

BMBF-Förderschwerpunkt Elbe-Ökologie

Projekt 0339603

Bedeutung der Stillwasserzonen und des Interstitials für die Nährstoffelimination in der Elbe

Teilprojekt

***Untersuchung und Bilanzierung des Nährstofftransportes und –umsatzes im
Interstitial der Elbe***

Endbericht

ECOSYSTEM SAXONIA GmbH

Thomas-Müntzer-Platz 5

01307 Dresden

Leitung: Dr. Klaus-Peter Lange

Bearbeitung: Dipl.-Biol. Johannes Kranich

Dresden, Dezember 2003

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	10
1.1	Aufgabenstellung	10
1.2	Stand der Auftragsarbeiten	12
2	KENNTNISSTAND ZUM STOFFTRANSPORT UND –UMSATZ IM HYPORHEISCHEN INTERSTITIAL	14
2.1	Das hyporheische Interstitial	14
2.2	Austauschprozesse und Bedeutung der Kolmation im Interstitial	15
2.3	Grundwasserverhältnisse in der Oberen Elbe	21
2.4	Stoffumsatz und biologische Struktur im Interstitial	22
2.5	Schlussfolgerungen aus dem gegenwärtigen Kenntnisstand.....	27
3	UNTERSUCHUNGSMETHODIK	30
3.1	Untersuchungsgebiet	30
3.1.1	Dresden-Saloppe.....	32
3.1.2	Flussschleife Dresden-Übigau	33
3.1.3	Meißen-Siebeneichen.....	36
3.1.4	Belgern	38
3.2	Einsatz des Taucherschachtes.....	39
3.3	Abflusssituation	43
3.4	Probenahmeeinrichtungen	45
3.4.1	Vertikale und horizontale Entnahmeverrichtungen	45
3.4.2	Grundwasserpegel	47
3.5	Untersuchungsmethoden	49
3.5.1	Bestimmung hydraulischer Gradienten	49
3.5.2	Sedimentuntersuchungen	51
3.5.3	Analyse der Wasserbeschaffenheit und Stoffumsatzraten	55
3.5.4	Temperaturmessungen	56
3.5.5	Traceruntersuchung	57
3.5.6	Statistische Untersuchungen und Modellierung.....	58
4	ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN	59
4.1	Hydrologische Situation.....	59
4.2	Sedimentstruktur und hydraulische Durchlässigkeit	63
4.3	Untersuchungen in Dresden-Übigau	71
4.3.1	Infiltration, Exfiltration und Tiefengradienten.....	71
4.3.2	Sauerstoff-Haushalt.....	77
4.3.3	Stickstoff-Haushalt.....	80
4.3.4	Phosphor-Haushalt.....	86
4.3.5	Kleinräumige Unterschiede im oberflächennahen Interstitial.....	88
4.3.6	Vergleich des ufernahen Grundwassers	90

4.4	Untersuchungen in Meißen-Siebeneichen.....	92
4.5	Untersuchungen in Dresden-Altübigau	103
4.6	Vergleich mit Belgern	107
4.7	Multivariate Datenanalyse	108
4.8	Flussmitte und Uferrandbereich – Ergebnisse des Taucherschachteinsatzes	116
4.9	Tagesganguntersuchung Meißen	122
4.10	Temperaturmessung im Interstitial	127
4.10.1	Typische Temperaturmuster	129
4.10.2	Statistische Auswertung der Ganglinien	132
4.10.3	Transportparameter ρ und τ	142
4.10.4	Diffusions-/ Dispersionskoeffizient	147
4.10.5	Einfluss des Abflussgeschehens auf den Transport.....	148
4.10.6	Bedeutung einer veränderten Sedimentstruktur für den Transport	150
4.11	Untersuchungen zum Längstransport im Interstitial	151
4.12	Bilanzierung des Nährstoffumsatzes und -transports	154
4.13	Prozessbeschreibung und Modellierung.....	163
5	ZUSAMMENFASSUNG, DISKUSSION UND AUSBLICK.....	166
	LITERATUR.....	179

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lageplan des Untersuchungsorte an der Oberelbe und der oberen Mittelelbe (verändert nach BfG 1994)	32
Abb. 2: Probenahmestelle Dresden-Saloppe (Probenahmestelle TU Dresden)	32
Abb. 3: Zuordnung der eingeschätzten unterirdischen Teil-EZG zu der Probenahmestelle Saloppe	33
Abb. 4: Lage der Probenahmestellen im Bereich der Flussschleife Dresden-Übigau.....	34
Abb. 5: Teilprofil und Anordnung der ufernahen Interstitialmessstellen und Grundwasserpegel in Dresden-Übigau (km 62,2)	35
Abb. 6: Teileinzugsgebiet zur rechtsseitigen Probenahmestelle am Standort Dresden Übigau	36
Abb. 7: Lage der Probenahmestelle Meißen-Siebeneichen	37
Abb. 8: Teilprofil und Anordnung der ufernahen Interstitialmessstellen und Grundwasserpegel in Meißen-Siebeneichen (km 80,4).....	37
Abb. 9: Zuordnung der Teil-EZG zur Probenahmestelle Meißen-Siebeneichen	38
Abb. 10: Lage der Probenahmestelle Belgern (km 139,1)	39
Abb. 11: Einsatz des Taucherschachtes mit angehobenem Schacht (links) und mit abgesenktem Schacht (rechts) in Dresden	40
Abb. 12: Dresden-Übigau, Fluss-km 62,1-62,3 Lageplan der Messstellen des Taucherschachtes und der ufernahen Standardmessstelle.....	41
Abb. 13: Coswig, Fluss-km 233,2-233,4 Lageplan der Messstellen des Taucherschachtes .	42
Abb. 14: Magdeburg, Fluss-km 318,7-319,3 Lageplan der Messstellen des Taucherschachtes	43
Abb. 15: Wasserstand der Elbe in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 am Pegel Dresden (Tagesmittel in cm).....	44
Abb. 16 Probenahmetechnik (Tracerversuch) durch Interstitial-Multi-Level-Sonde im Vergleich mit den Ergebnissen der Temperaturmessung (LENK ET AL. 2000).....	45
Abb. 17: Installation der Probenahmestelle Altübigau mittels Verankerung einer Schute (links) und Probenahme direkt von der Schute (rechts).....	46
Abb. 18: Schematische Darstellung der horizontal eingebauten Beprobungsrohre (Material HDPE, geschlitztes Filterrohr).....	47
Abb. 19: Ufernahe Grundwasserpegel an der Messstelle Dresden-Übigau (links) und Altübigau (rechts).....	48
Abb. 20: Messprinzip und Abbildung des Piezometers (5fach-Anbindung) zur Bestimmung von Differenzdruckhöhen	49
Abb. 21: Prinzip der Wasserstands- und Grundwasserstandsmessung mittels Schlauchwaage	51
Abb. 22 Abhängigkeit der Porosität von der Ungleichförmigkeit und der Lagerung für Sande und Kiese (aus KITTNER ET AL. 1977, nach BEYER 1963)	52
Abb. 23: Beziehungen zwischen Gesamtporen-, Nutzporen- und Haftwasserraum in Abhängigkeit von der Korngröße klastischer Sedimente (aus MATTHES UND UBELL 1983)	53
Abb. 24: Proportionalitätsfaktoren C^* und C^{**} aus der Beziehung zwischen Ungleichförmigkeit, Durchlässigkeit und Durchlässigkeitsbeiwert für Sande und Kiese a) lockere Lagerung, b) mittlere natürliche Lagerung, c) dichte Lagerung (aus MATTHES UND UBELL 1983).....	54
Abb. 25: Vertikale Untersuchungskonstruktionen (von links nach rechts) Mehrfachtemperaturdatenlogger mit und ohne Oberflächensensor, Mehrfachprobennehmer für den Taucherschacht und Einfachprobennehmer (13 cm)	56

Abb. 26: Einschlagen der vertikalen Untersuchungskonstruktionen (links), installierte Datenloggerkonstruktion (Mitte; Magdeburg-Flussmitte) und geborgene Datenlogger im Taucherschacht (rechts)	57
Abb. 27: Wasserstand der Elbe (Tagesmittelwerte) am Pegel Dresden im Jahr 2000	60
Abb. 28: Wasserstand der Elbe (Tagesmittelwerte) am Pegel Dresden im Jahr 2001	60
Abb. 29: Wasserstandsänderungen [cm d^{-1}] der Elbe zum Vortag (Tagesmittelwerte) am Pegel Dresden im Jahr 2000.....	61
Abb. 30: Wasserstandsänderungen [cm d^{-1}] der Elbe zum Vortag (Tagesmittelwerte) am Pegel Dresden im Jahr 2001.....	61
Abb. 31: Häufigkeitsverteilung der täglichen Wasserstandsänderungen [cm d^{-1}] der Elbe am Pegel Dresden im Jahr 2000.....	62
Abb. 32: Häufigkeitsverteilung der täglichen Wasserstandsänderungen [cm d^{-1}] der Elbe am Pegel Dresden im Jahr 2001.....	62
Abb. 33: Korngrößenverteilung Dresden-Übigau (Ufernah und im Ufer von der Pegelbohrung).....	65
Abb. 34: Korngrößenverteilung Dresden-Saloppe, Meißen und Belgern (Ufernah).....	66
Abb. 35: Korngrößenverteilung Dresden-Übigau (Flussbett, Taucherschachteinsatz)	66
Abb. 36: Korngrößenverteilung Coswig (Flussbett, Taucherschachteinsatz)	67
Abb. 37: Korngrößenverteilung Magdeburg (Flussbett, Taucherschachteinsatz)	67
Abb. 38: Korngrößenverteilung Coswig (Buhne).....	68
Abb. 39: Vergleich der k_f -Werte aus der Bestimmung über den D10 in Abhängigkeit der Ungleichförmigkeit des Sedimentes der Elbe (alle Proben ufernah, Flussmitte, Pegelbohrung)	70
Abb. 40: Beispiele für Vertikalprofile von Leitfähigkeit, Wassertemperatur und Sauerstoff bezogen auf die Tiefe (z) an der Messstelle Dresden-Übigau vom 27.08.01 mit typischen vertikalen Gradienten und am 12.09.01 mit geringen Gradienten durch Infiltration von Oberflächenwasser bei gestiegenem Abfluss.....	72
Abb. 41: Zeitlicher Verlauf der Leitfähigkeit des Elbwassers und Interstitials an der Standardprobenahmestelle Dresden-Übigau (km 62,1) im Vergleich zum Wasserstand (Pegel Dresden).....	74
Abb. 42: Differenzdruckmessung von Interstitial und Grundwasser im Vergleich zum Oberflächenwasser (Dresden-Übigau, km 62,1) mit Darstellung des Wasserstandes (Pegel Dresden).....	74
Abb. 43: Zeitlicher Verlauf des pH-Wertes im Interstitial der Probenahmestelle Dresden-Übigau (km 62,1)	76
Abb. 44: Zeitlicher Verlauf des Sauerstoffprofils im ufernahen Interstitial Dresden-Übigau (km 62,1)	78
Abb. 45: Zeitlicher Verlauf der organischen Belastung im ufernahen Interstitial Dresden-Übigau (km 62,1)	80
Abb. 46: Beispiele für Vertikalprofile der Stickstoffkomponenten an der Probenahmestelle Dresden-Übigau vom 27.08.2001 (typische Gradienten, leichte Exfiltration) und am 12.09.2001 (Infiltration).....	82
Abb. 47: Zeitlicher Verlauf des Nitrats [$\text{mg l}^{-1}\text{NO}_3\text{-N}$] im Interstitial der Elbe (Dresden-Übigau km 62,1)	83
Abb. 48: Vergleich der Nitratgehalte [$\text{mg l}^{-1}\text{NO}_3\text{-N}$] und der Leitfähigkeit im Interstitial der Elbe (alle Daten und Tiefen, Dresden-Übigau km 62,1)	83
Abb. 49: Zeitlicher Verlauf des Ammoniums [$\text{mg l}^{-1}\text{NH}_4\text{-N}$] im Interstitial der Elbe (Dresden-Übigau km 62,1).....	85
Abb. 50: Ganglinien von Nitrit [$\text{mg l}^{-1}\text{NO}_2\text{-N}$] im Interstitial der Elbe (Dresden-Übigau km 62,1)	85

Abb. 51: Zeitlicher Verlauf des Gesamtphosphor-Gehaltes (TP) des Interstitials am Probenahmeort Dresden-Übigau (km 62,1)	86
Abb. 52: Vergleich der Konzentrationen von ortho-Phosphat (PO ₄ -P) und Gesamtphosphor (TP) im ufernahen Interstitial und im Freiwasser der Elbe in Dresden-Übigau (km 62,1).....	87
Abb. 53: Vergleich oberflächennaher Rohre im Interstitial (13 cm Tiefe) CSB und ortho-Phosphat (oPO ₄ -P) im ufernahen Interstitial an der Messstelle Dresden-Übigau (km 62,1) bei Abflüssen bis 300 m ³ s ⁻¹ (Median, Minimum, Maximum, 1. und 3.Quartil).....	89
Abb. 54: Vergleich des Grundwassers in Dresden-Übigau (Pegel 1; 1a; 3) und in Dresden-Altübigau (Pegel 4) auf Leitfähigkeit (je Datensatz n=9), Sauerstoff (n=9), pH (n=8), Nitrat (n=6), Nitrit (n=6) und Ammonium (n=6) (Median, Minimum, Maximum, 1. und 3.Quartil).....	92
Abb. 55: Typische Vertikalprofile von Leitfähigkeit, Wassertemperatur und Sauerstoff an der Messstelle Meißen-Siebeneichen vom 18.06.01 (Exfiltration) und vom 03.09.01 (Infiltration).....	94
Abb. 56: Zeitlicher Verlauf der Leitfähigkeit im Interstitials im Vergleich zum Abfluss (Pegel Dresden) am Probenahmeort Meißen-Siebeneichen	95
Abb. 57: Zeitlicher Verlauf des pH-Wertes im Interstitial der Probenahmestelle Meißen-Siebeneichen.....	95
Abb. 58: Zeitlicher Verlauf des Sauerstoffgehaltes im Interstitial am Probenahmeort Meißen-Siebeneichen.....	96
Abb. 59: Zeitlicher Verlauf der Ammoniumkonzentration im Interstitial am Probenahmeort Meißen-Siebeneichen.....	97
Abb. 60: Zeitlicher Verlauf der Nitritkonzentration im Interstitial am Probenahmeort Meißen-Siebeneichen.....	97
Abb. 61: Zeitlicher Verlauf des Nitrat-Gehaltes im Interstitial am Probenahmeort Meißen-Siebeneichen.....	98
Abb. 62: Vergleich des Nitrat-Gehaltes mit der Leitfähigkeit im Freiwasser und im Interstitial am Probenahmeort Meißen-Siebeneichen.....	98
Abb. 63: Zeitlicher Verlauf der organischen Belastung im Interstitial am Probenahmeort Meißen-Siebeneichen.....	100
Abb. 64: Typische Vertikalprofile der Stickstoffkomponenten an der Messstelle Meißen-Siebeneichen vom 18.06.01 (Exfiltration) und vom 03.09.01 (Infiltration).....	101
Abb. 65: Zeitlicher Verlauf des Gesamtphosphors an der Untersuchungsstelle in Meißen-Siebeneichen.....	102
Abb. 66: Vergleich der Konzentrationen von ortho-Phosphat und Gesamtphosphor (mg l ⁻¹) im Interstitial und im Freiwasser der Elbe in Dresden-Übigau	102
Abb. 67: Leitfähigkeit im Interstitial der Elbe an der ufernahen Messstelle in Dresden-Altübigau (km 60,5).....	104
Abb. 68: Leitfähigkeit im Interstitial der Elbe an der weiter zur Flussmitte gelegenen Messstelle in Dresden-Altübigau (km 60,5).....	104
Abb. 69: Sauerstoff im Interstitial der Elbe an der ufernahen Messstelle in Dresden-Altübigau (km 60,5).....	105
Abb. 70: Sauerstoff im Interstitial der Elbe an der weiter zur Flussmitte gelegenen Messstelle in Dresden-Altübigau (km 60,5).....	105
Abb. 71: N-Gradienten im Interstitial der Elbe an der uferfern und an der ufernah gelegenen Messstelle in Dresden-Altübigau (km 60,5) am 03.09.01.....	107
Abb. 72: Nitrat im Freiwasser und im Interstitial an der Messstelle Belgern	108
Abb. 73: Clusteranalyse aller Untersuchungen im Uferbereich (einzelne Proben je Messstelle, Messtiefe, Beprobungstermin) und der regelmäßig gemessenen Parameter (405 Datensätze).....	110

Abb. 74: Faktorenanalyse Freiwasser, alle Daten Dresden-Übigau, Altübigau und Meißen (78 gültige Datensätze).....	112
Abb. 75: Faktorenanalyse Interstitial Dresden-Übigau (114 gültige Datensätze)	115
Abb. 76: Faktorenanalyse Interstitial Meißen (96 gültige Datensätze); Faktor 3 (nicht dargestellt, 11,0 % der Varianz).....	115
Abb. 77: Gradienten von Leitfähigkeit, Nitrat-N und Nitrit-N von der Grenze zum Freiwasser bis ins Interstitial (0-40 cm Tiefe) im Querschnitt des Interstitials der Elbe vom rechten Ufer bis zur Flussmitte in Dresden (Taucherschachtaktion 12.06.2001, km 62,1, Transekt 1).....	117
Abb. 78: Gradienten von Nitrat-N [mg l^{-1}] im Interstitial (0-40 cm-Schicht) der Elbe im Flussquerschnitt (rechtes Ufer bis Flussmitte) in Dresden (12.06.2001) km 62,1 (Transekt 1) und km 62,2 (Transekt 2).....	118
Abb. 79: Sauerstoffgradienten [mg l^{-1}] im Interstitial (0-40 cm-Schicht) der Elbe im Flussquerschnitt (rechtes Ufer bis Flussmitte) in Dresden (12.06.2001) km 62,1 (Transekt 1) und km 62,2 (Transekt 2).....	119
Abb. 80: Modellvorstellung Stoffumsatz und -transport im Interstitial im Flussquerschnitt (ohne Längstransport).....	121
Abb. 81: Wasserstand [cm] (gemessen und Pegel Dresden zeitkorreliert für Meißen) und Anstiegsgeschwindigkeit [cm h^{-1}] (innerhalb von 4h) während der 48h-Untersuchung in Meißen (80,4)	123
Abb. 82: Differenzdruck [mm] zum Oberflächenwasser und Anstiegsgeschwindigkeit [cm h^{-1}] während der 48h-Untersuchung in Meißen (80,4).....	124
Abb. 83: Leitfähigkeit [$\mu\text{S cm}^{-1}$] und Anstiegsgeschwindigkeit [cm h^{-1}] während der 48h-Untersuchung in Meißen (80,4).....	125
Abb. 84: Wassertemperatur [$^{\circ}\text{C}$] und Anstiegsgeschwindigkeit [cm h^{-1}] während der 48h-Untersuchung in Meißen (80,4).....	126
Abb. 85: Phasenverschiebung der Temperatur des Oberflächenwassers zum Interstitial in Meißen (80,4)	127
Abb. 86: Abbildung Gesamttemperaturganglinie Ufer Dresden Übigau (km 62,1).....	128
Abb. 87: Muster der Temperaturgradienten (Dresden Flussmitte km 62,2, Stelle 4) mit den Phasen hoher Tagesamplituden, Abkühlung und Wasserstandsänderung.....	130
Abb. 88: Muster der Temperaturgradienten (Dresden ufernah km 62,1, Standardmessstelle) mit den Phasen hoher Tagesamplituden, Abkühlung und Wasserstandsänderung.....	130
Abb. 89: Vergleich von Oberflächenwassertemperaturen der Elbe an verschiedenen Messstellen (3 Tagesgänge).....	131
Abb. 90: Vergleich der Wassertemperatur im Interstitial (13, 25 und 40 cm) mit der Oberflächenwassertemperatur (Dresden, km 62,2 Flussmitte, 12.06.-28.08.02).....	134
Abb. 91: Vergleich der p-Parameter mit und ohne Korrektur der Phasenverschiebung im Verhältnis zu Tiefe	136
Abb. 92: Rohdaten der Wassertemperaturen aus Oberflächenwasser und Interstitial (Dresden-Flussmitte, km 62,2, Beispiel 23.08.-06.09.01).....	137
Abb. 93: deep pass filtered – Bestimmung der 24 h-Gleitmittel der Wassertemperaturen zur Trendbereinigung (Dresden-Flussmitte, km 62,2, Beispiel 23.08.-06.09.01)	137
Abb. 94: high pass filtered – trendbereinigte Wassertemperaturen bezogen auf die 24 h Gleitmittelwerte (Dresden-Flussmitte, km 62,2, Beispiel 23.08.-06.09.01).....	138
Abb. 95: Kreuzkorrelation zwischen der Temperatur im Oberflächenwasser und in den Tiefenhorizonten des Interstitials (Dresden-Flussmitte, km 62,2, Beispiel 12.06.-28.08.01)	141
Abb. 96: Vergleich der Phasenverschiebung und der Tiefe im Interstitial aus den Temperaturganglinien (Dresden-Flussmitte, km 62,2, Beispiel 12.06.-28.08.01).....	142

Abb. 97: Abfluss der Elbe (Pegel Dresden) und Auftrennung in Abschnitte unter und über $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	149
Abb. 98: Einbruch der Temperaturkurven im Interstitial durch eine Sedimentstörung (Dresden, ufernah, km 61,8)	151
Abb. 99: Temperaturganglinie beim Tracerversuch am 20.09.00 an der Untersuchungsstelle Dresden-Übigau.....	152
Abb. 100: Ganglinie der Leitfähigkeit beim Tracerversuch am 20.09.00 an der Untersuchungsstelle Dresden-Übigau.....	153
Abb. 101: Durchfluss (DARCY) durch eine 0,25m Schicht des Interstitials in Abhängigkeit des Differenzdrucks an verschiedenen ufernahen Messstellen bezogen auf 1 m^2 Fläche.....	156
Abb. 102: Abstandsgeschwindigkeit v_A (berechnet, negativ...Exfiltration, positiv...Infiltration) im ufernahen Interstitial bei den Probenahmen und Wasserstandsganglinie.....	157
Abb. 103: Abhängigkeit der Abstandsgeschwindigkeit v_A (berechnet, negativ...Exfiltration, positiv...Infiltration) im ufernahen Interstitial bei den Probenahmen vom Wasserstand ..	158
Abb. 104: Vertikalgradienten des Stoffumsatzes (Jahresmittelwerte) im Parafluvial (ufernahes Interstitial) in Meißen.....	160
Abb. 105: Substratlimitierung des $\text{NH}_4\text{-N}$ -Umsatzes im Parafluvial (ufernahes Interstitial) bei steigenden Wassertemperaturen	160
Abb. 106: Abhängigkeit der Respiration im Parafluvial (ufernahes Interstitial) von der Wassertemperatur	161
Abb. 107: Vergleich des $\text{NO}_3\text{-N}$ -Umsatzes im Parafluvial (ufernahes Interstitial) mit der Wassertemperatur (weitere Abhängigkeiten z.B. Stofftransport).....	162

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Gegenüberstellung der Charakteristika der einzelnen Untersuchungsorte.....	31
Tab. 2: Untersuchungsparameter und Methoden bei der Untersuchung des Elbeinterstitials.....	55
Tab. 3: Parameter der Korngrößenstruktur an den verschiedenen Messstellen der Elbe.....	64
Tab. 4: Porosität in Abhängigkeit der Sedimentlagerung und k_f -Durchlässigkeitsbeiwerte der Elbsedimente.....	69
Tab. 5: Statistischer Vergleich oberflächennaher Rohre im Interstitial (13 cm Tiefe) an der Messstelle Dresden-Übigau (km 62,1); Rohre longitudinal in Fließrichtung angeordnet (je 5 m Abstand) Daten bei Abfluss $< 300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	90
Tab. 6: Statistischer Vergleich des Grundwassers in Dresden-Übigau.....	91
Tab. 7: Potenzielle Stoffumsatzraten im Interstitial der Flussmitte, Ufernah und im Bühnenfeld bezogen auf das Sedimentvolumen (nach Daten TU Dresden, IGB Berlin).119	
Tab. 8: Analysendaten des Oberflächenwassers und Interstitials der Flussmitte in Dresden und Magdeburg (Mittelwerte) bei den Untersuchungen mit dem Taucherschacht.....	122
Tab. 9: Phasenverschiebung der Temperaturganglinien in Meißen (03.07.-28.08.2001)	127
Tab. 10: Kenngrößen der Temperaturmessung und Häufigkeitsverteilung (Dresden km 62,1 ufernah, Jahr 2001).....	128
Tab. 11: Einfluss der Phasenverschiebung auf den p-Parameter (Dresden, km 62,2, Flussmitte, Daten 06-08/2002).....	135
Tab. 12: p-Parameter und Bestimmtheitsmaß der zugehörigen linearen Regression für den Zeitraum 06-08.01.....	143
Tab. 13: Phasenverschiebung τ_w und Korrelationskoeffizient r der Kreuzkorrelation für den Zeitraum 06-08.01.....	145
Tab. 14: Transportmodellparameter $\Delta p/\Delta z$ und $\Delta \tau_w/\Delta z$ für den Zeitraum 06-08.01.....	147
Tab. 15: Diffusions-/ Dispersionskoeffizienten D	148
Tab. 16: Abhängigkeit der Transportmodellparameter $\Delta p/\Delta z$ und $\Delta \tau_w/\Delta z$ von den Abflussphasen für den Zeitraum 06-10.01.....	149
Tab. 17: Ergebnisse der Berechnungen zu den Stoffumsatzraten im Parafluvial / Interstitial bezogen auf das aktive Sedimentvolumen („Sommer“: 05/06...11/12).....	159
Tab. 18: Bilanz Umsatzraten im Interstitial / Parafluvial pro Flusskilometer („Sommer“: 05/06...11/12).....	162