzeichnungen auf ihre Plausibilität überprüft werden, da es durch den linearen Ausgleich der Datenlücken zu Fehleinschätzungen kommen kann und die Ganglinie nötigenfalls manuell korrigiert werden muss. Diese Variante ist besonders geeignet, wenn eine große Zahl an sondennahen Proben in geringen zeitlichen Intervallen zur Verfügung stehen.

3.3.3 Auswertung von Vielpunktentnahmen

Aus den nach dem oben beschriebenen Verfahren gravimetrisch bestimmten Schwebstoffkonzentrationen in den Entnahmepunkten kann mit der zugehörigen Fließgeschwindigkeit die Vielpunktentnahme ausgewertet werden. In Abbildung 3-9 wird das Prinzip zur Bestimmung des Schwebstofftransportes im Querprofil dargestellt.

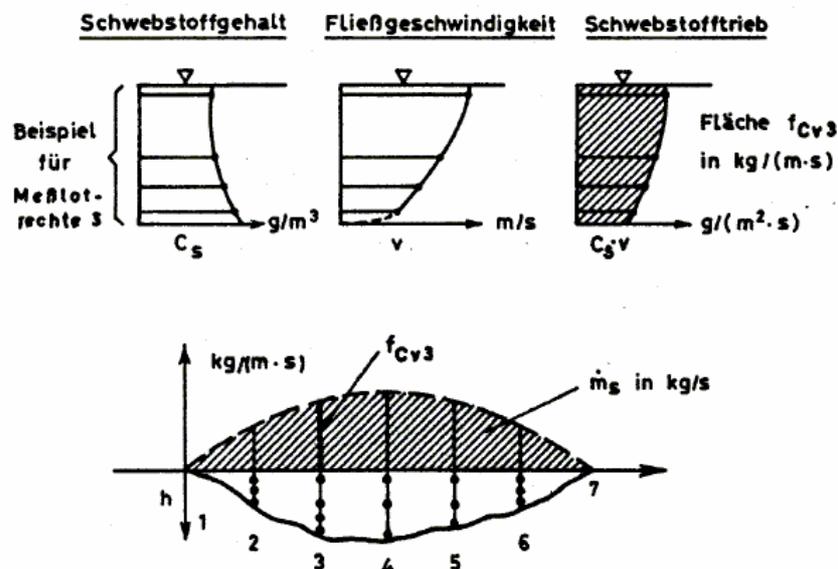


Abbildung 3-9: Schematische Darstellung zur Auswertung einer Vielpunktentnahme (DVWK, 1986)

Zuerst wird in jedem Entnahmepunkt die Schwebstoffkonzentration C_s mit der Fließgeschwindigkeit v multipliziert. In weiterer Folge wird die Fläche unter diesen Punkten einer Lotrechte berechnet. Dafür werden die Flächen von der Sohle bis zum obersten Entnahmepunkt durch Trapezflächen angenähert und die oberste Fläche vom obersten Punkt bis zur Gewässeroberfläche als Rechteck gerechnet. Die erhaltenen Flächen werden aufsummiert, um den Schwebstofftrieb in $kg/(m \cdot s)$ pro Lotrechten zu ermitteln. Um den Schwebstofftransport Q_s [kg/s] für das gesamte Querprofil zu erhalten, muss die Fläche unter

der durch den Schwebstofftrieb in den einzelnen Lotrechten aufgespannten Kurve berechnet werden. Dabei werden die beiden äußeren Flächen als Dreiecke angenommen und die anderen Flächen mittels Trapezformel ermittelt.

Um die mittlere Schwebstoffkonzentration im Querprofil C_m zu erhalten, muss der Schwebstofftransport durch den zugehörigen Durchfluss dividiert werden.

In der Tabelle 3-1 ist ein Beispiel zur Verdeutlichung der rechnerischen Vorgehensweise bei der Auswertung der Vielpunktentnahme dargestellt.

Tabelle 3-1: Rechnerische Auswertung der Vielpunktentnahme vom 08.08.06 in Admont/Enns

Auswertung - Schwebstofftransport - 08.08.06									
Lotrechte	Abstand v. Nullpkt	Wassertiefe	Entnahmetiefe	Cs	V	Cs*Vm		S-Trieb fcv	S-Transport
	b	tv				Cs*Vm			$ms_{(i)} = [f_{Cs(i+1)} + f_{Cs(i)}] * [b_{(i+1)} - b_{(i)}] / 2$
	[m]	[m]	[m]	[g/m³]	[m/s]	[g/m²*s]	[g/m²*s]	[g/m²*s]	
Ufer 1	6,3								11502,97
L1	13	2,54	0,51	700,7	1,65	1152,58	585,51	3433,72	41161,90
			1,52	820,0	1,66	1361,25	1277,03		
			2,03	948,7	1,58	1498,93	726,49		
			2,44	1201,9	1,48	1772,76	667,43		
							177,28		
L2	23	3,02	0,60	678,5	2,64	1791,27	1081,93	4798,66	51784,46
			1,81	700,9	2,40	1682,15	2097,94		
			2,42	774,8	2,15	1665,83	1011,09		
			2,92	808,8	0,66	533,84	554,32		
							53,38		
L3	33	3,35	0,67	607,6	3,06	1859,40	1245,80	5558,24	40779,97
			2,01	624,7	2,64	1649,33	2350,84		
			2,68	649,4	2,21	1435,18	1033,31		
			3,25	848,2	1,59	1348,72	793,41		
							134,87		
L4	43	2,01	0,40	602,0	2,16	1300,35	522,74	2597,76	7091,88
			1,21	659,6	2,07	1365,27	1071,58		
			1,61	684,6	1,85	1263,15	528,31		
			1,91	864,9	1,31	1133,04	361,82		
							113,30		
Ufer 2	48,46								
									152321,19 g/s 152,32 kg/s

3.3.4 Auswertung von Integrationsentnahmen

Die Auswertung erfolgt ähnlich wie jene der Vielpunktentnahme. Im ersten Schritt wird das Produkt aus Schwebstoffkonzentration C_s einer Lotrechte mit der mittleren Fließgeschwindigkeit v_m gebildet, um den Schwebstofftrieb $g/(m*s)$ einer Lotrechte zu erhalten. Durch Summation der mittels Dreiecks- und Trapezformel berechneten Flächen wird der Schwebstofftransport Q_s in kg/s ermittelt. Tabelle 3-2 soll die Auswertung der Integrationsentnahme an einem Beispiel verdeutlichen.

Tabelle 3-2: Rechnerische Auswertung der Integrationsentnahme vom 08.08.06 in Admont/Enns

Auswertung Schwebstofftransport 08.08.06 Integrationsmessung							
Lotrechte	Wassertiefe	Cs	Vm	Cs*Vm	S-Trieb	Abstand v. Nullpkt	S-Transport
	h(tv)				$f_{Cs} = (C_s * V_m) * h$	b	$ms_{(i)} = [(f_{Cs(i+1)} + f_{Cs(i)}) / 2] * (b_{(i+1)} - b_{(i)})$
		[g/m³]	[m/s]	[g/m²*s]	[g/m²*s]	[m]	[g/s]
						6,3	12218,42
L1	2,54	920,5	1,56	1435,94	3647,29	13	43153,32
L2	2,92	726,2	2,35	1706,64	4983,37	23	54025,31
L3	3,35	641,3	2,71	1737,82	5821,69	33	41656,07
L4	2,01	664,1	1,88	1248,52	2509,53	43	6851,01
						48,46	
							Schwebstofftransport: 157904,13 g/s 157,90 kg/s

3.3.5 Bestimmung des Querprofilbeiwertes k_Q

Da die Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil nicht gleichmäßig verteilt sind, können die Sondenwerte, die in Ufernähe aufgezeichnet wurden, nicht als repräsentativ für den gesamten Gewässerquerschnitt angesehen werden. Um die Sondenaufzeichnungen dennoch zur Berechnung der Schwebstofffracht heranziehen zu können, müssen diese in mittlere Schwebstoffkonzentrationen umgerechnet werden.

Hierfür wird zuerst der Querprofilbeiwert k_Q aus dem mittleren Schwebstoffgehalt C_m (vergleiche Kapitel 3.3.3) und dem Schwebstoffgehalt der sondennahen Proben C_r errechnet (Gleichung 13).

$$k_Q = \frac{C_m}{C_r} \quad (13)$$

Werden diese Querprofilbeiwerte dem Durchfluss gegenübergestellt, kann mittels Regressionsanalyse eine Beziehung zwischen diesen beiden Größen hergestellt werden. Je nach erhaltener Funktion wird ab einem bestimmten Durchfluss der Korrekturfaktor als konstant angesehen, da es sonst zu einem Unterschätzen der Schwebstoffkonzentration bei hohen Abflüssen kommt, weil sich k_Q meist indirekt proportional zum Durchfluss verhält (Kerschbaumsteiner, 2006).

Eine weitere Möglichkeit zur Umrechnung der ufernahen Schwebstoffkonzentrationen in die auf das Querprofilmittel bezogene, unterliegt der Annahme, dass die Querprofilbeiwerte um einen Mittelwert streuen. Deshalb wird das arithmetische Mittel aus den Querprofilbeiwerten an den einzelnen Messtagen bestimmt und so die Korrektur vorgenommen.

3.3.6 Frachtberechnungen

Die Schwebstofffracht ist der über einen anzugebenen Zeitabschnitt summierte Schwebstofftransport (Schwebstofffluss) (ÖNORM B2400, 2004).

Da der Durchfluss und die -durch die oben beschriebenen Methoden ermittelte- mittlere Schwebstoffkonzentration als Zeitreihe in 15-Minuten-Werten vorliegen, kann durch Multiplikation der beiden Ganglinien der Schwebstofftransport über die Zeit ermittelt werden. Durch Aufsummieren dieser Transportganglinie über den gewünschten Zeitraum kann die Schwebstofffracht [t] bestimmt werden.

4 Die Untersuchungsgebiete

4.1 Die Enns

4.1.1 Kurzbeschreibung

Die Enns entspringt in den Radstätter Tauern im Bundesland Salzburg und erreicht bei Mandling die Steiermark, wo sie in einem ostalpinem Längstal Richtung Osten fließt, bis sie zwischen Admont und Hieflau in der rund 15 km langen Schlucht des Gesäuses den Kalkalpenstock der Ennstaler Alpen durchbricht. Danach biegt die Enns nach Norden, verlässt die Steiermark und fließt durch Oberösterreich bis sie bei Mauthausen in die Donau mündet (Bamberger et al., 1995a).

Sie ist mit einer Länge von 254 km der wichtigste Hauptfluss der Nordweststeiermark und überwindet von der Quelle bis zur Mündung einen Höhenunterschied von 1.497 m. Mit einer Fläche von 6.080 km² weist die Enns das fünft größte Einzugsgebiet Österreichs auf, das sich wie folgt auf drei Bundesländer aufteilt: Salzburg 350 km², Steiermark 3.950 km² und Oberösterreich 1780 km² (Jungwirth et al., 1996). Einen Überblick über die Lage der Enns und von Admont gibt die Abbildung 4-1.



Abbildung 4-1: Übersichtskarte Steiermark und Detailansicht Admont (Digitaler Atlas der Steiermark)

Die Enns weist im Bereich des Pegels Admont eine Flussordnungszahl von 6 nach der dem System von Strahler auf (Wimmer und Moog, 1994). Flussabschnitte mit einer Flussordnungszahl der Größe 6 entsprechen breiten, aber seichten Mittelläufen, die nicht mehr so stark unter dem Einfluss der Ufervegetation stehen. Aufgrund der günstigen Lichtverhältnisse gewinnt die autochthone Primärproduktion an Bedeutung (Jungwirth et al., 2003).

Die Enns ist im Bereich Admont der tiefmontanen Tiefenstufe zuzuordnen, deren Gefälle bei etwa 0,5 bis 1,0 Promille liegt. Im natürlichen Zustand entspräche der Fluss einem Hyporithral/Epipotamal-Gewässer, also einem Übergang von der Äschen- zur Barbenregion. Durch die Eingriffe in die Morphologie des Flusslaufs, der weitgehend begradigt wurde,

entspricht die Enns im Oberlauf heutzutage dem Flusslandschaftstyp 17, einem „begradigten Rhitral–Fluss in der Agrarlandschaft“ (Muhar et al., 2004).

Die Enns wird im Bereich der Gewässergüte der Klasse I – II zugeordnet (Saprobitätsindex) (BMLFUW; 2001). Diese Klasse wird durch geringen anorganischen und organischen Nährstoffgehalt gekennzeichnet und Gewässer dieser Kategorie haben klares Wasser mit einem hohen Sauerstoffgehalt (Jungwirth et al., 2003).

4.1.2 Geologie

In der Steiermark durchfließt die Enns schwachmetamorphes Grundgebirge, die Grauwackenzone und die Kalkalpen, wie in der Abbildung 4-2 dargestellt ist (Flügel, Neubauer, 1984).

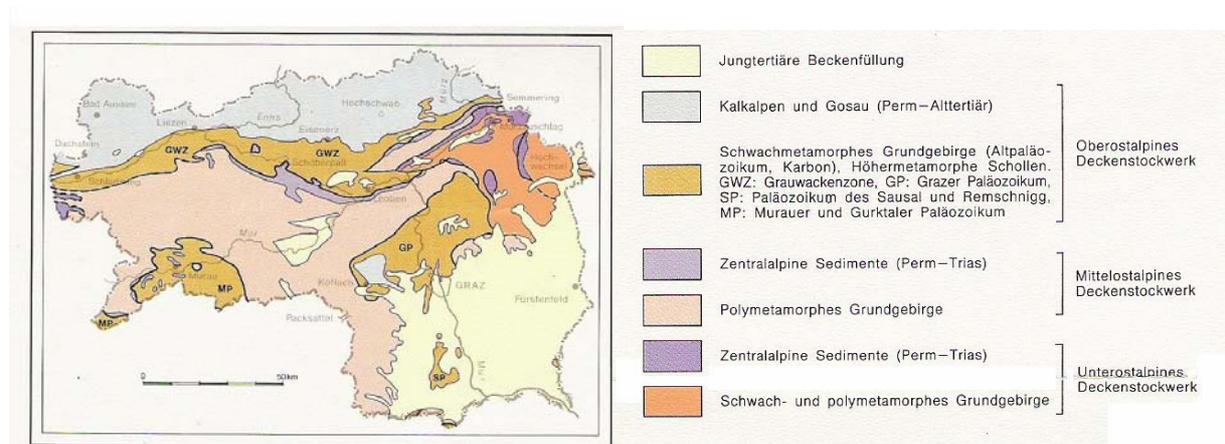


Abbildung 4-2: Tektonische Übersicht der Steiermark 1:2,000,000 und Legende (Flügel und Neubauer, 1984)

Das Ennstal bildet in der Steiermark in etwa die Grenze zwischen den Kalkalpen im Norden und den Zentralalpen im Süden. Im Abschnitt von Mandling bis zum Gesäuseeingang liegt zwischen diesen beiden großtektonischen Einheiten ein unterschiedlich breiter Streifen von Gesteinen der Grauwackenzone, die Ennstalphyllitzone. Diese Zone setzt sich aus Quarz-, Graphit- und Serizitphylliten mit Grünschieferzügen, schmalen Kalk- und Dolomitlagen, Porphyroiden und Diabasen zusammen. Jedoch sind auch die Gesteine der Kalkalpen lokal südlich des Tales zu finden, wie auch die Gesteine der Grauwackenzone auf der Nordseite auftreten. Entlang des gesamten Tales wurden tertiäre Sedimente abgelagert, wobei es sich um feine und mittelgrobe Schotter aus Quarzgesteinen, Sandsteine und feinkörnige Konglomerate handelt (Jungwirth et al., 1996).

In der Gegend von Admont tritt die Enns in die Kalkalpen ein, was sich auch in der Talmorphologie in Form von scharfen Zinnen mit steil abfallenden Wänden, Hochplateaus und mächtigen Schutthalden wieder spiegelt.

Nach dem Becken von Admont wird die Enns durch eiszeitliche End- und Grundmoränen zum Durchbruch durch die Nördlichen Kalkalpen gezwungen. Sie fließt in der Schluchtstrecke des Gesäuses durch das Kalkgebirge der Ennstaler Alpen, das aus Dachsteinkalk, Wettersteinkalk und Ramsaudolomit besteht. Die Talsohle ist hier mit quartären Schottern und Konglomeraten angefüllt, in die sich die Enns bis zu 60 m tief eingeschnitten hat (Jungwirth et al., 1996).

Bei Hieflau biegt die Enns Richtung Norden, was durch das Vorhandensein von Querstörungen zu erklären ist. Sie durchbricht die nördlichen Kalkalpen und fließt in einer Dolomitlandschaft, deren Talsohle ebenfalls durch quartäre Schotter und Konglomerate gebildet wird. Die vorkommenden Talaufweitungen sind bedingt durch die angrenzenden Kreideschichten. Im Gebiet der Kalkvoralpen, in das die Enns nach dem Durchbruch durch die Enge der Wandau eintritt, beginnen die eiszeitlichen Schotterterrassen, welche die Enns bis zu ihrer Mündung in die Donau begleiten (Jungwirth et al., 1996).

4.1.3 Niederschläge und Klima

Im Bereich des oberen Ennstals bis etwa zum Pegel Admont wird die Landschaft durch die Kalkalpen vorgelagert, was sich vor allem bei Nordstaulagen durch einen Rückgang der Niederschlagsmenge im Vergleich zu den nördlichen Kalkalpen selbst erkennen lässt. Diese abschirmende Wirkung macht sich im Wesentlichen im Winter bemerkbar, weshalb sich das Niederschlagsmaximum im Sommer umso stärker hervorhebt. Das Ennstal kann als Schwachregengebiet, mit häufigem, leichtem Landregen oder kurzfristigen Schauern gekennzeichnet werden. Gewittrige Niederschläge spielen eher eine untergeordnete Rolle. Die Mengen liegen bei etwa 1000 mm pro Jahr, können in Klammlagen auch 1800 mm erreichen.

Durch den Eintritt der Enns in die nördlichen Kalkalpen verändert sich das Klima und die nordalpinen Niederschlagslagen entfalten ihre größte Wirksamkeit. Die Niederschlagsmaxima treten im Sommer auf, wobei Gewitter eher eine geringere Bedeutung für die Sommerniederschläge haben. Anhaltende Niederschlagsperioden mit beachtlichen Mengen sind charakteristisch für diese Gegend. Ähnliches gilt auch für die Winterniederschläge, weshalb ein sekundäres Maximum zu dieser Jahreszeit auftritt. Mit 130 bis 180 Niederschlagstagen mit über 1 mm weisen diese eine sehr hohe Zahl auf und auch die Mengen sind mit 1300 bis 2500 mm beachtlich. Durch Wetterlagen mit Südströmung wird Schönwetter garantiert und macht den Herbst durch Rückgang von Nordstaulagen zur bewölkungsärmsten Jahreszeit (Wakonigg, 1978).

In Admont werden seit 1853 Niederschlagsdaten aufgezeichnet. Im Jahr 2003 wurden 917 mm Jahresniederschlag gemessen, das sind 80% der Normalzahl, die 1150 mm beträgt. Dabei gibt die Normalzahl den mittleren jährlichen Niederschlag der Zeitreihe von 1961–

1990 an. An 224 Tagen des Jahres 2003 war kein Niederschlag messbar. Es gab 79 Tage mit Schneebedeckung und die gesamte gemessene Neuschneehöhe betrug 137 cm. Die mittlere Jahrestemperatur dieses Jahres lag mit 7,5 °C über der Normalzahl von 6,4 °C (Hydrographisches Jahrbuch, 2003).

Die Klimalandschaften des Einzugsgebietes der steirischen Enns lassen sich nach Wakonigg (1978) wie folgt einteilen:

Das Talbeckenklima des oberen Ennstals: Das Klima dieser Landschaft wird als winterkaltes bis winterstrenge, mäßig sommerwarmes, relativ niederschlags- und schneereiches Beckenklima bezeichnet, wobei sich die Eigenheiten des Beckenklimas von Westen nach Osten verstärken und bei Admont ihr Maximum erreichen. Im Jänner liegen die Temperaturen zwischen –4,5 und –5,5°C, im Juli um 16°C und die Jahrestemperatur bei 6,3 – 6,8°C. Frost vorherrscht an rund 145 bis 160 Tagen im Jahr vor. Die Stationen Liezen und Admont sind in dieser Landschaft gelegen.

Tal- und Beckenkimate im Umkreis des Oberen Ennstals: Dieses Klima unterscheidet sich vom oben genannten durch geringere Nebelhäufigkeit und etwas kühlere Sommertemperaturen (13,5 - 16°C). Je nach Höhenlage liegt die Anzahl der Tage mit Schneedecke zwischen 100 und 140. In dieser Zone liegen unter anderem die Stationen Schladming und Gröbming.

Die untere Berglandstufe im Umkreis des Oberen Ennstals: Diese Klimazone ist auf schmale Streifen beiderseits des Ennstals beschränkt und unterscheidet sich von den vorhin beschriebenen Klimalandschaften durch größere thermische Ausgeglichenheit und größeren Niederschlags- und Schneereichtum. Die Jahrestemperaturen können im Bereich von 4,5 bis 7°C liegen und an 125 bis 155 Niederschlagstagen werden 950 – 1300 mm erreicht. Die Ramsau befindet sich in dieser Zone.

Die mäßig winterkalten Talkimate der Nördlichen Kalkalpen: Unter diesen Bereich wird das Einzugsgebiet zwischen Gesäuse und der Landesgrenze verstanden, in dem sich auch die Stationen Gstatterboden und Hieflau befinden. Als Höhengrenze gelten etwa 400 – 700/900 m ü. A. Die Temperaturen liegen im Jänner bei –2,8 bis –4°C und im Juli zwischen 15 und 17 °C (Wakonigg, 1978).

4.1.4 Hydrologie

Seit dem 01. Jänner 1985 werden am Pegel Admont Wasserstandsmessungen mit dem aktuellen Pegelnullpunkt von 616,8 m. ü. Adria durchgeführt. Der höchste jemals gemessene Wasserstand betrug 521 cm und wurde am 13. August 2002 aufgezeichnet. Der niedrigste Wasserstand wurde am 15. März 1996 mit 104 cm gemessen.

Die Durchflussbestimmung findet seit demselben Zeitpunkt wie die Wasserstandsmessungen statt. Der höchste Durchfluss wurde wieder am 13. August 2002 mit 634 m³/s gemessen werden und der Messwert mit dem niedrigsten Durchfluss konnte am 20. Jänner 1985 verzeichnet werden und betrug 15,6 m³/s (Hydrographisches Jahrbuch, 2003). Aus der Tabelle 4-1 können charakteristische Durchflusswerte für den Pegel Admont/Enns entnommen werden.

Tabelle 4-1: Durchflüsse am Pegel Admont/Enns (HD Steiermark, 2006)

MQ	HQ1	HQ5	HQ10	HQ100
80,34 m ³ /s	280 m ³ /s	440 m ³ /s	500 m ³ /s	740 m ³ /s

Das Abflussregime der Enns kann als gemäßigt nivales Regime des Berglandes bezeichnet werden. Charakteristisch dafür sind winterliche Abflussminima sowie ein Maximum im Mai. Die Speisung des Gewässers erfolgt größtenteils nival, das bedeutendste hydrologische Ereignis im Jahresgang ist die Zeit der Schneeschmelze (Mader et al., 1996). Da sich im Einzugsgebiet keine Gletscher befinden, sind die Abflusswerte im Juli und August bereits wieder niedriger als im Mai (Jungwirth et al., 1996). Dies wird in Abbildung 4-3 nochmals veranschaulicht.

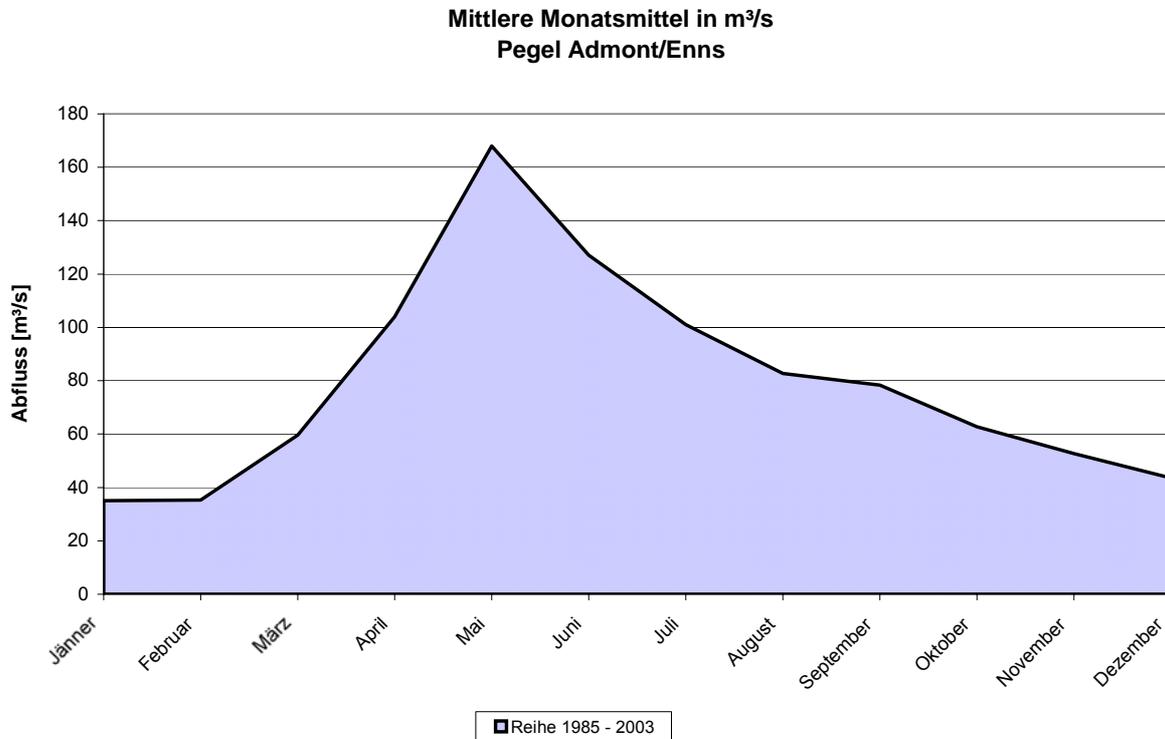


Abbildung 4-3: Mittlere Monatsmittel [m³/s] für den Pegel Admont/Enns; Reihe 1985 – 2003 (Hydrographisches Jahrbuch, 2003)

4.1.5 Messstelle Admont

Das Pegelhaus (Abbildung 4-4) der Messstelle Admont/Enns befindet sich im Markt Admont am orographisch rechten Ufer der Enns. Das Einzugsgebiet der Enns weist bis zur Messstelle eine Größe von 2637,5 km² auf und der mittlere Durchfluss beträgt hier 80,34 m³/s.



Abbildung 4-4: Pegelhaus (links), Lattenpegel und Pegelstiege (rechts) Messstelle Admont/Enns

Der Pegel ist mit einer Drucksonde, einem Datensammler, einem Schreiber und einer Fernübertragung zur Bestimmung des Wasserstandes und einer Messeilbahn ausgestattet. Seit August 2006 wird die Trübe mittels einer optischen Sonde (Solitax ts-line) der Firma Hach-Lange kontinuierlich aufgezeichnet und kann von einem Controller sc100 abgelesen werden.

Die Sonde wurde im Bereich des Lattenpegels eingebaut und so montiert, dass sie parallel zur Strömungsrichtung im Fluss liegt. Die Sonde kann mit einer Kette über ein Gelenk aus dem Wasser herausgezogen werden um Reinigungs- und Wartungsarbeiten durchführen zu können. Die Entnahmen der sondennahen Flaschenproben erfolgten von der Pegelstiege aus (Abbildung 4-4).

Die vorhandene Messeilbahn wurde zur Fließgeschwindigkeits- und Durchflussmessung mittels ADCP-Gerät sowie zur Entnahme der Schwebstoffproben im Querprofil herangezogen. Um die Messungen immer in denselben Lotrechten durchzuführen, wurde an die Aussenkante der flussseitigen Pegeltür als Bezugspunkt herangezogen.

4.2 Die Sulm

4.2.1 Kurzbeschreibung

Die Sulm entsteht durch die Vereinigung der beiden Quellflüsse, der Schwarzen und der Weißen Sulm, in Prarath. Bei Großklein mündet die Saggau und bei Leibnitz die Laßnitz als die wichtigsten Zubringer in die Sulm. Bei Retznei fließt die Sulm, mit einer Gesamtlänge von

83 km, in die Mur (Bamberger et al., 1995b). Die geographische Lage der Sulm und von Leibnitz ist in der Abbildung 4-5 dargestellt.



Abbildung 4-5: Übersichtskarte Steiermark und Detailansicht Leibnitz (Digitaler Atlas der Steiermark)

Die Sulm wird aufgrund ihres mittleren jährlichen Durchflusses von nur $15,8 \text{ m}^3/\text{s}$ als Kleinfluss bezeichnet. Sie fließt nach Vereinigung der Quellflüsse in der collinen Höhenstufe, also in einer Höhe von etwa 200 – 500 Meter und weist im Bereich Leibnitz ein Gefälle von 1,0 bis 1,5 Promille auf. Die potentielle natürliche Fischregion der Sulm im Bereich der Messstelle Leibnitz entspricht dem Epipotamal, der Barbenregion, das durch geringe Strömung, aber trotzdem noch guter Sauerstoffversorgung gekennzeichnet ist. Auch die Sulm ist über weite Strecken anthropogen durch Begradigungen und durch die landwirtschaftliche Nutzung im Umland beeinflusst. Die Sulm und ihr Umland wird daher als Flusslandschaft Typ 30 „begradigter Potamal -Fluss in der Agrarlandschaft“ ausgewiesen (Muhar et al. 2004).

Die Gewässergüte der Sulm entspricht der Güteklasse II, beta-mesaprob, der Saprobitätsklassen (BMLFUW, 2001). Gewässer dieser Klasse weisen mäßige organische Belastung, erhöhten Nährstoffgehalt und noch gute Sauerstoffversorgung auf. Das Sediment kann aufgrund von Algenbewuchs glitschig sein, aber Grünalgen treten noch nicht massenhaft in Erscheinung (Jungwirth et al., 2003).

Nach dem Flussordnungssystem von Strahler entspricht die Sulm eine Fluss der Ordnung 6 (Wimmer und Moog, 1982), und entspricht sowie die Enns einem breiten, aber seichten Mittellauf, der nicht mehr so stark unter dem Einfluss der Ufervegetation steht. Die autochthone Primärproduktion ist hier bereits größer als die Respiration, weshalb vor allem Weidegänger, Raspler, und Detritusfresser überwiegen (Jungwirth et al., 2003).

4.2.2 Geologie

Nach Flügel und Neubauer (1984) reicht die Geologie des Einzugsgebietes der Sulm von polymetamorphem Grundgebirge und schwachmetamorphem Paläozoikum des Sausals bis hin zum Tertiär des Steirischen Beckens (Abbildung 4-6).

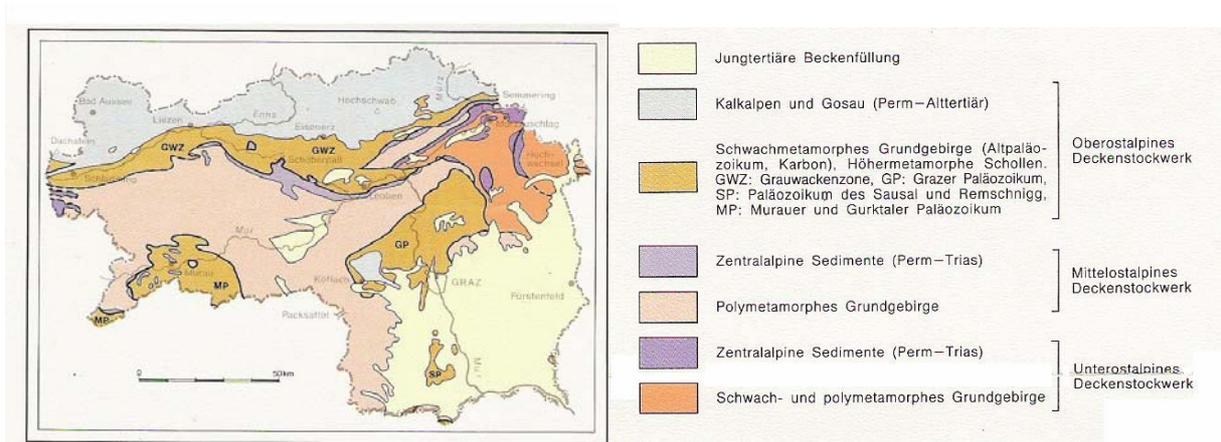


Abbildung 4-6: Tektonische Übersicht der Steiermark 1:2,000.000 und Legende (Flügel und Neubauer, 1984)

Die beiden Quellflüsse der Sulm, die Schwarze und die Weiße Sulm, entspringen dem Koralmkristallin (Koriden), einer vor allem aus Gneis und Glimmerschiefer gebildeten Gesteinsformation. Diese Gruppe von Gneisen besteht einerseits aus Plattengneisen (Kalifeldspat, Plagioglas, Quarz, Muskowit) und andererseits, im Bereich der Weißen Sulm, aus pegmatoiden Gneisen, die sich vom Plattengneis durch eine schwächere oder fehlende Deformation abgrenzen. Im Bereich der Schwarzen Sulm treten auch Paragneise auf, wobei es sich vorwiegend um feinkörnige Biotitgneise handelt.

Im weiterem Verlauf fließen die beiden Quellflüsse und auch nach deren Zusammenfluss die Sulm in einem Bett aus holozänen Talböden, die durch Tiefenerosion und nachfolgender kaltzeitlicher Verfüllung entstanden sind. Diese basalen Sedimente, Kiese und Sande, werden von feinklastischen Sedimenten überlagert, zu denen meist Sedimente der Aue, randliche Schwemmfächer und Sedimente der Seitenbäche gehören. Die Landschaft wird hier teilweise von eiszeitlichen Hoch- und Niederterrassen geprägt.

Zwischen Gleinstätten und Leibnitz durchbricht die Sulm das Altpaläozoikum des Sausals, das überwiegend aus niedrigmetamorphen, sandig-tonigen Schiefen mit gelegentlichen Einschaltungen von Grünschiefern und Diabasen besteht.

Das Einzugsgebiet südlich der Sulm wird durch die Eibiswalder Schichten gebildet. Diese Schichten stellen eine Wechsellagerung aus glimmerreichen Sanden und Kiesen aus dem Koralpenkristallin, aus feinkörnigen, sandig-tonigen Sedimenten und aus pflanzenführender Ton- und Sandlagen und Feinkonglomeraten dar.

Im Weststeirischen Becken bildeten sich mehrere Buchten, deren Sedimente hauptsächlich aus sandig-tonigen Ablagerungen mit geschichteten fluviatilen Sanden gebildet werden. Diese klastischen Sedimente werden als Florianer Schichten bzw. als Pölser Mergel bezeichnet und finden sich auch auf der Nordseite des Flussbettes der Sulm.

4.2.3 Niederschläge und Klima

Die abschirmende Wirkung die Landschaft bezüglich nordalpinen und südalpinen Niederschlagslagen prägt die Witterungsbildung der Gegend. Im Winter bringen die wenigsten Wetterlagen Niederschlag und so zeigt sich das Wetter meist ruhig und stabil, doch aufgrund von Hochnebel und hoher Stratusbewölkung oft trüb und wolkenreich. Nur südalpine Niederschlagslagen können anhaltenden feinen, doch nur selten ausgiebigen Schnee oder Regen bringen. Durch langandauernden Landregen kann das Frühjahr recht niederschlagsreich sein, wogegen im Sommer eher kräftige, gewittrige Niederschläge die langen Sonnenscheinperioden durchbrechen. Bei extremen Wetterlagen können die Gewitter so ergiebig sein, dass Hochwasser und Überschwemmungen häufig die Folge sind. Im Herbst können sowohl lang anhaltende Hochdruckperioden mit Nebelbildungen als auch ergiebige Regenperioden vorherrschen. Die Niederschläge weisen daher einen einfachen Jahresgang mit einem Minimum im Winter und einem breiten, flachen Maximum im Sommer auf. Die Jahresniederschläge bewegen sich etwa im Bereich von 1100 bis 800 mm und nehmen von Westen nach Osten ab (Wakonigg, 1978).

Die Niederschlagsaufzeichnungen in Leibnitz gehen bis auf das Jahr 1895 zurück. Im Jahr 2003 wurde ein Niederschlag von 689 mm aufgezeichnet und liegt damit unter der Normalzahl von 914 mm, an 247 Tagen wurde kein Niederschlag gemessen. Die Anzahl der Tage mit Schneebedeckung betrug 44 und es wurde eine gesamte Neuschneehöhe von 64 cm verzeichnet. Die mittlere Jahrestemperatur dieses Jahres betrug 9,2 °C und liegt damit mit 0,4 °C über der Normalzahl von 8,8 °C (Hydrographisches Jahrbuch, 2003).

Das Sulmtal wird der Klimalandschaft der Talböden des Vorlandes zugeordnet, das als sommerwarmes und winterkaltes schwach kontinentales Klima ausgewiesen wird. Die Jännertemperaturen bewegen sich zwischen –3 und –4°C und jenen im Juli zwischen 18 und 19°C. Das Jahresmittel bleibt durchwegs unter 9°C.

Der Bereich um den Pegel Leibnitz entspricht bereits der Klimalandschaft „Unteres Murtal“ und grenzt sich vom vorher beschriebenen Klima durch etwas höhere Temperaturen ab. Die Temperaturen im Jänner liegen um –3°C und die des Monats Juli über 19°C, das Jahresmittel bleibt über 9°C (Wakonigg, 1978).

4.2.4 Hydrologie

Am Pegel Leibnitz werden seit dem Jahr 1895 Wasserstandsmessungen durchgeführt. Der niedrigste beobachtete Wasserstand, seit 1991, betrug am 18. Juli 1993 140 cm. Der höchste gemessene Wert wurde am 13. Mai 1996 mit 427 cm vermerkt.

Seit 1951 findet auch die Ermittlung des Abfluss statt. Der niedrigste Abfluss seit Beginn der Aufzeichnungen wurde am 05. Juni 1973 mit 0,97 m³/s beobachtet und der höchste Abfluss hatte am 05. Juni 1954 ein Ausmaß von 400 m³/s (Hydrographisches Jahrbuch, 2003).

Einige charakteristische Durchflusswerte können der Tabelle 4-2 entnommen werden.

Tabelle 4-2: Durchflüsse am Pegel Leibnitz/Sulm (HD Steiermark, 2006)

MQ	HQ1	HQ5	HQ10	HQ100
15,76 m ³ /s	180 m ³ /s	300 m ³ /s	350 m ³ /s	500 m ³ /s

Die Sulm kann im Bereich Leibnitz dem pluvio nivalen Abflussregime zugewiesen werden. Charakteristisch dafür ist das Vorhandensein eines Abflussmaximums im März und April sowie weiterer Maxima im Jahrgang. Eine abflusswirksame Schneedecke, welche die Winterniederschläge zum Teil bindet, bewirkt gemeinsam mit den Frühjahresniederschlägen das Abflussmaximum im Frühjahr. Ein zweites Maximum wird im Frühwinter durch direkt zum Abfluss gelangende Niederschläge gebildet (Abbildung 4-7). Als mögliche Ursachen für den ausgeglichenen Charakter im Jahrgang können übers Jahr gleichmäßig verteilte Niederschläge bzw. verschiedene übers Jahr wirksame Retentionsvorgänge genannt werden (Mader et al., 1996).

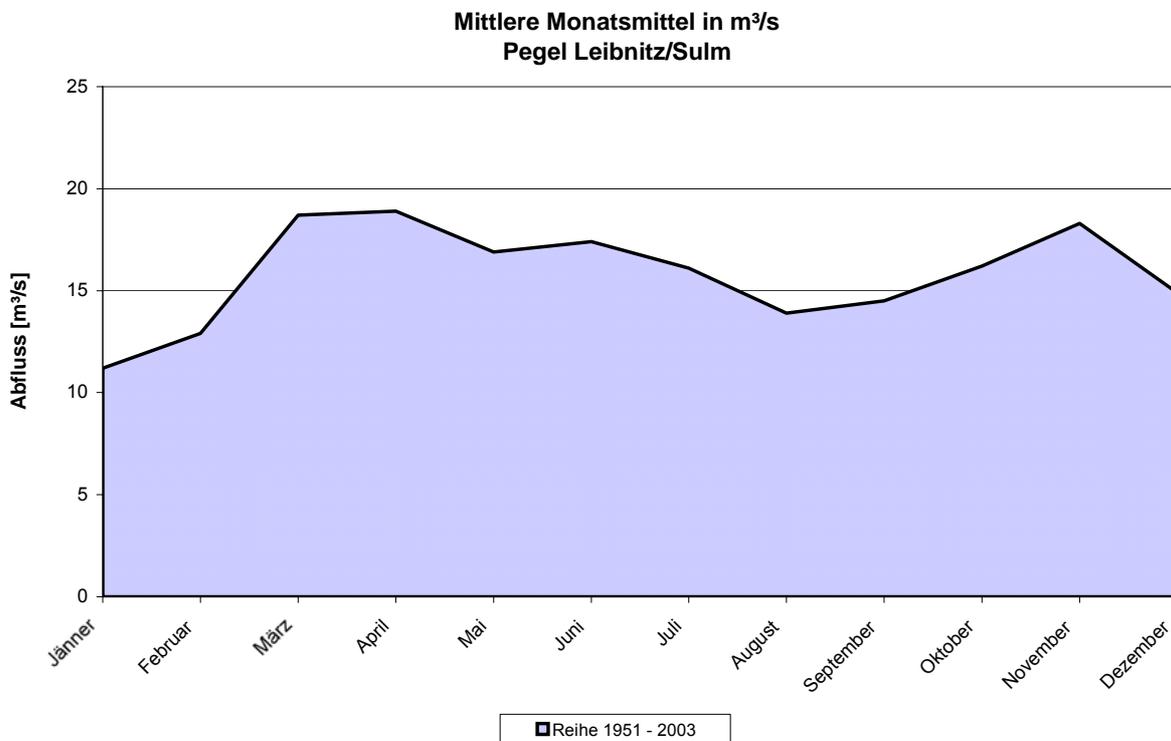


Abbildung 4-7: Mittlere Monatsmittel [m³/s] für den Pegel Leibnitz/Sulm; Reihe 1951 – 2003 (Hydrographisches Jahrbuch, 2003)

4.2.5 Messstelle Leibnitz

Der Pegel Leibnitz/Sulm des Hydrographischen Dienstes Steiermark liegt am westlichen Stadtrand von Leibnitz (Abbildung 4-8). Seit 1895 werden hier Wasserstandmessungen durchgeführt und seit 1951 der Durchfluss ermittelt. Das Einzugsgebiet der Sulm bis zum Pegel Leibnitz beträgt 1102,5 km² und der mittlere Durchfluss hat eine Größe von 15,76 m³/s.



Abbildung 4-8: Pegelhaus (links) und Brücke mit Messanhänger (rechts) in Leibnitz/Sulm

Die Wasserstandsmessung wird mit einem Einperlsensor und einem Datensammler sowie einer Drucksonde mit Schreiber durchgeführt. Die Daten können mittels GSM fernübertragen werden. Seit Juni 2006 verfügt die Messstelle zusätzlich über eine Trübungssonde Solitax ts-line der Firma Hach-Lange und einem Controller sc100 (Abbildung 4-9).



Abbildung 4-9: Sonde Solitax ts-line (links) und Controller sc100 (rechts)

Die Trübungssonde wurde direkt beim Pegel am orographisch rechten Ufer der Sulm montiert und so eingebaut, dass sie parallel zur Strömungsrichtung im Wasser liegt. Um Wartungs- und Reinigungsarbeiten zu vereinfachen, wurde das Schutzrohr mit einem Gelenk und einer Kette ausgestattet, so dass die Sonde aus dem Wasser herausgeklappt werden kann. Die Entnahme der sondennahen Schöpfproben kann von der Pegelstiege aus erfolgen.

Im Sommer 2006 stand am Pegel noch keine Messeilbahn zur Verfügung, die zur Durchführung der Vielpunkt- und Integrationsentnahmen herangezogen werden konnte. Daher wurden diese von einer etwa 50 m entfernten Brücke aus mit Hilfe eines Messanhängers getätigt (Abbildung 4-8). Die Geschwindigkeits- und Durchflussmessungen mittels ADCP-Gerät wurden ebenfalls von der Brücke aus durchgeführt, wobei der Trimaran mit annähernd gleichbleibender Geschwindigkeit von Hand über den Flussquerschnitt gezogen wurde.

5 Daten und Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden nun die Ergebnisse der im Sommer 2006 an Enns und Sulm durchgeführten Schwebstoffmessungen dargestellt. Außerdem wird eine nähere Erläuterung zur Kalibrierung der Sondenaufzeichnung gegeben. Um die Trübungsganglinie in mittlere Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil umrechnen zu können, wird ein Querprofilbeiwert ermittelt. Außerdem werden die Ergebnisse der Berechnung des Schwebstofftransportes gezeigt.

Ein weiterer Abschnitt dieses Kapitels ist der ADCP-Messung und der Bestimmung der Schwebstoffverteilung aus der selbigen gewidmet.

In diesem Kapitel werden nur die Ergebnisse aufgezeigt, aber keine Erläuterungen dazu gegeben. Die Erklärungen und Begründungen der Ergebnisse folgen im Kapitel „Diskussionen“.

5.1 Admont/Enns

Die einzelnen Entnahmemethoden werden anhand der Ergebnisse und Darstellungen von zwei Messtagen, dem 08. und dem 23. August, näher erläutert. Die Resultate der Auswertungen der beiden anderen Messtage sind im Anhang (Seite 148) ersichtlich.

5.1.1 Messprogramm Admont/Enns

Um die benötigten Daten zur Umsetzung des Auswertekonzeptes zu erhalten, wurden im August und im September 2006 an insgesamt vier Tagen, dem 08. August, dem 18. August, dem 23. August und dem 01. September Messungen durchgeführt. Dies wird in Abbildung 5-1 gemeinsam mit dem Durchfluss in diesem Zeitraum dargestellt.

In Tabelle 5-1 ist das Messprogramm der einzelnen Tage ersichtlich. Sie gibt die verwendeten Entnahmemethoden und die verwendeten Messgeräte, die in Kapitel 1 beschrieben wurden, wieder.

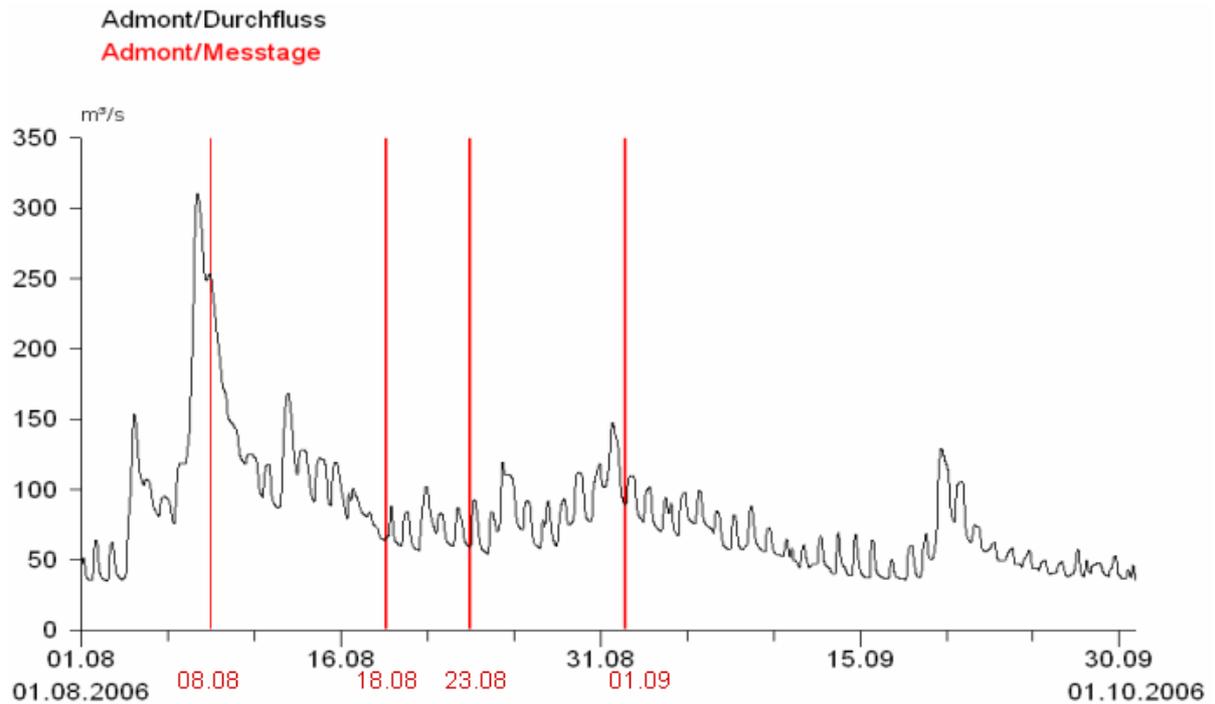


Abbildung 5-1: Durchflussganglinie und Messtage Admont/Enns

Tabelle 5-1: Messprogramm im August und September 2006 der Messstelle Admont/Enns

Datum	Messung	Entnahmeggerät
08.08.2006	1 Vielpunktmessung in 4 Lotrechten (4 Tiefen)	US-P61 Sampler
	1 Integrationsmessung in 4 Lotrechten	US-P61 Sampler
	6 ADCP-Messungen	
	1 Dauerentnahme 3h	Schöpfgerät
18.08.2006	1 Vielpunktmessung in 4 Lotrechten (4 Tiefen)	US-P61 Sampler
	1 Integrationsmessung in 4 Lotrechten	US-P61 Sampler
	2 ADCP-Messungen	
	1 Dauerentnahme 2h	Schöpfgerät
23.08.2006	1 Vielpunktmessung in 8 Lotrechten (4 Tiefen)	US-P61 Sampler
	1 Integrationsmessung in 8 Lotrechten	US-P61 Sampler
	4 ADCP-Messungen	
	1 Dauerentnahme 3,5h	Schöpfgerät
01.09.2006	1 Vielpunktmessung in 8 Lotrechten (4 Tiefen)	US-P61 Sampler
	1 Integrationsmessung in 8 Lotrechten	US-P61 Sampler
	1 Flügelmessung	
	1 Dauerentnahme 3h	Schöpfgerät

5.1.2 Sondenaufzeichnung

Die Aufzeichnungen der Trübungssonde Solitax ts-line zeigen für August und September einen kontinuierlichen Verlauf. Jedoch lassen sich Anfang Oktober einige Abnormitäten - sogenannte Ausreißer – erkennen. Diese wurden für die weiteren Berechnungen entfernt, da sie nicht die tatsächlichen Trübungsverhältnisse im Gewässer darstellen (Abbildung 5-2).

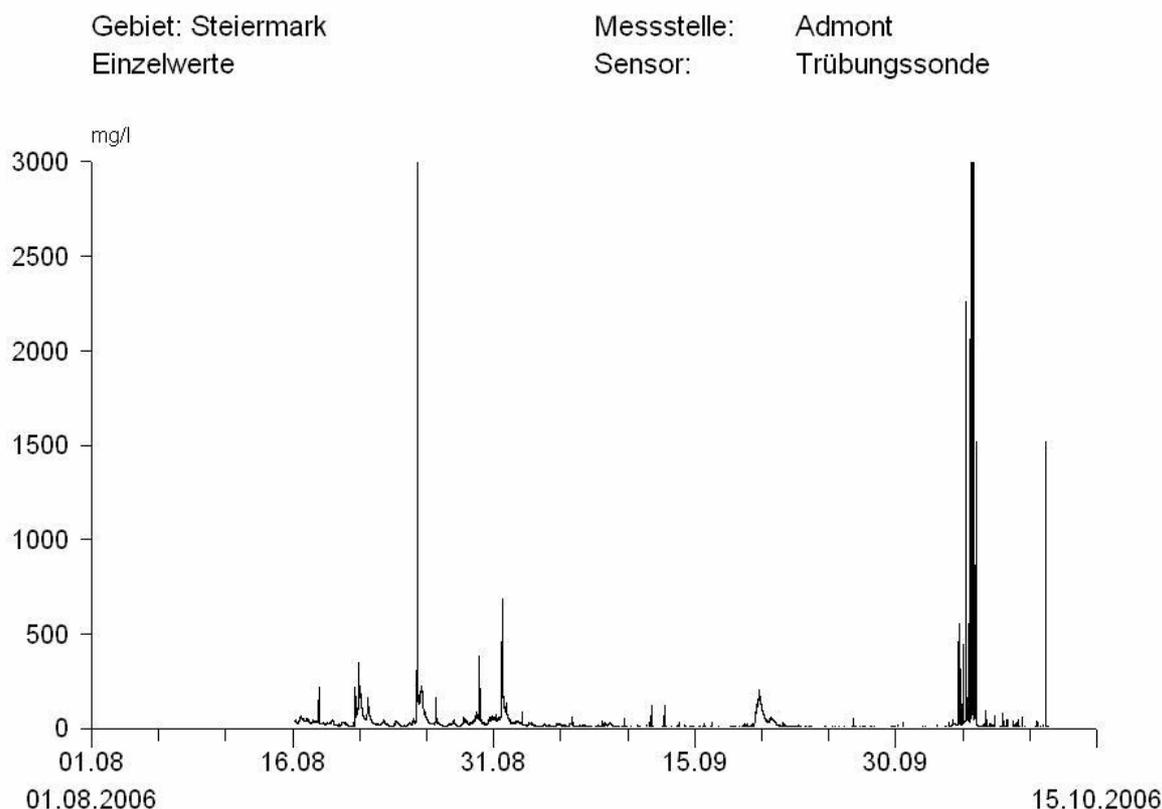


Abbildung 5-2: Sondenaufzeichnung an der Messstelle Admont/Enns Sommer 2006

Die Aufzeichnungen der Sonde vor dem 16. August wurden durch zu spätes Auslesen wieder überschrieben, so dass für die Auswertungen der Messung vom 08. August nur handschriftlich notierte Sondenwerte zur Verfügung standen. Diese wurden etwa zum selben Zeitpunkt vom Controller abgelesen, wie die sondennahen Flaschenproben entnommen wurden.

Die aufgezeichnete Ganglinie lässt einen Zusammenhang mit dem Verlauf des Durchflusses erkennen (Abbildung 5-3). Die während den Messungen entnommenen Flaschenproben in Sondennähe wurden ebenfalls in das Diagramm eingetragen; auch hier zeigt sich eine Übereinstimmung zwischen Sondenganglinie und den Schöpfentnahmen.

In der folgenden Abbildung 5-3 sind die bereits von Ausreißern bereinigte Sondenganglinie, die Durchflussganglinie und die sondennahen Schöpfentnahmen für den Zeitraum von 01. August bis 10. Oktober dargestellt.

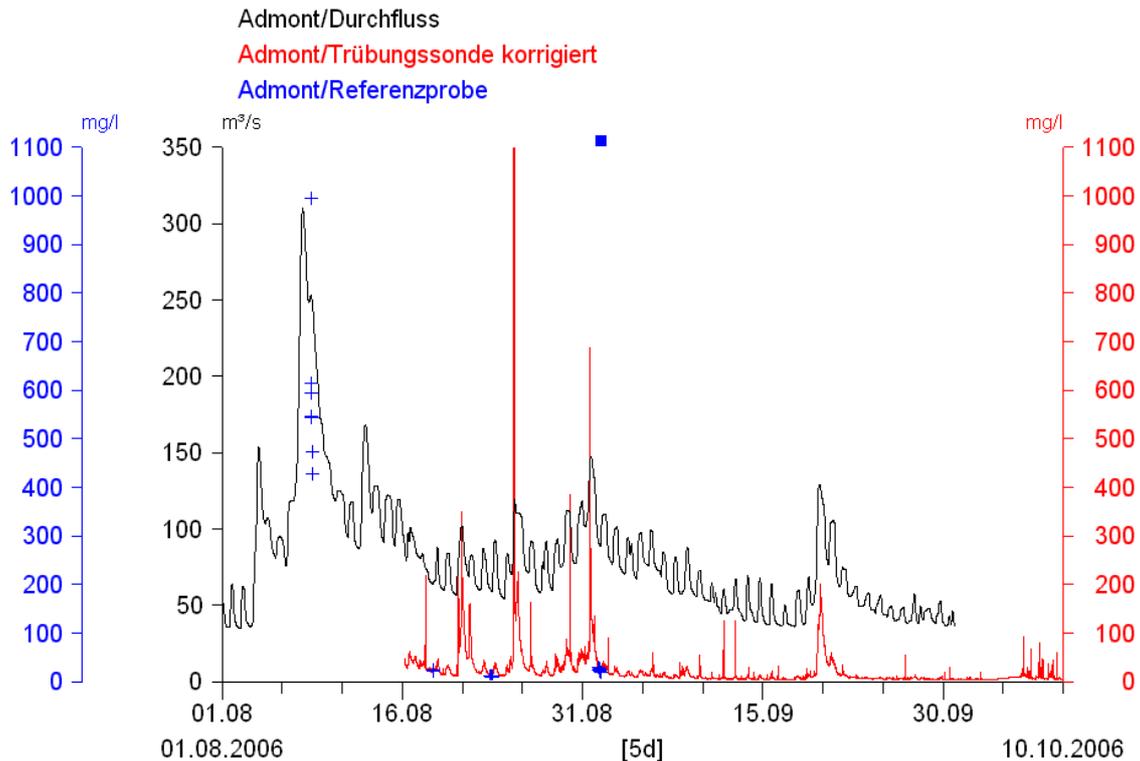


Abbildung 5-3: Durchfluss, Sondaufzeichnung von Ausreißern bereinigt und sondennahe Proben (Referenzprobe)

5.1.3 Dauerentnahme

An allen vier Messtagen wurden Dauerentnahmen in der Nähe der Sonde entnommen, um die zeitliche Variabilität der Schwebstoffkonzentration erfassen zu können.

5.1.3.1 Dauerentnahme vom 08. August 2006

Am Tag vor der Messung hatte der Abfluss der Enns einen Wert erreicht, der etwa einem HQ_1 entspricht. Am 08. August war der Durchfluss mit $250 \text{ m}^3/\text{s}$ noch immer sehr hoch, obwohl er sich bereits am absteigenden Ast der Hochwasserwelle befand. Während der Dauerentnahme blieben die Bedingungen weitgehend unverändert: der Durchfluss sank von $253 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $249 \text{ m}^3/\text{s}$ und der Wasserspiegel von 330 auf 328 cm . Die Proben der Dauerentnahmen, die in der Zeit zwischen $09:30$ und $12:03$ Uhr entnommen wurden, schwanken zwischen $994,1$ und $428,3 \text{ mg/l}$ und sind leicht gefallen. Der vergleichsweise hohe Wert um 10 Uhr könnte durch Aufwirblung des Sohlmaterials bei der Entnahme zustande gekommen sein. Der Schwankungsbereich der Sondenwerte der Mitschrift liegt zwischen $900,0 \text{ mg/l}$ und $650,0 \text{ mg/l}$, wobei sich im Gegensatz zur Dauerentnahme kein Trend in eine Richtung erkennen lässt. Bei den Werten der Sondaufzeichnung handelt es sich nicht um 60 -Sekunden-Mittelwerte, wie es an den anderen Messtagen der Fall ist.

Die Verhältnisse, die am Messtag in Bezug auf Wasserstand, Durchfluss und Trübe vorherrschten, sind in der Abbildung 5-4 ersichtlich.

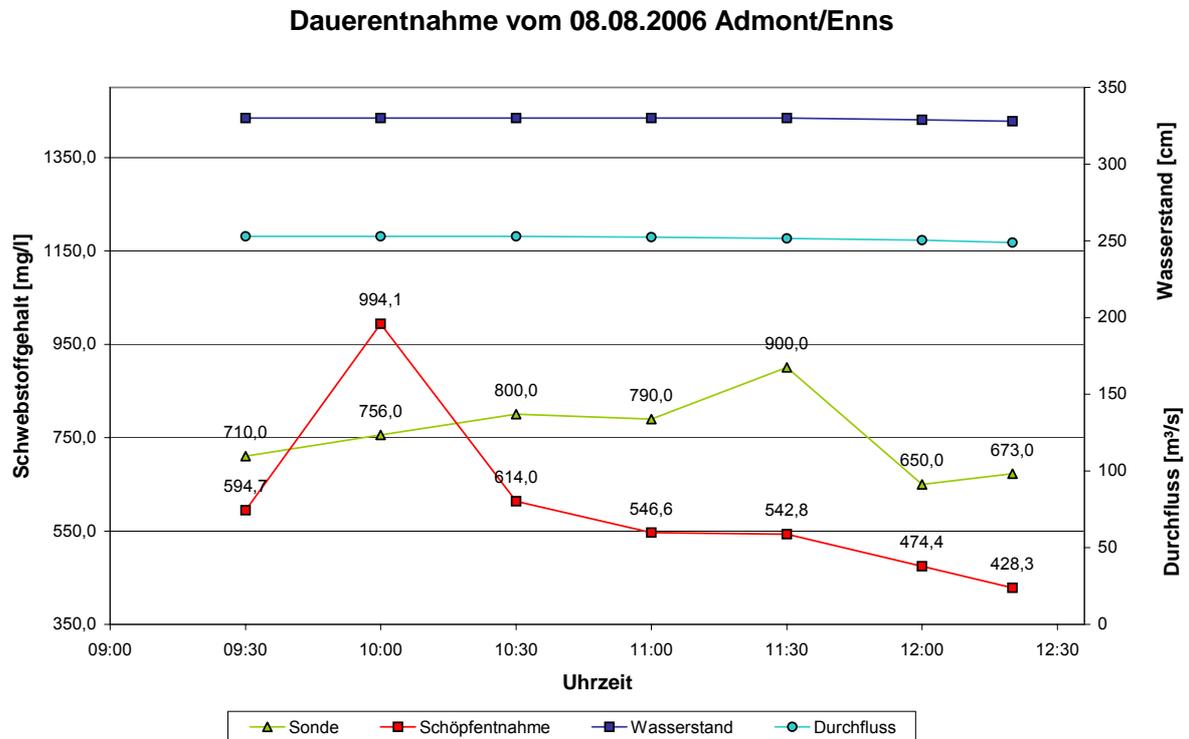


Abbildung 5-4: Graphische Darstellung der Dauerentnahme vom 08. 08. 2006

5.1.3.2 Dauerentnahme vom 23. August 2006

Am 23. August 2006 wurden von 8:00 bis 11:30 Uhr MEZ in einem Abstand von 30 Minuten in der Nähe der Sonde insgesamt acht Proben mittels Schöpfgerät gezogen.

Der Wasserstand fiel in diesem Zeitraum leicht von 170 cm auf 169 cm und auch der Durchfluss verringerte sich leicht. Zu Beginn der Entnahmen wurde er mit 60,47 m³/s vermerkt und am Ende ein Wert von 59,28 m³/s aufgezeichnet.

Die ermittelten Schwebstoffgehalte zeigen in diesem Zeitraum eine leicht fallende Tendenz und schwanken zwischen 12,6 und 9,6 mg/l. Diese Abnahme der Konzentrationen lässt sich auch aus den Sondenaufzeichnungen erkennen. Der Schwankungsbereich der Sondenganglinie liegt zwischen 13,7 und 12,8 mg/l. Die Abbildung 5-5 zeigt die vorherrschenden Bedingungen während der Durchführung der Dauerentnahme, bezogen auf den Wasserstand, den Durchfluss, die Sondenaufzeichnung und den Schwebstoffgehalten aus den Schöpfproben.

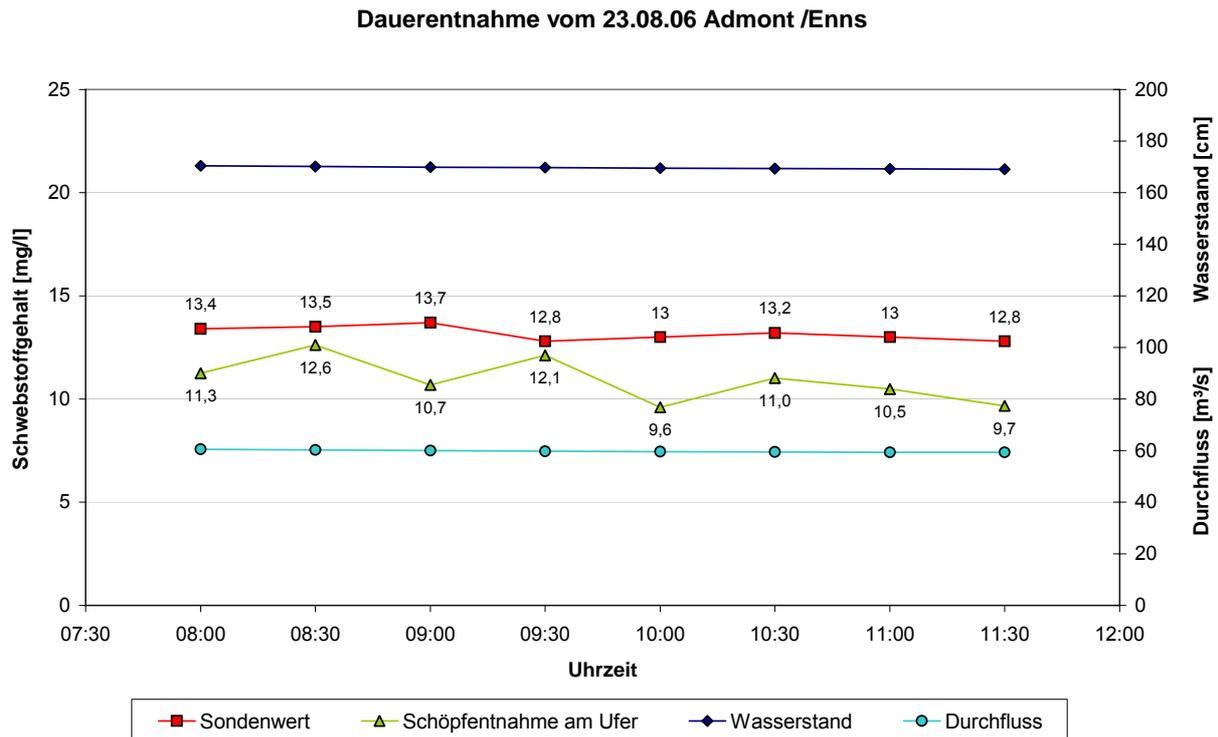


Abbildung 5-5: Graphische Darstellung der Dauerentnahme vom 23. 08. 2006

5.1.4 Kalibrierung der Sondenaufzeichnung

Zur Kalibrierung der Sondenaufzeichnung wurden die während den Dauerentnahmen entnommenen Flaschenproben herangezogen. Hierfür wurde eine Beziehung zwischen den Schwebstoffgehalten der Schöpfproben C_r und den Werten der Sondenaufzeichnung C_s hergestellt. Die Annahme, dass diese Beziehung einer linearen Funktion entspricht, scheint durchaus plausibel und bestätigt sich in dem Bestimmtheitsmaß für die Werte der Ausgleichsgerade und den tatsächlichen Daten von 0,89 (Abbildung 5-6). Die sich daraus ergebende Gleichung $y=0,7907x$ wurde zur Umrechnung der Sondenaufzeichnung in ufernahe Konzentrationen eingesetzt.

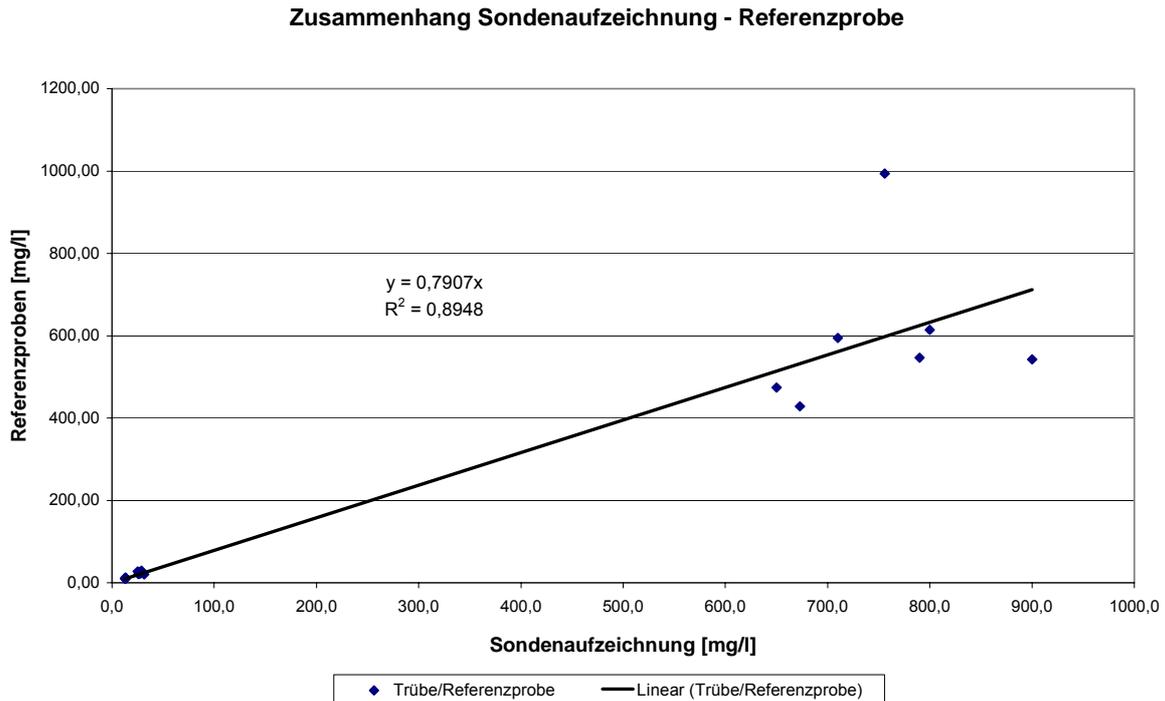


Abbildung 5-6: Zusammenhang zwischen den Sondenaufzeichnungen und den sondennahen Flaschenproben an der Messstelle Admont/Enns (Sommer 2006)

5.1.5 Vielpunktentnahmen

Die Vielpunktentnahmen wurden an allen vier Messtagen mit dem US-P61 Suspended Sediment Sampler durchgeführt.

5.1.5.1 Vielpunktentnahme vom 08. August 2006

Die Proben wurden an diesem Messtag in vier Lotrechten mit einem Abstand von 10 m mit je vier Tiefenstufen, bzw. in drei Tiefenstufen in der letzten Lotrechten, entnommen. Dabei lagen die Entnahmepunkte jeweils in einem Abstand zur Wasseroberfläche von 20%, 60%, 80% und 95% der Gesamttiefe. Die Bestimmung der Wassertiefe in den Lotrechten erfolgte durch Absenken des Sammlers auf Grund und Ablesen der Distanz zum Wasserspiegel am Steuergerät der Messseilbahn.

Im Messzeitraum von rund einer Stunde herrschten die bereits auf Seite 44 beschriebenen Bedingungen vor und sind auch aus der Abbildung 5-7 ersichtlich.

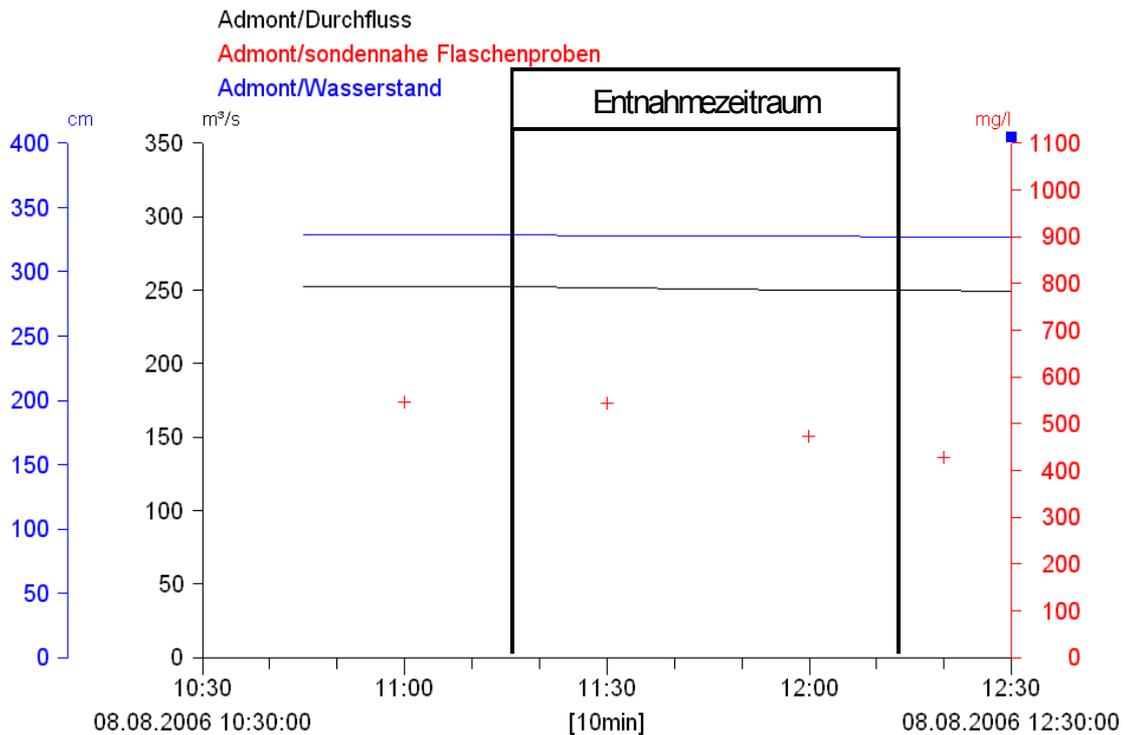


Abbildung 5-7: Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse und sondennahe Flaschenproben während der VPE vom 08. August 2006

Aus den ADCP-Messungen, die vor Beginn der Vielpunktentnahmen durchgeführt wurden, können die für die Auswertung notwendigen Geschwindigkeiten in den Lotrechten abgelesen werden.

Die Ergebnisse der im Labor ausgewerteten Entnahmeprobe zeigen, dass die Schwebstoffgehalte mit Werten 1201,9 und 602,0 mg/l eine große Spannweite aufweisen. Wie laut Erklärung im Kapitel 2.4 zu erwarten war, steigen die Konzentrationen mit Zunahme der Tiefe, jedoch lassen sich die höchsten Werte nicht im Bereich der größten Geschwindigkeit, sondern in der Nähe des orographisch rechten Ufers, feststellen.

Die mittlere Schwebstoffkonzentration C_m im Querschnitt wurde mit 629,1 mg/l bestimmt und dient gemeinsam mit dem Mittelwert der Flaschenproben C_r der Berechnung des Querprofilbeiwertes. Durch Division von $C_m=629,1$ mg/l durch $C_r=599,3$ mg/l lässt sich ein Querprofilbeiwert von 1,05 bestimmen.

Zur Verdeutlichung der Verteilung der Schwebstoffkonzentrationen im Querschnitt dient Abbildung 5-8, aus der auch die mittlere Geschwindigkeit der Lotrechten, sowie der mittlere Wert der sondennahen Flaschenproben und der Sonde für den Messzeitraum ersichtlich sind.

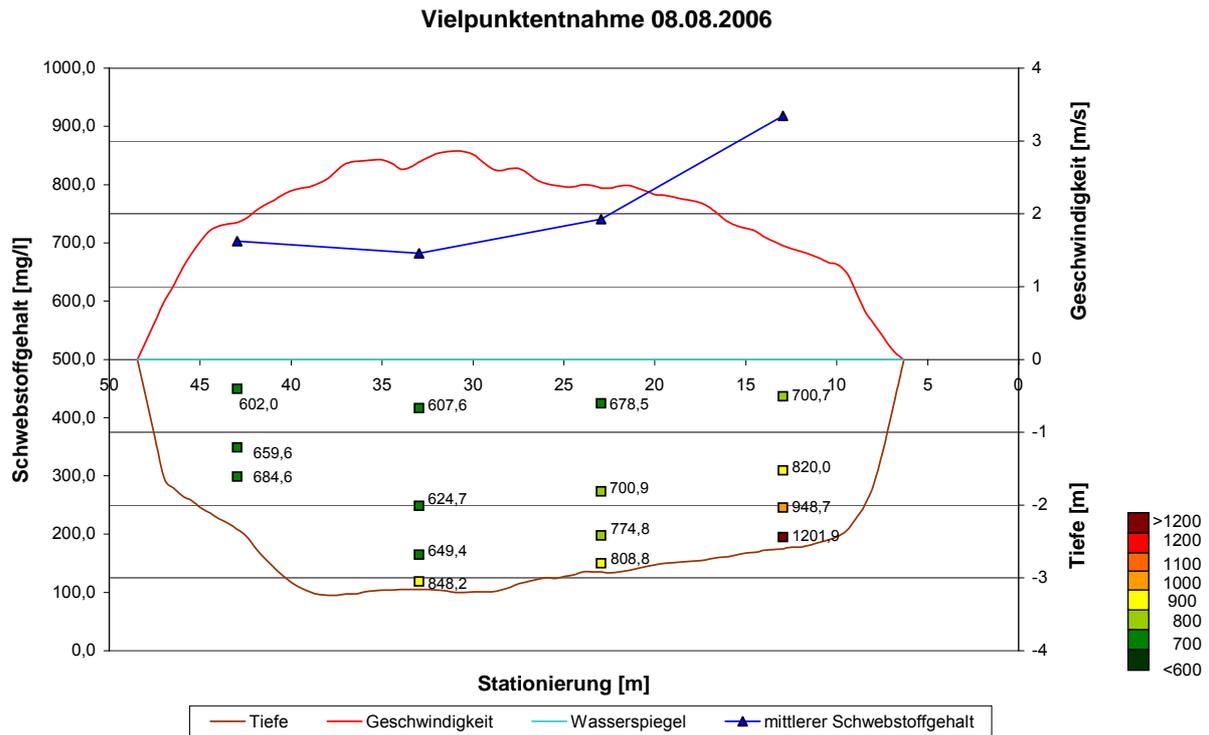


Abbildung 5-8: Graphische Darstellung der Vielpunktentnahme vom 08. August 2006 Admont/Enns

5.1.5.2 Vielpunktentnahme vom 23. August 2006

Während der Durchführung der Vielpunktentnahmen in einem Zeitraum von zweieinviertel Stunden, von 9:00 bis 11:15 mitteleuropäischer Zeit (MEZ), herrschten nahezu konstante Bedingungen vor, so dass für die Auswertung keine Trendbereinigung durchgeführt werden musste. Der Wasserstand sank in dieser Zeit lediglich um 1 cm von 170 auf 169 cm, und der Durchfluss verringerte sich von 60,0 m³/s auf 59,3 m³/s. Auch der Verlauf der Sondenganglinie zeigt eine leicht fallende Tendenz.

In Abbildung 5-9 wird für den Zeitraum der Messungen die Schöpfentnahmen, die Abfluss-, Wasserstands- und Trübungsverhältnisse dargestellt.

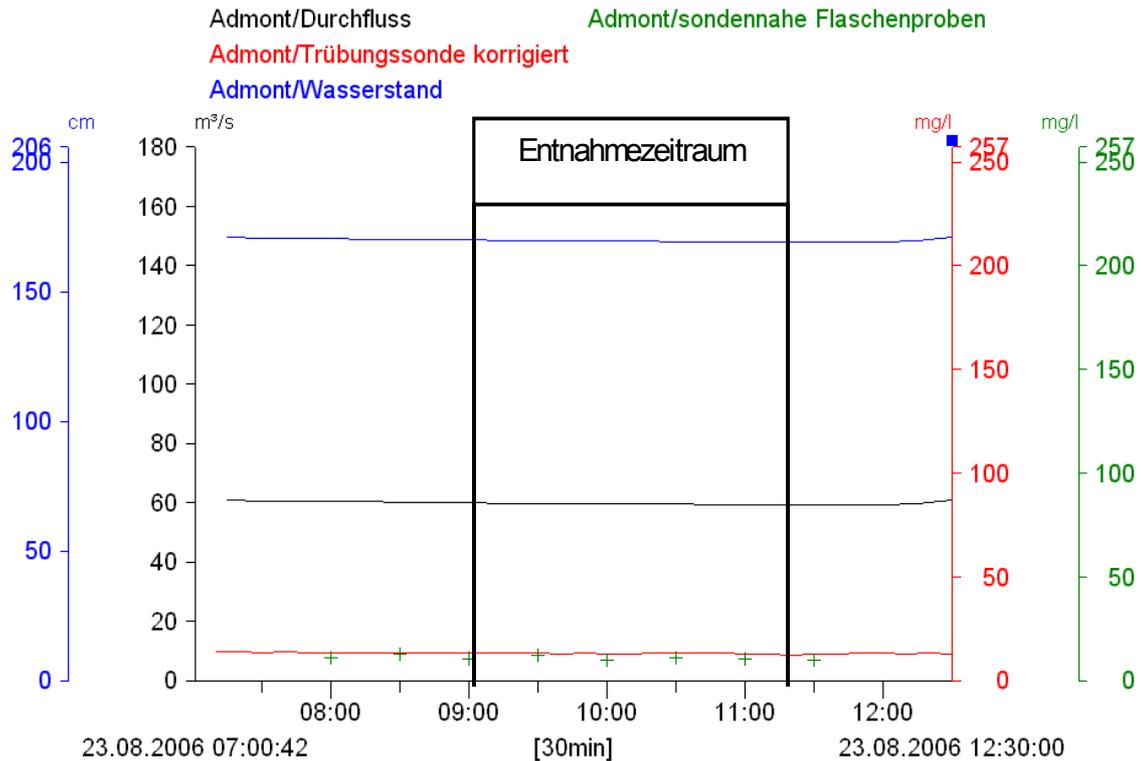


Abbildung 5-9: Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse, sondennahe Flaschenproben und Sondenaufzeichnung (von Ausreißers korrigiert) während der VPE vom 08. August 2006

An diesem Messtag wurden die Proben in acht Lotrechten mit einem Abstand von 5 m mit je vier Tiefenstufen (0,20*t, 0,60*t, 0,80*t, 0,95*t) bzw. in drei Tiefenstufen in der letzten Lotrechten, entnommen. Die Einteilung wurde so gewählt, dass die jeweils 2., 4., 6. und 8. Lotrechte mit den bereits von den vorherigen Messtagen bestehenden Lotrechten zusammenfielen.

Die Bestimmung der notwendigen Fließgeschwindigkeit und des Durchflusses wurde auch diesmal mit einem ADCP-Gerät vor Beginn der Vielpunktentnahme ermittelt.

In den einzelnen Entnahmepunkten schwanken die Schwebstoffgehalte zwischen 9,2 und 36,8 mg/l, wobei die Konzentrationen mit der Tiefe zunehmen und die höchsten Werte in der rechten Flussseite, wo geringere Fließgeschwindigkeiten vorherrschen, vorzufinden sind.

Die mittlere Schwebstoffkonzentration im Querprofil wurde mit 15,14 mg/l errechnet und dieser Wert liegt damit über dem Mittelwert der acht sondennahen Proben, der mit 10,9 mg/l bestimmt wurde. Daraus ergibt sich für diese Messung ein Querprofilbeiwert K_Q (C_m/C_r) von 1,39.

In Abbildung 5-10 werden die Verteilung der Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil, die mittlere Geschwindigkeit und der mittlere Schwebstoffgehalt der Lotrechten, sowie der mittlere Wert der Flaschenproben und der Sonde für diesen Zeitraum dargestellt.

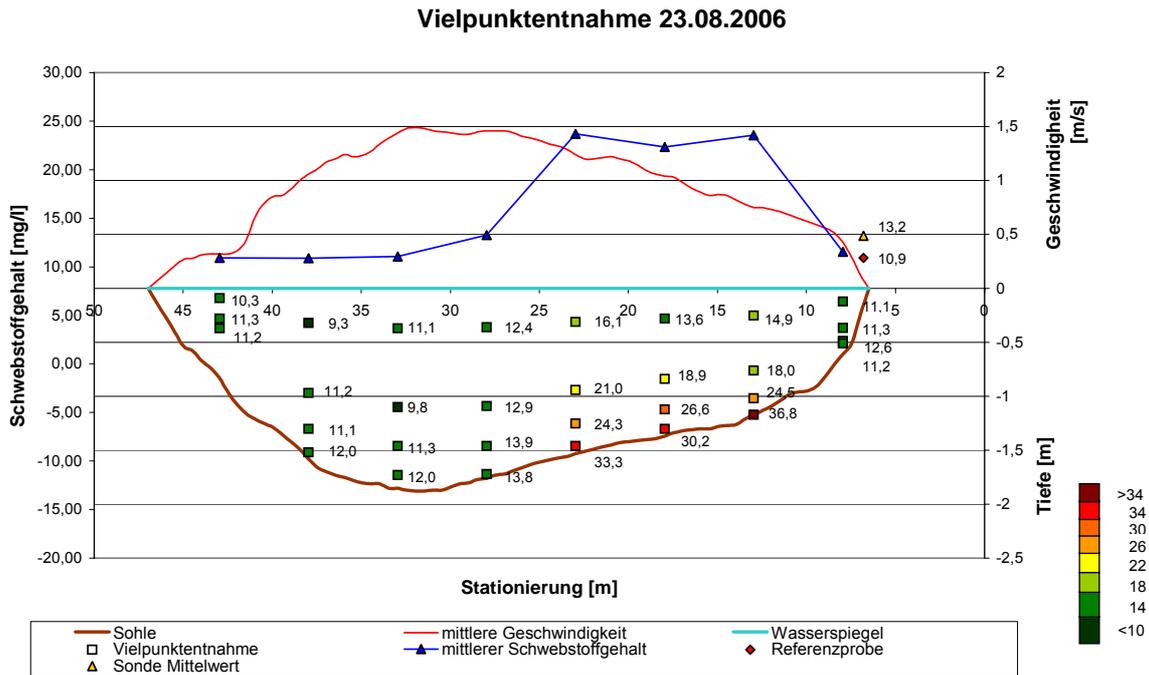


Abbildung 5-10: Graphische Darstellung der Vielpunktentnahme vom 23. August 2006 Admont/Enns

5.1.6 Integrationsentnahmen

An den Messtagen wurden jeweils zeitgleich mit den Vielpunktentnahmen die Integrationsentnahmen getätigt, wobei hier die gleichen Lotrechten wie für die Vielpunktentnahmen gewählt wurden. Dabei wurde die Integrationsentnahme jeweils im Anschluss an die Entnahme der tiefsten Probe in jeder Lotrechten der Vielpunktentnahmen durchgeführt. Das angewendete Prinzip entspricht somit der „identische Breiten“-Methode (siehe Kapitel 3.1.3). Während des Absenk- und Hubvorgangs wurde die langsamste Einstellung der Messeilbahn gewählt. Alle Integrationsentnahmen wurden mit dem US-P61 Suspended Sediment Sampler durchgeführt.

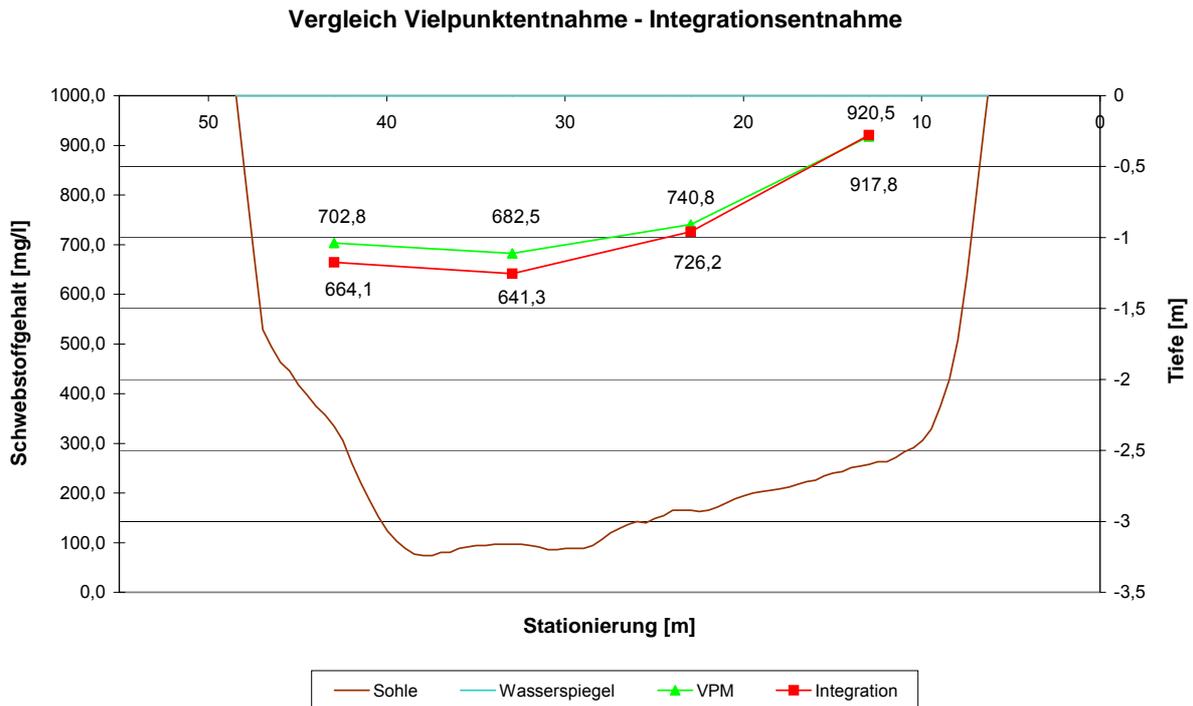
5.1.6.1 Integrationsentnahmen vom 08. August 2006

Da die Integrationsentnahmen zeitgleich und in denselben Lotrechten wie die Vielpunktentnahmen getätigt wurden, fanden die Entnahmen in nur vier Lotrechten statt. Das für eine Integrationsentnahme, wie in Kapitel 3.1.3 erläutert, eine sehr geringe Anzahl.

Während der Messung blieben die Verhältnisse konstant (siehe Seite 44) und daher mussten die bestimmten Schwebstoffwerte, welche zwischen 920,5 und 641,3 mg/l liegen, nicht korrigiert werden. Es wurde für diesen Messtag eine mittlere Schwebstoffkonzentration errechnet, die mit 652,1 mg/l über dem bei der Vielpunktentnahme ermittelten Wert liegt.

Abbildung 5-11 zeigt einen Vergleich der Ergebnisse der Integrationsentnahme und der gemittelten Schwebstoffkonzentrationen der Vielpunktentnahme. Es wird wieder veranschaulicht, dass die Konzentrationen im rechten Flussabschnitt höher sind.

Abbildung 5-11: Vergleich Vielpunktentnahme und Integrationsentnahme vom 08. August 2006 (Admont/Enns)



5.1.6.2 Integrationsentnahmen vom 23. August 2006

Da die Messungen zeitgleich mit der Vielpunktentnahme am 23. August 2006 durchgeführt wurden, herrschten die bereits oben beschriebenen Bedingungen vor (Seite 45). Es wurden wieder in acht Lotrechten Probenentnahmen getätigt.

Die Schwebstoffgehalte der Integrationsentnahmen schwanken in einem Bereich von 10,5 bis 27,9 mg/l. Die Auswertung der Integrationsentnahme ergab eine mittlere Schwebstoffkonzentration im Querprofil von 15,7 mg/l. Die zur Auswertung benötigten mittleren Fließgeschwindigkeiten in den einzelnen Lotrechten wurden ebenfalls den ADCP-Messungen entnommen.

Eine graphische Darstellung der Gegenüberstellung von Integrationsentnahme und Vielpunktentnahme liefert die Abbildung 5-12. In den vier letzten Lotrechten in der Nähe des linken Ufers stimmen die Konzentrationen der Integrationsentnahme und die über die Lotrechten gemittelten Werte der Vielpunktentnahmen sehr gut überein, während in der rechten Gewässerhälfte doch große Abweichungen auftreten.

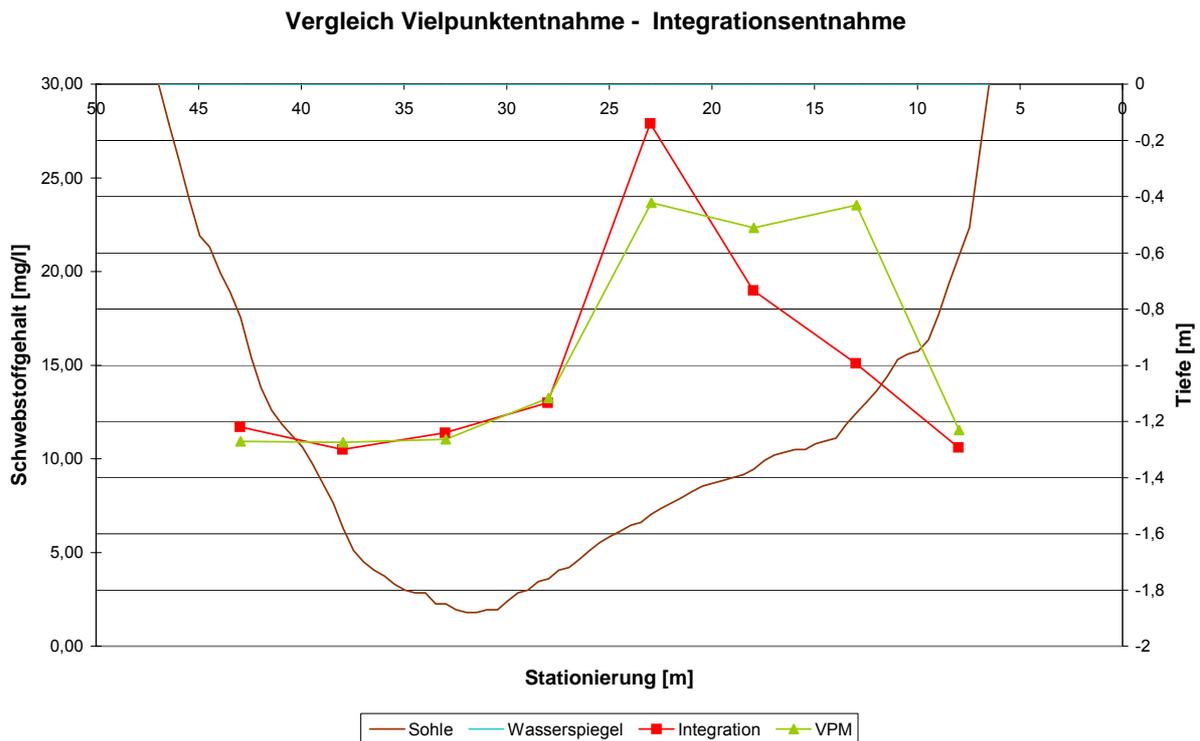


Abbildung 5-12: Vergleich Vielpunktentnahme und Integrationsentnahme vom 23. August 2006 (Admont/Enns)

5.1.7 Ermittlung des Querprofilbeiwertes

Zur Ermittlung des Querprofilbeiwertes wurden die mittleren Schwebstoffgehalte C_m im Querprofil, die aus den vier durchgeführten Vielpunktentnahmen bestimmt werden konnten, und die zugehörigen Schwebstoffgehalte C_r der sondennahen Flaschenproben herangezogen. Daraus kann der Querprofilbeiwert $k_Q = C_m/C_r$ errechnet werden. Zwischen dem k_Q -Faktor und dem zugehörigen Durchfluss wurde nun eine Beziehung aufgestellt, die sich mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,88 gut an die gemessenen Daten anpasst. Allerdings ist die Datenmenge noch sehr gering, weshalb diese Beziehung noch durch weitere Messungen bestätigt werden muss. Die Funktion $y = -0,0016 \cdot x + 1,4404$ wird nun zur Bestimmung der neuen Sondenganglinie, welche die Verteilung der Schwebstoffkonzentration im Querprofil berücksichtigt, herangezogen. Ab einem Durchfluss von 275,25 m³/s wird der Querprofilbeiwert gleich eins gesetzt und als unabhängig vom Durchfluss angesehen. Dies geschieht unter der Annahme, dass der gesamte Fluss bei hohem Abfluss als gut durchmischt betrachtet werden kann, und die Schwebstoffgehalte der ufernahen Schöpfproben repräsentativ für den gesamten Querschnitt sind.

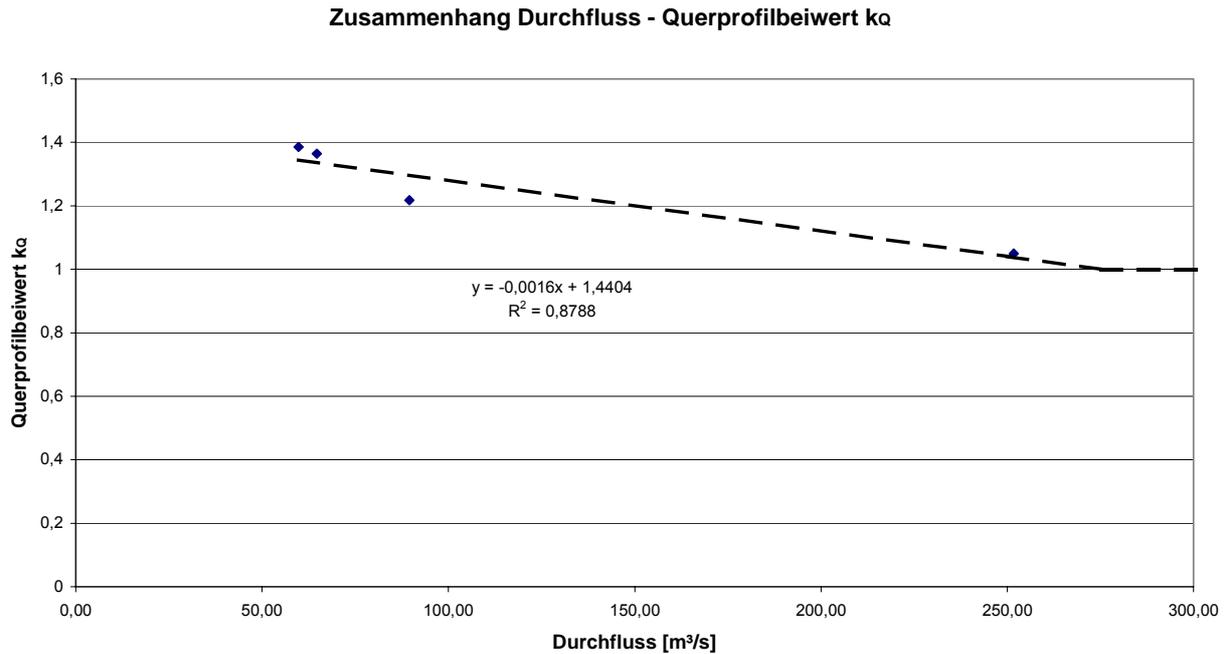


Abbildung 5-13: Zusammenhang zwischen den Durchfluss und Querprofilbeiwert k_Q an der Messstelle Admont/Enns (Sommer 2006)

5.1.8 Frachtberechnung

Nachdem die Sondenaufzeichnung durch Kalibrierung mit den Flaschenproben in ufernahe Schwebstoffgehalte umgerechnet und anschließend in mittlere Schwebstoffgehalte des Querprofils umgewandelt wurden, kann aus dieser doppelt korrigierten Schwebstoffganglinie die Schwebstofffracht berechnet werden.

Die so ermittelte Ganglinie der Pegelstelle Admont unterscheidet sich kaum von der, welche die Sonde ursprünglich aufgezeichnet hatte (Abbildung 5-14), die Werte sind im Vergleich nur leicht erhöht dargestellt.

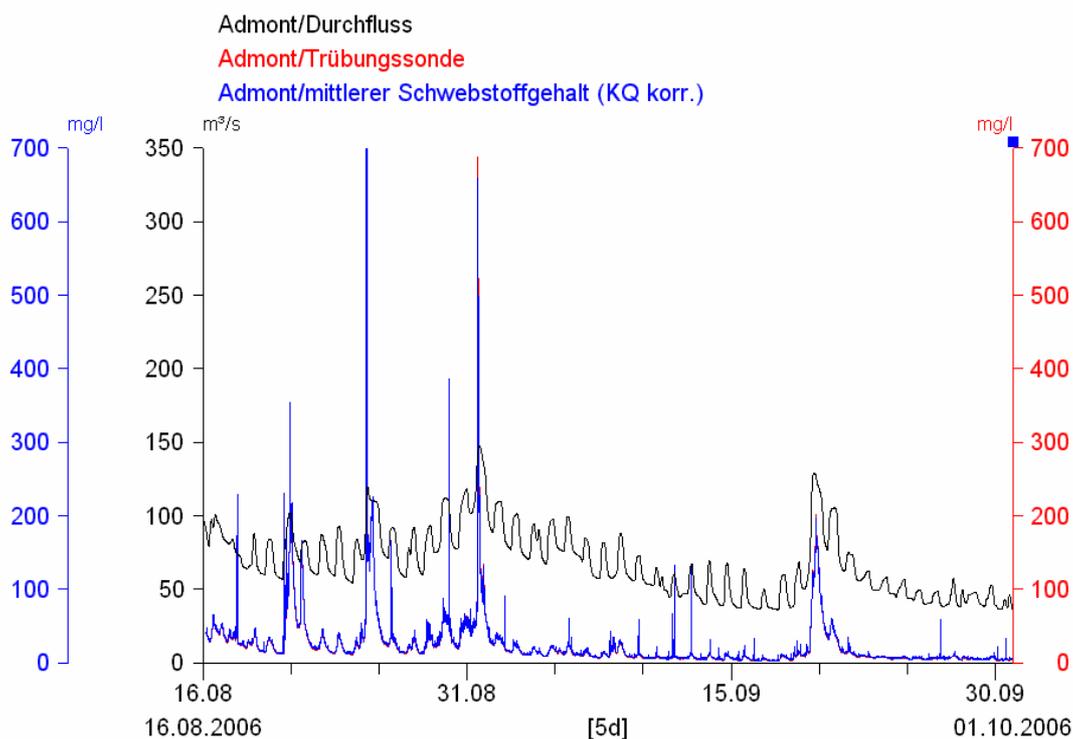


Abbildung 5-14: zeitlicher Verlauf des Durchflusses, der Sondenaufzeichnung und der mittleren Konzentrationen am Pegel Admont/Enns im Sommer 2006

Aus dem Produkt von Durchfluss und mittlerer Konzentration wird der zeitliche Schwebstofftransport ermittelt, der dann durch Summation über die Zeit die Schwebstofffracht ergibt.

Im Zeitraum September 2006 wurde nach dieser Berechnung eine Fracht von 3.000 t Trockensubstanz transportiert, und für den gesamten Beobachtungszeitraum vom 16. August 2006 bis zum 01. Oktober 2006 ergibt sich eine Schwebstofffracht von 21.000 t TS. Das Hochwasserereignis Anfang August wurde nicht in die Berechnung mit einbezogen, da hierfür keine Sondenaufzeichnungen zur Verfügung standen.

5.2 Leibnitz/Sulm

5.2.1 Messprogramm Leibnitz/Sulm

Auch an dieser Messstelle wurde an vier Tagen Schwebstoffproben entnommen, um die Schwebstoffverhältnisse an der Sulm darzustellen. Die Entnahmezeitpunkte sowie die Abflussverhältnisse sind aus der Abbildung 5-15 ersichtlich.

Das durchgeführte Messprogramm für die Messstelle Leibnitz/Sulm ist in der Tabelle 5-2 zusammengestellt. Es werden die verwendeten Entnahmemethoden und dafür verwendeten Geräte aufgelistet.

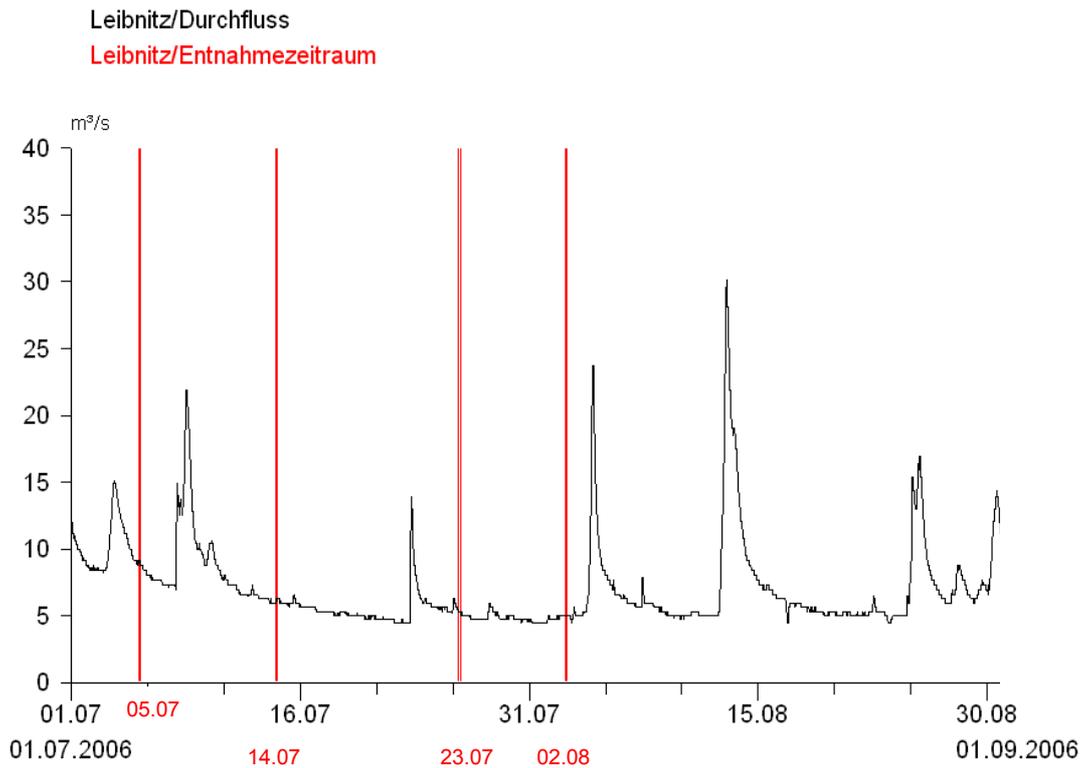


Abbildung 5-15: Durchflussganglinie und Messtage Leibnitz/ Sulm

Tabelle 5-2: Messprogramm im Juli und August 2006 der Messstelle Leibnitz/Sulm

Datum	Messung	Entnahmegesät
05.07.2006	1 Vielpunktmessung in 9 Lotrechten (3 Tiefen)	US-P61 Sampler
	1 Integrationsmessung in 9 Lotrechten	US-P61 Sampler
	4 ADCP-Messungen	
	1 Dauerentnahme 3,5h	Schöpfgerät
14.07.2006	1 Vielpunktmessung in 9 Lotrechten (3 Tiefen)	US-P61 Sampler
	1 Integrationsmessung in 6 Lotrechten	US-P61 Sampler
	6 ADCP-Messungen	
	1 Dauerentnahme 3h	Schöpfgerät
26.07.2006	1 Vielpunktmessung in 6 Lotrechten (3 Tiefen)	US-P61 Sampler
	4 ADCP-Messungen	
	1 Dauerentnahme 3h	Schöpfgerät
02.08.2006	1 Vielpunktmessung in 8 Lotrechten (3 Tiefen)	US-P61 Sampler
	4 ADCP-Messungen	
	1 Dauerentnahme 3h	Schöpfgerät

5.2.2 Sondenaufzeichnung

Die Trübungssonde Solitax ts-line wurde im Juni 2006 eingebaut und zeigt zu Beginn der Aufzeichnung einen kontinuierlichen Verlauf, für den Zeitraum vom 08. Juli 2006 03:00 bis zum 10. Juli 2006 20:30 wurden jedoch keine Werte geliefert. Danach wurde von der Sonde wieder regelmäßig gemessen, jedoch schwankt der Verlauf der Ganglinie, besonders in der Zeit vom 19. Juli bis zum 02. August bzw. am 06. August, sehr stark und zeigt nur eine geringe Übereinstimmung mit der Durchflussganglinie. Kurz nach den Messtagen, an denen

die Sonde auch gereinigt wurde, die Aufzeichnungen etwas plausibler erscheinen. Die hohen Werte an den Messtagen vom 14. Juli und dem 02. August lassen sich dadurch erklären, dass die Sonde zum Zweck der Reinigung aus dem Wasser entnommen wurde (Abbildung 5-16).

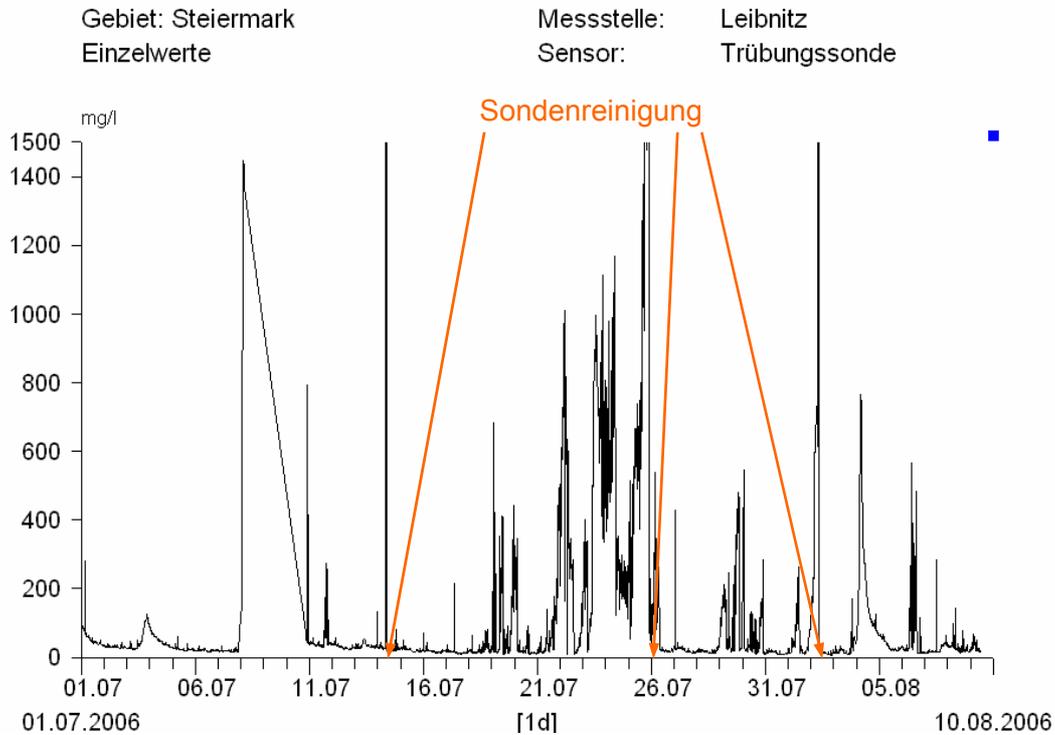


Abbildung 5-16: Sondenaufzeichnung mit Reinigungssterminen Leibnitz/Sulm

Die während der Dauermessungen entnommenen Schöpfproben in Sondennähe wurden ebenfalls mit der Sondenaufzeichnung verglichen. Hier ist sehr wohl eine gewisse Übereinstimmung zwischen Trübungsganglinie und den Schöpfentnahmen feststellbar.

In der folgenden Abbildung 5-17 sind die ursprüngliche Trübungsganglinie, die Durchflussganglinie und die sondennahen Flaschenproben für den Zeitraum von 1. Juli bis 15. August dargestellt.

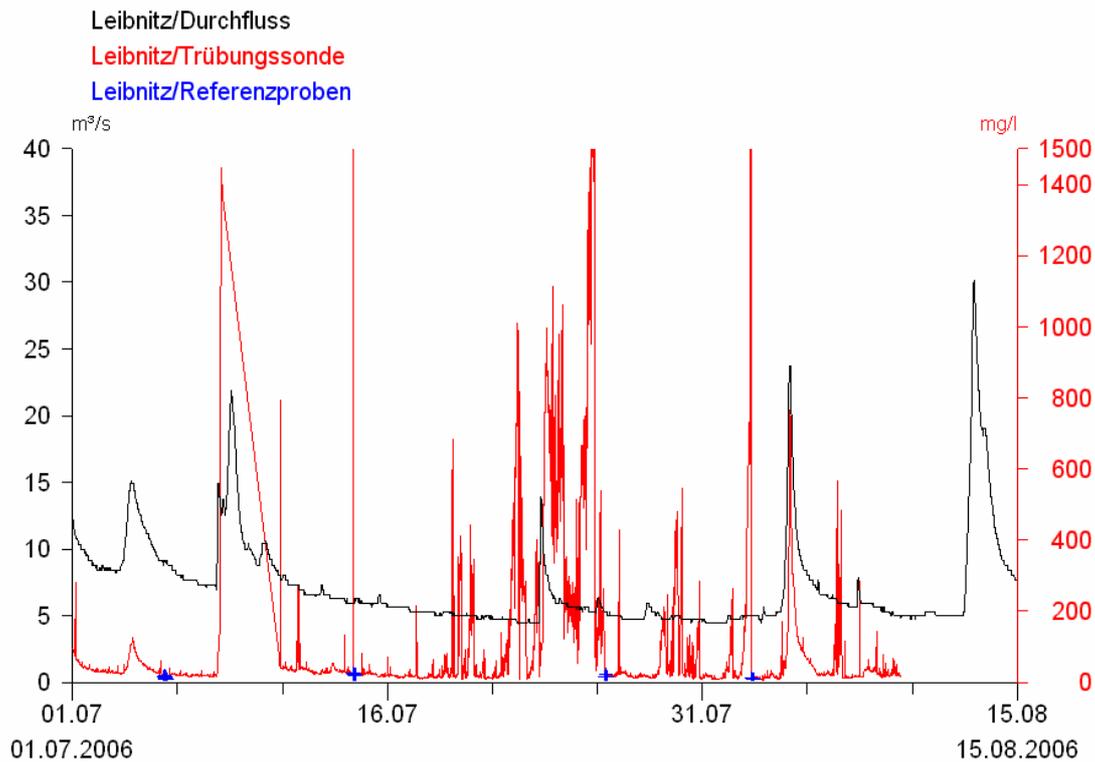


Abbildung 5-17: Durchfluss, Trübungsganglinie und sondennahe Proben von Juli und August 2006

5.2.3 Dauerentnahme

In Leibnitz wurden ebenfalls an allen vier Messtagen von der Pegelstiege aus Dauerentnahmen in Sondennähe mit Hilfe eines Schöpfgerätes entnommen, um die zeitliche Variabilität des Schwebstoffaufkommens erfassen zu können.

In diesem Kapitel werden nur die Dauerentnahmen vom 05. Juli und vom 14. Juli näher betrachtet, während die Darstellungen der Messungen vom 26. Juli und vom 02. August 2006 dem Anhang entnommen werden können.

5.2.3.1 Dauerentnahme vom 05. Juli 2006

Während der Entnahme der acht Proben von 08:20 bis 12:00 Uhr MEZ blieb der Wasserstand weitgehend unverändert auf einem Wert von 164 cm, und auch der Durchfluss schwankte nur leicht zwischen 8,96 und 9,15 m³/s. Die Sondenaufzeichnung weist in diesem Zeitraum ein Maximum von 25,4 und ein Minimum 21,3 mg/l, aber verhält sich im Mittel überwiegend konstant. Die Darstellung der Schwebstoffgehalte, die aus den Schöpfproben bestimmt wurden, zeigt einen wesentlich anderen Verlauf. Die Werte liegen hier zwischen 20,8 mg/l und 9,1 mg/l und haben einen Hochwert zu Beginn und am Ende der Entnahmen und fallen in der Mitte ab.

Zur besseren Darstellung der Messbedingungen wurden die Verhältnisse bezüglich Wasserstand, Durchfluss, Sondenaufzeichnung und den Schwebstoffgehalten der sondennahen Proben in der Abbildung 5-18 zusammengefasst.

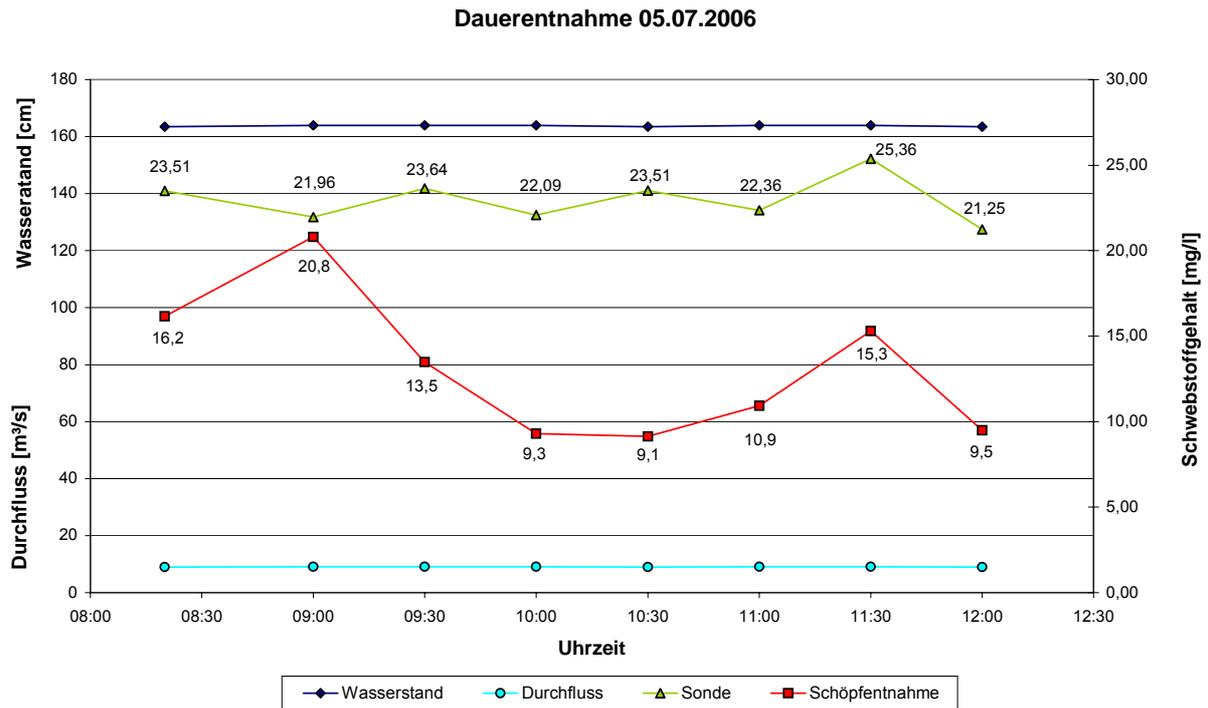


Abbildung 5-18: Graphische Darstellung der Dauerentnahme vom 05. 07. 2006 Leibnitz/Sulm

5.2.3.2 Dauerentnahme vom 14. Juli 2006

Die Dauerentnahmen wurden in der Zeit zwischen 8:00 und 11:00 Uhr MEZ durchgeführt; dabei wurden in einem Abstand von 30 Minuten insgesamt sieben Proben entnommen.

Während der Wasserstand sich in diesem Zeitraum von 157 cm auf 158 cm erhöhte und auch der Durchfluss von 5,96 auf 6,28 m³/s anstieg, zeigen die gravimetrisch ermittelten Schwebstoffgehalte und die Aufzeichnung der Sonde eine leicht fallende Tendenz. Die Werte der Sondenaufzeichnung schwanken zwischen 24,9 mg/l und 21,5 mg/l und der Schwankungsbereich der Flaschenproben liegt zwischen 16,1 mg/l und 10,8 mg/l.

Abbildung 5-19 fasst die Bedingungen während der Durchführung der Dauerentnahme, bezogen auf den Wasserstand, den Durchfluss, die Sondenaufzeichnung und den Schwebstoffgehalten aus den Schöpfproben zusammen.

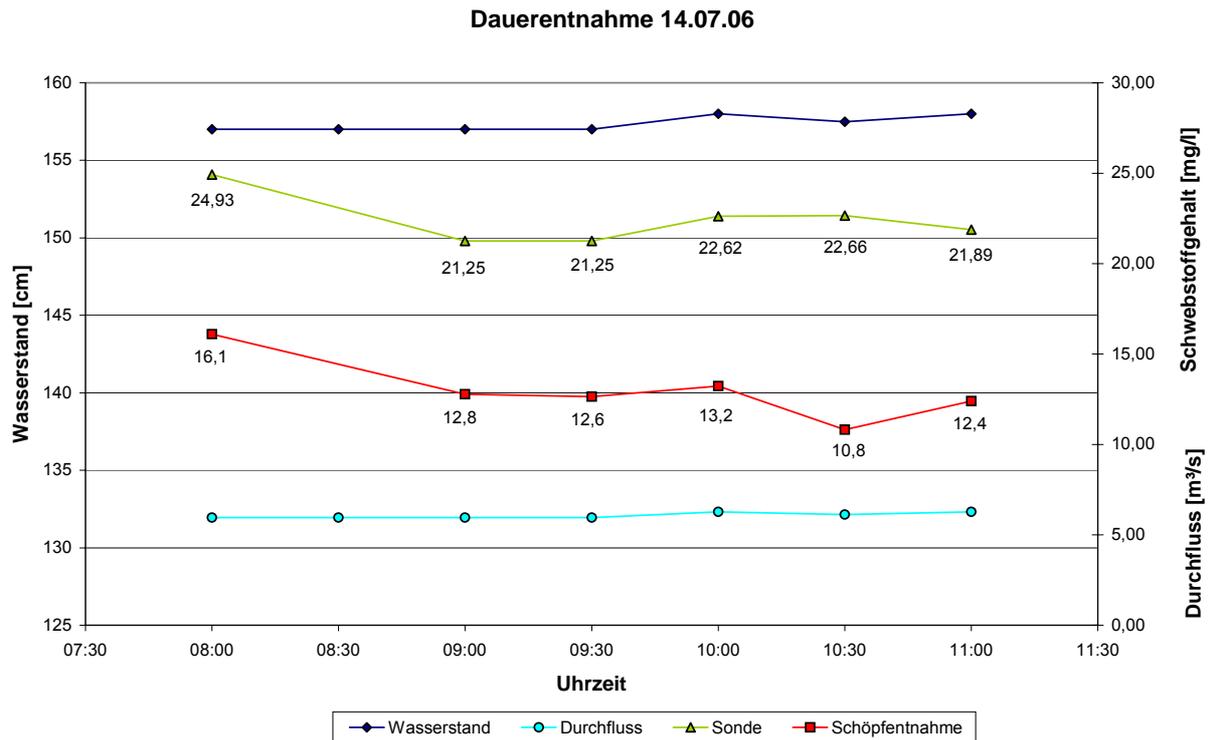


Abbildung 5-19: Graphische Darstellung der Dauerentnahme vom 14. 07. 2006 Leibnitz/Sulm

5.2.4 Kalibrierung der Sondenaufzeichnung

Im Folgenden wurde versucht, wie auch in Admont, einen linearen Zusammenhang zwischen den Sonden- und Schöpfprobenwerten herzustellen um damit die Sondenaufzeichnung zu kalibrieren. Der Zusammenhang zwischen der Sondenaufzeichnung und den in Sondennähe entnommenen Flaschenproben ist in Abbildung 5-20 dargestellt. Es ist erkennbar, dass der Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten 0,19 sehr gering ist.

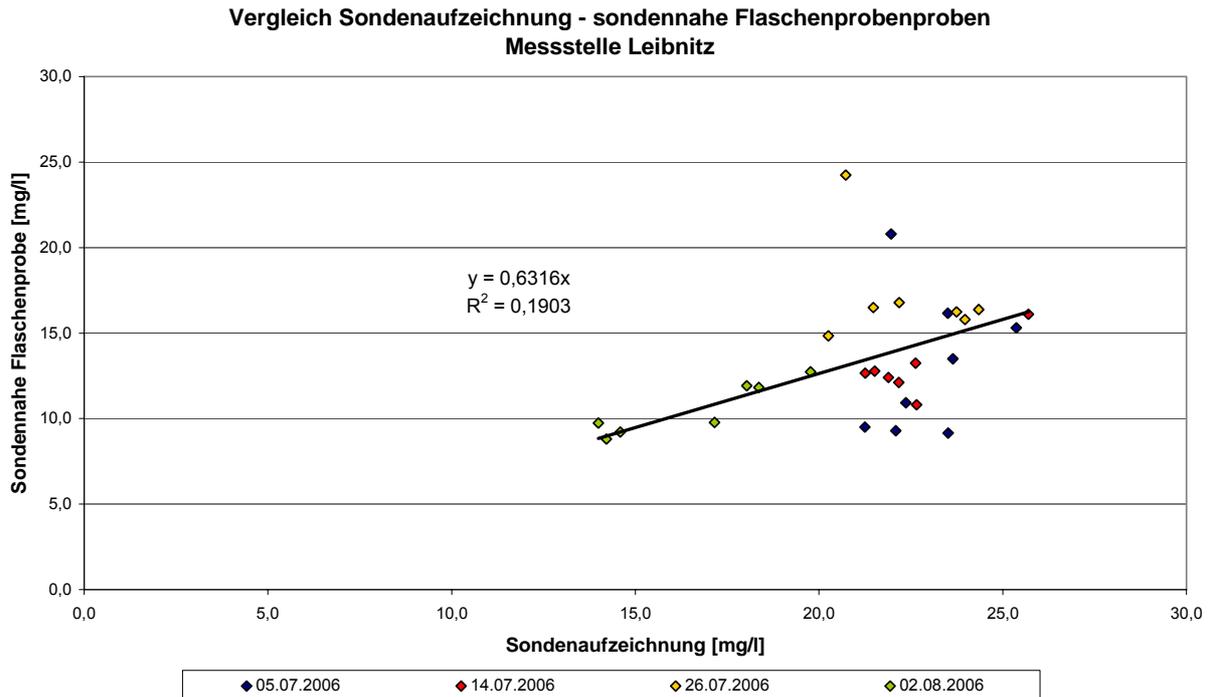


Abbildung 5-20: Zusammenhang zwischen den Sondenaufzeichnungen und den sondennahen Flaschenproben an der Messstelle Leibnitz/Sulm (Sommer 2006)

Wie bereits den Ausführungen in Kapitel 5.2.3.1 und der Abbildung 5-20 entnommen werden kann, weisen die Sondenaufzeichnung und die sondennahen Proben vom 05. Juli keine Übereinstimmung auf. Daher wurde dieser Messtag in den weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt. Aus den Werten der anderen drei Messtage wurde nun eine Beziehung aufgestellt, wobei ein Datenpunkt vom 26. Juli, der wenig plausibel erschien, ebenfalls entfernt wurde.

In Abbildung 5-21 werden die Sondenwerte und die Schwebstoffgehalte der sondennahen Flaschenproben erneut gegenübergestellt, wobei die einzelnen Messtage farblich gekennzeichnet sind. Die erhaltene Funktion weist mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,65 keine so gute Übereinstimmung auf, wie etwa in Admont, lässt aber durchaus einen Zusammenhang erkennen.

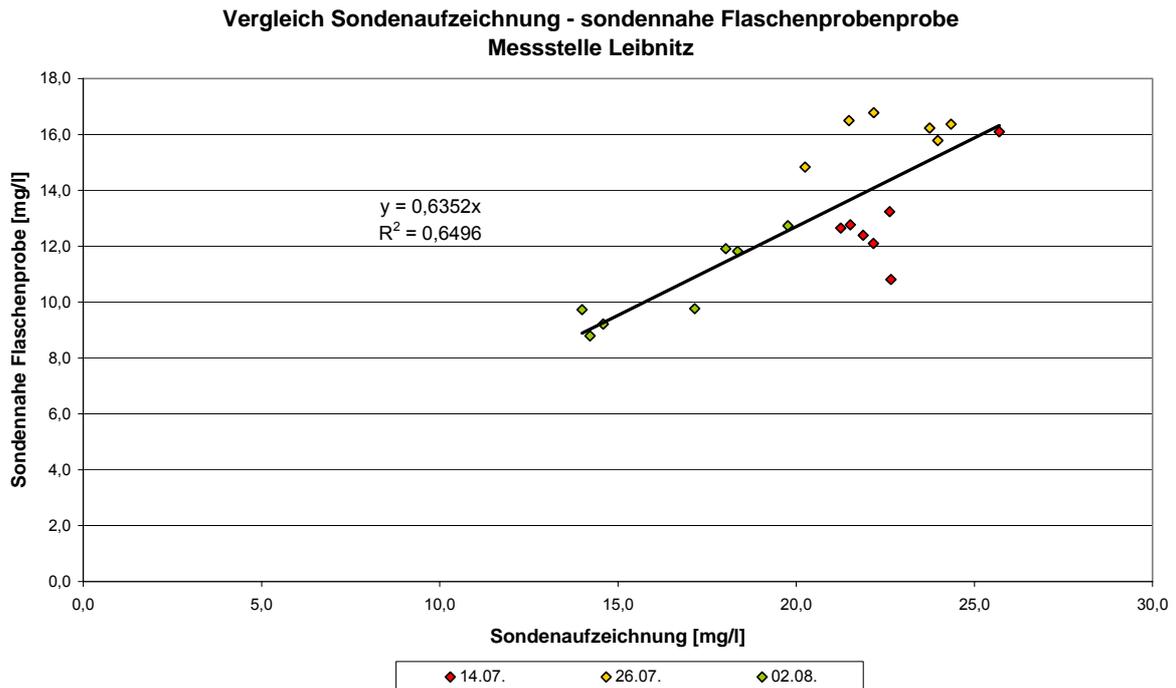


Abbildung 5-21: Zusammenhang zwischen den Sondenaufzeichnungen und den sondennahen Flaschenproben an der Messstelle Leibnitz/Sulm ohne dem 05.08.2006

Da die Sondenaufzeichnung über weite Bereiche Werte liefert, die nicht im Zusammenhang mit dem Abfluss stehen und daher nicht sehr plausibel wirken, erscheint es nicht als zielführend, diese Ganglinie für die weiteren Berechnungen heranzuziehen.

Um dennoch ein einigermaßen akzeptables Ergebnis zu erhalten, wurde der Durchfluss mit Bereichen der Sondenaufzeichnung, welche glaubhaft aussehen, in Beziehung gesetzt (Abbildung 5-23). So wurde eine Funktion ermittelt, mit der ein vom Durchfluss abhängiger Verlauf der Sondenaufzeichnung geschätzt werden kann (Abbildung 5-22). Der so aufgestellte Zusammenhang kann nur als Behelf angesehen werden, da die Schwebstoffkonzentrationen im Gewässer nicht allein vom Durchfluss abhängen (siehe Kapitel 6.2.1).

Gegenüberstellung Durchfluss - Sondenaufzeichnung

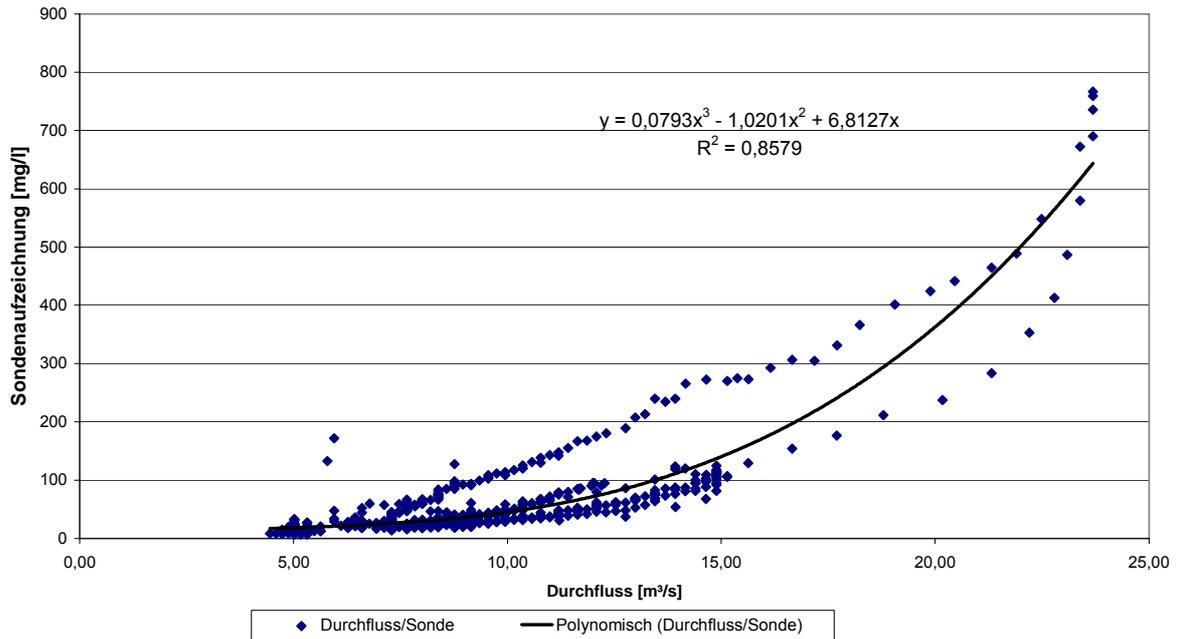


Abbildung 5-22: Regressionsbeziehung zur Schätzung von Sondenaufzeichnungen in Abhängigkeit des Durchflusses für die Messstelle Leibnitz

Über diese Regressionsbeziehung kann nun eine neue Ganglinie erstellt werden, die in Abbildung 5-23 dargestellt ist. Anschließend wird diese mit der auf Seite 62 ermittelten Gleichung in sondennahe Konzentrationen umgerechnet. Die so bestimmte Sondenganglinie ist in Abbildung 5-24 unter „sondennahe Konzentration“ dargestellt.

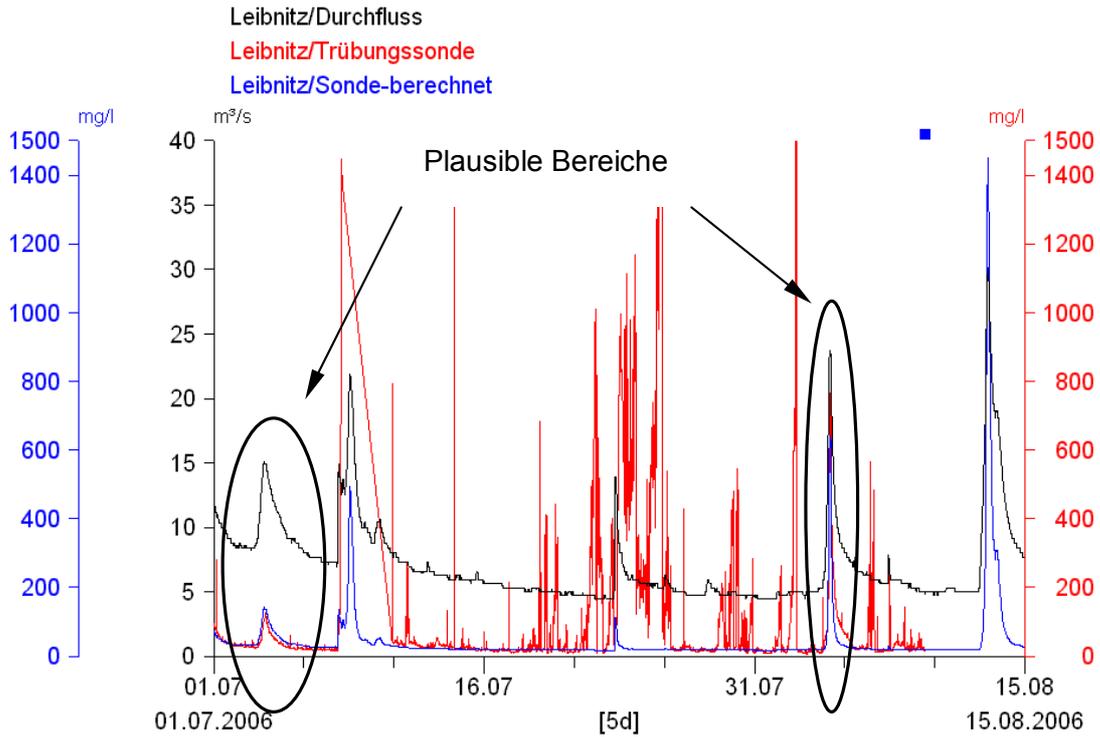


Abbildung 5-23: Durchfluss, Sondenaufzeichnung und berechnete Sondenganglinie an der Messstelle Leibnitz/Sulm

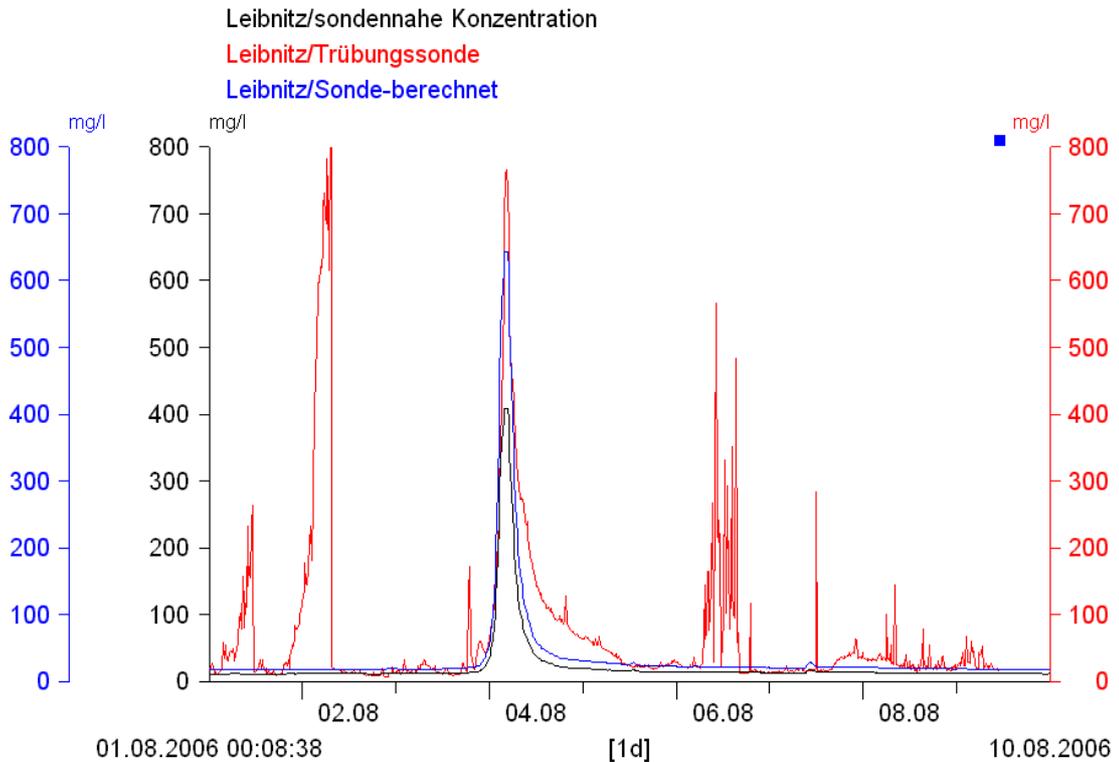


Abbildung 5-24: Ursprüngliche Sondenaufzeichnung, berechnete Sondenganglinie und sondennahe Konzentrationsganglinie an der Messstelle Leibnitz/Sulm

5.2.5 Vielpunktentnahmen

Die Vielpunktentnahmen wurden an allen vier Messtagen bei sehr ähnlichen Durchflussverhältnissen getätigt.

Die zur Auswertung notwendigen Fließgeschwindigkeiten in den einzelnen Lotrechten wurden mit einem ADCP-Gerät gemessen.

In diesem Kapitel sollen exemplarisch zwei der vier Vielpunktentnahmen näher erklärt und außerdem graphisch dargestellt werden. Die Ergebnisse und Graphen der anderen Messtage sind im Anhang enthalten.

5.2.5.1 Vielpunktentnahme vom 14. Juli 2006

An diesem Messtag wurde die Vielpunktentnahme in neun Lotrechten mit jeweils drei Tiefenstufen durchgeführt. Die Verhältnisse bezüglich Durchfluss und Wasserstand (steigender Wasserstand und Durchfluss, fallende Schwebstoffgehalte) wurden bereits bei der Beschreibung der Dauermessung schriftlich erläutert und sollen in Abbildung 5-25 noch einmal verdeutlicht werden.

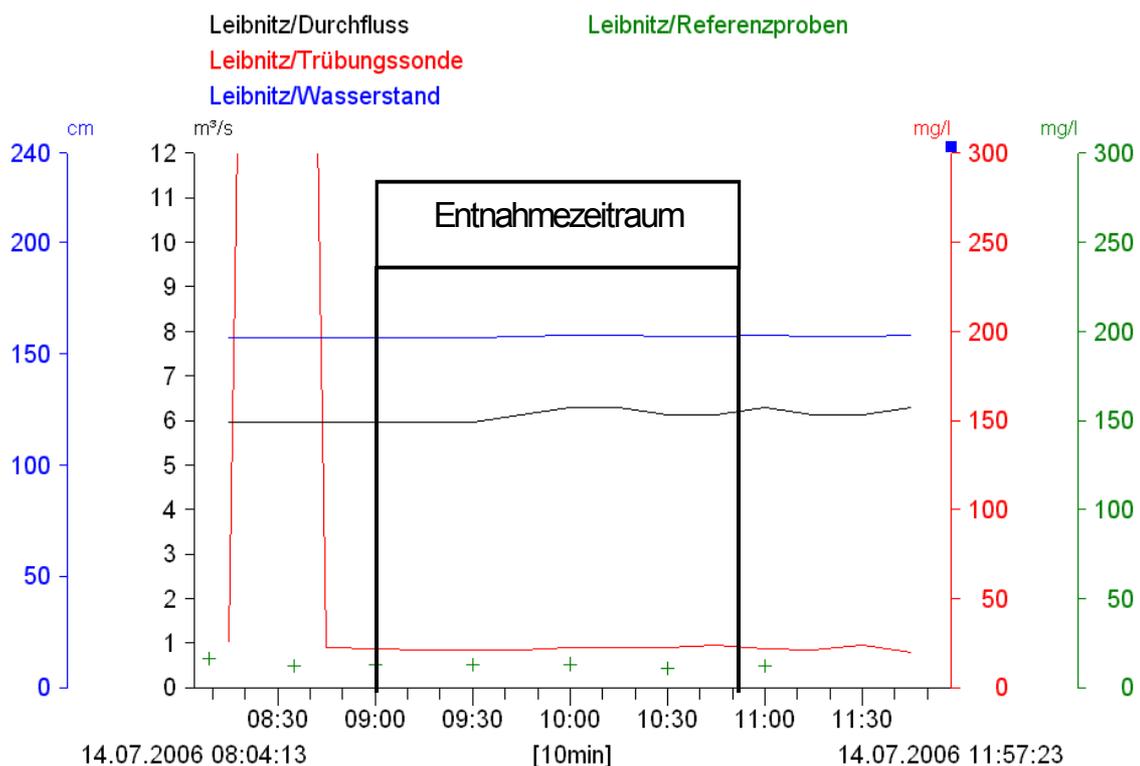


Abbildung 5-25: Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse, sondennahe Flaschenproben und ursprüngliche Sondaufzeichnung während der VPE vom 14. Juli 2006

Die Schwebstoffgehalte der während der Messung gewonnenen Proben bewegen sich zwischen 22,0 und 14,2 mg/l. Eine Zunahme der Konzentrationen mit der Tiefe lässt sich hier nicht so deutlich erkennen wie etwa an der Messstelle in Admont. So weisen oft die Proben aus der mittleren Tiefenstufe die höchsten Schwebstoffgehalte einer Lotrechten auf. Jedoch zeigt sich, dass die geringeren Konzentrationen in der Gewässermitte liegen und im Uferbereich stark ansteigen.

Es konnte eine mittlere Schwebstoffkonzentration von 16,9 mg/l ermittelt werden und daraus, gemeinsam mit dem mittleren Schwebstoffgehalt der sondennahen Flaschenproben, ein Querprofilbeiwert von 1,32 errechnet werden.

Die folgende Abbildung 5-26 veranschaulicht nochmals die Verteilung der Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil und zeigt zusätzlich den mittleren Sondenwert, den Mittelwert der Schöpfproben und die Geschwindigkeitsverteilung.

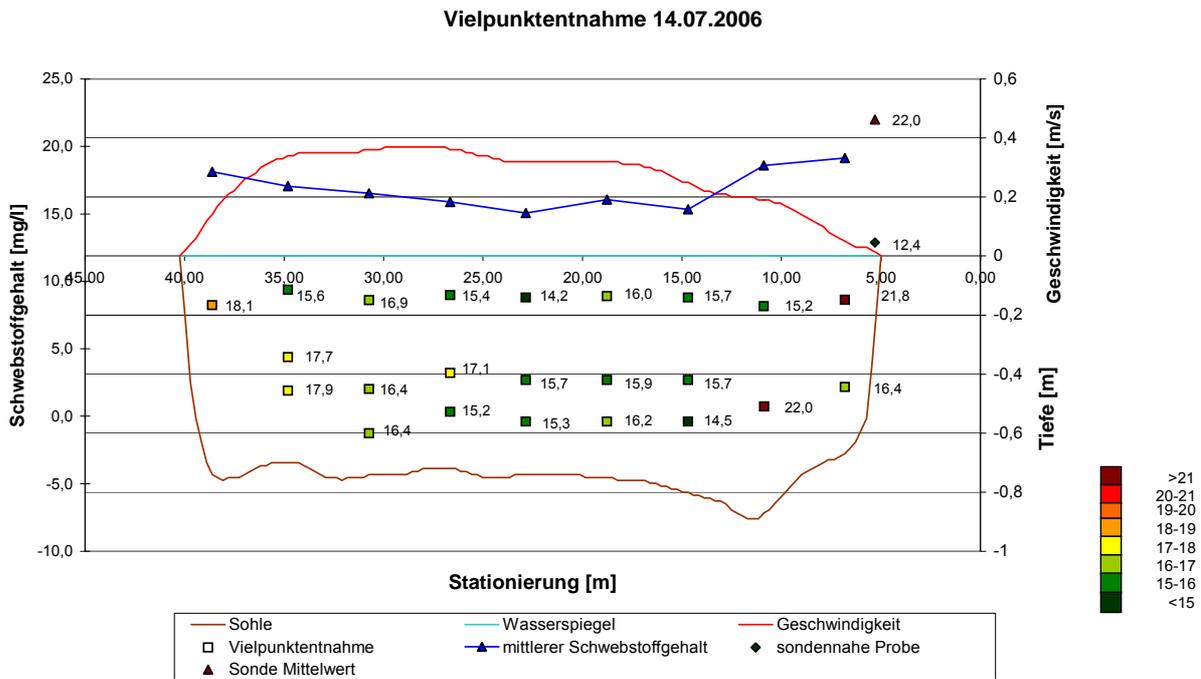


Abbildung 5-26: Graphische Darstellung der Vielpunktentnahme vom 14. Juli 2006 Leibnitz/Sulm

5.2.5.2 Vielpunktentnahme vom 02. August 2006

Im Zeitraum von 8:30 bis 11:00 Uhr MEZ wurden die Entnahmen in acht Lotrechten getätigt. Probenentnahmen in der ersten Lotrechten waren an diesem Tag wegen der geringen Strömungsgeschwindigkeit nicht möglich.

Die Bedingungen verhielten sich in Bezug auf Wasserstand und Durchfluss konstant, wie aus Abbildung 5-27 ersichtlich ist: Der Wasserstand blieb im gesamten Messzeitraum bei einem Wert von 152 cm und der Abfluss bei 5,02 m³/s. Dies ist für die Durchführung der Messung optimal.

Jedoch kann erkannt werden, dass der gravimetrisch bestimmte Schwebstoffgehalt der Flaschenproben stetig abnimmt. Diese Reduktion der Konzentrationen im Gewässer wird auch durch die Ganglinie der Sondenaufzeichnungen bestätigt.

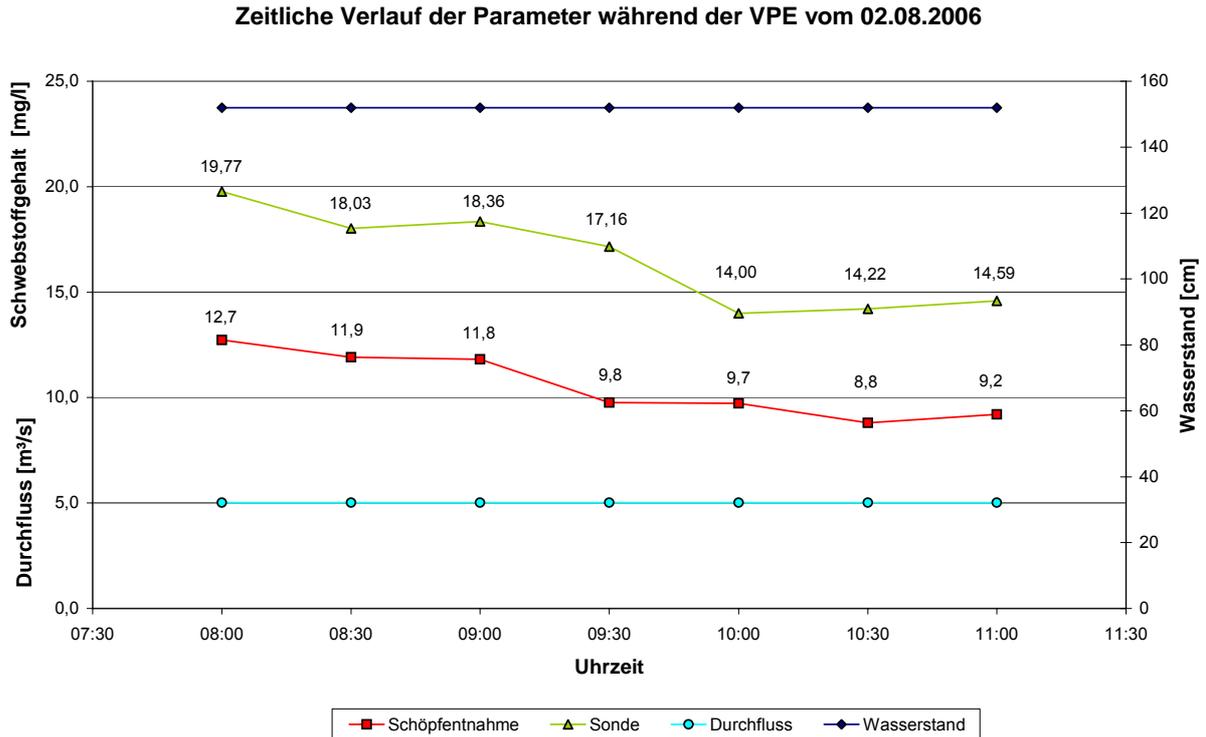


Abbildung 5-27: Zeitlicher Verlauf von Durchfluss, Wasserstand, Schwebstoffgehalt der sondennahen Proben und der Sondenaufzeichnung während der Vielpunktentnahme am 02.08.2006

Die Schwebstoffgehalte der während der Vielpunktentnahme gewonnenen Proben liegen zwischen 12,5 mg/l und 8,1 mg/l. Aus Abbildung 5-28 ist zu erkennen, dass in der rechten Gewässerhälfte die höheren Konzentrationen entnommen wurden. Dies dürfte aber darauf zurückzuführen sein, dass, wie oben beschrieben, die Konzentrationen im Laufe der Messungen abgenommen haben und am orographisch rechten Ufer zu messen begonnen wurde.

Aus den Messergebnissen wurde wieder der mittlere Schwebstoffgehalt im Querprofil errechnet und mit einem Wert von 10,3 mg/l bestimmt.

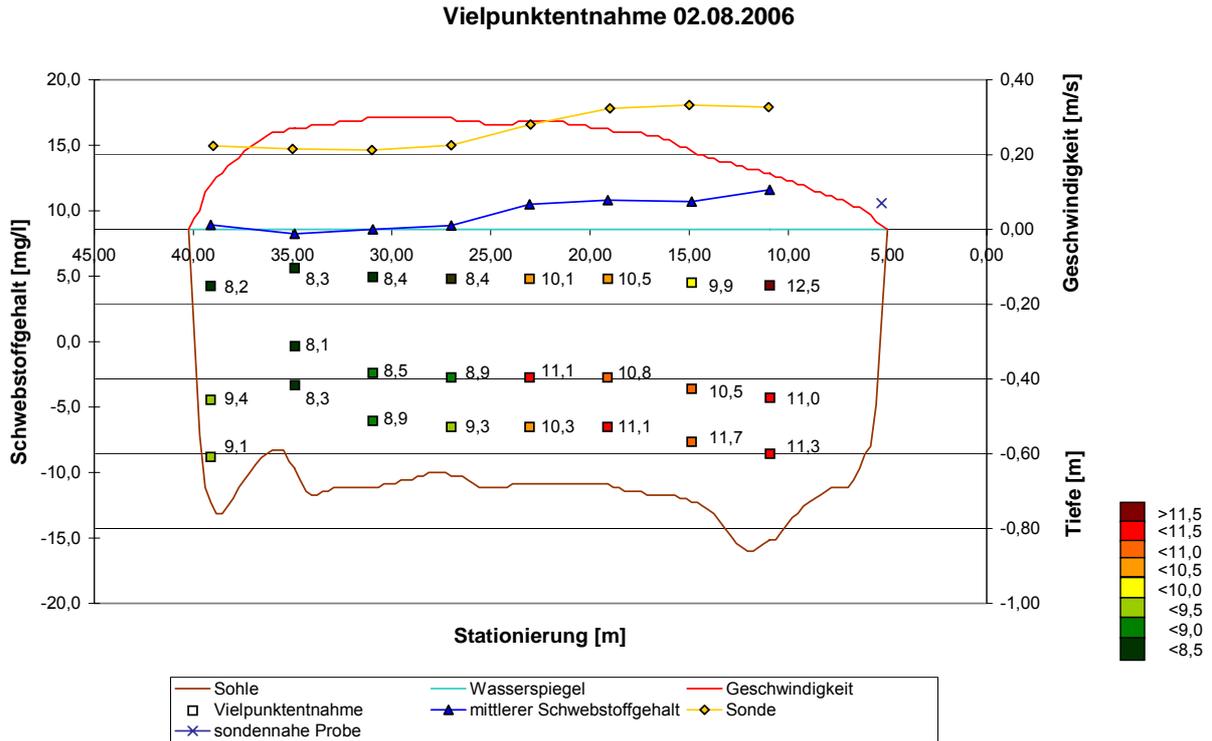


Abbildung 5-28: Graphische Darstellung der Vielpunktentnahme vom 02. August 2006 Leibnitz/Sulm

5.2.6 Integrationsentnahmen

Aufgrund von Problemen mit dem US – 61P Suspended Sediment Sampler (der nicht den gesamten Einlaufquerschnitt freigab) und der geringen Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe war es an den beiden letzten Messtagen nicht möglich Integrationsentnahmen durchzuführen.

Die Integrationsentnahmen vom 05. und 14. Juli 2006 wurden jeweils zeitgleich mit den Vielpunktentnahmen getätigt. Dabei wurden die gleichen Lotrechten gewählt und jeweils im Anschluss an die Entnahme der tiefsten Probe in jeder Lotrechten der Vielpunktentnahmen durchgeführt. Für das Absenken und Heben des Entnahmegärates, dem US-P61 Suspended Sediment Sampler, wurde die langsamste Einstellung der Messeilbahn gewählt.

5.2.6.1 Integrationsentnahmen vom 05. Juli 2006

Die Integrationsentnahmen wurden zwischen 10:00 und 12:00 mitteleuropäischer Zeit in neun Lotrechten durchgeführt. Die Bedingungen an diesem Messtag können als annähernd optimal bezeichnet werden, da der Wasserstand über die gesamte Dauer der Messung konstant bei 164 cm lag. Die Verhältnisse sind der folgenden Abbildungen zu entnehmen.

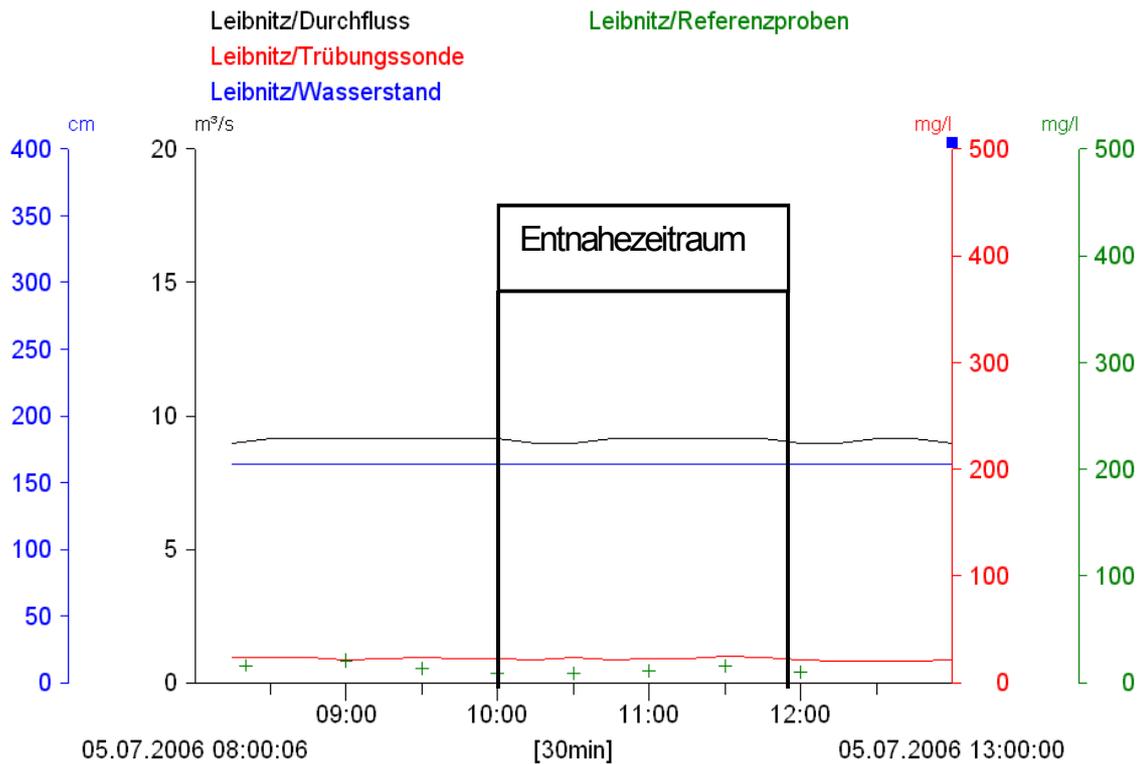


Abbildung 5-29: Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse, sondennahe Flaschenproben und ursprüngliche Sondenaufzeichnung während der Integrationsentnahme vom 05. Juli 2006

Der Schwankungsbereich der Schwebstoffgehalte liegt zwischen 8,0 bis 15,0 mg/l und der mittlere Schwebstoffgehalt im Querschnitt ließ sich mit 11,9 mg/l bestimmen. Zur Auswertung der Integrationsentnahme wurden aus den ADCP-Messungen die mittleren Fließgeschwindigkeiten in den einzelnen Lotrechten entnommen.

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Integrationsentnahme und den mittleren Werten der Vielpunktentnahme kann der Abbildung 5-30 entnommen werden.

Die Graphik zeigt im wesentlichen keine gute Übereinstimmung der Ergebnisse der beiden Messmethoden. Aus der Darstellung wird ersichtlich, dass die Werte der Vielpunktentnahme generell höher liegen als die der Integrationsentnahme und beide Kurven zeigen eine tendenzielle Zunahme der Konzentrationen vom linken zum rechten Uferbereich.

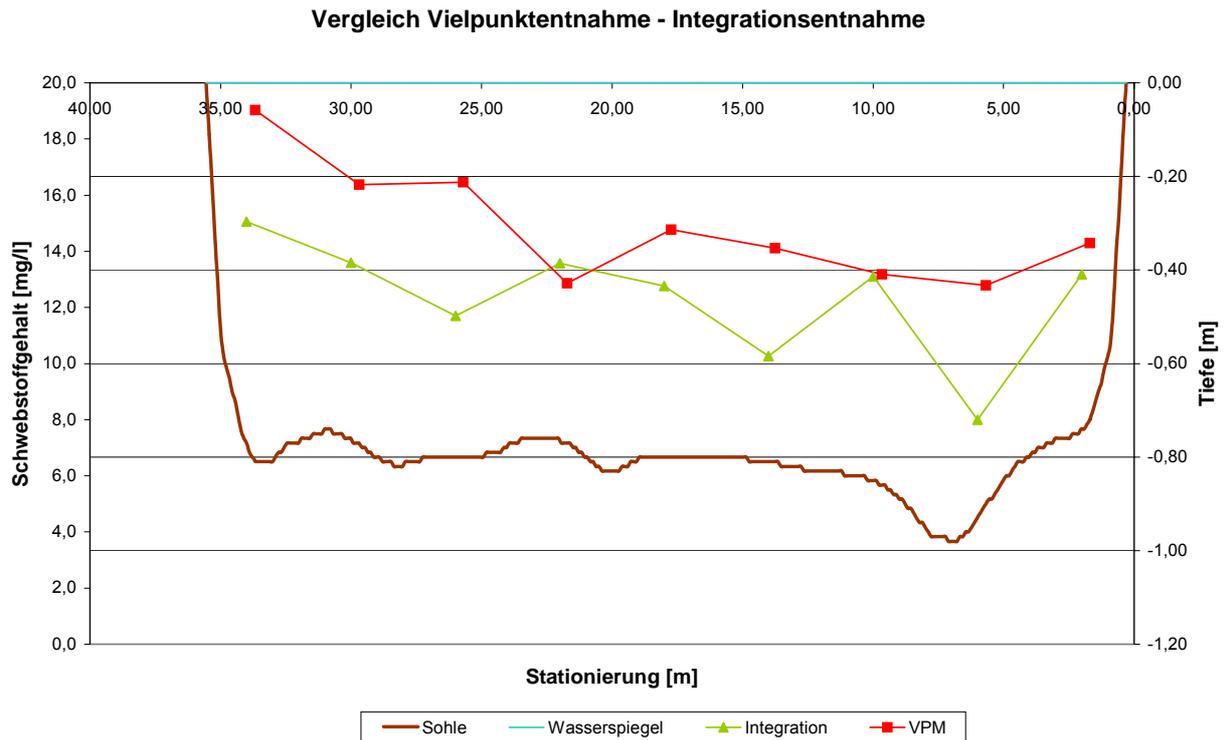


Abbildung 5-30: Vergleich Vielpunktentnahme und Integrationsentnahme vom 05. Juli 2006 (Leibnitz/Sulm)

5.2.6.2 Integrationsentnahmen vom 14. Juli 2006

Bei der Integrationsentnahme am 14. Juli 2006 wurde in nur sechs Lotrechten gemessen, da an den ufernahen Lotrechten aufgrund der geringen Strömungsgeschwindigkeit bzw. Wassertiefe eine Durchführung nicht möglich war.

Die Wasserstands- und Durchflussverhältnisse an diesem Messtag entsprechen jenen, die auf Seite 59 beschrieben wurden und können dort nachgelesen werden (leichter Anstieg von Wasserstand und Durchfluss, Schwebstoffgehalt leicht fallend).

Im Messzeitraum von 09:30 bis 10:37 schwanken die Schwebstoffgehalte der entnommenen Proben zwischen 14,5 und 17,1 mg/l. Die mittlere Schwebstoffkonzentration im Durchflussquerschnitt wurde mit 14,5 mg/l bestimmt.

Abbildung 5-31 bietet einen Vergleich der beiden Messmethoden, Vielpunkt- und Integrationsentnahme, dargelegt. Es zeigt sich diesmal eine wesentlich bessere Übereinstimmung der beiden Verfahren als am 05. Juli, die Kurven weichen nur sehr wenig voneinander ab.

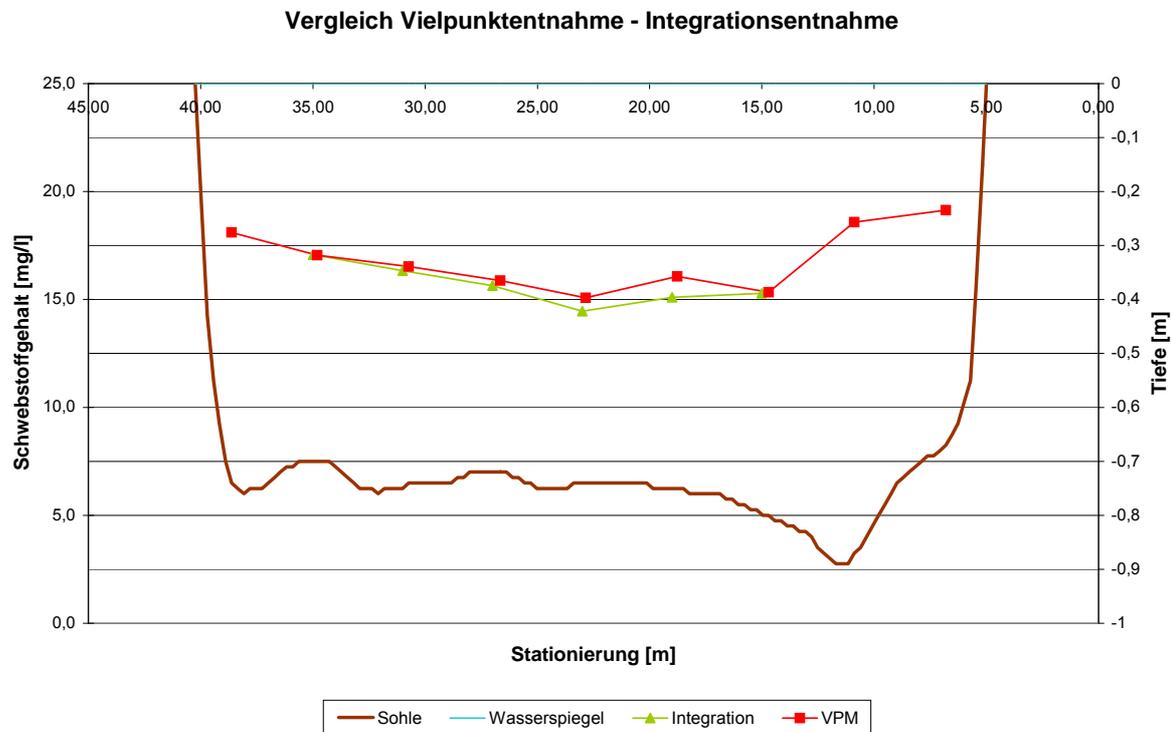


Abbildung 5-31: Vergleich Vielpunktentnahme und Integrationsentnahme vom 14. Juli 2006 (Leibnitz/Sulm)

5.2.7 Ermittlung des Querprofilbeiwertes

Anhand der aus den Vielpunktentnahmen gewonnen mittleren Schwebstoffgehalte C_m im Querprofil und den zugehörigen Schwebstoffgehalten C_r , der in Sondennähe entnommenen Flaschenproben wurden die Querprofilbeiwerte k_Q ($k_Q=C_m/C_r$) ermittelt.

Zwischen den Korrekturfaktoren und dem Abfluss wurde zunächst eine lineare Beziehung aufgestellt. Diese hat aber nur bedingte Gültigkeit, da für die Auswertung eine geringe Anzahl an Messungen zur Verfügung stand und diese bei sehr ähnlichen Abflussverhältnissen getätigt worden waren. Aus Abbildung 5-32 ist ersichtlich, dass die Hypothese der geradlinigen Zusammengehörigkeit sich nicht bestätigen lässt, da die drei erhaltenen Punkte nicht auf einer Geraden zu liegen scheinen.

Daher wurde unter der Annahme, dass die Querprofilbeiwerte um einen Mittelwert streuen, das arithmetische Mittel der vier Querprofilbeiwerte gebildet. Mit diesem Wert von 1,26 wurde eine vom Durchfluss unabhängige Korrektur der Sondenaufzeichnung durchgeführt.

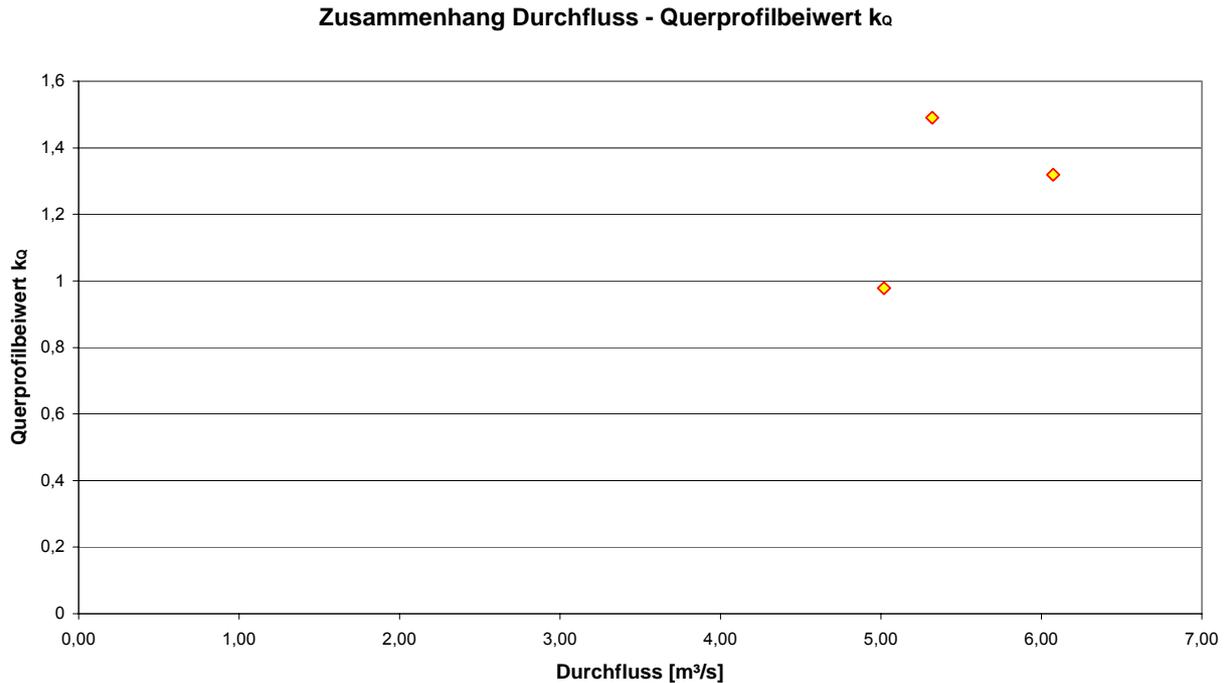


Abbildung 5-32: Zusammenhang zwischen den Durchfluss und Querprofilbeiwert an der Messstelle Leibnitz/Sulm (Sommer 2006)

5.2.8 Frachtberechnung

Die in Kapitel 5.2.4 errechnete Sondenganglinie wurde durch Multiplikation mit dem Querprofilbeiwert in eine Ganglinie der mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil umgerechnet. Das Produkt aus dieser Ganglinie und der des Durchflusses ergibt den zeitlichen Verlauf des Schwebstofftransports. Durch Integration des Transportes über die Zeit erhält man die Schwebstofffracht für den angegebenen Zeitraum. So wurde für den Monat Juli eine Schwebstofffracht von etwa 700 t Trockensubstanz ermittelt. Im gesamten Beobachtungszeitraum von 01. Juli bis 15. August 2006 wurde eine Fracht von 1.900 t TS transportiert.

5.3 Ergebnisse aus ADCP-Messungen

5.3.1 Tiefenvergleich ADCP-Messung und Bestimmung der Tiefe mittels Sammler

Für die Auswertung der Messergebnisse aus Vielpunkt- und Integrationsentnahme wurden die Tiefen herangezogen, die während der Messung durch Absenken des US-P61 Suspended Sediment Samplers auf Grund und Ablesen der Tiefe vom Steuergerät der Messeilbahn bestimmt wurden.

In diesem Kapitel sollen die verwendeten Tiefen mit jenen, die durch Überlagerung der einzelnen Messfahrten des ADCP-Gerätes ermittelt wurden, verglichen werden.

5.3.1.1 Tiefenvergleich in Admont/Enns

Es zeigt sich, dass der mittels Sammler bestimmten Tiefen meist größer sind als jene aus der ADCP-Messung. Dies gilt jedoch nicht für seichte Bereiche im Gewässer, wie etwa am orographisch linken Ufer der Enns, wo sich die Verhältnisse genau entgegengesetzt darstellen. Diese Unterschiede werden in der folgenden Abbildung 5-33 am Beispiel des Messtages vom 23. August 2006 veranschaulicht.

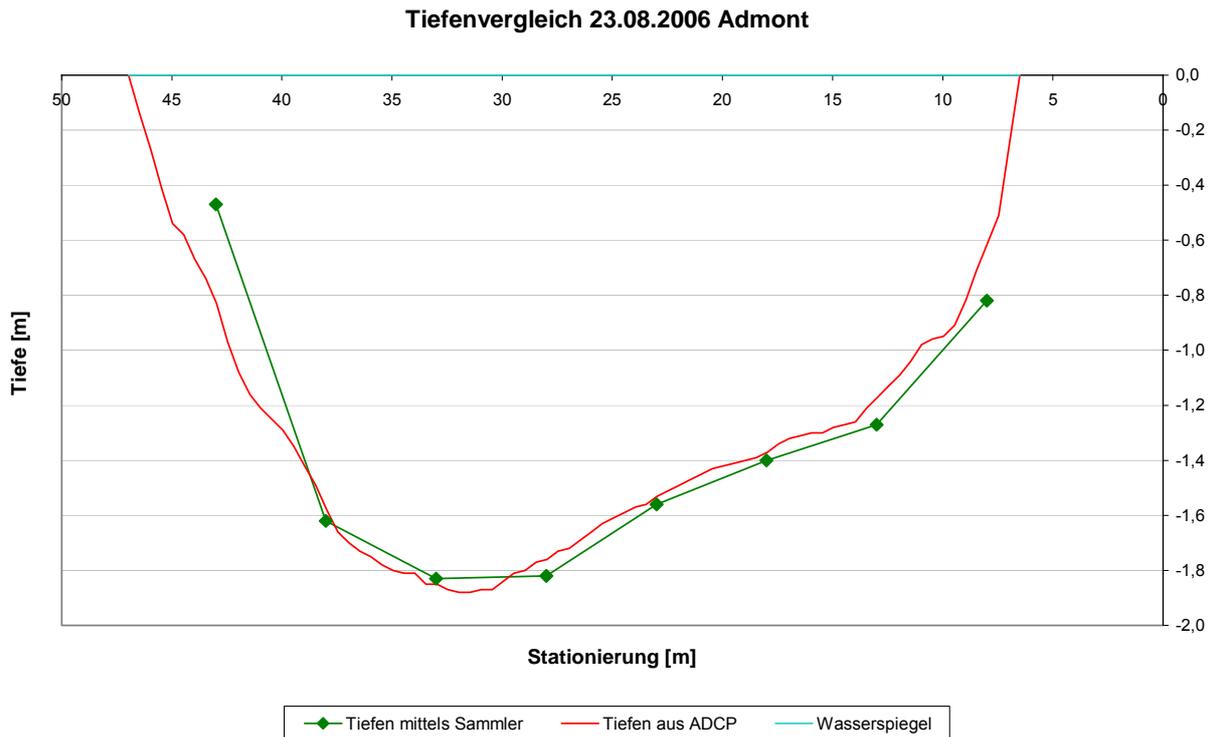


Abbildung 5-33: Tiefenvergleich ADCP-Messung und Bestimmung mittels Sammlers Admont/Enns

5.3.1.2 Tiefenvergleich in Leibnitz/Sulm

Bei einem Vergleich zwischen den beiden Bestimmungsmethoden stellt sich heraus, dass mittels Sammler eine geringere Tiefe bestimmt wird als mit dem ADCP-Gerät. Im Uferbereich wenden sich die Verhältnisse und die ADCP-Messung liefert geringere Tiefen.

In Abbildung 5-34 wurde das Ergebnis eines Messtages dargestellt, der aber repräsentativ für die anderen Tage ist.

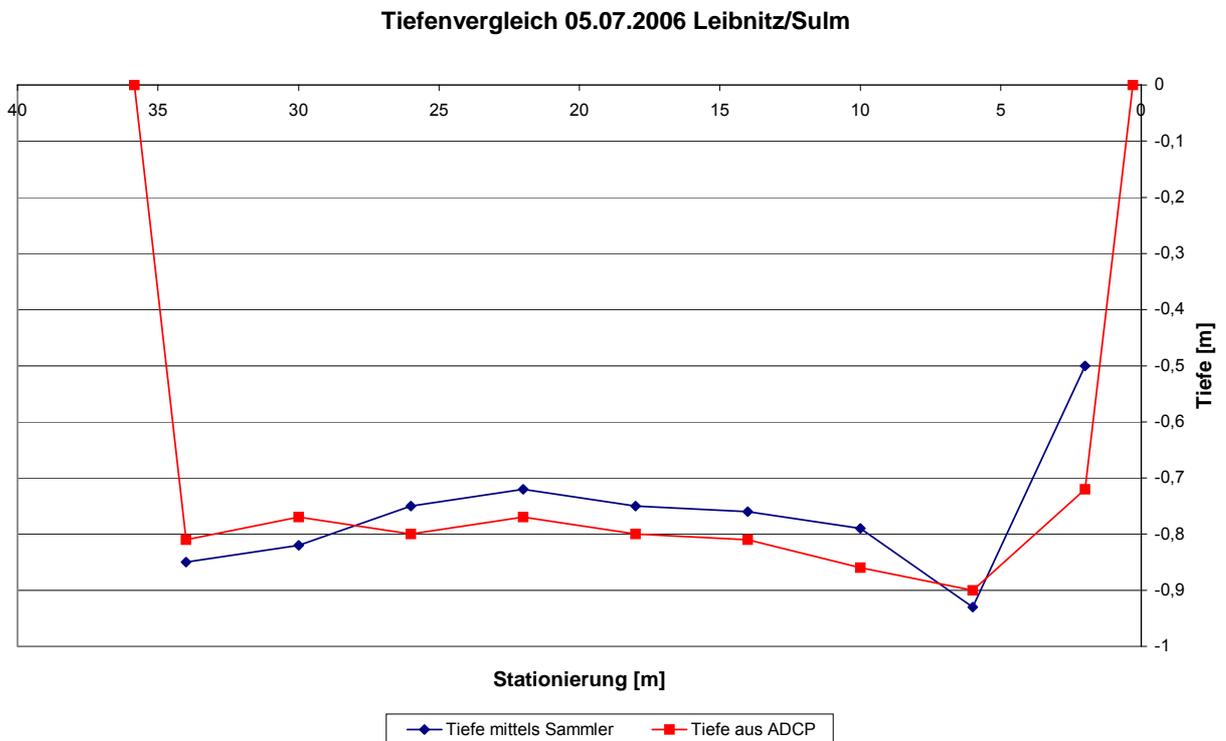


Abbildung 5-34: Tiefenvergleich ADCP-Messung und Bestimmung mittels Sammlers Leibnitz/Sulm

5.3.2 Ermittlung des Schwebstoffgehaltes aus ADCP-Messung

Anhand der ADCP-Daten, die aus der Fließgeschwindigkeits- und Durchflussermittlung zur Verfügung standen, wurde versucht, aus den Rückstreuintensitäten auf die Konzentrationsverteilung im Querschnitt rückzuschließen (siehe Seite 21). Zur Auswertung standen eine Testversion der Software VISEA und das Modul „Plume Detection Toolbox“ der Firma Aquavision zur Verfügung, mit der die relativen Rückstreuintensitäten in absolute umgerechnet wurden.

Durch Eingabe der gravimetrisch ausgewerteten Ergebnisse der Proben aus den Vielpunktentnahmen in das Programm wurden die absoluten Rückstreuintensitäten in absolute Konzentrationen konvertiert und so die Verteilung im Querprofil ermittelt.

Während der Messarbeiten im Sommer wurden die ADCP-Messungen zur Bestimmung von Fließgeschwindigkeit und Durchfluss immer vor der Vielpunktentnahme durchgeführt. Es wurden alle Proben einer Vielpunktentnahme zur Umrechnung in absolute Konzentrationen herangezogen, um eine möglichst gute Verteilung über das gesamte Profil zur Verfügung zu haben. Die Ergebnisse der Auswertungen für zwei Messtage in Admont und einen in Leibnitz sind in den folgenden Kapiteln dargestellt.

5.3.2.1 Ergebnisse Admont/Enns

Nach Eingabe der gravimetrisch ausgewerteten Proben in die PDT-Software, errechnet diese eine Funktion, um den Zusammenhang zwischen absoluter Rückstreuung und den Konzentrationen der Entnahmen zu erhalten.

In Abbildung 5-35 ist für den 08. August, in Abbildung 5-36 für den 18. August, die Konzentrationsverteilung im Querprofil nach erfolgter Kalibrierung ersichtlich. Bei Vergleich mit den Verteilungen aus den Vielpunktentnahmen (Seiten 47 und Seite 148) kann man die gute Konkordanz der Darstellung feststellen. Besonders die auf Übereinstimmung in der rechten Gewässerhälfte soll hier hingewiesen werden. Auch eine Zunahme der Konzentrationen mit der Tiefe kann sowohl bei der Vielpunktentnahme als auch bei der ADCP-Messung beobachtet werden.

Die Legenden der beiden Messtage weisen eine unterschiedliche Skalierung auf, da am 08. August 2006 die Konzentrationen aufgrund des Hochwasserereignisses sehr viel höher waren als am zweiten Messtag.

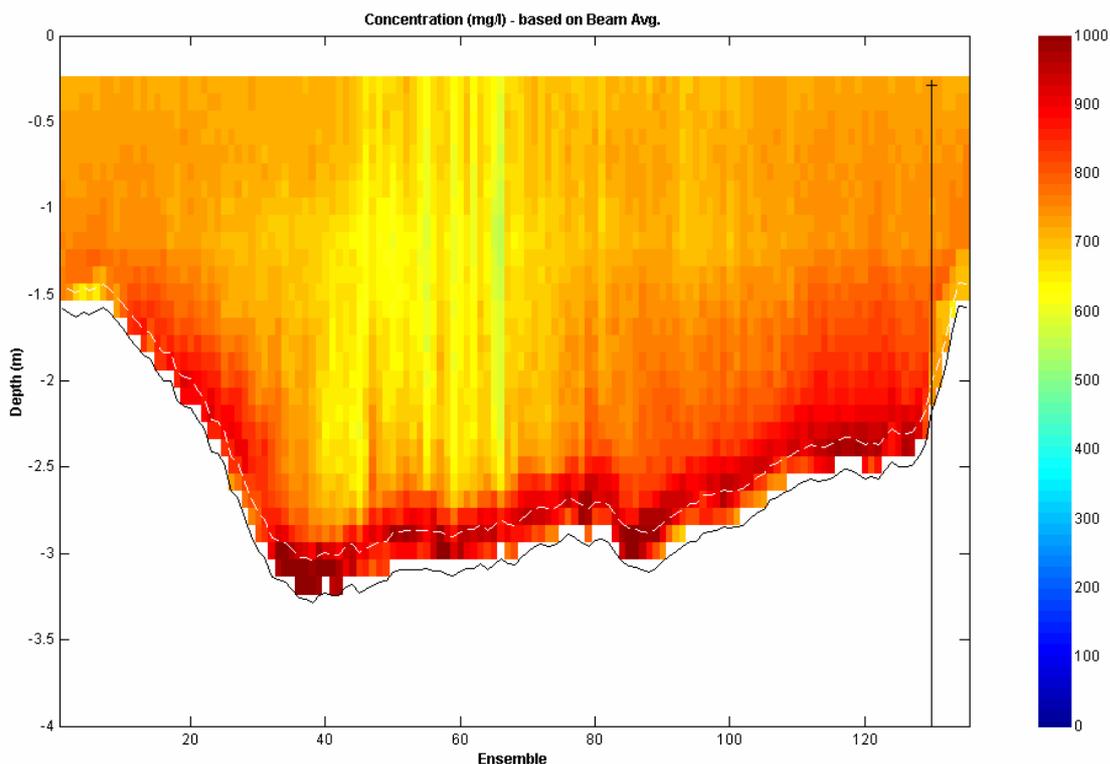


Abbildung 5-35: Konzentrationsverteilung [mg/l] im Querprofil nach erfolgter Kalibrierung der Messung vom 08. August 2006

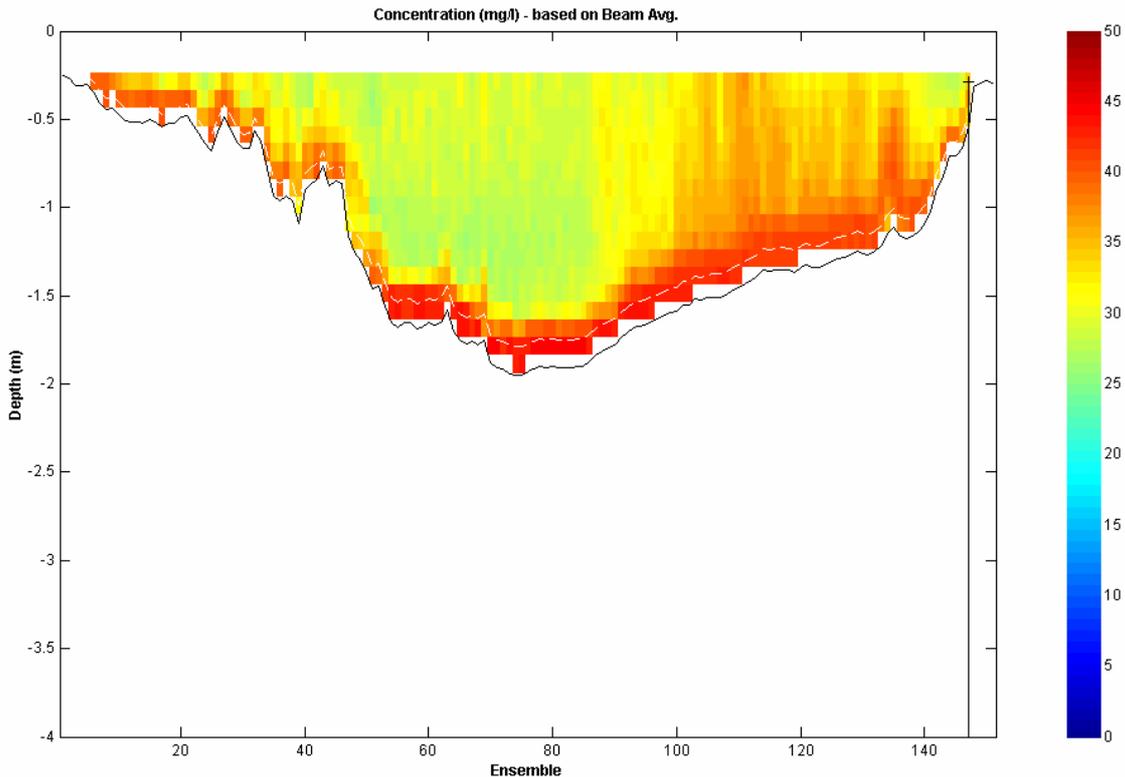


Abbildung 5-36: Konzentrationsverteilung [mg/l] im Querprofil nach erfolgter Kalibrierung der Messung vom 18. August 2006

Weiters berechnet die PDT-Software die Transportmenge über den Querschnitt. Eine Gegenüberstellung mit den Ergebnissen der Auswertung der Vielpunktentnahme an den Messtagen, an denen mit ADCP-Gerät gemessen wurde, ist in Tabelle 5-3 abgebildet. Auch hier zeigt sich nur eine geringe Abweichung der Werte untereinander.

Tabelle 5-3: Zusammenstellung der Ergebnisse von ausgewählten Vielpunktentnahmen

Messstelle	Datum	Durchfluss [m ³ /s]	Transport	Transport
			Vielpunktentnahme [kg/s]	ADCP (PDT) [kg/s]
Admont/Enns	08.08.2006	242,0	152,32	149,37
Admont/Enns	18.08.2006	58,2	1,88	2,01

5.3.2.2 Ergebnisse Leibnitz/Sulm

Wie bei den Ergebnissen in Admont wurde nach Eingabe der Schwebstoffgehalte der Proben zuerst eine Funktion zwischen diesen und der absoluten Rückstreuintensität ermittelt. Es zeigt sich eine vergleichbar gute Übereinstimmung wie in Admont.

Weiters wird auch hier die Verteilung der Konzentration im Querprofil der mittels ADCP gewonnenen Daten nach Kalibrierung mit den Wasserproben der Vielpunktentnahme

dargestellt (Abbildung 5-37). Die Ergebnisse spiegeln die Verhältnisse, wie sie mittels Vielpunktentnahme bestimmt wurden (Abbildung 5-28), weniger gut wieder als bei den vorherigen Messungen. Vor allem die Zunahme der Konzentrationen in Ufernähe wird nur mäßig wiedergegeben.

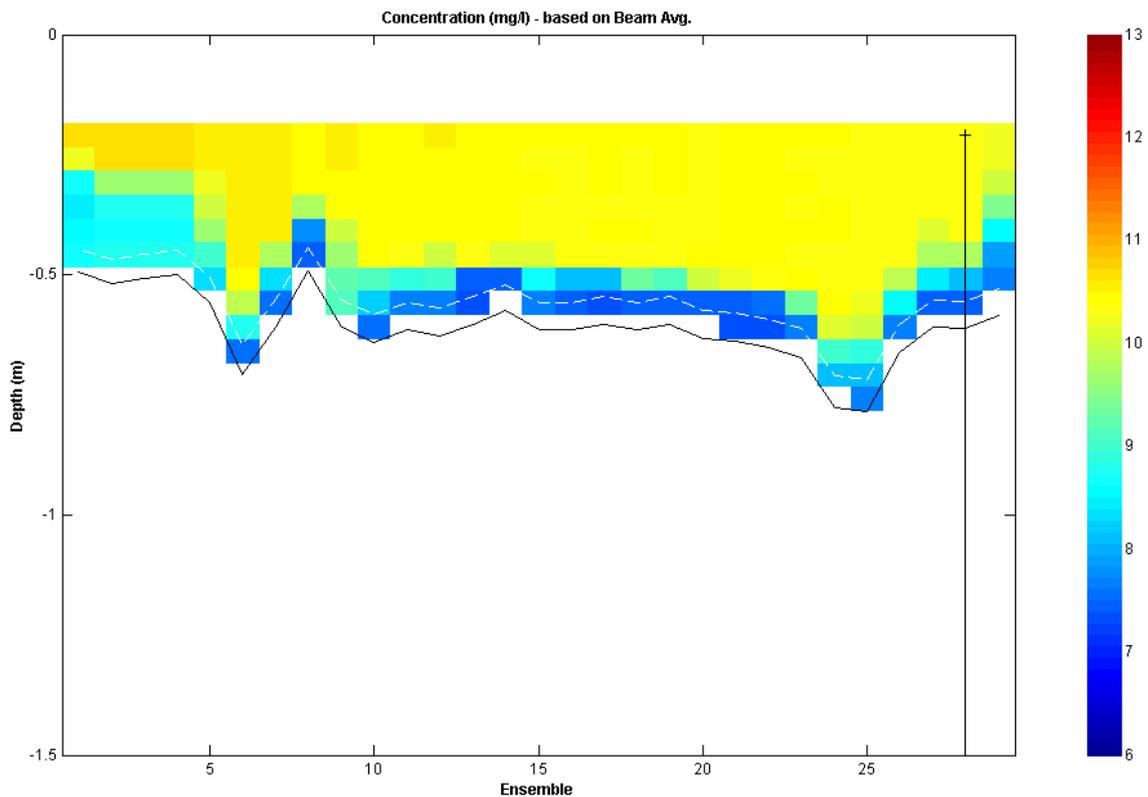


Abbildung 5-37: Konzentrationsverteilung [mg/l] im Querprofil nach erfolgreicher Kalibrierung der Messung vom 02. August 2006

Die Gegenüberstellung der mittels ADCP-Daten und Vielpunktentnahme ermittelten Transportmengen des Messtages ist in der folgenden Tabelle 5-4 aufgelistet. Die Daten weisen wieder eine gute Übereinstimmung auf, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Konzentrationen aufgrund des niedrigen Wasserstandes generell sehr gering waren.

Tabelle 5-4: Ergebnisse der Vielpunktentnahme und der ADCP-Messung vom 02.08.2006

Messstelle	Datum	Durchfluss [m ³ /s]	Transport	Transport
			Vielpunktentnahme [kg/s]	ADCP (PDT) [kg/s]
Leibnitz/Sulm	02.08.2006	4,8	0,05	0,05

6 Diskussion

6.1 Admont/Enns

6.1.1 Sondenaufzeichnung und sondennahe Proben

Wie bereits in Kapitel 5.1.2 dargestellt, folgt die Aufzeichnung der Trübungssonde sehr stark der Durchflussganglinie, was darauf schließen lässt, dass die Sonde durchwegs verwendbare Werte liefert.

Auffallend sind jedoch die hohen angezeigten Werte der Sondenganglinie Anfang Oktober (Abbildung 5-2). Es ist anzunehmen, dass in diesem Zeitraum der Wasserstand sehr niedrig und dadurch die Wasserüberdeckung der Sonde gering war. Außerdem dürfte generell eine geringere Trübung vorgeherrscht haben. Diese Bedingungen begünstigen das Auftreten von „Biofouling“, was eine Erklärung für die Ausreißer der Aufzeichnungen sein könnte. „Biofouling“ bedeutet, dass sich ein Algenbewuchs auf der Sonde bildet und dadurch höhere Werte angezeigt werden, als es den tatsächlichen Verhältnissen im Gewässer entspricht. Um dies zu verhindern, wird bei geringen Wasserständen ein regelmäßiges Reinigen der Sonde notwendig sein.

Auch die in Sondennähe entnommenen Flaschenproben weisen eine hohe Übereinstimmung mit der Sondenaufzeichnung auf, liegen aber generell etwa niedriger als die Sondenwerte. Dies wird in Abbildung 6-1 anhand der Messergebnisse vom 01. September 2006 veranschaulicht.

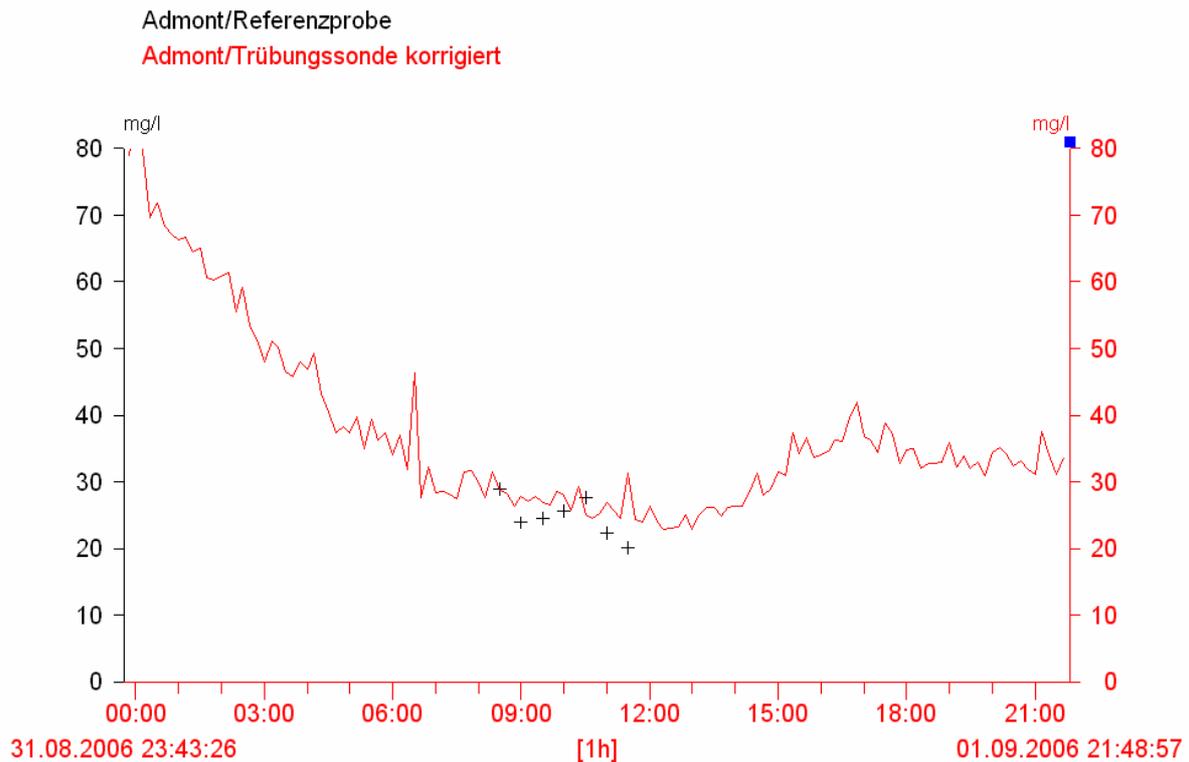


Abbildung 6-1: Sondenaufzeichnung und sondennahe Flaschenprobe am 01.09.2006 in Admont

Die Differenzen sind dadurch zu erklären, dass die aufgezeichnete Trübung von Art und Eigenschaft der Schwebstoffe abhängig ist (DVWK, 1986). Daher muss die Sondenaufzeichnung an jedes Gewässer angepasst werden. Die Kalibrierung erfolgte durch Aufstellen einer linearen Beziehung zwischen der Sondenaufzeichnung und den Schwebstoffgehalten der sondennahen Schöpfproben. Bei genauer Betrachtung fällt auf, dass bei niedrigerem Wasserstand die Werte der kalibrierten Sondenganglinie unter denen aus den Schöpfentnahmen liegen (Abbildung 6-2). Ein Vergleich der Werte bei der Hochwassersituation ist nicht möglich, da die Sondenwerte vom 08. August nur als Mitschrift und nicht als Ganglinie der Sonde zu Verfügung stehen. Fehler bei der Auswertung können nicht ganz ausgeschlossen werden, weil es nicht möglich war, die Werte genau zu der Zeit zu notieren als die Proben entnommen wurden. Da die Werte am Display des Controllers an diesem Tag stark schwankten, besteht hier die Möglichkeit einer Fehlerquelle. Es ist notwendig, die Gleichung durch zukünftige Probenentnahmen weiter anzupassen. Eine Beprobung durch sondennahe Flaschenproben in regelmäßigen Abständen, etwa einmal täglich, wäre empfehlenswert.

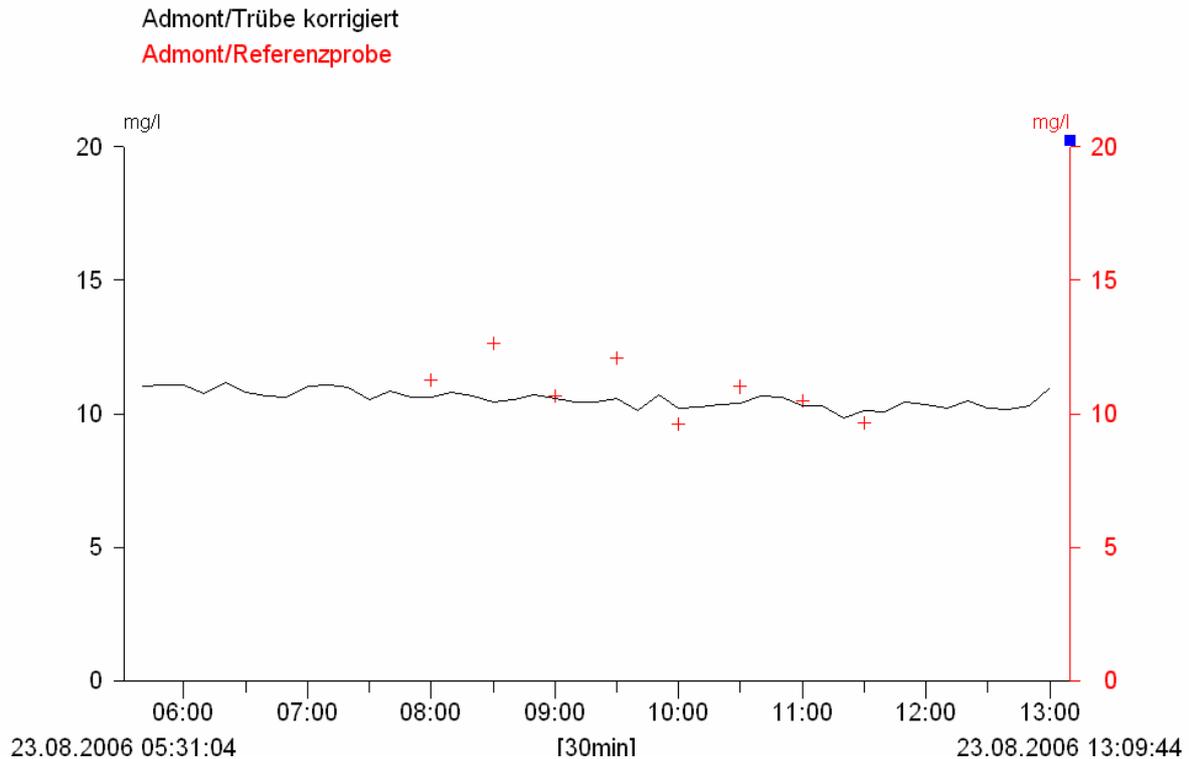


Abbildung 6-2: Gegenüberstellung der Schwebstoffgehalte der sondennahen Flaschenproben und der mit den selbigen kalibrierten Sondaufzeichnung vom 23.08.

Die Kalibrierung der Sondaufzeichnung mittels Sondenbeiwert wurde nicht durchgeführt, da für diese Methode eine ausreichende Anzahl an sondennahen Proben in geringen Zeitabständen zur Verfügung stehen muss. Dies war in Admont jedoch nicht der Fall.

6.1.2 Vielpunktentnahmen

An der Messstelle Admont/Enns wurden insgesamt vier Vielpunktentnahmen getätigt. An allen Messtagen blieben die Verhältnisse betreffend Wasserstand und Durchfluss konstant.

An allen Messtagen ist erkennbar, dass die Schwebstoffkonzentrationen in Sohlhöhe wie erwartet (vergleiche Kapitel 2.4) zunehmen. Wenn man die Verteilung der Schwebstoffe im Querprofil betrachtet, fällt auf, dass sich die größten Konzentrationen nicht im Bereich der größten Fließgeschwindigkeit befinden, sondern sich durchwegs am orographisch rechten Ufer konzentrieren. Eine Erklärung hierfür dürfte die Lage des Querprofils im Gewässer liefern. Das Profil liegt in einem Gewässerbogen, wobei sich orographisch rechts der Innenbogen befindet. Aufgrund der dort vorherrschenden helixartigen Strömungsvorgänge findet ein Quertransport der Schwebstoffe in Richtung Ufer statt. Wagner (2006) konnte am Pegel Bruck/Salzach bei ähnlichen Verhältnissen dieselbe Verteilung beobachten (Kerschbaumsteiner, 2006).

In Tabelle 6-1 werden jeweils der mittlere Durchfluss, die mittlere Konzentration der sondennahen Proben, die mittleren Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil, die mittleren Sondaufzeichnungen und der Querprofilbeiwert k_Q an den einzelnen Messtagen dargestellt.

Tabelle 6-1: Vergleich der mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil mit den mittleren sondennahen Schwebstoffwerten, den Sondenwerten, den K_Q – Faktoren und dem Durchfluss

	Q	Cm	C _{rm}	C _{sm}	K _Q
Datum	[m ³ /s]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[-]
08.08.2006	242,14	629,06	599,26	754,14	1,05
18.08.2006	64,72	32,38	23,73	27,39	1,18
23.08.2006	59,79	15,14	10,93	13,20	1,39
01.09.2006	89,55	30,13	24,73	27,07	1,22

Die Vermutung liegt nahe, dass bei höheren Abflüssen mehr Schwebstoffe transportiert werden und daher die mittleren Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil höher sind. Dieser Zusammenhang lässt sich aber nicht eindeutig verifizieren. So sind sowohl die mittleren Schwebstoffkonzentrationen als auch die mittleren Sondenwerte am 18. August höher als jene des 01. September. Es zeigt sich also, dass die Schwebstoffkonzentrationen nicht allein vom Durchfluss, sondern auch von zahlreichen äußeren Einflüssen, wie z.B. starke Gewitterniederschläge im Einzugsgebiet oder Flussbauarbeiten, abhängig sind. Jedoch sind die höchste Konzentration sehr wohl beim höchsten Abfluss und die niedrigste Konzentration beim geringsten Abfluss aufgetreten.

Ähnliches ergibt ein Vergleich der Querprofilbeiwerte, die bei hohen Abflüssen gegen 1 gehen sollen, da man annimmt, dass das Querprofil bei diesen Verhältnissen besser durchmischt ist. Annähernd gleichmäßig verteilt, mit einem Querprofilbeiwert von 1,05, ist das Querprofil am 08. August beim einjährigen Hochwasser. Die geringste Durchmischung zeigt sich beim geringsten Durchfluss, doch die Werte dazwischen passen sich nicht der Annahme an. Es zeigt sich, dass vier Messungen für eine statistisch abgesicherte Aussage nicht ausreichend sind.

Ein Vergleich des Schwebstofftriebs in den einzelnen Lotrechten ist hier möglich, da zwar nicht immer die gleiche Anzahl an Lotrechten gewählt wurde, diese sich aber immer an der gleichen Position befanden. Dies wird in der Abbildung 6-3 gezeigt, wobei die Werte des Messtages vom 08. August zur besseren Darstellung um den Faktor 100 verringert wurden.

Vergleich Schwebstofftrieb in den Lotrechten

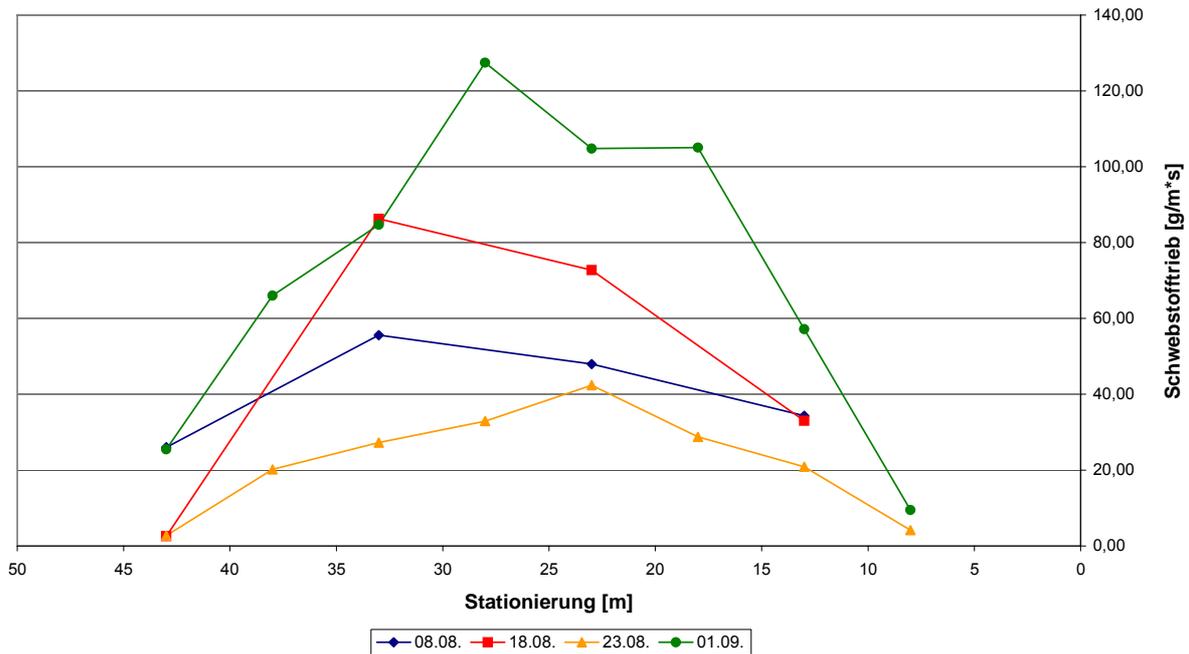


Abbildung 6-3: Vergleich des Schwebstofftriebes in den Lotrechten in Admont/Enns (Werte vom 08.08. um Faktor 100 verringert)

An allen vier Messtagen ist zu erkennen, dass der Schwebstofftrieb in den äußersten Lotrechten am geringsten ist. Auch wenn an den Messtagen 08. und 18. August nicht in allen Lotrechten gemessen wurde, lässt sich doch vermuten, dass in den Lotrechten 1 und 2 bzw. 7 und 8 (von rechts) am wenigsten Schwebstoffe pro Zeiteinheit transportiert werden. Der Schwebstofftrieb der mittleren Vertikalen kann dabei um den Faktor 10 und mehr größer sein als jener in den äußeren Lotrechten.

An den beiden ersten Messtagen, dem 08. und 18. August, scheint der Schwebstofftransport v.a. in der linken Gewässerhälfte stattzufinden, wo die höheren Fließgeschwindigkeiten, aber die geringeren Schwebstoffkonzentrationen vorherrschen. Jedoch lässt sich durch die geringe Anzahl der Lotrechten nur schwer eine genaue Aussage über die Verteilung im Querprofil machen. An den beiden anderen Tagen haben die beiden mittleren Lotrechten den höchsten Anteil am Schwebstofftransport. Ein Zusammenhang mit dem Durchfluss (am 08. August und 01. September höhere Durchflüsse) lässt sich nicht erkennen.

Aus der Tabelle 6-2 können die genauen Werte für die einzelnen Lotrechten und deren Abweichungen von der Lotrechten mit dem größten Schwebstofftrieb eines Messtages entnommen werden. Die Tabelle bestätigt die oben aufgezeigten Merkmale und zeigt die geringe Übereinstimmung an den einzelnen Messtagen. Es lässt sich aber auch erkennen, dass die Abweichungen vom Maximalwert am 08. August, beim höchsten Abfluss, am

geringsten sind. Das bekräftigt die Theorie, dass der Querschnitt bei hohem Durchfluss gleichmäßiger durchmischt ist.

Tabelle 6-2: Schwebstofftriebe der einzelnen Lotrechten und Durchflüsse Admont/Enns

Datum	Q [m³/s]	Schwebstofftrieb [g/m³s] und Abweichung [%]							
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
08.08.2006	242,14		3433,72		4798,66		5558,24		2597,76
			61,8%		86,3%		100,0%		46,7%
18.08.2006	64,72		7,00		72,73		86,25		2,58
			8,1%		84,3%		100,0%		3,0%
23.08.2006	59,79	4,19	20,88	28,79	42,36	32,88	27,28	20,15	2,73
		9,9%	49,3%	68,0%	100,0%	77,6%	64,4%	47,6%	6,5%
01.09.2006	89,55	9,47	57,19	105,03	104,79	127,42	84,68	66,04	25,46
		7,4%	44,9%	82,4%	82,2%	100,0%	66,5%	51,8%	20,0%

6.1.3 Integrationsentnahme

In Admont wurden vier Integrationsentnahmen bei konstanten Verhältnissen betreffend Durchfluss und Wasserstand zeitgleich mit den Vielpunktentnahmen getätigt. Wie bereits in Kapitel 5.1.6 dargestellt, finden sich wie bei der Vielpunktentnahme die höheren Schwebstoffkonzentrationen im rechten Bereich des Querprofils.

In Tabelle 6-3 werden die mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil, die mittleren Schwebstoffgehalte in Ufernähe, die Querprofilbeiwerte und der Durchfluss verglichen.

Tabelle 6-3: Vergleich mittlere Schwebstoffkonzentration im Querprofil C_m , mittlere Schwebstoffgehalte in Ufernähe C_{rm} , Sondenaufzeichnung C_{sm} , Querprofilbeiwert K_Q und Durchfluss Q

Datum	Q [m³/s]	C_m [mg/l]	C_{rm} [mg/l]	C_{sm} [mg/l]	K_Q [-]
08.08.2006	242,14	652,12	599,26	754,14	1,09
18.08.2006	64,72	29,86	23,73	27,39	1,26
23.08.2006	59,79	15,72	10,93	13,20	1,45
01.09.2006	89,55	25,72	24,73	27,07	1,04

Bei der Betrachtung der mittleren Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der Vielpunktentnahme. Die höchsten und die niedrigsten Konzentrationen ergeben sich beim höchsten bzw. niedrigsten Abfluss. Der Wert des 18. August liegt auch hier wieder über jenem des 01. September, obwohl das aufgrund der Abflüsse nicht zu erwarten war. Beim Vergleich der Querprofilbeiwerte reihen sich die Werte der ersten drei Messtage passend zum Durchfluss, doch jener des 01. September entspricht nicht den Erwartungen und bildet den niedrigsten Wert.

Die Tabelle 6-4 gibt den Schwebstofftrieb der einzelnen Lotrechten und den Prozentsatz vom höchsten Wert eines Messtages wieder. Man kann erkennen, dass die äußersten Lotrechten

(L1 und L8) den geringsten Schwebstofftrieb aufweisen, aber auch die anschließenden Lotrechten weisen noch einen geringeren Schwebstofftrieb auf als jene in der Mitte. Außerdem lässt sich ein Zusammenhang mit dem Durchfluss erkennen: Bei hohem Abfluss findet der größte Schwebstofftrieb in der Lotrechte 6 statt (08.08. und 01.09.), während bei niedrigem Durchfluss der Maximalwert des Schwebstofftriebes in der Lotrechte 4 zu finden ist (18.08. und 23.08.). Auch hier ist die gleichmäßigste Verteilung über das Querprofil am Messtag (08.08.) mit dem höchsten Abfluss anzutreffen.

Tabelle 6-4: Schwebstofftriebe der einzelnen Lotrechten und Durchflüsse Admont/Enns

Datum	Q [m³/s]	Schwebstofftrieb [g/m*s] und Abweichung [%]							
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
08.08.2006	242,14		3647,29		4983,37		5821,69		2509,53
			62,7%		85,6%		100,0%		43,1%
18.08.2006	64,72		17,50		89,26		65,88		5,86
			19,6%		100,0%		73,8%		6,6%
23.08.2006	59,79	4,87	15,73	28,99	57,45	33,83	27,96	15,65	1,70
		8,5%	27,4%	50,5%	100,0%	58,9%	48,7%	27,2%	3,0%
01.09.2006	89,55	9,47	46,48	73,17	88,69	97,57	102,92	62,16	17,56
		9,2%	45,2%	71,1%	86,2%	94,8%	100,0%	60,4%	17,1%

Ein Vergleich von Integrationsentnahme und Vielpunktentnahme wird in Kapitel 6.3 durchgeführt.

6.1.4 Querprofilbeiwert

Der aus den mittleren Schwebstoffgehalten und den Schwebstoffgehalten aus den ufernahen Flaschenproben bestimmte Querprofilbeiwert wurde mit dem Durchfluss in Beziehung gesetzt, um die mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil zu erhalten. Dieser lineare Zusammenhang weist eine hohe Korrelation auf (Kapitel 5.1.7), weshalb die Möglichkeit der Bildung des arithmetischen Mittels der Querprofilbeiwerte nicht weiter verfolgt wurde. Eine Anpassung der Funktion durch weitere Messungen ist aber unumgänglich, da aufgrund der geringen Zahl der bisherigen Ergebnisse, die Gleichung mit Unsicherheiten behaftet ist.

6.1.5 Schwebstofffracht

Die nach Korrektur der Sondenaufzeichnung ermittelten Schwebstofffrachten sind in Tabelle 6-5 noch einmal veranschaulicht.

Tabelle 6-5: Schwebstofffrachten im Sommer 2006 Admont/Enns

Zeitraum	Schwebstofffracht [t TS]
16.08.2006 - 01.10.2006	21.000
01.09.2006 - 01.10.2006	3.000

Es fällt auf, dass im halben Monat August die sechsfache Menge an Schwebstoffen (18.000 t TS) transportiert wurde, wie im ganzen Monat September, obwohl das einjährige Hochwasserereignis Anfang August aufgrund der fehlenden Sondenaufzeichnungen nicht berücksichtigt werden konnte. Bei Betrachtung der Niederschlagsdaten für diesen Zeitraum lässt sich aber erkennen, dass der August sehr niederschlagsreich war, während im darauffolgenden Monat eine Trockenperiode vorherrschte, was die großen Unterschiede erklärt. In Abbildung 6-4 sind die Monatssummen des Niederschlags in mm für das Jahr 2006 und die langjährigen Mittel für die Messstelle Liezen dargestellt.

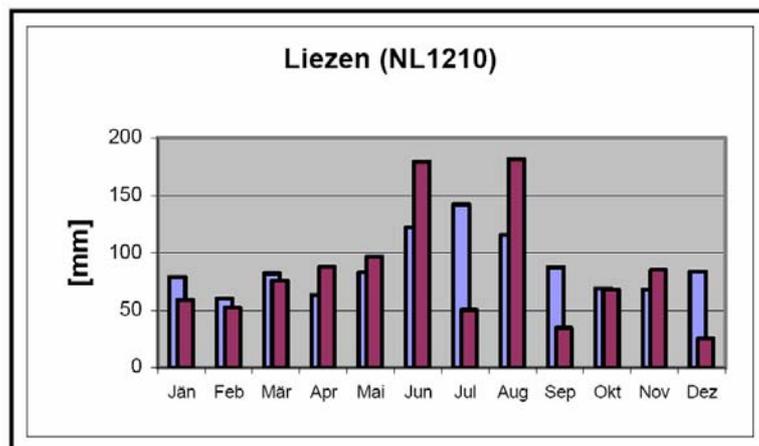


Abbildung 6-4: Monatssummen Niederschlag von 2006 (rot) und Zeitreihe in Liezen (HD Steiermark, 2007)

6.2 Leibnitz/Sulm

6.2.1 Sondenaufzeichnung und sondennahe Proben

Wie bereits in der Abbildung im Kapitel 5.2.2 beschrieben, weisen die Sondenaufzeichnungen über weite Bereiche keine Übereinstimmung mit dem Durchfluss auf. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Ursachen dafür dargelegt.

Im Juli 2006 fanden im Uferbereich der Sulm in der Nähe der Messstelle Leibnitz Mäharbeiten statt. Mähgut, das in das Gewässer gefallen war, könnte sich vor der Sonde verwickelt haben und so die Messaufzeichnungen beeinträchtigt haben. Da die Fließgeschwindigkeiten an der Stelle, an der die Sonde eingebaut wurde, bei Niedrigwasser sehr gering sind, kann sich einmal verheddertes Material nur mehr schwer lösen. Dadurch wären die Störungen über längeren Zeitraum zu erklären. Jedenfalls muss für die Zukunft sichergestellt werden, dass die Sonde in regelmäßigen Abständen von Treibgut befreit und die Sonde zur Reinigung aus dem Wasser genommen wird.

Das Auftreten von „Biofouling“ wäre eine weitere mögliche Erklärung. Dabei setzen sich Algen an der Sonde und auch auf dem Messfenster fest und täuschen dadurch eine höhere Konzentration im Gewässer vor, als tatsächlich vorhanden ist. Dieses Phänomen wurde

auch bei anderen Gewässern mit geringer Fließgeschwindigkeit, geringem Wasserstand über der Sonde und fehlender Beschattung beobachtet. So etwa an der Messstelle Feldbach/Raab im Sommer 2005 (Stimpfl, 2006). Eine Lösung für dieses Problem wurde bisher noch nicht gefunden und wird sicher Thema weiterer Untersuchungen sein. „Biofouling“ würde auch die große Differenz zwischen den Sondenaufzeichnungen und den sondennahen Flaschenproben erklären.

Ein weiterer Grund für die Unstimmigkeit zwischen den Schwebstoffgehalten der Flaschenproben und den Sondenaufzeichnungen liegt darin, dass die Aufzeichnungen der Sonde stark von den Eigenschaften der Schwebstoffe abhängen. Es zeigt sich, dass bei einem konstanten Schwebstoffgehalt der Sondenwerte ein umso höherer Gehalt angezeigt wird, je feiner die Schwebstoffe werden, da feinere Sedimente pro Gewichtseinheit mehr reflektierende Oberfläche haben (Schoellhamer und Wright, 2003). Die Übereinstimmung zwischen Sondenwerten und Schwebstoffgehalten der Proben wird also umso schlechter je höher der Anteil der kleinen Kornfraktionen wird (Sillaber, 2004). Zwar war die Durchführung einer Korngrößenanalyse im Rahmen der Diplomarbeit nicht möglich, doch legt die Tatsache, dass an der Sulm sehr geringe Strömungsgeschwindigkeiten vorherrschen, die Vermutung nahe, dass der Tonanteil in den Proben hoch und daher die Übereinstimmung weniger gut ist.

An allen Messtagen herrschten sehr ähnliche Verhältnisse bezüglich Wasserstand und Durchfluss vor. Da der Juli ein sehr trockenes Monat war, bewegte sich der Abfluss im Niederwasserbereich, und auch die Schwebstoffkonzentrationen waren sehr gering. Dadurch könnten sich schon geringe Konzentrationsschwankungen im Gewässer und Fehler, die bei Probenentnahme und der Auswertung im Labor entstehen können, umso stärker auswirken.

Die Summe dieser Faktoren resultiert in dem schlechten Korrelationskoeffizienten von 0,19 (Abbildung 5-20).

Warum gerade der Messtag vom 05. Juli so schlecht übereinstimmt, hat auf den ersten Blick keine eindeutige Erklärung. Möglicherweise wurde durch die Ungeübtheit beim Entnehmen der Flaschenproben am ersten Messtag Material von der Sohle aufgewirbelt und hat das Ergebnis der Messungen verfälscht.

Wie bereits in Kapitel 6.1.2 erwähnt, hängen die Schwebstoffkonzentrationen im Gewässer nicht allein vom Durchfluss ab, sodass ein deterministischer Ansatz zur Beschreibung dieser Abhängigkeit nur schwer zu finden ist (Shaheen, 1992). Laut DVWK (1986) liegt das Maximum des Schwebstoffgehaltes meist vor dem Hochwasserscheitel, was u.a. auf das Ausräumen des Flussbettes von leichten Sedimenten bei anlaufender Hochwasserwelle zurückzuführen ist. Strunk (1993) geht sogar davon aus, dass der Schwebstofftransport weitgehend unabhängig vom Abfluss und v.a. von der Verfügbarkeit des Materials abhängig

ist. In der Literatur findet man Hinweise darauf, dass es aufgrund von Phasenverschiebungen, Hysteresiseffekten, Abspülvorgängen und der Erschöpfung von Schwebstoffquellen keine direkte Beziehung zwischen Abfluss und Schwebstofftransport geben kann (Strunk, 1993).

Daher kann die aufgestellte Beziehung zwischen Durchfluss und Sondenaufzeichnung nur als Behelf angesehen werden, um einigermaßen brauchbare Werte zu erhalten. Die daraus resultierenden Berechnungen der Schwebstofffracht an der Messstelle Leibnitz/Sulm sind grobe Schätzwerte und entsprechen nicht der tatsächlich transportierten Schwebstoffmenge.

6.2.2 Vielpunktentnahmen

In Leibnitz wurden wie an der Enns vier Vielpunktentnahmen getätigt, und auch hier blieben die Verhältnisse über den gesamten Messzeitraum weitgehend konstant, sodass die Messungen miteinander gut vergleichbar sind.

An allen Messtagen ist zu erkennen, dass die Schwebstoffkonzentrationen zum Ufer hin zunehmen. Auch stimmen alle Messungen darin überein, dass die Konzentrationen entgegen der Erwartungen nicht zur Gewässersohle hin zunehmen, sondern sich relativ regelmäßig über die Tiefe verteilen. Eine Erklärung dafür könnte ein hoher Feinkornanteil an der Schwebstofffracht sein.

Um die Messtage miteinander zu vergleichen, werden in Tabelle 6-6 der mittlere Durchfluss, die mittlere Konzentration der sondennahen Proben, die mittleren Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil, die mittleren Sondenaufzeichnungen und der Querprofilbeiwert K_Q an den einzelnen Messtagen für den Entnahmezeitraum dargestellt.

Tabelle 6-6: Vergleich der mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil C_m mit den mittleren sondennahen Schwebstoffwerten C_{rm} , den Sondenwerten C_{sm} , den K_Q – Faktoren und dem Durchfluss Q

	Q	C_m	C_{rm}	C_{sm}	K_Q
Datum	[m ³ /s]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[-]
05.07.2006	9,08	15,62	13,08	22,72	1,19
14.07.2006	6,07	16,87	12,87	21,98	1,31
26.07.2006	5,32	16,04	10,76	22,96	1,49
02.08.2006	5,02	10,34	10,57	16,66	0,98

Wie man erkennen kann, wurden alle Messungen bei sehr ähnlichen Abflussbedingungen durchgeführt, wobei der Wasserstand immer gering war. Der Durchfluss zeigt durchaus einen Zusammenhang mit den mittleren Schwebstoffgehalten der ufernahen Flaschenproben; bei Abnahme der einen Messgröße verringert sich auch die andere. Beim Vergleich der anderen Parameter lässt sich ein weniger guter Einklang feststellen, so scheint immer ein Wert aus der Reihe zu fallen. Besonders auffallend sind die großen Unterschiede bei den Querprofilbeiwerten. Wenn man die drei Messtage betrachtet, die zur Umrechnung

der ufernahen Konzentrationen in mittlere Konzentrationen im Querprofil herangezogen wurden (14.07., 26.07., 02.08.), dann fällt auf, dass die Werte sehr variieren. Obwohl man davon ausgeht, dass diese bei ähnlichem Abfluss eine ungefähr gleiche Größe annehmen, liegen die Werte zwischen 0,98 und 1,49. Wie schon in Kapitel 5.2.7 erläutert, wurde zur weiteren Berechnung der Schwebstofffracht keine lineare Funktion, sondern das arithmetische Mittel herangezogen.

Um die Verteilung der Schwebstoffe nicht nur in der Tiefe, sondern auch in der Querverteilung zu betrachten, wurde der Schwebstofftrieb der Lotrechten an drei Messtagen gegenübergestellt. Am ersten Tag wurden die Messlotrechten nicht an derselben Stelle positioniert wie an den anderen Tagen. Daher können diese Messungen nicht zum Vergleich herangezogen werden. In der Abbildung 6-5 ist der Schwebstofftrieb in den Lotrechten vom 14. und 26. Juli sowie vom 01. September dargestellt.

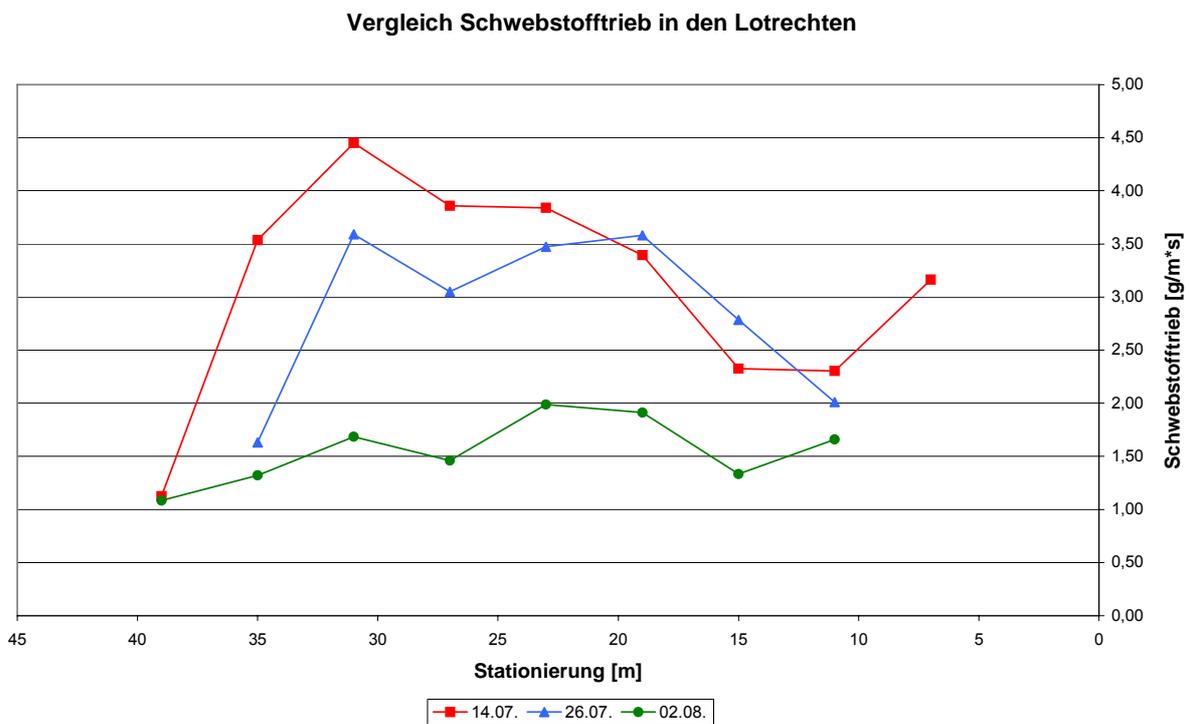


Abbildung 6-5: Vergleich des Schwebstofftriebes in den Lotrechten in Leibnitz/Sulm

Wie aus Abbildung 6-5 ersichtlich, findet der Schwebstofftrieb hauptsächlich in der linken Gewässerhälfte und in der Mitte des Gewässers statt. Zum orographisch rechten Ufer hin nimmt der Schwebstofftrieb deutlich ab. Des Weiteren scheint der Schwebstofftrieb in der vierten Lotrechten von links im Vergleich zu den benachbarten Lotrechten niedriger zu sein. Generell kann man sagen, dass die Verteilung im Querprofil sehr ausgeglichen ist.

In Tabelle 6-7 sind die genauen Werte für den Schwebstofftrieb in den Lotrechten der einzelnen Messtage dargestellt und auch der Prozentsatz vom Maximum angegeben. Wie

man aus Tabelle 6-7 erkennen kann, ist die Verteilung im Querprofil sehr ausgeglichen. Selbst in den äußeren Lotrechten werden bis zu 70% des Höchstwertes eines Messtages erreicht, und die Werte fallen nur selten unter 50%. Eine so gute Durchmischung würde man eher im Hochwasserfall erwarten, kann aber mitunter eine Erklärung dafür sein, dass keine lineare Beziehung zwischen Durchfluss und Querprofilbeiwert aufgestellt werden konnte. Außerdem ist der US-P61 Sammler für geringe Fließgeschwindigkeiten (< 0,5 m/s) nicht geeignet, weshalb eine korrekte Entnahme der Proben nicht garantiert werden kann (FISP, 2007). Da alle Messungen bei sehr niedrigem Durchfluss durchgeführt wurden, wäre es interessant, Vergleiche mit Werten bei höherer Wasserführung anzustellen.

Tabelle 6-7: Schwebstofftriebe der einzelnen Lotrechten und Durchflüsse Leibnitz/Sulm

Datum	Q [m³/s]	Schwebstofftrieb [g/m³*s] und Abweichung [%]								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
14.07.2006	6,07	3,16	2,31	2,33	3,39	3,84	3,86	4,45	3,54	1,13
		71,1%	51,8%	52,3%	76,3%	86,3%	86,7%	100,0%	79,5%	25,3%
26.07.2006	5,32		2,01	2,78	3,58	3,47	3,05	3,59	1,63	
			56,0%	77,5%	99,7%	96,7%	84,9%	100,0%	45,4%	
02.08.2006	5,02		1,66	1,33	1,91	1,99	1,46	1,68	1,32	1,08
			83,5%	67,1%	96,2%	100,0%	73,5%	84,8%	66,5%	54,6%

6.2.3 Integrationsentnahme

Aufgrund der Probleme bei der Entnahme der Integrationsproben (siehe Kapitel 5.2.6), konnten in Leibnitz nur zwei Messungen durchgeführt werden. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse dieser beiden Tage betreffend mittlerer Schwebstoffgehalt im Querprofil, mittlerer Schwebstoffwerte in Sondennähe, Sondenwerte und Querprofilbeiwerte wird in Tabelle 6-8 dargestellt. Man kann erkennen, dass sowohl die Sondenaufzeichnungen als auch die Schwebstoffgehalte der Flaschenproben bei niedrigerem Durchfluss geringer sind, jedoch trifft das nicht auf den mittleren Schwebstoffgehalt im Querprofil zu. Um aussagekräftige Angaben machen zu können, sind zwei Messungen zu wenig. Weitere Entnahmen, v.a. bei Hochwasser, sind unbedingt durchzuführen, um die Ergebnisse abzusichern.

Eine vergleichende Betrachtung des Schwebstofftriebes in den einzelnen Lotrechten kann hier nicht durchgeführt werden, da die Lotrechten nicht an denselben Stellen positioniert waren. Ein Vergleich zwischen Vielpunkt- und Integrationsentnahme wird in Kapitel 6.3 durchgeführt.

Tabelle 6-8: Vergleich der mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil C_m mit den mittleren sondennahen Schwebstoffwerten C_{rm} , den Sondenwerten C_{sm} , den K_Q – Faktoren und dem Durchfluss Q

Datum	Q	C_m	C_{rm}	C_{sm}	K_Q
	[m³/s]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[-]
05.07.2006	9,08	11,93	13,08	22,72	0,91
14.07.2006	6,07	14,54	12,87	21,98	1,13

6.2.4 Querprofilbeiwert

Zur Ermittlung des Querprofilbeiwertes wurden die durch Vielpunktentnahmen erhaltenen mittleren Schwebstoffgehalte im Querprofil herangezogen, da diese Methode als die genaueste gilt.

Die Annahme, dass die Beziehung zwischen Querprofilbeiwert und Durchfluss einer linearen Funktion folgt, konnte in Leibnitz nicht bestätigt werden. Das liegt einerseits wahrscheinlich daran, dass alle Entnahmen bei sehr ähnlichen Wasserständen entnommen wurden und sich daher Fehler bei der Entnahme und der Auswertung stärker auswirken. Andererseits ist das Querprofil schon bei diesen Durchflussverhältnissen aufgrund der kleinen Korngrößen sehr gleichmäßig durchmischt (siehe Kapitel 6.2.2). Deshalb besteht durchaus die Möglichkeit, dass für dieses Profil die Querprofilbeiwerte nicht vom Durchfluss abhängen, sondern tatsächlich um den Mittelwert streuen, wie auch für die Berechnungen angenommen wurde.

6.2.5 Schwebstofffracht

Für den Messzeitraum von eineinhalb Monaten konnte in Leibnitz eine Schwebstofffracht von 1.900 t TS ermittelt werden. Wie bereits im Kapitel 5.1.8 erläutert, handelt es sich dabei lediglich um eine grobe Schätzung. Die Fracht im Monat Juli betrug 700 t TS (Tabelle 6-9).

Tabelle 6-9: Schwebstofffrachten im Sommer 2006 Leibnitz/Sulm

Zeitraum	Schwebstofffracht [t TS]
01.07.2006 - 15.08.2006	1.900
01.07.2006 - 01.08.2006	700

Wie sich bereits in Admont erkennen ließ, zeigt sich auch in Leibnitz ein hoher Transport an Schwebstoffen für den halben Monat August (1.200 t TS) und eine wesentlich geringere Menge für den gesamten Juli (700 t TS). Dies lässt sich wieder durch die Niederschlagsverteilung in den einzelnen Monaten erklären. Wie man in Abbildung 6-6 für die Messstelle Stainz erkennen kann, weist die Niederschlagssumme für Juli einen wesentlich geringeren Wert auf als jene für den August.

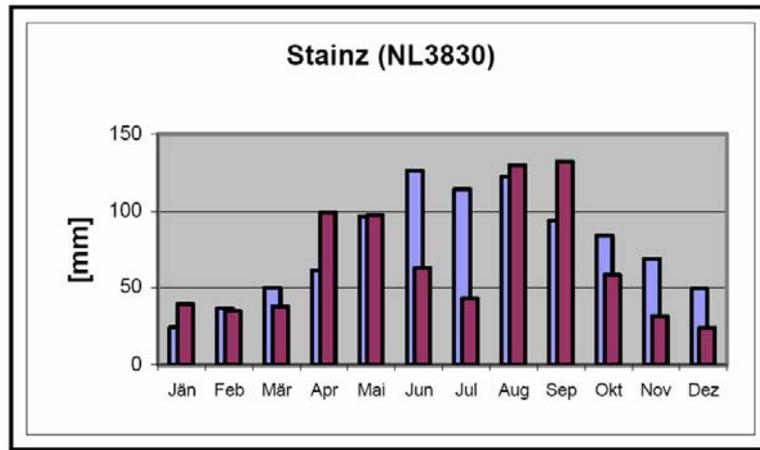


Abbildung 6-6: Monatssummen Niederschlag von 2006 (rot) und Zeitreihe in Stainz (HD Steiermark, 2007)

6.3 Vergleich Vielpunktentnahme – Integrationsentnahme

Da die Durchführung von Integrationsentnahmen deutlich weniger Zeit in Anspruch nimmt als eine vollständige Vielpunktentnahme, würde es einen wesentlichen Vorteil für den Routinebetrieb bedeuten, wenn man die aufwendige Vielpunktentnahme ersetzen könnte. Deshalb werden im folgenden Kapitel die beiden Methoden gegenübergestellt und auf die Möglichkeit des Ersetzens überprüft.

Sowohl in Admont als auch in Leibnitz wurden die Integrationsentnahmen in denselben Lotrechten genommen, wie die punktuellen Probenentnahmen. Dies wurde zur selben Zeit und mit demselben Entnahmegesetz durchgeführt, um einen Vergleich zu ermöglichen.

Am 23. August wurden in acht Lotrechten Entnahmen durchgeführt, wobei die bereits in Kapitel 5.1.3.2 beschriebenen Verhältnisse bezüglich Wasserstand, Durchfluss und Schwebstoffgehalt vorherrschten (alles leicht fallend). Abbildung 6-7 zeigt die Gegenüberstellung des Schwebstofftriebes in den Lotrechten, der durch Integrationsentnahmen- und Vielpunktentnahmen bestimmt wurde.

Verleich Vielpunktentnahme - Integrationsentnahme Admont/Enns

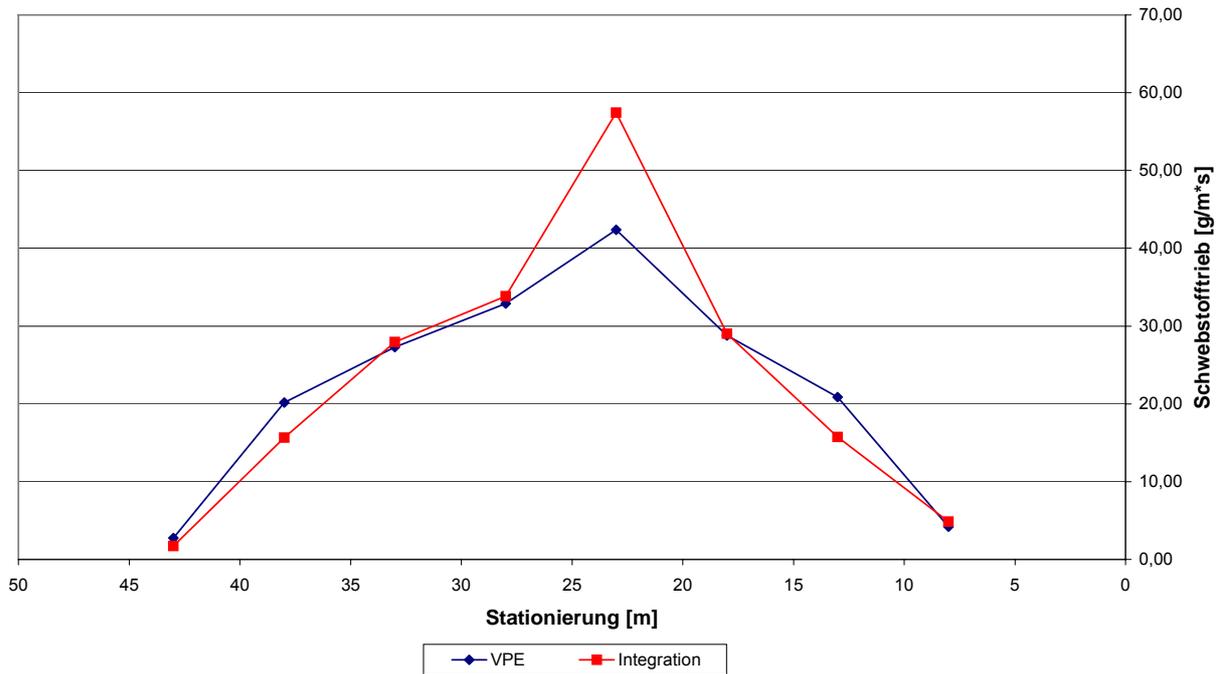


Abbildung 6-7: Schwebstofftrieb der Integrations- und Vielpunktentnahme (VPE) vom 23.08.2006 in Admont/Enns

Die Ergebnisse dieses Messtages gleichen einander sehr, wobei die Methoden alternierend die höheren Werte liefern. Nur in der vierten Lotrechten von rechts weichen die Messungen eindeutig voneinander ab. Der nach der Integrationsmethode ermittelte Schwebstofftrieb weist mit $57,45 \text{ g/m}^3\text{s}$ im Vergleich zu $42,36 \text{ g/m}^3\text{s}$ einen doch deutlich höheren Wert auf.

Nicht immer stimmen die Ergebnisse so gut überein, wie in diesem Beispiel. Am 01. September wurden ebenfalls in acht Lotrechten Entnahmen durchgeführt, wobei die Integrationsentnahme wieder im Anschluss an die Vielpunktentnahme einer Lotrechten getätigt wurde. Der Wasserstand sank an diesem Messtag von 210 cm auf 207 cm und der Durchfluss verringerte sich $90,95 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $88,68 \text{ m}^3/\text{s}$. Der aus den ufernahen Schöpfproben ermittelte Schwebstoffgehalt zeigt ebenfalls eine fallende Tendenz, während die Sonde weitgehend konstante Werte aufzeichnete.

In Abbildung 6-8 wird der aus Integrations- und Vielpunktentnahme berechnete Schwebstofftrieb in den Lotrechten dargestellt.

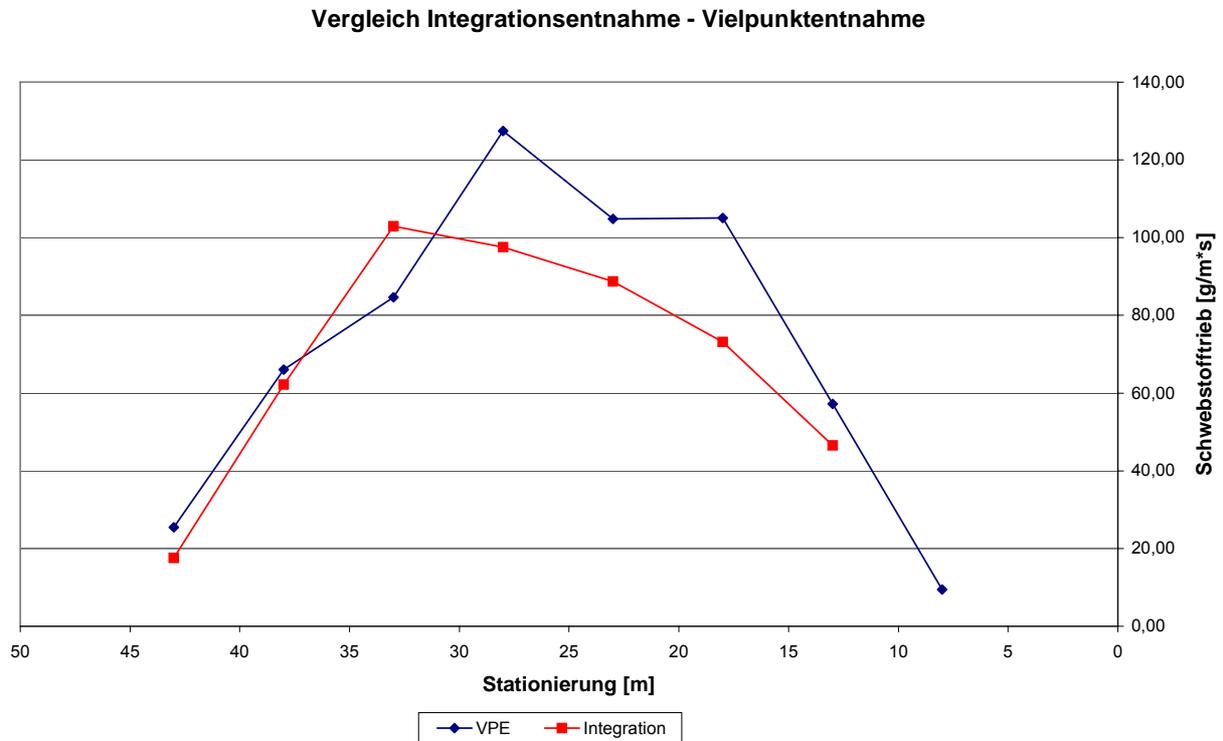


Abbildung 6-8: Schwebstofftrieb der Integrations- und Vielpunktentnahme (VPE) vom 01.09.2006 in Admont/Enns

An diesem Messtag ergeben sich aus der Integrationsentnahme tendenziell niedrigere Werte im Vergleich zur Vielpunktentnahme. Deutliche Abweichungen ergeben sich v.a. in der dritten und fünften Lotrechte von rechts, die im vorherigen Beispiel (Abbildung 6-7) sehr gut übereingestimmt haben. Der Schwebstofftrieb wurde mittels Integrationsentnahme in Lotrechte 3 (Stationierung: 18 m) mit 73,17 g/m*s bzw. in Lotrechte 5 (Stationierung: 28 m) mit 97,57 g/m*s bestimmt. Aus der Vielpunktentnahme errechnet sich in diesen Lotrechten ein Schwebstofftrieb von 105,03 g/m*s und 127,42 g/m*s. Der Schwebstofftrieb liegt und damit eindeutig über den vorhin genannten Werten. Auffallend ist an diesem Messtag auch die sechste Lotrechte von rechts, da nur in dieser Vertikalen das Ergebnis der Integrationsentnahme höher liegt als das der punktuellen Entnahme.

Die Abbildungen der beiden anderen Messtage in Admont und auch jener der Entnahmen an der Sulm zeigen unterschiedlich gute Übereinstimmungen und sind dem Anhang zu entnehmen.

Da mit beiden Methoden der Schwebstofftransport und die mittlere Schwebstoffkonzentration im Querprofil sowie der Querprofilbeiwert ermittelt wurden, können diese Werte zur Gegenüberstellung der Entnahmemethoden herangezogen werden. Es zeigen sich hier, wie

bereits in der Verteilung in den Lotrechten, große Unterschiede zwischen den einzelnen Messtagen. So reichen die Abweichungen der Integrationsentnahme von der Vielpunktentnahme von nur 3,67% (08.08.2006) bis zu - 23,63% (05.07.2006). Dabei fallen besonders die hohen Abweichungen in Leibnitz auf.

Tabelle 6-10 stellt die Ergebnisse und Abweichungen der mittels Integrationsentnahme bestimmten Werte von jenen der Vielpunktentnahme dar.

Tabelle 6-10: Vergleich von Vielpunkt- und Integrationsentnahme anhand von Schwebstofftransport, mittlerer Schwebstofftransport im Querprofil, Querprofilbeiwert und Abweichungen

	Schwebstofftransport		C _m		Querprofilbeiwert		Abweichung
	Vielpunkt	Integration	Vielpunkt	Integration	Vielpunkt	Integration	
	[kg/s]	[kg/s]	[mg/l]	[mg/l]	[-]	[-]	
Admont/Enns							
08.08.2006	152,32	157,90	629,06	652,12	1,05	1,09	3,67
18.08.2006	1,88	1,74	32,38	29,86	1,36	1,26	-7,79
23.08.2006	0,89	0,92	15,14	15,72	1,39	1,44	3,82
01.09.2006	2,87	2,45	30,13	25,72	1,22	1,04	-14,64
Leibnitz/Sulm							
05.07.2006	0,14	0,11	15,62	11,93	1,19	0,91	-23,63
14.07.2006	0,11	0,09	16,87	14,54	1,31	1,13	-13,81

Aufgrund der großen Differenzen zwischen den Resultaten der Messmethoden, wird ein Ersetzen der Vielpunktentnahme durch die Integrationsentnahme nicht empfohlen. Eine Anwendung der Integrationsentnahmen bei instationären Verhältnissen, wenn die Vielpunktentnahme durch den größeren Zeitaufwand beeinflusst wird, kann jedoch überlegt werden.

6.4 ADCP–Messungen

6.4.1 Tiefenvergleich

In Admont zeigen die Ergebnisse des Tiefenvergleichs zwischen ADCP–Messung und Sammler, dass das Profil, welches mittels ADCP-Geräts gemessen wurde, eine geringere Tiefe aufweist. Das dürfte darauf zurückzuführen sein, dass der Sammler während der Tiefenermittlung mit der Strömung abdriftet und daher nicht genau senkrecht abgesenkt werden kann. Außerdem kann zu viel Seil abgspult werden, wodurch ein Durchhang des selben entsteht und die Tiefen überschätzt werden. Daraus können Probleme bei der Vielpunktentnahme entstehen, wie etwa, dass die Proben nicht an den gewünschten Punkten entnommen werden. Außerdem kann durch Bestimmen einer zu großen Tiefe Bettmaterial entnommen werden und die Probe so verfälscht werden.

Eine Möglichkeit, die Tiefe mit größerer Genauigkeit zu bestimmen ist, den Winkel der Abdrift zu messen und die wahre Tiefe trigonometrisch zu berechnen. Ein anderer Lösungsansatz wäre, die ADCP–Messungen direkt vor Ort mit der Software AGILA auszuwerten und daraus die gemittelte Tiefe der einzelnen Messfahrten zu bestimmen. Jedoch ist das ADCP–Messgerät bei großen Strömungsgeschwindigkeiten der Abdrift unterworfen ist und es werden daher nicht die Tiefen im Messprofil aufgezeichnet.

In Leibnitz, wo geringere Fließgeschwindigkeiten vorherrschen, ergeben die Ermittlungen mittels Sammler die im Vergleich geringeren Tiefen. Man kann davon ausgehen, dass durch die größeren Ungenauigkeiten, die bei der ADCP–Messung bei flachen Gewässern durch die größere Auflösung auftreten, die Tiefen weniger genau ermittelt werden können. Obwohl auch hier die Möglichkeit besteht, dass zu viel Seil abgespult wird, dürfte bei diesem Gewässertyp die Tiefenermittlung mittels Sammler die genauere Methode sein.

Demzufolge sollte die Wahl der Methode zur Tiefenermittlung auf den Gewässertyp, vor allem hinsichtlich Tiefe und Fließgeschwindigkeit bzw. Durchfluss, abgestimmt erfolgen.

6.4.2 Ermittlung des Schwebstoffgehaltes mittels ADCP - Messungen

Die mittels Vielpunktentnahme und ADCP-Messung bestimmten Schwebstoffverteilungen weisen eine gute Übereinstimmung auf. Um dies besser zu verdeutlichen, wurden die Ergebnisse der Vielpunktentnahme vom 18. August in Admont/Enns in die Darstellung der ADCP-Messung vom selben Tag eingetragen. Die unregelmäßigen Abstände der Lotrechten kommen dadurch zustande, dass bei der ADCP-Darstellung nicht die Abstände in Meter, sondern die Ensembles des Querprofils aufgetragen sind. In die Darstellung der Schwebstoffkonzentrationen, die aus dem Programm PDT erhalten wurde, sind in die Werte aus der Vielpunktentnahme eingetragen.

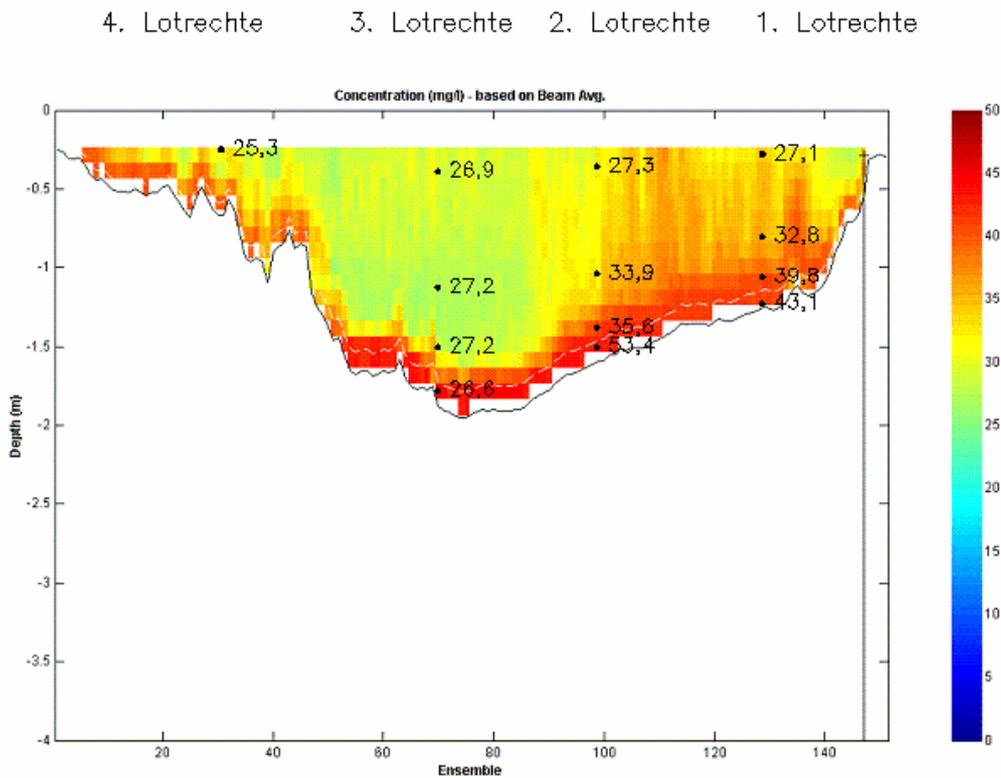


Abbildung 6-9: Schwebstoffverteilung mittels PTD und Vielpunktentnahme vom 18.08.2006 Admont/Enns

Die Überlagerung der beiden Messmethoden zeigt eine gute Übereinstimmung. Um diese optische Auffassung zu bestätigen, wurden der Schwebstofftransport und die berechneten Querprofilbeiwerte aus ADCP-Messung, Vielpunktentnahme und Integrationsentnahme gegenübergestellt. Außerdem wurden die Abweichungen der Werte von jenen der Vielpunktentnahmen berechnet. Die Berechnung der Abweichungen bezieht sich immer auf die Werte, die mittels Vielpunktentnahme bestimmt wurden, da diese Methode laut DVWK (1986) als die genaueste gilt. Die Ergebnisse für die Messtage vom 08. und 18. August und vom 02. August in Leibnitz sind in der Tabelle 6-11 gegenübergestellt.

Tabelle 6-11: Vergleich des Schwebstofftransportes und der Querprofilbeiwerte aus Integrationsentnahme und ADCP-Messung mit jenen der Vielpunktentnahme (VPE)

Messstelle	Datum	Durchfluss [m³/s]	Transport			Querprofilbeiwert		
			VPE [kg/s]	ADCP [kg/s]	Integration [kg/s]	VPE	ADCP	Integration
Admont	08.08.2006	242,0	152,32	149,37	157,90	1,05	1,03	1,09
Abweichung [%]			0,00	-1,94	3,66	0,00	-1,94	3,67
Admont	18.08.2006	58,2	1,88	2,01	1,74	1,36	1,46	1,26
Abweichung [%]			0,00	6,91	-7,45	0,00	6,73	-7,78
Leibnitz	02.08.2006	4,8	0,05	0,05		0,98	0,94	
Abweichung [%]			0	0		0,00	-3,92	

Die Werte stimmen im Allgemeinen sehr gut überein, und die Abweichungen der mit der ADCP-Messung ermittelten und mit der PDT ausgewerteten Daten beträgt an diesen Tagen immer weniger als 7%. Man kann daher davon ausgehen, dass die Bestimmung mittels ADCP-Gerät und anschließender Auswertung mit der PDT zu brauchbaren Werten führt. Auch im Vergleich zur Integrationsentnahme schneidet die ADCP-Messung gut ab. An den beiden Messtagen in Admont sind die Abweichungen der mit Hilfe der ADCP-Messung bestimmten Werte geringer als jene der Integrationsentnahme.

Da eine Verkürzung der Entnahmezeit erwünscht wird, wird es zukünftig notwendig sein zu überprüfen, inwieweit eine Verringerung der Zahl der Lotrechten und der Probenanzahl möglich ist.

7 Zusammenfassung

Durch die Novellierung des österreichischen Wasserrechtsgesetzes 2003, mit der die europäische Wasserrahmenrichtlinie in nationales Recht umgesetzt wurde, ist die Erhebung von Feststoffen in deren Menge und Dauer in allen Fließgewässern gesetzlich vorgeschrieben.

Schwebstoffe bilden neben dem Geschiebe und den Schwimmstoffen die Feststoffe eines Gewässers und bilden dabei den mengenmäßig größten Anteil. Das Wissen über Schwebstoffkonzentrationen und über den Schwebstofftransport kann für viele Fragestellungen im Bereich der Wasserwirtschaft und des Wasserbaues von Bedeutung sein. Dazu zählt die Problematik bei der Ablagerung von Schwebstoffen im Gewässer und in Überflutungsflächen genauso wie die Verlandung von Stauräumen und dem Schadstofftransport.

Da es bisher noch keine einheitliche Richtlinie zur Erfassung von Schwebstoffen gibt, wurde die Arbeitsgruppe „Schwebstoffmessung im Hydrographischen Dienst“ gegründet, welche u.a. die Erstellung eines Leitfadens zur Schwebstoffmessung als Aufgabe hat. Erfahrungen und Erkenntnisse, die im Zuge der Messungen im Sommer und in bereits vorangegangenen Arbeiten, gewonnen wurden, sollen in den Leitfaden einfließen.

Da in Österreich ein Schwebstoffbasisnetz errichtet werden soll, wurden neben den bereits bestehenden Schwebstoffmessstellen an der Raab (Feldbach) und an der Mur (Mureck) im Sommer 2006 vom Hydrographischen Dienst Steiermark noch zwei weitere Messstellen eingerichtet. Die Enns hat beim errichteten Pegel in Admont ein MQ von 84,34 m³/s und ein Einzugsgebiet von 2637,5 km² bis zur Messstelle Admont. Die Sulm weist im Gegensatz dazu mit einem MQ von 15,76 m³/s ganz andere Charakteristiken auf. Bis zum Pegel in Leibnitz beträgt das Einzugsgebiet 1102,5 km².

Ziel der Untersuchungen ist die kontinuierliche Erfassung der Schwebstoffkonzentrationen, sowie die Ermittlung der Transportraten und der jährlichen Schwebstofffrachten. Um einen möglichst umfassenden Überblick in das Schwebstoffaufkommen zu erhalten wurde eine Kombination aus direkten und indirekten Methoden angewendet. Die direkte Methode beruht auf der Entnahme von Wasserproben, deren Schwebstoffgehalt im Labor gravimetrisch ermittelt wird. Bei der indirekten Methode wird die Trübung des Gewässers erfasst und so ein Rückschluss auf den Schwebstoffgehalt ermöglicht. Hierfür war es notwendig, die Messstellen mit optischen Sonden auszustatten, um über die aufgezeichnete Trübe auf den Schwebstoffgehalt in den Gewässern rückschließen zu können. Der Vorteil dieser Messmethode besteht in der automatisierten und kontinuierlichen Aufzeichnung von Trübungswerten. Jedoch hat sich an der Messstelle Leibnitz/Sulm gezeigt, dass unter

gewissen Umständen nur durch regelmäßiges Reinigen repräsentative Werte erhalten werden (Biofouling).

Da die Aufzeichnungen der Trübungssonde stark von den Eigenschaften der Schwebstoffe im Fließgewässer abhängen, wurden in Sondennähe Flaschenproben entnommen, um die Sonde kalibrieren zu können. Durch in Beziehung setzten der Probenwerte mit jenen der Sonde, wurde die Sondenganglinie in eine Ganglinie der ufernahen Schwebstoffkonzentrationen umgewandelt. Die Entnahme der sondennahen Flaschenproben erwies sich als problemlos, jedoch konnte nur an der Messstelle in Admont ein guter Zusammenhang mit den Sondenwerten erhalten werden.

Um die Schwebstofffracht über einen längeren Zeitraum ermitteln zu können, muss diese berechnete Ganglinie in mittlere Schwebstoffgehalte im Messquerschnitt umgewandelt werden. Dafür wurden an den Messstellen Vielpunktentnahmen durchgeführt, um einen Querprofilbeiwert zu erhalten. Da die punktverteilten Entnahmen sehr zeitaufwändig sind, konnte im Sommer 2006 nur eine geringe Anzahl an Daten gewonnen werden. Deshalb wurden Untersuchungen angestellt, ob diese Methode durch die schneller durchführbare Integrationsentnahme ersetzt werden kann.

Ebenfalls aus Gründen der Zeitersparnis wurden erste Versuche zur Gewinnung von Schwebstoffdaten aus ADCP-Messungen durchgeführt. Diese Messungen, die zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit und des Durchflusses durchgeführt werden, bieten die Möglichkeit, über die Rückstreuintensität des Ultraschallsignals Aufschluss über den Schwebstoffgehalt zu erlangen.

Anhand der ermittelten Konzentrationsganglinie der mittleren Schwebstoffgehalte, kann die Schwebstofffracht für den Sommer 2006 abgeschätzt werden. In Admont lag die transportierte Fracht von 15. August bis 01. Oktober 2006 im Bereich von 21.000 t Trockensubstanz, während von 01. Juli bis 15. August 2006 ca. 1.900 t TS in Leibnitz transportiert wurden.

8 Literaturverzeichnis

- AARDOM J.H., MOL J.-W. (2005): Quantification of sediment concentrations 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
- ADLER M. (2003): ADCP–Acoustic Doppler Current Profiler, Durchflussmessung mit akustischen Doppler Geräten, Schulungsunterlagen für Q – Lehrgang ADCP, 11.06.2003, unveröffentlicht
- AQUA VISION BV (): Plume Detection Toolbox Manual, Version 1.03.04.11, Utrecht
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2004): Bestimmung des Gehaltes an Abfiltrierbaren Stoffen (AbfilSt) von Wasser- und Abwasserproben, Prüfanweisung UL 13.07.02.15-1, Ausgabe 2004-08-01, Graz
- BAMBERGER R. UND M. BRUCKMÜLLER E., GUTKAS K (1995a): Österreich Lexikon Band I, Verlagsgemeinschaft Österreich-Lexikon, Wien, S 274
- BAMBERGER R. UND M., BRUCKMÜLLER E., GUTKAS K (1995b): Österreich Lexikon Band II, Verlagsgemeinschaft Österreich-Lexikon, Wien, S 468
- BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (2005): Einführung in AGILA, AGILA Hilfe, Version 5.5, Koblenz
- BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH (2003): 82. Bundesgesetzblatt: Änderung des Wasserrechtsgesetzes 1959 und des Wasserbautenförderungsgesetz 1985 geändert werden sowie Aufhebung des Hydrographiegesetzes, Ausgegeben am 29. August 2003 Teil I
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW) (2001): Biologisches Gütebild der Fließgewässer Österreichs, Wien
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW) (2004): Schwebstoffmessung in Österreich – Workshop am 9. November 2004 <http://wasser.lebensministerium.at/article/articleview/28813/1/5700> (27.12.2006)
- DEINES K. L. (1999): Backscatter Estimation Using Broadband Acoustic Doppler Current Profilers, Oceans 99 MTS, IEEE Conference Proceedings, 13. – 16. September 1999, San Diego, California
- DIN 38408 TEIL 2 (1987): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H), Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe und des Glührückstandes (H 2), Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1986): DVWK Regeln Schwebstoffmessungen, DK 556.535.6 Schwebstoff, DK 556.08 (083) Messrichtlinie, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, S 1,5,7-8
- EAWAG (2007): Bestimmung der Trübung, <http://www.eawag.ch/research/w+t/systempraktikum/literatur/chemie/Turbiditaet.pdf> (22.12.2007)
- EBERSTALLER J., PINKA P. (2001): Trübung und Schwall Alpenrhein – Einfluss auf Substrat, Benthos, Fische – Teilbericht Fischökologie. Abteilung für Hydrobiologie,

- Fischereiwirtschaft und Aquakultur. Universität für Bodenkultur, In: Schwebstoffmonitoring an der Ötztaler Ache und am Inn., Widmann (2006) Diplomarbeit am IWHW, Universität für Bodenkultur, Wien
- EDWARDS T. K., GLYSSON G.D. (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
- FISP – FEDERAL INTERAGENCY SEDIMENTATION PROJECT (2007): Operator's manual for the US p-61-A1 point integrated suspended – sediment sampler, http://fisp.wes.army.mil/Instructions_US_P-61-A1_030115.pdf (26.01.2007)
- FLÜGEL H. W., NEUBAUER F. (1984): Steiermark - Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark 1:200.000, Geologische Bundesanstalt, Wien, S 11-15, 17-23, 66-69
- FÜRST J., HÖRHAN T. (2005): Digitaler Hydrologischer Atlas Österreichs, Version 2.0.1, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- HABERSACK H. M., MOSER S. (2003): Ereignisdokumentation Hochwasser 2002, Plattform Hochwasser 02/2003, ZENAR – Zentrum für Naturgefahren und Risikomanagement, In Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, S 45
- HACH-LANGE (2005): SOLITAX sc Betriebsanleitung, DOC023.72.03232.Apr05
- HACH-LANGE (2006): Produkt-Information Prozess–Messtechnik Solitax Sc, DOC063_72_00353Oct06_final
- HYDROGRAPHISCHER DIENST STEIERMARK (2007): Hydrographischer Jahresbericht 2006, http://app.hydrographie.steiermark.at/berichte/Bericht_2006.pdf (14.02.2007)
- HYDROGRAPHISCHES JAHRBUCH (2003): Hydrographischer Dienst in Österreich, Band 111, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- JUNGWIRTH M., HAIDVOGEL G., MOOG O., MUHAR S., SCHMUTZ S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern, Facultas Universitätsverlag, Wien S. 183, 263
- JUNGWIRTH M., MUHAR S., ZAUNER G., KLEEBERGER J., KUCHER T. (1996): Die steirische Enns, Universität für Bodenkultur, Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur, Wien, S 3f
- KERN U. (1997):Transport von Schweb- und Schadstoffen in staugeregelten Fließgewässern am Beispiel des Neckars, Mitteilungen Heft 93, Eigenverlag des Institutes für Wasserbau an der Universität Stuttgart
- KERSCHBAUMSTEINER W., HAIMANN M (2006): Schwebstoffmessungen an den Messstellen Admont/Enns und Leibnitz/Sulm, Kurzbericht, Universität für Bodenkultur, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Wien
- KNIGHTON D. (1998): Fluvial Forms and Processes, Department of Geography, University of Sheffield, UK
- MADER H., STEIDL T., WIMMER R. (1996): Abflussregime Österreichischer Fließgewässer – Beitrag zu einer bundesweiten Fließgewässertypologie, Umweltbundesamt, Monographie Bd. 82, Wien
- MANIAK U. (2005): Hydrologie und Wasserwirtschaft, 5. Auflage, Springer–Verlag, Berlin Heidelberg
- MAUSHAKE C. (2005): Re: ADCP-Parameter, maushake@Hamburg.BAW.DE (29.11.2005)

- MORGENSCHWEIS G. (2002): ADCP – Einführung einer neuen Messtechnik in den Durchflussmessdienst, Jahresbericht Ruhrwassermenge 2001, Ruhrverband Essen
- MUHAR S., POPPE M., EGGER G., SCHMUTZ S., MELCHER A. (2004): Flusslandschaften Österreichs, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur, Wien
- NACHTNEBEL H.-P. (2002): Gewässerkunde und Hydrometrie, Studienblätter, IWHW - Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau
- ÖNORM B2400 (2004): Hydrologie – Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen, Ausgabe 2004–11-01, Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- ÖNORM B2401 (2006): Hydrometrie – Methoden zur Bestimmung des Durchflusses und der Geschwindigkeit in offenen Gerinnen, Ausgabe 2006–11-01, Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- SCHOELLHAMER D. H., WRIGHT S. A. (2003): Continuous measurements of suspended sediment discharge in rivers by use of optical backscatterance sensors, In: Optimierung der Schwebstoffmessung an der Ill in Vorarlberg, Sillaber, M. (2004), Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau
- SHAHEEN H. Q. (1992): Berechnung von Schwebstoffganglinien in Vorflutern landwirtschaftlich genutzter Gebiete, Leichtweiss – Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig, Mitteilungen Heft 116/1992, Braunschweig, S 2, 3, 10
- SIEDSCHLAG S. (2005): Kontinuierliche Messung von bewirtschaftungsrelevanten Durchflussmengen mit einem horizontalen Doppler-Strömungsmessgerät, 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
- SIGRIST-PHOTOMETER (2006): Sigrist-Photometer AG, Glossar, <http://www.photometer.com/ge/abc/Default.htm> (22.01.2007)
- SILLABER M. (2004): Optimierung der Schwebstoffmessung an der Ill in Vorarlberg, Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau
- 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
- STIMPFL G. B. (2006): Schwebstoffmonitoring an Raab und Mur, Diplomarbeit am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau, BOKU Wien, 2006
- STRUNK N. (1993): Schwebstofftransport und Hochwasserdynamik, Reihe Geowissenschaften, Verlag Shaker, Aachen
- TELEDYNE RD INSTRUMENTS (2007): Rio Grande ADCP, <http://www.rdinstruments.com/rio.html> (Jänner 2007)
- WIMMER R., MOOG O. (1994): Flussordnungszahlen österreichischer Fließgewässer, Umweltbundesamt, Monographien Bd. 51
- WAKONIGG H. (1978): Witterung und Klima in der Steiermark, Verlag für die Technische Universität Graz, Graz, S. 365-367, 377f, 390-394
- WREN D. G., BARKDOLL B. D., KUHNLE R. A., DERROW R. W. (2000): Field Techniques for suspended-sediment measurement, Journal of Hydraulic Engineering, Februar 2000

9 Anhang

9.1 Anhang 1 – Datenblätter

Schwebstoffvielpunktentnahme - Messprotokoll															
Messtelle:	ADMONT														
Entnahmegerat:	US-P61														
Trübesonde I:	Wasserstand	Ansprechzeit:	Wischerintervall:	Wasserstände am Pegel:	Beginn:	Uhrzeit:	11:19	Ende:	Uhrzeit:	12:12	Trübesonde II:	Wasserstand	Ansprechzeit:	Wischerintervall:	
Messflügel - Nr.:	Wasserstand	Ansprechzeit:	Wischerintervall:	Wasserstände am Pegel:	Beginn:	Uhrzeit:	11:19	Ende:	Uhrzeit:	12:12	Messflügel - Nr.:	Wasserstand	Ansprechzeit:	Wischerintervall:	
Messtrupp:	Schatzli/Jungwirth, Hochl, Kerschbaumsteiner, Halmann														
Nr der Meßlo-	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmedauer	Entnahmetiefe	Proben-Flasche - Nummer	Ent-nahmeenge	Filter nummer	Filter	Filter + Schwebstoffe	Masse Schwebstoff	Summe Schwebstoff	Schwebstoffgehalt C _s	Schwebstoffgehalt C _s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung
1	WS [cm]	t _v [m]	[s]	[m]		[l]	V	F	F+S	S=(F+S)-F	S	C _s =SV	C _s =SV	[mg/l]	Zeitpunkt der Geräteauslösung
1	13	2,54	30,00	0,51	101	0,453	45	0,0962	0,3233	0,2271	0,5360	0,7007	0,7007	700,7	11:19
1	13	2,54	20,00	1,52	101	0,312	46	0,0959	0,4048	0,3089					
1	13	2,54	35,00	2,03	102	0,609	29	0,0958	0,5952	0,4994		0,8200	0,8200	820,0	11:21
1	13	2,54	35,00	2,03	103	0,480	51	0,0950	0,3183	0,2233	0,7618	0,9487	0,9487	948,7	11:23
1	13	2,54	20,00	2,44	103	0,323	52	0,0962	0,6347	0,5385					
1	13	2,54	20,00	2,44	104	0,588	28	0,0959	0,8026	0,7067		1,2019	1,2019	1201,9	11:25
2	23	3,02	20,00	0,60	106	0,475	43	0,0952	0,3105	0,2153	0,5557	0,6785	0,6785	678,5	11:32
2	23	3,02	20,00	1,81	106	0,344	44	0,0960	0,4364	0,3404					
2	23	3,02	20,00	2,42	107	0,397	34	0,0958	0,2846	0,1888	0,5481	0,7009	0,7009	700,9	11:34
2	23	3,02	35,00	2,42	107	0,385	35	0,0959	0,4552	0,3593					
2	23	3,02	20,00	2,92	108	0,449	32	0,0961	0,3148	0,2187	0,6919	0,7748	0,7748	774,8	11:36
2	23	3,02	20,00	0,67	108	0,444	33	0,0963	0,5695	0,4732					
3	33	3,35	20,00	0,67	109	0,622	47	0,0955	0,5986	0,5031		0,8088	0,8088	808,8	11:39
3	33	3,35	20,00	2,01	111	0,407	30	0,0963	0,2415	0,1452	0,5086	0,6076	0,6076	607,6	11:43
3	33	3,35	20,00	2,01	111	0,430	31	0,0964	0,4598	0,3634					
3	33	3,35	20,00	2,68	112	0,454	36	0,0960	0,2910	0,1950	0,5504	0,6247	0,6247	624,7	11:46
3	33	3,35	20,00	3,25	112	0,427	37	0,0961	0,4515	0,3554					
3	33	3,35	20,00	2,68	113	0,450	38	0,0958	0,3146	0,2188	0,5455	0,6494	0,6494	649,4	11:49
3	33	3,35	20,00	3,25	113	0,390	39	0,0955	0,4222	0,3267					
4	43	2,01	20,00	0,40	114	0,657	48	0,0958	0,6531	0,5573		0,8482	0,8482	848,2	11:52
4	43	2,01	20,00	1,21	116	0,596	53	0,0963	0,4551	0,3588		0,6020	0,6020	602,0	11:58
4	43	2,01	20,00	1,61	117	0,623	54	0,0961	0,5070	0,4109		0,6596	0,6596	659,6	12:01
4	43	2,01	20,00	1,61	118	0,475	40	0,0953	0,4205	0,3252		0,6846	0,6846	684,6	12:05
4	43	2,01	20,00	1,91	119	0,362	21	0,0956	0,4087	0,3131		0,8649	0,8649	864,9	12:08

Integrationsentnahme - Messprotokoll																			
Messstelle:	ADMONT				Datum:	08.08.2006													
Entnahmegerat:	US-P61				Wasserstände am Pegel:					Uhrzeit:		Uhrzeit:							
Absenkgeschw.					Beginn:	cm	Ende:	cm											
Messflügel - Nr.					Beginn:	cm	Ende:	cm											
Trübesonde:	Anprechzeit:				Wassertemperatur:					Beginn:	°C	Ende:	°C						
Messtrupp:	Schatz, Jungwirth, Hochl, Kerschbaumsteiner, Haimann				Bemerkungen:														
Nr. der Meßlochten	Wasserstand [cm]	WS	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung [m]	b	Wassertiefe [m]	t _v	Entnahmedauer [s]	Entnahmetiefe [m]	Proben-Flasche - Nummer	Entnahmengenge [l]	Filternummer	Masse			Schwebstoffgehalt C _s [g/l]	C _s =S/V	Schwebstoffgehalt C _s [g/m ³]	Trübesonde l Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung
												Filter	Filter + Schwebstoffe	Schwebstoff					
1			13		2,54		30,00	2,44	105	0,674	55	0,0959	0,7163	0,6204	0,9205	920,5		11:29	
2			23		2,92		30,00	Integr	110	0,440	41	0,0955	0,2876	0,6507	0,7262	726,2		11:41	
3			33		3,35		31,00	Integr	115	0,470	49	0,0957	0,3195	0,5797	0,6413	641,3		11:55	
4			43		2,01		27,00	Integr	120	0,638	20	0,0952	0,5189	0,4237	0,6641	664,1		12:12	

Halbstündliche Entnahmen bei der Sonde - Messprotokoll															
Messtelle:	ADMONT			Datum:	08.08.06.										
Entnahmegerat:	Schöpferat			Bemerkungen:				Wisch							
Trübesonde I:	Anspruchzeit:			Trübesonde II:				Anspruchzeit:							
Messtrupp:	Schatzl, Jungwirth, Hochl, Kerschbaumsteiner, Haimann														
Nr. der Meßblö- rechten	Wasserstand [cm]	Abstand vom Nullpunkt der Op- Stationierun- g	Wassertiefe [m]	t _v [m]	Entnahmetiefe [m]	Proben- flasche - Nummer	Ent- nahmemen- ge	Filter nummer	Masse			Schwebstoff gehalt C _s [g/l]	Trübesonde I Schwebstoff messung [mg/l]	Zeitpunkt Bemerkung	
									Filter + Schweb- stoffe	Schwebstoff [g]	Summe Schwebstoff [g]				Schwebstoff gehalt C _s [g/m ³]
	WS	b		t _v			V	F	F+S	S=(F+S)·F	S	C _s =SV			
	[cm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[l]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/l]	[mg/l]		
Sonde	330	6,3	0,30		001	0,500	2	0,0946	0,2904	0,1958	0,6006	0,5947	594,7	710,00	09:30
						0,510	3	0,0949	0,4997	0,4048					
	330	6,3	0,30		002	0,547	30	0,0944	0,3069	0,2125	0,6122	0,6140	614,0	800,00	10:30
						0,450	31	0,0947	0,4944	0,3997					
	330	6,3	0,30		003	0,501	32	0,0948	0,3126	0,2178	0,5389	0,5466	546,6	790,00	11:00
						0,485	1	0,0952	0,4163	0,3211					
	330	6,3	0,30		004	0,499	6	0,0941	0,2942	0,2001	0,5493	0,5428	542,8	900,00	11:30
						0,513	7	0,0941	0,4433	0,3492					
	329	6,3	0,30		005	0,836	5	0,0943	0,4909	0,3966		0,4744	474,4	650,00	12:00
	328	6,3	0,30		006	0,738	4	0,0947	0,4108	0,3161		0,4283	428,3	673,00	12:20
Brücke															
	331				301	0,500	11	0,0948	0,2909	0,1961	0,5394	0,5299	529,9		09:43
						0,518	12	0,0948	0,4381	0,3433					
	331				302	0,400	13	0,0946	0,7183	0,6237	6,7315	10,2771	10277,1		09:51
						0,255	14	0,0947	3,1890	3,0943					
						0,000	15	0,0947	3,1082	3,0135					
	331				303	0,502	8	0,0944	0,3397	0,2453	0,9881	0,9941	994,1	756	10:00
						0,492	9	0,0947	0,8375	0,7428					

Schwebstoffvielpunktmessung - Messprotokoll															
Messstelle:	ADMONT										Datum:	18.08.06.			
Entnahmegerat:	US-P61										Wasserstände am Pegel:				
Trübesonde I:	Ansprechzeit:	Wischerintervall:	Beginn:	cm	175,0	Uhrzeit:	13:38	Uhrzeit:	13:38	Uhrzeit:	13:38	Uhrzeit:	13:38		
Trübesonde II:	Ansprechzeit:	Wischerintervall:	Ende:	cm	179,0	Uhrzeit:	14:42	Uhrzeit:	14:42	Uhrzeit:	14:42	Uhrzeit:	14:42		
Messflügel - Nr.:			Wassertemperatur:			Beginn:	°C	Ende:	°C	Ende:	°C	Ende:	°C		
Messtrupp:	Jungwirth, Haitmann														
Nr. der Meßlo- rechten	Wasserstand [cm]	Abstand vom Nullpunkt der QP- Stationierung	Wassertiefe	Entnahmedauer	Entnahmetiefe	Proben - Flasche - Nummer	Ent- nahme- enge	Filter nummer	Filter + Schweb- stoffe	Schwebstoff Masse	Summe Schwebstoff	Schwebstoff gehalt C _s	Schwebstoff gehalt C _s	Trübesonde I Schwebstoffm essung	Zeitpunkt Bemerkung
	WS	b	t _v	[m]	[m]		V	F	F+S	S=(F+S)-F	S	C _s =SV		min	Zeitpunkt der Geräteauslösung
	[cm]	[m]	[m]	[s]	[m]	[l]	[l]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/l]	[g/m ³], [mg/l]	[mg/l]	
1		13	1,33	30,00	0,27	101	0,442	16	0,0962	0,1082	0,0120	0,0271	27,1	26,9	13:38
1		13	1,33	45,00	0,80	102	0,552	17	0,0961	0,1142	0,0181	0,0328	32,8	25,7	13:40
1		13	1,33	60,00	1,06	103	0,568	18	0,0962	0,1188	0,0226	0,0398	39,8	26,0	13:43
1		13	1,33	60,00	1,23	104	0,397	24	0,0959	0,1130	0,0171	0,0431	43,1	25,9	13:45
2		23	1,74	60,00	0,35	106	0,921	19	0,0962	0,1213	0,0251	0,0273	27,3	26,2	13:50
2		23	1,74	60,00	1,04	107	0,925	21	0,0958	0,1272	0,0314	0,0339	33,9	26,0	13:54
2		23	1,74	60,00	1,39	108	1,025	23	0,0964	0,1329	0,0365	0,0356	35,6	27,3	13:57
2		23	1,74	60,00	1,64	109	0,639	14	0,0964	0,1305	0,0341	0,0534	53,4	27,2	14:01
3		33	1,89	50,00	0,38	111	0,931	12	0,0963	0,1213	0,0250	0,0269	26,9	26,9	14:07
3		33	1,89	50,00	1,13	112	0,926	20	0,0959	0,1211	0,0252	0,0272	27,2	27,2	14:10
3		33	1,89	50,00	1,51	113	0,834	8	0,0961	0,1188	0,0227	0,0272	27,2	28,3	14:14
3		33	1,89	50,00	1,79	114	0,654	9	0,0960	0,1134	0,0174	0,0266	26,6	28,2	14:18
4		43	0,34	60,00	0,07	116	0,745	22	0,0961	0,1147	0,0186	0,0250	25,0	29,4	14:25
4		43	0,34	60,00	0,20	117	0,881	7	0,0961	0,1189	0,0228	0,0259	25,9	29,3	14:30
4		43	0,34	60,00	0,24	118	0,912	10	0,0961	0,1192	0,0231	0,0253	25,3	28,8	14:36

Halbstündliche Entnahmen bei der Sonde - Messprotokoll															
Messstelle:	ADMONT		Datum:	18.08.06.											
Entnahmegesetz:	Schöpfgerät		Bemerkungen:												
Trübesonde I:	Anspruchzeit:		Trübesonde II:	Anspruchzeit:		Anspruchzeit:		Anspruchzeit:		Anspruchzeit:					
Messgrupp:	Jungwirth, Haimann		Anspruchzeit:		Anspruchzeit:		Anspruchzeit:		Anspruchzeit:		Anspruchzeit:				
Nr. der Meßblöcke	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmetiefe	Proben-Flasche-Nummer	Entnahmemenge	Filternummer	Masse			Schwebstoffgehalt C_s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung		
								Filter	Filter + Schwebstoffe	Schwebstoff				Summe Schwebstoff	
	WS	b	t_v			V		F	F+S	S=(F+S)-F	S				
	[cm]	[m]	[m]	[m]		[l]		[g]	[g]	[g]	[g/l]	[g/m ³]	[mg/l]		
Sonde	175			0,30	001	0,987	3	0,0962	0,1173	0,0211	0,0211		21,4	26,20	13:00
									0,0000						
	175			0,30	002	0,901	1	0,0962	0,1187	0,0225	0,0225		25,0	25,40	13:30
									0,0000						
	177			0,30	003	0,968	4	0,0962	0,1196	0,0234	0,0234		24,2	26,90	14:00
									0,0000						
	178			0,30	004	0,999	56	0,0961	0,1210	0,0249	0,0249		24,9	29,00	14:30
									0,0000						
	179			0,30	005	0,913	2	0,0964	0,1176	0,0212	0,0212		23,2	28,60	15:00
	175				301	1,024	6	0,0957	0,1196	0,0239	0,0239		23,3		12:58
	175				302	1,010	5	0,0960	0,1168	0,0208	0,0208		20,6		13:05

Schwebstoffvielpunktentnahme - Messprotokoll																
Messstelle:	ADMONT															
Entnahmegerat:	US-P61 SSS															
Trübesonde I:	Wasserstände am Pegel:	Beginn:	170,0	cm	Uhrzeit:	09:00	Ende:	11:13	Uhrzeit:	11:13						
Trübesonde II:	Ansprechzeit:	Wischerintervall:														
Messflügel - Nr.:	Bemerkung:															
Messtrupp:	Jungwirth, Haimann															
Nr. der Meßflöchten	Wasserstand [cm]	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe [m]	t _v	Entnahmedauer [s]	Entnahmetiefe [m]	Proben-Flasche-Nummer	Entnahmenmenge [l]	Filternummer	Masse			Schwebstoffgehalt C _s [g/l]	Trübesonde - Schwebstoffmessung [mg/l]	Zeitpunkt Bemerkung	
										Filter	Filter + Schwebstoffe [g]	Schwebstoff [g]				Summe Schwebstoff
	WS	b	[m]					V	F	F+S	S=(F+S)·F	S	C _s =SV		Zeitpunkt der Geräteauslösung	
	[cm]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]	[l]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/l]	[mg/l]		
1		8	0,82	60,00	0,16	101	0,315	38	0,0941	0,0976	0,0035	0,0035	0,0111	11,1	13,1	09:00
1		8	0,82	90,00	0,49	102	0,586	40	0,0941	0,1007	0,0066	0,0066	0,0113	11,3	13,2	09:03
1		8	0,82	120,00	0,66	103	0,744	39	0,0942	0,1036	0,0094	0,0094	0,0126	12,6	13,3	09:08
1		8	0,82	120,00	0,72	104	0,686	41	0,0942	0,1019	0,0077	0,0077	0,0112	11,2	13,1	09:12
2		13	1,27	45,00	0,25	106	0,638	44	0,0949	0,1044	0,0095	0,0095	0,0149	14,9	13,3	09:19
2		13	1,27	45,00	0,76	107	0,561	43	0,0946	0,1047	0,0101	0,0101	0,0180	18,0	12,9	09:22
2		13	1,27	50,00	1,02	108	0,526	42	0,0942	0,1071	0,0129	0,0129	0,0245	24,5	12,8	09:25
2		13	1,27	60,00	1,17	109	0,532	46	0,0942	0,1138	0,0196	0,0196	0,0368	36,8	13,1	09:29
3		18	1,40	45,00	0,28	111	0,891	48	0,0941	0,1062	0,0121	0,0121	0,0136	13,6	12,9	09:36
3		18	1,40	30,00	0,84	112	0,334	52	0,0938	0,1001	0,0063	0,0063	0,0189	18,9	12,8	09:39
3		18	1,40	50,00	1,12	113	0,722	49	0,0938	0,1130	0,0192	0,0192	0,0266	26,6	12,8	09:41
3		18	1,40	45,00	1,30	114	0,562	53	0,0937	0,1107	0,0170	0,0170	0,0302	30,2	13,5	09:44
4		23	1,56	30,00	0,31	116	0,695	51	0,0940	0,1052	0,0112	0,0112	0,0161	16,1	13,3	09:50
4		23	1,56	30,00	0,94	117	0,628	56	0,0935	0,1067	0,0132	0,0132	0,0210	21,0	12,9	09:53
4		23	1,56	45,00	1,25	118	0,757	57	0,0933	0,1117	0,0184	0,0184	0,0243	24,3	13,4	09:55
4		23	1,56	45,00	1,46	119	0,637	55	0,0936	0,1148	0,0212	0,0212	0,0333	33,3	12,9	09:58

Integrationsentnahme - Messprotokoll															
Messstelle:	ADMONT			Datum:	23.08.2006										
Entnahmegerat:	US P61			Wasserstände am Pegel:				Uhrzeit:							
Absenkgeschw.				Beginn:	cm			Uhrzeit:							
Messflügel - Nr.				Ende:	cm			Uhrzeit:							
Trübesonde:	Ansprechzeit:			Wischerintervall:				Wassertemperatur:	Beginn:	°C					
Messtrupp:	Jungwirth, Haimann			Bemerkungen:											
Nr. der Meßlo- rechten	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der QP- Stationierung	Wassertiefe	Entnahmedauer	Entnahmetiefe	Proben- Flasche - Nummer	Ent- nahmemenge	Filter nummer	Masse			Schwebstoff gehalt C _s	Schwebstoff gehalt C _s	Trübesonde I Schwebstoffm essung	Zeitpunkt Bemerkung
									Filter	Filter + Schweb- stoffe	Schwebstoff				
	WS	b	t _v				V	F	F+S	S=(F+S)-F	S	C _s =SV			
	[cm]	[m]	[m]	[s]	[m]		[l]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/l]	[g/m ³]	[mg/l]	
1		8	0,82	39,00	Integr	105	0,180	45	0,0944	0,0963	0,0019	0,0106	10,6	13,2	09:16
2		13	1,27	30,00	Integr	110	0,397	47	0,0942	0,1002	0,0060	0,0151	15,1	12,6	09:33
3		18	1,40	30,00	Integr	115	0,469	50	0,0937	0,1026	0,0089	0,0190	19,0	13,1	09:47
4		23	1,56	35,00	Integr	120	0,613	54	0,0936	0,1107	0,0171	0,0279	27,9	13,0	10:03
5		28	1,82	40,00	Integr	125	0,776	161	0,0941	0,1042	0,0101	0,0130	13,0	13,1	10:18
6		33	1,83	40,00	Integr	130	0,783	159	0,0939	0,1028	0,0089	0,0114	11,4	14,5	10:37
7		38	1,62	40,00	Integr	135	0,569	62	0,0940	0,1000	0,0060	0,0105	10,5	12,9	10:56
8		43	0,47	40,00	Integr	139	0,650	58	0,0932	0,1008	0,0076	0,0117	11,7	13,2	11:13

Halbstündliche Entnahmen bei der Sonde - Messprotokoll															
Messstelle:	ADMONT			Datum:	23.08.06.										
Entnahmegesetz:	Schöpfgerät			Bemerkungen:											
Trübesonde I:	Anspruchzeit:			Trübesonde II:			Anspruchzeit:			Wischerintervall:					
Messgrupp:	Jungwirth, Haimann														
Nr. der Meßlochten	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmetiefe	Proben-Flasche-Nummer	Entnahmemenge	Filternummer	Masse			Schwebstoffgehalt C_s	Schwebstoffgehalt C_s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung	
								Filter	Filter + Schwebstoffe	Schwebstoff					Summe Schwebstoff
	WS	b	t_v			V		F	F+S	S=(F+S)-F	S	$C_s=SV$			
	[cm]	[m]	[m]	[m]		[l]		[g]	[g]	[g]	[g]	[g/l]	[g/m ³]	[mg/l]	
Sonde	170			0,30	001	0,933	30	0,0962	0,1067	0,0105	0,0105	0,0113	11,3	13,40	08:00
	170			0,30	303	1,006	33	0,0967	0,1094	0,0127	0,0127	0,0126	12,6	13,50	08:30
	170			0,30	002	0,973	29	0,0966	0,1070	0,0104	0,0104	0,0107	10,7	13,70	09:00
	170			0,30	003	0,933	31	0,0962	0,1075	0,0113	0,0113	0,0121	12,1	12,80	09:30
	170			0,30	004	0,958	27	0,0962	0,1054	0,0092	0,0092	0,0096	9,6	13,00	10:00
	169			0,30	005	0,981	26	0,0958	0,1066	0,0108	0,0108	0,0110	11,0	13,20	10:30
	169			0,30	006	0,992	32	0,0969	0,1073	0,0104	0,0104	0,0105	10,5	13,00	11:00
	169			0,30	007	0,972	28	0,0964	0,1058	0,0094	0,0094	0,0097	9,7	12,80	11:30
	170				301	0,996	35	0,0963	0,1077	0,0114	0,0114	0,0114	11,4	13,40	08:15
										0,0000					
	170				302	0,987	34	0,0966	0,1062	0,0096	0,0096	0,0097	9,7	13,40	08:22
	170				303	1,006	33	0,0967	0,1094	0,0127	0,0127	0,0126	12,6	13,50	08:30

Schwebstoffvielpunktentnahme - Messprotokoll															
Messstelle:	ADMONT														
Entnahmegerat:	US-P61 SSS														
Trübesonde I:	Ansprechzeit:	Wischerintervall:		Wasserstände am Pegel:		Datum:		01.09.06.							
Trübesonde II:	Ansprechzeit:	Wischerintervall:		Beginn:	170,0	cm	Uhrzeit:	09:00							
Messflügel - Nr.:		Wischerintervall:		Ende:	169,0	cm	Uhrzeit:	11:13							
Messtrupp:	Bemerkung:														
	Hochl, Haimann														
Nr. der Meßlochten	Wasserstand [cm]	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung [m]	Wassertiefe [m]	Entnahmedauer [s]	Entnahmetiefe [m]	Proben-Flasche-Nummer	Ent-nahmengen-ge	Filter nummer	Masse			Schwebstoffgehalt C _s [g/l]	Trübesonde I Schwebstoffmessung [mg/l]	Zeitpunkt der Geräteauslösung	
									Filter [g]	Filter + Schwebstoffe [g]	Schwebstoff [g]				Summe Schwebstoff S
	WS	b	t _v				V	F	F+S	S=(F+S)-F	S	C _s =SV		Zeitpunkt der Geräteauslösung	
1		8	1,20	60,00	0,24	101	0,424	31	0,0943	0,1033	0,0090	0,0212	21,2	28,4	09:10
1		8	1,20	90,00	0,72	102	0,684	30	0,0940	0,1098	0,0158	0,0231	23,1	27,4	09:13
1		8	1,20	90,00	0,96	103	0,590	35	0,0939	0,1087	0,0148	0,0251	25,1	29,8	09:16
1		8	1,20	90,00	1,10	104	0,507	33	0,0940	0,1097	0,0157	0,0310	31,0	27,2	09:19
2		13	1,63	45,00	0,33	105	0,765	29	0,0941	0,1139	0,0198	0,0259	25,9	25,8	09:22
2		13	1,63	45,00	0,98	106	0,573	42	0,0950	0,1188	0,0238	0,0415	41,5	26,5	09:24
2		13	1,63	60,00	1,30	107	0,693	38	0,0943	0,1521	0,0578	0,0834	83,4	27,0	09:27
2		13	1,63	60,00	1,53	108	0,598	32	0,0941	0,1469	0,0528	0,0883	88,3	26,1	09:31
3		18	1,80	30,00	0,36	110	0,674	45	0,0948	0,1140	0,0192	0,0285	28,5	28,8	09:37
3		18	1,80	30,00	1,08	111	0,633	34	0,0935	0,1204	0,0269	0,0425	42,5	28,5	09:39
3		18	1,80	30,00	1,44	112	0,501	43	0,0948	0,1251	0,0303	0,0605	60,5	26,7	09:42
3		18	1,80	45,00	1,70	113	0,711	44	0,0948	0,1552	0,0604	0,0850	85,0	30,5	09:45
4		23	1,98	30,00	0,40	115	0,801	40	0,0949	0,1188	0,0239	0,0298	29,8	27,9	09:51
4		23	1,98	30,00	1,19	116	0,771	37	0,0942	0,1216	0,0274	0,0355	35,5	27,3	09:53
4		23	1,98	30,00	1,58	117	0,635	36	0,0941	0,1191	0,0250	0,0394	39,4	24,6	09:57
4		23	1,98	30,00	1,88	118	0,467	47	0,0950	0,1165	0,0215	0,0460	46,0	24,6	10:00

5	28	2,31	20,00	0,46	120	0,692	46	0,0949	0,1201	0,0252	0,0252	0,0252	0,0364	36,4	26,8	10:06
5	28	2,31	30,00	1,39	121	0,715	11	0,0946	0,1143	0,0197	0,0197	0,0197	0,0276	27,6	36,2	10:09
5	28	2,31	30,00	1,85	122	0,572	22	0,0935	0,1110	0,0175	0,0175	0,0175	0,0306	30,6	25,8	10:13
5	28	2,31	45,00	2,21	123	0,744	17	0,0940	0,1260	0,0320	0,0320	0,0320	0,0430	43,0	26,6	10:16
6	33	2,35	20,00	0,47	125	0,598	13	0,0944	0,1087	0,0143	0,0143	0,0143	0,0239	23,9	24,6	10:22
6	33	2,35	30,00	1,41	126	0,499	12	0,0945	0,1076	0,0131	0,0131	0,0131	0,0263	26,3	25,1	10:26
6	33	2,35	40,00	1,88	127	0,864	14	0,0943	0,1165	0,0222	0,0222	0,0222	0,0257	25,7	25,0	10:29
6	33	2,35	45,00	2,25	128	0,735	16	0,0940	0,1125	0,0185	0,0185	0,0185	0,0252	25,2	25,5	10:33
7	38	1,98	20,00	0,40	130	0,563	24	0,0938	0,1064	0,0126	0,0126	0,0126	0,0224	22,4	28,7	10:41
7	38	1,98	30,00	1,19	131	0,545	25	0,0946	0,1060	0,0114	0,0114	0,0114	0,0209	20,9	26,2	10:45
7	38	1,98	40,00	1,58	132	0,637	18	0,0939	0,1094	0,0155	0,0155	0,0155	0,0243	24,3	24,7	10:48
7	38	1,98	45,00	1,88	133	0,470	10	0,0944	0,1055	0,0111	0,0111	0,0111	0,0236	23,6	31,8	10:52
8	43	0,83	40,00	0,17	135	0,746	15	0,0940	0,1101	0,0161	0,0161	0,0161	0,0216	21,6	25,3	11:01
8	43	0,83	40,00	0,50	136	0,773	21	0,0935	0,1099	0,0164	0,0164	0,0164	0,0212	21,2	26,1	11:05
8	43	0,83	40,00	0,66	137	0,609	26	0,0943	0,1077	0,0134	0,0134	0,0134	0,0220	22,0	25,0	11:09

Integrationsentnahme - Messprotokoll																
Messstelle:	ADMONT			Datum:	01.09.2006											
Entnahmegerat:	US P61			Wasserstände am Pegel:		Beginn:	cm	Uhrzeit:		Ende:	cm	Uhrzeit:				
Absenkgeschw.				Beginn:	cm	Ende:	cm	Uhrzeit:		Uhrzeit:						
Messflügel - Nr.				Wasserintervall:	Wassertemperatur:		Beginn:	°C	Ende:	°C						
Trübesonde:				Ansprechzeit:	Bemerkungen:											
Messtrupp:				Hochl. Haimann												
Nr. der Meßlo- rechten	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der OP- Stationierun- g	Wassertiefe	Entnahmedauer	Entnahmetiefe	Proben- Flasche - Nummer	Ent- nahmemen- ge	Filter nummer	Masse			Schwebstoff gehalt C _s	Schwebstoff gehalt C _s	Trübesonde I Schwebstoffm essung	Zeitpunkt Bemerkung	
	WS	b	t _v	[s]	[m]		V	F	F+S	S=(F+S)-F	S	[g]	[g/l]	[g/m ³], [mg/l]	min	
1	[cm]	[m]	[m]		[m]		[l]	[g]	[g]	[g]	S	[g]	[g/l]	[mg/l]		
					Integr						0,0000	#DIV/0!	#DIV/0!			
2		13	1,63	25,00	Integr	109	0,329	39	0,0946	0,1062	0,0116	0,0353	35,3	26,2	09:34	
3		18	1,80	25,00	Integr	114	0,490	28	0,0943	0,1086	0,0143	0,0292	29,2	25,7	09:48	
4		23	1,98	25,00	Integr	119	0,560	41	0,0947	0,1106	0,0159	0,0284	28,4	29,2	10:03	
5		28	2,31	30,00	Integr	124	0,635	27	0,0943	0,1100	0,0157	0,0247	24,7	28,3	10:19	
6		33	2,35	40,00	Integr	129	0,873	23	0,0937	0,1154	0,0217	0,0249	24,9	25,6	10:37	
7		38	1,98	40,00	Integr	134	0,837	20	0,0936	0,1116	0,0180	0,0215	21,5	24,6	10:56	
8		43	0,83	20,00	Integr	138	0,284	19	0,0937	0,0999	0,0062	0,0218	21,8	27,7	11:13	

Halbstündliche Entnahmen bei der Sonde - Messprotokoll															
Messstelle:	ADMONT			Datum:	01.09.06.										
Entnahmegesetz:	Schöpfgerät			Bemerkungen:											
Trübesonde I:	Anspruchzeit:			Trübesonde II:	Anspruchzeit:			Wischerintervall:			Wischerintervall:				
Messgrupp:	Hochl, Haimann														
Nr. der Meßlochten	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmetiefe	Proben-Flasche - Nummer	Entnahmemenge	Filternummer	Masse			Schwebstoffgehalt C_s	Schwebstoffgehalt C_s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung	
								Filter	Filter + Schwebstoffe	Summe Schwebstoff					
	WS	b	t_v			V		F	F+S	S=(F+S)-F	S	$C_s=S/V$			
	[cm]	[m]	[m]	[m]		[l]		[g]	[g]	[g]		[g/l]	[g/m ³], [mg/l]		
Sonde	210			0,30	001	0,999	7	0,0938	0,1227	0,0289	0,0289	0,0289	28,9	27,80	08:30
	210			0,30	002	0,884	6	0,0943	0,1154	0,0211	0,0211	0,0239	23,9	26,50	09:00
	210			0,30	003	0,996	9	0,0944	0,1188	0,0244	0,0244	0,0245	24,5	26,90	09:30
	209			0,30	004	1,013	3	0,0940	0,1200	0,0260	0,0260	0,0257	25,7	30,70	10:00
	208			0,30	005	0,989	5	0,0943	0,1217	0,0274	0,0274	0,0277	27,7	24,80	10:30
	208			0,30	006	0,969	8	0,0942	0,1159	0,0217	0,0217	0,0224	22,4	26,60	11:00
	207			0,30	007	0,981	4	0,0944	0,1141	0,0197	0,0197	0,0201	20,1	25,10	11:30

Schwebstoffvielunktentnahme - Messprotokoll														
Messstelle:	LEIBNITZ			Datum:	05.07.06									
Entnahmegerat:	US-P61 SSS			Wasserstände am Pegel:				Uhrzeit:	10:00					
Trübesonde I:	Ansprechzeit:			Wischerintervall:	Beginn:	164,0	cm	Uhrzeit:	12:00					
Trübesonde II:	Ansprechzeit:			Wischerintervall:	Ende:	164,0	cm	Uhrzeit:						
Messflügel - Nr.:				Wassertemperatur:				Beginn:	°C Ende:					
Messtrupp:	Schatzl, Jungwirth, Hochl, Kerschbaumsteiner, Haimann			Bemerkung:										
Nr. der Meßlo- rechten	Wasserstand [cm]	Abstand vom Nullpunkt der QP- Stationierung	Wassertiefe	Entnahmedauer	Entnahmetiefe	Proben - Flasche - Nummer	Ent- nahme- menge	Filter nummer	Masse			Schwebstoff gehalt C _s	Zeitpunkt Bemerkung	
									Filter + Schweb- stoffe	Schwebstoff	Summe Schwebstoff			
1	WS	b	t _v	[m]	[s]	[m]	V	F	F+S	S=(F+S)+F	S	C _s =S/V	Zeitpunkt der Geräteauslösung	
							[l]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/l]		
1		2	0,50	120,00	0,10	101	0,505	5	0,0956	0,1017	0,0061	0,0121	12,1	10:00
1		2	0,50	120,00	0,30	102	0,508	29	0,0957	0,1028	0,0071	0,0140	14,0	10:03
1		2	0,50	120,00	0,54	103	0,476	36	0,0961	0,1041	0,0080	0,0168	16,8	10:06
2		6	0,93	120,00	0,19	105	0,677	7	0,0956	0,1033	0,0077	0,0114	11,4	10:12
2		6	0,93	120,00	0,56	106	0,627	30	0,0957	0,1040	0,0083	0,0132	13,2	10:14
2		6	0,93	120,00	0,74	107	0,633	28	0,0962	0,1049	0,0087	0,0137	13,7	10:18
3		10	0,79	120,00	0,16	109	0,803	34	0,0963	0,1051	0,0088	0,0110	11,0	10:24
3		10	0,79	120,00	0,47	110	0,745	4	0,0946	0,1050	0,0104	0,0140	14,0	10:28
3		10	0,79	120,00	0,63	111	0,630	43	0,0958	0,1050	0,0092	0,0146	14,6	10:32
4		14	0,76	120,00	0,15	113	0,932	41	0,0958	0,1091	0,0133	0,0143	14,3	10:39
4		14	0,76	120,00	0,46	114	0,828	45	0,0961	0,1063	0,0102	0,0123	12,3	10:43
4		14	0,76	120,00	0,61	115	0,795	39	0,0961	0,1086	0,0125	0,0157	15,7	10:46
5		18	0,75	120,00	0,15	117	0,898	9	0,0955	0,1086	0,0131	0,0146	14,6	11:02
5		18	0,75	105,00	0,46	118	0,763	40	0,0958	0,1071	0,0113	0,0148	14,8	11:05
5		18	0,75	105,00	0,61	119	0,710	38	0,0962	0,1068	0,0106	0,0149	14,9	11:08

6		22	0,72	105,00	0,15	121	0,925	6	0,0954	0,1072	0,0118		0,0128	12,8	11:18
6		22	0,72	90,00	0,45	122	0,703	32	0,0956	0,1063	0,0107		0,0152	15,2	11:21
6		22	0,72	90,00	0,60	123	0,613	2	0,0957	0,1022	0,0065		0,0106	10,6	11:23
7		26	0,75	90,00	0,15	125	0,778	33	0,0958	0,1092	0,0134		0,0172	17,2	11:29
7		26	0,75	90,00	0,45	126	0,703	44	0,0960	0,1088	0,0128		0,0182	18,2	11:32
7		26	0,75	90,00	0,60	127	0,624	37	0,0960	0,1047	0,0087		0,0139	13,9	11:34
8		30	0,82	90,00	0,16	129	0,698	31	0,0955	0,1061	0,0106		0,0152	15,2	11:39
8		30	0,82	90,00	0,49	130	0,655	22	0,0955	0,1067	0,0112		0,0171	17,1	11:42
8		30	0,82	90,00	0,66	131	0,564	21	0,0954	0,1049	0,0095		0,0168	16,8	11:44
9		34	0,85	90,00	0,17	133	0,563	23	0,0961	0,1065	0,0104		0,0185	18,5	11:49
9		34	0,85	105,00	0,51	134	0,672	42	0,0958	0,1090	0,0132		0,0196	19,6	11:52
9		34	0,85	105,00	0,68	135	0,595	20	0,0953	0,1066	0,0113		0,0190	19,0	11:55

Integrationsentnahme - Messprotokoll														
Messstelle:	LEIBNITZ			Datum:	05.07.2006									
Entnahmegesetz:	US P61			Wasserstände am Pegel:		cm		Uhrzeit:						
Absenkgeschw.				Beginn:		cm		Uhrzeit:						
Messflügel - Nr.				Ende:										
Trübesonde:	Anspruchzeit:			Wassertemperatur:		°C		Beginn:		°C				
Messtrupp:	Schatzl, Jungwirth, Hochl, Kerschbaumsteiner, Haimann			Bemerkungen:										
Nr. der Meßort-rechten	Wasserstand [cm]	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmedauer	Entnahmetiefe	Proben-Flasche - Nummer	Ent-nahmemenge	Filter nummer	Masse			Schwebstoff gehalt C _s	Zeitpunkt Bemerkung	
									Filter	Filter + Schwebstoffe	Schwebstoff			Summe Schwebstoff
	WS	b	t _w				V	F	F+S	S=(F+S)-F	S	C _s =SV		
		[m]	[m]	[s]	[m]		[l]	[g]	[g]	[g]		[g/l]	[g/m ³], [mg/l]	
1		2	0,50		Integr	104	0,220	27	0,0960	0,0989	0,0029		13,2	10:09
2		6	0,93		Integr	108	0,250	26	0,0960	0,0980	0,0020		8,0	10:21
3		10	0,79		Integr	112	0,206	47	0,0950	0,0977	0,0027		13,1	10:35
4		14	0,76		Integr	116	0,263	25	0,0955	0,0982	0,0027		10,3	11:00
5		18	0,75		Integr	120	0,290	8	0,0958	0,0995	0,0037		12,8	11:11
6		22	0,72		Integr	124	0,258	46	0,0949	0,0984	0,0035		13,6	11:26
7		26	0,75		Integr	128	0,282	3	0,0947	0,0980	0,0033		11,7	11:37
8		30	0,82		Integr	132	0,250	24	0,0961	0,0995	0,0034		13,6	11:47
9		34	0,85		Integr	136	0,206	35	0,0961	0,0992	0,0031		15,0	11:58

Halbstündliche Entnahmen bei der Sonde - Messprotokoll														
Messstelle:	LEIBNITZ			Datum:	05.07.06									
Entnahmegesetz:	Schöpfgerät			Bemerkungen:										
Trübesonde I:	Anspruchzeit:			Trübesonde II:	Anspruchzeit:			Wischerintervall:						
Messtrupp:	Schatzl, Jungwirth, Hochl, Kerschbaumsteiner, Haimann													
Nr. der Meßlo- rechten	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmetiefe	Proben-Flasche-Nummer	Entnahmemenge	Filternummer	Masse			Schwebstoffgehalt C_s	Schwebstoffgehalt C_s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung
								Filter	Filter + Schwebstoffe	Schwebstoff				
	WS	b	t_v			V	F	F+S	S=(F+S)-F	S	$C_s=S/V$			
	[cm]	[m]	[m]	[m]		[l]	[g]	[g]	[g]		[g/l]	[g/m ³], [mg/l]	[mg/l]	
Sonde	164			0,30	001	1,095	14	0,0957	0,1134	0,0177	0,0162	16,2	27,50	08:20
	164			0,30	002	1,077	1	0,0962	0,1186	0,0224	0,0208	20,8	24,30	09:00
	164			0,30	003	1,105	10	0,0954	0,1103	0,0149	0,0135	13,5	23,10	09:30
	164			0,30	004	1,066	12	0,0958	0,1057	0,0099	0,0093	9,3	21,90	10:00
	164			0,30	005	1,105	11	0,0958	0,1059	0,0101	0,0091	9,1	21,80	10:30
	164			0,30	006	1,107	16	0,0957	0,1078	0,0121	0,0109	10,9	21,40	11:00
	164			0,30	007	1,092	15	0,0957	0,1124	0,0167	0,0153	15,3	23,30	11:30
	164			0,30	008	1,105	13	0,0957	0,1062	0,0105	0,0095	9,5	21,50	12:00
Brücke														
	164	2			301	1,091	19	0,0953	0,1147	0,0194	0,0178	17,8		08:00
	164	2			302	1,097	18	0,0953	0,1102	0,0149	0,0136	13,6		08:48
	164	2			303	1,081	17	0,0956	0,1079	0,0123	0,0114	11,4		08:52

Schwebstoffvielpunktentnahme - Messprotokoll																
Messtelle:	LEIBNITZ										Datum:	14.07.2006				
Entnahmegerat:	US P61										Wasserstände am Pegel:					
Trübesonde I:	Ansprechzeit:		Wischerintervall:		Wischerintervall:		Beginn:		cm		157.0		Uhrzeit:	08:09		
Trübesonde II:	Ansprechzeit:		Wischerintervall:		Wischerintervall:		Ende:		cm		157.0		Uhrzeit:	11:00		
Messflügel - Nr.:											Wassertemperatur:		Beginn:	°C	Ende:	°C
Messtrupp:	Schatzl, Jungwirth, Hochl, Kerschbaumsteiner, Haimann										Bemerkung:					
Nr. der Meßlo- rechten	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmedauer	Entnahmetiefe	Proben-Flasche-Nummer	Ent-nahmengen	Filter nummer	Filter	Filter + Schwebstoffe	Schwebstoff	Summe Schwebstoff	Schwebstoff gehalt C _s	Schwebstoff gehalt C _s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung
	WS	b	t _v	[s]	[m]		V		F	F+S	S=(F+S)·F	S	C _s =SV		min	Zeitpunkt der Geräteauslösung
	[cm]	[m]	[m]	[s]	[m]	[l]	[l]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/l]	[g/m ³], [mg/l]	[mg/l]	
1		7	0,74	120,00	0,15	101	0,197	47	0,0993	0,1036	0,0043		0,0218	21,8		08:49
1		7	0,74	180,00	0,44	102	0,456	46	0,0991	0,1066	0,0075		0,0164	16,4		08:53
2		11	0,85	120,00	0,17	103	0,486	44	0,0993	0,1067	0,0074		0,0152	15,2		09:04
2		11	0,85	180,00	0,51	104	0,082	48	0,0995	0,1013	0,0018		0,0220	22,0		09:11
3		15	0,70	120,00	0,14	105	0,597	23	0,0995	0,1089	0,0094		0,0157	15,7		09:20
3		15	0,70	120,00	0,42	106	0,509	24	0,0995	0,1075	0,0080		0,0157	15,7		09:23
3		15	0,70	120,00	0,56	107	0,523	1	0,0960	0,1036	0,0076		0,0145	14,5		09:27
4		19	0,68	120,00	0,14	109	0,642	22	0,0998	0,1101	0,0103		0,0160	16,0		09:33
4		19	0,68	120,00	0,41	110	0,560	2	0,0960	0,1049	0,0089		0,0159	15,9		09:37
4		19	0,68	120,00	0,54	111	0,474	20	0,0997	0,1074	0,0077		0,0162	16,2		09:40
5		23	0,70	120,00	0,14	113	0,660	18	0,0999	0,1093	0,0094		0,0142	14,2		09:47
5		23	0,70	120,00	0,42	114	0,607	19	0,0996	0,1091	0,0095		0,0157	15,7		09:50
5		23	0,70	120,00	0,56	116	0,287	12	0,0955	0,0999	0,0044		0,0153	15,3		09:57
6		27	0,66	120,00	0,13	117	0,745	10	0,0958	0,1073	0,0115		0,0154	15,4		10:01
6		27	0,66	120,00	0,40	118	0,674	14	0,0999	0,1114	0,0115		0,0171	17,1		10:05

6	27	0,66	120,00	0,53	119	0,561	11	0,0960	0,1045	0,0085	0,0152	15,2	10:08
7	31	0,75	120,00	0,15	121	0,752	45	0,0991	0,1118	0,0127	0,0169	16,9	10:14
7	31	0,75	120,00	0,45	122	0,685	15	0,0997	0,1109	0,0112	0,0164	16,4	10:18
7	31	0,75	120,00	0,60	123	0,385	7	0,0952	0,1015	0,0063	0,0164	16,4	10:21
8	35	0,57	120,00	0,11	125	0,686	6	0,0958	0,1065	0,0107	0,0156	15,6	10:28
8	35	0,57	120,00	0,34	126	0,662	3	0,0961	0,1078	0,0117	0,0177	17,7	10:31
8	35	0,57	120,00	0,46	127	0,564	8	0,0946	0,1047	0,0101	0,0179	17,9	10:34
9	39	0,83	120,00	0,17	129	0,508	5	0,0959	0,1051	0,0092	0,0181	18,1	10:46

Halbstündliche Entnahmen bei der Sonde - Messprotokoll														
Messstelle:	LEIBNITZ					Datum:	14.07.2006							
Entnahmegesetz:	Schöpfgerät					Bemerkungen:								
Trübesonde I:	Anspruchzeit:					Trübesonde II:	Anspruchzeit:					Wischerintervall:		
Messtrupp:	Schatzl, Jungwirth, Hochl, Kerschbaumsteiner, Haimann													
Nr. der Meßlochten	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmetiefe	Proben-Flasche-Nummer	Entnahmemenge	Filternummer	Masse			Schwebstoffgehalt C_s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung	
								Filter	Filter + Schwebstoffe	Schwebstoff				Summe Schwebstoff
	WS	b	t_v			V	F	F+S	S=(F+S)-F	S	$C_s=SV$			
	[cm]	[m]	[m]	[m]		[l]	[g]	[g]	[g]		[g/l]	[g/m ³], [mg/l]		
Sonde	157			0,20	001	1,081	38	0,0997	0,1171	0,0174	0,0161	16,1	26,70	08:09
	Sonde entnommen und gereinigt													
	157			0,20	002	1,082	35	0,0997	0,1128	0,0131	0,0121	12,1	22,60	08:35
	157			0,20	003	1,073	39	0,0996	0,1133	0,0137	0,0128	12,8	22,10	09:00
	157			0,20	004	1,091	25	0,0993	0,1131	0,0138	0,0126	12,6	20,80	09:30
	158			0,20	005	1,080	37	0,0999	0,1142	0,0143	0,0132	13,2	23,10	10:00
	157			0,20	006	1,076	40	0,0997	0,1113	0,0116	0,0108	10,8	22,60	10:30
	157			0,20	007	1,073	36	0,0998	0,1131	0,0133	0,0124	12,4	22,40	11:00
Brücke														
	157				302	1,057	43	0,0993	0,1129	0,0136	0,0129	12,9		08:01
	157				303	1,062	42	0,0997	0,1166	0,0169	0,0159	15,9		08:05
	157				304	1,060	41	0,0997	0,1157	0,0160	0,0151	15,1		08:09

Schwebstoffvielpunktentnahme - Messprotokoll															
Messstelle:	LEIBNITZ														
Entnahmegerat:	US-P61 SSS														
Trübesonde I:	Ansprechzeit:	Wischerintervall:		Wasserstände am Pegel:		Uhrzeit:		Uhrzeit:		Uhrzeit:		Uhrzeit:			
Trübesonde II:	Ansprechzeit:	Wischerintervall:		cm		153.0		cm		153.0		cm			
Messflügel - Nr.:	Wassertemperatur: °C														
Messtrupp:	Bemerkung:														
Nr. der Meßstellen	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmedauer	Entnahmetiefe	Proben - Flasche - Nummer	Entnahmemenge	Filter nummer	Masse			Schwebstoff gehalt C _s	Schwebstoff gehalt C _s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung	
	b [m]	t _v [m]	[s]	[m]	V	[l]	Filter	Filter + Schwebstoffe	Schwebstoff	Schwebstoff	Schwebstoff	Summe Schwebstoff	C _s =SV	min	Zeitpunkt der Geräteauslösung
	[cm]	[m]	[s]	[m]			[g]	[g]	S=(F+S)·F	[g]	[g/l]	[g/m ³]	[g/l]	[mg/l]	
1	7	0,68	Handprobe		102	1,010	12	0,0995	0,1198	0,0203	0,0201	20,1	0,0201		08:44
2	11	0,92	180,00	0,74	101	0,229	29	0,0994	0,1037	0,0043	0,0188	18,8	0,0188		08:39
2	11	0,92	240,00	0,55	103	0,345	22	0,0995	0,1054	0,0059	0,0171	17,1	0,0171		09:03
		0,92	180,00	0,18	104	0,225	33	0,0996	0,1034	0,0038	0,0169	16,9	0,0169		08:58
3	15	0,72	270,00	0,14	105	0,444	23	0,0992	0,1068	0,0076	0,0171	17,1	0,0171		09:14
3	15	0,70	300,00	0,42	106	0,375	16	0,0995	0,1059	0,0064	0,0171	17,1	0,0171		09:20
3	15	0,70	330,00	0,56	107	0,433	13	0,0998	0,1071	0,0073	0,0169	16,9	0,0169		09:27
4	19	0,66	300,00	0,13	108	0,471	14	0,0996	0,1071	0,0075	0,0159	15,9	0,0159		09:36
4	19	0,66	300,00	0,40	109	0,432	20	0,0994	0,1066	0,0072	0,0167	16,7	0,0167		09:43
4	19	0,66	300,00	0,47	110	0,551	28	0,0996	0,1084	0,0088	0,0160	16,0	0,0160		09:49
5	23	0,74	300,00	0,15	111	0,458	26	0,0998	0,1068	0,0070	0,0153	15,3	0,0153		10:05
5	23	0,74	300,00	0,44	112	0,357	24	0,0995	0,1057	0,0062	0,0174	17,4	0,0174		10:11
5	23	0,74	300,00	0,59	113	0,422	32	0,0993	0,1067	0,0074	0,0175	17,5	0,0175		10:17
6	27	0,65	300,00	0,13	114	0,430	31	0,0993	0,1058	0,0065	0,0151	15,1	0,0151		10:25
6	27	0,65	300,00	0,39	115	0,384	34	0,0991	0,1048	0,0057	0,0148	14,8	0,0148		10:31
6	27	0,65	300,00	0,52	116	0,356	30	0,0995	0,1053	0,0058	0,0163	16,3	0,0163		10:37

7		31	0,68	300,00	0,14	117	0,462	21	0,0996	0,1064	0,0068		0,0147	14,7		10:45
7		31	0,68	300,00	0,41	118	0,397	17	0,0995	0,1054	0,0059		0,0149	14,9		10:51
7		31	0,68	300,00	0,54	119	0,287	19	0,0993	0,1036	0,0043		0,0150	15,0		10:57
8		35	0,48	300,00	0,12	120	0,425	15	0,0994	0,1050	0,0056		0,0132	13,2		11:04
8		35	0,48	300,00	0,35	121	0,373	27	0,0996	0,1048	0,0052		0,0139	13,9		11:10
8		35	0,48	300,00	0,38	122	0,415	18	0,0993	0,1053	0,0060		0,0145	14,5		11:18
9		39		Handprobe	0,00	123	1,008	25	0,1000	0,1141	0,0141		0,0140	14,0		11:24

Halbstündliche Entnahmen bei der Sonde - Messprotokoll															
Messstelle:	LEIBNITZ										Datum:	26.07.06.			
Entnahmegesetz:	Schöpfgerät										Bemerkungen:				
Trübesonde I:	Ansprechtzeit:										Trübesonde II:	Ansprechtzeit:			
Messgrupp:	Suefe, Schatzl, Hochl, Kerschbaumsteiner, Haimann										Trübesonde I:	Wischerintervall:			
Nr. der Meßblöcke	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmetiefe	Proben-Flasche-Nummer	Entnahmemenge	Filternummer	Masse			Schwebstoffgehalt C_s	Schwebstoffgehalt C_s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung	
								Filter	Filter + Schwebstoffe	Schwebstoff					Summe Schwebstoff
	WS	b	t_v			V		F	F+S	S=(F+S)-F	S	$C_s=S/V$			
	[cm]	[m]	[m]	[m]		[l]		[g]	[g]	[g]		[g/l]	[g/m ³], [mg/l]		
Sonde	153			0,15	001	1,020	9	0,0994	0,1161	0,0167		0,0164	16,4	24,40	08:30
	153			0,15	002	1,013	11	0,0996	0,1166	0,0170		0,0168	16,8	23,20	09:00
	153			0,15	003	1,026	10	0,0997	0,1159	0,0162		0,0158	15,8	25,40	09:30
	153			0,15	004	0,988	6	0,0995	0,1158	0,0163		0,0165	16,5	23,50	10:00
	153			0,15	005	1,007	7	0,0996	0,1240	0,0244		0,0242	24,2	20,60	10:30
	153			0,15	006	1,004	8	0,0993	0,1156	0,0163		0,0162	16,2	20,10	11:00
	153			0,15	007	1,018	5	0,0993	0,1144	0,0151		0,0148	14,8	20,80	11:30
Brücke															
	153				301	1,008	2	0,0994	0,1273	0,0279		0,0277	27,7		07:47
	153				302	1,003	3	0,0995	0,1270	0,0275		0,0274	27,4		07:53
	153				303	0,988	4	0,0993	0,1261	0,0268		0,0271	27,1		07:58

Schwebstoffvielpunktentnahme - Messprotokoll																
Messtelle:	LEIBNITZ															
Entnahmegerat:	US P61															
Trübesonde I:	Ansprechzeit:	Wischerintervall:		Wasserstände am Pegel:		Datum:		02.08.06.								
Trübesonde II:	Ansprechzeit:	Wischerintervall:		Beginn:	Ende:	Uhrzeit:	08:25									
Messflügel - Nr.:		Wischerintervall:		Beginn:	Ende:	Uhrzeit:	11:04									
Messtrupp:	Schatzl. Hochl. Haimann															
Nr. der Meßflö- rechten	Wasserstand [cm]	Abstand vom Nullpunkt der QP- Stationierung	Wassertiefe	Entnahmedauer	Entnahmehöhe	Proben- Flasche - Nummer	Ent- nahme- enge	Filter nummer	Masse			Schwebstoff gehalt C _s	Trübesonde I Schwebstoffm essung	Zeitpunkt der Geräteauslösung		
									Filter	Filter + Schweb- stoffe	Schwebstoff				Summe Schwebstoff	Schwebstoff gehalt C _s
1		7														
2		11	0,75	300,00	0,15	101	0,425	15	0,0938	0,0991	0,0053			0,0125	12,5	08:25
2		11	0,75	300,00	0,45	102	0,310	5	0,0938	0,0972	0,0034			0,0110	11,0	08:32
3		15	0,75	330,00	0,60	103	0,300	9	0,0948	0,0982	0,0034			0,0113	11,3	08:38
3		15	0,71	300,00	0,14	104	0,362	29	0,0945	0,0981	0,0036			0,0099	9,9	08:48
3		15	0,71	330,00	0,43	105	0,353	31	0,0938	0,0975	0,0037			0,0105	10,5	08:54
3		15	0,71	330,00	0,57	106	0,385	19	0,0945	0,0990	0,0045			0,0117	11,7	09:00
4		19	0,66	300,00	0,13	107	0,371	20	0,0945	0,0984	0,0039			0,0105	10,5	09:09
4		19	0,66	330,00	0,40	108	0,353	3	0,0934	0,0972	0,0038			0,0108	10,8	09:16
4		19	0,66	330,00	0,53	109	0,342	17	0,0943	0,0981	0,0038			0,0111	11,1	09:23
5		23	0,66	300,00	0,13	110	0,388	7	0,0942	0,0981	0,0039			0,0101	10,1	09:30
5		23	0,66	330,00	0,40	111	0,423	14	0,0940	0,0987	0,0047			0,0111	11,1	09:36
5		23	0,66	360,00	0,53	112	0,476	21	0,0944	0,0993	0,0049			0,0103	10,3	09:43
6		27	0,66	300,00	0,13	113	0,419	23	0,0943	0,0978	0,0035			0,0084	8,4	09:51
6		27	0,66	300,00	0,40	114	0,380	22	0,0945	0,0979	0,0034			0,0089	8,9	09:57
6		27	0,66	300,00	0,53	115	0,386	18	0,0947	0,0983	0,0036			0,0093	9,3	10:04

7		31	0,64	300,00	0,13	116	0,391	2	0,0935	0,0968	0,0033		0,0084	8,4		10:12
7		31	0,64	330,00	0,38	117	0,426	8	0,0945	0,0981	0,0036		0,0085	8,5		10:18
7		31	0,64	330,00	0,51	118	0,418	11	0,0941	0,0978	0,0037		0,0089	8,9		10:25
8		35	0,52	300,00	0,10	119	0,373	12	0,0941	0,0972	0,0031		0,0083	8,3		10:32
8		35	0,52	300,00	0,31	120	0,332	27	0,0944	0,0971	0,0027		0,0081	8,1		10:38
8		35	0,52	300,00	0,42	121	0,327	24	0,0942	0,0969	0,0027		0,0083	8,3		10:44
9		39	0,76	300,00	0,15	122	0,340	32	0,0937	0,0965	0,0028		0,0082	8,2		10:51
9		39	0,76	300,00	0,46	123	0,288	30	0,0940	0,0967	0,0027		0,0094	9,4		10:57
9		39	0,76	300,00	0,61	124	0,328	26	0,0948	0,0978	0,0030		0,0091	9,1		11:04

Halbstündliche Entnahmen bei der Sonde - Messprotokoll																
Messstelle:	LEIBNITZ															
Entnahmegesetz:	Schöpfgerät															
Trübesonde I:	Anspruchzeit: Schätzl, Hochl, Haimann															
Messgrupp:	Anspruchzeit: Schätzl, Hochl, Haimann															
	Datum:	02.08.06.														
	Bemerkungen:															
	Trübesonde I:	Anspruchzeit: Wischerintervall:														
	Trübesonde II:	Anspruchzeit: Wischerintervall:														
Nr. der Meßlo- rechten	Wasserstand	Abstand vom Nullpunkt der QP-Stationierung	Wassertiefe	Entnahmetiefe	Proben-Flasche-Nummer	Entnahmemenge	Filternummer	Masse			Schwebstoffgehalt C_s	Trübesonde I Schwebstoffmessung	Zeitpunkt Bemerkung			
								Filter	Filter + Schwebstoffe	Summe Schwebstoff						
	WS	b	t_v			V		F	F+S	S=(F+S)-F	S					
	[cm]	[m]	[m]	[m]		[l]		[g]	[g]	[g]		[g/m ³]	[mg/l]			
Sonde	152			0,10	001	1,013	6	0,0940	0,1069	0,0129		12,7	18,60			08:00
	152			0,10	002	1,016	10	0,0948	0,1069	0,0121		11,9	16,70			08:30
	152			0,10	003	1,032	1	0,0936	0,1058	0,0122		11,8	18,50			09:00
	152			0,10	004	1,024	4	0,0935	0,1035	0,0100		9,8	17,30			09:30
	152			0,10	005	1,017	29	0,0940	0,1039	0,0099		9,7	15,50			10:00
	152			0,10	006	1,000	13	0,0940	0,1028	0,0088		8,8	15,00			10:30
	152			0,10	007	1,042	16	0,0941	0,1037	0,0096		9,2	15,40			11:00
Brücke																
	152				301	1,000	25	0,0948	0,1125	0,0177		17,7				07:51
	152				302	1,001	28	0,0943	0,1129	0,0186		18,6				07:55

9.2 Anhang 2 - Berechnung des Schwebstofftransportes

Auswertung - Schwebstofftransport VPE - 08.08.06										
Lotrechte	Abstand v. Nullpkt	Wassertiefe	Entnahmetiefe	Cs	V	Cs*Vm	S-Trieb fcv	S-Transport		
	b	tv				Cs*Vm		$ms^{(i)} = [f_{Cs^{(i+1)}} + f_{Cs^{(i)}}] * [b^{(i+1)} - b^{(i)}] / 2$		
	[m]	[m]	[m]	[g/m ³]	[m/s]	[g/m ³ *s]	[g/m ³ *s]	[g/m ³ *s]		
Ufer 1	6,3							11502,97		
L1	13	2,54	0,51	700,7	1,65	1152,58	585,51	3433,72	41161,90	
			1,52	820,0	1,66	1361,25	1277,03			
			2,03	948,7	1,58	1498,93	726,49			
			2,44	1201,9	1,48	1772,76	667,43			
							177,28			
L2	23	3,02	0,60	678,5	2,64	1791,27	1081,93	4798,66	51784,46	
			1,81	700,9	2,40	1682,15	2097,94			
			2,42	774,8	2,15	1665,83	1011,09			
			2,92	808,8	0,66	533,84	554,32			
							53,38			
L3	33	3,35	0,67	607,6	3,06	1859,40	1245,80	5558,24	40779,97	
			2,01	624,7	2,64	1649,33	2350,84			
			2,68	649,4	2,21	1435,18	1033,31			
			3,25	848,2	1,59	1348,72	793,41			
							134,87			
L4	43	2,01	0,40	602,0	2,16	1300,35	522,74	2597,76	7091,88	
			1,21	659,6	2,07	1365,27	1071,58			
			1,61	684,6	1,85	1263,15	528,31			
			1,91	864,9	1,31	1133,04	361,82			
							113,30			
Ufer 2	48,46									
									152321,19 g/s	
									152,32 kg/s	

Auswertung Schwebstofftransport 08.08.06 Integrationsentnahme							
Lotrechte	Wassertiefe	C _s	V _m	C _s *V _m	S-Trieb	Abstand v. Nullpkt	S-Transport
	h(t _v)				f _{cs} =(C _s *V _m)*h	b	m _{s(i)} =[(f _{cs(i+1)} +f _{cs(i)})/2]*(b _(i+1) -b _(i))
		[g/m ³]	[m/s]	[g/m ² *s]	[g/m ³ *s]	[m]	[g/s]
L1	2,54	920,5	1,56	1435,94	3647,29	6,3	12218,42
L2	2,92	726,2	2,35	1706,64	4983,37	13	43153,32
L3	3,35	641,3	2,71	1737,82	5821,69	23	54025,31
L4	2,01	664,1	1,88	1248,52	2509,53	33	41656,07
						43	6851,01
						48,46	
Schwebstofftransport:							157904,13 g/s
							157,90 kg/s

Auswertung - Schwebstofftransport VPE - 18.08.06										
Lotrechte	Abstand v. Nullpkt b [m]	Wassertiefe t _v [m]	Entnahmetiefe	Cs [g/m ³]	V [m/s]	Cs*Vm [g/m ² *s]	S-Trieb fcv [g/m ² *s]	S-Transport ms(0)=[fCs(+1)+fCs(0)]*[b(+1)-b(0)]/2		
Ufer1	6,3							110,69		
L1	13	1,33	0,27	27,15	0,98	26,61	7,08	528,86		
			0,80	32,79	0,29	9,35	9,56			
			1,06	39,79	0,92	36,61	6,11			
			1,23	43,07	0,92	39,63	6,33			
							3,96			
L2	23	1,74	0,35	27,25	1,50	40,88	14,23	794,92		
			1,04	33,95	1,48	50,24	31,71			
			1,39	35,61	0,80	28,49	13,70			
			1,64	53,36	0,80	42,69	8,83			
							4,27			
L3	33	1,89	0,38	26,85	2,02	54,24	20,50	444,18		
			1,13	27,21	1,69	45,99	37,89			
			1,51	27,22	1,15	31,30	14,61			
			1,79	26,61	1,40	37,25	9,53			
							3,72			
L4	43	0,34	0,07	24,97	0,30	7,49	0,51	4,86		
			0,20	25,88	0,30	7,76	1,04			
			0,24	25,33	0,30	7,60	0,28			
							0,76			
Ufer2	46,76									
								Schwebstofftransport: 1883,50 g/s 1,88 kg/s		

Auswertung Schwebstofftransport 18.08.06 Integrationsentnahme								
Lotrechte	Wassertiefe	C _s	V _m	C _s *V _m	S-Trieb	Abstand v. Nullpkt	S-Transport	
	h(t _v)				f _{CS} =(C _s *V _m)*h	b	m _{s(i)} =[(f _{CS(i+1)} +f _{CS(i)})/2]*(b(i+1)-b(i))	
		[g/m ³]	[m/s]	[g/m ² *s]	[g/m ³ *s]	[m]	[g/s]	
						6,5	56,87	
L1	1,33	31,33	0,42	13,16	17,50	13	533,80	
L2	1,74	31,67	1,62	51,30	89,26	23	775,71	
L3	1,89	27,23	1,28	34,86	65,88	33	358,71	
L4	0,34	25,74	0,67	17,24	5,86	43	11,61	
						46,96		
Schwebstofftransport:							1736,70 g/s	1,74 kg/s

Auswertung - Schwabestofftransport - 23.08.06										
Lotrechte	Abstand v. Nullpkt b [m]	Wassertiefe tv [m]	Entnahmetiefe [m]	Cs [g/m³]	V [m/s]	Cs*Vm [g/m²*s]	S-Trieb fcv [g/m³*s]	S-Transport ms(0)=[fcs(i+1)+fcs(0)]*[b(i+1)-b(i)]/2		
Ufer1	6,5									
L1	8	0,82	0,16	11,10	0,59	6,49	1,04	3,15		
			0,49	11,30	0,46	5,14	1,92	62,69		
			0,66	12,60	0,26	3,21	0,71			
			0,72	11,20	0,30	3,30	0,20			
							0,33			
L2	13	1,27	0,25	14,90	0,89	13,19	3,30	20,88		124,18
			0,76	18,00	0,85	15,21	7,24			
			1,02	24,50	0,73	17,89	4,30			
			1,17	36,80	0,73	26,86	3,36			
							2,69			
L3	18	1,4	0,28	13,60	1,14	15,44	4,32	28,79		177,88
			0,84	18,90	0,97	18,24	9,43			
			1,12	26,60	1,00	26,47	6,26			
			1,30	30,20	1,12	33,67	5,41			
							3,37			
L4	23	1,56	0,31	16,10	1,45	23,35	7,24	42,36		188,11
			0,94	21,00	1,12	23,52	14,76			
			1,25	24,30	1,22	29,65	8,24			
			1,46	33,30	1,32	43,96	7,73			
							4,40			
L5	28	1,82	0,36	12,40	1,63	20,21	7,28	32,88		150,39
			1,09	12,90	1,46	18,77	14,23			
			1,46	13,90	1,19	16,47	6,52			
			1,72	13,80	0,86	11,80	3,68			
							1,18			
L6	33	1,83	0,37	11,10	1,60	17,70	6,55	27,28		118,57
			1,10	9,80	1,35	13,18	11,27			
			1,46	11,30	1,17	13,16	4,74			
			1,73	12,00	1,04	12,48	3,46			
							1,25			

L7	38	1,62	0,32	9,20	1,29	11,82	3,78	20,15	57,22
			0,97	11,20	1,27	14,17	8,45		
			1,30	11,10	1,01	11,24	4,19		
			1,52	12,00	0,99	11,88	2,54		
							1,19		
L8	43	0,47	0,09	10,30	0,54	5,51	0,50	2,73	5,41
			0,28	11,30	0,54	6,05	1,10		
			0,37	11,20	0,54	5,99	0,54		
							0,60		
Ufer2	46,96								
Schwebstofftransport: 887,61 g/s 0,89 kg/s									

Auswertung Schwebstofftransport 23.08.06 Integrationsentnahme									
Lotrechte	Wassertiefe	Cs	Vm	Cs*Vm	S-Trieb	Abstand v. Nullpkt	S-Transport		
	h(tv)				$f_{Cs}=(C_s \cdot V_m) \cdot h$	b	$m_{s(i)}=[(f_{Cs(i+1)}+f_{Cs(i)})/2] \cdot (b_{(i+1)}-b_{(i)})$		
		[g/m³]	[m/s]	[g/m²*s]	[g/m*s]	[m]	[g/s]		
L1	0,82	10,60	0,56	5,94	4,87	6,5	3,65		
L2	1,27	15,10	0,82	12,38	15,73	8	51,48		
L3	1,40	19,00	1,09	20,71	28,99	13	111,80		
L4	1,56	27,90	1,32	36,83	57,45	18	216,11		
L5	1,82	13,00	1,43	18,59	33,83	23	228,21		
L6	1,83	11,40	1,34	15,28	27,96	28	154,47		
L7	1,62	10,50	0,92	9,66	15,65	33	109,01		
L8	0,47	11,70	0,31	3,63	1,70	38	43,38		
						43	3,38		
						46,96			
Schwebstofftransport: 921,50 g/s 0,92 kg/s									

Auswertung - Schwebstofftransport VPE - 01.09.06										
Lotrechte	Abstand v. Nullpkt b [m]	Wassertiefe tv [m]	Entnahmetiefe	Cs [g/m ³]	V [m/s]	Cs*Vm [g/m ² *s]	S-Trieb fcv [g/m ² *s]	S-Transport ms(0)=[fc _{s(t+1)} +fc _{s(0)}]*[b(t+1)-b(0)]/2		
Ufer1	7							4,74		
L1	8	1,2	0,24	21,2	0,34	7,12	1,71	166,66		
			0,72	23,1	0,38	8,78	3,82			
			0,96	25,1	0,32	8,09	2,02			
			1,10	31,0	0,26	7,97	1,12			
							0,80			
L2	13	1,63	0,33	25,9	0,98	25,46	8,30	405,54		
			0,98	41,5	0,87	35,98	20,03			
			1,30	83,4	0,62	51,85	14,32			
			1,53	88,3	0,46	40,78	10,47			
							4,08			
L3	18	1,8	0,36	28,5	1,50	42,63	15,35	524,53		
			1,08	42,5	1,48	62,77	37,95			
			1,44	60,5	1,23	74,23	24,66			
			1,70	85,0	0,89	75,75	19,50			
							7,58			
L4	23	1,98	0,40	29,8	1,73	51,49	20,39	580,53		
			1,19	35,5	1,63	57,75	43,26			
			1,58	39,4	1,37	53,78	22,08			
			1,88	46,0	0,97	44,75	14,58			
							4,47			
L5	28	2,31	0,46	36,4	1,86	67,88	31,36	530,25		
			1,39	27,6	1,76	48,59	53,81			
			1,85	30,6	1,48	45,36	21,70			
			2,21	43,0	1,02	43,92	16,16			
							4,39			
L6	33	2,35	0,47	23,9	1,52	36,36	17,09	376,79		
			1,41	26,3	1,47	38,58	35,22			
			1,88	25,7	1,48	38,10	18,02			
			2,25	25,2	1,02	25,61	11,79			
							2,56			

L7	38	1,98	0,40	22,4	1,73	38,62	15,29	66,04	228,74
			1,19	20,9	1,63	33,99	28,75		
			1,58	24,3	1,21	29,51	12,57		
			1,88	23,6	0,86	20,38	7,38		
						2,04			
L8	43	0,83	0,17	21,6	1,74	37,45	6,22	25,46	50,40
			0,50	21,2	1,70	36,05	12,20		
			0,66	22,0	0,74	16,25	4,34		
							2,70		
Ufer2	46,96								
Schwebstofftransport:									2868,18 g/s 2,87 kg/s

Auswertung Schwebstofftransport 01.09.06 Integrationsentnahme									
Lotrechte	Wassertiefe	C _s	V _m	C _s *V _m	S-Trieb	Abstand v. Nullpkt	S-Transport		
	h(tv)	[g/m ³]	[m/s]	[g/m ² *s]	f _{Cs} =(C _s *V _m)*h [g/m*s]	b [m]	m _{s(i)} =[(f _{Cs(i+1)} +f _{Cs(i)})/2]*(b(i+1)-b(i)) [g/s]		
L2	1,63	35,26	0,809	28,51	46,48	13	139,43		
L3	1,80	29,18	1,393	40,65	73,17	18	299,12		
L4	1,98	28,39	1,578	44,79	88,69	23	404,65		
L5	2,31	24,72	1,708	42,24	97,57	28	465,64		
L6	2,35	24,86	1,762	43,80	102,92	33	501,23		
L7	1,98	21,51	1,460	31,39	62,16	38	412,70		
L8	0,83	21,83	0,969	21,15	17,56	43	199,28		
						46	26,34		
Schwebstofftransport:									2448,38 g/s 2,45 kg/s

Auswertung - Schwebstofftransport VPE - 05.07.06										
Lotrechte	Abstand v. Nullpkt b [m]	Wassertiefe tv [m]	Entnahmetiefe [m]	Cs [g/m ³]	V [m/s]	Cs*Vm [g/m ² *s]	S-Transport ms(0)=[fcs(i+1)+fcs(i)]*[b(i+1)-b(i)]/2	S-Trieb fcv [g/m ³ *s]	S-Transport ms(0)=[fcs(i+1)+fcs(i)]*[b(i+1)-b(i)]/2	
Ufer1	0,3								0,07	
L1	2	0,50	0,10	12,08	-0,07	-0,85	-0,08	0,08	4,65	
			0,30	13,98	0,12	1,68	0,08			
			0,40	16,81	0,00	0,00	0,08			
							0,00			
L2	6	0,93	0,19	11,37	0,22	2,50	0,47	2,24	10,92	
			0,56	13,24	0,22	2,91	1,01			
			0,74	13,74	0,13	1,79	0,44			
							0,33			
L3	10	0,79	0,16	10,96	0,38	4,16	0,66	3,22	14,95	
			0,47	13,96	0,24	3,35	1,19			
			0,63	14,60	0,32	4,67	0,63			
							0,74			
L4	14	0,76	0,15	14,27	0,40	5,71	0,87	4,26	17,86	
			0,46	12,32	0,40	4,93	1,62			
			0,61	15,72	0,39	6,13	0,84			
							0,93			
L5	18	0,75	0,15	14,59	0,38	5,54	0,83	4,67	17,30	
			0,45	14,81	0,46	6,81	1,85			
			0,60	14,93	0,44	6,57	1,00			
							0,99			
L6	22	0,72	0,14	12,76	0,38	4,85	0,70	3,97	21,28	
			0,43	15,22	0,45	6,85	1,68			
			0,58	10,60	0,48	5,09	0,86			
							0,73			
L7	26	0,75	0,15	17,22	0,55	9,47	1,42	6,67	25,95	
			0,45	18,21	0,57	10,38	2,98			
			0,60	13,94	0,48	6,62	1,28			
							0,99			

L8	30	0,82	0,16	15,19	0,52	7,90	1,30	6,31	24,67
			0,49	17,10	0,50	8,55	2,70		
			0,66	16,84	0,39	6,57	1,24		
							1,08		
L9	34	0,85	0,17	18,47	0,45	8,31	1,41	6,03	5,55
			0,51	19,64	0,32	6,29	2,48		
			0,68	18,99	0,33	6,27	1,07		
							1,07		
Ufer2	35,84								
Schwebstofftransport:									
143,20 g/s									
0,14 kg/s									

Auswertung Schwebstofftransport 05.07.06 Integrationsentnahme									
Lotrechte	Wassertiefe	Cs	Vm	Cs*Vm	S-Trieb	Abstand v. Nullpkt	S-Transport		
	h(tv)	[g/m³]	[m/s]	[g/m²*s]	$f_{Cs}=(C_s*V_m)*h$	b	$m_{s(i)}=[(f_{Cs(i+1)}+f_{Cs(i)})/2]*(b(i+1)-b(i))$	[g/s]	
L1	0,50	13,2	0,24	3,16	1,58	2	10,16	1,34	
L2	0,93	8,0	0,47	3,76	3,50	6	17,56		
L3	0,79	13,1	0,51	6,68	5,28	10	17,90		
L4	0,76	10,3	0,47	4,83	3,67	14	15,56		
L5	0,75	12,8	0,43	5,49	4,11	18	16,24		
L6	0,72	13,6	0,41	5,56	4,00	22	13,28		
L7	0,75	11,7	0,30	3,51	2,63	26	10,17		
L8	0,82	13,6	0,22	2,99	2,45	30	7,16		
L9	0,85	15,0	0,07	1,05	0,90	34	0,82		
						35,84			
Schwebstofftransport:									
109,37 g/s									
0,11 kg/s									

Auswertung - Schwabstofftransport VPE - 14.07.06										
Lotrechte	Abstand v. Nullpkt b [m]	Wassertiefe t _v [m]	Entnahmetiefe [m]	C _s [g/m ³]	V [m/s]	C _s *V _m [g/m ² *s]	S-Trieb fcv [g/m ² *s]	S-Transport ms(0)=[fC _s (+1)+fC _s (0)]*[b(+1)-b(0)]/2		
									C _s *V _m [g/m ² *s]	[g/m ² *s]
Ufer1	5							3,16		3,16
L1	7	0,74	0,15	21,83	0,32	6,98	1,03	10,94		
			0,44	16,45	0,15	2,47	1,40			
							0,73			
L2	11	0,85	0,17	15,23	0,18	2,66	0,45	9,26		
			0,51	21,95	0,13	2,74	0,92			
							0,93			
L3	15	0,70	0,14	15,75	0,21	3,31	0,46	11,44		
			0,42	15,72	0,23	3,61	0,97			
			0,56	14,53	0,21	3,05	0,47			
							0,43			
L4	19	0,68	0,14	16,04	0,34	5,37	0,73	14,47		
			0,41	15,89	0,31	4,93	1,40			
			0,54	16,24	0,28	4,55	0,64			
							0,62			
L5	23	0,70	0,14	14,24	0,40	5,70	0,80	15,40		
			0,42	15,65	0,33	5,16	1,52			
			0,56	15,33	0,36	5,52	0,75			
							0,77			
L6	27	0,66	0,13	15,44	0,39	6,02	0,79	16,62		
			0,40	17,06	0,39	6,70	1,68			
			0,53	15,15	0,32	4,77	0,76			
							0,63			
L7	31	0,75	0,15	16,89	0,35	5,91	0,89	15,97		
			0,45	16,35	0,36	5,80	1,76			
			0,60	16,36	0,37	6,10	0,89			
							0,91			

L8	35	0,57	0,11	15,60	0,40	6,24	0,71	3,54	9,32
			0,34	17,67	0,36	6,27	1,43		
			0,46	17,91	0,34	6,09	0,70		
							0,69		
L9	39	0,83	0,17	18,11	0,23	4,07	0,68	1,13	0,87
							0,45		
Ufer2	40,54								
Schwebstofftransport:									
107,46 g/s									
0,11 kg/s									

Auswertung Schwebstofftransport 14.07.06 Integrationsmessung									
Lotrechte	Wassertiefe	Cs	Vm	Cs*Vm	S-Trieb	Abstand v. Nullpkt	S-Transport		
	h(tv)	[g/m³]	[m/s]	[g/m²*s]	$f_{Cs}=(C_s*V_m)*h$ [g/m*s]	b [m]	$m_{s(i)}=[(f_{Cs(i+1)}+f_{Cs(i)})/2]*(b_{(i+1)}-b(i))$ [g/s]		
L3	0,70	15,3	0,25	3,82	2,67	15	13,37		
L4	0,68	15,1	0,32	4,83	3,28	19	11,92		
L5	0,70	14,5	0,32	4,62	3,24	23	13,04		
L6	0,66	15,6	0,36	5,63	3,72	27	13,90		
L7	0,75	16,3	0,36	5,88	4,41	31	16,25		
L8	0,57	17,1	0,34	5,80	3,31	35	15,44		
						40,25	8,68		
Schwebstofftransport:									
92,62 g/s									
0,09 kg/s									

Auswertung - Schwebstofftransport VPE - 26.07.06									
Lotrechte	Abstand v. Nullpkt [m]	Wassertiefe [m]	Entnahmetiefe [m]	Cs [g/m³]	V [m/s]	Cs*Vm [g/m²*s]	S-Trieb fcv [g/m³*s]	S-Transport	$ms(i) = [f_{cs(i+1)} + f_{cs(i)}] * [b(i+1) - b(i)] / 2$
Ufer1	5							6,03	
L2	11	0,92	0,18	16,89	0,15	2,53	2,01	9,59	
			0,55	17,10	0,09	1,54	0,75		
			0,74	18,78	0,05	0,94	0,23		
							0,57		
L3	15	0,72	0,14	17,12	0,23	3,94	2,78	12,73	
			0,43	17,07	0,25	4,27	1,18		
			0,58	16,86	0,20	3,37	0,55		
							0,49		
L4	19	0,66	0,13	15,92	0,36	5,73	3,58	14,11	
			0,40	16,67	0,31	5,17	1,44		
			0,53	15,97	0,33	5,27	0,69		
							0,70		
L5	23	0,74	0,15	15,28	0,28	4,28	3,47	13,04	
			0,44	17,37	0,32	5,56	1,46		
			0,59	17,54	0,25	4,38	0,74		
							0,65		
L6	27	0,65	0,13	15,12	0,26	3,93	3,05	13,28	
			0,39	14,84	0,36	5,34	1,21		
			0,52	16,29	0,31	5,05	0,68		
							0,66		
L7	31	0,68	0,14	14,72	0,38	5,59	3,59	10,44	
			0,41	14,86	0,33	4,90	1,43		
			0,54	14,98	0,35	5,24	0,69		
							0,71		
L8	35	0,48	0,10	13,18	0,24	3,16	1,63	4,52	
			0,29	13,94	0,24	3,35	0,62		
			0,38	14,46	0,26	3,76	0,34		
							0,36		
Ufer2	40,54								

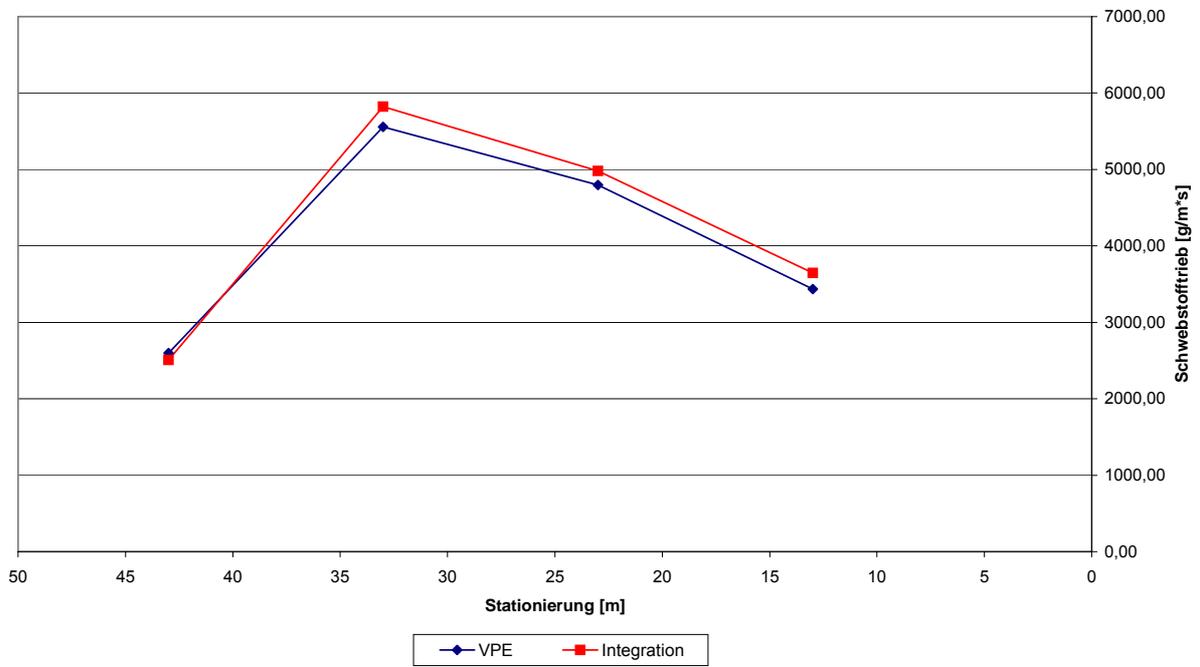
Schwebstofftransport:
83,74 g/s
0,08 kg/s

Auswertung - Schwebstofftransport VPE - 02.08.06										
Lotrechte	Abstand v. Nullpkt b [m]	Wassertiefe t _v [m]	Entnahmetiefe [m]	C _s [g/m ³]	V [m/s]	C _s *V _m [g/m ² *s]	S-Trieb f _{cv} [g/m ² *s]	S-Transport ms ₍₀₎ =[f _{Cs(+1)} +f _{Cs(0)}]*[b ₍₊₁₎ -b ₍₀₎]/2		
									C _s *V _m [g/m ² *s]	[g/m ² *s]
Ufer1	5							4,97		
L2	11	0,75	0,15	12,5	0,26	3,24	0,49	1,66		5,98
			0,45	11,0	0,19	2,08	0,80			
			0,60	11,3	0,09	0,96	0,23			
							0,14			
L3	15	0,71	0,14	9,9	0,19	1,89	0,27	1,33		6,49
			0,43	10,5	0,20	2,04	0,56			
			0,57	11,7	0,15	1,69	0,27			
							0,24			
L4	19	0,66	0,13	10,5	0,22	2,31	0,31	1,91		7,80
			0,40	10,8	0,29	3,07	0,71			
			0,53	11,1	0,32	3,50	0,43			
							0,46			
L5	23	0,66	0,13	10,1	0,25	2,51	0,33	1,99		6,89
			0,40	11,1	0,31	3,39	0,78			
			0,53	10,3	0,32	3,29	0,44			
							0,43			
L6	27	0,66	0,13	8,4	0,35	2,92	0,39	1,46		6,29
			0,40	8,9	0,31	2,73	0,75			
			0,53	9,3	0,08	0,75	0,23			
							0,10			
L7	31	0,64	0,13	8,4	0,35	2,95	0,38	1,68		6,01
			0,38	8,5	0,30	2,54	0,70			
			0,51	8,9	0,26	2,30	0,31			
							0,29			

9.3 Anhang 3 – Graphiken

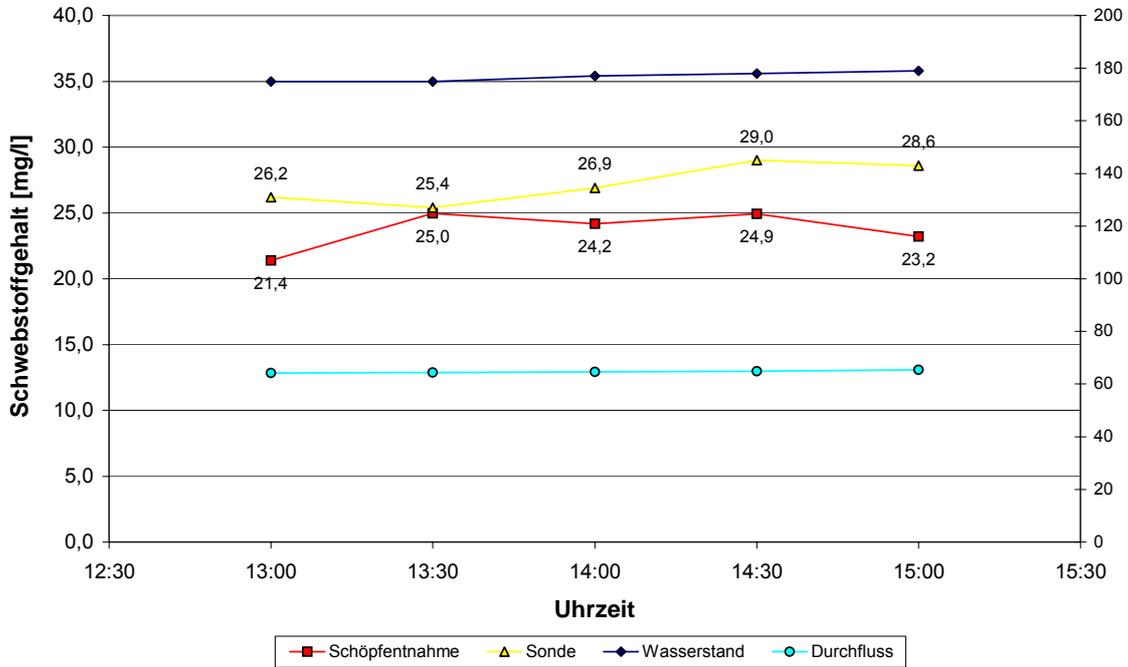
Admont/ Enns 08.08.2006

Vergleich Integrationsentnahme - Vielpunktentnahme
Admont/Enns 08.08.2006

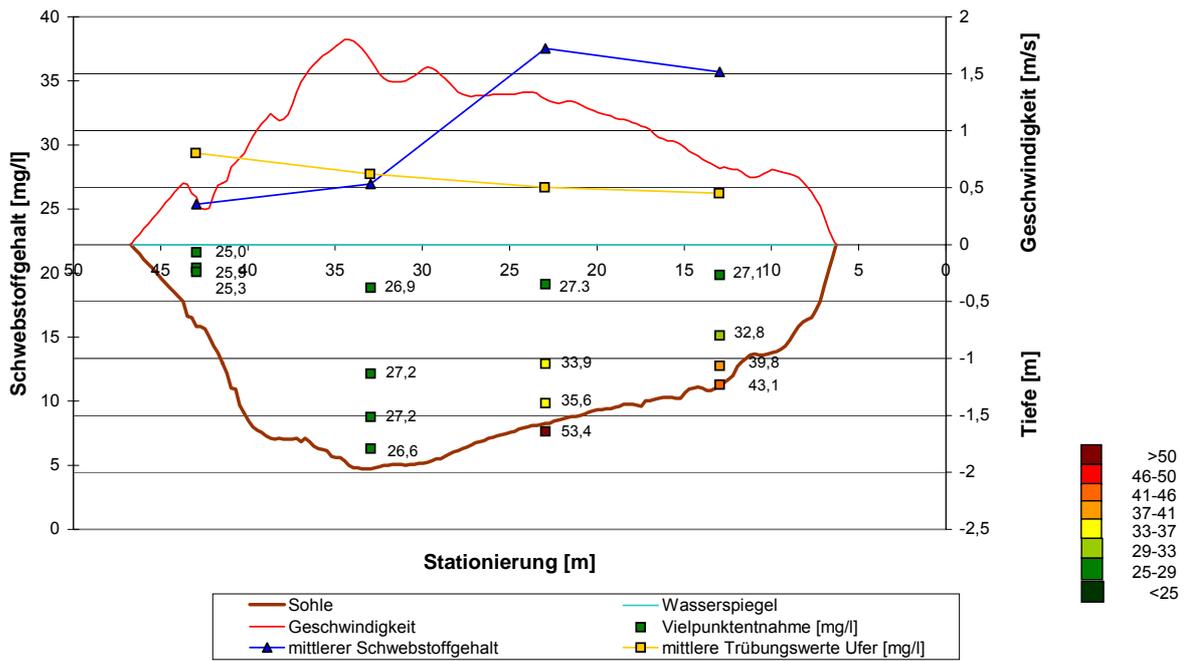


Admont/Enns 18.08.2006

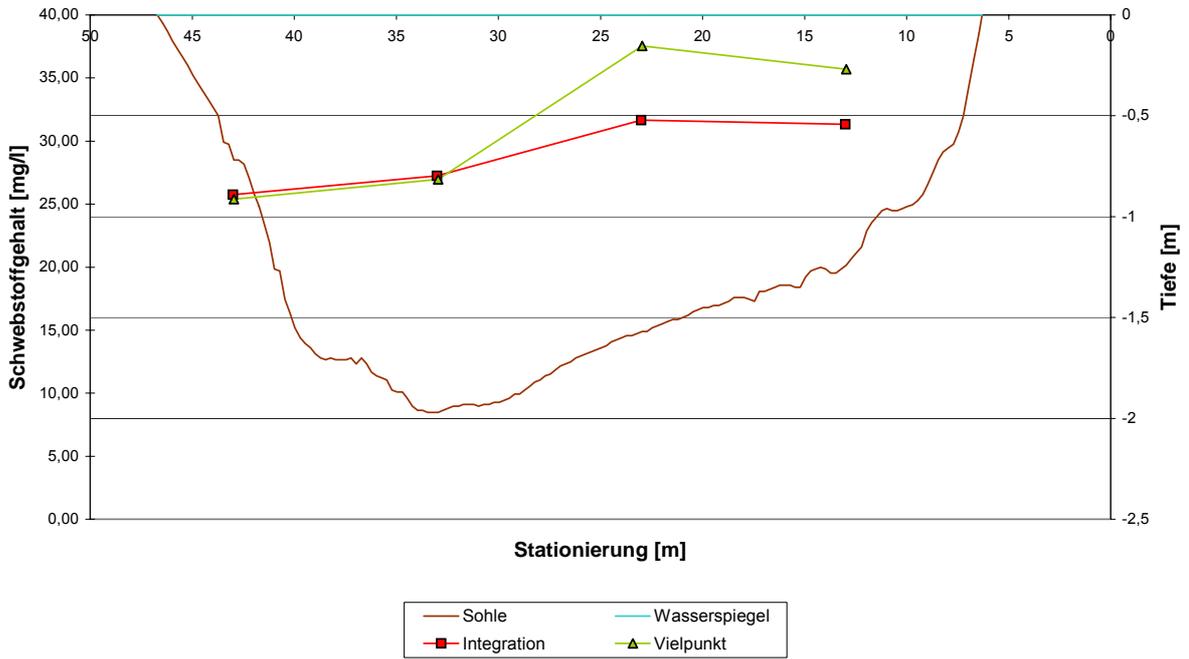
Dauerentnahme 18.08.2006



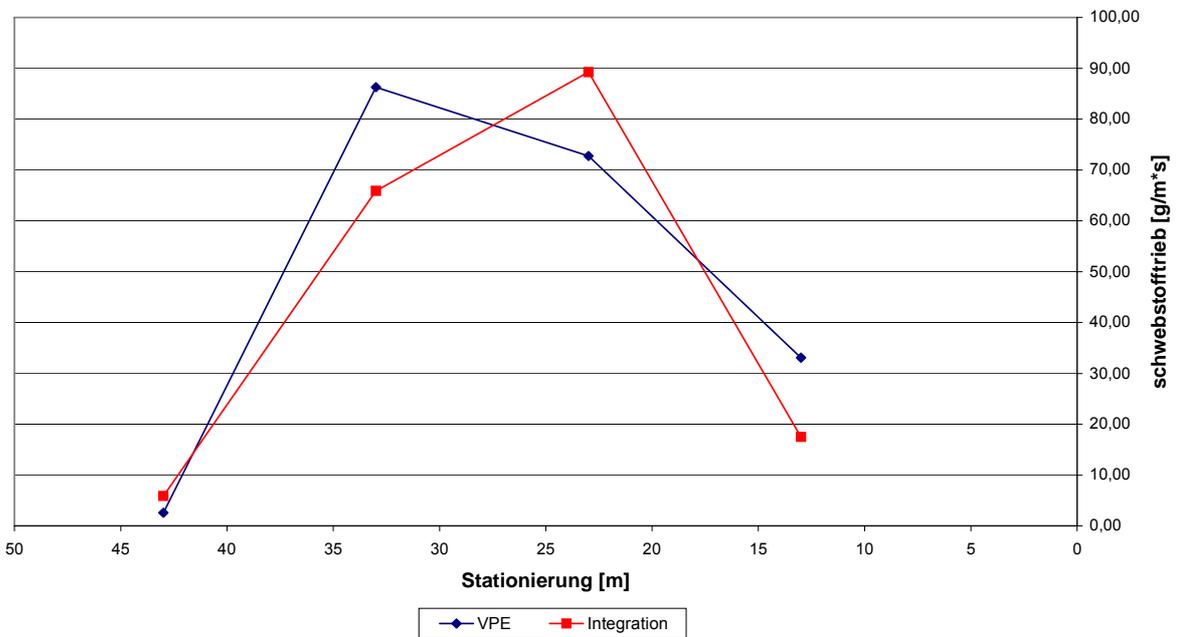
Vielpunktentnahme 18.08.06



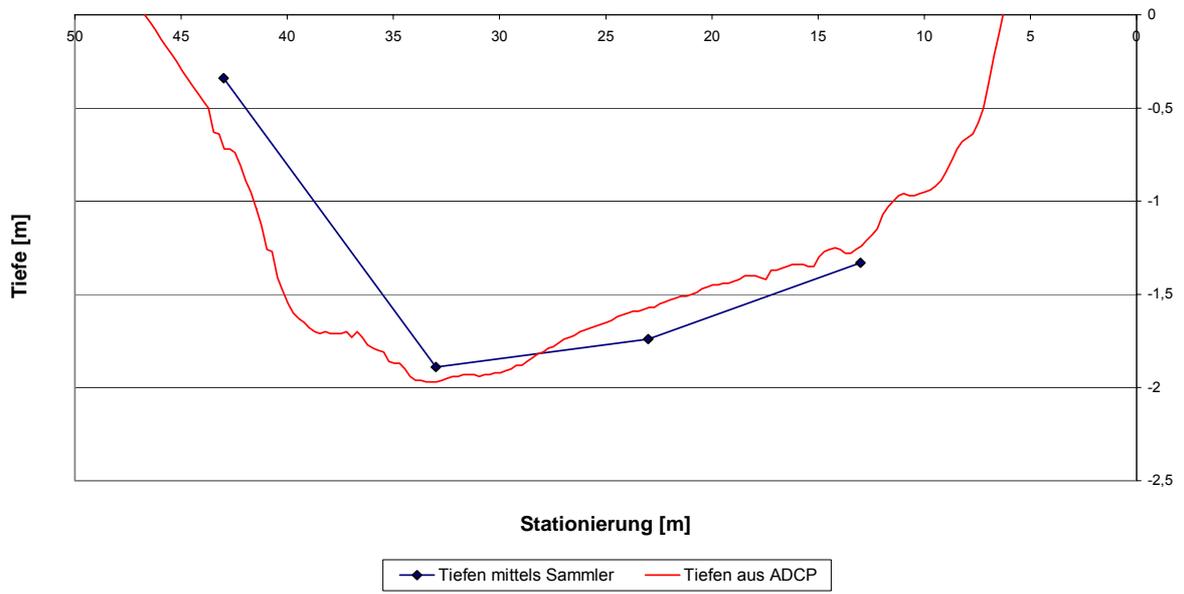
Vergleich Vielpunktentnahme - Integrationsentnahme



Vergleich Vielpunktentnahme - Integrationsentnahme
Admont/Enns 18.08.2006

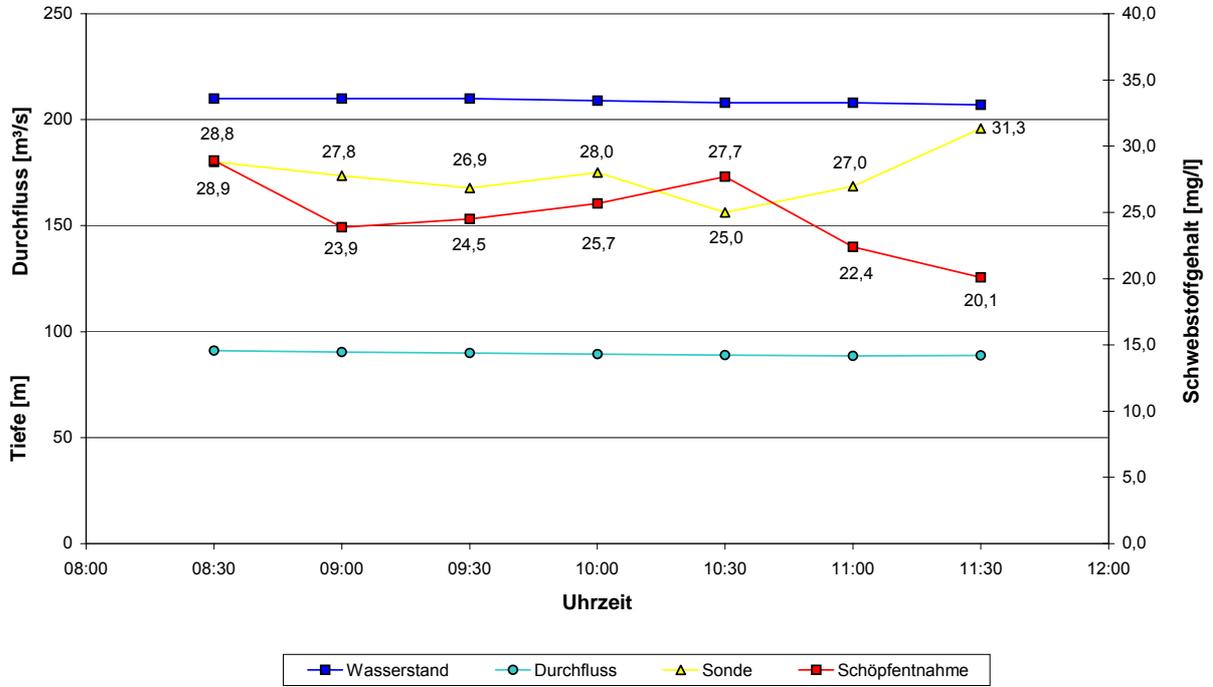


Tiefenvergleich 18.08.2006

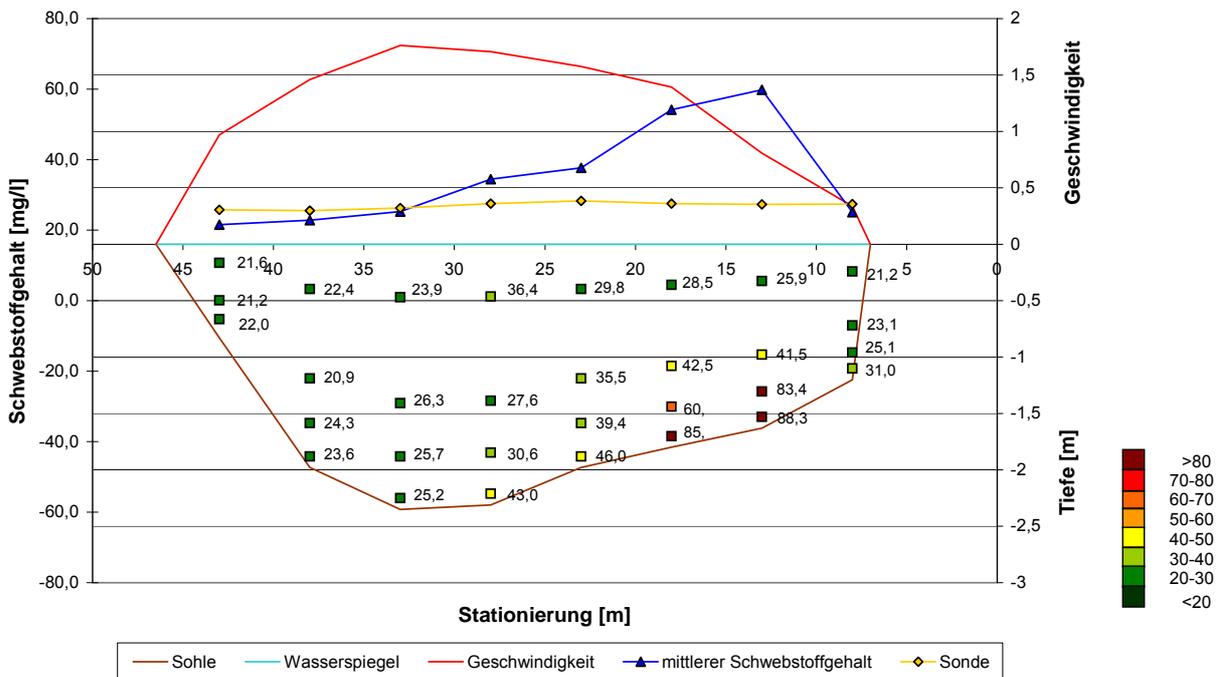


Admont/Enns 01. 09 2006

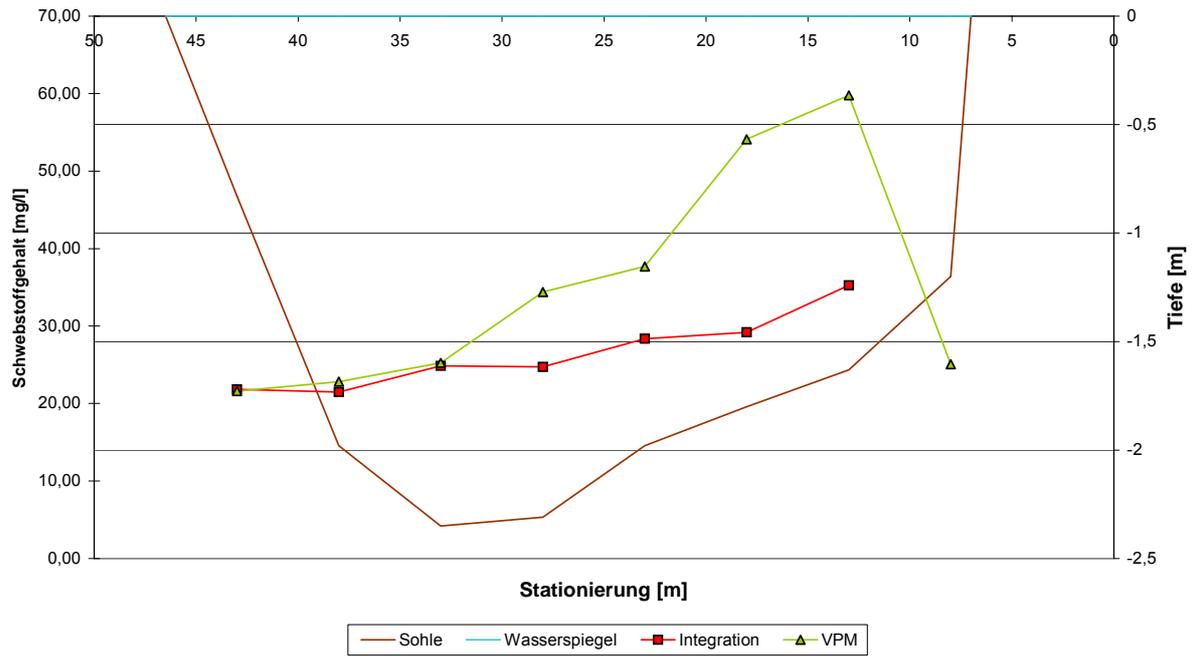
Dauerentnahme 01.09.2006



Vielpunktentnahme 01.09.2006

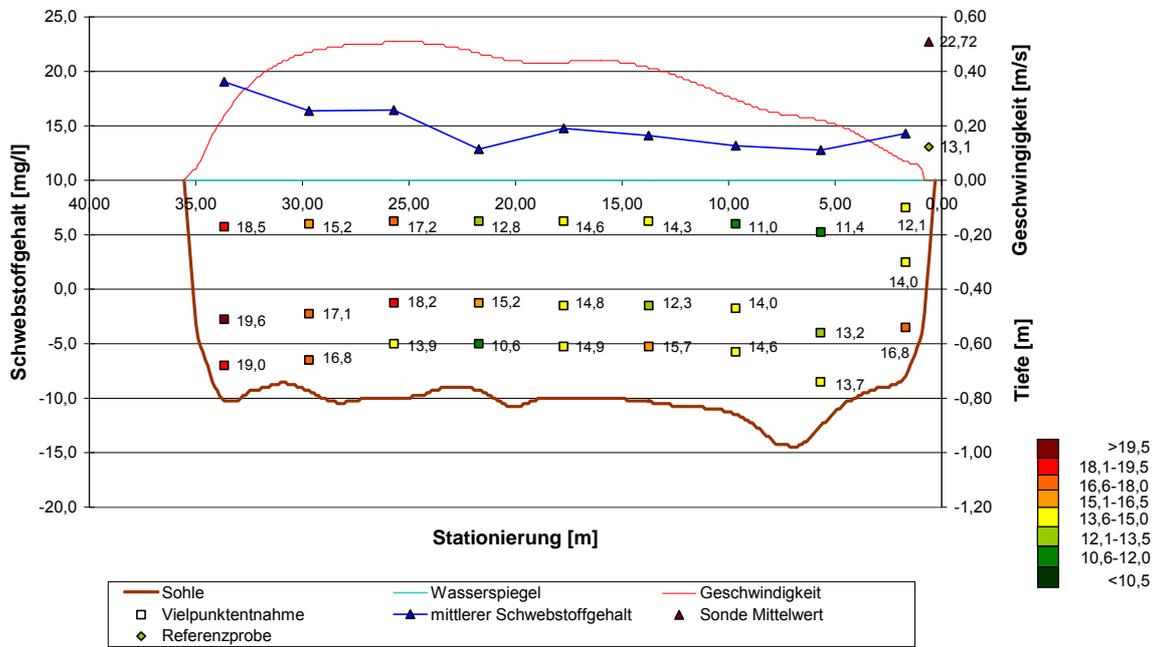


Vergleich Vielpunktentnahme - Integrationsentnahme

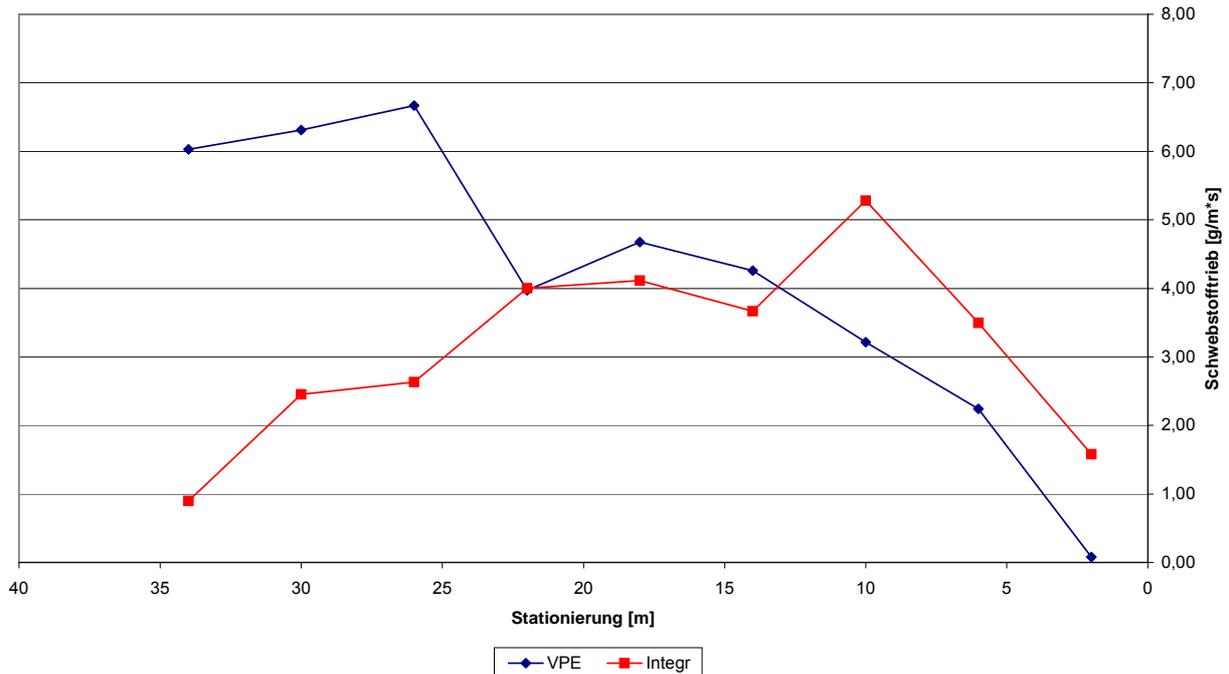


Leibnitz/Sulm 05.07.2006

Vielpunktentnahme 05.07.2006

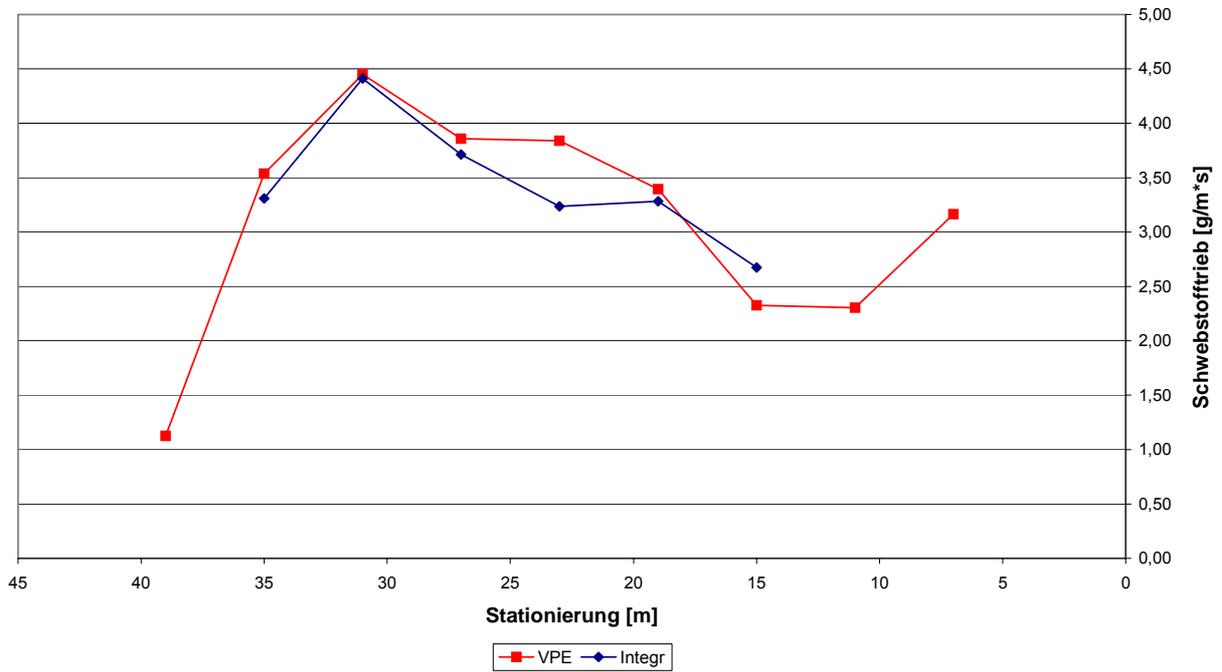


Vergleich Integrationsentnahme - Vielpunktentnahme
Leibnitz/Sulm 05.07.2006



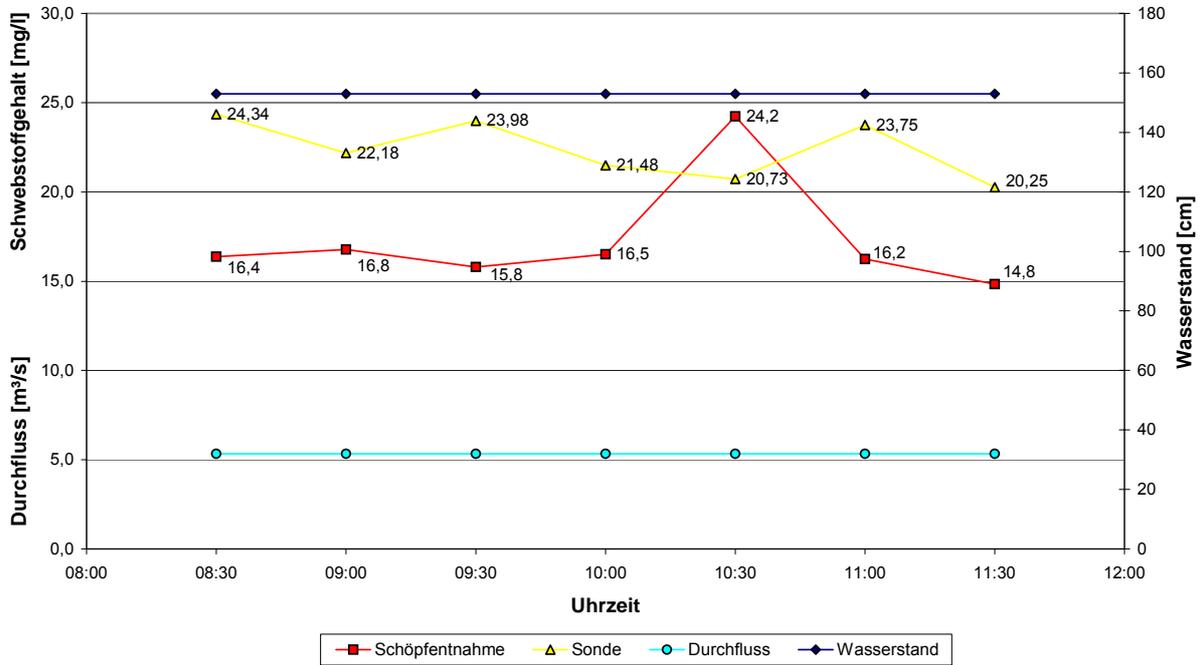
Leibnitz/Sulm 14.07.2006

Vergleich Vielpunktentnahme - Integrationsentnahme
Leibnitz/Sulm 14.07.2006



Leibnitz/Sulm 26.07.2006

Dauerentnahme 26.07.2006



Vielpunktentnahme 26.07.2006

