

**Einfluss von Umweltfaktoren
auf die Verteilung der Chironomiden
(Insecta, Diptera)
in Bühnenfeldern der Elbe**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum naturalium
(Dr. rer. nat.)

vorgelegt dem
Fachbereich Biologie/Zoologie
der Philipps-Universität Marburg
von
Elisabeth Gück (geb. Wunsch)
Diplom-Biologin
aus Möhnesee-Körbecke

Marburg an der Lahn, im Oktober 2003

Vom Fachbereich Biologie/Zoologie der Philipps-Universität Marburg

als Dissertation am angenommen.

Erstgutachter

Prof. Dr. H.-W. Bohle

Zweitgutachter

Prof. Dr. L. Beck

Tag der mündlichen Prüfung:

Inhalt

1	Abbildungen	5
2	Tabellen.....	7
3	Gleichungen	10
4	Einleitung.....	11
5	Das Untersuchungsgebiet	13
5.1	Die Elbe	13
5.2	Die Bühnenfelder	14
5.2.1	Bühnenfeld 1	16
5.2.2	Bühnenfeld 2	17
5.2.3	Bühnenfeld 3	18
5.2.4	Bühnenfeld 4	19
5.2.5	Bühnenfeld 5	20
6	Methoden	21
6.1	Methoden zur Erfassung der Chironomiden.....	21
6.1.1	Auswahl der Probenahmestellen	21
6.1.2	Allgemeines.....	21
6.1.3	Fangmethoden	22
6.1.4	Aquarienaufzuchten	22
6.2	Nomenklatur der Proben.....	23
6.3	Nomenklatur der Taxa	24
6.4	Berechnung der Abundanzen der Chironomiden	25
6.5	Methoden zur Erfassung der Umweltparameter.....	26
6.5.1	Korngrößenbestimmung.....	26
6.5.2	Strömungsgeschwindigkeit	26
6.5.3	Organischer Gehalt	26
6.5.4	Physikalische Parameter im Wasser gemessen	27
6.5.5	Pegel	27
6.5.6	Modellierung.....	27
6.6	Nomenklatur der Umweltparameter.....	27
6.7	Methoden zur Berechnung der Dominanzstrukturen der Fauna	30
6.8	Statistische Methoden	31
6.8.1	Clusteranalyse	31
6.8.2	Ordination.....	32
6.8.3	Ordinationsdiagramm.....	35
6.8.4	Generalized Linear Model (GLM).....	36
7	Charakteristika der Bühnenfelder	37
8	Taxazahlen und Dominanzstrukturen.....	39
8.1	Taxazahlen	39
8.2	Dominanzstrukturen.....	42
8.2.1	Dominanzstrukturen im Weichsubstrat	42
8.2.2	Dominanzstrukturen auf Harts substrat	46
8.2.3	Dominanzstrukturen im Weichsubstrat der einzelnen Bühnenfelder	47
8.2.4	Fazit	56
8.3	Clusteranalyse	58

9	Voranalysen	63
9.1	Die Substrattypen Hart- und Weichsubstrat	63
9.2	Schlüpfstage in den Aquarienaufzuchten.....	63
9.2.1	Weichsubstrat	64
9.2.2	Hartsubstrat.....	66
9.2.3	Resümee.....	68
9.3	Eklektorstandzeiten	68
10	Methoden zur Erfassung der Chironomidenfauna	70
10.1	Ergebnisse	70
10.1.1	Benthosproben und Aquarienproben	70
10.1.2	Benthosproben im Weichsubstrat und Eklektorproben	76
10.1.3	Aquarienproben im Weichsubstrat und Eklektorproben.....	79
10.2	Diskussion.....	83
10.2.1	Benthosproben und Aquarienproben	83
10.2.2	Benthosproben und Eklektorproben.....	84
10.2.3	Larven und Imagines.....	84
10.2.4	Aquarienproben und Eklektorproben	86
10.3	Resümee.....	87
11	Korrelationen der Chironomidenverbreitung mit Umweltparametern	90
11.1	Ergebnisse	90
11.1.1	Benthosproben Weichsubstrat	90
11.1.2	Eklektorproben	102
11.1.3	Aquarienproben Weichsubstrat.....	110
11.1.4	Benthosproben Hartsubstrat	116
11.1.5	Aquarienproben Hartsubstrat	122
11.2	Diskussion.....	128
11.2.1	Modellierte Parameter	129
11.2.2	Organischer Gehalt	129
11.2.3	Sauerstoffgehalt	130
11.2.4	pH Wert	130
11.2.5	Jahresverlauf.....	130
11.2.6	Strömungsgeschwindigkeit	133
11.2.7	Sedimentbeschaffenheit.....	137
11.2.8	Präferenzen der Taxa zu Strömungsgeschwindigkeit und Substratbeschaffenheit	139
11.2.9	Verhalten ausgewählter Arten auf Strömung und Substrat mit Literaturvergleich.....	141
12	Zusammenfassung	149
13	Literatur	151
14	Anhang	158

1 Abbildungen

Abb. 1.	Das Untersuchungsgebiet.....	14
Abb. 2.	schematisierte Ansicht eines Bühnenfeldes.....	15
Abb. 3.	Bühnenfeld 1: Ekm 418,1 (rechts) bei Niedrigwasser, Eklektor rechts im Bild	16
Abb. 4.	Bühnenfeld 2: Ekm 419,9 (links) bei Niedrigwasser, Eklektor links im Bild	17
Abb. 5.	Bühnenfeld 3: Ekm 423,1 (rechts) bei Niedrigwasser, Eklektor nahe der Bühne	18
Abb. 6.	Bühnenfeld 4: Ekm 425,0 (rechts) bei Niedrigwasser, Blick auf trocken gefallene Uferflächen	19
Abb. 7.	Bühnenfeld 5: Ekm 427,2 (links) bei Mittelwasser.....	20
Abb. 8.	schematisierte Ansicht eines Bühnenfeldes mit eingezeichneten Probenahmestellen	23
Abb. 9.	Pegel Havelberg: durchschnittliche Pegelwerte der Jahre 1998 u. 1999	38
Abb. 10.	Dendrogramm der Clusteranalyse der Benthosproben Weichsubstrat (Pns).....	59
Abb. 11.	Dendrogramm der Clusteranalyse der Benthosproben Weichsubstrat (häufigste Taxa)	60
Abb. 12.	Dendrogramm der Clusteranalyse der Benthosproben Weichsubstrat (sporadisch auftretende Taxa)	61
Abb. 13.	Ordinationsdiagramm der CA zur Besiedlung der Chironomiden von Hart-und Weichsubstrat (1. u. 2. Achse).....	63
Abb. 14.	Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Schlüpfstage in den Aufzuchten aus dem Weichsubstrat (1. u. 2. Achse).....	65
Abb. 15.	Schlüpfstage in den Aufzuchten aus dem Weichsubstrat: Rheophile Arten.....	66
Abb. 16.	Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Schlüpfstage in den Aufzuchten auf Harts substrat (1. u. 2. Achse).....	67
Abb. 17.	Schlüpfstage auf Harts substrat: Rheophile Arten.....	68
Abb. 18.	Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Eklektorstandzeiten (1. u. 2. Achse)	69
Abb. 19.	Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Benthosproben und Aquarienproben im Weichsubstrat (1. u. 3. Achse) (nur Proben).....	71
Abb. 20.	Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Benthosproben und Aquarienproben im Weichsubstrat (1. u. 3. Achse) (Proben und Taxa)	72
Abb. 21.	Ordinationsdiagramm der PCA zur Untersuchung der Benthosproben und Aquarienproben Harts substrat (1. u. 2. Achse) (nur Proben).....	74
Abb. 22.	Ordinationsdiagramm der PCA zur Untersuchung der Benthosproben und Aquarienproben auf Harts substrat (1. u. 2. Achse) (Proben und Taxa)	75
Abb. 23.	Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Benthosproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (1. u. 2. Achse) (nur Proben)	77
Abb. 24.	Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Benthosproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (1. u. 2. Achse) (Proben und Taxa)	78
Abb. 25.	Ordinationsdiagramm der PCA zur Untersuchung der Aquarienproben und Eklektorfänge im Weichsubstrat (1. u. 2. Achse) (nur Proben)	80
Abb. 26.	Ordinationsdiagramm der PCA zur Untersuchung der Aquarienproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (1. u. 2. Achse) (Proben und Taxa)	81
Abb. 27.	Ordinationsdiagramm der RDA Benthosproben Weichsubstrat (2. u. 3. Achse) (Umweltparameter und Proben Probenahmemonate hervorgehoben)	94
Abb. 28.	Ordinationsdiagramm der RDA Benthosproben Weichsubstrat (2. u. 3. Achse) (Umweltfaktoren, Proben und Taxa, Probenahmemonate hervorgehoben).....	95
Abb. 29.	GLM Benthosproben Weichsubstrat, Umgebungsfaktor Jahresverlauf (Monatzz) gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²).....	96
Abb. 30.	Ordinationsdiagramm der RDA der Benthosproben Weichsubstrat (1. u. 2. Achse).....	97

Abb. 31.	Ordinationsdiagramm der RDA Benthosproben Weichsubstrat (1.u. 2. Achse).....	98
Abb. 32.	GLM Benthosproben Weichsubstrat; Umweltparameter Korndurchmesser (mm) gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²).....	99
Abb. 33.	GLM Benthosproben Weichsubstrat; Umgebungsfaktor Strömungsgeschwindigkeit (m/s) gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²).....	100
Abb. 34.	Ordinationsdiagramm der RDA Benthosproben Weichsubstrat (1.u.2. Achse).....	101
Abb. 35.	Ordinationsdiagramm der RDA Benthosproben Weichsubstrat (1.u. 2. Achse).....	102
Abb. 36.	Ordinationsdiagramm der RDA der Eklektorproben (1. u. 2. Achse).....	106
Abb. 37.	Model responses Eklektorproben; Umgebungsfaktor kleinste gemessene Wassertemperatur (TtmpMna2) gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²)	107
Abb. 38.	Ordinationsdiagramm der RDA der Eklektorproben (1. u. 2. Achse).....	108
Abb. 39.	GLM Eklektorproben; Umgebungsfaktor Strömungsgeschwindigkeit (m/s) gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²).....	109
Abb. 40.	GLM Eklektorproben; Umgebungsfaktor Korndurchmesser (mm) gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²).....	110
Abb. 41.	Ordinationsdiagramm der RDA der Aquarienproben Weichsubstrat (1. u. 2. Achse)...	113
Abb. 42.	GLM Aquarienproben Weichsubstrat; Umgebungsfaktor kleinste gemessene Wassertemperatur (TtmpMna2) gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²)	114
Abb. 43.	Ordinationsdiagramm der RDA der Aquarienproben Weichsubstrat (1. u. 2. Achse)...	115
Abb. 44.	GLM Aquarienproben Weichsubstrat; Umgebungsfaktor Strömungsgeschwindigkeit (m/s) gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²).....	116
Abb. 45.	Ordinationsdiagramm der RDA der Benthosproben Harts substrat (1. u. 2. Achse)	119
Abb. 46.	Ordinationsdiagramm der RDA der Benthosproben auf Harts substrat (1. u. 2. Achse)	120
Abb. 47.	Ordinationsdiagramm der RDA der Benthosproben auf Harts substrat (1. u. 2. Achse)	121
Abb. 48.	GLM Benthosproben auf Harts substrat; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (ln (Individuen/m ²))	122
Abb. 49.	Ordinationsdiagramm der RDA der Aquarienproben Harts substrat (1. u. 3. Achse)	125
Abb. 50.	Ordinationsdiagramm der RDA der Aquarienproben Harts substrat (1. u. 3. Achse)	126
Abb. 51.	GLM Aquarienproben Harts substrat; Umgebungsfaktor mittlere Wassertemperatur gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²).....	127
Abb. 52.	GLM Aquarienproben Harts substrat; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (ln Individuen/m ²).....	128

2 Tabellen

Tab. 1.	Nomenklatur der Proben.....	24
Tab. 2.	Nomenklatur der Taxa	24
Tab. 3.	Flächenumrechnungsfaktoren	25
Tab. 4.	Nomenklatur der Umweltparameter	28
Tab. 5.	Dominanzklassen (nach ENGELMANN 1978).....	31
Tab. 6.	Interpretation der Korrelationskoeffizienten.....	33
Tab. 7.	Irrtumswahrscheinlichkeit und Signifikanzniveau	35
Tab. 8.	Verteilung der durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeiten in den Bühnenfeldern	37
Tab. 9.	Verteilung des durchschnittlichen Korndurchmessers [mm] in den Bühnenfeldern	37
Tab. 10.	Verteilung des durchschnittlichen organischen Gehalts [%] in den Bühnenfeldern....	37
Tab. 11.	Anzahl der Taxa und Proben nach Untersuchungsjahren getrennt.....	39
Tab. 12.	Anzahl der Taxa nach Bühnenfeldern getrennt.....	39
Tab. 13.	Taxaliste.....	40
Tab. 14.	Zuordnung der Taxa in Unterfamilien und Tribus.....	41
Tab. 15.	Anzahl der Taxa und Proben nach Erfassungsmethoden und Untersuchungsjahren getrennt	41
Tab. 16.	Anzahl der Taxa und Proben nach Erfassungsmethoden getrennt.....	42
Tab. 17.	Dominanzstrukturen im Weichsubstrat	43
Tab. 18.	Erläuterung zur Klassifizierung der Abundanzen	46
Tab. 19.	Dominanzstrukturen auf Harts substrat	46
Tab. 20.	Dominanzstrukturen in Bühnenfeld 1.....	48
Tab. 21.	Dominanzstrukturen in Bühnenfeld 2.....	50
Tab. 22.	Dominanzstrukturen in Bühnenfeld 3.....	52
Tab. 23.	Dominanzstrukturen in Bf 4	54
Tab. 24.	Dominanzstrukturen in Bühnenfeld 5.....	55
Tab. 25.	Hauptarten aller Bühnenfelder (Bf).....	57
Tab. 26.	Kenngößen der CA der Schlüpfstage in den Aquarienproben aus dem Weichsubstrat..	64
Tab. 27.	Kenngößen der CA Schlüpfstage in den Aquarienproben auf Harts substrat.....	66
Tab. 28.	Kenngößen der CA der Eklektorstandzeiten	69
Tab. 29.	Kenngößen der CA der Benthosproben und Aquarienproben Weichsubstrat.....	71
Tab. 30.	Benthosproben und Aquarienproben im Weichsubstrat (Taxaliste)	72
Tab. 31.	Kenngößen der PCA der Benthosproben und Aquarienproben Harts substrat.....	73
Tab. 32.	Benthosproben und Aquarienproben Harts substrat (Taxaliste)	75
Tab. 33.	Kenngößen der Ca der Benthosproben im Weichsubstrat und Eklektorproben	76
Tab. 34.	Benthosproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (Taxaliste).....	78
Tab. 35.	Kenngößen der CA der Aquarienproben im Weichsubstrat und Eklektorproben	79
Tab. 36.	Aquarienproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (Taxaliste)	81
Tab. 37.	Ausgewählte Taxa aller drei verwendeten Methoden	85
Tab. 38.	Vor und Nachteile der drei verwendeten Fangmethoden zur Erfassung der Chironomidenfauna in Bühnenfeldern	87
Tab. 39:	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller Variablen (Benthosproben Weichsubstrat)	91
Tab. 40.	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Benthosproben Weichsubstrat)	92
Tab. 41.	Kenngößen der RDA der Benthosproben Weichsubstrat	92
Tab. 42.	Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Benthosproben Weichsubstrat)	93

Tab. 43.	Korrelationskoeffizienten der Taxa mit den Umweltparameter (Benthosproben Weichsubstrat)	93
Tab. 44:	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller Umweltvariablen (Eklektorproben).....	102
Tab. 45:	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Eklektorproben).....	104
Tab. 46.	Kenngößen der RDA der Eklektorproben	104
Tab. 47:	Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Eklektorproben).....	104
Tab. 48:	Korrelationskoeffizienten der Taxa mit den Umweltparametern (Eklektorproben).....	105
Tab. 49:	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen (Aquarienproben Weichsubstrat)	110
Tab. 50:	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Aquarienproben Weichsubstrat)	111
Tab. 51.	Kenngößen der RDA (Aquarienproben Weichsubstrat).....	111
Tab. 52.	Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Aquarienproben Weichsubstrat)	112
Tab. 53.	Korrelationsmatrix Umweltparameter und Arten (Aquarienproben Weichsubstrat).....	112
Tab. 54.	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen (Benthosproben Hartsustrat)	116
Tab. 55.	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Benthosproben Hartsustrat)	117
Tab. 56.	Kenngößen der RDA der Benthosproben Hartsustrat.....	117
Tab. 57	Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Benthosproben Hartsustrat).....	118
Tab. 58.	Korrelationskoeffizienten der Taxa mit den Umweltparametern (Benthosproben Hartsustrat).....	118
Tab. 59.	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen (Aquarienproben Hartsustrat)	122
Tab. 60.	Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Aquarienproben Hartsustrat)	123
Tab. 61.	Kenngößen der RDA der Aquarienproben Hartsustrat	124
Tab. 62.	Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Aquarienproben Hartsustrat)	124
Tab. 63.	Korrelationskoeffizienten der Taxa mit den Umweltparametern (Aquarienproben Hartsustrat).....	124
Tab. 64.	Vergleich ausgewählter Taxa aus den Benthosproben und Eklektorproben	131
Tab. 65.	Einteilung der Taxa nach Abundanzmaximum.....	132
Tab. 66.	Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,0 bis 0,1 m/s (Ergebnisse der GLM).....	134
Tab. 67.	Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,1 bis 0,2 m/s (Ergebnisse der GLM).....	135
Tab. 68.	Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,3 bis 0,4 m/s (Ergebnisse der GLM).....	135
Tab. 69.	Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten von $\geq 0,6$ m/s (Ergebnisse der GLM)	135
Tab. 70.	Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten von 1,0 m/s (Ergebnisse der GLM)	135
Tab. 71.	Arten mit höchsten Abundanzen bei einem Korndurchmesser von ca. 0,09 mm (feiner Sand: 0,06 bis 0,2 mm nach DIN 4022) (Ergebnisse der GLM).....	137

Tab. 72.	Arten mit höchsten Abundanzen bei einem Korndurchmesser von ca. 4 mm oder größer (feiner Kies: 2 bis 6,3 mm nach DIN 4022) (Ergebnisse der GLM).....	138
Tab. 73.	Einteilung der Taxa nach Strömungs- und Substratpräferenzen	140

Tabellen im Anhang

Tab. A 1.	Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten für die GLM der Benthosproben Weichsubstrat.....	158
Tab. A 2.	Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten für die GLM der Eklektorproben.	159
Tab. A 3.	Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten der GLM der Aquarienproben Weichsubstrat.....	161
Tab. A 4.	Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten für die GLM der Benthosproben Hartsubstrat.....	162
Tab. A 5.	Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten der GLM der Aquarienproben Hartsubstrat.....	164

3 Gleichungen

Gleichung 1.	Dominanzberechnung	30
Gleichung 2.	Berechnung der euklidischen Distanz	31
Gleichung 3.	logarithmische Transformation der Artdaten.....	33
Gleichung 4.	Polynom 2. Grades zur Bestimmung von Y	36
Gleichung 5.	Polynom 2. Grades zur Bestimmung von y um die link funktion erweitert	36

4 Einleitung

Die Chironomiden (Zuckmücken) zählen zu den arten- und individuenreichsten Insektengruppen im Süßwasser (ARMITAGE 1995). Bis jetzt sind über 5000 Arten weltweit beschrieben worden (OLIVER 1971). Von diesen sind mehr als 500 aus europäischen Fließgewässern bekannt (LINDEGAARD & BRODERSEN 1995). Man findet unterschiedliche Arten in nahezu jedem aquatischen oder feuchten Ökosystem (OLIVER 1971) von großen Fließgewässern bis zu temporären Kleinstgewässern, wo sie viele ökologische Nischen besetzen (BAZZANTI 2000). Aufgrund der großen ökologischen Varianz einerseits und der hohen Artendichte andererseits ist diese Gruppe besonders geeignet, um Zusammenhänge zwischen verschiedenen Umweltfaktoren und dem Artenspektrum zu ermitteln.

In vielen ökologischen Untersuchungen werden die Chironomiden jedoch nur auf niedrigem taxonomischen Niveau, als Familie, Unterfamilie oder Tribus, angegeben. Dies ist oftmals dadurch bedingt, dass nur Larven, nicht aber Imagines der Chironomiden gefangen und bestimmt werden. Das hat zwei Nachteile:

1. Es ist oft nicht möglich die Larven bis auf Artniveau zu bestimmen. Dies gilt insbesondere für junge Larvenstadien, jedoch ist auch für ältere Larvenstadien oft nur das Gattungsniveau erreichbar.
2. Larven siedeln sich oft in Aggregationen (patchiness) an (SCHMID 1993, TOKESHI 1995). Um das gesamte Artenspektrum erfassen zu können, muss deshalb eine große Anzahl von Proben genommen werden. In nur wenigen Untersuchungen wird dies gemacht.

Um die o.g. Nachteile zu umgehen, wurden in der vorliegenden Arbeit neben Larven auch adulte Tiere untersucht. Diese wurden mit Hilfe von schwimmenden Eklektoren und Aquarienaufzuchten erhalten. Die Ergebnisse für Larven und Imagines wurden miteinander verglichen.

Die Zahl der verschiedenen Dimensionen (Faktoren), die die ökologische Nische einer Art bestimmen, ist sehr groß. Daher ist es nahezu unmöglich, die Gesamtheit einer ökologischen Nische zu beschreiben. Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf die Erfassung wichtiger Dimensionen der realisierten ökologischen Nische. Diese können als Grundlage zur Charakterisierung und Bewertung des Lebensraums einer Art genutzt werden. Hierzu gehört z.B. das Substrat, das von vielen Chironomidenarten u.a. als Nahrungs- oder Wohnröhrennische genutzt wird. Von verschiedenen Autoren werden unterschiedliche Faktoren angegeben, die für die Verteilung der Chironomiden in ihrem Larvallebensraum entscheidend sind und sich oft gegenseitig beeinflussen:

CULP et al. (1983) nennen Detritus- und Substratbeschaffenheit. Nach COLLIER (1993) sind Strömung, Sauerstoff- und Futterangebot entscheidende Umweltparameter. CHALONER & WOTTON (1996) und VOS et al. (2002) nennen Sedimenttyp und organisches Material, wobei nach VOS et al. (2002) das organische Material der wichtigste Faktor für die Verbreitung der Chironomidenlarven ist. Nach SAGOVA-MARECKOVA (2002) sind Sedimenttyp und das Vorhandensein von Pflanzenwurzeln wichtige Faktoren für Chironomiden. Andere Autoren nehmen wiederum an, dass die Verteilung der Makroinvertebraten nicht nur von Umweltfaktoren, sondern sehr stark auch von biotischen Faktoren abhängt. Hierbei werden oft Prädatoren genannt (PECKARSKY 1984, DIEHL 1995), aber auch inter- und intraspezifische Konkurrenz (CANTRELL & MCLACHLAN 1977, VAN DE BUND & GROENENDIJK 1994). Schließlich

wird eine rein zufällige Verteilung nicht ausgeschlossen (SCHMID 1993, FRANQUET 1999, TOKESHI & PINDER 1986, TOKESHI 1995, FESL 2002b).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Habitatansprüche potamaler Chironomiden in den Bühnenfeldern der Elbe zu untersuchen. Hierzu wird mit Hilfe multivariater Korrelationsanalysen die Besiedlung der Probenahmestellen aller Bühnenfelder miteinander verglichen. Desweiteren werden aus einer Vielzahl aufgenommener Umweltfaktoren, die Faktoren, die für die Verteilung der Chironomiden verantwortlich sind, ermittelt. Nach Selektion der besiedlungsbestimmenden Faktoren, wird mit Hilfe des Generalized Linear Models (GLM) die Art des Zusammenhangs der einzelnen entscheidenden Umweltfaktoren mit jeweils einzelnen Taxa beschrieben. Abschließend erfolgt ein Vergleich der eigenen Ergebnisse mit der Chironomidenfauna anderer Gewässer.

Die Elbe ist auf weiten Strecken durch Bühnen geprägt, von denen einige verfallen sind und somit ihren Zweck, die Einschnürung des Flussbettes zur Anhebung des Wasserspiegels sowie die Lenkung des Flusses, nicht mehr erfüllen. In den durch die Bühnen eingefassten Bühnenfeldern der unteren Mittel- und Unterelbe herrschen, je nach Zustand der Bühnen, auf einer kurzen Flusstrecke unterschiedlichste Strömungs- und Substratverhältnisse.

Die vorliegende Arbeit ist Teil eines vom BMBF geförderten Verbundprojektes „Auswirkungen von Bühnen auf semiterrestrische Flächen“. In weiteren biologischen Teilen dieses Projektes wurden das Makrozoobenthos (ohne Chironomiden) sowie die Laufkäferbiozönose der semiterrestrischen Flächen aufgenommen und ausgewertet.

5 Das Untersuchungsgebiet

5.1 Die Elbe

Die Elbe entspringt im Riesengebirge in einer Höhe von 1384 m über NN und mündet bei Cuxhaven in die Nordsee. Sie gehört mit einer Gesamtlänge von 1091 km und einem Einzugsgebiet von 150.000 km² zu den größten Flüssen Mitteleuropas. Die deutsche Elbe wird nach hydrologischen und morphologischen Gesichtspunkten in folgende Abschnitte eingeteilt (IKSE 1994 in DREYER 1995):

- Oberelbe: Tschechisch – Deutsche Landesgrenze – Schloss Hirschstein, Elbekilometer (Ekm) 0,0 bis Ekm 96,0
- Mittelelbe: Schloss Hirschstein – Wehr Geesthacht, Ekm 96,0 bis Ekm 585,9
- Untere Elbe: Wehr Geesthacht – Seegrenze bei Cuxhaven-Kugelbake, Ekm 585,9 bis Ekm 727,7

Die natürliche Abflussdynamik entspricht dem Regen-Schnee-Typ und wird insbesondere durch die Lage des Quellgebietes und der Nebenflüsse in Mittelgebirgen charakterisiert. Hochwasser treten vorwiegend im Winter und Frühjahr auf. In niederschlagsarmen Jahren kommt es im Sommer und Herbst zu ausgeprägten Niedrigwasserperioden.

Die Elbe wird als Bundeswasserstrasse genutzt. Aus diesem Grund wird der Flusslauf auf deutschem Gebiet durch Strombaumaßnahmen wie z.B. Buhnen sowie durch eine Staustufe bei Geesthacht geregelt. (BMBF 1995). Seit 1990 werden umfangreiche Sanierungsmaßnahmen an den z.T. verfallenen Buhnen durchgeführt.

Der von der Elbe transportierte Feststoff weist aufgrund der geologisch-hydraulischen Gegebenheiten mittlere Korndurchmesser von 50 mm im Oberlauf und 0,3 mm im Staubereich Geesthacht auf. Ab Ekm 380 umfasst das Korngrößenspektrum hauptsächlich Mittelsand. Der Fluss wird hier auch als Sandstrom bezeichnet (BMBF 1995).

In der Vergangenheit galt die Elbe als einer der am stärksten verschmutzten Ströme Europas. Seit 1989 wurde der Eintrag von Schadstoffen in die Elbe und ihre Nebenflüsse hauptsächlich durch Betriebsstillegungen, drastische Absenkung der Industrieproduktion und Bau und Modernisierung von Kläranlagen erheblich reduziert. Dies führte zu einem deutlichen Anstieg des Sauerstoffgehalts im Elbewasser und zu einer (Teil-) Regeneration der Fauna (DIRKSEN in Vorb.).

Aufgrund von Einleitungen der Kali-Industrie und des Kupferschieferbergbaus im Einzugsgebiet der Saale weist die Elbe unterhalb der Saalemündung eine erhöhte Salzbelastung auf. Auch die Nitratkonzentrationen liegen im Vergleich zu anderen großen Flüssen im erhöhten Bereich. Die Belastung mit Schwermetallen, chlorierten Kohlenwasserstoffen und Pestiziden ist zwar deutlich zurückgegangen, aber immer noch vergleichsweise hoch (DIRKSEN in Vorb.).

5.2 Die Bühnenfelder

Die untersuchten Bühnenfelder befinden sich im oberen Abschnitt der unteren Mittelelbe zwischen Ekm 418 und Ekm 427 (Abb. 1).

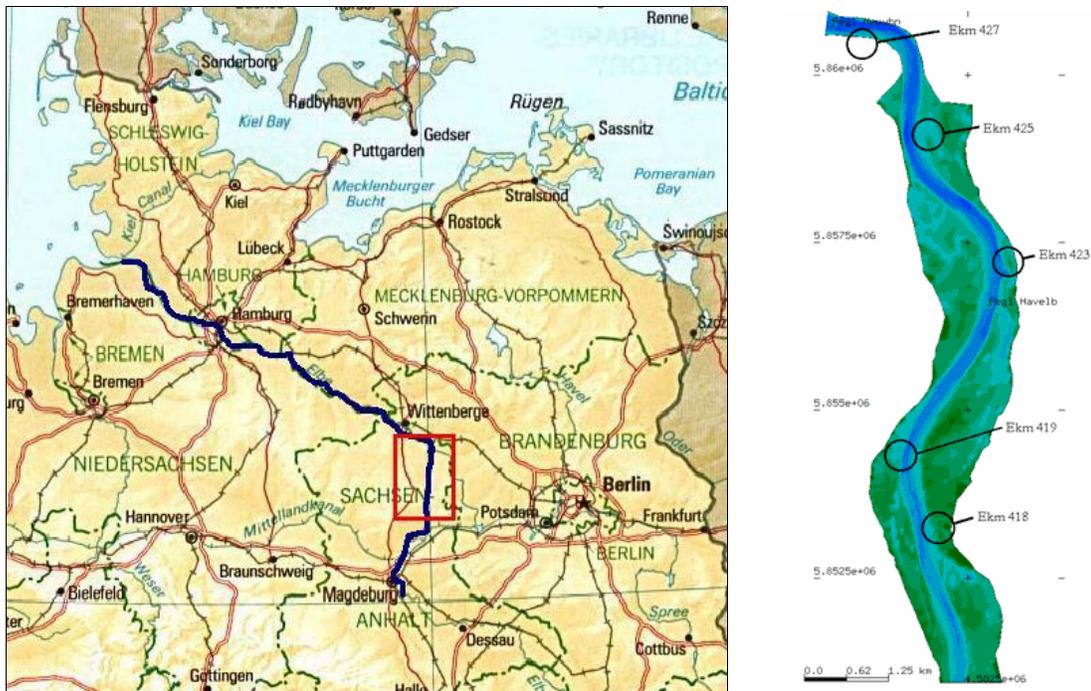


Abb. 1. Das Untersuchungsgebiet

Bühnen bestehen aus großen Steinen, die in der Regel vom Ufer aus in Richtung Flussmitte im rechten Winkel zum Hauptstrom aufgeschüttet werden (Abb. 2). Sie führen zu einer Eintiefung der Gewässersohle und dienen der Ufersicherung. Die Fläche zwischen zwei Bühnen wird als Bühnenfeld bezeichnet.

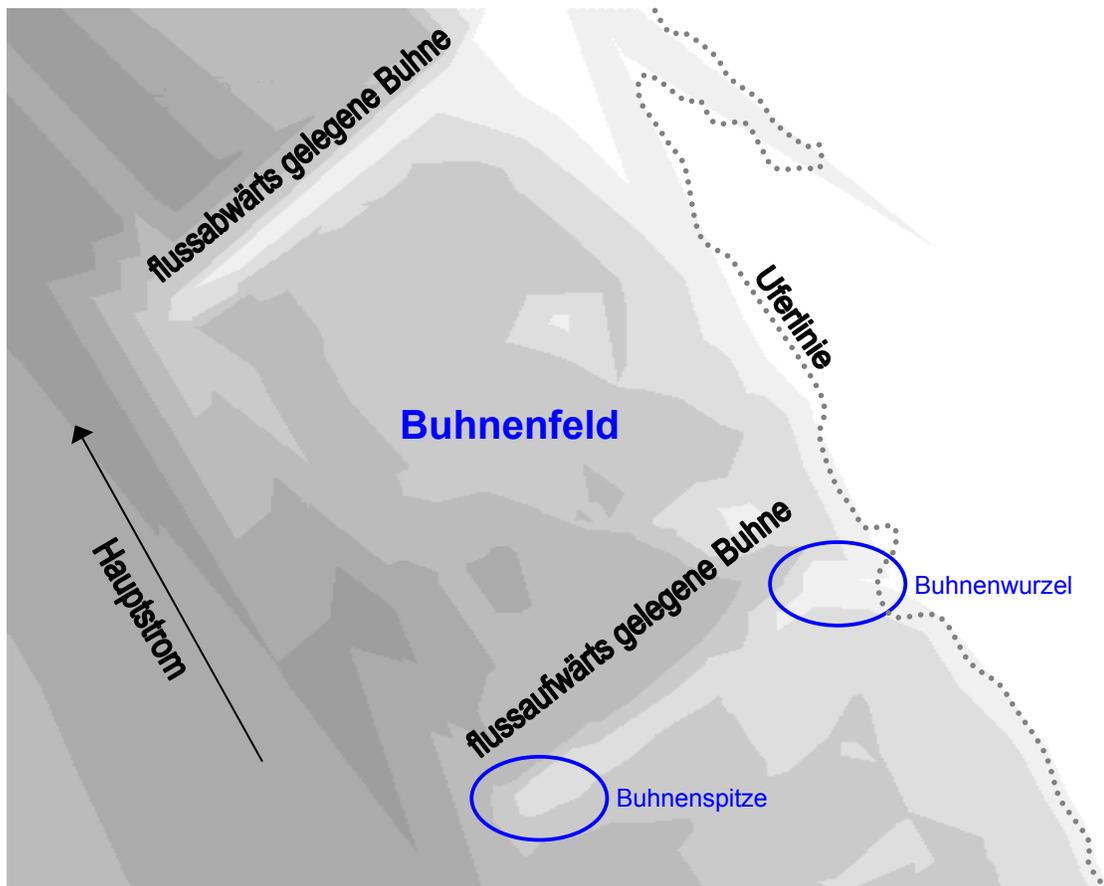


Abb. 2. schematisierte Ansicht eines Bühnenfeldes

Es wurden fünf Bühnenfelder ausgewählt, die folgende Kriterien aufwiesen:

- Strömungsdiversität:
unterschiedlich differenzierte Strömungsmosaik innerhalb der Bühnenfelder
- Substratdiversität:
verschiedene Substrattypen innerhalb der Bühnenfelder
(Schlamm, Sand, Kies)
- Hydrodynamische Besonderheiten:
Durchbrüche an den Bühnen
verfallene Bühnen
unterschiedlich große Ausdehnung der semiterrestrischen Flächen
- Materialdiversität:
unterschiedliches Baumaterial der Bühnen
(Natursteine, Kupferschlackesteine)

5.2.1 Bühnenfeld 1

Die Bühnen des Bühnenfeldes 1 (Bf 1) bei Ekm 418,1 am rechten Ufer wurden im Rahmen einer Sanierung erneuert und mit einem befestigten Durchbruch nahe der Bühnenwurzel versehen. Durch den Durchbruch herrschen in Ufernähe andere Strömungsverhältnisse als bei Bühnen ohne Durchbruch. Das Substrat innerhalb des Bühnenfeldes besteht vorwiegend aus Feinsand und Sand. Am Ufer befinden sich Schilf- und Schlammfluren.



Abb. 3. Bühnenfeld 1: Ekm 418,1 (rechts) bei Niedrigwasser, Eklektor rechts im Bild

5.2.2 Bühnenfeld 2

Die Bühnen des Bühnenfeldes zwei (Bf 2) bei Ekm 419,9 (links) sind nahezu verfallen und wurden im Bereich der Bühnenwurzeln mit Hilfe von Sandsäcken repariert. Auf den Bühnen wachsen Blutweiderich und Weiden, die im Zuge von Unterhaltungsmaßnahmen regelmäßig "auf den Stock" gesetzt werden, d.h. in etwa 1m Höhe abgesägt werden. Im landseitigen Teil des Bühnenfeldes ist ein Altwasser angebunden. Das Substrat des Bühnenfeldes besteht vorwiegend aus Feinsand und Schlamm. Bei Niedrigwasser fallen große Flächen trocken.



Abb. 4. Bühnenfeld 2: Ekm 419,9 (links) bei Niedrigwasser, Eklektor links im Bild

5.2.3 Bühnenfeld 3

Die Bühnen bei Ekm 423,1 (rechts) wurden 1996 mit einer neuen Aufschüttung aus Kupferschlackesteinen versehen. Hinter der flussauf gelegenen Bühne befindet sich ein mehrere Meter tiefer Kolk. Die Substrate im oberen, ufernahen Teil sind schlammig und weiter unterhalb feinsandig bis sandig. Bei Niedrigwasser fallen nur kleine Flächen trocken.



Abb. 5. Bühnenfeld 3: Ekm 423,1 (rechts) bei Niedrigwasser, Eklektor nahe der Bühne

5.2.4 Bühnenfeld 4

Die Bühnen bei Ekm 425,0 (rechts) sind zum großen Teil zerfallen und zusedimentiert. Dadurch haben sie ihre Funktion verloren. Das Bühnenfeld zeichnet sich durch besonders ausgedehnte Uferflächen aus, die bei Niedrig- und Mittelwasser freiwerden. Das vorherrschende Substrat ist Feinkies.



Abb. 6. Bühnenfeld 4: Ekm 425,0 (rechts) bei Niedrigwasser, Blick auf trocken gefallene Uferflächen

5.2.5 Bühnenfeld 5

Die Bühnen bei Ekm 427,2 (links) sind fast vollständig zerfallen und zusedimentiert und haben wie die Bühnen in Bf 4 ihre ursprüngliche Funktion verloren. Das Bühnenfeld 5 (Bf 5) befindet sich an einem Gleithang im sogenannten Elbknie. Das Substrat setzt sich aus Fein- und Grobsand zusammen. Es ist sehr locker geschichtet, so dass es auch bei Niedrigwasser in Bewegung ist. Bei niedrigen Wasserständen fallen weite Sandflächen trocken.



Abb. 7. Bühnenfeld 5: Ekm 427,2 (links) bei Mittelwasser

6 Methoden

Die vorliegende Arbeit ist Teil eines vom BMBF geförderten Verbundprojektes „Auswirkungen von Buhnen auf semiterrestrische Flächen“. Das Verbundprojekt bestand aus zwei Teilprojekten, von denen folgende Parameter aufgenommen wurden:

Biotische Parameter (Teilprojekt Biologie)

- Chironomiden
- Makrozoobenthos ohne Chironomiden
- Laufkäfer

Abiotische Parameter (Teilprojekt Wasserbau)

- Strömungsgeschwindigkeit
- Sedimentbeschaffenheit
- Organischer Gehalt
- Temperatur
- weitere gewässerphysikalische Parameter

In den folgenden Unterkapiteln wird die Aufnahme und Auswertung der Chironomidenfauna sowie der abiotischen Parameter erläutert.

6.1 Methoden zur Erfassung der Chironomiden

6.1.1 Auswahl der Probenahmestellen

Innerhalb eines Buhnenfeldes wurden Probenahmestellen (Pns) ausgewählt, die sich im Bezug auf Morpho- und Hydrodynamik optisch unterschieden sowie unterschiedliche Substrattypen aufwiesen. So wurden das Sediment im Buhnenfeld (Weichsubstrat: Abb. 8, Pns A bis I) und die Steine der Buhnen (Harts substrat: Abb. 8, Pns U bis Z) beprobt. Um die Pns für nachfolgende Probenahmen relokalisieren zu können, wurden sie bei der ersten Beprobung mit Bojen gekennzeichnet.

6.1.2 Allgemeines

Es wurden Larven und Imagines der Chironomiden gefangen. Da Chironomidenlarven mit wenigen Ausnahmen nicht auf Artniveau bestimmt werden können, wurden zusätzlich gesammelte Larven in Aquarien gehalten, wo sie sich zu Imagines entwickeln konnten. Darüberhinaus wurden schwimmende Eklektoren eingesetzt, in denen Imagines gefangen wurden, die ihre Larvalentwicklung vollständig im Fluss abgeschlossen hatten. Durch die Kombination von Larvenaufzuchten in Aquarien und dem Einsatz von Eklektoren sollte gewährleistet sein, dass möglichst viele Species erfasst werden. Die Larven- und Eklektorfänge sollten außerdem dazu dienen, mögliche Verfälschungen durch die

Aufzuchten in den Aquarien mit den naturgemäß nicht habitatspezifischen Bedingungen durch einen Artenvergleich zu erkennen.

6.1.3 Fangmethoden

6.1.3.1 Benthosaufsammlungen

Die Probenahme im Weichsubstrat (Sand, Schlamm und Kies) erfolgte in den tieferen Bereichen mit einem selbst konstruierten Airliftsampler ähnlich DRAKE & ELLIOT (1982 und 1983) (Abb. 8: Pns A bis F) und im Flachwasser mit einem Stechrohr (Abb. 8: Pns G bis I). Innerhalb jedes Bühnenfeldes wurden neun bis 12 Stellen beprobt. Die so erhaltenen Sedimentproben wurden in 96 %igem Alkohol konserviert.

Zur Beprobung des Hartsubstrats (Bühnensteine) wurden je nach Länge der Bühnen bis zu drei Probenahmestellen ausgewählt. In der Regel waren dies die Bühnenwurzel, die Bühnenmitte und die Bühnenspitze (Abb. 8: Pns U bis W und Pns X bis Z). Die Steine wurden aus einem halben Meter Wassertiefe mit der Hand entnommen und in einer wassergefüllten Schüssel schonend abgebürstet. Anschließend wurden sie in eine flache Schale überführt, um das Volumen der entnommenen Probe abschätzen zu können. Das durch diese Prozedur erhaltene Gemisch aus Substrat, Organismen und Wasser wurde durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 200 µm geschüttet und der Rückstand in 96 %igem Alkohol konserviert.

6.1.3.2 Eklektorfänge

Die schwimmenden Eklektoren dienten zum Fang der in den Bühnenfeldern geschlüpften Chironomiden. In jedem Bühnenfeld wurden zwei Eklektoren aufgestellt, einer in Ufernähe und ein anderer in der Bühnenfeldmitte (Abb. 8). Sie hatten die Form flacher Pyramiden. Der Rahmen bestand aus Eisenstangen, die auf dickem Styropor, das als Schwimmkörper diente, befestigt wurden. Zwischen den Eisenstangen wurde ein Netz der Maschenweite 0,5 mm gespannt. Auf der Spitze befand sich eine Öffnung, auf die eine Eklektorkopfdose gesteckt werden konnte. Vier Eklektoren besaßen eine Grundfläche von 0,25 m² und vier eine Grundfläche von 1 m². Als Fang- und Konservierungsflüssigkeit wurde Glykol verwendet. Die Eklektoren wurden mit langen Eisenstangen im Fluss verankert.

Im ersten Untersuchungsjahr wurden die Eklektorkopfdosen nach vier Tagen (innerhalb einer Benthosprobenahmewoche), und nach 21 Tagen (zwischen zwei Probenahmeterminen) geleert. Die Verlust- und Beschädigungsrate innerhalb einer Standzeit von 21 Tagen war sehr groß, so dass im zweiten Untersuchungsjahr nur noch sporadisch Eklektoren zwischen zwei Probenahmeterminen aufgestellt und geleert wurden.

6.1.4 Aquarienaufzuchten

Zur Ermittlung der Besiedlung des Weichsubstrats wurde das Substrat, das mit einem Stechrohr oder mit dem Airliftsampler an den Benthosprobenahmestellen entnommen wurde, in Eimer überführt, die mit Wasser der entsprechenden Probenahmestelle aufgefüllt wurden.

Zur Untersuchung des Hartsubstrats wurden Steine einer Fläche von insgesamt 0,5 m² in einem mit Wasser der Probenahmestelle gefüllten Eimer vorsichtig abgebürstet und ein weiterer besiedelter Stein in denselben Eimer gegeben.

Das gesammelte Material wurde in Glasaquarien mit einem Volumen von 50 l überführt. Die Aquarien waren mit einem Deckel versehen, der aus einem mit Klarsichtfolie umspannten Holzrahmen bestand. Eine Belüftung des Aquariumwassers erfolgte mit Pumpen, die über ein Schlauchsystem mit den Aquarien verbunden waren. Mittels Schlauchklemmen konnte die Belüftungsintensität reguliert werden. Neonröhren, die mit Hilfe einer Zeitschaltuhr an die zur jeweiligen Probenahmezeit herrschenden Photoperiode angepasst waren, dienten zur Beleuchtung. Geschlüpfte Tiere flogen an den Deckel und wurden alle zwei Tage mit Hilfe eines Exhaustors abgesammelt und in Ethanol konserviert. Für jeden Sammeltermin, also alle zwei Tage, wurde ein eigenes Probengläschen verwendet. Die Aquarienproben einer Probenahme wurden über einen Zeitraum von 30 Tagen untersucht.



Abb. 8. schematisierte Ansicht eines Bühnenfeldes mit eingezeichneten Probenahmestellen (Pns)

Erläuterungen zu den Buchstaben: A bis I: Pns im Weichsubstrat,
U bis Z: Pns auf Hartsubstrat

6.2 Nomenklatur der Proben

Die einzelnen Proben sind mit jeweils sechs Stellen codiert (Tab. 1). Die erste Stelle (Zahl) codiert das Bühnenfeld. Die zweite und dritte Stelle (Buchstabe und manchmal Zahl) geben

die Probenahmestelle an. Die vierte Stelle (Buchstabe) gibt den Probenahmemonat wieder. Die fünfte und sechste Stelle (Zahl) stehen für die Probenahmemethode.
Ein Beispiel: Eine Probe, die in Bühnenfeld 3 an der Probenahmestelle B1 im Juni 1998 mit dem Airlift-Sampler genommen wurde, erhielt den Namen **3B1F_1**.

Tab. 1. Nomenklatur der Proben

erste Stelle	zweite und dritte Stelle	vierte Stelle	fünfte und sechste Stelle
Bühnenfeld	Probenahmestelle	Probenahmemonat	Probenahmemethode
1	Weichsubstrat	1998	Weichsubstrat
2	A-R	A = Januar	_1= Airliftsampler
3	Hartsubstrat	B = Februar	2= Stechrohr (Stech 1x)
4	UVW = flussauf gelegene Bühne	C = März	22= Stechrohr mit doppelter Probemenge (Stech 2x)
5	XYZ = flussab gelegene Bühne	D = April	Eklektor
	U, X = Bühnenwurzel	E = Mai	7 = kleiner Eklektor (0,25 m ²)
	V, Y = Bühnenmitte	F = Juni	8 = großer Eklektor (1 m ²)
	W, Z = Bühnenspitze	G = Juli	Hartsubstrat
		H = August	5= Bühnenstein (Kupferschlacke)
		I = September	6= Bühnenstein (Naturstein)
		J = Oktober	0= Bühnenstein gemischt (Kupferschlacke und Naturstein)
		K = November	
		L = Dezember	
		1999	
		M = Januar	
		N = Februar	
		O = März	
		P = April	
		Q = Mai	
		R = Juni	
		S = Juli	
		T = August	
		U = September	
		V = Oktober	

6.3 Nomenklatur der Taxa

Die Kürzel der Taxanamen enthalten acht Stellen. In der Regel werden sie wie folgt angegeben:

Die ersten Buchstaben entsprechen den Anfangsbuchstaben des Gattungsnamen. Anschließend folgt ein Unterstrich und die darauffolgenden Buchstaben entsprechen den Anfangsbuchstaben des Artnamens.

Tab. 2. Nomenklatur der Taxa

Kürzel	Name des Taxon	Kürzel	Name des Taxon
Cam_ster	<i>Camptocladius stercorarius</i>	Clad_nig	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>
Card_fus	<i>Cardiocladius fuscus</i>	Clad_sp	<i>Cladotanytarsus</i> sp.
Chir_ann	<i>Chironomus</i> cf. <i>annularius</i>	Clad_van	<i>Cladotanytarsus vanderwulpi</i>
Chir_cin	<i>Chironomus</i> cf. <i>cingulatus</i>	Cory_cel	<i>Corynoneura celeripes</i>
Chir_lug	<i>Chironomus</i> cf. <i>lugubris</i>	Cory_neu	<i>Corynoneura celtica</i>
Chir_nud	<i>Chironomus</i> cf. <i>nudiventris</i>	Cory_sp	<i>Corynoneura</i> sp.
Chir_obt	<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i>	CriC_ann	<i>Cricotopus (Cricotopus) annulator</i>
Chir_plG	<i>Chironomus plumosus</i> - Gruppe	CriC_bic	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i>
Chir_plu	<i>Chironomus plumosus</i>	CriC_biG	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i>
Chir_pra	<i>Chironomus</i> cf. <i>prasinus</i>	CriC_pal	<i>Cricotopus (Cricotopus) pallidipes</i>
Chir_sp	<i>Chironomus</i> sp.	CriC_sp	<i>Cricotopus (Cricotopus) sp.</i>
Chir_ven	<i>Chironomus</i> cf. <i>venustus</i>	CriC_tif	<i>Cricotopus (Cricotopus) trifascia</i>
Chirono	<i>Chironomini</i>	CriC_tri	<i>Cricotopus (Cricotopus) triannulatus</i>
Clad_sp	<i>Cladopelma</i> sp.	Crico_sp	<i>Cricotopus</i> sp.
Clad_man	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	Cril_int	<i>Cricotopus (Isocladius) intersectus</i>

Cril_obn	<i>Cricotopus (Isocladius) obnixus</i>	Poly_cul	<i>Polypedilum (Polypedilum) cultellatum</i>
Cril_sp	<i>Cricotopus (Isocladius) sp.</i>	Poly_la	<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i>
Cril_syl	<i>Cricotopus (Isocladius) sylvestris</i>	Poly_nub	<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>
Cryp_alb	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	Poly_ped	<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i>
Dic_nerv	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	Poly_pul	<i>Polypedilum (Tripodura) pullum</i>
End_alb	<i>Endochironomus albipennis</i>	Poly_qua	<i>Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum</i>
End_tend	<i>Endochironomus tendens</i>	Poly_sca	<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>
Glyp_pal	<i>Glyptotendipes pallens</i>	Poly_sor	<i>Polypedilum (Pentapedilum) sordens</i>
Glyp_par	<i>Glyptotendipes paripes</i>	Poly_sp	<i>Polypedilum (Polypedilum) sp.</i>
Glyp_sp	<i>Glyptotendipes sp.</i>	Pro_chor	<i>Procladius choreus</i>
Le_tener	<i>Leptochironomus tener</i>	Pro_sag	<i>Procladius sagittalis</i>
Limn_pum	<i>Limnophyes pumilio</i>	Prod_oli	<i>Prodiamesa olivacea</i>
Micp_atr	<i>Micropsectra atrofasciata</i>	R_demeij	<i>Robackia demeijerei</i>
Micp_sp	<i>Micropsectra sp.</i>	Rheoc_ch	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>
Mict_con	<i>Microtendipes confinis</i>	Rheop_or	<i>Rheopelopia ornata</i>
Mict_ped	<i>Microtendipes pedellus</i>	Rheot_mu	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>
Nan_bic	<i>Nanocladius bicolor</i>	Rheot_pe	<i>Rheotanytarsus pentapoda</i>
Orth_ob	<i>Orthocladius (Orthocladius) oblidens</i>	Rheot_ph	<i>Rheotanytarsus photophilus</i>
Tany_emi	<i>Tanytarsus eminulus</i>	Rheot_sp	<i>Rheotanytarsus sp.</i>
Orth_sp	<i>Orthocladius (Orthocladius) sp.</i>	Stem_min	<i>Stempellinella minor</i>
Orthocla	<i>Orthoclaadiinae</i>	Synor_se	<i>Synorthocladius semivirens</i>
Pach_arc	<i>Parachironomus arcuatus</i>	Tany_bru	<i>Tanytarsus brundini</i>
Pach_fre	<i>Parachironomus frequens</i>	Tany_eju	<i>Tanytarsus ejuncidus</i>
Pach_par	<i>Parachironomus parilis</i>	Tany_fim	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>
Pach_sp	<i>Parachironomus sp.</i>	Tany_heu	<i>Tanytarsus heusdensis</i>
Par_conv	<i>Paracladius conversus</i>	Tany_ini	<i>Tanytarsini</i>
Para_alb	<i>Paratendipes albianus</i>	Tany_men	<i>Tanytarsus mendax</i>
Parac_la	<i>Paracladopelma laminata</i>	Tany_sp	<i>Tanytarsus sp.</i>
Parat_bi	<i>Paratanytarsus bituberculatus</i>	Telo_fas	<i>Telopelopia fascigera</i>
Parat_in	<i>Paratanytarsus cf. inopertus</i>	Tve_sp	<i>Tvetenia sp.</i>
Phan fla	<i>Phaenopsectra flavipes</i>	Tanyp_pu	<i>Tanypus punctipennis</i>

6.4 Berechnung der Abundanzen der Chironomiden

Die Abundanzen der Chironomiden aller Probenahmemethoden wurden als Individuen/m² angegeben. Für die verschiedenen Methoden ergaben sich deshalb folgende Multiplikatoren:

Tab. 3. Flächenumrechnungsfaktoren

Probenahmemethode	Umrechnungsfaktor
Airliftsampler	Faktor zur m ² Umrechnung = 24,0688.
Stechrohr 1x	Fläche 1x mit Stechrohr beprobt. Faktor zur m ² Umrechnung = 127,32.
Stechrohr 2x	Fläche 2x mit Stechrohr beprobt. Faktor zur m ² Umrechnung = 63,66.
Buhnensteine	Faktor zur m ² Umrechnung abhängig von beprobter Fläche. Standardmäßig wurden ca. 0,4 m ² beprobt.
Kleiner Eklektor	Grundfläche 0.5 m x 0.5 m, daher Faktor = 4 Die Anzahl der Tiere wurde normiert auf eine Fangzeit von vier Tagen angegeben.
Grosser Eklektor	Grundfläche 1 m x 1 m, daher Faktor = 1 Die Anzahl der Tiere wurde normiert auf eine Fangzeit von vier Tagen angegeben.

Aquarienaufzuchten Weichsubstrat (Airliftsampler, Stechrohr 1x, Stechrohr 2x)	Erfassung der Chironomiden anhand dreiwöchiger Aquarienaufzuchten. Es erfolgte eine m ² Umrechnung entsprechend der Probeart. Da nur die Männchen bestimmt wurden, wurde die Gesamtzahl der Individuen einer Art in der Probe berechnet, indem die bestimmten männlichen Tiere mit dem Faktor des Verhältnis von Männchen zu Weibchen multipliziert wurden. Es wurden alle Einzelproben (Schlüpftage 2, 4, 6, ...) addiert.
Aquarienaufzuchten Hartsustrat	Erfassung der Chironomiden anhand dreiwöchiger Aquarienaufzuchten. Der Faktor zur m ² Umrechnung war abhängig von der beprobten Fläche. Standardmäßig wurden 0,5 m ² beprobt. Da nur die Männchen bestimmt wurden, wurde die Gesamtzahl der Individuen einer Art in der Probe berechnet, indem die bestimmten männlichen Tiere mit dem Faktor des Verhältnis von Männchen zu Weibchen multipliziert wurden. Es wurden alle Einzelproben (Schlüpftage 2, 4, 6, ...) addiert.

6.5 Methoden zur Erfassung der Umweltparameter

Die für die Korrelationsanalysen verwendeten Umweltparameter wurden mit Ausnahme der Pegeldata und der gewässerphysikalischen Parameter im Wasser vom Teilprojekt (TP) Wasserbau erfasst.

6.5.1 Korngrößenbestimmung

Das Sediment für die Korngrößenbestimmung wurde an den jeweiligen biologischen Pns einmal im Jahr mit Hilfe eines Stechrohrs bis in ca. 15 cm Tiefe entnommen. Die Sedimentuntersuchungen wurden in Anlehnung an DIN 18123 durchgeführt. Hiefür wurde das Sediment bei 105 °C getrocknet und anschließend die Korngrößen als Sieblinien im Trockensiebverfahren bestimmt. Mit diesem Verfahren konnten nur Gewichtsanteile oberhalb 0,063 mm (Schluffgrenze) bestimmt werden. Für Proben mit sichtlich hohem Feinkornanteil wurde eine Nasssiebung durchgeführt (BMBF 2002).

6.5.2 Strömungsgeschwindigkeit

Die Strömungsgeschwindigkeit an jeder Probenahmestelle und zu jedem Probenahmetermin wurde mittels eines akustischen Doppler Strömungsmessers (ADV) in 5 cm Höhe über der Sohle bestimmt. Voraussetzung für erfolgreiche Messungen war das Vorhandensein ausreichend vieler Partikel im Fluid, die sich mit der Fließgeschwindigkeit mitbewegen, was an der Elbe immer der Fall ist (BMBF 2002). Die Strömungsgeschwindigkeit wurde in x, y und z Richtung gemessen. Der y-Vektor beschreibt die Größe der Strömungsgeschwindigkeit in Richtung Norden (bzw. mit negativem Vorzeichen in Richtung Süden), der x-Vektor die Strömungsgeschwindigkeit in Richtung Osten (bzw. mit negativem Vorzeichen in Richtung Westen) und der z-Vektor ist ein Maß für Geschwindigkeit der Strömung nach oben (bzw. mit negativem Vorzeichen nach unten). Die Gesamtgeschwindigkeit errechnete sich als Resultierende aus den einzelnen Vektoren. Es wurden Mittelwerte, Minima, Maxima und Standardabweichung der Daten aus einem Messzeitraum von vier Minuten errechnet.

6.5.3 Organischer Gehalt

Der organische Gehalt im Sediment bis ca. 15 cm Tiefe wurde einmal im Jahr für jede Pns im Weichsubstrat erfasst. Zur Bestimmung des organischen Gehalts wurde die Probe bei

105 °C getrocknet und anschließend nach DIN 18128 in einem Muffelofen bei 550 °C zur Massenkonstanz gegläht (BMBF 2002).

6.5.4 Physikalische Parameter im Wasser gemessen

Für die physikalischen Parameter im Wasser standen Zeitreihenwerte der Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Elbe (ARGE Elbe) zu Verfügung. Da die Messstationen der ARGE Elbe sich bei Ekm 318 (Magdeburg) und Ekm 470 (Cumlosen) befinden, wurden die korrespondierenden Werte für den Abschnitt des Untersuchungsgebietes, der zwischen Ekm 418 und Ekm 427 liegt, mittels linearer Interpolation der Daten für Magdeburg und Cumlosen errechnet. Die Parameter wurden als Mittelwerte, Minima und Maxima angegeben.

6.5.5 Pegel

Die Messwerte der Pegel Havelberg, Neuwerben und Gnevsdorf gingen als Minima, Maxima und Mittelwerte in die Analyse ein.

6.5.6 Modellierung

Vom TP Wasserbau modelliert wurden die Parameter Strömungsgeschwindigkeit, Korngröße und Wassertiefe. Bei der Modellierung wurde für alle Proben eines Probenahmezeitraums ein bestimmter Pegel bzw. Abfluss angenommen.

Die modellierten Geschwindigkeiten entsprachen einer Strömungsgeschwindigkeit in 0,37 m über der Stromsohle. Die modellierten Substrat-Parameter entsprachen einem Durchschnittswert bis in eine Sohltiefe von 15 cm. Zur Modellierung wurde das Modell TIMOR3 (ZANKE 1994 und ZANKE & MEWIS 2002) mit dem hydrodynamischen Rechenkern BUBBLE eingesetzt. Es wurde ein zweidimensionales Modell erstellt. Zur genaueren Beschreibung des Modells siehe BMBF (2002).

6.6 Nomenklatur der Umweltparameter

In Tab. 4 sind die Umweltparameter, die für die Korrelationsanalysen mit den Chironomiden verwendet wurden, mit den entsprechenden Kürzeln aufgeführt.

Tab. 4. Nomenklatur der Umweltparameter

Kategorie des Umweltparameters	Kürzel des Umweltparameters	Umweltparameter	Einheit
Probenvariablen	Gesamt_Codierung	Name der Probenahmestelle	
	PARTCode	Art der Probenahme	
	1	Sampler	
	2	Stechrohr 1x	
	22	Stechrohr 2x	
	7	Eklektor klein (0,25 m ²)	
	8	Eklektor groß (1 m ²)	
	5	Buhensteine (Kupferschlackesteine)	
	6	Buhensteine (Natursteine)	
	0	Buhensteine (Kupferschlacke- und Natursteine)	
	80	Aquarienproben (Hartsubstrat)	
	81	Aquarienproben (Sampler)	
	82	Aquarienproben (Stechrohr 1x)	
	83	Aquarienproben (Stechrohr 2x)	
	SubsChID	Substratcharakteristik (0 = Hartsubstrat; 1 = Weichsubstrat)	
	MonatZ	Jahresmonat von 1 bis 12	
	Monatzz	Jahreszeit (Januar = 1; Februar = 2; März = 3; April = 4; Mai = 5; Juni = 6; Juli = 6; Aug = 5; Sepember = 4; Oktober = 3; November = 2; Dezember = 1)	
	Fruh	die Monate März, April und Mai	
	Sommer	die Monate Juni, Juli und August	
	Herbst	die Monate September, Oktober und November	
Jahr	Jahr der Probenahme (1998 = 1; 1999 = 2)		
Monat	Nummer des Probenahmemonats		
Stand_t	Standzeit der Eklektoren	[d]	
ProbenID	fortlaufende Nummer der Probe		
Gemessene Strömungs- geschwindigkeit	Mess_t	Messzeit	[s]
	mit_x	mittlere Strömungsgeschwindigkeit (x- Komponente)	[m/s]
	mit_y	mittlere Strömungsgeschwindigkeit (y- Komponente)	[m/s]
	mit_z	mittlere Strömungsgeschwindigkeit (z- Komponente)	[m/s]
	Max_x	maximale Strömungsgeschwindigkeit (x- Komponente)	[m/s]
	Max_y	maximale Strömungsgeschwindigkeit (y- Komponente)	[m/s]
	Max_z	maximale Strömungsgeschwindigkeit (z- Komponente)	[m/s]
	Min_x	minimale Strömungsgeschwindigkeit (y- Komponente)	[m/s]
	Min_y	minimale Strömungsgeschwindigkeit (y- Komponente)	[m/s]
	Min_z	minimale Strömungsgeschwindigkeit (z- Komponente)	[m/s]
	Stabw_x	Standardabweichung der Strömungsgeschwindigkeit (x-Komponente)	
	Stabw_y	Standardabweichung der Strömungsgeschwindigkeit (y-Komponente)	
	Stabw_z	Standardabweichung der Strömungsgeschwindigkeit (z-Komponente)	
	StabvGes	Standardabweichung der Strömungsgeschwindigkeit (xyz-Komponente)	
	Max_vGes	maximale Strömungsgeschwindigkeit (xyz-Komponenten)	[m/s]
	Min_vGes	minimale Strömungsgeschwindigkeit (xyz-Komponenten)	[m/s]
Mit_vGes	mittlere Strömungsgeschwindigkeit (xyz-Komponente)	[m/s]	
Gemessene Korngröße	mitKrnMP	mittlere Korngröße nach MEYER PETER	[mm]
	mitKrnFu	mittlere Korngröße nach FUHRBÖTER	[mm]
	d10	Korngröße bei 10% Siebdurchgang	[mm]

	d20	Korngröße bei 20% Siebdurchgang	[mm]
	d30	Korngröße bei 30% Siebdurchgang	[mm]
	d40	Korngröße bei 40% Siebdurchgang	[mm]
	d50	Korngröße bei 50% Siebdurchgang	[mm]
	d60	Korngröße bei 60% Siebdurchgang	[mm]
	d70	Korngröße bei 70% Siebdurchgang	[mm]
	d80	Korngröße bei 80% Siebdurchgang	[mm]
	d90	Korngröße bei 90% Siebdurchgang	[mm]
Gemessene Wassertiefe	Tief_ADV	Wassertiefe bei der Messung der Strömungsgeschwindigkeit	[m]
Gemessener organischer Gehalt	orgGehal	organischer Gehalt im Sediment, gemessen als Glühverlust	[%]
Modellierte Strömungsgeschwindigkeit	V_Mod	modellierte mittlere Strömungsgeschwindigkeit	[m/s]
	Vx_Mod	modellierte mittlere Strömungsgeschwindigkeit in y Richtung	[m/s]
	Vy_Mod	modellierte mittlere Strömungsgeschwindigkeit in x Richtung	[m/s]
	h_Mod	modellierte Wassertiefe	[m]
Modellierte Korngröße	Subs_mod	mittlere Korngröße nach MEYER PETER	[mm]
Modellierte Wassertiefe	h_Mod	modellierte Wassertiefe	[m]
Gemessene und modellierte Strömungsgeschwindigkeit	v_GesNeu	mittlere Strömungsgeschwindigkeit	[m/s]
	vy_neu	mittlere Strömungsgeschwindigkeit in y Richtung	[m/s]
	vx_neu	mittlere Strömungsgeschwindigkeit in x Richtung	[m/s]
Gemessene und modellierte Korngröße	KrMP_neu	mittlere Korngröße nach MEYER PETER	[mm]
	KrFu_neu	mittlere Korngröße nach FUHRBÖTER	[mm]
	d10_neu	Korngröße bei 10 % Siebdurchgang	[mm]
	d20_neu	Korngröße bei 20 % Siebdurchgang	[mm]
	d30_neu	Korngröße bei 30 % Siebdurchgang	[mm]
	d40_neu	Korngröße bei 40 % Siebdurchgang	[mm]
	d50_neu	Korngröße bei 50 % Siebdurchgang	[mm]
	d60_neu	Korngröße bei 60 % Siebdurchgang	[mm]
	d70_neu	Korngröße bei 70 % Siebdurchgang	[mm]
d80_neu	Korngröße bei 80 % Siebdurchgang	[mm]	
d90_neu	Korngröße bei 90 % Siebdurchgang	[mm]	
Gemessene und modellierte Wassertiefe	h_neu	Wassertiefe bei der Messung der Strömungsgeschwindigkeit	[m]
Gemessener und interpolierter organischer Gehalt	org_neu	organischer Gehalt im Sediment	[%]
Physikalische Parameter im Wasser gemessen	LFMna2	Leitfähigkeit im Wasser (Maximum)	[µS/cm]
	LFMxa2	Leitfähigkeit im Wasser (Minimum)	[µS/cm]
	LF_a2	Leitfähigkeit im Wasser (Mittelwert)	[µS/cm]
	O2GeMna2	Sauerstoffgehalt im Wasser (Minimum)	[mg/l]
	O2GEH_a2	Sauerstoffgehalt im Wasser (Mittelwert)	[mg/l]
	O2GeMxa2	Sauerstoffgehalt im Wasser (Maximum)	[mg/l]
	O2Sät_a2	Sauerstoffsättigung im Wasser (Mittelwert)	[%]
	O2SäMna2	Sauerstoffsättigung im Wasser (Minimum)	[%]
	O2SäMxa2	Sauerstoffsättigung im Wasser (Maximum)	[%]
	GstrMxa2	Globalstrahlung (Maximum)	
	Gstra_a2	Globalstrahlung (Mittelwert)	
	GstrMna2	Globalstrahlung (Minimum)	
	LfTpMxa2	Lufttemperatur (Maximum)	[°C]

	LfTpMna2	Lufttemperatur (Minimum)	[°C]
	LfTpa2	Lufttemperatur (Mittelwert)	[°C]
	TrüMna2	Trübung des Wassers (Minimum)	
	Trü_a2	Trübung des Wassers (Mittelwert)	
	TrüMxa2	Trübung des Wassers (Maximum)	
	Temp_a2	Wassertemperatur (Mittelwert)	[°C]
	TmpMna2	Wassertemperatur (Minimum)	[°C]
	TmpMxa2	Wassertemperatur (Maximum)	[°C]
	pHMxa2	pH Wert (Maximum)	
	pHMna2	pH Wert (Minimum)	
	pH_a2	pH Wert (Mittelwert)	
	Pegel	HvBg_Mw	Pegel Havelberg (Mittelwert)
Neuw_Mw		Pegel Neuwerben (Mittelwert)	[cm]
Gnev_Mw		Pegel Gnevsdorf (Mittelwert)	[cm]
HvBg_Min		Pegel Havelberg (Minimum)	[cm]
Neuw_Min		Pegel Neuwerben (Minimum)	[cm]
Gnev_Min		Pegel Gnevsdorf (Minimum)	[cm]
HvBg_Max		Pegel Havelberg (Maximum)	[cm]
Neuw_Max		Pegel Neuwerben (Maximum)	[cm]
Gnev_Max		Pegel Gnevsdorf (Maximum)	[cm]

6.7 Methoden zur Berechnung der Dominanzstrukturen der Fauna

Eine Beschreibung der Artengemeinschaft in Bezug auf Zusammensetzung und Ähnlichkeit erfolgte nach MÜHLENBERG (1993) durch die Berechnung der Dominanz.

Nach MÜHLENBERG (1993) ist die Dominanz „die relative Häufigkeit einer Art im Vergleich zu den übrigen Arten bezogen auf eine bestimmte Lebensraumgröße“. Die Lebensraumgröße stellte den untersuchten Elbeabschnitt dar. Bei der Berechnung der Dominanz wurden die Abundanzen der Arten aller Proben addiert, um dann gegen die Gesamtabundanz in allen Proben in Relation gesetzt zu werden (Gleichung 1).

$$D_x = \frac{\left(\sum_{i=1}^n A_x; i = 1, \dots, n \right) x 100}{\sum_{i=1}^n s_i; i = 1, \dots, n}$$

Gleichung 1. Dominanzberechnung

Es gelten:

D_x : Dominanz der Art x n : Anzahl der Proben
 A_x : Individuenzahl der Art x s_i : Gesamtzahl der Individuen in Probe i

Die Dominanz wird nach verschiedenen Autoren unterschiedlich klassifiziert (MÜHLENBERG (1993). Hier wurde die logarithmische Einteilung nach ENGELMANN (1978) in MÜHLENBERG (1993) gewählt (Tab. 5).

Tab. 5. Dominanzklassen (nach ENGELMANN 1978)

Klassifizierung	Anteil der Art an der Gesamtabundanz in %	Bewertung
Eudominant	32,00 - 100,00	Hauptart
Dominant	10,00 - 31,90	Hauptart
Subdominant	3,20 - 9,90	Hauptart
Rezedent	1,00 - 3,10	Begleitart
Subrezedent	0,32 - 0,99	Begleitart
Sporadisch	< 0,32	Begleitart

6.8 Statistische Methoden

Es wurden drei statistische Methoden verwendet, um die Proben zu analysieren und Beziehungen zwischen Arten und Umweltfaktoren aufzuzeigen:

- Clusteranalyse
- Ordination
- Generalized Linear Model (GLM)

Die zu analysierenden Datensätze wurden zunächst in Excel und Access transformiert, um dann mit Hilfe des Programms Canoco analysiert (Ordination) und mit dem Programm Cano Draw als Biplot dargestellt zu werden. Eine weitergehende Analyse, die die Abhängigkeit der Abundanzen der Chironomiden von einer Umweltvariable darstellt, erfolgte mittels eines Generalized Linear Model (GLM) in Cano Draw.

6.8.1 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse gehört zu den sogenannten explorativen Methoden der Statistik. Mit ihr wird eine zunächst heterogene Objektmenge in Gruppen von untereinander homogenen Klassen (Clustern) zerlegt. Grundlage der Clusterung von Fällen oder Variablen ist eine Ähnlichkeitsmatrix, deren Koeffizienten auf unterschiedlichen Wegen ermittelt werden können. Hier wurde als Ähnlichkeitsmaß die **euklidische Distanz** gewählt. Die euklidische Distanz zwischen zwei Punkten x und y ist die kürzeste Entfernung zwischen beiden. Die allgemeine Formel für den n -dimensionalen Fall (n Variablen) ist:

$$Dist = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Gleichung 2. Berechnung der euklidischen Distanz

Als Klassifikationsverfahren wurde das **agglomerative Verfahren** verwendet. Hierbei werden zunächst die beiden ähnlichsten Objekte (Fälle oder Variablen), bzw. die mit der geringsten Distanz zu einer ersten Gruppe zusammengefaßt. Dann werden schrittweise diejenigen Objekte oder Objektpaare und Gruppen oder Gruppenpaare zusammengefasst, deren Abstände minimal sind. Die verschiedenen agglomerativen Verfahren unterscheiden

sich nur in den Kriterien, nach denen dieser Abstand zwischen zwei Gruppen oder zwischen ein einem Objekt und einer Gruppe definiert wird (Verschmelzungskriterien) (FISCHER & BEMMERLEIN-LUX 1992). Bei dem hier verwendeten Verschmelzungskriterium „**unweighted pair-group average**“ (UPGMA) wird die Distanz zwischen zwei Clustern als mittlere Distanz zwischen allen Paaren von Objekten aus je zwei verschiedenen Clustern berechnet. Als Ergebnis entsteht ein horizontales Baumdiagramm (Dendrogramm).

6.8.2 Ordination

Ordination ist nach TER BRAAK (in JONGMANN et al. 1987) in der Pflanzenökologie eine Bezeichnung für multivariate Techniken, die Vegetationsaufnahmen auf der Basis der Artenzusammensetzung oder Umweltvariablen entlang von hypothetischen Variablen (Achsen) anzuordnen. Eine vieldimensionale Ähnlichkeitsstruktur wird in wenigen Dimensionen abgebildet. Sie kann als ein Verfahren zur Datenreduktion gesehen werden, da mit ihr die bestimmenden Einflussfaktoren herausselektiert werden. Es gibt die Möglichkeit, Analysen ohne Umweltfaktoren durchzuführen (indirekte Gradientenanalysen) oder die Umweltfaktoren in die Analyse miteinzubeziehen (direkte Gradientenanalysen).

Generell unterscheidet man lineare und nicht-lineare Modelle. Die ersteren gehen von einem linearen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Objekten und den Variablen aus. Als Ordinationsmethoden werden hier häufig die Hauptkomponentenanalyse (Principal Components Analysis PCA) für die indirekte Gradientenanalyse oder die Redundanzanalyse (Redundancy Analysis RDA) für die direkte Gradientenanalyse verwendet. Bei dem in der Biologie oft angenommenen nicht-linearen Modell wird davon ausgegangen, dass Arten entlang eines Umweltgradienten eine unimodale (Gaussche) Verteilung besitzen. Unimodale Ordinationsverfahren sind als indirekte Verfahren die Korrespondenzanalyse (Correspondence Analysis CA) und als direkte Verfahren die Kanonische Korrespondenzanalyse (Canonical Correspondence Analysis CCA).

6.8.2.1 Wahl der adäquaten multivariaten Analysemethode

Zur Beurteilung, welche der multivariaten Methoden für die Analyse des Datensatzes am geeignetsten ist, wird in Canoco folgende Entscheidungshilfe geboten:

Es wird eine DCA (Detrended Correspondence Analysis) oder DCCA (Detrended Canonical Correspondence Analysis) durchgeführt um die Länge des Gradienten (length of gradient) zu errechnen. Diese wird errechnet, indem die Größe des Bereichs der Achsenwerte der Probestellen (sample scores) durch die durchschnittliche Standardabweichung der Abundanzen geteilt wird. Liegt dieser Wert über 4, so gibt es Arten im Datensatz, die stark unimodales Antwortverhalten auf den Gradienten zeigen. Dies wird durch die Methoden CA und CCA besser beschrieben. Liegt der Wert unter 4, so ist lineares Antwortverhalten der Arten auf den Gradienten anzunehmen. Dann sind PCA und RDA die adäquaten Methoden.

6.8.2.2 Transformation der Artdaten

Eine Transformation sollte vorgenommen werden, wenn sich die Effekte der Umweltvariablen nicht additiv, sondern multiplikativ oder exponentiell auf die Abundanz der Arten auswirken. Da die Annahme einer nicht nur additiven Wirkung von Umweltfaktoren

biologisch sinnvoll ist, ist eine Datentransformation die Regel (SCHEU unveröffentlicht). Die Artdaten wurden in den Analysen entweder Presence Absence transformiert oder logarithmiert.

Presence Absence Transformation

Bei einer Presence Absence Transformation wird das Vorhandensein einer Art in einer Probe mit dem Wert 1 und das Fehlen mit dem Wert 0 belegt.

Logarithmierung

Da eudominante bzw. dominante Arten die quantitativen Strukturen einer Artengemeinschaft häufig überdecken, subdominante Arten dagegen eine Veränderung von ökologischen Faktoren besser indizieren, können die Abundanzen logarithmiert werden. Eine Logarithmierung verschiebt die in Biozönosen oft auftretende linksschiefe Verteilung in Richtung Normalverteilung (VAN DER MEER 1997). Diese ist in den verwendeten Methoden CCA, PCA und RDA zwar nicht explizit notwendig (OKSANEN 2002), verbessert aber die Aussagekraft der Ergebnisse (FRENCH & CHESS 2002).

Es wurde die folgende Logarithmierung durchgeführt (Gleichung 3):

$$Y' = \ln(A * Y + B)$$

Gleichung 3. logarithmische Transformation der Artdaten

Es gelten:

Y' :	transformierte Variable	A :	=10
Y :	zu transformierende Variable	B :	=1

Bei dieser Transformation wird ein kleiner Wert (B) zu den Variablen addiert, da der oft auftretende Wert $\ln(0)$ nicht definiert ist.

6.8.2.3 Korrelationskoeffizient

Der Korrelationskoeffizient ist ein dimensionsloser Index, der die Stärke des Zusammenhangs (Korrelation) zwischen zwei Variablen angibt. Der Koeffizient r misst, wie groß bei dieser Verknüpfung die Streuung ist (MÜHLENBERG 1993). Er liegt zwischen -1 und +1, wobei ein Betrag nahe bei 1 einen starken und ein Betrag nahe bei 0 einen schwachen Zusammenhang bedeutet. Das Vorzeichen sagt nichts über die Stärke, sondern nur etwas über die Richtung des Zusammenhangs aus. Ist der Korrelationskoeffizient negativ, so bedeutet dies einen gegenläufigen Zusammenhang: Je größer der Wert der einen Variablen wird, desto kleiner wird der Wert der anderen (BÜHL & ZÖFEL 1997). Gewöhnlich werden Korrelationskoeffizienten wie folgt interpretiert (Tab. 6):

Tab. 6. Interpretation der Korrelationskoeffizienten
(nach JACOBS & SCHULMEISTER (<http://vs.fernuni-hagen.de/Lernstats/LS/>))

Korrelationskoeffizient	Zusammenhang
0,00	kein
0,01 bis 0,25	niedriger
0,26 bis 0,50	mittlerer
0,51 bis 0,75	hoher
0,76 bis 1,00	vollständiger

6.8.2.4 Varianz

Die Varianz ist das Quadrat der Standardabweichung (Streuung der Messwerte) und gibt somit wie diese an, wie stark die Beobachtungen von ihrem Mittelwert abweichen. Sie wird berechnet aus der Summe der Abweichungsquadrate aller Messwerte von ihrem arithmetischen Mittel, dividiert durch die um 1 verminderte Anzahl der Werte (BÜHL & ZÖFEL 1997, SACHS 1992). Da ökologische Daten oft voller „Datenrauschen“ sind, kann die Varianz niedrig sein. Ökologisch bedeutungsvoll können deshalb auch Ordinationen sein, die nur einen geringen Anteil der Varianz herausziehen (Fischer & Bemerlein-Lux 1992).

Kumulative Varianz

Sie gibt die Varianz an, die aus den nicht durch die Umweltvariablen eingeschränkten Eigenwerten abgeleitet wurde.

Kumulative prozentuale Varianz der abhängigen Variablen (Artendaten)

Sie beschreibt die kumulative prozentuale Verteilung der abhängigen Variablen, die auf den ersten n Achsen dargestellt ist. Die durch eine Achse erklärte Varianz berechnet sich, indem man den Eigenwert der Achse durch die Summe der Eigenwerte dividiert.

Kumulative prozentuale Varianz der Beziehung zwischen abhängigen Variablen (Artendaten) und unabhängigen Variablen (Umweltvariablen)

Sie beschreibt, wie viel von der Beziehung zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen auf den ersten n Achsen dargestellt ist. Die durch eine Achse dargestellte Varianz berechnet sich, indem man den Eigenwert der Achse durch die Summe der kanonischen Eigenwerte dividiert.

6.8.2.5 Eigenwerte

Als Maß für die Ausprägung eines Umweltgradienten werden in Canoco Eigenwerte der Achsen angegeben. Diese sind ein Maß für die Trennung der Objekte entlang der Ordinationsachsen. Sie liegen zwischen 0 und 1. Je höher der Wert ist, umso wichtiger ist die Achse. Achsen mit Eigenwerten unter 0,2 sollten nur noch eingeschränkt interpretiert werden. In der Regel nehmen die Eigenwerte von der ersten zur vierten Achse ab. Da die dritte und vierte Achse oft sehr niedrige Eigenwerte aufweisen, tragen Umweltparameter, die mit diesen Achsen korrelieren, wenig zur Varianzerklärung des Datensatzes bei. Mit Hilfe des Monte-Carlo-Permutationstests (MCP) kann in Canoco getestet werden, ob sich die Eigenwerte der extrahierten Achsen signifikant von den Eigenwerten der Achsen unterscheiden, die auf zufälliger Anordnung der Proben basieren.

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte

Die Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte ist ein Maß für die Heterogenität der Tabelle. Ihr absoluter Wert ist wenig aussagekräftig, da er stark von der Anzahl der Aufnahmen und Arten in der Tabelle sowie von der Transformation abhängig ist. Der Wert quantifiziert die Bedeutung der einzelnen Achsen. In PCA und RDA ist die Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte wegen der vorherigen Skalierung immer gleich 1.

Summe aller kanonischen Eigenwerte

Dies ist der Anteil an der Gesamtstruktur der abhängigen Variablen, der von den unabhängigen Variablen beschrieben wird. Wenn keine Covariablen in die Analyse einbezogen werden, entspricht die Summe aller kanonischen Eigenwerte der durch die Variablen erklärten Varianz (Varianzerklärung).

6.8.2.6 Irrtumswahrscheinlichkeit

Der Monte-Carlo-Permutationstest (MCP) ermittelt die Irrtumswahrscheinlichkeit der Umweltparameter. Üblicherweise werden Aussagen, die mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ behaftet sind, als signifikant bezeichnet (BÜHL & ZÖFEL 2000) (Tab. 7). Das bedeutet, dass mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % davon ausgegangen werden kann, dass die Aussage signifikant ist.

Tab. 7. Irrtumswahrscheinlichkeit und Signifikanzniveau
(aus: BÜHL & ZÖFEL 2000)

Irrtumswahrscheinlichkeit	Bedeutung	Symbol
$p > 0,05$	nicht signifikant	ns
$p \leq 0,05$	signifikant	*
$p \leq 0,01$	sehr signifikant	**
$p \leq 0,001$	höchst signifikant	***

6.8.2.7 Multikollinearität

Multikollinearität ist die Abhängigkeit von Umweltvariablen untereinander. Die Ergebnisse von CCA und RDA sind instabil, wenn covariante Umweltfaktoren in die Analyse eingehen. In Canoco wird die Multikollinearität zwischen einer Variable und den anderen Umweltfaktoren in Form eines Variance Inflation Factors (VIF) angegeben. Vollständig unabhängige Variablen erhalten einen Wert von 1. Ist der VIF größer als 20, so besteht eine starke Korrelation mit anderen Variablen, und die betrachtete Variable oder die mit ihr korrelierten müssen aus der Analyse eliminiert werden.

Neben den VIFs zeigt Canoco die Korrelation der Umweltfaktoren untereinander in Form einer Korrelationsmatrix an. Wenn zwei Umweltfaktoren sehr hoch miteinander korreliert sind (ca. 0,9 und höher), sollte einer eliminiert werden. Hierbei wirkt sich das Herausnehmen einer hoch interkorrelierten Umweltvariable gar nicht oder nur geringfügig auf die Qualität der Ordination (Eigenwerte, Varianzerklärung).

6.8.3 Ordinationsdiagramm

Mit Hilfe der Ordination werden Achsen extrahiert, die an die biologischen Variablen und an erhobene Umweltvariablen optimal angepasst sind. Diese Achsen werden dann über eine multiple Regression mit den erhobenen Umweltdaten in Verbindung gebracht. Die Ergebnisse der Analyse können mit Hilfe von Ordinationsdiagrammen (auch Biplots oder Scatterplots genannt) dargestellt werden. Arten, die an ähnlichen Stellen auftreten, erhalten dabei eine ähnliche Position entlang der Achsen, wobei ihnen Achsenwerte (species scores) zugeordnet werden. Auch die Probestellen lassen sich nach ihrer Ähnlichkeit ordnen. Probestellen, die eine ähnliche Artenzusammensetzung aufweisen erhalten dabei eine ähnliche Position entlang der Ordinationsachsen, wobei ihnen ebenfalls Achsenwerte (sample scores) zugeordnet werden.

Die Umweltparameter werden in Form von Pfeilen dargestellt, wobei die Länge des Pfeiles die relative Bedeutung des Umweltfaktors für die Verteilung der Arten angibt. Der Ursprung der Pfeile liegt immer im Zentrum der Achsenkreuze.

6.8.4 Generalized Linear Model (GLM)

Die in Kap 6.8.2 erläuterte Ordination dient dazu die für die Verteilung der Fauna bestimmenden Umweltparameter herauszuselektieren und die Stärke des Zusammenhanges zwischen den Taxa und den Umweltparametern zu ermitteln. Anschließend können mit Hilfe der GLM Zusammenhänge zwischen einem bestimmenden Umweltparameter (Prädiktor, unabhängige Variable) und den Abundanzen der Taxa (Kriterium, abhängige Variablen) beschrieben werden. Dazu wird eine einfache Regressionsanalyse durchgeführt.

Im eindimensionalen Fall, also wenn die abhängige Variable Y gegen eine Ordinationsachse oder eine andere Variable aufgetragen wird, wird der Zusammenhang zwischen Kriterium und Prädiktor durch folgenden Term beschrieben (Gleichung 4):

$$Y = b_0 + (b_1 \times V) + (b_2 \times V^2)$$

Gleichung 4. Polynom 2. Grades zur Bestimmung von Y

Es gelten:

$Y =$ Kriterium $V =$ Prädiktor

Mit Gleichung 4 kann somit die Regression von Y auf V berechnet werden.

In der GLM wird der Prädiktor um die sogenannte link function erweitert. Die link function (g) lautet für den Erwartungswert von Y ($E(Y)$):

$g(E(Y)) = \eta$.

Die link function ist abhängig von der Verteilung der vorherzusagenden Variablen. Bei einer Normalverteilung der vorherzusagenden Zufallsvariablen - normal verteilte Zufallsvariablen erkennt man daran, dass sie in ihrem mittleren Bereich annähernd glockenförmig verteilt sind - ist die link function identisch mit dem Prädiktor. Es ergibt sich somit:

$g(V) = V$ (identity link)

Bei einer Poisson-Verteilung (Verteilung seltener Ereignisse) der vorherzusagenden Variablen gilt für die link function:

$g(V) = \ln(V)$ (log link)

Für die vorliegenden Datensätze wurde die Poisson-Verteilung angenommen. Die Funktion für die geschätzten Abundanzen (Y) bei gegebenem Umweltfaktor (V) lautet (Gleichung 5):

$$Y = \exp \left[b_0 + (b_1 \times V) + (b_2 \times V^2) \right]$$

Gleichung 5. Polynom 2. Grades zur Bestimmung von y um die link function erweitert

7 Charakteristika der Bühnenfelder

Im Folgenden werden die Umweltparameter Strömungsgeschwindigkeit, Korndurchmesser und organischer Gehalt in den fünf untersuchten Bühnenfeldern vergleichend vorgestellt.

Die Bühnenfelder bei Ekm 418,1, 419,9 und 423,1 (Bf 1 bis Bf 3) zeichneten sich in beiden Untersuchungsjahren durch deutlich geringere durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeiten aus als die Bühnenfelder bei Ekm 425,0 und 427,2 (Bf 4 und Bf 5) (Tab. 8). Besonders im Bühnenfeld bei Ekm 425,0 herrschten in beiden Untersuchungsjahren deutlich höhere Strömungsgeschwindigkeiten. Analog zur Strömung war der durchschnittliche Korndurchmesser in diesem Bühnenfeld höher als in den übrigen Bühnenfeldern (Tab. 9). Das Sediment bestand vorwiegend aus Kies mit Sandeinlagerungen. Der organische Gehalt im Sediment dieses Bühnenfeldes war dagegen relativ gering (Tab. 10). Im Gegensatz dazu wies das Sediment im Bühnenfeld bei Ekm 418,1 den höchsten organischen Gehalt auf.

Tab. 8. Verteilung der durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeiten [m/s] in den Bühnenfeldern

Bühnenfeld	1998	1999
1	0,05	0,08
2	0,14	0,08
3	0,18	0,09
4	0,50	0,30
5	0,50	0,08

Tab. 9. Verteilung des durchschnittlichen Korndurchmessers [mm] (nach MEIER PETER) in den Bühnenfeldern

Bühnenfeld	1998	1999
1	1,20	1,01
2	0,76	0,53
3	1,99	2,13
4	1,67	3,85
5	1,01	1,55

Tab. 10. Verteilung des durchschnittlichen organischen Gehalts [%] in den Bühnenfeldern

Bühnenfeld	1998	1999
1	3,08	6,33
2	3,50	3,18
3	0,65	1,11
4	2,43	0,42
5	0,65	0,53

Die Auftragung der mittleren Abflusswerte des Pegels Havelberg zeigt, dass im Jahr 1998 nach einem Frühjahrshochwasser etwa Ende März ein gleichmäßiges Abfallen bis auf Niedrigwasserniveau folgte, welches von Mai 1998 bis in das zweite Drittel des Septembers andauerte (Abb. 9). Danach stieg der Wasserspiegel wieder über die MW-Marke (283 cm)

hinaus bis zu dem Hochwasserereignis Mitte November. Die Bühnenköpfe liegen etwa auf Niveau der Mittelwasserlage. Der Verlauf der Ganglinie mit Hochwasserereignissen im Winter und ausgedehnten Niedrigwasserphasen in den Sommermonaten ist für die Elbe typisch (BMBF 2002). Kennzeichnend für das Jahr 1999 war ein lang anhaltender hoher Abfluss zu Beginn des Jahres bis zum Mai, mit einer im Vergleich zum Vorjahr ausgeprägten Niedrigwasserperiode im Herbst und Winter.

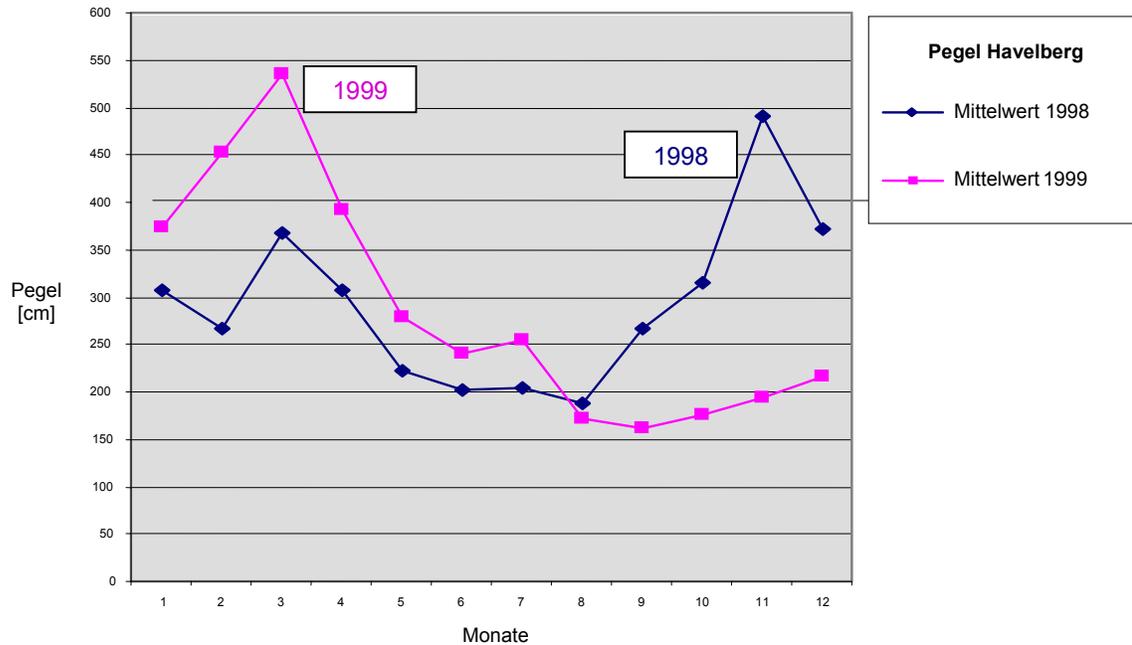


Abb. 9. Pegel Havelberg: durchschnittliche Pegelwerte der Jahre 1998 und 1999

8 Taxazahlen und Dominanzstrukturen

8.1 Taxazahlen

Insgesamt wurden in den beiden Untersuchungsjahren 1998 und 1999 in 230 Proben 93 Taxa gefunden (Tab. 11). Im Untersuchungsjahr 1998 wurden 78 Taxa gefunden und im darauf folgenden Jahr 88 Taxa. Dabei ist zu berücksichtigen, dass 1999 fast doppelt so viele Proben ausgewertet wurden wie 1998. SCHÖLL & BALZER (1998) fanden in einer über sechs Jahre durchgeführten Untersuchung in der unteren Mittelalbe (Ekm 331 bis Ekm 586) 86 Taxa und somit sieben Taxa weniger als in der vorliegenden Untersuchung. Sie beprobten die Elbe im Querprofil und erfassten dadurch sowohl die Chironomiden in den Bühnenfeldern als auch die Tiere in der Flussmitte. Die Bühnenfelder stellen offensichtlich günstigere Habitate für die Chironomiden dar als die Flussmitte. GARCIA & LAVILLE (2000) fanden während ihrer dreijährigen Untersuchung in der mittleren Loire, die wie die Elbe vorwiegend sandiges Substrat enthält, 117 Taxa an vier Untersuchungsstellen. Die Autoren erklären die hohen Taxazahlen damit, dass die Loire in diesem potamalen Flussabschnitt weitgehend von flussbaulichen Maßnahmen verschont geblieben ist und dadurch hohe Strömungs- und Substratdiversitäten aufweist, die zur Bildung unterschiedlichster Habitate führen. BAZZANTI (2000) schließlich fand 48 Taxa in der Arrone, einem sandigen, teilweise stark organisch verunreinigten Fluss in Italien. Er beprobte innerhalb von zwei Jahren sieben Untersuchungsstellen.

Tab. 11. Anzahl der Taxa und Proben nach Untersuchungsjahren getrennt

Untersuchungsjahr	Anzahl der Taxa	Anzahl der Proben
1998 und 1999	93	230
1998	78	77
1999	88	153

Betrachtet man die Anzahl der Taxa nach den fünf untersuchten Bühnenfeldern getrennt dargestellt, so ist zu sehen, dass das Bf 3 die meisten Taxa aufwies. Es unterschied sich in der Anzahl der Taxa aber nicht sehr von den Bf 1 und Bf 2. Diese ersten drei Bühnenfelder wiesen Probenahmestellen mit unterschiedlichen Strömungs- und Substratmosaiken auf. Innerhalb der Bf 4 und Bf 5 herrschte dagegen eine relativ gleichförmige Strömung und Substratbeschaffenheit. Sie wiesen neun bis 13 Taxa weniger auf als die übrigen Bühnenfelder.

Tab. 12. Anzahl der Taxa nach Bühnenfeldern getrennt

Bühnenfeld	Anzahl der Taxa
1	70
2	69
3	73
4	60
5	60

Die meisten Taxa, die in den Bühnenfeldern gefunden wurden, gehörten zur Unterfamilie der Chironominae und hier zum Tribus der Chironomini (Tab. 11 und Tab. 13). Larven der Unterfamilie der Chironominae bauen Gehäuse und ernähren sich vorwiegend von Detritus. Besonders Arten des Tribus der Chironomini leben typischerweise in nährstoffreichen, stehenden Gewässern. Die Tatsache, dass die Strömungsgeschwindigkeit besonders in den Bühnenfeldern 1 bis 3 sehr gering und der Anteil an sedimentierenden Detritus hoch war, erklärt das Dominieren der Chironomini.

Zu den Orthoclaadiinae, die mit 24 Taxa vertreten waren, gehören charakteristische Fließgewässerarten, deren teilweise gehäusebauenden Larven sich vorwiegend von Algen ernähren (FITTKAU & REISS 1978). Sie zählten im Bf 4, das sich im Vergleich zu den anderen Bühnenfeldern durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten und sandiges bis kiesiges Sediment auszeichnet, zu den dominanten Arten.

Taxa der Unterfamilien Tanypodinae und Prodiamesinae waren nur sehr schwach vertreten, und Taxa der Unterfamilie der Diamesinae wurden gar nicht gefunden. Larven der Unterfamilien der Diamesinae und Prodiamesinae sind an das Leben in nährstoffarmen, schnell fließenden Bächen angepasst. Man findet sie deshalb selten in großen Fließgewässern. Die einzige in den Bühnenfeldern gefundene Art stellt eine Ausnahme innerhalb ihrer Unterfamilie dar, da sie sandige bis schlammige Sedimente in langsam fließenden Gewässern besiedelt.

Die sich größtenteils räuberisch ernährenden Larven der Tanypodinae leben vor allem in lakustrischen Lebensräumen oder in langsam fließenden, makrophytenreichen Flussabschnitten (CASPER 1983).

Die oben beschriebene Verteilung der Taxa auf die Unterfamilien und besonders das Dominieren des Tribus der Chironomini ist charakteristisch für das Potamal großer Flüsse und deckt sich mit Beobachtungen von GARCIA & LAVILLE (2000) in der Loire, SCHÖLL & BALZER (1998) in der Elbe, BAZZANTI (2000) in der Arrone und BECKER (1994) im Rhein.

Tab. 13. Taxaliste

Tanypodinae	<i>Cricotopus (Isocladius) sylvestris</i> (FABRICIUS)
<i>Procladius choreus</i> (MEIGEN)	<i>Limnophyes pumilio</i> (HOLMGREN)
<i>Procladius sagittalis</i> (KIEFFER)	<i>Nanocladius bicolor</i> (ZETTERSTEDT)
<i>Rheopelopia ornata</i> (MEIGEN)	<i>Orthocladus (Orthocladus) oblidens</i> (WALKER)
<i>Tanypus punctipennis</i> (MEIGEN)	<i>Orthocladus (Orthocladus) sp.</i>
<i>Telopelopia fascigera</i> (VERNEAUX)	<i>Paracladius conversus</i> (WALKER)
Prodiamesinae	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i> (EDWARDS)
<i>Prodiamesa olivacea</i> (MEIGEN)	<i>Synorthocladus semivirens</i> (KIEFFER)
Orthoclaadiinae	<i>Tvetenia sp.</i>
<i>Camptocladus stercorarius</i> (DE GEER)	Chironominae - Chironomini
<i>Cardiocladus fuscus</i> (KIEFFER)	<i>Chironomus cf. annularius</i> (MEIGEN)
<i>Corynoneura celeripes</i> WINNERTZ	<i>Chironomus cf. cingulatus</i> (MEIGEN)
<i>Corynoneura celtica</i> EDWARDS	<i>Chironomus cf. lugubris</i> ZETTERSTEDT
<i>Corynoneura sp.</i>	<i>Chironomus cf. nudiventris</i> RYSER, SCHOLL et WÜLKER
<i>Cricotopus (Cricotopus) annulator</i> (GOETGHEBUER)	<i>Chironomus cf. obtusidens</i> (GOETGHEBUER)
<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i> (MEIGEN)	<i>Chironomus plumosus</i> – Gruppe
<i>Cricotopus (Cricotopus) pallidipes</i>	<i>Chironomus cf. plumosus</i> (LINNAEUS)
<i>Cricotopus (Cricotopus) sp.</i>	<i>Chironomus cf. prasinus</i> (MEIGEN)
<i>Cricotopus (Cricotopus) trifasciatus</i> (MEIGEN)	<i>Chironomus sp.</i>
<i>Cricotopus (Cricotopus) triannulatus</i> (MACQUARD)	<i>Chironomus cf. venustus</i> STAEGER
<i>Cricotopus sp.</i>	<i>Cladopelma sp.</i>
<i>Cricotopus (Isocladius) intersectus</i> (STAEGER)	<i>Cryptochironomus albobasciatus</i> (STAEGER)
<i>Cricotopus (Isocladius) obnixus</i> (WALKER)	<i>Dicrotendipes nervosus</i> (STAEGER)
<i>Cricotopus (Isocladius) sp.</i>	<i>Endochironomus albipennis</i> (MEIGEN)

<i>Endochironomus tendens</i> (FABRICIUS)	<i>Robackia demeijerei</i> (KRUSEMANN)
<i>Glyptotendipes pallens</i> (MEIGEN)	Chironominae - Tanytarsini
<i>Glyptotendipes paripes</i> (EDWARDS)	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe
<i>Glyptotendipes</i> sp.	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i> (GOETGHEBUER)
<i>Leptochironomus tener</i> KIEFFER	<i>Cladotanytarsus</i> sp.
<i>Microtendipes confinis</i> (MEIGEN)	<i>Cladotanytarsus vanderwulpi</i> (EDWARDS)
<i>Microtendipes pedellus</i> (DE GEER)	<i>Micropsectra</i> sp.
<i>Parachironomus arcuatus</i> (GOETGHEBUER)	<i>Micropsectra atrofasciata</i> (KIEFFER)
<i>Parachironomus frequens</i> (JOHANNSEN)	<i>Paratanytarsus bituberculatus</i> (EDWARDS)
<i>Parachironomus parilis</i> (WALKER)	<i>Paratanytarsus cf. inopertus</i> (WALKER)
<i>Parachironomus</i> sp.	<i>Rheotanytarsus muscicola</i> THIENEMANN
<i>Paratendipes albimanus</i> (MEIGEN)	<i>Rheotanytarsus pentapoda</i> (KIEFFER)
<i>Paracladopelma laminata</i> (KIEFFER)	<i>Rheotanytarsus photophilus</i> (GOETGHEBUER)
<i>Phaenopsectra flavipes</i> (MEIGEN)	<i>Rheotanytarsus</i> sp.
<i>Polypedilum (Polypedilum) cultellatum</i> (GOETGHEBUER)	<i>Stempellinella minor</i> (EDWARDS)
<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i> (MEIGEN)	<i>Tanytarsus brundini</i> (LINDBERG)
<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i> (MEIGEN)	<i>Tanytarsus ejuncidus</i> (WALKER)
<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i> (MEIGEN)	<i>Tanytarsus eminulus</i> (WALKER)
<i>Polypedilum (Tripodura) pullum</i> (ZETTERSTED)	<i>Tanytarsus fimbriatus</i> (REISS & FITTKAU)
<i>Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum</i> KIEFFER	<i>Tanytarsus heusdensis</i> (GOETGHEBUER)
<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i> (SCHRANK)	<i>Tanytarsus mendax</i> KIEFFER
<i>Polypedilum (Pentapedilum) sordens</i> (VAN DER WULP)	<i>Tanytarsus</i> sp.
<i>Polypedilum (Polypedilum) sp.</i>	

Tab. 14. Zuordnung der Taxa in Unterfamilien und Tribus

Unterfamilien (UF) und Tribus	Anzahl der Taxa
Prodiamesinae	1
Tanypodinae	5
Orthoclaadiinae	24
Chironominae - Chironomini	39
Chironominae - Tanytarsini	19

Bei allen drei Methoden wurden im Untersuchungsjahr 1999 mehr Taxa gefunden als im davorliegenden Jahr (Tab. 15). Bei den Aquarienproben waren es 13 Taxa mehr im Weichsubstrat und neun Taxa mehr auf Hartssubstrat. In den Eklektorproben konnten im 2. Untersuchungsjahr sieben Taxa mehr gefunden werden als im Vorjahr, in den Benthosproben im Weichsubstrat 13 Taxa und auf Hartssubstrat sieben Taxa.

Tab. 15. Anzahl der Taxa und Proben nach Erfassungsmethoden und Untersuchungsjahren getrennt

Erfassungsmethode und Untersuchungsjahr	Anzahl der Taxa	Anzahl der Proben
Aquarienproben Weichsubstrat 1998	18	12
Aquarienproben Weichsubstrat 1999	31	21
Aquarienproben Hartssubstrat 1998	32	12
Aquarienproben Hartssubstrat 1999	41	22
Eklektorproben 1998	53	32
Eklektorproben 1999	60	20
Benthosproben Weichsubstrat 1998	25	14
Benthosproben Weichsubstrat 1999	38	63
Benthosproben Hartssubstrat 1998	30	7
Benthosproben Hartssubstrat 1999	37	27

Der Vergleich der Taxazahlen, aufgetrennt nach den angewandten Methoden zur Erfassung der Chironomiden (Aquarienaufzuchten, Eklektorfänge und Benthosprobenahme) zeigt, dass mit Hilfe der Aquarienproben auf dem Hartsubstrat 48 Taxa und im Weichsubstrat 34 Taxa ermittelt wurden. Die Benthosproben ergaben auf beiden Substrattypen 38 Taxa. Die Eklektorproben enthielten 85 Taxa (Tab. 16). Mit Hilfe von Eklektoren konnten also weit mehr Taxa ermittelt werden, als mit den anderen beiden Methoden.

Tab. 16. Anzahl der Taxa und Proben nach Erfassungsmethoden getrennt

Erfassungsmethode	Anzahl der Taxa	Anzahl der Proben
Aquarienproben Hartsubstrat	48	34
Aquarienproben Weichsubstrat	33	33
Eklektorproben	74	52
Benthosproben Hartsubstrat	36	34
Benthosproben Weichsubstrat	37	77

8.2 Dominanzstrukturen

8.2.1 Dominanzstrukturen im Weichsubstrat

Die Darstellung der Dominanzstrukturen im Weichsubstrat zeigt, dass bei den Benthosproben, Eklektorproben und Aquarienproben unterschiedliche Ergebnisse vorliegen (Tab. 17). Diese Unterschiede sind methodisch bedingt und werden in Kap. 10 näher erläutert.

Bei allen drei Erfassungsmethoden dominierten Arten der Gattung *Chironomus*. Das in den Benthosproben nicht weiter determinierte Taxon *Chironomus* sp. könnte *Chironomus* cf. *cingulatus* oder *Chironomus* cf. *venustus* sein, die in den Eklektorproben dominant und subdominant auftraten. Beide Arten findet man oft in nährstoffreichen, stehenden Gewässern.

Der in den Benthosproben als dominant angegebene Tribus Tanytarsini kann viele Gattungen und Arten enthalten, da viele Arten dieses Tribus als Imagines bestimmt werden konnten. Sie sind in nährstoffarmen, stehenden und langsam fließenden Gewässern verbreitet (CASPER 1983). Bei den Eklektorproben war *Rheotanytarsus muscicola* eine dominante Art, bei den Aquarienproben drei Arten der Gattung *Tanytarsus*: *Tanytarsus heusdensis*, *Tanytarsus ejuncidus* und *Tanytarsus fimbriatus*. *Rheotanytarsus muscicola* kommt häufig in sandigen Tieflandflüssen vor. In den Tieflandbächen des Münsterlandes besiedelt sie im Gegensatz zu den eigenen Untersuchungen bevorzugt das Hartsubstrat (www.zooserv1.uni-muenster.de/limnology/news/spraktikum02/).

Tanytarsus heusdensis konnte im Rhein gleichermaßen auf sandigen und kiesigen Substraten und Steinen gezüchtet werden (BECKER 1994).

Die Orthocladiine *Nanocladius bicolor* war in den Benthosproben und den Aquarienproben subdominant und in den Eklektorproben dominant. Es ist die einzige Art, die bei allen drei Methoden in hohen Abundanzen auftrat. *Cryptochironomus albofasciatus* war dagegen in den Benthos- und Eklektorproben subdominant und in den Aquarienproben rezedent. Die Art gilt als Litoralbewohner, die vorzugsweise bewuchsfreie Sandflächen besiedelt (REISS 1968).

Robackia demeijerei trat fast ausschließlich in den Benthosproben auf, wo sie hohe Abundanzen im Weichsubstrat zeigte. Von SCHÖLL & BALZER (1998) wird sie als „Charakterart bewegter Sande der Elbe“ bezeichnet. Arten aus der *Cladotanytarsus mancus* Gruppe, die in den Benthosproben als *Cladotanytarsus* sp. bestimmt wurden und hier subdominant waren, traten in den Aquarienproben dominant und in den Eklektorproben rezedent auf.

Die übrigen Taxa zählten zu den Begleitarten. Von diesen wurden die meisten Taxa nur sporadisch, also mit einem Anteil von weniger als 0,32 % an der Gesamtabundanz, gefunden.

Tab. 17. Dominanzstrukturen im Weichsubstrat

Taxa der Benthosproben	Klassifizierung	Taxa der Eklektorproben	Klassifizierung	Taxa der Aquarienproben	Klassifizierung
<i>Chironomus</i> sp.	dominant	<i>Chironomus</i> cf. <i>cingulatus</i>	dominant	<i>Chironomus</i> sp.	dominant
Tanytarsini	dominant	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	dominant	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	dominant
Chironomini	subdominat	<i>Nanocladius bicolor</i>	dominant	<i>Tanytarsus heusdensis</i>	dominant
<i>Chironomus</i> cf. <i>nudiventris</i>	subdominat	<i>Chironomus</i> cf. <i>venustus</i>	subdominat	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i>	dominant
<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subdominat	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subdominat	<i>Tanytarsus ejuncidus</i>	subdominat
<i>Robackia demeijerei</i>	subdominat	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	subdominat	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	subdominat
<i>Cladotanytarsus</i> sp.	subdominat	<i>Paracladopelma laminata</i>	subdominat	<i>Nanocladius bicolor</i>	subdominat
Orthoclaadiinae	subdominat	<i>Polypedilum (Polypedilum) cultellatum</i>	subdominat		
<i>Orthocladus (Orthocladus)</i> sp.	subdominat	<i>Cricotopus (Cricotopus) annulator</i>	subdominat	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	subrezedent
<i>Nanocladius bicolor</i>	subdominat	<i>Cricotopus (Cricotopus) triannulatus</i>	subdominat	<i>Leptochironomus tener</i>	subrezedent
Chironomidae Puppen	rezedent	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i>	subdominat	<i>Microtendipes confinis</i>	subrezedent
<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i>	rezedent	<i>Cricotopus (Isocladus) sylvestris</i>	subdominat	<i>Paracladopelma laminata</i>	subrezedent
<i>Paracladopelma laminata</i>	rezedent	<i>Chironomus</i> cf. <i>annularius</i>	rezedent	<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	subrezedent
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp.	rezedent	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	rezedent	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	subrezedent
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	rezedent	<i>Cricotopus (Isocladus) intersectus</i>	rezedent	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i>	rezedent
Tanypodinae	rezedent	Orthoclaadiinae	rezedent	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	rezedent
<i>Tanytarsus</i> sp.	rezedent	<i>Parachironomus frequens</i>	rezedent	<i>Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum</i>	rezedent
<i>Camptocladus stercorarius</i>	subrezedent	<i>Procladius choreus</i>	rezedent	<i>Procladius choreus</i>	rezedent
<i>Chironomus plumosus</i>	subrezedent	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	rezedent	<i>Rheopelopia ornata</i>	rezedent

<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i>	subrezedent	<i>Rheopelopia ornata</i>	rezedent	<i>Tanytarsus brundini</i>	rezedent
<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus ejuncidus</i>	rezedent	<i>Tanytarsus eminulus</i>	rezedent
<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus heusdensis</i>	rezedent	<i>Chironomus cf. cingulatus</i>	sporadisch
<i>Procladius choreus</i>	subrezedent	<i>Chironomus sp.</i>	subrezedent	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	sporadisch
<i>Rheopelopia ornata</i>	subrezedent	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	subrezedent	<i>Orthoclaadiinae</i>	sporadisch
<i>Synorthocladus semivirens</i>	subrezedent	<i>Orthocladus (Orthocladus) sp.</i>	subrezedent	<i>Paratanytarsus bituberculatus</i>	sporadisch
<i>Chironomus plumosus</i> - Gruppe	sporadisch	<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	subrezedent	<i>Paratendipes albimanus</i>	sporadisch
<i>Cladopelma sp.</i>	sporadisch	<i>Tanytarsus eminulus</i>	subrezedent	<i>Phaenopsectra flavipes</i>	sporadisch
<i>Cricotopus sp.</i>	sporadisch	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	subrezedent	<i>Polypedilum (Tripodura) pullum</i>	sporadisch
<i>Cricotopus (Isocladus) sp.</i>	sporadisch	<i>Tanytarsus mendax</i>	subrezedent	<i>Polypedilum acutum</i>	sporadisch
<i>Cricotopus (Isocladus) sylvestris</i>	sporadisch	<i>Cardiocladius fuscus</i>	sporadisch	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	sporadisch
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	sporadisch	<i>Chironomus</i>	sporadisch	<i>Stempellinella minor</i>	sporadisch
<i>Glyptotendipes sp.</i>	sporadisch	<i>Chironomus cf. lugubris</i>	sporadisch	<i>Tanytarsini</i>	sporadisch
<i>Glyptotendipes pallens</i>	sporadisch	<i>Chironomus cf. prasinus</i>	sporadisch	<i>Tanytarsus sp.</i>	sporadisch
<i>Leptochironomus tener</i>	sporadisch	<i>Chironomus cf. obtusidens</i>	sporadisch		
<i>Micropsectra sp.</i>	sporadisch	<i>Cladotanytarsus vanderwulpi</i>	sporadisch		
<i>Microtendipes pedellus</i>	sporadisch	<i>Corynoneura</i>	sporadisch		
<i>Prodiamesa olivacea</i>	sporadisch	<i>Corynoneura celeripes</i>	sporadisch		
		<i>Corynoneura celtica</i>	sporadisch		
		<i>Cricotopus sp.</i>	sporadisch		
		<i>Cricotopus (Cricotopus) trifascia</i>	sporadisch		
		<i>Cricotopus (Cricotopus) pallidipes</i>	sporadisch		
		<i>Cricotopus (Cricotopus) sp.</i>	sporadisch		
		<i>Cricotopus (Isocladus) obnixus</i>	sporadisch		
		<i>Endochironomus albipennis</i>	sporadisch		
		<i>Eukiefferiella discoloripes</i>	sporadisch		
		<i>Glyptotendipes pallens</i>	sporadisch		
		<i>Leptochironomus tener</i>	sporadisch		
		<i>Limnophyes pumilio</i>	sporadisch		
		<i>Microtendipes confinis</i>	sporadisch		
		<i>Microtendipes pedellus</i>	sporadisch		

		<i>Orthocladius (Orthocladius) oblidens</i>	sporadisch		
		<i>Orthocladius (Orthocladius) sp.</i>	sporadisch		
		<i>Parachironomus</i>	sporadisch		
		<i>Parachironomus parilis</i>	sporadisch		
		<i>Paracladius conversus</i>	sporadisch		
		<i>Paratendipes albimanus</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum (Pentapedilum) sordens</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum (Tripodura) pullum</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	sporadisch		
		<i>Procladius sagittalis</i>	sporadisch		
		<i>Rheotanytarsus pentapoda</i>	sporadisch		
		<i>Rheotanytarsus photophilus</i>	sporadisch		
		<i>Robackia demeijerei</i>	sporadisch		
		<i>Stempellinella minor</i>	sporadisch		
		<i>Synorthocladus semivirens</i>	sporadisch		
		<i>Tanypodinae</i>	sporadisch		
		<i>Tanytarsus brundini</i>	sporadisch		
		<i>Tanytarsus sp.</i>	sporadisch		
		<i>Telopelopia fascigera</i>	sporadisch		

Tab. 18. Erläuterung zur Klassifizierung der Abundanzen (Einteilung nach Engelmann 1978):

	Anteil an der Gesamtabundanz [%]	Einstufung
Eudominant	32,00 - 100,00	Hauptart
Dominant	10,00 - 31,90	Hauptart
Subdominant	3,20 - 9,90	Hauptart
Rezedent	1,00 - 3,10	Begleitart
Subrezedent	0,32 - 0,99	Begleitart
Sporadisch	< 0,32	Begleitart

8.2.2 Dominanzstrukturen auf Hartsubstrat

Die Darstellung der Dominanzstrukturen auf Hartsubstrat zeigt, wie auch im Weichsubstrat, dass bei den verwendeten Erfassungsmethoden unterschiedliche Ergebnisse ermittelt wurden, auf die in Kap. 10 näher eingegangen wird.

Bei beiden Fangmethoden zählten die Arten *Nanocladius bicolor* und *Orthocladius* (*Orthocladius*) sp. zu den dominanten Chironomiden. Diese euryöken Taxa traten auch im Weichsubstrat dominant und subdominant auf. Sie wurden also in den Bühnenfeldern bei allen drei Methoden und auf beiden Substrattypen in hohen Abundanzen gefunden. Nach Untersuchungen von LEHMANN (1971) besiedeln die Larven von *Nanocladius bicolor* in der Fulda offensichtlich ohne Präferenzen Steine, Pflanzen und sandig-schlammige Sedimente. Die Unterfamilie Orthoclaadiinae und der Tribus Tanytarsini, die in den Benthosproben dominant auftraten, können viele Arten enthalten, die in den Aufzuchten aufgrund der genaueren Determination als Begleitarten, also mit einer Klassifizierung von rezedent über subrezedent oder sporadisch angegeben sind. Die Tanytarsini waren darüber hinaus auch im Weichsubstrat ein dominierendes Taxon.

Die in den Benthosproben aufgeführten Tanytopodinae könnten *Rheopelopia ornata* oder *Procladius choreus* sein, da dies die einzigen Arten aus der Unterfamilie der Tanytopodinae waren, die als Imagines gefunden wurden. In den Aquarienproben traten sie nur als rezedente oder sporadische Begleitarten auf. Bei der in den Benthosproben aufgeführten *Rheotanytarsus* sp. kann es sich um *R. muscicola*, die in den Aquarienproben rezedent auftrat oder *R. photophilus*, die in den Aquarienproben sporadisch auftrat, handeln.

Die übrigen Taxa zählten zu den Begleitarten. Von diesen wurden die meisten Taxa nur sporadisch, also mit einem Anteil von weniger als 0,32 % an der Gesamtabundanz, gefunden.

Tab. 19. Dominanzstrukturen auf Hartsubstrat

Taxa der Benthosproben	Klassifizierung	Taxa der Aquarienproben	Klassifizierung
<i>Nanocladius bicolor</i>	dominant	<i>Cricotopus (Cricotopus) triannulatus</i>	eudominant
Orthoclaadiinae	dominant	<i>Nanocladius bicolor</i>	dominant
<i>Orthocladius (Orthocladius) sp.</i>	dominant	<i>Orthocladius (Orthocladius) sp.</i>	dominant
Tanytarsini	dominant	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i>	subdominat
<i>Rheotanytarsus sp.</i>	subdominat	<i>Cricotopus (Cricotopus) annulator</i>	rezedent
Tanytopodinae	subdominat	<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i>	rezedent
Chironomidae sp.Puppen	rezedent	<i>Orthocladius (Orthocladius) sp.</i>	rezedent
Chironomini	rezedent	<i>Paratanytarsus inopertus</i>	rezedent
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	rezedent	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	rezedent

<i>Rheopelopia ornata</i>	rezedent	<i>Rheopelopia ornata</i>	rezedent
<i>Synorthocladus semivirens</i>	rezedent	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	rezedent
<i>Cricotopus</i> sp.	subrezedent	<i>Synorthocladus semivirens</i>	rezedent
<i>Robackia demeijerei</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus brundini</i>	rezedent
<i>Tanytarsus</i> sp.	subrezedent	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	rezedent
<i>Tvetenia</i> sp.	subrezedent	<i>Tanytarsus heusdensis</i>	rezedent
<i>Chironomus</i> sp.	sporadisch	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	subrezedent
<i>Chironomus</i> cf. <i>nudiventris</i>	sporadisch	<i>Cricotopus (Isocladus) intersectus</i>	subrezedent
<i>Cladotanytarsus</i>	sporadisch	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subrezedent
<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i>	sporadisch	<i>Microtendipes confinis</i>	subrezedent
<i>Cricotopus (Cricotopus)</i> sp.	sporadisch	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i>	subrezedent
<i>Cricotopus (Isocladus) intersectus</i>	sporadisch	<i>Polypedilum (Polypedilum) cultellatum</i>	subrezedent
<i>Cricotopus (Isocladus)</i> sp.	sporadisch	<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	subrezedent
<i>Cricotopus (Isocladus) sylvestris</i>	sporadisch	<i>Tanytarsus ejuncidus</i>	subrezedent
<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	sporadisch	<i>Tanytarsus eminulus</i>	subrezedent
<i>Endochironomus albipennis</i>	sporadisch	<i>Chironomus</i> cf. <i>ugubris</i>	sporadisch
<i>Glyptotendipes</i> sp.	sporadisch	<i>Chironomus</i> sp.	sporadisch
<i>Glyptotendipes pallens</i>	sporadisch	<i>Cladotanytarsus atridorsum</i>	sporadisch
<i>Glyptotendipes paripes</i>	sporadisch	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	sporadisch
<i>Micropsectra</i> sp.	sporadisch	<i>Cladotanytarsus vanderwulpi</i>	sporadisch
<i>Microtendipes pedellus</i>	sporadisch	<i>Cricotopus</i> sp.	sporadisch
<i>Parachironomus arcuatus</i>	sporadisch	<i>Endochironomus albipennis</i>	sporadisch
<i>Parachironomus frequens</i>	sporadisch	<i>Glyptotendipes gripekoveni</i>	sporadisch
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i>	sporadisch	<i>Glyptotendipes pallens</i>	sporadisch
<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	sporadisch	<i>Leptochironomus tener</i>	sporadisch
<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	sporadisch	<i>Micropsectra</i> sp.	sporadisch
<i>Procladius choreus</i>	sporadisch	Orthoclaadiinae	sporadisch
		<i>Paracladopelma laminata</i>	sporadisch
		<i>Paratanytarsus bituberculatus</i>	sporadisch
		<i>Polypedilum (Polypedilum)</i>	sporadisch
		<i>Polypedilum (Polypedilum) pedestre</i>	sporadisch
		<i>Procladius choreus</i>	sporadisch
		<i>Psectrocladius fennicus</i>	sporadisch
		<i>Rheotanytarsus pentapoda</i>	sporadisch
		<i>Rheotanytarsus photophilus</i>	sporadisch

Erläuterung zur Klassifizierung der Abundanzen s. Tab. 18, S. 46.

8.2.3 Dominanzstrukturen im Weichsubstrat der einzelnen Bühnenfelder

8.2.3.1 Dominanzstrukturen im Bühnenfeld 1

Das Bf 1 bei Ekm 418,1 zeichnet sich durch hohen Anteil an sandigem Substrat in der Mitte des Bühnenfeldes und schlammigem Substrat am Ufer aus (Kap. 5.2.1). Dominante und subdominante Taxa waren Arten der Gattung *Chironomus* (*Chir.* cf. *nudiventris*, *Chir.* cf. *cingulatus*, *Chir.* cf. *venustus*) (Tab. 20). Desweiteren zählten in den Benthosproben Arten des Tribus der Tanytarsini, die nicht weiter determiniert werden konnten, zu den dominanten Taxa. Es handelte sich hierbei wahrscheinlich u.a. um *Tanytarsus ejuncidus* und Arten der *Cladotanytarsus mancus* - Gruppe, da diese Arten in den Aquarienproben subdominant (*Tanytarsus ejuncidus*) und dominant (*Cladotanytarsus mancus* - Gruppe) auftraten. Auch Arten des Tribus Chironomini waren in den Benthosproben subdominant. Hierbei handelte es sich wahrscheinlich u.a. um *Dicrotendipes nervosus*, die in den Eklektorproben subdominant auftrat. Weiterhin gehörten *Polypedilum (P.) cultellatum* und *Polypedilum (P.) convictum*,

sowie *Cricotopus (C.) annulator* und *Cricotopus (C.) bicinctus* zu den subdominanten Arten im Bf 1.

Tab. 20. Dominanzstrukturen in Bühnenfeld 1

Taxa der Benthosproben	Klassifizierung	Taxa der Eklektorproben	Klassifizierung	Taxa der Aquarienproben	Klassifizierung
<i>Chironomus</i> sp.	dominant	<i>Cricotopus (I.) sylvestris</i>	dominant	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i>	eudominant
<i>Chironomus</i> cf. <i>nudiventris</i>	dominant	<i>Polypedilum (Polypedilum) cultellatum</i>	dominant	<i>Chironomus</i> sp.	dominant
Tanytarsini	dominant	<i>Chironomus</i> cf. <i>cingulatus</i>	subdominant	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	dominant
Chironomini	subdominant	<i>Chironomus</i> cf. <i>venustus</i>	subdominant	<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i>	subdominant
<i>Cladotanytarsus</i>	subdominant	<i>Cricotopus (C.) annulator</i>	subdominant	<i>Tanytarsus ejujncidus</i>	subdominant
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp.	subdominant	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	subdominant	<i>Nanocladius bicolor</i>	rezedent
<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i>	rezedent	<i>Nanocladius bicolor</i>	subdominant	<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	rezedent
<i>Paracladopelma laminata</i>	rezedent	<i>Rheopelopia ornata</i>	subdominant	<i>Tanytarsus eminulus</i>	rezedent
<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	rezedent	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	subdominant	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	rezedent
<i>Robackia demeijerei</i>	rezedent	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	rezedent	<i>Tanytarsus heusdensis</i>	rezedent
Chironomidae Puppen	subrezedent	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	rezedent	Orthoclaadiinae	subrezedent
<i>Chironomus plumosus</i> - Gruppe	subrezedent	<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i>	rezedent	<i>Procladius choreus</i>	subrezedent
<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subrezedent	<i>Cricotopus (I.) intersectus</i>	rezedent	<i>Tanytarsus brundini</i>	subrezedent
<i>Micropsectra</i> sp.	subrezedent	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	rezedent	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	sporadisch
Orthoclaadiinae	subrezedent	<i>Paracladopelma laminata</i>	rezedent	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	sporadisch
<i>Orthocladus (Orthocladus)</i> sp.	subrezedent	<i>Procladius choreus</i>	rezedent	<i>Leptochironomus tener</i>	sporadisch
<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus ejujncidus</i>	rezedent	<i>Paratendipes albimanus</i>	sporadisch
<i>Procladius choreus</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	rezedent		
<i>Tanytarsus</i> sp.	subrezedent	<i>Tanytarsus mendax</i>	rezedent		
<i>Cricotopus (I.)</i> sp.	sporadisch	<i>Cricotopus (C.) triannulatus</i>	subrezedent		
<i>Nanocladius bicolor</i>	sporadisch	<i>Cricotopus (C.) pallidipes</i>	subrezedent		
<i>Rheopelopia ornata</i>	sporadisch	<i>Cricotopus (I.) obnixus</i>	subrezedent		
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	sporadisch	<i>Parachironomus frequens</i>	subrezedent		
Tanypodinae	sporadisch	<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	subrezedent		
		<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	subrezedent		
		<i>Stempellinella minor</i>	subrezedent		
		<i>Tanytarsus brundini</i>	subrezedent		
		<i>Chironomus</i> sp.	sporadisch		

		<i>Corynoneura</i> sp.	sporadisch		
		<i>Corynoneura celtica</i>	sporadisch		
		<i>Cricotopus</i> sp.	sporadisch		
		<i>Cricotopus</i> (C.) <i>trifascia</i>	sporadisch		
		<i>Endochironomus albipennis</i>	sporadisch		
		<i>Glyptotendipes pallens</i>	sporadisch		
		<i>Leptochironomus tener</i>	sporadisch		
		<i>Limnophyes pumilio</i>	sporadisch		
		<i>Microtendipes pedellus</i>	sporadisch		
		<i>Orthocladius</i> (Orthocladius) <i>oblidens</i>	sporadisch		
		<i>Orthocladius</i> (Orthocladius) sp.	sporadisch		
		<i>Paratendipes albimanus</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum</i> (Pentapedilum) <i>sordens</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum</i> (Polypedilum) <i>pedestre</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum</i> (Tripodura) <i>quadriguttatum</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum</i> (Tripodura) <i>scalaenum</i>	sporadisch		
		<i>Rheotanytarsus photophilus</i>	sporadisch		
		<i>Tanytarsus eminulus</i>	sporadisch		
		<i>Tanytarsus heusdensis</i>	sporadisch		
		<i>Tanytarsus</i> sp.	sporadisch		

Erläuterung zur Klassifizierung der Abundanzen s. Tab. 18, S. 46.

8.2.3.2 Dominanzstrukturen im Bühnenfeld 2

Das Substrat in Bf 2 besteht vorwiegend aus feinem Sand mit hohem Schlammanteil (Kap. 5.2.2). In den Benthosproben zählten die Tanytarsini zu den eudominanten Taxa (Tab. 21). Sie stellten damit 32 bis 100 % der Gesamtabundanz dar. In Bf 1 zählten sie als dominantes Taxon ebenfalls zu den Hauptarten. Arten dieses Tribus könnten u.a. *Rheotanytarsus muscicola*, die in den Eklektorproben dominant war sowie *Tanytarsus ejuncidus*, *T. eminulus*, *T. fimbriatus* und *T. heusdensis*, die in den Aquarienproben dominant und subdominant auftraten, sein.

Als dominant traten in den Benthosproben Arten der Gattung *Cladotanytarsus* auf, die in den Aquarienproben als *Cladotanytarsus mancus* - Gruppe bestimmt wurden. In den Eklektorproben stellte diese Gruppe nur 0,32 bis 0,99 % der Gesamtabundanz und war damit subrezedent. Im Bf 1 zählten sie ebenfalls zur Hauptgruppe, jedoch waren sie hier nur subdominant.

In den Benthos- und Aquarienproben galt *Cryptochironomus albofasciatus* in Bf 2 als subdominant. In den Eklektorproben trat sie nur rezedent auf. Auch in Bf 1 zählte sie bei allen drei Fangmethoden zu den Begleitarten. Zur subdominanten Gruppe bei allen drei Fangmethoden zählten Arten der Gattung *Chironomus*. Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus Bf 1.

Robackia demeijerei, die fast ausschließlich in den Benthosproben zu finden war, zählte in Bf 2 zur subdominanten Art, wohingegen sie in Bf 1 nur rezedent auftrat. Dies ist erstaunlich, da die Art feinkörniges Substrat, wie es vorwiegend in Bf 2 vorliegt, meidet (FRANQUET 1999) und dagegen bewegte Sande bevorzugt (SOLUK 1985, FRANQUET 1999, BARTON & SMITH 1984). In Bf 2 trat sie allerdings in deutlich höheren Abundanzen an Probenahmestellen mit vorwiegend sandigem Substrat auf, als an schlammigen Abschnitten.

In den Aquarienproben konnten in Bf 2 insgesamt nur zehn Taxa nachgewiesen werden. Von diesen zählten neun Taxa zu den Hauptarten und nur ein Taxon trat als Begleitart rezedent auf. Die geringe Taxazahl und die Verteilung der Taxa innerhalb der Dominanzstrukturen hat offensichtlich methodische Gründe, da mit den anderen beiden Fangmethoden wesentlich mehr Taxa und abweichende Dominanzstrukturen ermittelt wurden. Vermutlich wurde das fein sandige bis schlammige Substrat aus Bf 2 aufgrund der Erschütterungen während des Transports im Auto dichter gepackt, als sandiges oder kiesiges Substrat. Dies könnte dazu geführt haben, dass bei diesen veränderten Bedingungen nur wenige Taxa schlüpfen konnten (Kap. 10.2.1).

Als subdominant in Bf 2 galten schliesslich *Paracladopelma laminata*, und *Parachironomus frequenz*, die in Bf 1 nur rezedent auftraten.

Tab. 21. Dominanzstrukturen in Bühnenfeld 2

Taxa der Benthosproben	Klassifizierung	Taxa der Eklektorproben	Klassifizierung	Taxa der Aquarienproben	Klassifizierung
Tanytarsini	eudominant	<i>Cricotopus (I.) sylvestris</i>	dominant	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	dominant
<i>Cladotanytarsus</i> sp.	dominant	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	dominant	<i>Nanocladius bicolor</i>	dominant
<i>Chironomus</i> sp.	subdominant	<i>Chironomus</i> cf. <i>annularius</i>	subdominant	<i>Tanytarsus ejuucidus</i>	dominant
<i>Chironomus</i> cf. <i>nudiventris</i>	subdominant	<i>Chironomus</i> cf. <i>cingulatus</i>	subdominant	<i>Chironomus</i> sp.	subdominant
<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subdominant	<i>Cricotopus (C.) triannulatus</i>	subdominant	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subdominant
<i>Robackia demeijerei</i>	subdominant	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	subdominant	<i>Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum</i>	subdominant
Chironomidae Puppen	rezedent	<i>Nanocladius bicolor</i>	subdominant	<i>Tanytarsus eminulus</i>	subdominant
<i>Chironomini</i>	rezedent	<i>Orthoclaadiinae</i>	subdominant	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	subdominant
<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i>	subrezedent	<i>Parachironomus frequens</i>	subdominant	<i>Tanytarsus heusdensis</i>	subdominant
<i>Nanocladius bicolor</i>	subrezedent	<i>Paracladopelma laminata</i>	subdominant	<i>Chironomus</i> cf. <i>cingulatus</i>	rezedent
<i>Orthocladus (Orthocladus)</i> sp.	subrezedent	<i>Chironomus</i> sp.	subrezedent		
<i>Paracladopelma laminata</i>	subrezedent	<i>Chironomus</i> cf. <i>venustus</i>	subrezedent		
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp.	subrezedent	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	subrezedent		
<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	subrezedent	<i>Corynoneura</i> sp.	subrezedent		
<i>Tanytarsus</i> sp.	subrezedent	<i>Cricotopus (C.) annulator</i>	subrezedent		

<i>Chironomus plumosus</i>	sporadisch	<i>Endochironomus albipennis</i>	subrezedent		
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	sporadisch	<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	subrezedent		
<i>Micropsectra</i> sp.	sporadisch	<i>Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum</i>	subrezedent		
<i>Microtendipes pedellus</i>	sporadisch	<i>Procladius choreus</i>	subrezedent		
Orthoclaadiinae	sporadisch	<i>Tanytarsus eminulus</i>	subrezedent		
<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	sporadisch	<i>Tanytarsus mendax</i>	subrezedent		
<i>Procladius choreus</i>	sporadisch	<i>Chironomus</i> sp.	rezedent		
<i>Prodiamesa olivacea</i>	sporadisch	<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i>	rezedent		
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	sporadisch	<i>Cricotopus (I.) intersectus</i>	rezedent		
Tanypodinae	sporadisch	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	rezedent		
		<i>Polypedilum (Polypedilum) cultellatum</i>	rezedent		
		<i>Rheopelopia ornata</i>	rezedent		
		<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	sporadisch		
		<i>Cricotopus (C.)</i> sp.	sporadisch		
		<i>Cricotopus (I.) obnixus</i>	sporadisch		
		<i>Glyptotendipes pallens</i>	sporadisch		
		<i>Microtendipes confinis</i>	sporadisch		
		<i>Microtendipes pedellus</i>	sporadisch		
		<i>Orthocladius (Orthocladius)</i> sp.	sporadisch		
		<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	sporadisch		
		<i>Rheotanytarsus pentapoda</i>	sporadisch		
		<i>Rheotanytarsus photophilus</i>	sporadisch		
		<i>Synorthocladius semivirens</i>	sporadisch		
		<i>Tanytarsus heusdensis</i>	sporadisch		
		<i>Telopelopia fascigera</i>	sporadisch		

Erläuterung zur Klassifizierung der Abundanzen s. Tab. 18, S. 46.

8.2.3.3 Dominanzstrukturen im Bühnenfeld 3

Charakteristisch für dieses Bühnenfeld bei Ekm 423,1 ist feinsandiges bis sandiges Substrat in der Bühnenfeldmitte und schlammiges Substrat in Ufernähe (Kap. 5.2.3). Als dominant und subdominant galten, wie auch in den beiden ersten Bühnenfeldern, Arten der Gattung *Chironomus* und der *Cladotanytarsus mancus* - Gruppe, sowie *Cryptochironomus albofasciatus*. Arten des Tribus Tanytarsini (u.a. *Tanytarsus heusdensis*, *Tanytarsus fimbriatus*, *Cladotanytarsus mancus* - Gruppe und *Rheotanytarsus muscicola*) zählten wie in

Bf 1 und Bf 2 zu den Hauptarten, waren jedoch im Gegensatz zu den ersten beiden Bühnenfeldern nur noch subdominant. Dies galt für *Robackia demeijerei* (Tab. 22).

Im Vergleich zu Bf 1 und Bf 2 sind folgende Taxa in Bf 3 neu zur Hauptgruppe dazugekommen:

Nanocladius bicolor, die in allen drei Fangmethoden subdominant auftrat, und die Orthoclaadiinen aus den Benthosproben, die als Imagines als zwei Arten der Gattung *Cricotopus* (*C. bicinctus* und *C. annulator*) und als *Orthocladus* (*O.*) sp. identifiziert wurden.

Tab. 22. Dominanzstrukturen in Bühnenfeld 3

Taxa der Benthosproben	Klassifizierung	Taxa der Eklektorproben	Klassifizierung	Taxa der Aquarienproben	Klassifizierung
<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i>	subdominant	<i>Chironomus</i> cf. <i>cingulatus</i>	dominant	<i>Chironomus</i> sp. 1	dominant
<i>Cladotanytarsus</i> sp.	subdominant	<i>Paracladopelma laminata</i>	dominant	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	dominant
<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subdominant	<i>Cricotopus</i> (<i>C.</i>) <i>annulator</i>	subdominant	<i>Tanytarsus heusdensis</i>	dominant
<i>Nanocladius bicolor</i>	subdominant	<i>Cricotopus</i> (<i>C.</i>) <i>bicinctus</i>	subdominant	<i>Nanocladius bicolor</i>	subdominant
Orthoclaadiinae	subdominant	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subdominant	<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>) <i>convictum</i>	subdominant
<i>Robackia demeijerei</i>	subdominant	<i>Nanocladius bicolor</i>	subdominant	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	subdominant
Tanytarsini	subdominant	<i>Orthocladus</i> (<i>Orthocladus</i>) sp.	subdominant	<i>Cricotopus</i> (<i>C.</i>) <i>triannulatus</i>	rezedent
<i>Tanytarsus</i> sp.	subdominant	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	Subdominant	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	rezedent
<i>Chironomus</i> cf. <i>nudiventris</i>	rezedent	<i>Cricotopus</i> (<i>C.</i>) <i>triannulatus</i>	rezedent	<i>Leptochironomus tener</i>	rezedent
<i>Chironomus plumosus</i>	rezedent	<i>Cricotopus</i> (<i>I.</i>) <i>intersectus</i>	rezedent	<i>Microtendipes confinis</i>	rezedent
<i>Orthocladus</i> (<i>Orthocladus</i>) sp.	rezedent	<i>Cricotopus</i> (<i>I.</i>) <i>sylvestris</i>	rezedent	<i>Paracladopelma laminata</i>	rezedent
<i>Paracladopelma laminata</i>	rezedent	<i>Parachironomus frequens</i>	rezedent	<i>Polypedilum</i> (<i>Tripodura</i>) <i>quadrigitatum</i>	rezedent
<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>)	rezedent	<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>) <i>cultellatum</i>	rezedent	<i>Procladius choreus</i>	rezedent
<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>) <i>nubeculosum</i>	rezedent	<i>Procladius choreus</i>	rezedent	<i>Rheopelopia ornata</i>	rezedent
<i>Polypedilum</i> (<i>Tripodura</i>) <i>scalaenum</i>	rezedent	<i>Chironomus</i> cf. <i>lugubris</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus brundini</i>	rezedent
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	rezedent	<i>Chironomus</i> cf. <i>venustus</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus ejuncidus</i>	rezedent
<i>Procladius choreus</i>	subrezedent	<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus eminulus</i>	rezedent
<i>Cladopelma</i> sp.	sporadisch	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	subrezedent	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	subrezedent
<i>Glyptotendipes</i> sp.	sporadisch	<i>Cladotanytarsus vanderwulpi</i>	subrezedent	<i>Cricotopus</i> (<i>C.</i>) <i>bicinctus</i>	subrezedent
<i>Glyptotendipes pallens</i>	sporadisch	<i>Corynoneura celtica</i>	subrezedent	<i>Polypedilum</i> (<i>Tripodura</i>) <i>scalaenum</i>	subrezedent
<i>Leptochironomus tener</i>	sporadisch	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	subrezedent	Orthoclaadiinae	sporadisch
<i>Micropsectra</i> sp.	sporadisch	<i>Parachironomus parilis</i>	subrezedent	<i>Paratanytarsus bituberculatus</i>	sporadisch
<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>) <i>laetum</i>	sporadisch	<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>) <i>convictum</i>	subrezedent		

<i>Rheopelopia ornata</i>	sporadisch	<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	subrezedent		
<i>Synorthocladius semivirens</i>	sporadisch	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	subrezedent		
		<i>Rheopelopia ornata</i>	subrezedent		
		Tanypodinae	subrezedent		
		<i>Tanytarsus heusdensis</i>	subrezedent		
		<i>Chironomus</i> sp.	sporadisch		
		<i>Chironomus</i> sp. 1	sporadisch		
		<i>Cricotopus (C.) trifascia</i>	sporadisch		
		<i>Microtendipes confinis</i>	sporadisch		
		Orthoclaadiinae	sporadisch		
		<i>Paratendipes albimanus</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum (Tripodura) pullum</i>	sporadisch		
		<i>Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum</i>	sporadisch		
		<i>Procladius sagittalis</i>	sporadisch		
		<i>Rheotanytarsus photophilus</i>	sporadisch		
		<i>Robackia demeijerei</i>	sporadisch		
		<i>Synorthocladius semivirens</i>	sporadisch		
		<i>Tanytarsus ejuncidus</i>	sporadisch		

Erläuterung zur Klassifizierung der Abundanzen s. Tab. 18, S. 46.

8.2.3.4 Dominanzstrukturen im Bühnenfeld 4

Das vorherrschende Substrat in Bf 4 ist Feinkies (Kap. 5.2.4). Die durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeiten sind deutlich höher als in Bf 1, Bf 2 und Bf 3. Zu den Hauptarten zählten wie in Bf 3 die Orthoclaadiinen (Tab. 23). Neben den Arten (*Orthocladius (O.)* sp., *Nanocladius bicolor*, *Cricotopus (C.) annulator* und *Cricotopus (C.) bicinctus*), die auch in Bf 3 dieser Unterfamilie zugeordnet werden konnten, kam in Bf 4 eine neue Art, *Rheocricotopus chalybeatus*, dazu. *R. chalybeatus* ist eine rheophile Art (Moog 1995, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996), die auf sandigem und kiesigem Substrat und auf Steinen vorkommt (BECKER 1994). Somit findet sie in dem kiesigen Substrat des Bf 4 optimale Bedingungen.

Tanytarsini zählten wie in Bf 1 bis Bf 3 zur Hauptgruppe. Die determinierten Imagines entsprachen denen der ersten drei Bühnenfeldern. Eine Art, *Tanytarsus fimbriatus*, trat in Bf 4 allerdings nur noch subrezedent auf. Tiere dieser Species werden oft in schlammigen Substraten gefunden (ARMITAGE 1970, HEINIS et al. 1994, CHALONER 1996). Schlammauflagerungen waren, im Gegensatz zu den anderen Bühnenfeldern, in Bf 4 auch im Uferbereich nicht vorhanden.

Cryptochironomus albofasciatus zählte wie in Bf 2 und Bf 3 zu den subdominanten Arten. In Bf 1 trat sie je nach Fangmethode als Begleitart rezedent bis sporadisch auf.

Polypedilum (P.) cultellatum und *Polypedilum (T.) quadriguttatum*, gehörten in Bf 4 zur Hauptgruppe. In Bf 1 zählte *P. cultellatum* ebenfalls zu den Hauptarten und *P. quadriguttatum* trat nur sporadisch auf. In Bf 2 zählte *P. quadriguttatum* zu den Hauptarten und *P. cultellatum* trat nur rezedent auf. In Bf 3 traten sie beide als Begleitarten auf. Nach FRANQUET (1999) haben die eurythermen und eurytopen Larven von *P. cultellatum* ihre höchsten Abundanzen in schlammigen Sedimenten. Sie besitzen wie Chironomusarten Hämoglobin (FRANQUET 1999), was es ihnen ermöglicht, auch mit niedrigen Sauerstoffkonzentrationen auszukommen. Die Funde in den Bühnenfeldern deuten darauf hin, dass beide Arten gegenüber der Substratbeschaffenheit euryök sind, da sie nicht nur in schlammigen und sandigen, sondern auch in kiesigen Substraten hohe Abundanzen aufwiesen. *Robackia demeijerei* trat in Bf 4 wie auch in Bf 2 und Bf 3 subdominant auf.

Tab. 23. Dominanzstrukturen in Bf 4

Taxa der Benthosproben	Klassifizierung	Taxa der Eklektorproben	Klassifizierung	Taxa der Aquarienproben	Klassifizierung
Orthoclaadiinae	dominant	<i>Cricotopus (C.) triannulatus</i>	dominant	<i>Cricotopus (C.) triannulatus</i>	dominant
<i>Orthocladus (Orthocladus) sp.</i>	dominant	<i>Nanocladius bicolor</i>	dominant	<i>Nanocladius bicolor</i>	dominant
Tanytarsini	dominant	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	dominant	<i>Tanytarsus heusdensis</i>	dominant
Chironomini	subdominant	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	dominant	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	subdominant
<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subdominant	<i>Cricotopus (C.) annulator</i>	subdominant	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subdominant
<i>Nanocladius bicolor</i>	subdominant	<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i>	subdominant	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	subdominant
<i>Rheotanytarsus sp.</i>	subdominant	<i>Polypedilum (Polypedilum) cultellatum</i>	subdominant	<i>Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum</i>	subdominant
<i>Robackia demeijerei</i>	subdominant	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	rezedent	<i>Rheopelopia ornata</i>	subdominant
Chironomidae Puppen	rezedent	<i>Paracladius conversus</i>	rezedent	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	rezedent
<i>Chironomus sp.</i>	rezedent	<i>Tanytarsus ejuincidus</i>	rezedent	<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i>	rezedent
<i>Cladotanytarsus sp.</i>	rezedent	<i>Cardiocladius fuscus</i>	subrezedent	<i>Paracladopelma laminata</i>	rezedent
<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i>	rezedent	<i>Chironomus cf. cingulatus</i>	subrezedent	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i>	rezedent
<i>Rheopelopia ornata</i>	rezedent	<i>Corynoneura celeripes</i>	subrezedent	<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	rezedent
<i>Synorthocladus semivirens</i>	rezedent	<i>Cricotopus (I.) obnixus</i>	subrezedent	<i>Polypedilum acutum</i>	rezedent
Tanypodinae	rezedent	<i>Eukiefferiella discoloripes</i>	subrezedent	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	rezedent
<i>Chironomus cf. nudiventris</i>	subrezedent	<i>Leptochironomus tener</i>	subrezedent	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	rezedent
<i>Chironomus cf. obtusidens</i>	subrezedent	<i>Paracladopelma laminata</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus eminulus</i>	rezedent
<i>Cricotopus sp.</i>	subrezedent	<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i>	subrezedent	<i>Microtendipes confinis</i>	subrezedent
<i>Paracladopelma laminata</i>	subrezedent	<i>Polypedilum (Tripodura) pullum</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus brundini</i>	subrezedent
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i>	subrezedent	<i>Synorthocladus semivirens</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	subrezedent

<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus</i> sp.	subrezedent	<i>Polypedilum (Tripodura) pullum</i>	sporadisch
<i>Tanytarsus</i> sp.	subrezedent	<i>Telopelopia fascigera</i>	subrezedent		
<i>Cricotopus (l.) sylvestris</i>	sporadisch	<i>Tanytarsus brundini</i>	sporadisch		
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	sporadisch		sporadisch		
<i>Microtendipes pedellus</i>	sporadisch		sporadisch		
<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	sporadisch				

Erläuterung zur Klassifizierung der Abundanzen s. Tab. 18, S. 46.

8.2.3.5 Dominanzstrukturen im Bühnenfeld 5

Das Substrat in Bf 5 setzt sich aus Fein- und Grobsand zusammen, der auch bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten während der Niedrigwasserperioden noch in Bewegung gehalten wird (Kap. 5.2.5). In den Aquarienproben zählte *Rheopelopia ornata* zu den Hauptarten (Tab. 24), trat jedoch in den Eklektorproben nur subrezedent auf. Auch in den übrigen vier Bühnenfeldern zählte sie zu den Begleitarten. Die räuberisch lebende Tanytardine bevorzugt demnach sandiges Substrat mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten. Eine weitere Art, *Paracladopelma laminata*, zählte in Bf 5 und in Bf 2 zu den Hauptarten. Nach der Literatur bevorzugt diese Species sandige Böden im Seenlitoral (MOOG 1995, CASPERS & SCHLEUTER 1986). Die eigenen Untersuchungen deuten darauf hin, dass sie sowohl in schlammigem Substrat mit niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten als auch im sandigen Substrat mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten gute Lebensbedingungen vorfindet.

Zu den biozönotischen Hauptarten gehörten weiterhin verschiedene Arten der Gattung *Chironomus* (*Ch. cf. nudiventris*, *Ch. cf. obtusidens* und *Ch. cf. annularius*). Auch in Bf 1 bis Bf 3 gehörten Arten dieser Gattung zu den Hauptarten. Im kiesigen Substrat von Bf 4 traten sie dagegen nur als Begleitarten auf. Offensichtlich bevorzugen die vorgefundenen Arten dieser Gattung feinkörniges Substrat.

Auffallend ist, dass fünf Arten der Gattung *Tanytarsus* in Bf 5 als Hauptarten vertreten waren. Nur in Bf 2 zählten vier *Tanytarsus* Arten zu den Hauptarten. In den übrigen Bühnenfeldern traten höchstens zwei Arten dieser Gattung als Hauptarten auf. In Bf 1 waren es *T. ejuncidus*, in Bf 3 *T. heusdensis* und *T. fimbriatus* und in Bf 4 *T. heusdensis*. In Bf 5 kamen neben den drei o.g. Arten noch *T. eminus* und *T. brundini* dazu.

Rheocricotopus chalybeatus zählte wie in Bf 4 zu den Hauptarten und kann als Charakterart dieser beiden Bühnenfelder angesehen werden, da sie in den übrigen Bühnenfeldern nur als Begleitart auftrat. *Robackia demeijerei* zählte in Bf 5 zu den dominanten Hauptarten. In Bf 2, Bf 3 und Bf 4 trat sie subdominant und in Bf 1 nur rezedent auf.

Tab. 24. Dominanzstrukturen in Bühnenfeld 5

Taxa der Benthosproben	Klassifizierung	Taxa der Eklektorproben	Klassifizierung	Taxa der Aquarienproben	Klassifizierung
<i>Chironomus</i> sp.	dominant	<i>Nanocladius bicolor</i>	eudominat	<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	dominant

<i>Chironomus cf. nudiventris</i>	dominant		<i>Tanytarsus heusdensis</i>	dominant	<i>Nanocladius bicolor</i>	dominant
<i>Chironomus cf. obtusidens</i>	dominant		<i>Cricotopus (C.) annulator</i>	subdominant	<i>Tanytarsus heusdensis</i>	dominant
<i>Robackia demeijerei</i>	dominant		<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i>	subdominant	<i>Chironomus sp.</i>	subdominant
Chironomini	subdominant		<i>Paracladopelma laminata</i>	subdominant	<i>Rheopelopia ornata</i>	subdominant
<i>Cladotanytarsus sp.</i>	subdominant		<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	subdominant	<i>Tanytarsus brundini</i>	subdominant
<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	subdominant		<i>Tanytarsus ejuncidus</i>	subdominant	<i>Tanytarsus eminulus</i>	subdominant
<i>Paracladopelma laminata</i>	subdominant		<i>Tanytarsus eminulus</i>	subdominant	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	subdominant
Tanytarsini	subdominant		<i>Chironomus cf. annularius</i>	rezedent	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	rezedent
Chironomidae Puppen	rezedent		<i>Chironomus cf. cingulatus</i>	rezedent	<i>Dicotendipes nervosus</i>	rezedent
<i>Nanocladius bicolor</i>	rezedent		<i>Chironomus cf. venustus</i>	rezedent	<i>Phaenopsectra flavipes</i>	rezedent
Orthoclaadiinae	rezedent		<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	rezedent	<i>Stempellinella minor</i>	rezedent
<i>Orthocladus (Orthocladus) sp.</i>	rezedent		<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	rezedent	Tanytarsini	rezedent
<i>Rheotanytarsus sp.</i>	rezedent		<i>Tanytarsus mendax</i>	rezedent	<i>Tanytarsus ejuncidus</i>	rezedent
<i>Tanytarsus sp.</i>	rezedent		<i>Chironomus cf. prasinus</i>	subrezedent	<i>Tanytarsus sp.</i>	rezedent
<i>Chironomus plumosus</i> - Gruppe	sporadisch		<i>Cladotanytarsus mancus</i> - Gruppe	subrezedent	<i>Polypedilum (Polypedilum) convictum</i>	subrezedent
<i>Cricotopus sp.</i>	sporadisch		<i>Cricotopus (C.) triannulatus</i>	subrezedent	<i>Procladius choreus</i>	subrezedent
<i>Dicotendipes nervosus</i>	sporadisch		<i>Polypedilum (Tripodura) pullum</i>	subrezedent	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	subrezedent
<i>Micropsectra sp.</i>	sporadisch		<i>Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum</i>	subrezedent		
<i>Polypedilum (Polypedilum) laetum</i>	sporadisch		<i>Rheopelopia ornata</i>	subrezedent		
Tanypodinae	sporadisch		<i>Tanytarsus sp.</i>	subrezedent		
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i>	subrezedent		<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	sporadisch		
<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i>	subrezedent		<i>Cricotopus (C.) sp.</i>	sporadisch		
<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i>	subrezedent		<i>Leptochironomus tener</i>	sporadisch		
<i>Procladius choreus</i>	subrezedent		<i>Parachironomus</i>	sporadisch		
			<i>Paratendipes albimanus</i>	sporadisch		

Erläuterung zur Klassifizierung der Abundanzen s. Tab. 18, S. 46.

8.2.4 Fazit

Der Vergleich der Dominanzstrukturen im Weichsubstrat der fünf Bühnenfelder ergab, dass die Bühnenfelder neben gemeinsamen auch viele unterschiedliche Hauptarten aufwiesen. Es traten vier Arten in allen fünf Bühnenfeldern und in vier Bühnenfeldern als Hauptarten auf (Tab. 25). Dagegen waren acht Taxa in nur zwei Bühnenfeldern als Hauptarten zu finden. Hierbei handelte es sich oft um unterschiedliche Bühnenfeldpaare.

3 Arten traten jeweils ausschließlich in einem Bühnenfeld als Hauptarten auf. Dies ist jedoch bei allen drei Arten auf sehr hohe Individuenzahlen an nur einer Probenahmestelle zurückzuführen. Daher können die hohen Abundanzen als Ausreißer angesehen werden. Bemerkenswert ist, dass die stark unterschiedlich beschaffenen Bühnenfelder Bf 2 und Bf 4 viele gemeinsame Hauptarten (*Nanocladius bicolor*, *Cladotanytarsus mancus* u.a.) aufwiesen. Von diesen traten *Cricotopus* (C.) *triannulatus* und *Polypedilum* (T.) *quadriguttatum* ausschließlich in Bf 2 und Bf 4 als Hauptarten auf. Bf 4 weist im Gegensatz zu Bf 2 kiesiges Substrat und hohe Strömungsgeschwindigkeiten auf. Es ist deshalb anzunehmen, dass sich diese Arten gegenüber Strömung und Substrat euryök verhalten. Die drei Bühnenfelder Bf 1, Bf 2 und Bf 5 besaßen drei gemeinsame Hauptarten, zwei Arten der Gattung *Chironomus* (*Ch. cf. nudiventris* und *Ch. cf. annularius*) und *Tanytarsus ejuncidus*. Nach MOOG (1995) gelten die o.g. Arten als Bewohner des Sublitorals. In Bf 2 dominierte feinsandiges Substrat und Bf 1 und Bf 5 wiesen ausschließlich im Bereich der Wasserlinie feinen Sand mit schlammigen Auflagerungen auf. Da die o.g. Arten in Bf 1 und Bf 5 in höchsten Abundanzen an ufernahen Pns gefunden wurden, bevorzugen sie offensichtlich feinkörniges Substrat und niedrige Strömungsgeschwindigkeiten. Erwähnenswert ist *Chironomus cf. obtusidens*, die in Bf 3 und Bf 5 zur Hauptart zählte. Die Zuteilung als subdominante Art in Bf 3 ist ausschließlich auf die hohen Individuenzahlen an einer strömungsberuhigten Probenahmestelle in Ufernähe zurückzuführen. An anderen Stellen in Bf 3 wurde die Art nicht gefunden. In Bf 5 trat sie dagegen an mehreren Stellen in hohen Abundanzen auf. Hierbei handelte es sich wie in Bf 3 um strömungsberuhigte Abschnitte im Uferbereich (Kap. 8.3.).

Tab. 25. Hauptarten aller Bühnenfelder (Bf)

Anzahl Bf	Hauptart	Bf - Nummer				
		1	2	3	4	5
5	<i>Nanocladius bicolor</i>	x	x	x	x	x
	<i>Cladotanytarsus mancus</i>	x	x	x	x	x
	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	x	x	x	x	x
	<i>Cricotopus</i> (C.) <i>annulator</i>	x	x	x	x	x
4	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>		x	x	x	x
	<i>Cricotopus</i> (C.) <i>bicinctus</i>		x	x	x	x
	<i>Robackia demeijerei</i>		x	x	x	x
	<i>Tanytarsus heusdensis</i>		x	x	x	x
3	<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	x	x	x		
	<i>Chironomus cf. cingulatus</i>	x	x	x		
	<i>Chironomus cf. nudiventris</i>	x	x			x
	<i>Chironomus cf. annularius</i>	x	x			x
	<i>Tanytarsus ejuncidus</i>	x	x			x
	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	x	x		x	
	<i>Rheopelopia ornata</i>	x			x	x
	<i>Paracladopelma laminata</i>		x	x		x
2	<i>Cricotopus</i> (I.) <i>sylvestris</i>	x	x			
	<i>Polypedilum</i> (P.) <i>cultellatum</i>	x			x	
	<i>Polypedilum</i> (P.) <i>convictum</i>	x		x		
	<i>Cricotopus</i> (C.) <i>triannulatus</i>		x		x	

	<i>Polypedilum (T.) quadriguttatum</i>		x		x	
	<i>Tanytarsus eminulus</i>		x			x
	<i>Chironomus cf. obtusidens</i>			x		x
	<i>Orthocladius (O.) sp</i>			x	x	
	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>				x	x
1	<i>Chironomus cf. venustus</i>	x				
	<i>Parachironomus frequenz</i>		x			
	<i>Tanytarsus brundini</i>					x

8.3 Clusteranalyse

Um zu ermitteln, ob einige Probenahmestellen (Pns) homogene Gruppen bilden, die sich von den anderen Pns unterscheiden, wurde eine Clusteranalyse mit den Benthosproben im Weichsubstrat durchgeführt.

Das Dendrogramm in Abb. 10 lässt drei Cluster (vertikale rote Linien 1 bis 3) der Pns erkennen, wobei sich die ersten beiden Cluster nur gering voneinander unterscheiden. Die Pns des dritten Clusters setzen sich dagegen deutlich von den ersten beiden Clustern ab und unterscheiden sich untereinander stärker als die Pns innerhalb der ersten beiden Cluster. Die ersten beiden Cluster setzen sich vorwiegend aus Pns zusammen, die im Uferbereich der Bühnenfelder genommen wurden. Charakteristisch für die Uferbereiche der Bf 1, Bf 2, Bf 3 und Bf 5 sind mehr oder weniger leichte Schlammauflagerungen, geringe bis gar keine Strömungsgeschwindigkeiten und geringe Wassertiefe im Vergleich zu den anderen Bühnenfeldabschnitten. Die Substrat- und Strömungsverhältnisse im Uferbereich des Bf 4 unterschieden sich dagegen nur gering von den Verhältnissen der anderen Bühnenfeldabschnitte. Dies erklärt, dass nur zwei Pns aus Bf 4 in den ersten drei Clustern auftreten (die erste Zahl des Probenahmestellencodes gibt die Nummer des Bühnenfeldes an).

Der dritte Cluster besteht vorwiegend aus Pns aus der Bühnenfeldmitte, enthält jedoch auch Pns in Ufernähe sowie aus Bereichen der Bühnenspitzen.

Die untersten fünf Proben des Dendrogramms unterscheiden sich deutlich von den übrigen Proben. Sie bilden jedoch kein gemeinsames Cluster. Es handelt sich um vier Pns aus Bf 4 und einer Pns aus Bf 5. Sie stammen aus dem Uferbereich, der Bühnenfeldmitte und aus Bereichen der Bühnenfeldspitze.

Baumdiagramm für 55 Fälle
Unweighted Pair-Group Average
Eukl. Distanzen

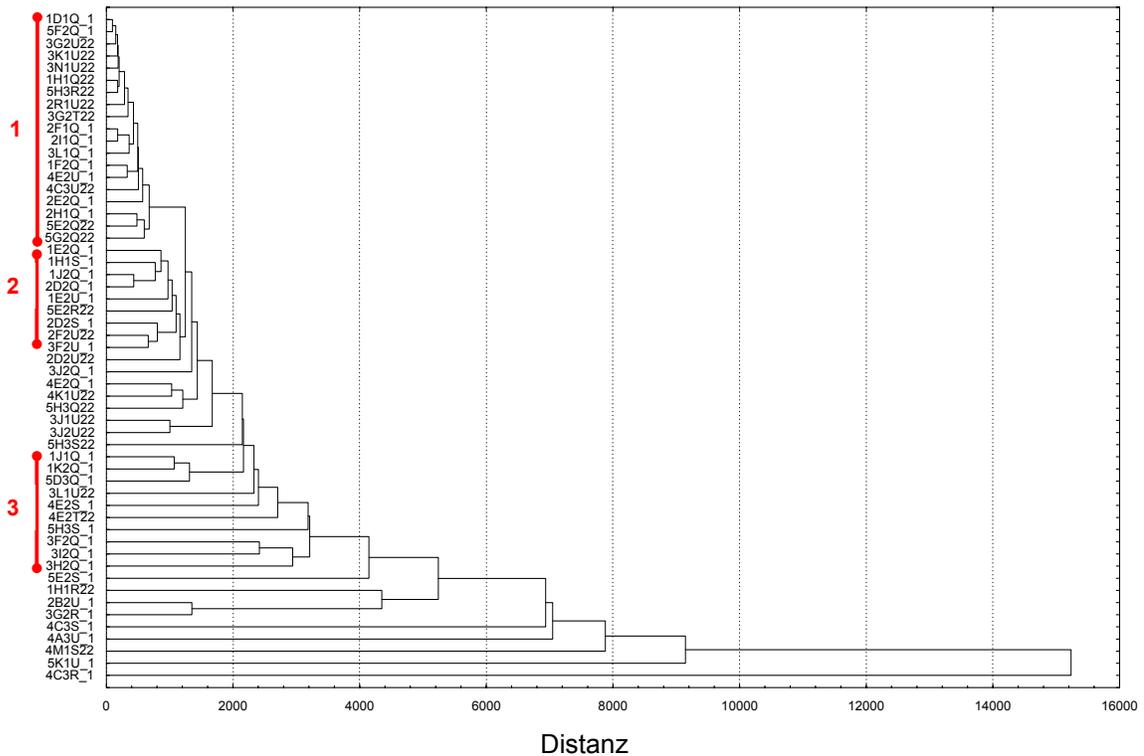


Abb. 10. Dendrogramm der Clusteranalyse der Benthosproben Weichsubstrat (Pns)

Eine Clusteranalyse derselben Pns wie in Abb. 11, in der die 19 häufigsten Taxa geclustert wurden, lässt folgendes erkennen:

Die elf Taxa (Chironomiden Puppen bis *Polypedilum* sp.) bilden ein gemeinsames Cluster (vertikale rote Linie), das sich deutlich von den darüber und darunterstehenden Taxa unterscheidet. Es kann angenommen werden, dass ihre Gruppierung ausschließlich aufgrund der starken Unterschiede zu den darüber und darunterstehenden Taxa zustande kommt. Denn werden diese aus der Analyse entfernt, so löst sich auch die erkennbare Gruppierung auf (hier nicht dargestellt).

Die folgenden vier Taxa (*Chironomus* cf. *obtusidens* bis Orthoclaadiinae) unterscheiden sich deutlich von dem darüber stehenden Cluster, bilden jedoch keine gemeinsame Gruppe. *Chironomus* cf. *obtusidens* kam in hohen Abundanzen an strömungsberuhigten Bereichen in Bf 5 vor (besonders an der Probenahmestelle 5K1U_1 in Abb. 10 ganz unten) und fehlte an Pns mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten. Nach der Literatur verhält sich *Ch. obtusidens* gegenüber Strömungsgeschwindigkeiten indifferent (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996). Die eigenen Ergebnisse lassen sie dagegen als limnophil erscheinen. *Robackia demeijerei*, Tanytarsini und Orthoclaadiinae traten in hohen Individuenzahlen an einigen Pns in Bf 4 auf (Abb. 11 unten). *R. demeijerei* gilt als „Charakterart bewegter Sande“ und scheint nach den eigenen Untersuchungen sogar feinkiesiges Substrat, wie es vorwiegend in Bf 4 vorlag, zu bevorzugen. Auf ihre Autökologie wird in Kap. 11.2 näher eingegangen.

Eine deutlichere Abgrenzung der Proben aus Bf 4 von den übrigen Bühnenfeldern ist in den Ordinationsdiagrammen der direkten Gradientenanalyse (RDA) (Abb. 34 und Abb. 35) zu sehen. In Abb. 35 werden neben den o.g. Taxa *Rheotanytarsus* sp., *Rheopelopia ornata*, *Orthocladius* sp. und Chironomiden Puppen als charakteristische Besiedler in Bf 4 aufgeführt.

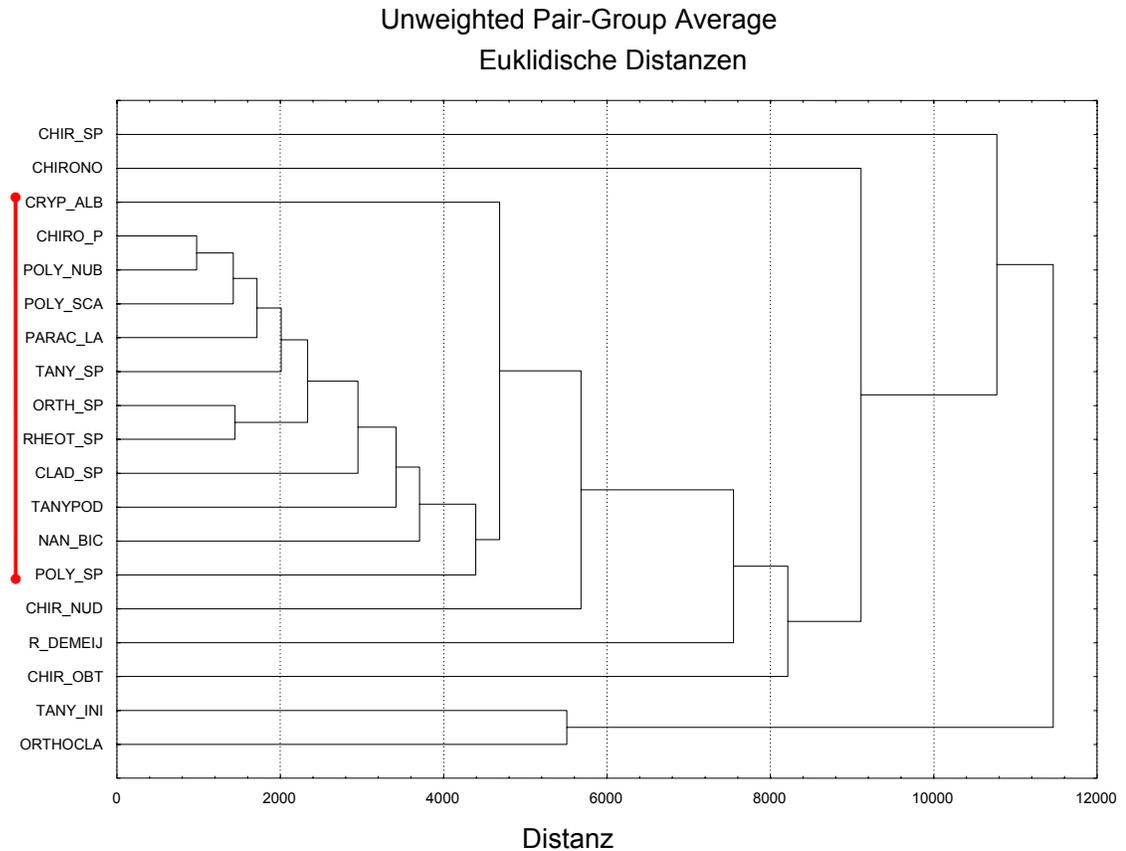


Abb. 11. Dendrogramm der Clusteranalyse der Benthosproben Weichsubstrat (häufigste Taxa)

Welche Taxa für die Clusterbildung der Uferproben in Abb. 10 verantwortlich sind zeigt Abb. 12. In diesem Dendrogramm ist ein Cluster zu erkennen (vertikale rote Linie), das aus zehn Taxa besteht. Charakteristisch für diese Taxa ist, dass sie ausschließlich Pns im Uferbereich besiedelten und subrezent oder sporadisch auftraten, also weniger als 1 % an der Gesamtabundanz der Benthosproben im Weichsubstrats stellten.

Die Taxa *Cricotopus (I.)* sp., *Prodiamesa olivacea*, *Glyptotendipes pallens* und *Microtendipes pedellus* bilden ein kleines Cluster innerhalb des großen Clusters. Sie traten ausschließlich an Pns des ersten Clusters in Abb. 10 auf. Hierbei handelte es sich jeweils um unterschiedliche Pns.

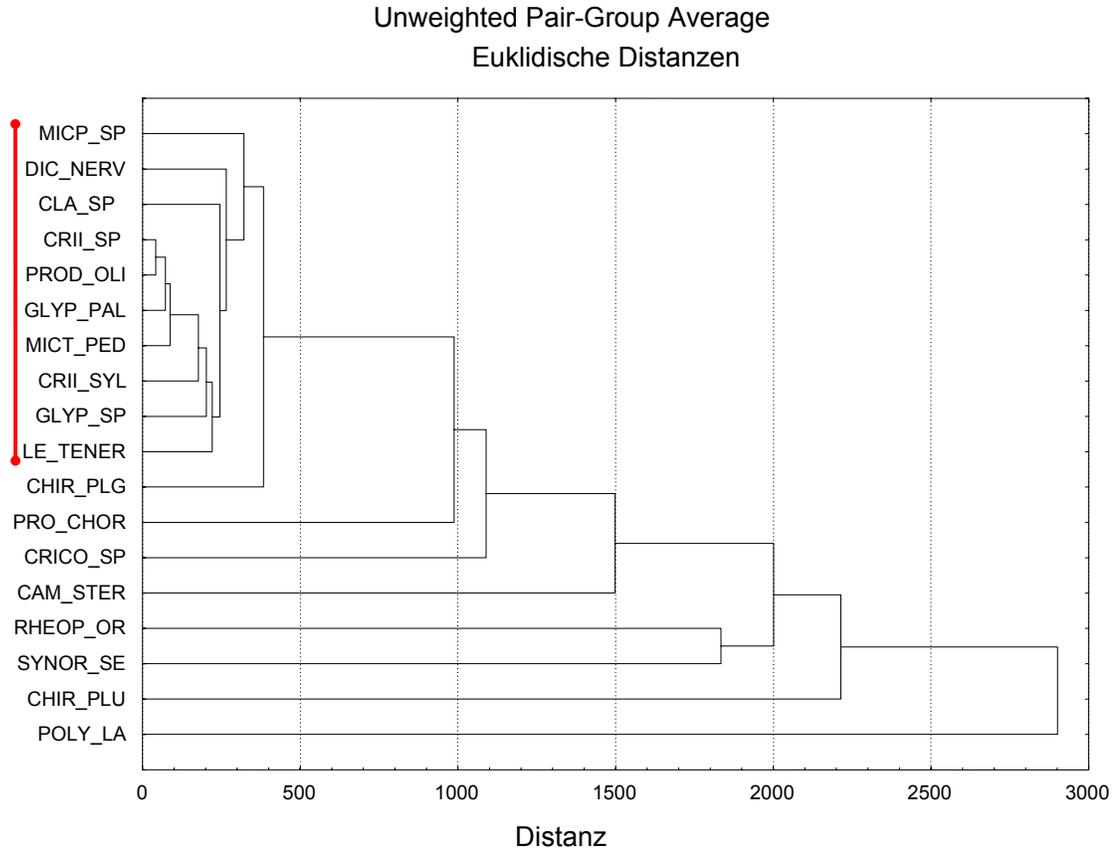


Abb. 12. Dendrogramm der Clusteranalyse der Benthosproben Weichsubstrat (sporadisch auftretende Taxa)

Die Uferproben unterschieden sich also von den übrigen Proben der Bühnenfelder dadurch, dass sie neben dominanten auch selten auftretende Taxa enthielten. Im Uferbereich ist der Umweltfaktor Strömung, im Gegensatz zu den übrigen Flussabschnitten (von dem durch Schiffe verursachten Wellenschlag abgesehen), nicht dominierend. Dadurch können sich hier Arten ansiedeln, die starke Strömung meiden. Darüberhinaus bietet das Ufer als Grenzlebensraum durch seine vielfältigen und punktuell unterschiedlichen Mikrohabitate Besiedlungsmöglichkeiten für zahlreiche Arten, die allerdings, in Anpassung an die Mikrohabitate ebenfalls nur punktuell auftreten. Schließlich befinden sich hier Pns, die zeitweise trocken fallen. Das Trockenfallen ist ein extremer Umweltfaktor, der austrocknungstolerante oder austrocknungsresistente Arten begünstigt. Diese besitzen als Initialbesiedler nach erneuter Wasserführung einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Arten (DETTINGER-KLEMM & BOHLE 1996). Eine kurzzeitige Austrocknungstoleranz scheint insbesondere bei gehäusebauenden Chironomiden verbreitet zu sein (DETTINGER-KLEMM & BOHLE 1996). *Microtendipes pedellus* wurde in temporären Tümpeln nachgewiesen (DETTINGER-KLEMM & BOHLE 1996) und kann deshalb als austrocknungstolerant bezeichnet werden. Auch *Procladius choreus* konnte in temporären Tümpeln nachgewiesen werden (DETTINGER-KLEMM & BOHLE 1996, SCHNABEL & DETTINGER-KLEMM 1999). In den Bühnenfeldern trat die Art jedoch nicht in Uferproben auf.

Zu den Faktoren, die das Ufer von den übrigen Flussbereichen abgrenzen, zählen u.a.:

- geringe Strömungsgeschwindigkeiten
- geringe Wassertiefen
- Sediment unterschiedlichster Korngrößen
- vermehrtes Algenwachstum
- angeschwemmtes Material
- Wechsel zwischen Überschwemmung und Trockenfallen
- terrestrische Prädatoren (z.B. Laufkäfer)

9 Voranalysen

9.1 Die Substrattypen Hart- und Weichsubstrat

Abb. 13. zeigt eine indirekte Gradientenanalyse, in der die Besiedlung von Hart- und Weichsubstrat miteinander verglichen wurde. Die Analyse wurde mit Benthosproben und den Proben der Aquarienproben durchgeführt. Eklektorproben gingen nicht in die Analyse ein, da die Eklektoren nur über Weichsubstrat ausgebracht wurden.

Es ist eine deutliche Trennung der Substrattypen zu erkennen. Oberhalb der x-Achse befinden sich vorwiegend Weichsubstratproben der Benthosaufsammlungen und der Aquarienproben (helle Symbole) und unterhalb der x-Achse liegen fast alle Hartsubstratproben beider Methoden (farbige Symbole). Für weitere statistische Analysen wurden daher Hart- und Weichsubstratproben getrennt betrachtet.

In Abb. 13. ist außerdem eine Auftrennung in Larvenproben (links der y-Achse) und Aquarienproben (rechts der y-Achse) zu erkennen. Auf diese Trennung wird in Kap. 10 eingegangen.

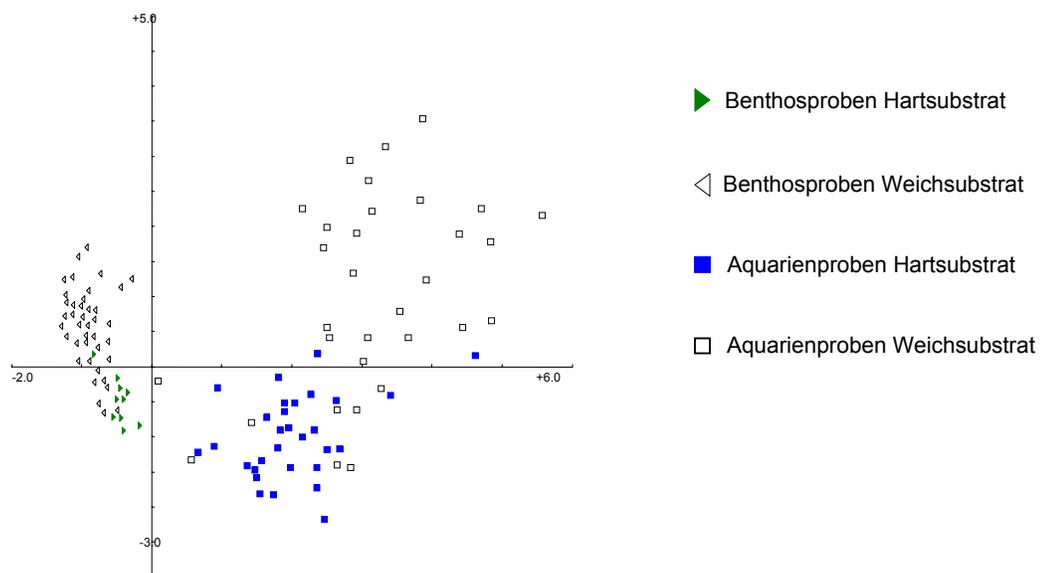


Abb. 13. Ordinationsdiagramm der CA zur Besiedlung der Chironomiden von Hart- und Weichsubstrat (1. und 2. Achse)

9.2 Schlüpfstage in den Aquarienaufzuchten

Wie in Kap. 6.1 beschrieben, wurden die in den Aquarien geschlüpften Chironomiden alle zwei Tage abgesammelt. Es wurde für jeden Sammeltermin einer Untersuchungsstelle ein

neues Probengläschen verwendet. Im folgenden soll untersucht werden, ob sich das Artenspektrum der ersten Schlüpfstage von dem Artenspektrum späterer Schlüpfstage in den Aufzuchten unterscheidet. Insbesondere junge Larvenstadien rheophiler Arten könnten nach einer längeren Standzeit der Aquarien bei den stillwasserähnlichen Bedingungen sterben, ältere Larven oder Puppen rheophiler Arten dagegen, die sich bei der Probenahme kurz vor dem Schlüpfen befinden, könnten sich in den ersten Tagen bis zum adulten Tier weiter entwickeln. Die aufgeführten Annahmen wären bestätigt, wenn im Artenspektrum späterer Schlüpfstage rheophile Arten fehlen würden.

9.2.1 Weichsubstrat

Es wurde eine indirekte Gradientenanalyse durchgeführt, in die 168 Proben eingingen. Da die Länge des Gradienten 6,64 betrug, also größer 4 war, wurde eine CA gerechnet, bei der die Tiere logarithmisch transformiert wurden. Auf den ersten zwei Achsen erfolgte 11,4 % Varianzerklärung der Artendaten (-).

Tab. 26. Kenngrößen der CA der Schlüpfstage in den Aquarienproben aus dem Weichsubstrat

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	13,019			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,758	0,730	0,680	0,669
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	5,8	11,4	16,7	21,8

In Abb. 15 wurden die Proben nach verschiedenen Schlüpfstagen sortiert. An der Grafik ist zu sehen, dass sich die ersten Schlüpfstage (ein bis drei Tage, vier bis sieben Tage und acht bis elf Tage) nicht von den späteren Schlüpfstagen (12 bis 20 Tage und 21 bis 30 Tage) unterscheiden, da keine homogenen Cluster der unterschiedlichen Probengruppen beobachtet werden können.

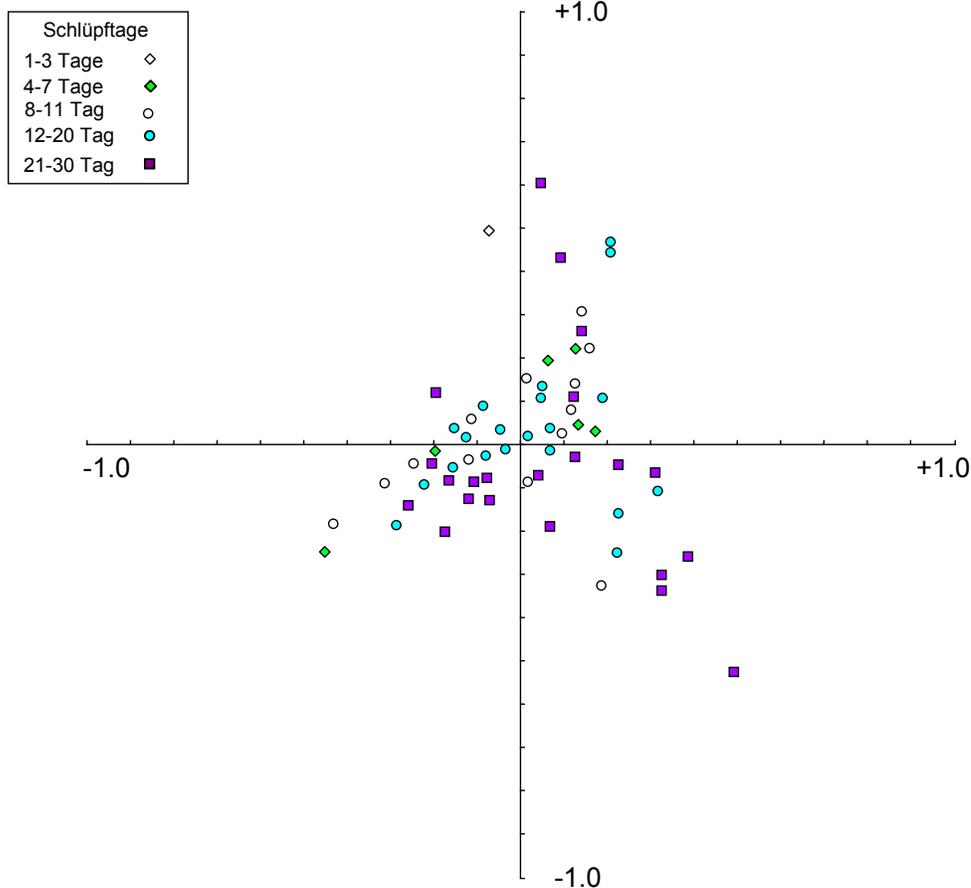


Abb. 14. Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Schlüpfstage in den Aufzuchten aus dem Weichsubstrat (1. und 2. Achse)

Sämtliche in den Aquarien geschlüpften rheophilen Arten wie z.B. *Tanytarsus heusdensis*, *Cricotopus (C.) triannulatus*, *Polypedilum convictum* und *Rheocricotopus chalybeatus* konnten in Proben der ersten sieben Schlüpfstage und in Proben späterer Schlüpfstage, an denen sich die Hälterungsbedingungen besonders deutlich auswirken sollten, nachgewiesen werden. Die rheophile Art *Tanytarsus eminulus* schlüpfte sogar erst ab dem 8. Tag (Abb. 15).

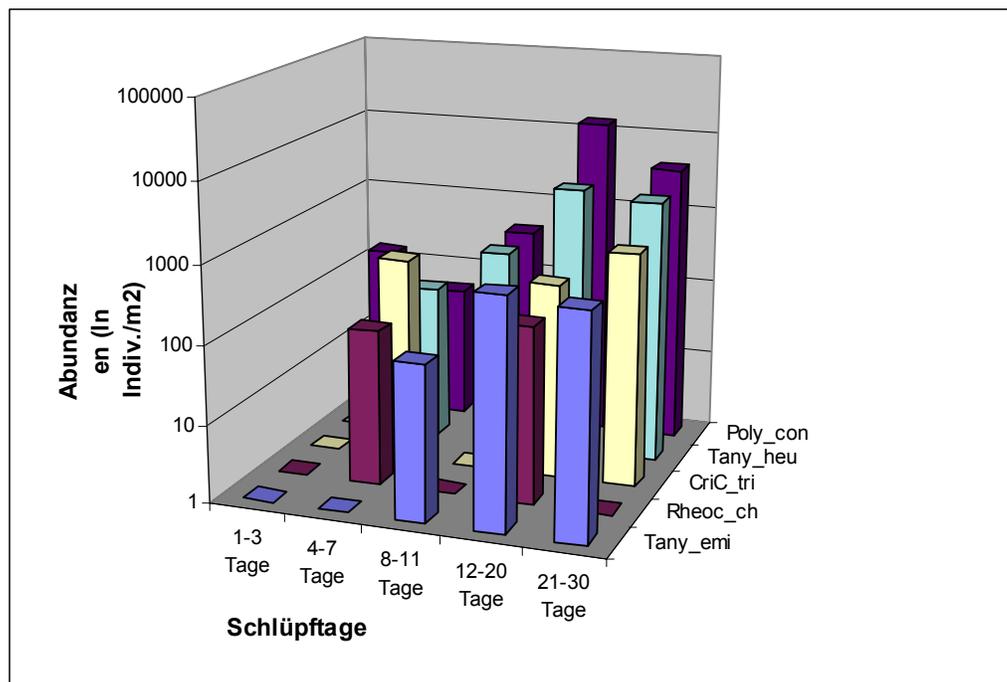


Abb. 15. Schlüpfstage in den Aufzuchten aus dem Weichsubstrat: Rheophile Arten

9.2.2 Hartsubstrat

Wie für das Weichsubstrat wurde auch für das Hartsubstrat untersucht, ob sich das Artenspektrum der ersten Schlüpfstage von dem Artenspektrum späterer Schlüpfstage unterscheidet. Es gingen 197 Proben in die Analyse ein. Da die Länge des Gradienten 7,85 betrug, also größer als 4 war, wurde eine CA durchgeführt, bei der die Abundanzen logarithmisch transformiert wurden. Auf den ersten zwei Achsen erfolgte 12,1 % Varianzerklärung der Artendaten (Tab. 27).

Tab. 27. Kenngrößen der CA Schlüpfstage in den Aquarienproben auf Hartsubstrat

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	10,691			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,669	0,627	0,586	0,544
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	6,3	12,1	17,6	22,7

In Abb. 16 ist zu sehen, dass die Verteilung der Proben diffus und keine Gruppierung nach Schlüpfstagen zu erkennen ist.

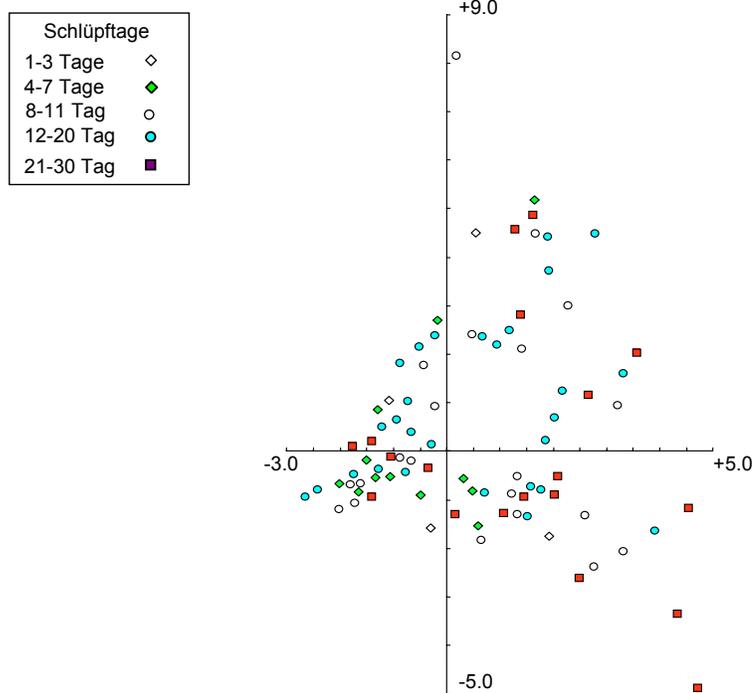


Abb. 16. Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Schlüpfstage in den Aufzuchten auf Harts substrat (1. und 2. Achse)

Fünf von sechs Taxa schlüpften innerhalb der ersten sieben Tage und in Proben späterer Schlüpfstage, an denen sich die Hälterungsbedingungen besonders deutlich auswirken sollten. Nur eine rheophile Art (*Rheotanytarsus photophilus*) schlüpfte an ausschließlich einem Sammeltermin und zwar nach ein bis drei Tagen (.).

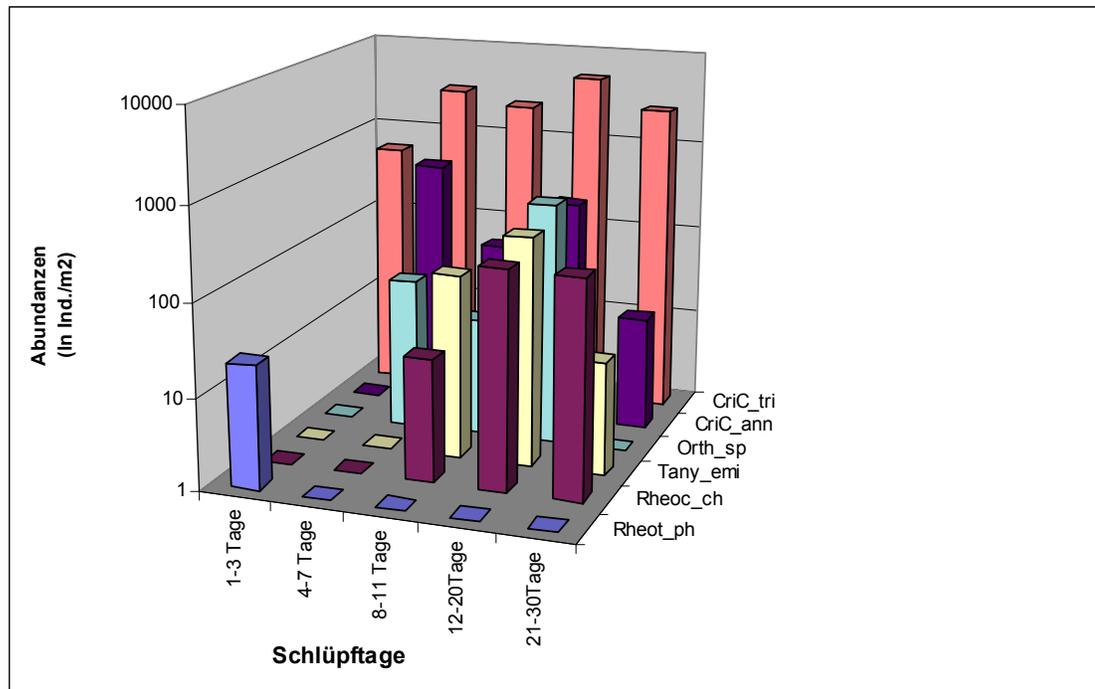


Abb. 17. Schlüpfstage auf Hartsubstrat: Rheophile Arten

9.2.3 Resümee

Die Ergebnisse der Gradientenanalysen der Aquarienproben im Weich- und Hartsubstrat zeigen, dass sich das Artenspektrum der in den Aquarien geschlüpften Chironomiden innerhalb einer Standzeit von 30 Tagen nicht unterschied. Die oben angesprochene Vermutung, dass die Hälterung in den Aquarien unter stillwasserähnlichen Bedingungen nach einer längeren Standzeit eine Selektion limnophiler Arten zur Folge hätte, bestätigt sich nicht:

Für weitere statistische Analysen können daher Proben verschiedener Schlüpfstage eines Probenahmetermins und einer Probestelle zu einer Gesamtprobe zusammengefasst werden.

9.3 Eklektorstandzeiten

Wie in Kap. 6.1 beschrieben, wurden die Eklektoren alle vier und alle 21 Tage geleert. Im Folgenden soll untersucht werden, ob sich das Artenspektrum der Proben verschieden langer Standzeiten unterscheidet. In die folgende Analyse gingen Eklektorproben beider Untersuchungsjahre, insgesamt 52 Proben, ein. Als overlay wurde die Standzeit gewählt. Da die Länge des Gradienten 7.55 betrug, also größer 4 war, wurde eine CA durchgeführt, in der die Abundanzen logarithmisch transformiert wurden. Auf den ersten zwei Achsen erfolgte 13,4 % Varianzerklärung der Artendaten (Tab. 28).

Tab. 28. Kenngrößen der CA der Eklektorstandzeiten

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	7,038			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,487	0,458	0,454	0,434
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	6,9	13,4	19,9	26,1

In Abb. 18. ist zu sehen, dass die Proben beider Standzeiten keine getrennten homogenen Cluster ergeben. Die Standzeit der Eklektoren hat somit keinen Einfluss auf die Qualität der Fangergebnisse. In weiteren Analysen können daher Eklektorproben verschieden langer Standzeiten gemeinsam verwendet werden. Darüberhinaus ist zu sehen, dass Proben mit einer Standzeit von 21 Tagen nicht so weit streuen wie Proben von vier Tagen Standzeit. Dies liegt sicherlich daran, dass in Proben mit einem größeren Zeitfenster und ohne Fangpausen (Standzeit: 21 Tage) ein ähnlicheres Artenspektrum erfasst wird als bei Proben mit kurzen Standzeiten und Pausen zwischen den Fängen (Standzeit: vier Tage).

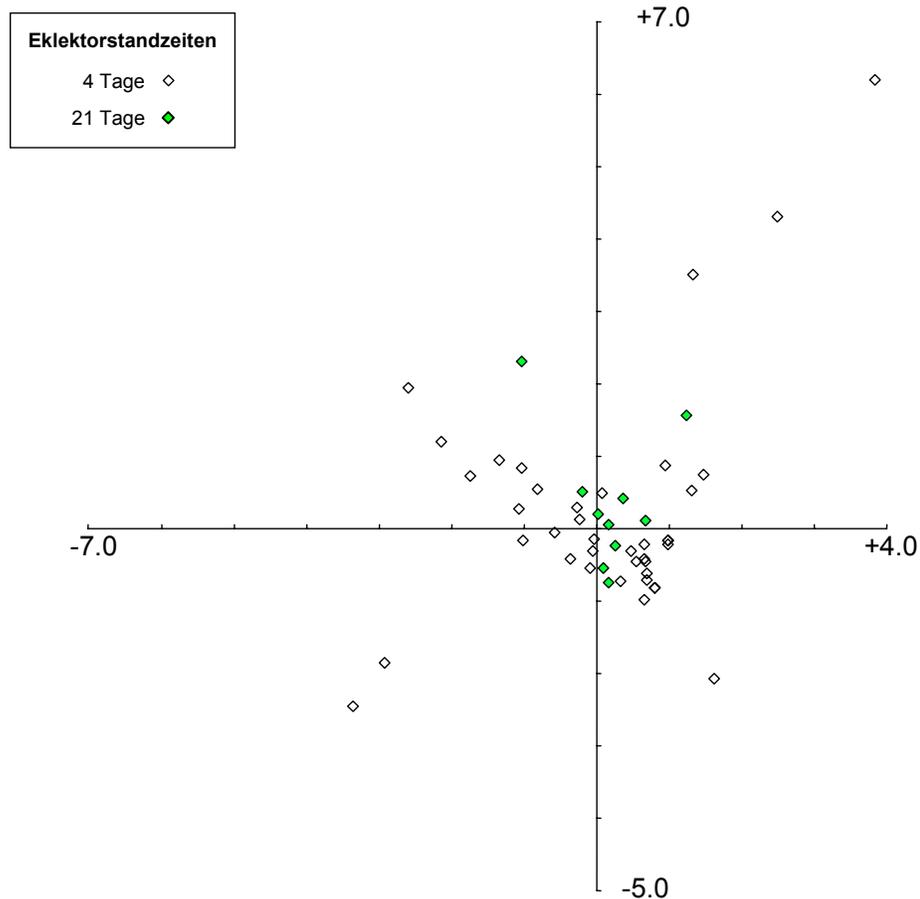


Abb. 18. Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Eklektorstandzeiten (1. und 2. Achse)

10 Methoden zur Erfassung der Chironomidenfauna

Um möglichst das gesamte Artenspektrum an den jeweiligen Probenahmestellen in den Bühnenfeldern zu erhalten, wurden folgende drei Methoden zur Erfassung der Chironomidenfauna angewandt (Kap. 6.1)

- Benthosprobenahme
- Aquarienaufzuchten
- Eklektorfänge

Im Folgenden sollen diese drei Methoden miteinander verglichen werden. Um Unterschiede zu beseitigen, die durch Bestimmungsprobleme der Larven auftraten, wurde die Artenliste der Imagines dem Bestimmungsniveau der Artenliste der Larven angepasst. Dadurch wurde berücksichtigt, dass Taxa, die bei Larvenbestimmungen beispielsweise als „sp.“ bezeichnet wurden, als Imagines oft als eine oder mehrere Arten bestimmt werden konnten. Hierzu wurde immer das kleinstmögliche taxonomische Niveau als gemeinsamer Nenner ausgewählt. Es wurde folgendermaßen vorgegangen:

Alle Arten einer Gattung aus den Imaginesbestimmungen wurden auf Gattungsniveau zusammengefasst, wenn diese in den Benthosproben auftauchte. Z.B. wurden die drei Arten *Rheotantarsus muscicola*, *R. pentapoda* und *R. photophilus* zu *Rheotantarsus* sp. zusammengefasst. War der Gattungsname bei den Larvenbestimmungen nicht aufgeführt, so wurden die Arten zur dazugehörigen Unterfamilie addiert. So wurde z.B. *Cardiocladius fuscus* zur Unterfamilie der Orthoclaadiinae addiert.

10.1 Ergebnisse

10.1.1 Benthosproben und Aquarienproben

Da die Analyse der beiden Substrattypen eine deutliche Trennung zwischen Hart- und Weichsubstrat ergab (Kap. 9.1), wurden beide Substrate in weiteren Analysen getrennt betrachtet.

10.1.1.1 Weichsubstrat

Durch die taxonomische Anpassung der adulten Tiere aus den Aufzuchten mit den Ergebnissen der Larvenbestimmungen verringerte sich die Taxazahl der Aufzuchten im Weichsubstrat von 33 auf 19 Taxa.

Es wurde eine indirekte Gradientenanalyse durchgeführt, bei der die Abundanzen der Tiere Presence Absence transformiert wurden. Es gingen 77 Benthosproben und 33 Aquarienproben in die Analyse ein. Die DCA ergab eine Länge des Gradienten von 4,22; deshalb wurde eine CA durchgeführt. Auf den ersten zwei Achsen erfolgte 18,6 % Varianzerklärung der Artendaten (Tab. 29).

Tab. 29. Kenngrößen der CA der Benthosproben und Aquarienproben Weichsubstrat

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	2,990			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,333	0,222	0,218	0,199
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	11,1	18,6	25,9	32,5

In Abb. 19 ist zu sehen, dass die Proben beider Sammelmethoden durch die x-Achse getrennt werden. Oberhalb der Abszisse befinden sich mehr Aquarienproben (weiße Symbole), unterhalb der Abszisse liegen mehr Benthosproben (grüne Symbole).

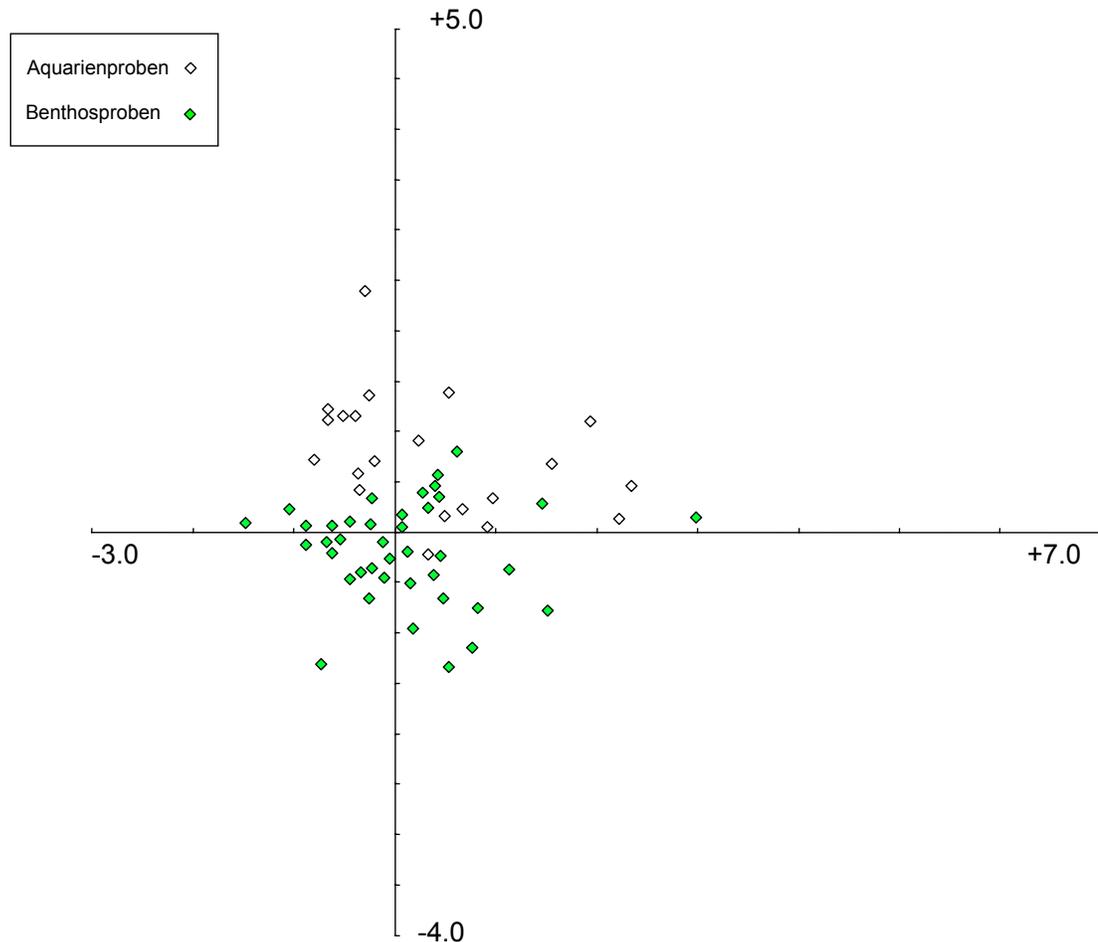


Abb. 19. Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Benthosproben und Aquarienproben im Weichsubstrat (1. und 3. Achse) (nur Proben)

Welche Arten für die Trennung verantwortlich sind, zeigen Abb. 20 und Tab. 30. Hier ist zu sehen, dass von insgesamt 29 Taxa aus Benthosproben elf Taxa ausschließlich in Benthosproben vorkamen und fünf Taxa in deutlich mehr Benthosproben als Aquarienproben auftraten (grün gekennzeichnet). Fünf Taxa waren in deutlich mehr Aquarienproben zu finden (blau gekennzeichnet). Von den elf Taxa, die nicht in den Aufzuchten auftraten, kamen sieben in höchstens drei (4 %) Benthosproben vor. Vier Taxa von den elf Taxa waren dagegen in wesentlich mehr Benthosproben zu finden. Diese sind: *Orthocladius* sp., *Polypedilum nubeculosum*, *Robackia demeijerei* und *Tanypus punctipennis*. Desweiteren ist

aus Tab. 30 abzulesen, dass auf diesem den Chironomidenlarven angepassten taxonomischen Niveau mit Hilfe der Benthosprobenahme zehn Taxa mehr erfasst wurden (insgesamt 29 Taxa) als mit Hilfe der Aufzuchten (insgesamt 19 Taxa).

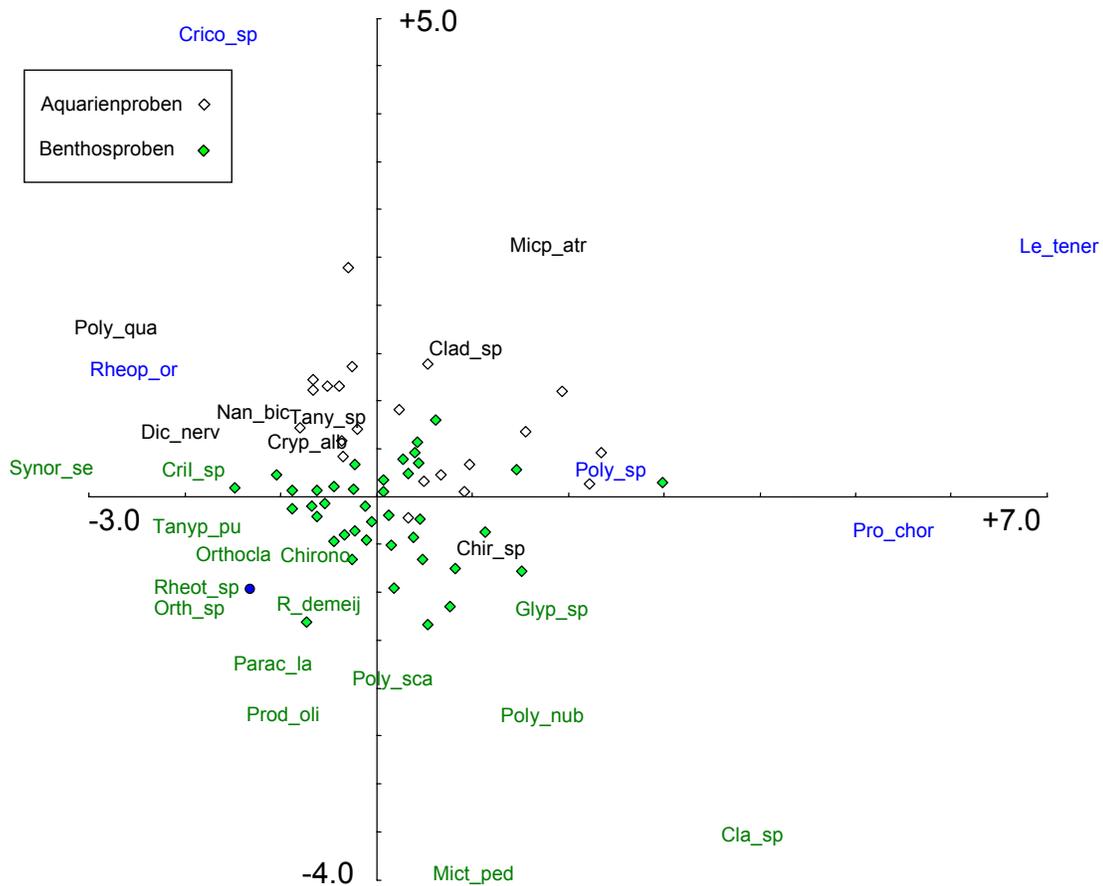


Abb. 20. Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Benthosproben und Aquarienproben im Weichsubstrat (1. und 3. Achse) (Proben und Taxa)

Tab. 30. Benthosproben und Aquarienproben im Weichsubstrat (Taxaliste)

Taxa	Probenanzahl Benthos Weichsubstrat in % (insgesamt 77 Proben, 1 Probe entspricht 1%)	Probenanzahl Aquarien Weichsubstrat in % (insgesamt 33 Proben, 1 Probe entspricht 3%)
Cam_ster	3	0
Chir_sp	75	42
Chirono	58	15
Cla_sp	3	0
Clad_sp	47	48
Crico_sp	4	24
Cril_sp	1	0
Cryp_alb	62	48
Dic_nerv	7	6
Glyp_sp	4	0
Le_tener	1	9

Micp_atr	11	6
Mict_ped	3	0
Nan_bic	41	45
Orth_sp	36	0
Orthocla	42	9
Parac_la	34	6
Poly_nub	24	0
Poly_qua	11	18
Poly_sca	28	9
Poly_sp	24	39
Pro_chor	8	18
Prod_oli	1	0
R_demeij	42	0
Rheop_or	13	24
Rheot_sp	26	3
Synor_se	4	0
Tany_sp	70	64
Tanyp_pu	17	0
29 Taxa	29 Taxa	18 Taxa

Erläuterungen:

Grün markierte Taxa traten ausschließlich oder hauptsächlich in den Benthosproben auf.

Blau Markierte traten ausschließlich oder hauptsächlich in den Aquarienproben auf.

10.1.1.2 Hartsubstrat

Um zu sehen, ob sich das Artenspektrum der Hartsubstrat-Aquarienproben von dem Spektrum der Benthosproben unterscheidet, wurde wie beim Weichsubstrat, eine indirekte Gradientenanalyse durchgeführt. Durch die taxonomische Anpassung der adulten Tiere aus den Aufzuchten mit den Larvenbestimmungen verringerte sich die Taxazahl der Aufzuchten im Hartsubstrat von 44 auf 20 Taxa. Es gingen 34 Aquarienproben und 34 Larvenproben in die Analyse ein. Die DCA ergab eine Länge des Gradienten von 2,38. Da die Länge des Gradienten kleiner 4 war, wurde eine PCA durchgeführt. Auf den ersten zwei Achsen erfolgte 47,3 % Varianzklärung der Artendaten (Tab. 31).

Tab. 31. Kenngrößen der PCA der Benthosproben und Aquarienproben Hartsubstrat

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	1,000			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,361	0,112	0,88	0,62
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	36,1	47,3	56,1	62,3

In Abb. 21 ist eine deutliche Trennung zwischen den Aquarienproben und den Benthosproben zu erkennen. Rechts der y-Achse befinden sich die Benthosproben (grüne Symbole) und links der Ordinate die Aquarienproben (weisse Symbole).

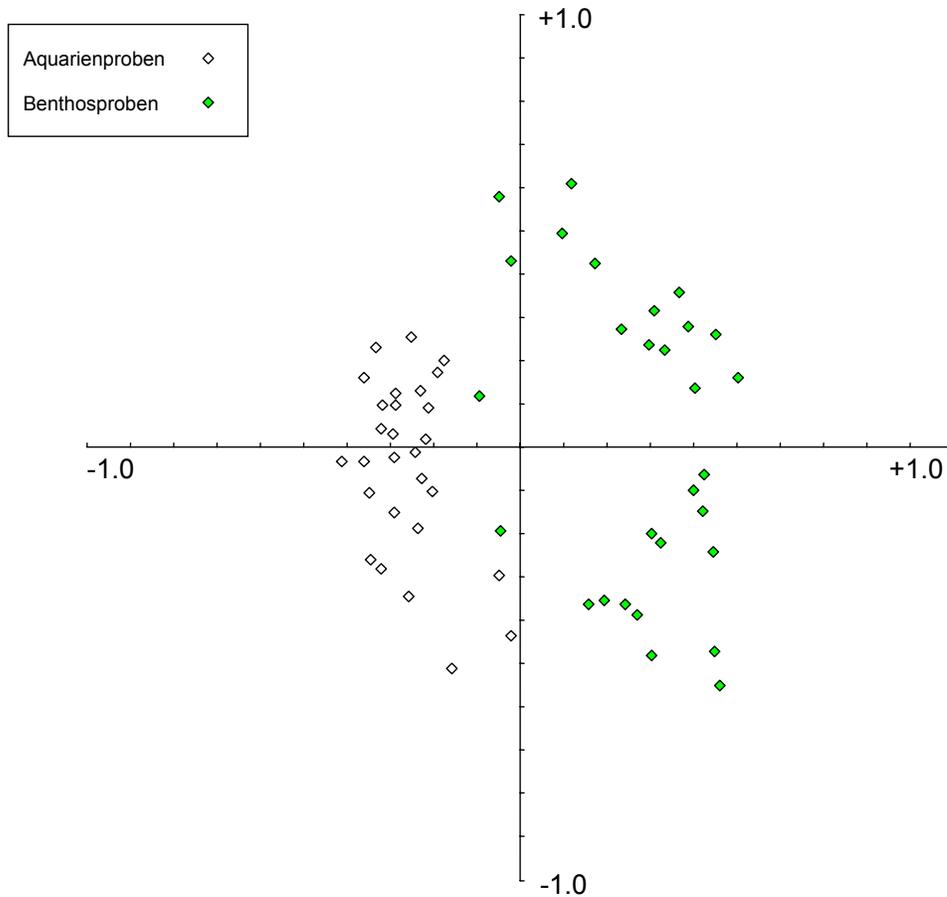


Abb. 21. Ordinationsdiagramm der PCA zur Untersuchung der Benthosproben und Aquarienproben Hartsubstrat (1. und 2. Achse) (nur Proben)

Von insgesamt 29 Taxa konnten auf diesem, den Larvenbestimmungen angepassten Niveau, 20 Taxa durch die Aufzuchten auf dem Hartsubstrat und 27 Taxa durch die Benthosproben (Tab. 32) nachgewiesen werden. In Abb. 22 und Tab. 32 sind die Taxa, die für die Trennung der Proben verantwortlich sind, farbig gekennzeichnet. Von insgesamt 29 Taxa traten neun Taxa ausschließlich in Benthosproben auf. Die Vektoren von drei Taxa weisen deutlich in Richtung der Aquarienproben (Abb. 22, blau gekennzeichnet). Diese kamen vorwiegend (*Cricotopus* (C.) sp.) oder ausschließlich (*Paracladius laminata* und *Micropsectra atrofasciata*) in den Aufzuchten vor (Tab. 32).

Die auffallend starke Trennung der Proben in Abb. 21 und Abb. 22 ist damit zu erklären, dass fünf Taxa in deutlich mehr (> 50 %) Benthosproben als Aquarienproben auftraten (Tab. 32). Diese großen Differenzen schlagen sich in der Analyse besonders deutlich nieder. Es handelt sich um folgende Taxa: *Cricotopus* sp., *Orthocladius* sp., Orthoclaadiinae, *Rheotanytarsus* sp. und *Tanypus punctipennis*.

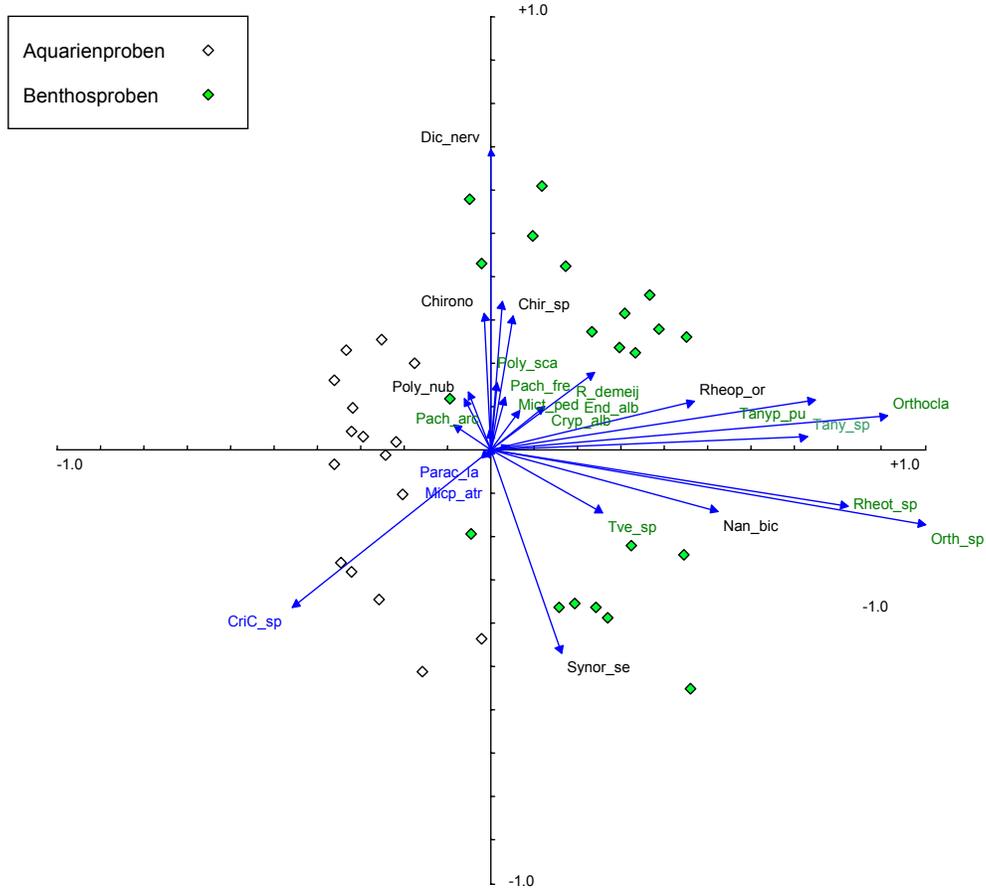


Abb. 22. Ordinationsdiagramm der PCA zur Untersuchung der Benthosproben und Aquarienproben auf Hartsubstrat (1. und 2. Achse) (Proben und Taxa)

Tab. 32. Benthosproben und Aquarienproben Hartsubstrat (Taxaliste)

Taxa	Probenanzahl Benthos Hartsubstrat in % (insgesamt 34 Proben, 1 Probe entspricht 4%)	Probenanzahl Aquarien Hartsubstrat in % (insgesamt 34 Proben, 1 Probe entspricht 4%)
Chir_sp	26	15
Chirono	38	29
Clad_sp	21	24
CriC_sp	9	71
Crico_sp	35	4
Cril_sp	29	29
Cryp_alb	15	0
Dic_nerv	62	71
End_alb	9	0
Glyp_sp	32	12
Micp_atr	0	6
Mict_ped	12	0
Nan_bic	97	82
Orth_sp	88	12

Orthocla	91	24
Pach_arc	4	0
Pach_fre	9	0
Parac_la	0	4
Poly_nub	12	15
Poly_sca	12	0
Poly_sp	12	21
Pro_chor	4	6
R_demeij	26	0
Rheop_or	76	44
Rheot_sp	76	24
Synor_se	24	24
Tany_sp	97	59
Tanyp_pu	62	0
Tve_sp	21	0
29 Taxa	27 Taxa	20 Taxa

Erläuterungen s. Tab. 30, S. 72.

10.1.2 Benthosproben im Weichsubstrat und Eklektorproben

Um zu ermitteln, ob sich die Benthosproben von den Eklektorproben signifikant unterscheiden, wurde eine indirekte Gradientenanalyse durchgeführt. Wie bei den Aquarienproben wurde die Bestimmung der Imagines aus den Eklektorfängen dem taxonomischen Niveau der Larvenbestimmungen angepasst. Durch die taxonomische Anpassung verringerte sich die Taxazahl der Eklektorproben von 64 auf 26 Taxa. Die Taxazahlen wurden Presence Absence transformiert. Die Länge des Gradienten betrug 3,857, daher wurde eine CA durchgeführt. Es wurden zwei Proben und zwei Taxa (Cam_ster und Cla_sp) als Ausreißer aus der Analyse eliminiert, da sie die grafische Darstellung zu sehr verzerrt hätten. Auf den ersten zwei Achsen erfolgte 20,6 % Varianzerklärung der Artendaten (Tab. 33).

Tab. 33. Kenngrößen der Ca der Benthosproben im Weichsubstrat und Eklektorproben

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	2,835			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,313	0,270	0,219	0,194
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	11,0	20,6	28,2	35,1

In Abb. 23 ist zu sehen, dass die Proben deutlich durch die y-Achse getrennt werden. Rechts der Ordinate befinden sich die meisten Eklektorproben (weißes Symbol), links der Senkrechten liegen die meisten Benthosproben (grünes Symbol).

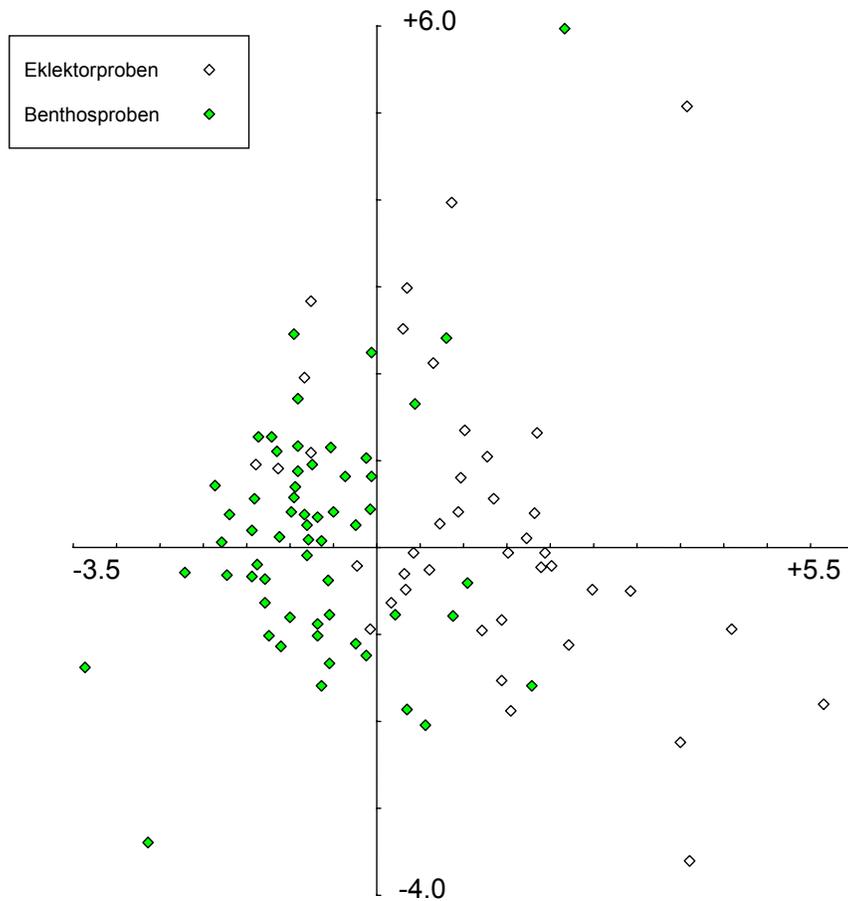
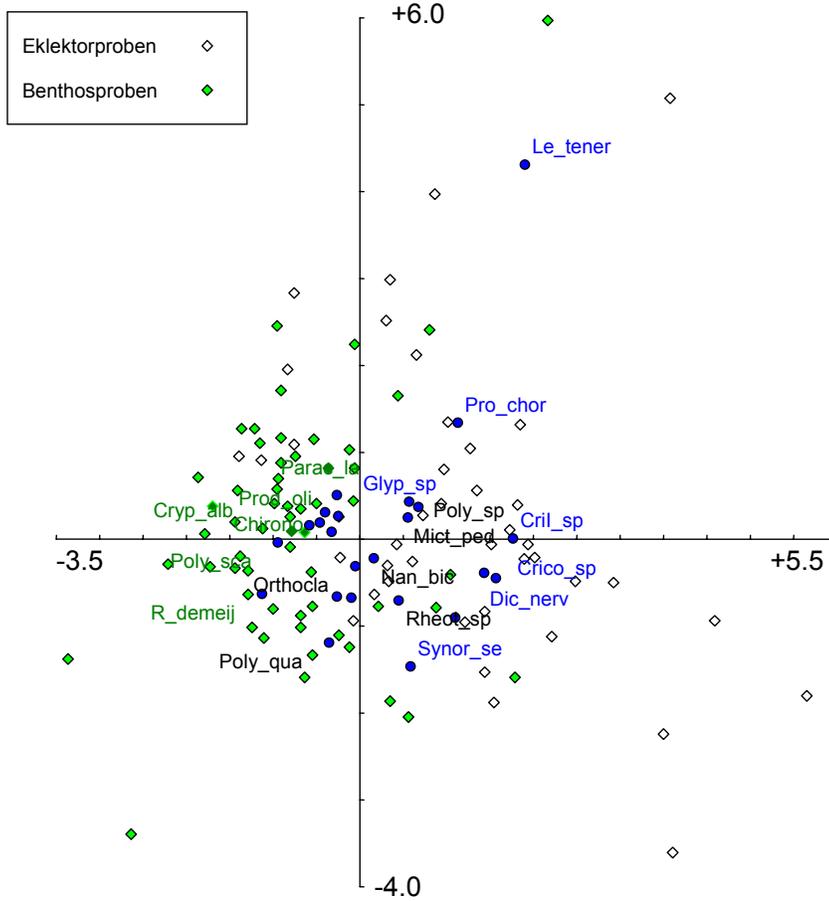


Abb. 23. Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Benthosproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (1. und 2. Achse) (nur Proben)

Welche Taxa für die Trennung verantwortlich sind, zeigen Abb. 24 und Tab. 34. Zu Gunsten einer besseren Übersicht sind in Abb. 24 nur ausgewählte Taxa abgebildet. Eine vollständige Taxaliste befindet sich in Tab. 34. Die Taxazahlen beider Fangmethoden unterscheiden sich nicht sehr deutlich voneinander. Von 29 Taxa in den Benthosproben konnten auf diesem, den Larvenbestimmungen angepassten taxonomischen Niveau, 26 in den Eklektorproben nachgewiesen werden. Die drei Taxa, die nicht in den Eklektorproben gefunden wurden, traten in den Benthosproben sehr selten, in höchstens drei Proben, auf. Es waren: *Camtocladius stercorarius*, *Cladopelma* sp. und *Prodiamesa olivacea*.

7 Taxa wurden häufiger in den Benthosproben als in den Eklektorproben gefunden (in Tab. 34 grün markiert), vier Taxa traten wesentlich häufiger in den Eklektorproben als in den Benthosproben auf (blau markiert).



0

Abb. 24. Ordinationsdiagramm der CA zur Untersuchung der Benthosproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (1. und 2. Achse) (Proben und Taxa)

Tab. 34. Benthosproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (Taxaliste)

Taxa	Probenanzahl Benthosproben Weichsubstrat in % (insgesamt 77 Proben, 1 Probe entspricht 1%)	Probenanzahl Eklektorproben in % (insgesamt 52 Proben, 1 Probe entspricht 2%)
Cam_ster	3	0
Chir_sp	75	56
Chirono	58	31
Cla_sp	3	0
Clad_sp	47	35
Crico_sp	4	54
Cril_sp	1	38
Cryp_alb	62	35
Dic_nerv	7	31
Glyp_sp	4	8
Le_tener	1	6
Micp_atr	11	4
Mict_ped	3	6
Nan_bic	41	44
Orth_sp	36	10

Orthocla	42	33
Parac_la	34	19
Poly_nub	24	19
Poly_qua	11	12
Poly_sca	28	6
Poly_sp	24	40
Pro_chor	8	33
Prod_oli	1	0
R_demeij	42	2
Rheop_or	13	29
Rheot_sp	26	37
Synor_se	4	8
Tany_sp	70	48
Tanyp_pu	17	2
29 Taxa	29 Taxa	26 Taxa

Erläuterungen:

Grün markierte Taxa traten ausschliesslich oder hauptsächlich in den Benthosproben auf

Blau Markierte traten ausschliesslich oder hauptsächlich in den Eklektorproben auf.

10.1.3 Aquarienproben im Weichsubstrat und Eklektorproben

Im Folgenden sollen die Proben der Aquarienproben aus dem Weichsubstrat mit den Proben der Eklektorfänge verglichen werden. Es wurde eine CA durchgeführt, da die Länge des Gradienten 5,026 betrug. Es gingen 33 Aquarienproben und 52 Eklektorproben in die Analyse ein. Auf den ersten zwei Achsen erfolgte 12,0 % Varianzerklärung der Artendaten (Tab. 35).

Tab. 35. Kenngrößen der CA der Aquarienproben im Weichsubstrat und Eklektorproben

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	7,054			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,461	0,386	0,355	0,329
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	6,5	12,0	17,0	21,7

In Abb. 25. ist eine deutliche Trennung der Proben durch die x-Achse zu erkennen. Oberhalb der Abszisse befinden sich die meisten Eklektorproben, unterhalb der Horizontalen liegen die meisten Aquarienproben.

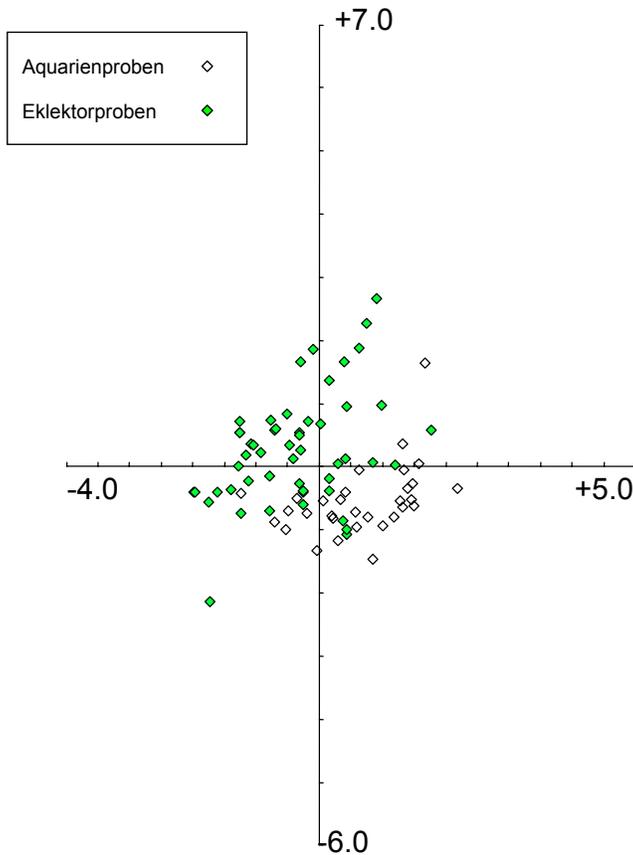


Abb. 25. Ordinationsdiagramm der PCA zur Untersuchung der Aquarienproben und Eklektorfänge im Weichsubstrat (1. und 2. Achse) (nur Proben)

In Abb. 26 und Tab. 36 ist zu sehen, welche Taxa für die Trennung verantwortlich sind. Mit Hilfe der Eklektoren konnten fast doppelt so viele Taxa (64 Taxa) erfasst werden als durch die Aufzuchten (33 Taxa). Grün markierte Taxa traten ausschließlich oder vorwiegend in Eklektorproben auf, blau markierte Taxa traten ausschließlich oder vorwiegend in Aquarienproben auf. Taxa, die nicht mit Hilfe der Aufzuchten ermittelt werden konnten, kamen in der Regel auch in wenig Eklektorproben vor. So fanden sich 31 der 35 Taxa, die nicht in den Aufzuchten auftraten, in weniger als 10 % der Eklektorfänge. Drei Arten traten in jeweils einer Aufzuchtprobe auf und konnten nicht in den Eklektoren gefunden werden. In Tab. 36 ist weiterhin zu sehen, dass neun Taxa in deutlich mehr Eklektorproben auftraten als in Aquarienproben. Diese waren *Chironomus cf. cingulatus*, *Dicrotendipes nervosus*, *Polypedilum sp.*, und *Rheotanytarsus muscicola*, *Cricotopus C. annulator*, *Cricotopus I. intersectus*, *Cricotopus I. sylvestris* und *Parachironomus frequens*. Sieben der gemeinsamen Taxa waren in mehr Aquarienproben zu finden. Dazu gehören vier Arten der Gattung *Tanytarsus*, sowie *Cladotanytarsus mancus*, *Chironomus cf. venustus* und *Polypedilum convictum* (blau markiert).

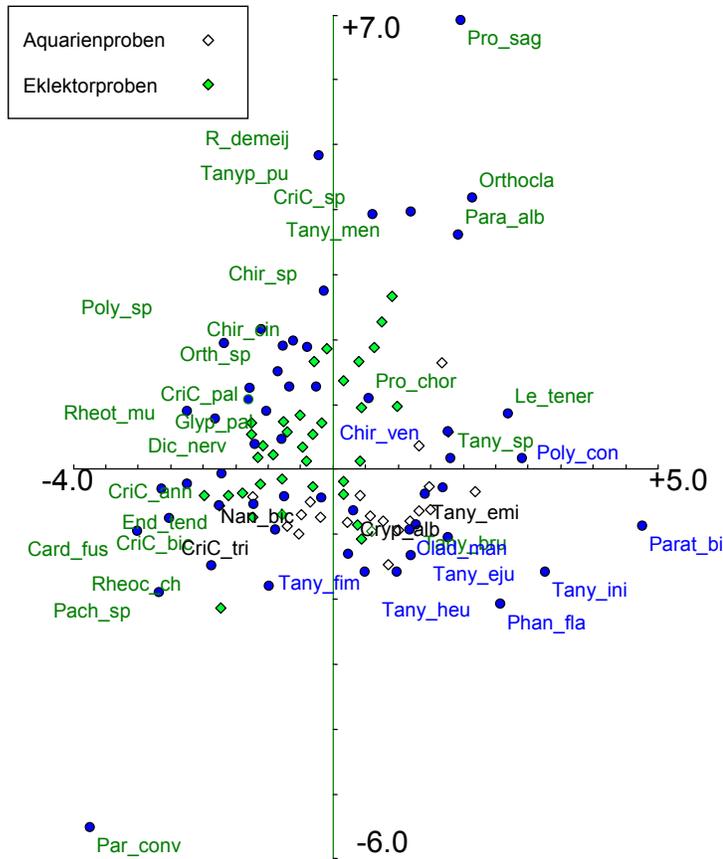


Abb. 26. Ordinationsdiagramm der PCA zur Untersuchung der Aquarienproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (1. und 2. Achse) (Proben und Taxa)

Tab. 36. Aquarienproben und Eklektorproben im Weichsubstrat (Taxaliste)

Taxa	Probenanzahl Aquarienproben Weichsubstrat in % (insgesamt 33 Proben, 1 Probe entspricht 3%)	Probenanzahl Eklektorproben in % (insgesamt 52 Proben, 1 Probe entspricht 2%)
Cryp_alb	48	35
Tany_heu	48	15
Clad_man	45	19
Nan_bic	45	44
Chir_ven	42	27
Poly_con	33	2
Tany_eju	30	15
Tany_fim	27	8
Rheop_or	24	29
Tany_bru	21	8
Tany_emi	21	19
CriC_tri	18	19
Poly_qua	18	12
Pro_chor	18	35
CriC_bic	12	38
Clad_nig	9	15

Le_tener	9	6
Poly_sca	9	6
Rheoc_ch	9	17
Chir_cin	6	42
Dic_nerv	6	31
Mict_con	6	4
Orthocla	6	6
Parac_la	6	19
Poly_sp	6	50
Stem_min	6	2
Para_alb	3	6
Parat_bi	3	0
Phan_fla	3	0
Rheot_mu	3	33
Tany_ini	3	0
Tany_sp	3	8
Card_fus	0	2
Chir_sp	0	12
Clad_van	0	2
Cory_cel	0	2
Cory_neu	0	6
Cory_sp	0	4
CriC_ann	0	19
CriC_pal	0	2
CriC_sp	0	4
CriC_tif	0	4
Crico_sp	0	2
CriI_int	0	17
CriI_obn	0	6
CriI_syl	0	29
End_tend	0	4
Euk_disc	0	2
Glyp_pal	0	6
Limn_pum	0	2
Mict_ped	0	4
Orth_ob	0	2
Orth_sp	0	6
Pach_fre	0	15
Pach_par	0	2
Pach_sp	0	2
Par_conv	0	2
Pent_sor	0	2
Poly_nub	0	2
Pro_sag	0	2
R_demeij	0	2
Rheot_pe	0	2
Rheot_ph	0	6
Synor_se	0	8

Tany_men	0	8
Tanyp_pu	0	2
Telo_fas	0	4
67 Taxa	33 Taxa	64 Taxa

Erläuterungen:

Grün markierte Taxa traten ausschliesslich oder hauptsächlich in den Eklektorproben auf

Blau Markierte traten ausschliesslich oder hauptsächlich in den Aufzuchten auf.

Die Taxa sind absteigend nach der Probenanzahl in den Aufzuchten sortiert.

10.2 Diskussion

10.2.1 Benthosproben und Aquarienproben

Die indirekten Gradientenanalysen zeigten, dass sich Benthosproben und Proben der Aquarienproben unterschieden. Im Hartsubstrat war die Trennung der Proben deutlicher als im Weichsubstrat. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass auf Hartsubstrat fünf Taxa in deutlich mehr (> 50 %) Benthosproben als Aquarienproben auftraten. Diese großen Differenzen schlugen sich in der Analyse besonders deutlich nieder. Bei dem Vergleich Aquarienproben und Benthosproben Weichsubstrat gab es bei keinem Taxon eine so grosse Differenz in der Probenanzahl. Deshalb sind diese Proben in der grafischen Darstellung nicht so weit voneinander getrennt.

Die Unterschiede der Ergebnisse der Aquarienproben und der Benthosproben könnten auf vorherrschende, und von den natürlichen abweichende Bedingungen in den Laboraufzuchten zurückzuführen sein:

Substratunabhängig

- Fehlendes Nahrungsangebot in den Aquarien, da keine zusätzliche Nahrung zugeführt wurde.
- Die Temperaturen in dem Aquariumwasser waren zu niedrig, so dass einige Arten nicht schlüpfen konnten.
- Der Tag-Nachtrhythmus, der durch eine Zeitschaltuhr imitiert wurde, entsprach nicht den natürlichen Bedingungen, da die Dämmerung fehlte.
- Fehlendes organisches Material wie z.B. Makrophyten, Holz etc. als Substrat zum Schlüpfen.
- Fehlen einer gerichteten Strömung.

Weichsubstrat

- Aufgrund der Erschütterungen während des langen Transports im Auto war das Weichsubstrat so dicht gepackt, dass wahrscheinlich viele Larven mechanisch geschädigt wurden.
- In dem dicht gepackten Sediment war der Sauerstoffgehalt für einige Arten zu gering.
- Das Substrat wurde nicht in Bewegung gehalten und nicht durchströmt. Dadurch ergaben sich offensichtlich Ausfälle im Artenspektrum. *Robackia demeijerei* z.B. ist eine Art, die in Benthosproben in bewegtem, sandigem bis kiesigem Substrat häufig auftrat und in den Laboraufzuchten dagegen gar nicht nachgewiesen werden konnte.

Hartsubstrat

- Obwohl die Chironomiden vorsichtig von den Bühnensteinen abgebürstet wurden, sind bei dieser Methode wahrscheinlich viele Tiere gestorben.
- In den Aquarien standen als Hartsubstrat nur ein Stein und die Aquarienwände zur Besiedlung zur Verfügung. Vielleicht konnten sich einige Arten aufgrund von Konkurrenz um das begrenzte Raumangebot nicht weiter entwickeln.
- Durch die Art der Belüftung könnten die Steine stark zusedimentiert worden sein.

10.2.2 Benthosproben und Eklektorproben

Der statistische Vergleich der Benthosproben mit den Eklektorproben zeigte, dass sich die Benthosproben im Weichsubstrat von den Eklektorproben unterschieden. Der Unterschied war jedoch nicht so deutlich wie zwischen den Aufzuchten und den Benthosproben. Nur drei Arten, die als Larven gefunden wurden, traten nicht in den Eklektoren auf. Diese waren *Camptocladius stercorarius*, *Cladopelma* sp. und *Prodiamesa olivacea*.

C. stercorarius ist eine terrestrisch lebende Art, deren Larven aus Sümpfen und feuchter Erde bekannt sind (FITTKAU & REISS 1978). Da die Eklektoren immer schwammen und auch die Aquarien immer mit Wasser gefüllt waren, konnte diese Art mit den verwendeten Methoden nicht erfasst werden. *P. olivacea* wurde nur in einer Benthosprobe gefunden und *Cladopelma* sp. nur in zwei Benthosproben. Das Auftreten dieser Taxa war also so selten, dass die Wahrscheinlichkeit, sie mit nur zwei Eklektoren pro Bühnenfeld zu erfassen, sehr gering war.

10.2.3 Larven und Imagines

In Tab. 37 sind zehn Taxa aufgeführt, die in Benthosproben nachgewiesen wurden, aber nicht in den Aquarienproben auftraten. Sieben dieser zehn Taxa konnten gar nicht als Imagines nachgewiesen werden, da sie auch in den Eklektorproben nicht auftraten (blau markiert). Auffallend ist, dass diese Taxa oft auch in sehr wenigen Benthosproben zu finden waren. So traten sechs der sieben Taxa in höchstens drei Benthosproben auf. Nur *Tvetenia* sp. war in 21 %, d.h. in sieben von 34 Benthosproben des Hartsubstrats, zu finden. Arten der Gattung *Tvetenia* sind vorwiegend Weidegänger. Offensichtlich fehlte den Tieren ein ausreichendes Nahrungsangebot in den Aufzuchten. In den Eklektoren wurden sie nicht gefunden, da sie aufgrund ihrer Ernährungsweise Hartsubstratbesiedler sind.

Ein Literaturvergleich (SCHÖLL & BALZER (1998), BECKER (1994)) zeigte, dass die in Tab. 37 aufgeführten blau markierten Taxa mit Ausnahme der terrestrisch lebenden Art *Camptocladius stercorarius* von mindestens einen der o.g. Autoren durch Aquarienproben nachgewiesen wurden. Dies belegt, dass diese sieben Taxa bei den speziellen, in Laboraufzuchten herrschenden Bedingungen schlüpfen. Daher kann angenommen werden, dass sie sich in den untersuchten Bühnenfeldern nicht bis zu Imagines entwickeln. SCHÖLL & BALZER (1998) führten ihre Untersuchungen in der gesamten Elbe in den Jahren 1992 bis 1997 durch. zwei der in Tab. 37 blau markierten Arten wurden von den Autoren in der unteren Miteitelbe ebenfalls nicht als Imagines gefunden. Diese sind *Prodiamesa olivacea* und die terrestrisch lebende Art *Camptocladius stercorarius*.

Tab. 37. Ausgewählte Taxa aller drei verwendeten Methoden

Taxa	Probenanzahl Benthos Weichsubstrat in % (insgesamt 77 Proben, 1 Probe entspricht 1%)	Probenanzahl Benthos Hartsustrat in % (insgesamt 34 Proben, 1 Probe entspricht 4%)	Probenanzahl Aquarien Weichsubstrat in % (insgesamt 33 Proben, 1 Probe entspricht 3%)	Probenanzahl Aquarien Hartsustrat in % (insgesamt 34 Proben, 1 Probe entspricht 4%)	Probenanzahl Eklektor in % (insgesamt 52 Proben, 1 Probe entspricht 2%)
Cam_ster	3	0	0	0	0
Cla_sp	3	0	0	0	0
End_alb	0	9	0	0	0
Mict_ped	3	12	0	0	6
Pach_arc	0	4	0	0	0
Pach_fre	0	9	0	0	0
Prod_oli	1	0	0	0	0
R_demeij	42	26	0	0	2
Tanyp_pu	17	62	0	0	2
Tve_sp	0	21	0	0	0

Erläuterung:

Blau markierte Taxa konnten nicht als Imagines nachgewiesen werden.

Schwarz Markierte kamen in den Eklektorproben, jedoch nicht in den Aufzuchten vor.

Es soll noch auf zwei Taxa eingegangen werden, die als Einzelfunde in den Eklektorproben auftraten. Sie wurden nicht in den Aufzuchten, aber häufig in den Benthosproben gefunden. Es handelt sich um *Robackia demeijerei*, die häufig im Weichsubstrat zu finden war, und *Tanypus punctipennis*, die insbesondere Hartsustrat besiedelte. Nach SAETHER (1977) leben die Larven der Gattung *Robackia* in sandigen Substraten von Flüssen und großen Strömen und wurden auch in sandigen Substraten von exponierten Ufern aller großen Seen gefunden (WIEDERHOLM 1989). Auch nach SCHÖLL & BALZER (1998) besiedeln die Larven von *R. demeijerei* sandiges Substrat im Potamon großer Flüsse (PINDER & REISS (1983) in SCHÖLL & BALZER (1998)), deren Form und Lage sich, bedingt durch wechselnde Wasserführung, häufig ändert. In den Aquarien wurde das Substrat weder in Bewegung gehalten noch durchströmt, so dass die Larven dieser Art offensichtlich gestorben sind. Es stellt sich jedoch die Frage, warum die Art in den Eklektorfängen nur als Einzelfund auftrat. Vielleicht begibt sie sich zum Schlüpfen an Stellen, an denen keine Eklektoren standen, also z.B. an Pflanzenteilen oder in periodisch überfluteten Abschnitten im nahen Uferbereich. Von SCHMID (1992a) konnte beobachtet werden, dass Chironomidenlarven, die sich kurz vor dem Schlüpfen befanden, in anderen Gewässerabschnitten gefunden wurden als jüngere Larvenstadien derselben Art. Eine weitere Möglichkeit ist, dass die Larven in den beiden Untersuchungsjahren nicht geschlüpft sind. Auch SOLUK (1985) konnte bei seiner zweijährigen Untersuchung keinen eindeutigen Lebenszyklus für *Robackia demeijerei* feststellen, nahm jedoch einen univoltinen Lebenszyklus an. Er postulierte, dass die Wachstums- und Entwicklungsgeschwindigkeit wegen des unzureichenden organischen Materials und damit geringen Futterangebotes in bewegten Sanden stark herabgesetzt ist. Auch andere Stressfaktoren, wie ständige Umlagerungen der Larven mit dem Substrat oder eine hoher Energieaufwand zur Produktion großer Mengen an Speicheldrüsensekret zum Festhaften am Substrat (SOLUK 1985) könnten Gründe für eine fehlende vollständige oder sehr langsam fortschreitende Entwicklung von *R. demeijerei* sein. MACKEY (1977) konnte bei

der Chironomide eine Entwicklungszeit von nur wenigen Tagen und einen multivoltinen Entwicklungszyklus im Labor unter optimalen Bedingungen beobachten. Eine weitere Erklärung für das Fehlen von *R. demeijerei* in den Eklektorproben könnte sein, dass diese Art kein positiv phototaktisches Verhalten zeigt und deshalb nicht in die Eklektorkopfdosen fliegt.

Die Larven von *Tanytus punctipennis* leben im Schlamm von Flussunterläufen, im Seenlitoral und in Kleingewässern (REISS 1968). Nach MOOG (1995) ist die Art vorwiegend im Litoral zu finden und ernährt sich hauptsächlich räuberisch. Nach Untersuchungen des BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) gilt sie als Stillwasserart, die häufig auch in träge bis langsam fließenden Gewässern vorkommt. *T. punctipennis* hätte somit nach den oben aufgeführten ökologischen Ansprüchen auch bei den Bedingungen, die in den Aquarien herrschten, schlüpfen können. Auch BECKER (1994) konnte die Art im Rhein nur mit Hilfe von Lichtfallen nachweisen. SCHÖLL & BALZER (1998) hatten sie bei der Elbebeobachtung ebenfalls ausschließlich in Lichtfallen und nicht in Aquarienaufzuchten.

Beobachtungen, dass Arten in Benthosaufsammlungen gefunden wurden, als Imagines jedoch selten oder gar nicht nachgewiesen werden konnten, finden sich auch bei anderen Insektengruppen wie z.B. den Trichopteren (RÜDDENKLAU 1991, MALICKY 1981).

10.2.4 Aquarienproben und Eklektorproben

Die indirekte Gradientenanalyse zeigte, dass sich Aquarienproben und Eklektorproben deutlich voneinander unterscheiden. Mit Hilfe der Eklektorfänge wurden 64 Taxa erfasst und durch die Aquarienproben im Weichsubstrat 33 Taxa. Die Eklektoren enthielten also fast doppelt so viele Taxa, wie die Aufzuchten und haben somit wesentlich besser das Artenspektrum in den Buhnenfeldern erfasst als die Aquarienaufzuchten. Bei den in den Aufzuchten fehlenden Taxa handelt es sich vorwiegend um euryöke Fließgewässerarten. Auffallend war, dass die meisten Taxa, die in den Aquarien fehlten, auch in wenigen Eklektorproben (< 10 %) zu finden waren. Dies deckt sich mit Beobachtungen von SCHLEUTER (1985), die bei einer vergleichenden Untersuchung in Stillgewässern mit Hilfe der Eklektoren ein etwas größeres Artenspektrum erfassen konnte als in den Aufzuchten. Die Unterschiede beschränkten sich bei SCHLEUTER (1985) auf Arten, die als Einzelfunde oder in geringen Abundanzen auftraten. Offensichtlich sind Eklektoren im Gegensatz zu Aquarienproben gut geeignet, seltener auftretende Arten zu erfassen.

Von den neun Arten, die auffallend häufig in den Eklektorproben auftraten, gelten nach Untersuchungen des BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) nur zwei Arten als rheophil. Dies sind *Cricotopus C. annulator* und *Parachironomus frequenz*. Die übrigen Arten verhalten sich nach o.g. Literatur indifferent gegenüber Strömung. Von den fünf Arten, die auffallend häufig in den Aufzuchten auftraten, gilt nach dieser Quelle eine Art als krenophil (*Tanytarsus heusdensis*), eine Art als rheophil (*Polypedilum convictum*), und zwei Arten treten vorwiegend im Litoral auf (*T. ejuncidus* und *T. fimbriatus*). Die Strömung ist demnach nicht für das unterschiedliche Fangergebnis verantwortlich. In den Aquarien wurden keine physikalischen Parameter erfasst, so dass keine Aussage darüber gemacht werden kann, ob sich die Werte im Vergleich zu den Messungen im Freiland verändert

haben. Zum Sauerstoffgehalt kann jedoch gesagt werden, dass keine anaeroben Prozesse in den Aquarien beobachtet wurden.

10.3 Resümee

Im Folgenden sollen die Vor- und Nachteile der drei verwendeten Methoden zur Erfassung der Chironomidenfauna in Bühnenfeldern vergleichend zusammengefasst werden (Tab. 38).

Tab. 38. Vor und Nachteile der drei verwendeten Fangmethoden zur Erfassung der Chironomidenfauna in Bühnenfeldern

Kriterium	Benthosprobenahme	Aquarienaufzuchten	Eklektoren
Determination	Larvenbestimmung oft nur auf niedrigem taxonomischen Niveau möglich (keine autökologische Aussagen möglich).	Adulte Tiere, die oft auf Artniveau bestimmt werden können (genaue autökologische Aussagen möglich).	Adulte Tiere, die oft auf Artniveau bestimmt werden können (genaue autökologische Aussagen möglich).
Entwicklung	Unklar, ob die Larven bei den gegebenen Bedingungen an der Probestelle die vollständige Entwicklung bis zum adulten Tier durchmachen.	Nachweis, dass sich die Larven bis zu Imagines entwickeln.	Nachweis, dass sich die Larven an der Probestelle bis zu Imagines entwickeln.
Artenspektrum	Kleines Artenspektrum, aufgrund der Bestimmungsproblematik.	Kleines Artenspektrum, aufgrund der Sammelmethode und der veränderten Umweltbedingungen.	Großes Artenspektrum.
Quantifizierung	Nach Abgleich des Bestimmungsniveaus mit anderen Methoden vergleichbare Quantifizierung möglich.	Mit anderen Methoden vergleichbare Quantifizierung möglich, jedoch ist von einer erhöhten Mortalitätsrate der Larven auszugehen. Dadurch verschiebt sich das Häufigkeitsspektrum.	Keine mit anderen Methoden vergleichbare Quantifizierung möglich, da <ol style="list-style-type: none"> 1. die Eklektoren nicht starr auf einer Fläche fixiert sind 2. Zu- und Abdrift der Larven erfolgt 3. nicht die Gesamtzahl der in 1 m² Sediment lebenden Chironomiden während der Standzeit des Eklektors schlüpfen.
Erfassung von selten auftretenden Arten	Geeignet.	Nicht geeignet.	Geeignet.

Raumkonkurrenz	Natürliche Raumkonkurrenz.	Künstlich geschaffene Raumkonkurrenz.	Natürliche Raumkonkurrenz.
Selektion	Keine Selektion von Arten.	Selektion von Arten durch Veränderung von Umweltbedingungen (z.B. Strömung, O ₂ -Gehalt, Temperatur, Raumkonkurrenz, Packung des Sediments).	Selektion von Arten, da nur adulte Tiere erfasst werden, die an der Probestelle schlüpfen und in den Eklektor fliegen.
Transport	Kein Transport lebender Individuen.	Transportweg der Larven bis zu den Aquarien ist unter Umständen so lang, dass die Mortalitätsrate einzelner Arten erhöht wird.	Kein Transport lebender Individuen.
Aquatische Prädatoren	Natürlich auftretende Prädatoren.	Fehlen oder geringere Anzahl von Prädatoren.	Natürlich auftretende Prädatoren.
Standortabhängigkeit	Auch Arten, die besondere Bedingungen zum Schlüpfen benötigen, wie z.B. Wasserpflanzen, werden erfasst.	Arten, die besondere Bedingungen zum Schlüpfen benötigen, wie z.B. Wasserpflanzen, werden nicht erfasst.	Arten, die besondere Bedingungen zum Schlüpfen benötigen, wie z.B. Wasserpflanzen, werden nicht erfasst, wenn der Eklektor nicht gezielt dort aufgestellt wird.
Technisches Kriterium	Keine unvermeidbaren technischen Probleme.	Keine unvermeidbaren technischen Probleme.	Hohe Verlustrate der Eklektoren durch plötzlich ansteigenden Wasserstand, starken Wellenschlag, „Sabotage“ etc.

Abschließend kann festgestellt werden, dass keine der drei verwendeten Methoden alleine ausreichend ist, das gesamte Artenspektrum der Chironomidenfauna in Fließgewässern zu erfassen.

Benthosaufsammlungen haben zwei große Nachteile:

1. Dadurch, dass die erfassten Larven oft nicht auf Artniveau bestimmt werden können sind Aussagen zu autökologischen Ansprüchen nicht möglich.
2. Es besteht keine Sicherheit darüber, ob sich die Larven an dem Fundort bis zu Imagines entwickeln. Dies zeigte beispielsweise das Fehlen von *Robackia demeijerei* und *Tanytus punctipennis* in den Aquarienproben und deren geringes Auftreten in den Eklektorproben. Beide Arten zeigten dagegen hohe Abundanzen in den Benthosproben.

Mit Hilfe der Aquarienproben und Eklektorfängen erhält man adulte Chironomiden, die oft auf Artniveau bestimmt werden können, was autökologische Aussagen möglich macht.

Aquarienproben sind jedoch nach den vorliegenden Ergebnissen keine geeignete Methode die Chironomidenfauna in Fließgewässern repräsentativ widerzugeben, da mit ihnen im Vergleich zu Benthosproben und Eklektorproben deutlich weniger Arten erfasst werden. Durch die veränderten Umweltbedingungen in den Aufzuchten wurden also einige Arten eliminiert. Dies macht deutlich, dass die Ähnlichkeit zwischen den Umweltbedingungen von natürlichem und künstlichem Habitat von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Die Anpassung des taxonomischen Niveaus der Imagines aus den Eklektorproben auf das taxonomische Niveau der Larvenbestimmungen ergab in einem anschließenden Vergleich hohe Übereinstimmung im Artenspektrum beider Fangmethoden. Von 29 Taxa in den Benthosproben konnten 27 Taxa auch in den **Eklektorproben** nachgewiesen werden. Dies zeigt, dass eine Selektion von Arten in den Fangzelten sehr gering ist. Mit Hilfe der Eklektoren erhält man nach den vorliegenden Ergebnissen ein deutlich größeres Artenspektrum als mit Laboraufzuchten, denn ein Vergleich beider Fangmethoden ergab, dass in den Eklektorproben fast doppelt so viele Arten auftraten wie in den Proben der Aufzuchten. Der Unterschied betraf besonders selten auftretende Arten. Eklektoren sind also im Gegensatz zu Laboraufzuchten gut geeignet, selten auftretende Arten zu erfassen. Eine mit anderen Methoden vergleichbare Quantifizierung der Fänge in den Eklektoren auf eine definierte Fläche ist nicht möglich, da nur geschlüpfte Arten pro Fläche und Zeiteinheit erfasst werden und nicht die Gesamtzahl der in einer definierten Fläche Sediment lebenden Chironomiden.

11 Korrelationen der Chironomidenverbreitung mit Umweltparametern

11.1 Ergebnisse

Zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen den gemessenen Umweltparametern und den Abundanzen der Chironomiden wurden Ordinationen in Form von direkten Gradientenanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden sowohl tabellarisch als auch durch Ordinationsdiagramme dargestellt. Mit Hilfe der direkten Gradientenanalysen wurden die Umweltparameter herausselektiert, die mit der Chironomidenfauna am besten korrelierten. Anschließend wurden mit dem Generalized Linear Model (GLM) Regressionen zwischen einem bedeutenden Umweltparameter und den Abundanzen ausgewählter Taxa dargestellt. Angaben über die Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten der GLM befinden sich in Tab. A 1 bis Tab. A 4 im Anhang.

Die durchgeführten Voranalysen (Kap. 9) zeigten, dass sowohl die Besiedlung beider Substrattypen als auch die drei angewandten Methoden zur Erfassung der Chironomiden deutlich zu unterscheiden sind. Daher wurden die erhobenen Daten für Hart- und Weichsubstrat sowie für Benthos-, Eklektor- und Aquarienproben getrennt analysiert.

11.1.1 Benthosproben Weichsubstrat

11.1.1.1 Direkte Gradientenanalyse

Der Datensatz der Benthosproben im Weichsubstrat enthielt 60 Proben. Da die Länge des Gradienten der $\ln(10y+1)$ transformierten Artdaten 1,94 betrug, die Varianz im Datensatz also gering war, wurde eine RDA durchgeführt. Wie in Kap. 6.5 erläutert, wurden die Parameter Strömung, Substrat und Wassertiefe zum einen im Feld gemessen, zum anderen modelliert. Um zu ermitteln, ob die gemessenen oder die modellierten Parameter das Verhalten der Chironomiden besser erklären, wurden in der 1. Analyse die Varianzerklärungen der gemessenen Substrat- (mitKrnFu, mitKrnMP) und Strömungsparameter (Mit_vGes, Min_vGes, Max_vGes) mit den modellierten Substrat- (Subs_Mod) und Strömungsparametern (v_Mod) verglichen (in Tab. 39 farbig markiert). Die Proben stammten ausschließlich aus dem ersten Untersuchungsjahr, da nur aus diesem Zeitraum gemessene Strömungsparameter vorlagen. Insgesamt gingen 38 Umweltparameter in die erste Analyse ein (Tab. 39). In den darauffolgenden Analysen wurden Umweltparameter mit geringen Varianzerklärungen, hoher Irrtumswahrscheinlichkeit und hoher Kovarianz mit anderen Umweltfaktoren ausgeschlossen.

Tab. 39: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller Variablen (Benthosproben Weichsubstrat)

Variable	LambdaA (Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtums- wahrscheinlichkeit)
mitKrnFu	0.09	0.001
Fruh	0.06	0.001
Monatzz	0.06	0.001
Mit_vGes	0.04	0.002
PArCode	0.03	0.002
Vy_Mod	0.02	0.087
Stabw_z	0.02	0.079
Stabw_y	0.02	0.024
Min_x	0.02	0.038
Gstra_a2	0.02	0.108
HvBg_Max	0.02	0.044
mit_y	0.02	0.073
mit_x	0.02	0.169
Mess_t	0.01	0.188
Vx_Mod	0.02	0.173
Min_y	0.01	0.284
Min_z	0.02	0.303
O2SäMxa2	0.01	0.323
d50	0.01	0.329
d40	0.02	0.181
d30	0.01	0.230
d10	0.02	0.034
Subs_mod	0.02	0.122
Min_vGes	0.01	0.295
d70	0.01	0.423
d60	0.02	0.301
StabvGes	0.01	0.387
mit_z	0.01	0.435
pHMna2	0.01	0.569
Sommer	0.01	0.335
O2GeMna2	0.02	0.120
TmpMna2	0.01	0.175
v_Mod	0.02	0.233
Temp_a2	0.01	0.157
LfTpMna2	0.01	0.272
h_neu	0.02	0.332
O2GeMxa2	0.01	0.361
GstrMxa2	0.01	0.315
O2GEH_a2	0.01	0.337
Org_neu	0.01	0.445
O2Sät_a2	0.01	0.369
TmpMxa2	0.01	0.443

d80	0.01	0.570
Stabw_x	0.01	0.477
HvBg_Min	0.01	0.520
Max_x	0.01	0.386
d20	0.01	0.501
Max_y	0.01	0.351
O2SäMna2	0.01	0.473
d90	0.01	0.435
pHMxa2	0.02	0.321
LfTpMxa2	0.01	0.518
mitKrnMP	0.01	0.326
Max_vGes	0.01	0.262
pH_a2	0.01	0.268
h_Mod	0.01	0.441
HvBg_Mw	0.01	0.596

Erläuterungen:

Rote Schrift: Gemessene Strömungs- und Substratparameter

Grüne Schrift: Modellierte Strömungs- und Substratparameter

Die Variablen mit der größten Varianzklärung des Datensatzes, die nach dem MonteCarlo Permutationstest (MPT) auch als hoch signifikant eingestuft wurden ($p \leq 0,002$), waren die Parameter mittlere gemessene Korngröße nach FUHRBÖTER (mitKrnFu) und Parameter, die die Jahreszeit beschreiben (Frühjahr, Monatzz) sowie die mittlere gemessene Strömungsgeschwindigkeit (Mit_vGes) (Tab. 40). Ein Vergleich der Werte der gemessenen Parameter Strömung und Substrat mit den modellierten Parametern Strömung und Substrat zeigte, dass die gemessenen Parameter (in Tab. 39 rot dargestellt) größere Varianzklärungen und geringere Irrtumswahrscheinlichkeiten aufwiesen als die modellierten Parameter (in Tab. 39 grün dargestellt). Deshalb wurden die gemessenen Parameter in die Analyse aufgenommen.

Tab. 40. Varianzklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Benthosproben Weichsubstrat)

Variable	LambdaA (Varianzklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtums- wahrscheinlichkeit)
mitKrnFu	0,09	0,001
Fruh	0,06	0,001
Monatzz	0,06	0,001
Mit_vGes	0.04	0.002

Insgesamt erklärte die Modellierung 26,2 % der Varianz im Datensatz, wobei auf den ersten zwei Achsen 63,7 % Varianzklärung der Arten-Umweltvariablen und 16,7 % Varianzklärung der Artendaten erfolgte (Tab. 41).

Tab. 41. Kenngrößen der RDA der Benthosproben Weichsubstrat

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	1,000
--	-------

Summe aller kanonischen Eigenwerte (Varianzklärung)	26,2%			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,105	0,062	0,058	0,021
Arten-Umwelt Korrelationen	0,803	0,768	0,721	0,622
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	10,5	16,7	22,5	24,6
Kumulative prozentuale Varianz der Beziehung zwischen Artendaten und Umweltvariablen	40,0	63,7	85,7	93,8

Die Parameter mittlerer gemessener Korndurchmesser (mitKrnFu) und mittlere gemessene Strömungsgeschwindigkeit (Mit_vGes) korrelierten am stärksten mit der 1. Achse. Die Variablen, die die Jahreszeit erklärten (Fruh, Monatzz), korrelierten am besten mit der 2. und 3. Achse (Tab. 42).

Tab. 42. Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Benthosproben Weichsubstrat)

Variable	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
mitKrnFu	+0,67	n.s.	+0,24	+0,22
Mit_vGes	+0,53	+0,06	+0,38	-0,32
Fruh	+0,23	-0,57	-0,35	n.s.
Monatzz	n.s.	-0,47	+0,56	n.s.

Erläuterung:

Die angegebenen Werte sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ signifikant

n.s.: nicht signifikant

In Tab. 43 sind die Korrelationskoeffizienten zwischen den ausgewählten Umweltparametern und den Taxa dargestellt. Taxa mit einem Korrelationskoeffizient $\geq 0,26$ wurden in den folgenden Grafiken farbig hervorgehoben.

Tab. 43. Korrelationskoeffizienten der Taxa mit den Umweltparameter (Benthosproben Weichsubstrat)

Art	Chir_sp	Chirono	Tany_ini	Cryp_alb	Chiro_P	Clad_sp	Orthocla	Parac_la	Nan_bic	R_demeij
Probenanzahl	41	35	35	32	31	29	29	25	23	23
Fruh	$\leq 0,2$	-0,32	-0,24	-0,33	$\leq 0,2$	-0,62	0,24	0,53	0,44	0,23
Monatzz	0,46	0,77	0,37	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	-0,33	$\leq 0,2$	0,53	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$
HvBg_Max	0,28	0,3	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	-0,57	$\leq 0,2$	0,73	0,43	$\leq 0,2$
mitKrnFu	-0,51	$\leq 0,2$	0,62	$\leq 0,2$	0,39	$\leq 0,2$	0,58	$\leq 0,2$	0,36	0,44
Mit_vGes	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,5	0,47	0,39	$\leq 0,2$	0,49	$\leq 0,2$	0,37	0,54

Art	Orth_sp	Tany_sp	Chir_nud	Poly_nub	Chir_obt	Poly_sp	Rheot_sp	Poly_sca	Tanypod	Micp_sp	Rheop_or
Probenanzahl	21	21	18	17	16	16	16	14	9	6	
Fruh	0,34	0,28	-0,39	$\leq 0,2$	0,24	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,45	-0,36	0,2	$\leq 0,2$
Monatzz	0,22	0,31	$\leq 0,2$	0,27	0,3	0,45	0,3	$\leq 0,2$	0,21	$\leq 0,2$	0,22
HvBg_Max	0,33	0,45	-0,26	0,29	0,34	0,2	$\leq 0,2$	0,38	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$
mitKrnFu	0,7	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	-0,28	-0,26	$\leq 0,2$	0,67	$\leq 0,2$	0,52	$\leq 0,2$	0,44
Mit_vGes	0,61	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	-0,21	-0,21	$\leq 0,2$	0,52	$\leq 0,2$	0,44	$\leq 0,2$	0,29

Erläuterung:

Es sind nur Taxa dargestellt, die in mind. sechs Proben gefunden wurden und mind. einen

Korrelationskoeffizienten von $\geq 0,2$ aufwiesen.

11.1.1.2 Ordinationsdiagramme Probenahmemonate

Wie oben schon erwähnt, waren Parameter, die die Jahreszeit beschreiben, bestimmende Faktoren für die Verteilung der Chironomidenlarven in den Buhnenfeldern. Der Umweltparameter Frühjahr (beinhaltet den Monat Mai) besaß größte Signifikanzen auf der 2. und 3. Achse. Eine Klassifizierung der Proben in die Probenahmemonate (Abb. 27) zeigt, dass Proben aus dem Monat Mai, (rote Symbole links von der y-Achse) und Proben aus dem Monat September (violette Symbole rechts der y-Achse), sowie Proben der Monate Juni und Juli (blaue und grüne Symbole) unterschiedliche Cluster bilden.

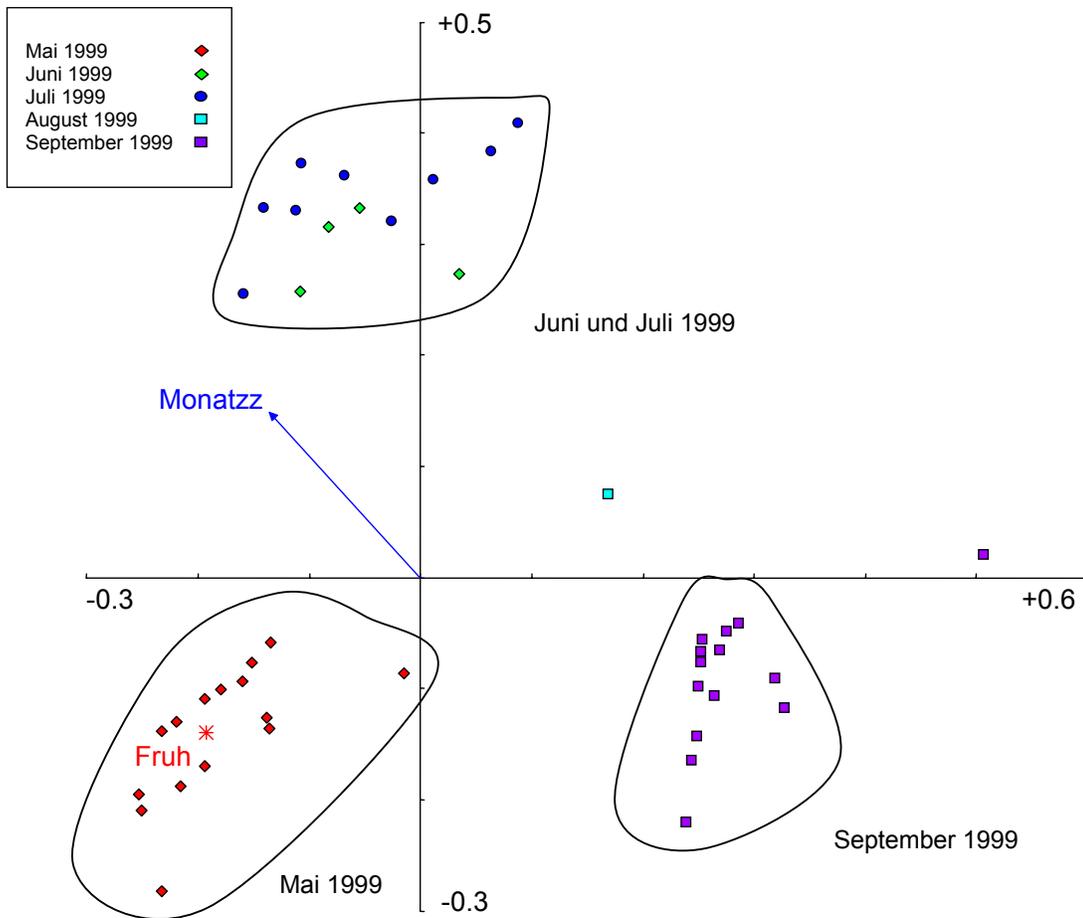


Abb. 27. Ordinationsdiagramm der RDA Benthosproben Weichsubstrat (2. und 3. Achse) (Umweltparameter und Proben Probenahmemonate hervorgehoben)

Abb. 28. zeigt, dass *Nanocladius bicolor*, *Orthocladius* sp. und *Polypedilum scalaenum* vorwiegend im Mai zu finden waren (in Abb. 28 rot dargestellt). Diese Taxa besaßen einen hohen positiven Korrelationskoeffizienten mit dem Umweltparameter Frühjahr. *Cladotanytarsus* sp., nicht weiter zu bestimmende Arten des Tribus Chironomini, *Cryptochironomus albofasciatus*, Tanypodinae und *Chironomus* cf. *nudiventris* (blaue Schrift) besaßen dagegen nach Tab. 43 einen hohen negativen Korrelationskoeffizienten mit dem Umweltparameter Frühjahr.

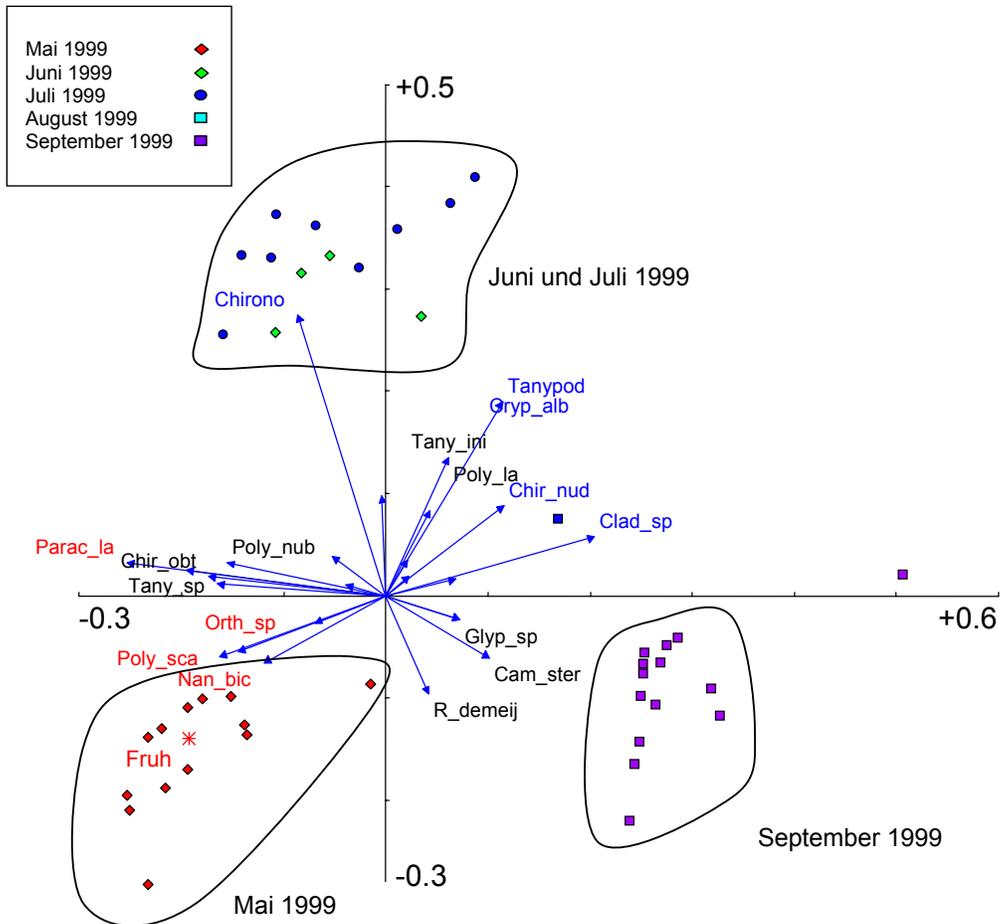


Abb. 28. Ordinationsdiagramm der RDA Benthosproben Weichsubstrat (2. und 3. Achse) (Umweltfaktoren, Proben und Taxa, Probenahmemonate hervorgehoben)

11.1.1.3 GLM Jahresverlauf

In Abb. 29 sind der Jahresverlauf (Monat) und die Abundanzen signifikanter Arten aufgetragen. Die meisten Larven mit显著em Verhalten gegenüber der Jahreszeit zeigten höchste Abundanzen in den Sommermonaten Juni und Juli. *Paracletidius laminata* und *Polypedilum nubeculosum* traten mit höchsten Abundanzen im Mai auf.

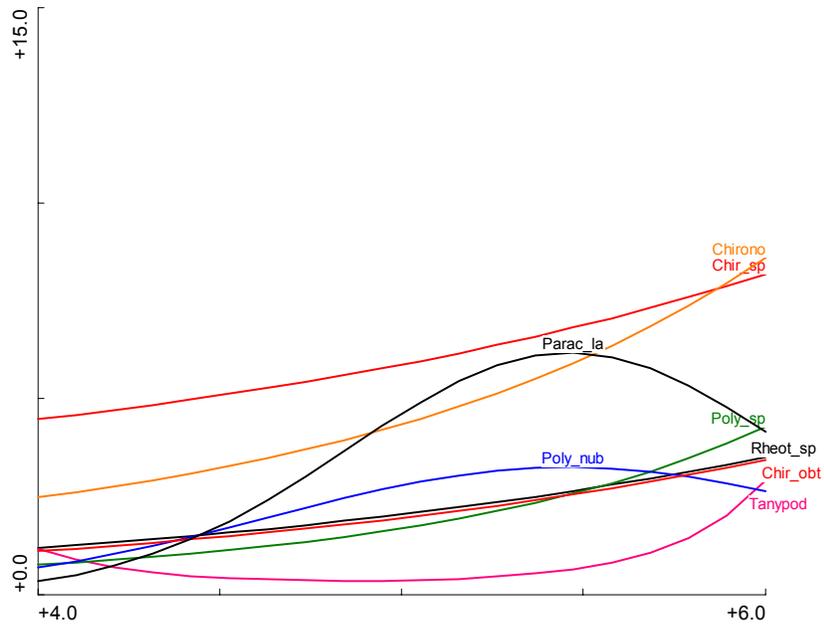


Abb. 29. GLM Benthosproben Weichsubstrat, Umgebungsfaktor Jahresverlauf (Monatzz) gegen Abundanzen (ln Individuen/m²)

Erläuterung:

+4.0 entspricht dem Monat September

+5.0 entspricht dem Monat Mai

+6.0 entspricht den Monaten Juni und Juli

11.1.1.4 Ordinationsdiagramme Korndurchmesser

Ein weiterer bestimmender Umweltparameter für die Verbreitung der Chironomidenlarven war die Sedimentbeschaffenheit, die durch den mittleren gemessenen Korndurchmesser charakterisiert wird. In Abb. 30 sind die Proben nach dem Median des gemessenen Korndurchmessers getrennt dargestellt. Der Korndurchmesser zeigte auf der 1. Achse (x-Achse) höchstes Signifikanzniveau, so dass sich die Proben entlang der x-Achse anordnen. Rechts der Ordinate liegen somit hauptsächlich Proben mit einem Korndurchmesser > 0,92 mm, links der y-Achse befinden sich vorwiegend Proben mit einem Korndurchmesser < 0,92 mm.

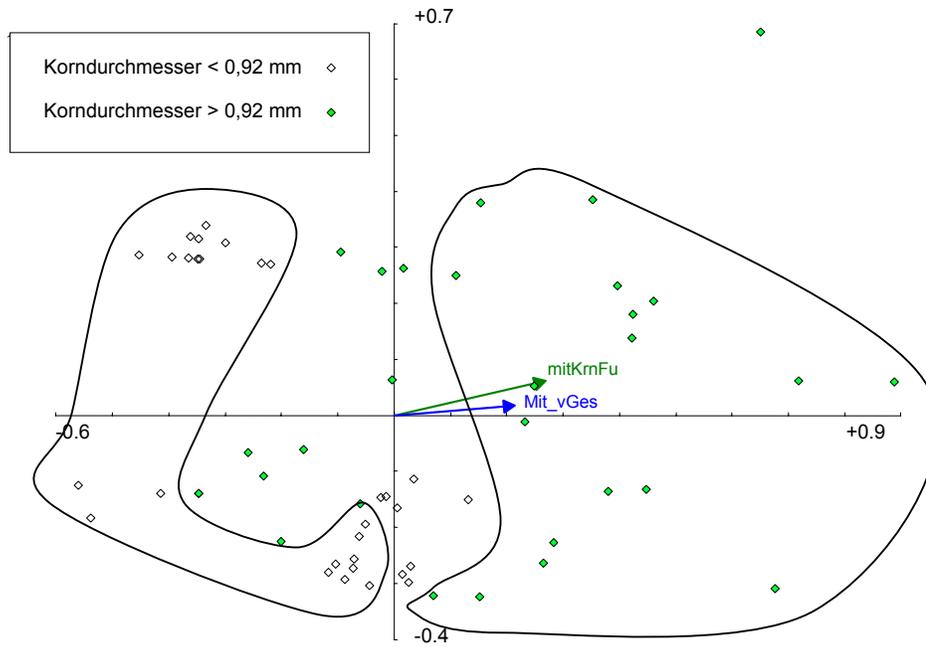


Abb. 30. Ordinationsdiagramm der RDA der Benthosproben Weichsubstrat (1. und 2. Achse) (Umweltparameter und Proben, mittlerer Korndurchmesser hervorgehoben)

In Abb. 31 ist zu sehen, dass sich Proben mit großem Korndurchmesser durch signifikant hohe Abundanzen von sieben Taxa auszeichneten. Diese waren: Tanytarsini, Chironomiden Puppen, *Robackia demeijerei*, *Rheotanytarsus* sp., Orthoclaadiinae, *Orthocladius* sp. und *Nanocladius bicolor*. Diese Taxa besitzen auch einen hohen positiven Korrelationskoeffizienten mit der Umweltvariablen Korndurchmesser (Tab. 43). An Probenahmestellen mit geringem Korndurchmesser waren die hohen Abundanzen der drei Taxa *Chironomus* sp., *Polypedilum nubeculosum* und *Chironomus* cf. *obtusidens* signifikant.

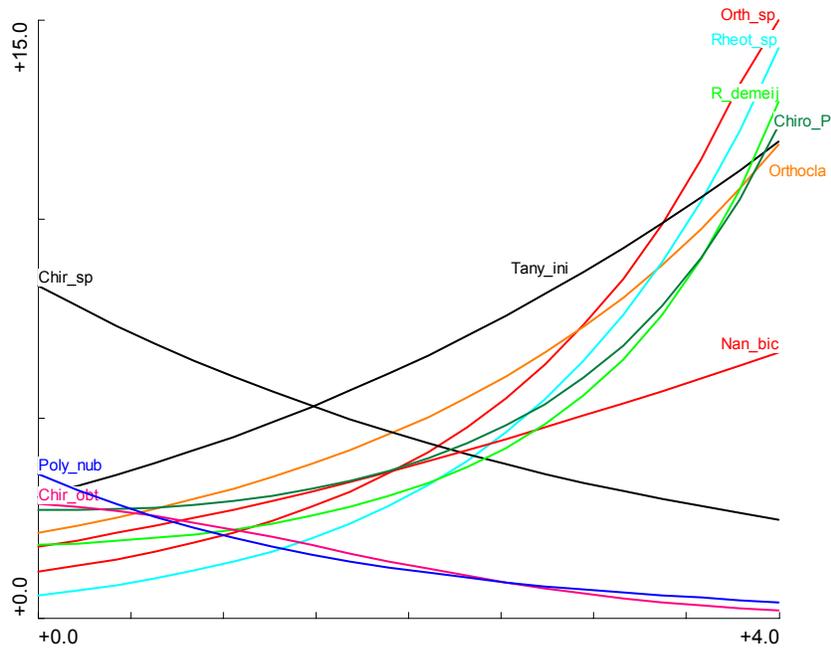


Abb. 32. GLM Benthosproben Weichsubstrat; Umweltparameter Korndurchmesser (mm) gegen Abundanz (In Individuen/m²)

11.1.1.6 GLM Strömungsgeschwindigkeit

Ein weiterer bestimmender Faktor für die Verteilung der Chironomidenlarven war die Strömungsgeschwindigkeit. In Abb. 33 sind die Abundanzstatistiken signifikanter Arten bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten dargestellt. Die meisten Taxa zeigten höchste Abundanz bei Strömungen um 0,6 m/s. Vielleicht liegt ihr Optimum sogar oberhalb des in den Bühnenfeldern gemessenen Bereiches von 0,6 m/s. *Nanocladius bicolor* und *Rheotanytarsus* sp. zeigten höchste Abundanz zwischen 0,3 und 0,4 m/s. *Chironomus* cf. *obtusidens* und *Polypedilum* sp. hatten ihr Optimum in Abschnitten, in denen wenig bis keine Strömung herrschte.

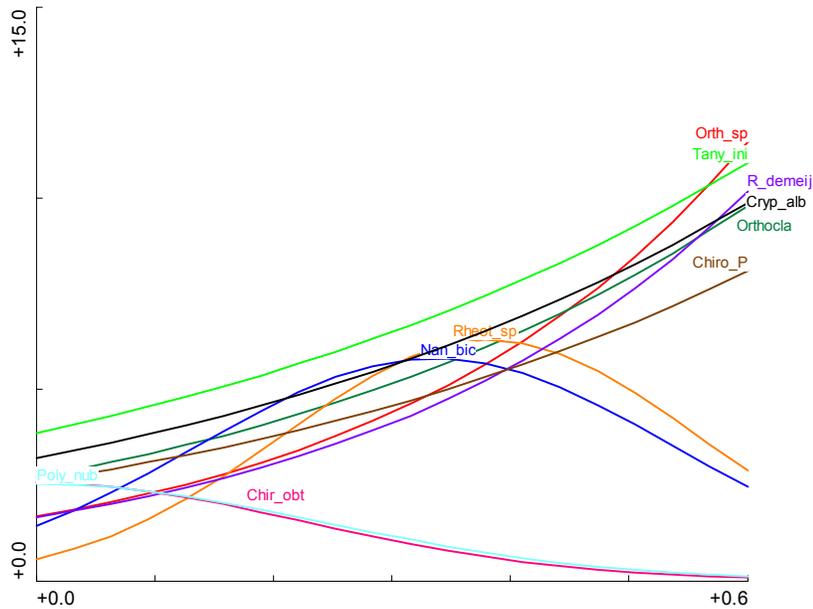


Abb. 33. GLM Benthosproben Weichsubstrat; Umgebungsfaktor Strömungsgeschwindigkeit (m/s) gegen Abundanzen (In Individuen/m²)

11.1.1.7 Ordinationsdiagramme Bühnenfelder

Wie in Kap. 5.2 aufgeführt, unterscheiden sich die Substratbeschaffenheit und die Strömungsgeschwindigkeit der untersuchten Bühnenfelder teilweise deutlich voneinander. Daher wurde im folgenden Ordinationsdiagramm eine farbliche Markierung der Proben der unterschiedlicher Bühnenfelder vorgenommen (Abb. 34). Es ist eine deutliche Clusterung der Proben, die zum Bf 4 gehörten (rotes Symbol), zu erkennen. Dieses Bühnenfeld hebt sich durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten und hohen Anteil an kiesigem Sediment deutlich von den anderen ab.

Auf der linken Seite der y-Achse, unterhalb der x-Achse, liegen Probenahmestellen mit geringem Korndurchmesser und geringer Strömungsgeschwindigkeit. Unter ihnen befinden sich viele Proben aus ufernahen Bereichen (Kap. 8.3).

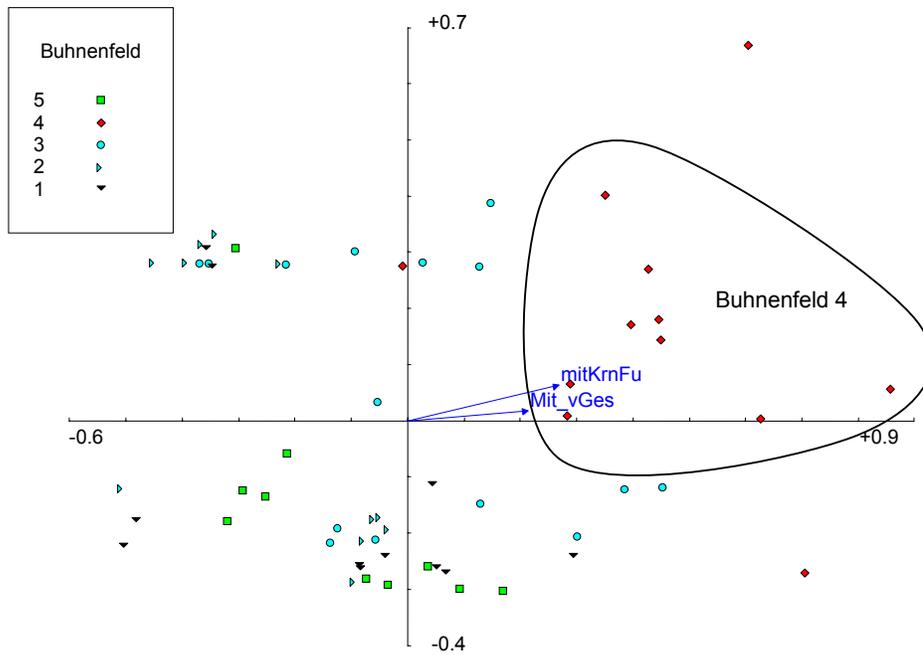


Abb. 34. Ordinationsdiagramm der RDA Benthosproben Weichsubstrat (1. und 2. Achse) (Umgebungsfaktoren und Proben, Bühnenfelder hervorgehoben)

Welche Tiere für die Clusterung der Proben aus Bf 4 verantwortlich sind, zeigt ... Die rot geschriebenen sieben Taxa traten überwiegend in Proben vom Bf 4 auf. Diese Taxa zeigten auch einen hohen positiven Korrelationskoeffizienten gegenüber Strömung und Substrat (Tab. 43).

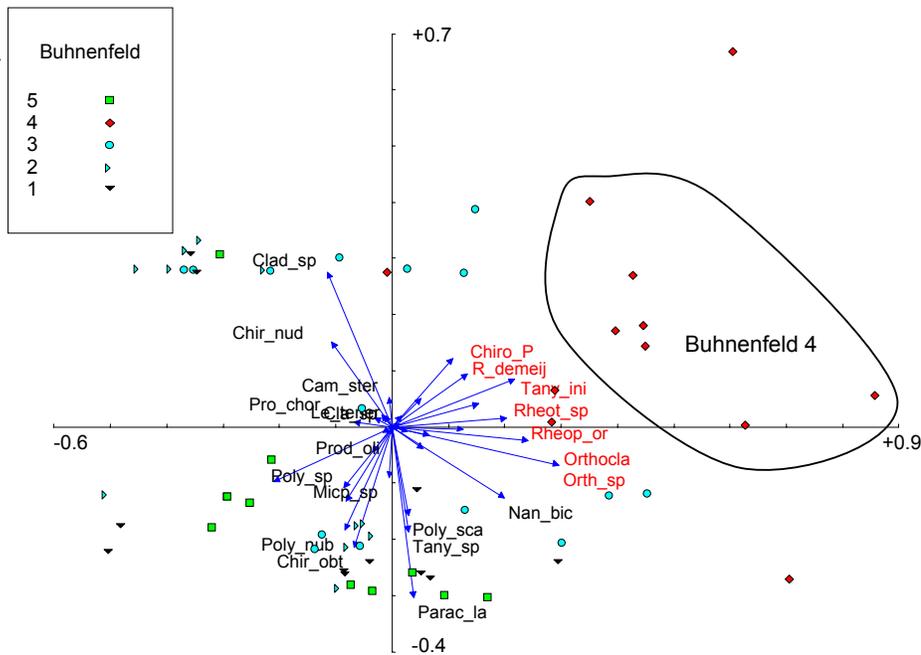


Abb. 35. Ordinationsdiagramm der RDA Benthosproben Weichsubstrat (1. und 2. Achse) (Proben und Taxa, Bühnenfelder hervorgehoben)

11.1.2 Eklektorproben

11.1.2.1 Direkte Gradientenanalyse

In die direkte Gradientenanalyse der Eklektorfänge gingen 48 Proben ein. Von den in Tab. 44 aufgeführten 38 Umweltparametern gingen fünf Variablen in die Endanalyse ein (Tab. 45). Da die Länge des Gradienten der $\ln(10y+1)$ transformierten Artdaten 2,8 betrug, wurde eine RDA durchgeführt.

Tab. 44: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller Umweltvariablen (Eklektorproben)

Variable	LambdaA (Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtumswahrscheinlichkeit)
TmpMna2	0.05	0.003
d20_neu	0.05	0.004
v_GesNeu	0.04	0.016
ProbenID	0.04	0.013
Gstra_a2	0.04	0.008
vx_neu	0.03	0.047

O2GeMna2	0.03	0.041
KrMP_neu	0.02	0.101
Sommer	0.03	0.030
d30_neu	0.03	0.020
O2SäMna2	0.02	0.111
PArCode	0.02	0.128
pHMna2	0.03	0.116
GstrMxa2	0.02	0.083
pH_a2	0.02	0.213
Org_neu	0.02	0.241
d10_neu	0.02	0.366
d90_neu	0.02	0.093
TmpMxa2	0.01	0.336
KrFu_neu	0.02	0.402
O2GEH_a2	0.02	0.378
LfTpMna2	0.02	0.113
h_neu	0.01	0.455
Stand_t	0.02	0.522
d40_neu	0.01	0.455
O2Sät_a2	0.01	0.522
LfTpMxa2	0.02	0.592
HvBg_Max	0.01	0.498
LftTpa2	0.02	0.122
HvBg_Mw	0.02	0.207
Jahr	0.02	0.475
O2GeMxa2	0.01	0.553
Temp_a2	0.01	0.450
O2SäMxa2	0.02	0.576
pHMxa2	0.01	0.307
d80_neu	0.02	0.656
Monatzz	0.01	0.641
Fruh	0.02	0.160
d50_neu	0.01	0.502
d70_neu	0.02	0.182
MonatZ	0.02	0.488
Herbst	0.01	0.422
d60_neu	0.01	0.739
vy_neu	0.01	0.516
HvBg_Min	0.01	0.570

Die fünf Variablen mit der größten Varianzerklärung und der geringsten Irrtumswahrscheinlichkeit waren die jahreszeitlichen Parameter kleinste gemessene Wassertemperatur (TmpMna2) und Sommer, die mittlere Strömungsgeschwindigkeit (v_GesNeu), der mittlere Korndurchmesser nach FUHRBÖTER (mitKrnFu_neu) sowie die geringsten gemessenen O₂-Sättigungswerte (O2SäMna2) (Tab. 45).

Tab. 45: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Eklektorproben)

Variable	LambdaA (Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtumswahrscheinlichkeit)
TmpMna2	0,06	0,002
v_GesNeu	0,05	0,005
O2SäMna2	0,04	0,032
Sommer	0,04	0,034
KrFu_neu	0,03	0,029

Insgesamt erklärte die Modellierung 21,9 % der Varianz im Datensatz, wobei auf den ersten zwei Achsen 74,1 % Varianzerklärung der Arten-Umweltvariablen und 16,3 % Varianzerklärung der Artendaten erfolgte (Tab. 46).

Tab. 46. Kenngrößen der RDA der Eklektorproben

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	1,000			
Summe aller kanonischen Eigenwerte (Varianzerklärung)	21,9 %			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,103	0,060	0,028	0,016
Arten-Umwelt Korrelationen	0,724	0,762	0,573	0,622
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	10,3	16,3	19,0	20,6
Kumulative prozentuale Varianz der Beziehung zwischen Artendaten und Umweltvariablen	47,0	74,1	86,7	93,9

Die Parameter mittlerer Korndurchmesser (KrFu_neu) und Sommer korrelierten am stärksten mit der 1. Achse (Tab. 47). Die Parameter mittlere Strömungsgeschwindigkeit (v_GesNeu) und Wassertemperatur (TmpMna2) korrelierten am stärksten mit der 2. Achse. Die Variable O₂-Sättigung (O2SMna2) korrelierte am besten mit der 3. Achse, die jedoch nach Tab. 46 keinen großen Eigenwert besaß und deshalb wenig zur Erklärung des Datensatzes beitrug.

Tab. 47: Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Eklektorproben)

Variable	Achse1	Achse2	Achse3	Achse4
O2SMna2	n.s.	-0,33	-0,52	n.s.
V_GesNeu	n.s.	-0,50	n.s.	n.s.
TmpMna2	n.s.	-0,42	n.s.	-0,05
Sommer	+0,47	n.s.	n.s.	+0,45
KrFu_neu	-0,40	n.s.	n.s.	n.s.

Erläuterung:

Die angegebenen Werte sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ signifikant

n.s.: nicht signifikant

In Tab. 48 sind die Korrelationskoeffizienten zwischen den ausgewählten Umweltparametern und den Taxa dargestellt. Taxa mit hohem Korrelationskoeffizient (i.d.R. $> 2,6$) wurden in den folgenden Grafiken farbig hervorgehoben.

Tab. 48: Korrelationskoeffizienten der Taxa mit den Umweltparametern (Eklektorproben)

Art	Nan_bic	Chir_cin	CriC_bic	Poly_cul	Pro_chor	Rheot_mu	Dic_nerv	CriI_syl	Rheop_or	Chir_ven	Clad_man
Probenanzahl	22	22	20	19	17	17	16	15	14	12	9
Sommer	0,27	0,33	$\leq 0,2$	0,37	0,37	0,38	0,2	0,33	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$
Jahr	$\leq 0,2$	0,21	$\leq 0,2$								
v_GesNeu	$\leq 0,2$	-0,3	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	-0,38	$\leq 0,2$	-0,26	-0,31	$\leq 0,2$	-0,29	$\leq 0,2$
KrFu_neu	$\leq 0,2$	-0,4	-0,25	-0,57	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$					
O2SäMna2	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,22	$\leq 0,2$	0,32	0,26	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,29	0,42
TmpMna2	0,32	0,29	$\leq 0,2$	0,34	0,21	0,43	0,37	0,24	0,32	$\leq 0,2$	0,29

Art	CriC_tri	Parac_la	Poly_nub	Tany_emi	Rheoc_ch	Clad_nig	Pach_fre	Tany_heu	Tany_heu	CriC_ann
Probenanzahl	10	10	10	8	9	8	8	8	8	10
Sommer	$\leq 0,2$	-0,28	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$				
Jahr	$\leq 0,2$	-0,25	0,27	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,26	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	-0,28
v_GesNeu	0,34	$\leq 0,2$	-0,36	0,24	0,4	-0,24	$\leq 0,2$	0,28	0,28	$\leq 0,2$
KrFu_neu	0,24	$\leq 0,2$	-0,3	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$				
O2SäMna2	$\leq 0,2$	0,29	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,32	0,26	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$
TmpMna2	0,28	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,21	-0,26	0,24	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,3

Erläuterung:

Es sind nur Taxa dargestellt, die in mind. acht Proben gefunden wurden und mind. einen Korrelationskoeffizienten von $r \geq 0,2$ aufwiesen.

11.1.2.2 Ordinationsdiagramm Probenahmemonat

In Abb. 36 sind die Umweltparameter und die Verteilung der Proben auf der 1. und 2. Achse dargestellt. Die Proben sind farblich nach den Probenahmemonaten getrennt aufgetragen. Es ist zu sehen, dass Proben, die im August (rotes Quadrat) genommen wurden, ein eigenes Cluster bilden, das sich von den anderen Probenahmemonaten abhebt. Die übrigen Probenahmemonate lassen dagegen keine Clusterung erkennen.

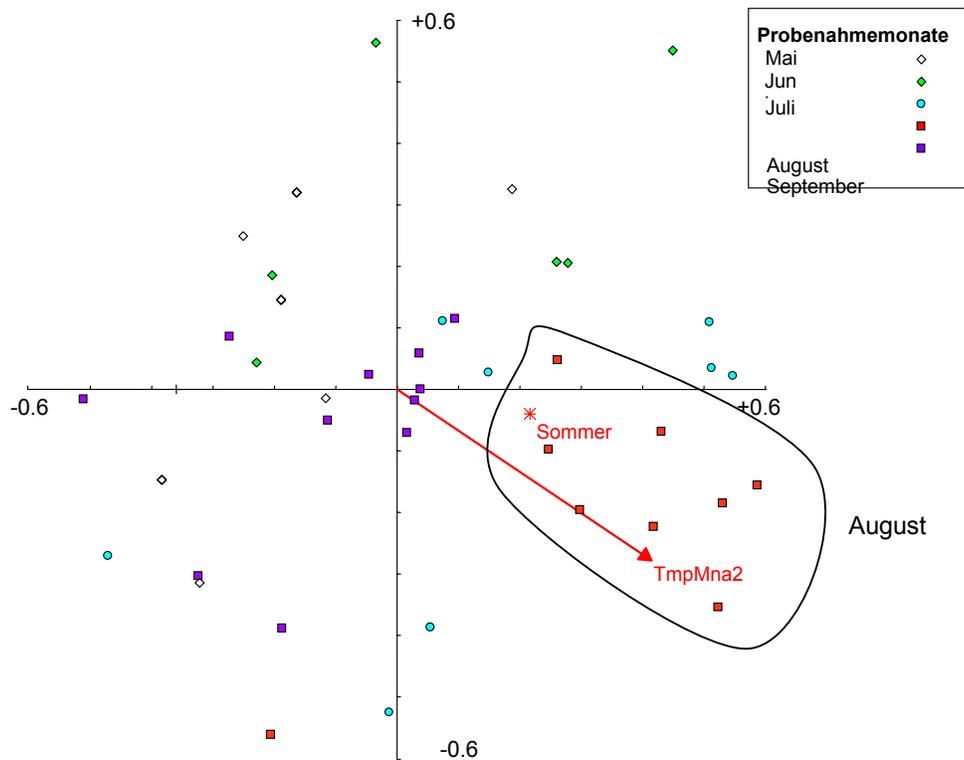


Abb. 36. Ordinationsdiagramm der RDA der Eklektorproben (1. und 2. Achse) (Umgebungsparameter und Proben, Jahreszeit und kleinste gemessene Wassertemperatur hervorgehoben)

11.1.2.3 GLM Wassertemperatur

In Abb. 37 ist der Umgebungsparameter Wassertemperatur gegen die Abundanzen signifikanter Taxa dargestellt. Alle Taxa hatten ihr Schlüpfmaximum bei den höchsten gemessenen Wassertemperaturen von 25 °C. Diese Temperaturen wurden im August beider Untersuchungsjahre gemessen. Die dargestellten Taxa besaßen einen hohen Korrelationskoeffizienten mit der geringsten gemessenen Wassertemperatur (TpmMna2) (Tab. 48).

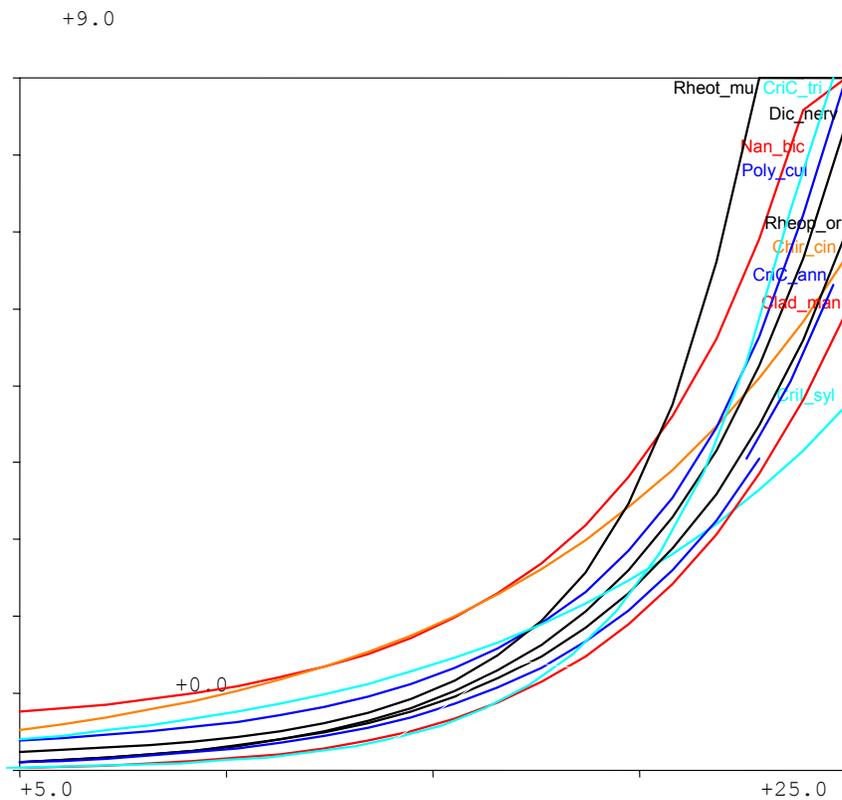


Abb. 37. Model responses Eklektorproben; Umgebungsfaktor kleinste gemessene Wassertemperatur (TmpMna2) gegen Abundanzen (ln Individuen/m²)

11.1.2.4 Ordinationsdiagramm Strömungsgeschwindigkeit

Sowohl bei den Eklektor- als auch bei den Benthosproben war die Strömungsgeschwindigkeit ein wichtiger Umweltfaktor. In Abb. 38. sind die Proben nach dem Median der Strömungsgeschwindigkeiten getrennt dargestellt. Die meisten Proben, die an Untersuchungsstellen mit einer Strömungsgeschwindigkeit > 0,09 m/s lagen, befinden sich unterhalb der x-Achse (rote Symbole). Proben, die an Stellen mit Geschwindigkeiten unter dem Median lagen, befinden sich oberhalb der x-Achse (farblose Symbole).

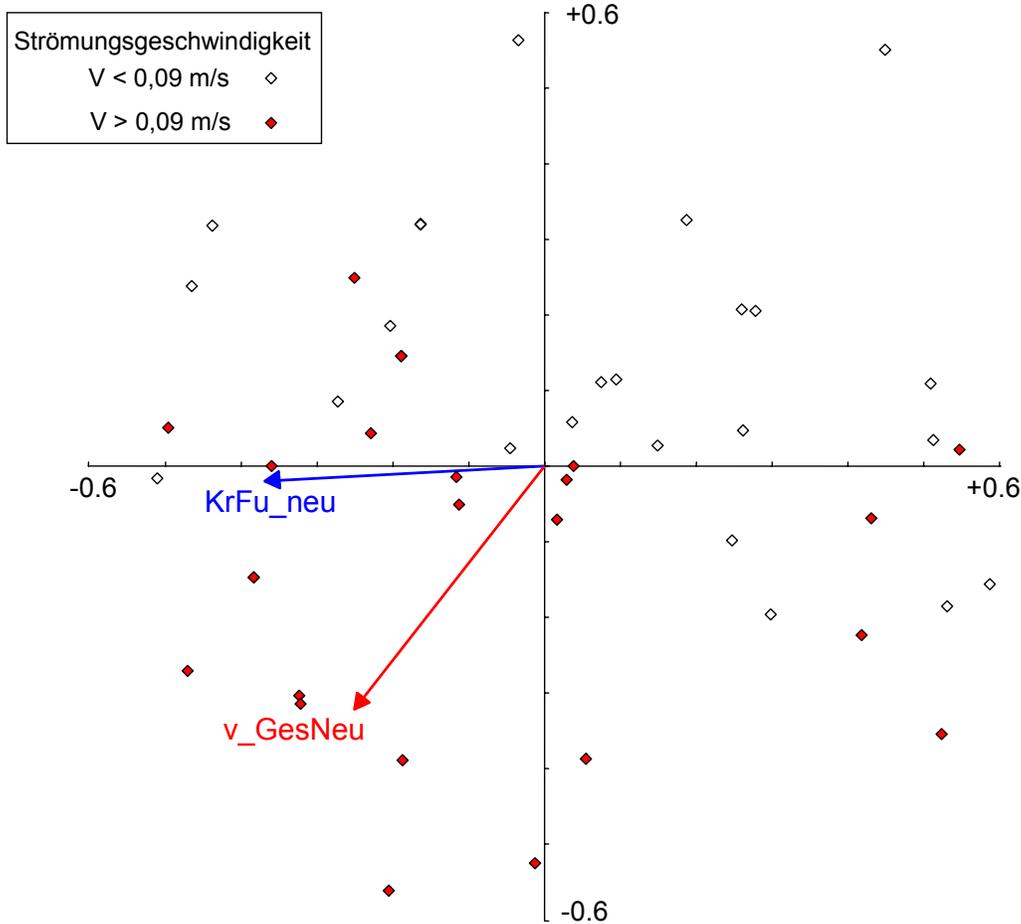


Abb. 38. Ordinationsdiagramm der RDA der Eklektorproben (1. und 2. Achse)
(Umgebungsparameter, Proben und Taxa, Strömungsgeschwindigkeit hervorgehoben)

11.1.2.5 GLM Strömungsgeschwindigkeit

Um die Abundanzen statistisch signifikanter Arten bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten vorherzusagen, wurde eine GLM durchgeführt. Abb. 39 zeigt, wie sich die Arten bei den verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten verhielten. Von den neun dargestellten Taxa bevorzugten fünf Arten Gewässerabschnitte mit keiner oder nur sehr geringer Strömung. Drei Arten zeigten höchste Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten um 0,1 m/s, und nur eine Art (*Tanytarsus heusdensis*) besaß ihr Optimum bei der höchsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeit. Alle in Abb. 39 aufgeführten Arten besaßen einen hohen Korrelationskoeffizienten mit der Strömung (Tab. 48).

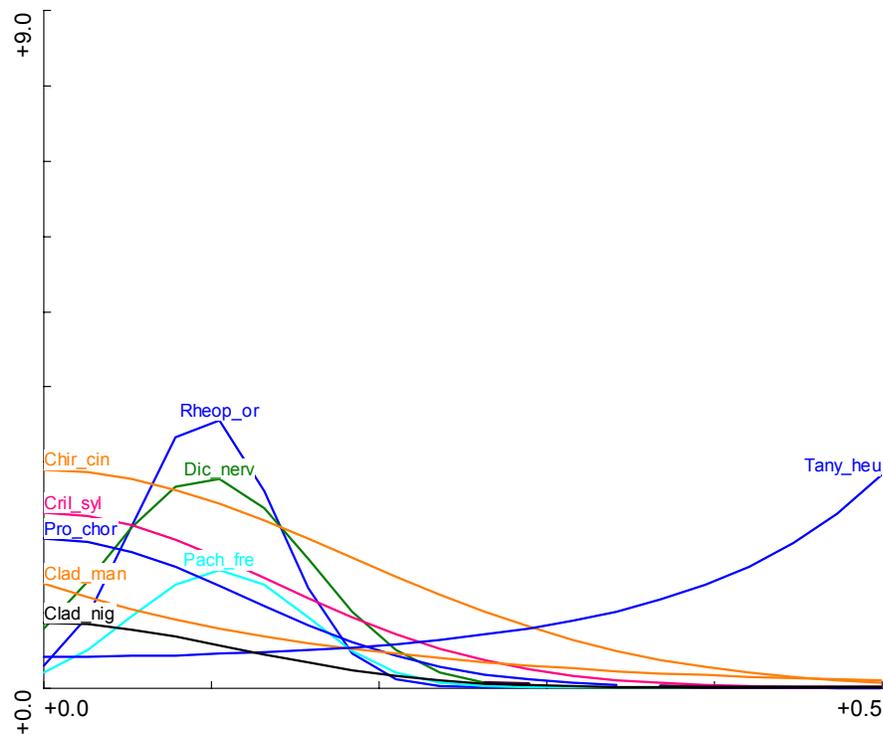


Abb. 39. GLM Eklektorproben; Umgebungsfaktor Strömungsgeschwindigkeit (m/s) gegen Abundanzen (ln Individuen/m²)

11.1.2.6 GLM Korndurchmesser

Die GLM des mittleren Korndurchmessers gegen die Abundanzen zeigt, dass nur sechs Arten signifikante Korrelationen mit dem Sediment aufwiesen (Abb. 40). Alle diese Arten traten in höchsten Abundanzen bei dem kleinsten gemessenen Korndurchmesser, also bei 0,3 mm auf.

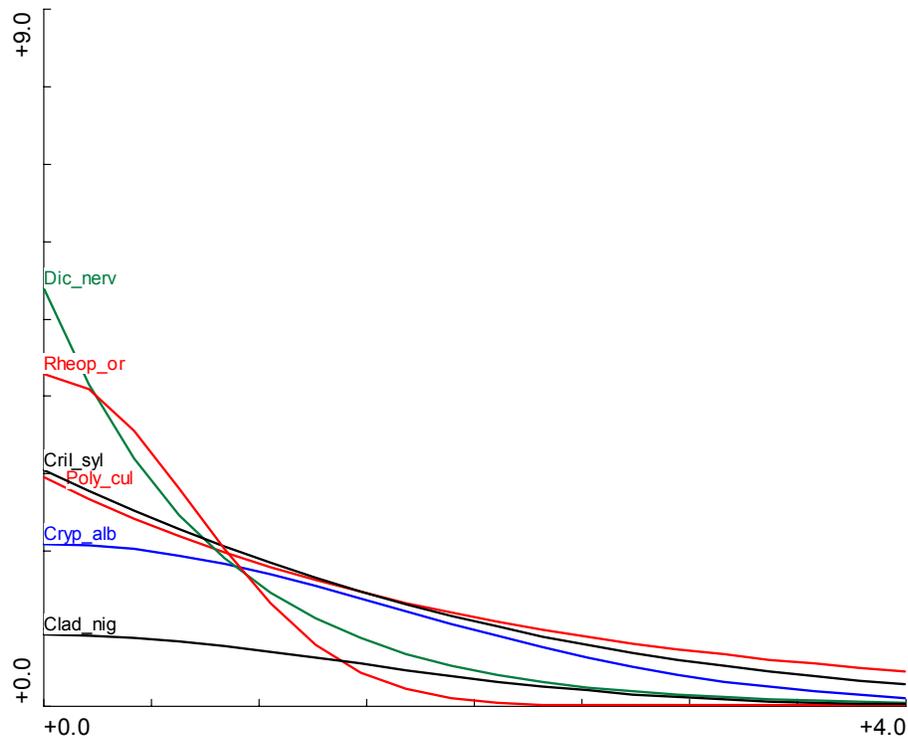


Abb. 40. GLM Eklektorproben; Umgebungsfaktor Korndurchmesser (mm) gegen Abundanzen (ln Individuen/m²)

11.1.3 Aquarienproben Weichsubstrat

11.1.3.1 Direkte Gradientenanalyse

In die direkte Gradientenanalyse der Aquarienproben gingen 33 Proben ein (Tab. 39). Von den anfangs 28 Umweltparametern gingen vier Variablen in die Endanalyse ein (Tab. 50). Da die Länge des Gradienten der $\ln(10y+1)$ transformierten Art Daten 2,9 betrug, also < 4 war, wurde eine RDA durchgeführt.

Tab. 49: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen (Aquarienproben Weichsubstrat).

Variable	LambdaA (Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtumswahrscheinlichkeit)
v_GesNeu	0.10	0.005
MonatZ	0.08	0.005
TempMna2	0.06	0.010
d50_neu	0.03	0.135

d40_neu	0.05	0.050
d70_neu	0.04	0.040
d80_neu	0.05	0.005
Herbst	0.03	0.215
LfTpMna2	0.02	0.440
HvBg_Mw	0.03	0.230
d60_neu	0.02	0.435
h_neu	0.03	0.300
Org_neu	0.02	0.585
TmpMxa2	0.02	0.560
LfTpMxa2	0.04	0.085
KrFu_neu	0.02	0.460
O2GeMna2	0.03	0.320
O2GeMxa2	0.02	0.400
Jahr	0.03	0.260
HvBg_Min	0.02	0.205
HvBg_Max	0.03	0.325
Tmp_a2	0.02	0.520
LftTpa2	0.02	0.485
pHMna2	0.02	0.570
pHMxa2	0.02	0.515
Fruh	0.02	0.555

Die vier Variablen mit der größten Varianzerklärung, die nach dem MPT auch hoch signifikant waren, waren die Parameter mittlere gemessene Strömungsgeschwindigkeit (v_{GesNeu}), die jahreszeitlichen Faktoren kleinste gemessene Wassertemperatur (TmpMna2) und Jahresmonat (MonatZ), sowie ein Parameter, der die Sedimentbeschaffenheit beschreibt: Korngröße bei 40 % Siebdurchgang (d40_neu) (Tab. 50).

Tab. 50: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Aquarienproben Weichsubstrat).

Variable	LambdaA (Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtumswahrscheinlichkeit)	F
v_GesNeu	0,10	0,001	3,58
MonatZ	0,08	0,002	2,90
TmpMna2	0,06	0,013	2,02
D40_neu	0,05	0,05	1,72

Insgesamt erklärte die Modellierung der Aquarienproben 35 % der Varianz im Datensatz, wobei auf den ersten zwei Achsen 65,9 % Varianzerklärung der Arten-Umweltvariablen und 23,1% Varianzerklärung der Artendaten erfolgte (Tab. 51).

Tab. 51. Kenngrößen der RDA (Aquarienproben Weichsubstrat)

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	1,000
--	-------

Summe aller kanonischen Eigenwerte (Varianzklärung)	35,0 %			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,135	0,096	0,045	0,035
Arten-Umwelt Korrelationen	0,903	0,801	0,771	0,796
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	13,5	23,1	27,6	31,1
Kumulative prozentuale Varianz der Beziehung zwischen Artendaten und Umweltvariablen	38,5	65,9	78,9	88,8

Die Parameter mittlere Strömungsgeschwindigkeit und kleinste gemessene Wassertemperatur korrelierten am stärksten mit der 1. Achse (Tab. 52). Der Parameter Jahresmonat korrelierte am stärksten mit der 2. Achse. Die Variable Korngröße bei 40 % Siebdurchgang korrelierte am besten mit der 3. Achse, die jedoch nach Tab. 51 keinen großen Eigenwert besaß und deshalb wenig zur Erklärung des Datensatzes beitrug.

Tab. 52. Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Aquarienproben Weichsubstrat).

Variable	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
V_GesNeu	-0,65	+0,46	n.s.	-0,07
TmpMna2	-0,47	-0,43	+0,32	+0,30
Monat Z	-0,44	-0,48	n.s.	+0,22
d40_neu	-0,18	n.s.	+0,31	+0,07

Erläuterung:

Die angegebenen Werte sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ signifikant
n.s.: nicht signifikant

In Tab. 53 sind die Korrelationskoeffizienten zwischen den ausgewählten Umweltparametern und den Taxa dargestellt. Taxa mit hohem Korrelationskoeffizient (i.d.R. $> 2,6$) wurden in den folgenden Grafiken farbig hervorgehoben.

Tab. 53. Korrelationsmatrix Umweltparameter und Arten (Aquarienproben Weichsubstrat)

Art	Cryp_alb	Tany_heu	Clad_man	Nan_bic	Chir_sp1	Poly_con	Tany_eju	Tany_fim
Probenanzahl	16	16	15	15	14	11	10	9
MonatZ	$\leq 0,2$	-0,45	0,45	-0,26	-0,43	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$
v_GesNeu	$\leq 0,2$	0,24	-0,31	$\leq 0,2$	-0,57	-0,48	-0,32	$\leq 0,2$
d40_neu	-0,35	0,31	-0,33	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	-0,24	$\leq 0,2$
TmpMna2	0,27	-0,5	0,31	-0,24	-0,21	$\leq 0,2$	-0,36	$\leq 0,2$

Art	Rheop_or	Tany_bru	Tany_emi	CriC_tri	Poly_qua	Pro_chor	CriC_bic
Probenanzahl	8	7	7	6	6	6	4
MonatZ	$\leq 0,2$	-0,51	-0,36	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,31
v_GesNeu	0,54	-0,21	-0,26	0,36	$\leq 0,2$	-0,46	
d40_neu	0,4	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,43	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	
TmpMna2	$\leq 0,2$	-0,38	-0,53	$\leq 0,2$	0,33	$\leq 0,2$	

Erläuterung:

Es sind nur Taxa dargestellt, die in mind. vier Proben gefunden wurden und mind. einen Korrelationskoeffizienten von $r \geq 0,2$ aufwiesen

11.1.3.2 Ordinationsdiagramm Probenahmemonat

In Abb. 41 sind die Umweltparameter und die Verteilung der Proben auf der 1. und 2. Hauptachse dargestellt. Die Proben sind farblich nach den Probenahmemonaten getrennt aufgeführt. Es ist eine Clusterung der Proben, die im Mai und Juni (Umrandung oberhalb der x-Achse) und den Proben, die im Juli, August und September genommen wurden (Umrandung unterhalb der x-Achse), zu erkennen.

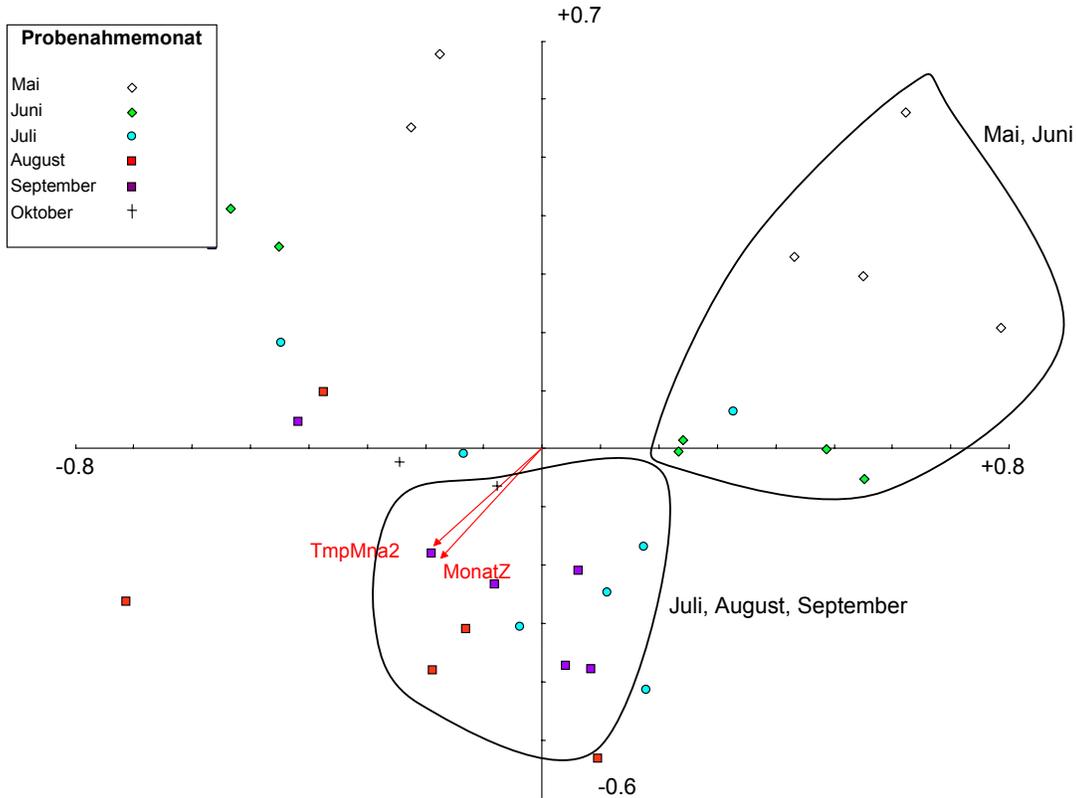


Abb. 41. Ordinationsdiagramm der RDA der Aquarienproben Weichsubstrat (1. und 2. Achse) (Umgebungsfaktoren und Proben, kleinste gemessene Wassertemperatur und MonatZ hervorgehoben)

11.1.3.3 GLM Wassertemperatur

Um die Abundanzen statistisch signifikanter Arten bei den verschiedenen Wassertemperaturen darzustellen, wurde eine GLM durchgeführt. In ... ist zu sehen, dass die vier aufgeführten Tanytarsusarten (*Tanytarsus. heusdensis*, *T. eminulus*, *T. brundini* und *T. ejuncidus*) ihr Abundanzmaximum bei 5 °C hatten. Bei *Polypedilum quadriguttatum* lag das Maximum dagegen bei einer Temperatur um 20 °C.

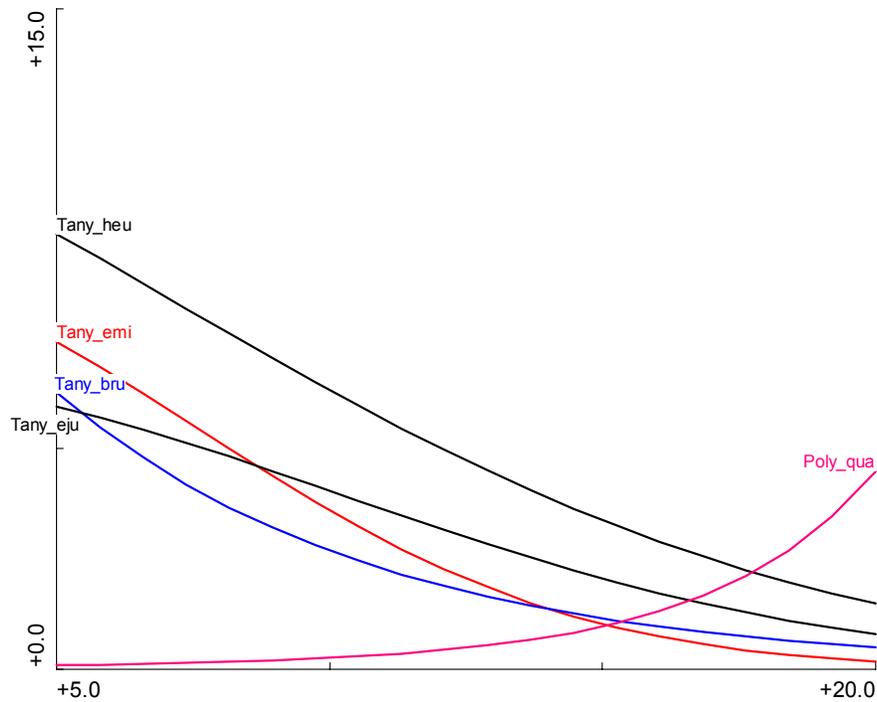


Abb. 42. GLM Aquarienproben Weichsubstrat; Umgebungsfaktor kleinste gemessene Wassertemperatur (TtmpMna2) gegen Abundanzen (ln Individuen/m²)

Erläuterung:

+ 5 °C entspricht dem Probenahmemonat Mai 1999

+ 20 °C entspricht dem Probenahmemonat August 1998 und 1999

11.1.3.4 Ordinationsdiagramm Strömungsgeschwindigkeit

Die Proben lassen sich deutlich nach dem Median der Strömungsgeschwindigkeit auftrennen. Die meisten Proben mit Strömungsgeschwindigkeit größer 0,1 m/s liegen links der y-Achse (rotes Symbol in Abb. 43), die meisten Proben mit Geschwindigkeiten unterhalb des Medians liegen rechts der Ordinate (farbloses Symbol in Abb. 43).

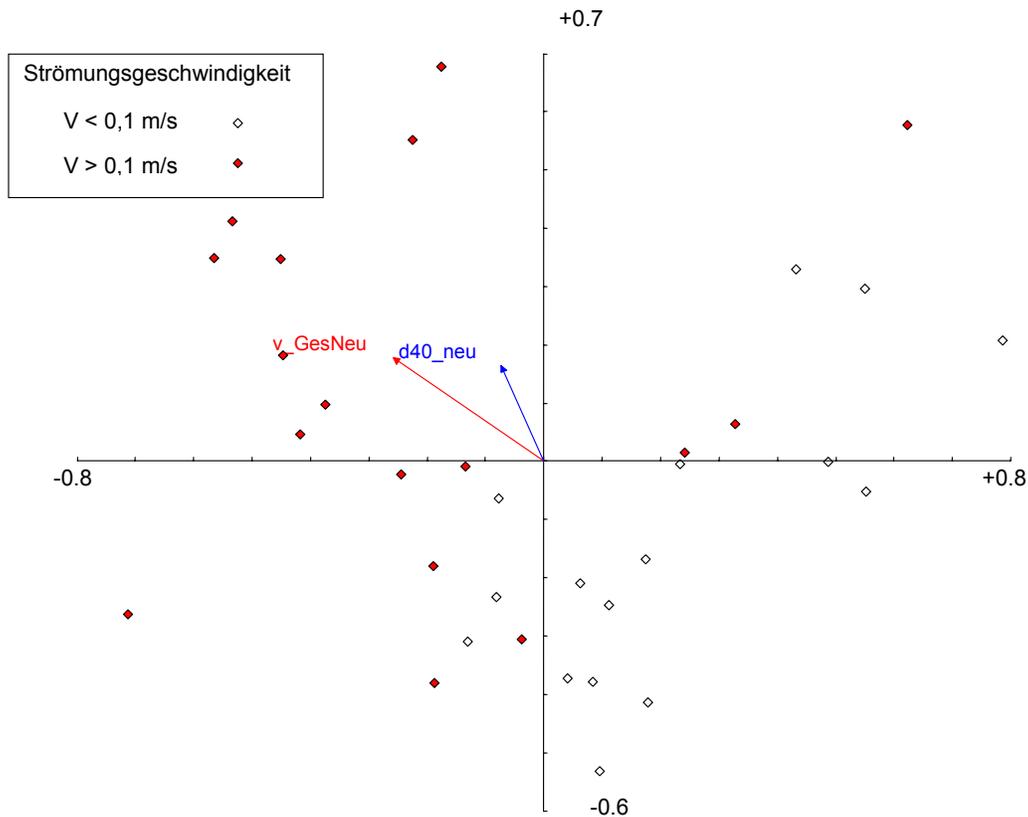


Abb. 43. Ordinationsdiagramm der RDA der Aquarienproben Weichsubstrat (1. und 2. Achse) (Umgebungsfaktoren und Proben, Strömungsgeschwindigkeit hervorgehoben)

11.1.3.5 GLM Strömungsgeschwindigkeit

Die GLM Analyse, in der die Strömungsgeschwindigkeit gegen die Abundanzen der Tiere aufgetragen wurde, zeigt, dass acht Arten signifikantes Verhalten gegenüber der Strömung aufwiesen (Abb. 44). Von diesen acht traten fünf Arten mit abnehmenden Abundanzen bei erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten auf und vier von diesen fünf waren ab einer bestimmten Geschwindigkeit gar nicht mehr anzutreffen. *Procladius choreus* war ab einer Strömung von 0,1 m/s nicht mehr zu finden. Die anderen drei Arten traten an Probestellen mit einer Strömung, die größer als 0,4 m/s war, nicht mehr auf. *Cricotopus (C.) triannulatus*, *Cricotopus (C.) bicinctus* und *Rheopelopia ornata* zeigten ihr Optimum bei den höchsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten.

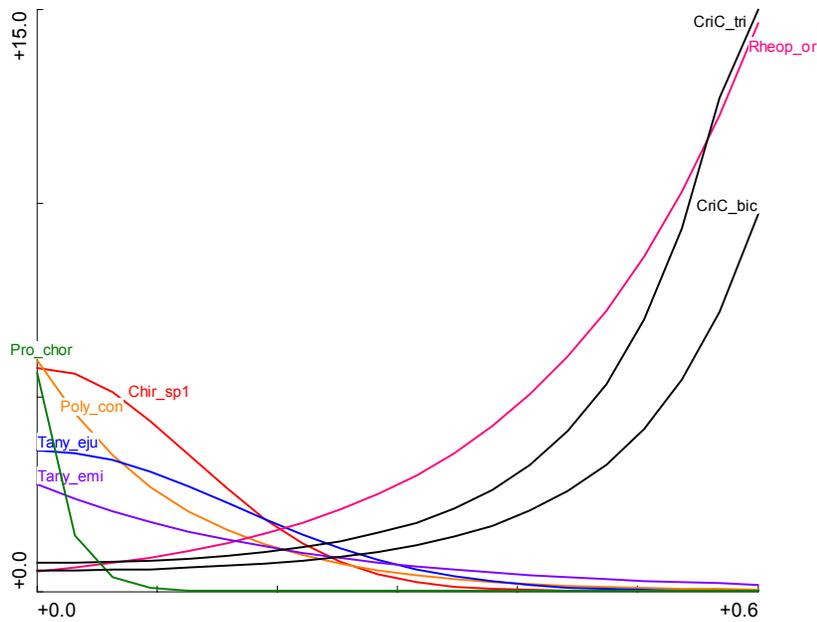


Abb. 44. GLM Aquarienproben Weichsubstrat; Umgebungsfaktor Strömungsgeschwindigkeit (m/s) gegen Abundanzen (ln Individuen/m²)

11.1.4 Benthosproben Hartsubstrat

11.1.4.1 Direkte Gradientenanalyse

In die direkte Gradientenanalyse der Benthosproben auf Hartsubstrat gingen 33 Proben ein. Von den in Tab. 54 aufgeführten 30 Umweltparametern gingen fünf Variablen in die Endanalyse ein. Da die Länge des Gradienten der $\ln(10y+1)$ transformierten Artendaten 2,2 betrug, wurde eine RDA durchgeführt.

Tab. 54. Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen (Benthosproben Hartsubstrat).

Variable	LambdaA (Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtumswahrscheinlichkeit)
HvBg_Min	0.10	0.001
HvBg_Mw	0.07	0.009
v_GesNeu	0.06	0.006
PArCode	0.05	0.029
TmpMna2	0.05	0.025
MonatZ	0.03	0.133
O2GeMxa2	0.03	0.144

Gstra_a2	0.03	0.167
LfTpMna2	0.04	0.062
Jahr	0.04	0.100
O2SäMxa2	0.04	0.035
ProbenID	0.02	0.316
h_neu	0.03	0.276
TmpMxa2	0.02	0.444
Temp_a2	0.03	0.194
GstrMxa2	0.02	0.249
pHMna2	0.03	0.248
pH_a2	0.03	0.128
vy_neu	0.02	0.606
O2GeMna2	0.01	0.732
pHMxa2	0.03	0.255
O2GEH_a2	0.02	0.318
O2SäMna2	0.02	0.471
vx_neu	0.01	0.628
HvBg_Max	0.02	0.507
LfTpMxa2	0.02	0.535
Monatzz	0.02	0.682
O2Sät_a2	0.00	0.911
LftTpa2	0.01	0.784

Die Variablen mit der größten Varianzerklärung und der geringsten Irrtumswahrscheinlichkeit waren die jahreszeitlichen Parameter Mittelwerte des Pegels bei Havelberg (HvBg_Mw) und kleinste gemessene Wassertemperatur (TmpMna2). Desweiteren die mittlere Strömungsgeschwindigkeit (v_GesNeu).

Tab. 55. Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Benthosproben Hartsubstrat)

Variable	LambdaA (Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtumswahrscheinlichkeit)
HvBg_Mw	0.10	0.001
TmpMna2	0.07	0.006
v_GesNeu	0.06	0.014

Insgesamt erklärte die Modellierung der Benthosproben auf Hartsubstrat 31 % der Varianz im Datensatz, wobei auf den ersten zwei Achsen 67,8 % Varianzerklärung der Arten-Umweltvariablen und 21,0 % Varianzerklärung der Artendaten erfolgte (Tab. 56).

Tab. 56. Kenngrößen der RDA der Benthosproben Hartsubstrat

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	1,000			
Summe aller kanonischen Eigenwerte (Varianzerklärung)	31,0 %			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,136	0,075	0,042	0,040

Arten-Umwelt Korrelationen	0,823	0,838	0,732	0,685
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	13,6	21,0	25,3	29,3
Kumulative prozentuale Varianz der Beziehung zwischen Artendaten und Umweltvariablen	43,7	67,8	81,5	94,4

Der Parameter kleinste gemessene Wassertemperatur korrelierte am stärksten mit der 1. und 2. Achse (Tab. 57). Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit zeigte höchste Signifikanz auf der 1. Achse und der Mittelwert des Pegels Havelberg korrelierte am stärksten mit der 3. Achse, die einen geringen Eigenwert besaß und daher wenig zur Varianzerklärung beitrug.

Tab. 57 Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Benthosproben Hartsubstrat)

Variable	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
TmpMna2	-0,51	+0,56	+0,18	+0,21
HvBg_Mw	n.s.	+0,11	-0,48	-0,02
V_GesNeu	+0,60	n.s.	+0,13	n.s.

Erläuterung:

Die angegebenen Werte sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ signifikant

n.s.: nicht signifikant

In Tab. 58 sind die Korrelationskoeffizienten zwischen den ausgewählten Umweltparametern und den Taxa dargestellt. Taxa mit hohem Korrelationskoeffizient (i.d.R. $> 2,6$) wurden in den folgenden Grafiken farbig hervorgehoben.

Tab. 58. Korrelationskoeffizienten der Taxa mit den Umweltparametern (Benthosproben Hartsubstrat)

Art	Nan_bic	Orthocla	Tany_ini	Orth_sp	Chiro_P	Rheop_or	Rheot_sp	Dic_nerv	Tanypod	Tany_sp	Chirono
Probenanzahl	32	30	30	29	25	26	26	21	20	17	12
v_GesNeu	0,42	$\leq 0,2$	0,55	0,4	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,53	-0,49	$\leq 0,2$	-0,26	$\leq 0,2$
TmpMna2	$\leq 0,2$	-0,4	$\leq 0,2$	-0,42	-0,43	0,34	$\leq 0,2$	0,44	0,27	0,21	0,35
HvBg_Mw	0,32	$\leq 0,2$	0,24	0,26	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,28	-0,68	-0,38	0,2	-0,26

Art	Crico_sp	Chir_sp	Cril_syl	R_demeij	Glyp_sp	Synor_se	Clad_sp	Glyp_pal	Tve_sp	Cryp_alb	Micp_sp
Probenanzahl	12	9	9	9	8	7	7	7	7	5	5
v_GesNeu	$\leq 0,2$	-0,45	$\leq 0,2$	-0,47	0,4	$\leq 0,2$	-0,38				
TmpMna2	0,34	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	0,3	0,23	-0,63	$\leq 0,2$	0,27	-0,33	0,23	0,27
HvBg_Mw	$\leq 0,2$	-0,21	$\leq 0,2$	-0,2	$\leq 0,2$	0,56	-0,42	-0,37	0,47	$\leq 0,2$	-0,27

Erläuterung:

Es sind nur Taxa dargestellt, die in mind. fünf Proben gefunden wurden und mind. einen Korrelationskoeffizienten von $r \geq 0,2$ aufwiesen.

11.1.4.2 Ordinationsdiagramme Wassertemperatur und Probenahmemonat

In Abb. 45 sind die Umweltparameter und die Verteilung der Proben auf der 1. und 2. Hauptachse aufgeführt. Die Proben sind nach dem Median der mittleren Wassertemperatur

getrennt dargestellt. Oberhalb der x-Achse befinden sich Proben mit einer Wassertemperatur > 15 °C, unterhalb der Abszisse liegen Proben mit einer Wassertemperatur < 15 °C.

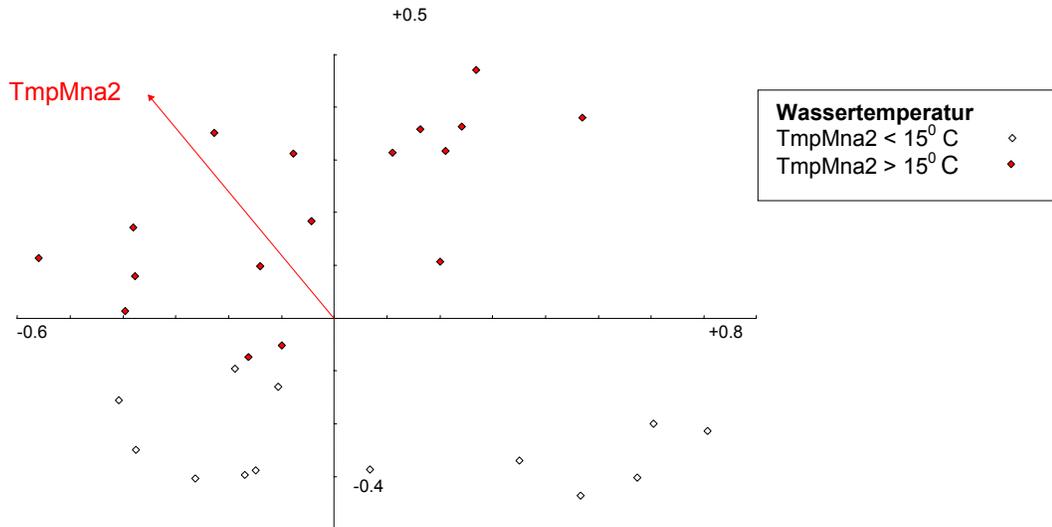


Abb. 45. Ordinationsdiagramm der RDA der Benthosproben Hartsubstrat (1. und 2. Achse) (Umgebungsfaktoren und Proben, mittlere Wassertemperatur hervorgehoben)

In Abb. 46 sind Taxa grafisch aufgeführt, die nach Tab. 58 hohe Korrelationskoeffizienten mit dem jahreszeitlichen Faktor Wassertemperatur zeigten. Fünf Taxa wiesen hohe positive Koeffizienten mit der Temperatur (≥ 3) auf (*Dicrotendipes nervosus*, *Rheopelopia* sp., Chironominae, *Cricotopus* sp. und *Robackia demeijerei*) (in Abb. 46 blau und schwarz dargestellt). Von diesen fünf Taxa hatten zwei Taxa (blau) ihre höchsten Abundanzen im Probenmonat Juli. Hohe negative Koeffizienten mit der Temperatur (≤ -3) wiesen ebenfalls fünf Taxa auf (Orthoclaadiinae, *Orthocladus* sp., Chironomiden Puppen, *Synorthocladus semivirens* und *Tvetenia* sp.) (rot). Diese Taxa zeigten höchste Abundanzen in dem kälteren Probenmonat Mai.

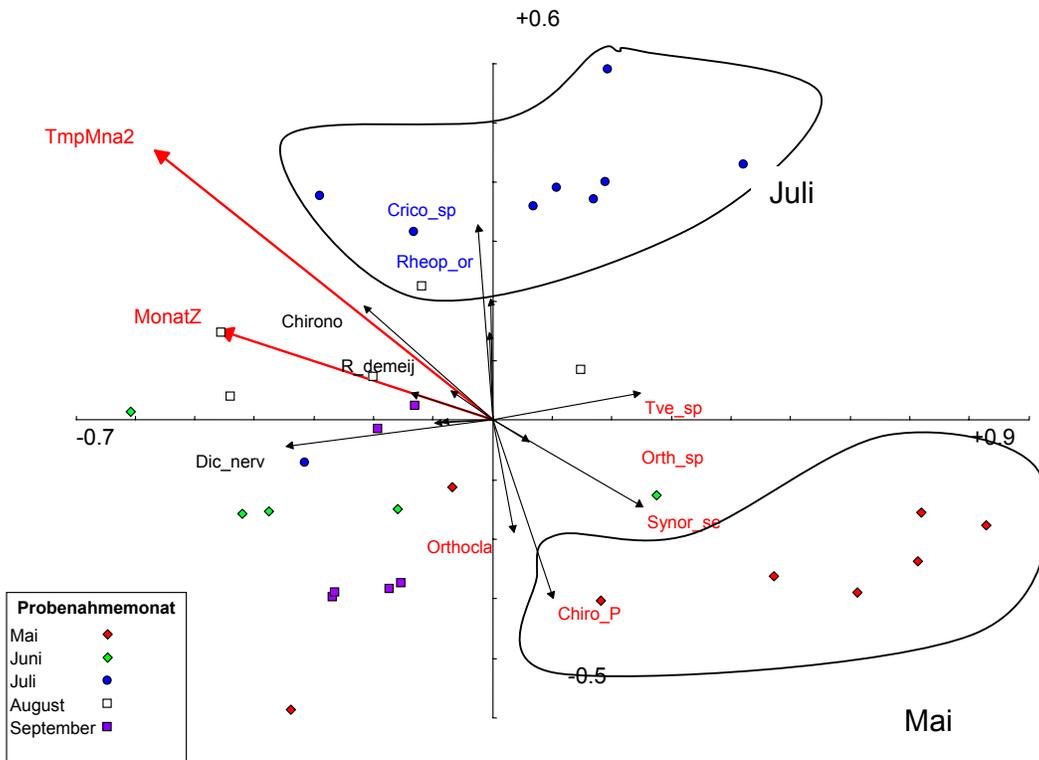


Abb. 46. Ordinationsdiagramm der RDA der Benthosproben auf Hartsubstrat (1. und 2. Achse) (Umgebungsfaktoren, Proben und Taxa, MonatZ hervorgehoben)

11.1.4.3 Ordinationsdiagramm Strömungsgeschwindigkeit

In Abb. 47 ist zu sehen, dass sich die Proben deutlich nach dem Median der Strömungsgeschwindigkeit auftrennen. Die meisten Proben mit einer Strömungsgeschwindigkeit $> 0,19$ m/s liegen rechts der y-Achse (rotes Symbol), Proben mit Geschwindigkeiten $< 0,9$ m/s liegen links der Ordinate (farbloses Symbol).

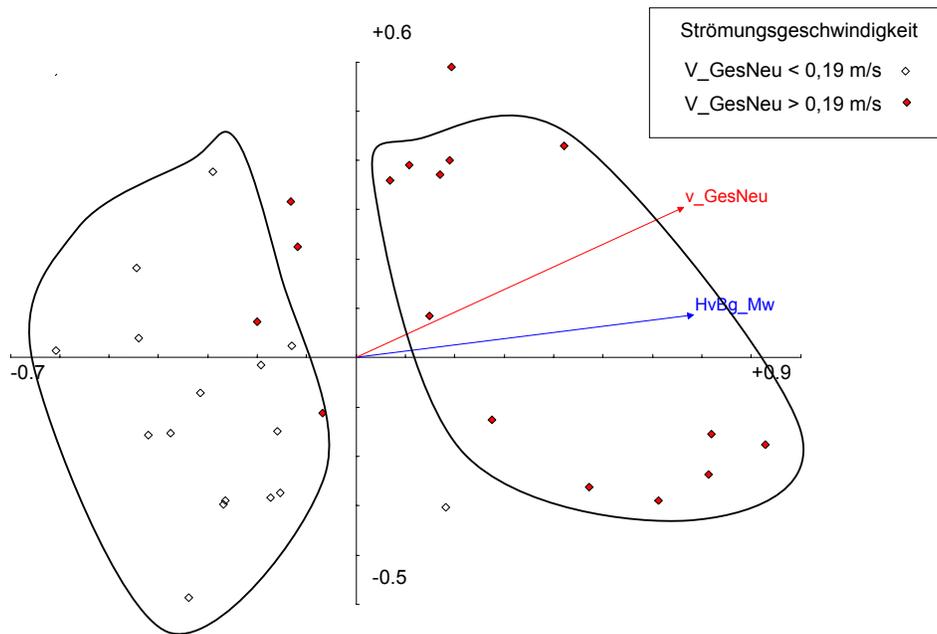


Abb. 47. Ordinationsdiagramm der RDA der Benthosproben auf Hartsubstrat (1. und 2. Achse)
(Umgebungsfaktoren und Proben, Strömungsgeschwindigkeit hervorgehoben)

11.1.4.4 GLM Strömungsgeschwindigkeit

Die in Abb. 48 aufgeführte GLM zeigt, dass zehn Taxa signifikantes Verhalten gegenüber der Strömungsgeschwindigkeit aufwiesen. Drei Taxa traten in höchsten Abundanzen bei stillwasserähnlichen Bedingungen auf. Fünf Taxa wiesen im Gegensatz dazu rheophiles Verhalten auf und bevorzugten Bereiche mit den größten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten von 1,00 m/s auf Hartsubstrat.

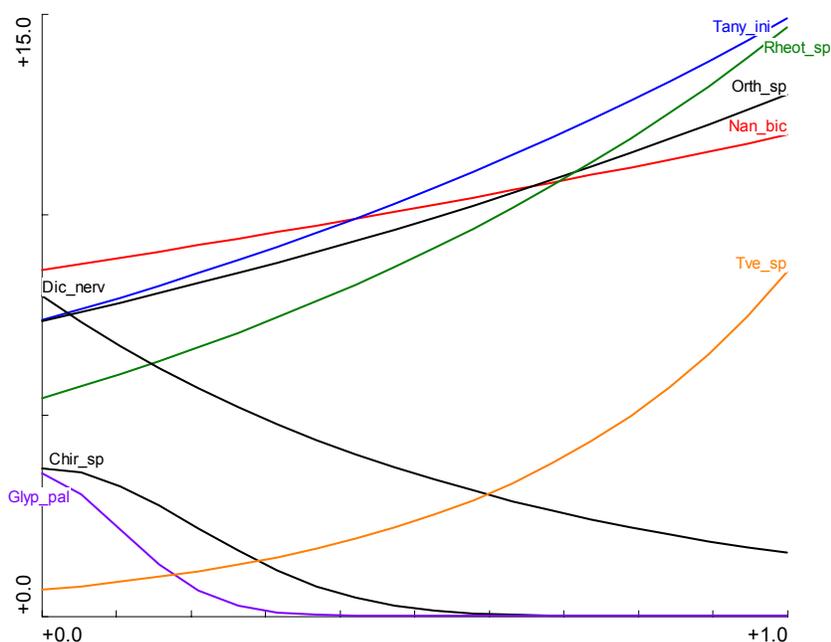


Abb. 48. GLM Benthosproben auf Hartsubstrat; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (ln (Individuen/m²))

11.1.5 Aquarienproben Hartsubstrat

11.1.5.1 Direkte Gradientenanalyse

In die direkte Gradientenanalyse der Aquarienproben auf Hartsubstrat gingen 34 Proben ein. Von den in Tab. 59 aufgeführten 31 Umweltparametern gingen fünf Variablen in die Endanalyse ein. Da die Länge des Gradienten der $\ln(10y+1)$ transformierten Artendaten 3,2 betrug, wurde eine RDA durchgeführt.

Tab. 59. Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen (Aquarienproben Hartsubstrat)

Variable	LambdaA (Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtumswahrscheinlichkeit)
Temp_a2	0.14	0.001
LftTpa2	0.06	0.002
pHMxa2	0.06	0.004
O2SäMxa2	0.04	0.040
Gstra_a2	0.04	0.060
v_GesNeu	0.03	0.126
h_neu	0.03	0.147

vx_neu	0.04	0.122
HvBg_Mw	0.02	0.437
MonatZ	0.02	0.788
O2Sät_a2	0.02	0.400
O2GeMna2	0.02	0.467
TmpMna2	0.02	0.768
TmpMxa2	0.02	0.614
Jahr	0.03	0.190
Herbst	0.02	0.340
O2SäMna2	0.02	0.621
Monatzz	0.02	0.564
Fruh	0.02	0.569
O2GeMxa2	0.03	0.250
HvBg_Max	0.02	0.540
LfTpMxa2	0.02	0.369
vy_neu	0.03	0.469
O2GEH_a2	0.01	0.584
pH_a2	0.02	0.574
GstrMxa2	0.03	0.488
pHMna2	0.02	0.521
LfTpMna2	0.03	0.306
HvBg_Min	0.02	0.578

Die Variablen mit der größten Varianzerklärung und der höchsten Signifikanz waren der jahreszeitliche Parameter mittlere gemessene Wassertemperatur (Tmpa2), das Probenahmejahr (Jahr) und die mittlere Strömungsgeschwindigkeit (v_GesNeu). Auffallend ist, dass die Varianzerklärung der Wassertemperatur mehr als doppelt so hoch ist, wie die Varianzerklärungen der übrigen Umweltparameter (Tab. 60).

Tab. 60. Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten ausgewählter Variablen (Aquarienproben Hartsubstrat)

Variable	LambdaA (Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluss in das Modell)	P (Irrtumswahrscheinlichkeit)
Temp_a2	0.13	0.001
Jahr	0.05	0.023
v_GesNeu	0.05	0.041

Insgesamt erklärte die Modellierung der Aquarienproben auf Hartsubstrat 26,9 % der Varianz im Datensatz, wobei auf den ersten zwei Achsen 82,4 % Varianzerklärung der Arten-Umweltvariablen und 22,1 % Varianzerklärung der Artendaten erfolgte (Tab. 61).

Tab. 61. Kenngrößen der RDA der Aquarienproben Hartsubstrat

Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	1,000			
Summe aller kanonischen Eigenwerte (Varianzklärung)	26,9 %			
	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,149	0,072	0,034	0,013
Arten-Umwelt Korrelationen	0,824	0,810	0,781	0,606
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	14,9	22,1	25,6	26,9
Kumulative prozentuale Varianz der Beziehung zwischen Artendaten und Umweltvariablen	55,6	82,4	95,1	100,0

Der Parameter mittlere Wassertemperatur korrelierte am stärksten mit der 1. Achse. Das Probenahmejahr und die Wassertiefe korrelierten am stärksten mit der 3. Achse und die Strömungsgeschwindigkeit korrelierte am stärksten mit der 2. und 4. Achse (Tab. 62).

Tab. 62. Korrelationskoeffizienten der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination (Aquarienproben Hartsubstrat)

Variable	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Temp_a2	-0.75	n.s.	+0.25	n.s.
Jahr	+0.37	-0.25	+0.55	-0.29
v_GesNeu	n.s.	-0.48	n.s.	+0.41

Erläuterung:

Die angegebenen Werte sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ signifikant

n.s.: nicht signifikant

In Tab. 63 sind die Korrelationskoeffizienten zwischen den ausgewählten Umweltparametern und den Taxa dargestellt. Taxa mit hohem Korrelationskoeffizient (i.d.R. $> 2,6$) wurden in den folgenden Grafiken farbig hervorgehoben.

Tab. 63. Korrelationskoeffizienten der Taxa mit den Umweltparametern (Aquarienproben Hartsubstrat)

Art	Nan_bic	Dic_nerv	CriC_tri	Rheop_or	Tany_heu	Tany_bru	CriC_bic	CriI_syl	Synor_se
Probenanzahl	27	24	19	15	11	9	9	7	8
Jahr	0,22	≤ 2	0,33	-0,25	≤ 2	≤ 2	0,28	≤ 2	0,24
v_GesNeu	0,23	-0,26	0,37	≤ 2					
Temp_a2	≤ 2	0,51	≤ 2	≤ 2	-0,22	-0,47	-0,6	≤ 2	-0,51

Art	Tany_fim	Rheoc_ch	Rheot_mu	CriC_ann	Tany_emi	Clad_man	Mict_con	Parat_in	Poly_nub
Probenanzahl	8	6	6	6	5	5	5	4	5
Jahr	-0,51	≤ 2	0,33	≤ 2	≤ 2	-0,22	≤ 2	0,26	≤ 2
v_GesNeu	-0,35	≤ 2	-0,23						
Temp_a2	≤ 2	-0,44	-0,24	-0,72	≤ 2	≤ 2	-0,24	-0,69	-0,28

Es sind nur Taxa dargestellt, die in mind. vier Proben gefunden wurden und mind. einen Korrelationskoeffizienten mit $r \geq 0,2$ aufwiesen.

11.1.5.2 Ordinationsdiagramm Untersuchungsjahr

Wie schon erwähnt, korrelierte das Untersuchungsjahr am stärksten mit der 1. und 3. Achse. In Abb. 49 sind deshalb die Proben nach dem Probenahmemonat beider Untersuchungsjahre getrennt aufgeführt. Es ist eine deutliche Trennung der Untersuchungsjahre zu erkennen. Oberhalb der x-Achse liegen Proben von 1999 (farbige Symbole), unterhalb der Abszisse findet man ausschließlich Proben des Jahres 1998 (farblose Symbole). In den Monaten Mai, Juni und Juli 1998 war der Wasserstand ca. 50 cm niedriger, als in denselben Monaten des darauffolgenden Jahres. Deshalb unterschieden sich Proben, die in diesen Monaten beider Jahre genommen wurden, besonders deutlich voneinander. Die Strömungsgeschwindigkeit und die Wassertiefe sind positiv mit dem Jahr korreliert und wiesen 1999 höhere Werte auf als im Vorjahr.

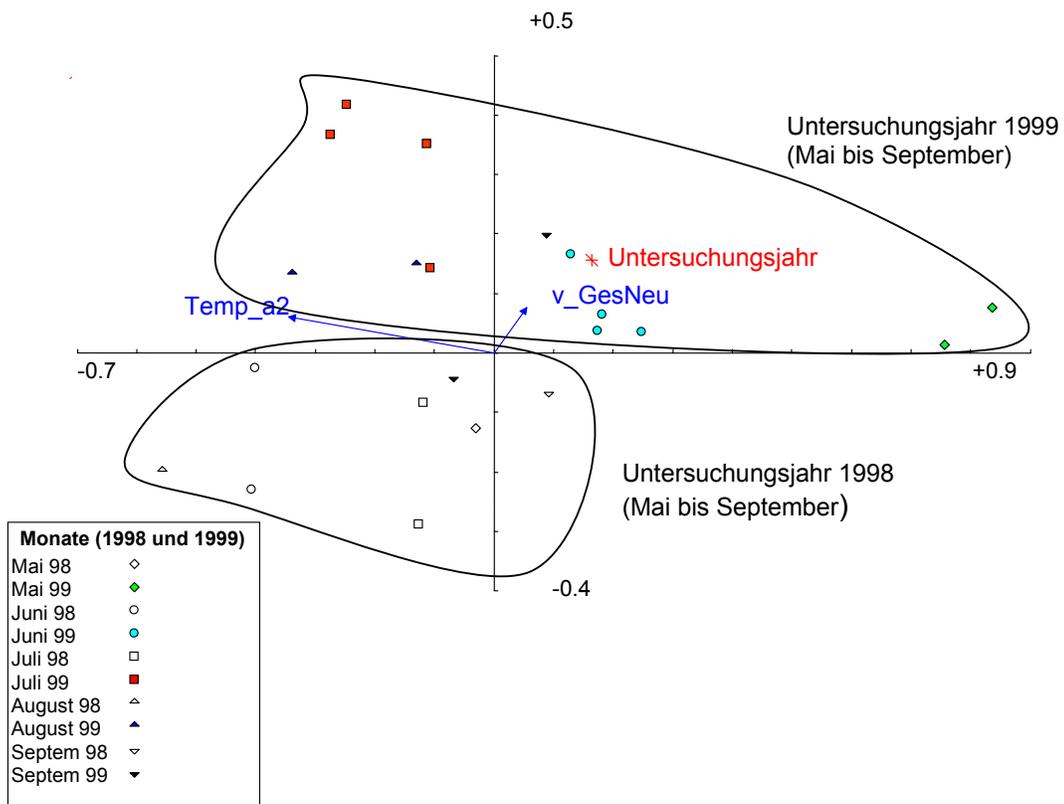


Abb. 49. Ordinationsdiagramm der RDA der Aquarienproben Hartsubstrat (1. und 3. Achse) (Umgebungsfaktoren und Proben, Untersuchungsjahr hervorgehoben)

Eine Einteilung der Proben nach dem Median der mittleren Wassertemperatur (20,4 °C) zeigt die Trennung der Proben mit Werten oberhalb (rote Symbole oberhalb der Abszisse) und unterhalb des Medians der Wassertemperatur (farblose Symbole unterhalb der x-Achse) (Abb. 50).

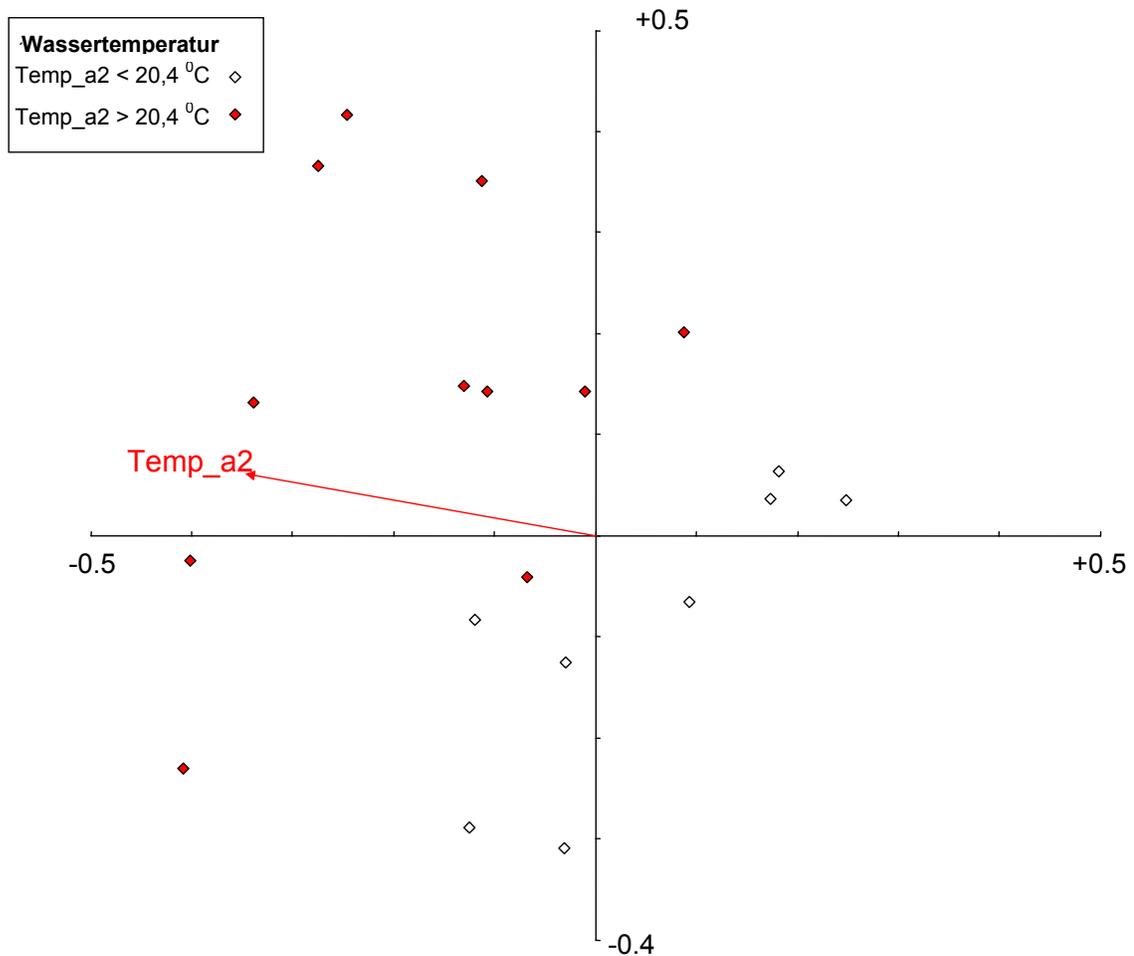


Abb. 50. Ordinationsdiagramm der RDA der Aquarienproben Hartsubstrat (1. und 3. Achse)
(Umgebungsfaktoren und Proben, mittlere Wassertemperatur hervorgehoben)

11.1.5.3 GLM Wassertemperatur

Die GLM mit dem Umweltparameter Wassertemperatur und den Abundanzen signifikanter Taxa ergab, dass acht von neun Taxa ihre höchsten Abundanzen bei der kleinsten gemessenen Wassertemperatur von 12 °C besaßen (Abb. 51). Diese Temperatur entsprach dem Probenahmemonat Mai 1999. Nur eine Art (*Dicrotendipes nervosus*) zeigte höchste Individuenzahlen bei einer Temperatur um 20 °C. Diese Temperatur herrschte im Juni 1998 und im September 1999. Da im September 1999 keine Aquarienproben ausgewertet wurden, entspricht die Temperatur dem Monat Juni 1998.

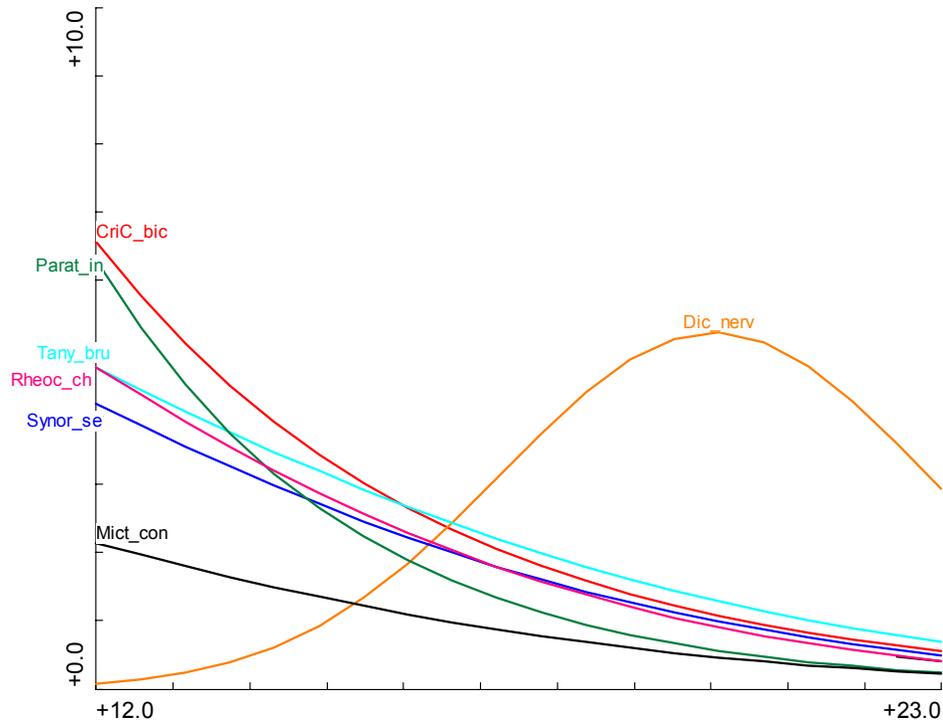


Abb. 51. GLM Aquarienproben Harts substrat; Umgebungsfaktor mittlere Wassertemperatur gegen Abundanzen (ln Individuen/m²)

Erläuterungen:

+12° C entspricht dem Probenahmemonat Mai

+20° C entspricht den Probnahmemonaten Juli und August

11.1.5.4 GLM Strömungsgeschwindigkeit

Die Strömungsgeschwindigkeit besaß im Vergleich zur mittleren Wassertemperatur eine sehr geringe Varianzerklärung. Sie trug also wenig zur Erklärung der Verteilung der Proben bei. In der GLM zeigten auch nur drei Arten signifikantes Verhalten gegenüber der Strömung (Abb. 52). Sie hatten alle ihre höchsten Individuenzahlen bei den kleinsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten.

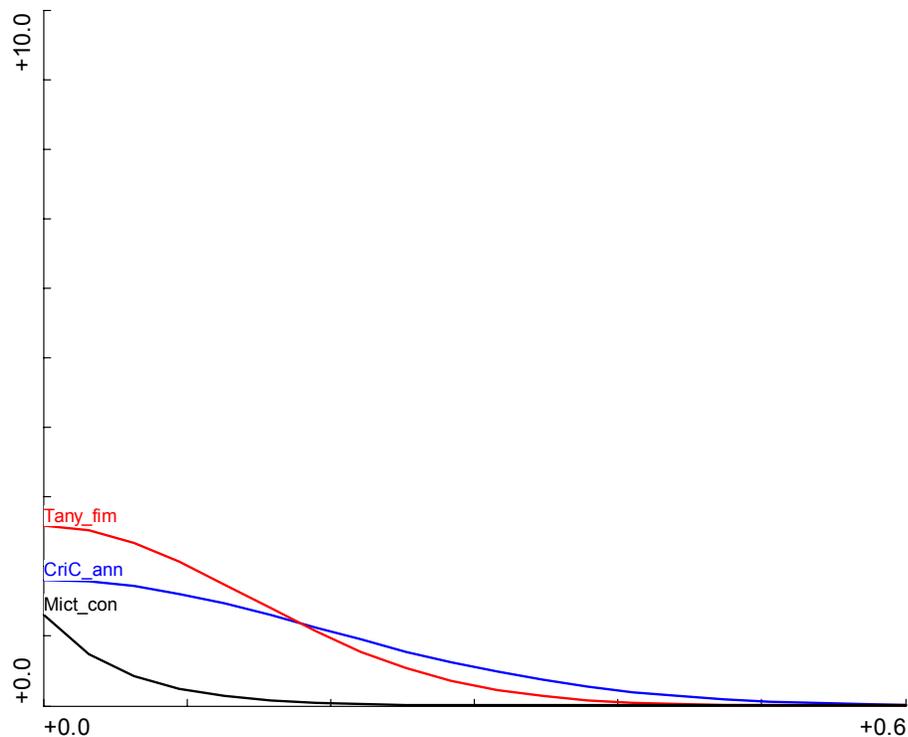


Abb. 52. GLM Aquarienproben Hartsubstrat; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (ln Individuen/m²)

11.2 Diskussion

Die direkten Gradientenanalysen der Chironomidenbesiedlung zeigten, dass drei Umweltfaktoren die Verteilung der Chironomiden in den Bühnenfeldern am besten beschrieben. Diese waren:

- Strömungsgeschwindigkeit
- Sedimentbeschaffenheit (nur im Weichsubstrat)
- Jahreszeit.

Ähnliche Beobachtungen über die Bedeutung von Strömung, Substrat oder Jahreszeit für die Chironomidenbesiedlung machten u.a. BAZZANTI (2000), ARMITAGE et al. (1995), COLLIER (1993), CHALONER & WOTTON (1996), PINDER (1995), FESL (2002). WUNSCH et al. (1999) und DIRKSEN (in Vorb.) ermittelten, dass das Makrozoobenthos und hier insbesondere die Oligochaeten in den Bühnenfeldern der Mittelalbe ebenfalls mit den o.g. Umweltparametern am stärksten korrelierten. Andere Untersuchungen über das Makrozoobenthos ohne Chironomiden ergaben, dass die Strömung und die Substratzusammensetzung zwei der wichtigsten Faktoren sind, die die Verteilung dieser Wirbellosen in Fließgewässern bestimmen (STATZNER et al. (1988), REMPEL (2000), MINSHALL 1984, VERDONSCHOT (2001) für Oligochaeten).

Auf die drei o.g. Umweltparameter wird in Kap. 11.2.6, Kap. 11.2.7 und Kap. 11.2.5 genauer eingegangen.

Parameter, die nur geringe Korrelationen mit der Chironomidenfauna zeigten waren:

- modellierte Parameter
- organischer Gehalt
- Sauerstoffgehalt
- ph-Wert

11.2.1 Modellierte Parameter

Mit dem Datensatz der Benthosproben Weichsubstrat wurde ein Vergleich zwischen gemessenen und modellierten Parametern durchgeführt. Es zeigte sich, dass die modellierten Parameter Strömungsgeschwindigkeit und Korndurchmesser das Verhalten der Taxa schlechter beschrieben als die gemessenen Parameter. Offensichtlich liegt dies daran, dass sehr hohe und sehr niedrige Werte nicht in die Modellierung einfließen. Wie die GLM zeigten, reagierten die meisten Taxa jedoch auf grosse Korngrößen und hohe Strömungsgeschwindigkeiten mit signifikant hohen Abundanzen. Im oberen Strömungsbereich wird beispielsweise das Verhalten der Taxa besser durch die Feldmessungen erklärt, da das Strömungsmeßgerät Turbulenzen erfasst, die von der Modellierung nicht wiedergegeben werden.

11.2.2 Organischer Gehalt

Es konnte keine Korrelation zwischen dem organischen Gehalt im Sediment der Bühnenfelder und der Chironomidenbesiedlung beobachtet werden. Dies liegt vermutlich daran, dass sich der organische Gehalt vorwiegend aus zur Nahrungsaufnahme ungeeignetem oder zu grobem Material zusammensetzt. Daher konnte es für die meisten Chironomiden, außer für Zerkleinerer, nicht als Nahrung genutzt werden. Augenscheinlich enthielten die Sedimentproben aus den Bühnenfeldern oft Braunkohlepartikel, die das Ergebnis über den Gehalt an organischem Material im Sediment verfälschten, da sie nicht als Nahrung genutzt werden können. In anderen Untersuchungen, in denen nur feinputikuläres Material analysiert wurde, konnte eine gute Korrelation zwischen dem organischen Gehalt und den Abundanzen der Tiere ermittelt werden (RABENI & MINSHALL 1977, SHORT et al. 1980 in MINSHALL 1984, CULP 1983). Eine weitere Erklärung für die fehlende Korrelation zwischen dem organischen Gehalt und der Chironomidenbesiedlung ist, dass das Angebot an verwertbarem organischen Material im Sediment für alle Taxa groß genug war, so dass das Nahrungsangebot an keiner Stelle als limitierender Faktor auftrat. Ähnliche Beobachtungen machten SHIEH et al. (1999). WILLIAMS (1974 und 1984) postulierte dies auch für große Tiefen im Sediment. Desweiteren ernähren sich zwar die meisten Arten, die in den Bühnenfeldern gefunden wurden, vorwiegend als Substratfresser vom organischen Material im Sediment, jedoch zählen viele von ihnen auch zu den Filtrierern. Diese fangen organisches Material mit Hilfe von Netzen aus dem Wasser heraus und sind dadurch nicht auf das Nahrungsangebot im Sediment angewiesen.

11.2.3 Sauerstoffgehalt

Die im Wasser gemessenen Sauerstoffwerte erreichten keine pessimalen Werte, da der geringste gemessene Wert für Sauerstoffgehalt bei 7 mg/l und der geringste Wert für O₂-Sättigung bei 83 % lag. Man kann also davon ausgehen, dass an keiner Probenahmestelle Sauerstoffmangel geherrscht hat.

Bei pessimalen Sauerstoffbedingungen besitzen viele Chironomiden besondere Strategien, diese zumindestens zeitweise zu überdauern. Dies ist sicherlich ein Grund, weshalb sie bei sehr niedrigen Sauerstoffkonzentrationen oft die einzigen Insekten im Sediment sind (ARMITAGE 1995). Durch Ventilationsbewegungen pumpen die Larven Wasser aus dem Freiwasserraum durch ihre Röhren (LEUCHS 1986). LEUCHS (1986) konnten zeigen, dass die Frequenz der Wellenbewegungen von *Chironomus anthracinus* mit fallendem Sauerstoffgehalt anstieg, bis zu einer Konzentration (< 1 mg O₂/l), bei der weitgehend alle Aktivität aufhörte. Für weitere Arten der Unterfamilie der Chironominae lag diese bei einem Sauerstoffgehalt zwischen 0,4 und 0,6 mg/l (KONSTANTINOV 1971) und damit weit unter denen, die in den Bühnenfeldern gemessen wurden. Für *Chironomus muratensis* konnte SMIT (1993) nachweisen, dass er bei einer Konzentration von 3 mg/l über Periodenlängen von 90 Minuten keine Verhaltensänderungen zeigte. Nach 16 Stunden zeigte die Art allerdings zunehmende Wellenbewegungen des Körpers.

In gewissem Maße kann die Sauerstoffkonzentration im Sediment auch von den Wellenbewegungen der Larven beeinflusst werden. So konnte FRENZEL (1990) für Chironomidenlarven der Gattung *Micropsectra* zeigen, dass sie alle 20 bis 40 Minuten für zehn bis 20 Minuten ihr Gehäuse bewässerten. Die Sauerstoffkonzentrationen vor dem Gehäuse zeigten große Schwankungen, wobei das herausströmende Wasser niedrigere Konzentrationen als das Eingestrudelte aufwies.

11.2.4 pH Wert

Der pH Wert des Wassers bewegte sich in einem kleinen Bereich zwischen 8,0 und 8,6. Diese geringen Schwankungen innerhalb der schwach basischen Werte wirken sich nicht auf die Biozönose aus. Die meisten Arten leben in einem pH Bereich zwischen 6,0 und 8,0. Erst bei starkem Absinken des pH Wertes in den sauren Bereich ab etwa pH 4,0 (OLIVER 1971) ist eine Abnahme des Artenspektrums und das Verbleiben weniger toleranter Arten, wie z.B. Arten der Gattung *Chironomus*, zu beobachten (ARMITAGE et al. 1995).

11.2.5 Jahresverlauf

Der Jahresverlauf war ein bestimmender Umweltfaktor für die Chironomiden. Dies war zu erwarten, da der Entwicklungszyklus der Insekten sehr stark von der Temperatur abhängt, insbesondere wenn andere Faktoren, wie Futterangebot und Sauerstoffversorgung, ausreichend vorhanden sind (MACKEY 1977).

Die im Ergebnisteil vorgestellten Biplots der GLM geben den Abundanzverlauf der einzelnen Taxa an. Sie lassen jedoch keine Rückschlüsse auf den Voltinismus zu und repräsentieren allenfalls Kohorten. Deshalb wird in der folgenden Diskussion nur auf die Abundanzmaxima (z.B. höchste dargestellte Schlüpftrate) eingegangen, ohne dass ersichtlich ist, ob einzelne Taxa einen multivoltinen Entwicklungszyklus aufweisen. Einen multivoltinen Entwicklungszyklus findet man bei den meisten Arten der Chironominae und Orthocladiinae,

wobei die Anzahl der Generationen oft temperaturabhängig ist. Die meisten Arten der Tanypodinae und Prodiamesinae sind univoltin. Nach REMPEL & HARRISON (1987) in BERG & HELLENTAL (1992) haben multivoltine Chironomiden eine Kaltwassergeneration und eine oder mehrere Warmwassergenerationen, wohingegen univoltine Arten erst im warmen Wasser und anschließend im kalten Wasser leben, und schließlich im Frühjahr schlüpfen.

Bei den **Benthosproben Weichsubstrat** bildeten die Probemonate Mai und September und Juni, Juli jeweils eigene, deutlich voneinander getrennte Cluster. Vier Arten wiesen im Mai erhöhte Abundanzen auf und sechs Taxa in den Sommermonaten Juni und Juli.

Bei den **Eklektorproben** zeigten die Umgebungsvariablen Sommer und Wassertemperatur hohe Varianzerklärungen. Alle statistisch signifikanten Arten wiesen im August, also im wärmsten Probenahmemonat, ihre höchsten Schlüpfraten auf. Nach Untersuchungen von REISS (1968) im Bodensee und LEHMANN (1971) in der Fulda schlüpfen Arten der Chironomini vorwiegend im Sommer und Arten der Orthoclaadiinae hauptsächlich im Frühjahr. Dies konnte bei den eigenen Untersuchungen nicht festgestellt werden, da in den Eklektorproben im Sommer ähnlich viele Taxa der Chironomini und Orthoclaadiinae ihr Schlüpfmaximum hatten. Der Deckungsgrad der von den o.g. Autoren aufgeführten Arten und den Arten, die in den Bühnenfeldern der Elbe gefunden wurden, war allerdings sehr gering.

Eine Vergleich der Eklektorproben mit den Benthosproben (Tab. 64) zeigt, dass vier der sechs Taxa, die im Juni und Juli höchste Abundanzen in den Benthosproben aufwiesen, im August schlüpften, da sie in den Eklektorproben im August signifikant hohe Schlüpfraten zeigten. Die anderen beiden Taxa (Chironomini und *Chironomus cf. obtusidens*) tauchten in den Eklektorproben nicht auf. Der Vergleich konnte wegen der Bestimmungsprobleme bei den Chironomidenlarven nur auf höherem taxonomischen Niveau durchgeführt werden (Tab. 64).

Tab. 64. Vergleich ausgewählter Taxa aus den Benthosproben und Eklektorproben

Taxa, die in den Benthosproben im Juni und Juli höchste Abundanzen aufwiesen	Taxa, die in den Eklektorproben im August höchste Abundanzen aufwiesen
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	<i>Rheotanytarsus muscicola</i>
<i>Polypedilum</i> sp.	<i>Polypedilum cultellatum</i>
<i>Chironomus</i> sp.	<i>Chironomus cingulatus</i>
Tanypodinae	<i>Rheopelopia ornata</i>

Bei den Aquarienproben zeigten die meisten Taxa ihr Abundanzmaximum im Frühjahr. Nur zwei Arten (*Dicrotendipes nervosus* und *Polypedilum quadriguttatum*) wiesen ein Schlüpfmaximum im Sommer auf. Bei den Eklektorproben schlüpften dagegen wie oben beschrieben alle statistisch signifikanten Taxa im Sommer. Ein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse ist vielleicht, dass die Aquarien im Gegensatz zu den Eklektoren keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren. Dies kann dazu geführt haben, dass Sommerarten, die im Freiland ihr Schlüpfmaximum bei starker Sonneneinstrahlung besitzen in den Aquarien keine erhöhten Abundanzen aufwiesen. Frühjahrsarten wären demnach im Gegensatz zu den Sommerarten unabhängig von der Sonneneinstrahlung, da sie in den Aquarien Schlüpfmaxima aufwiesen.

Nach den Ergebnissen der GLM (Abb. 29, Abb. 37, Abb. 42 und Abb. 51) und der Ordination (Abb. 28 und Abb. 46) lassen sich die gegenüber dem Jahresverlauf statistisch signifikanten Taxa in Frühjahrsarten mit Abundanzmaximum im Frühjahr und Sommerarten mit Abundanzmaximum im Sommer einteilen (Tab. 65). Arten mit Abundanzmaximum im Herbst fehlten.

Cricotopus (C.) bicinctus zeigte in der Elbe ihr Schlüpfmaximum im Frühjahr. Nach Untersuchungen von BERG & HELLENTAL (1992) ist *Cricotopus (C.) bicinctus* trivoltin, mit einer Sommer–Herbst Generation, einer längeren Herbst–Frühjahr Generation und einer kurzen Frühjahrs–Sommer Generation. *Cricotopus (C.) triannulatus* hatte ihr Schlüpfmaximum im Sommer. Nach BERG & HELLENTAL (1992) ist sie bivoltin, mit einer Herbst–Frühjahrsgeneration und einer Frühjahrs–Sommergeneration.

Tab. 65. Einteilung der Taxa nach Abundanzmaximum

Frühjahrsarten (März bis Mai)	Sommerarten (Juni bis August)
<i>Orthocladus</i> sp. (Benthosproben Weich- und Hartsubstrat)	Chironomini (Benthosproben Weichsubstrat)
<i>Paracladius laminata</i> (Benthosproben Weichsubstrat)	<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i> (Benthosproben Weichsubstrat)
<i>Synorthocladus semivirens</i> (Benthos- und Aquarienproben Hartsubstrat)	<i>Chironomus cingulatus</i> (Eklektorproben)
<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i> (Aquarienproben Hartsubstrat)	<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Eklektorproben)
<i>Microtendipes confinis</i> (Aquarienproben Hartsubstrat)	<i>Cricotopus (C.) triannulatus</i> (Eklektorproben)
<i>Paratanytarsus bituberculatus</i> (Aquarienproben Hartsubstrat)	<i>Cricotopus (C.) annulator</i> (Eklektorproben)
<i>Rheocricotopus chalybeatus</i> (Aquarienproben Hartsubstrat)	<i>Cricotopus (l.) sylvestris</i> (Eklektorproben)
<i>Tvetenia</i> sp. (Benthosproben Hartsubstrat)	<i>Rheopelopia ornata</i> (Eklektorproben)
<i>Nonocladus bicolor</i> (Benthosproben Weichsubstrat)	<i>Nanocladus bicolor</i> (Eklektorproben)
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Benthosproben Weichsubstrat)	<i>Polypedilum cultellatum</i> (Eklektorproben)
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Benthosproben Weichsubstrat)	<i>Polypedilum quadriguttatum</i> (Aquarienproben Weichsubstrat)
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Eklektorproben)	<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Aquarienproben Hartsubstrat)
<i>Tanytarsus heusdensis</i> (Aquarienproben Weichsubstrat)	<i>Rheotanytarsus muscicola</i> (Eklektorproben)
<i>Tanytarsus brundini</i> (Aquarienproben Weich- und Hartsubstrat)	
<i>Tanytarsus eminulus</i> (Aquarienproben Weichsubstrat)	
<i>Tanytarsus ejuncidus</i> (Aquarienproben Weichsubstrat)	

Erläuterung: In Klammern ist die Probenahmemethode angegeben

11.2.6 Strömungsgeschwindigkeit

Wie in Kap. 11.2 erwähnt, zählte die Strömungsgeschwindigkeit zu den Umweltfaktoren, die die Besiedlungsstruktur der Chironomiden in den Buhnenfeldern am stärksten bestimmten. Sie wurde mit einem Akustischen Doppler Strömungsmesser (ADV-Gerät) 5 cm über der Sohle gemessen. Die Tatsache, dass diese Daten gute Korrelationen mit der Chironomidenfauna ergaben, lässt annehmen, dass es in Flüssen mit relativ homogenem, sandigem Substrat, wie es in der Elbe vorliegt, nicht notwendig ist, aufwendige hydraulische Messungen direkt über dem Grund durchzuführen. Diese Vermutung wird durch Untersuchungen von QUINN & HICKEY (1994) und FESL (2002a) bestätigt, die herausfanden, dass die Invertebraten in gleichförmigem Substrat ähnliche Korrelationen mit der Hauptströmungsgeschwindigkeit und hydraulischen Messungen nahe der Flusssohle aufwiesen. In Flüssen mit heterogenem Substrat waren Korrelationen zwischen der Fauna und den sohlennahen Messungen größer als mit der Hauptströmungsgeschwindigkeit (QUINN & HICKEY 1994). Eine Erklärung für diese unterschiedlichen Ergebnisse ist, dass die Tiere in heterogenen Substraten die Möglichkeit haben, Nischen aufzusuchen, deren Strömungsgeschwindigkeit wesentlich niedriger ist als die Hauptströmungsgeschwindigkeit, beispielsweise im Lee größerer Kieselsteine.

In den Buhnenfeldern überwogen an Untersuchungsstellen mit niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten Arten aus dem Tribus der Chironomini (7 Arten) und Tanytarsini (5 Arten), während die Artenzahl aus der Unterfamilie der Orthoclaadiinae wesentlich geringer war (2 Arten) (- bis -). Mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit nahm die Anzahl der Arten aus dem Tribus der Chironomini ab und die Anzahl der Arten aus der Unterfamilie der Orthoclaadiinae stieg an. Auch Beobachtungen von WELTON et al. (1987) an einem Kanal zeigten, dass bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,15 m/s Arten aus der Unterfamilie der Chironominae dominierten und bei einer Geschwindigkeit von 0,45 m/s Orthoclaadiinae höhere Abundanzen zeigten. Ein wichtiger Grund für das unterschiedliche Strömungsverhalten ist sicherlich die Ernährungsweise. Unter den Chironominae und hier besonders im Tribus der Chironomini findet man oft Arten, die als Substratfresser und Filtrierer bezeichnet werden, also in Stillgewässern oder langsam fließenden Flussabschnitten, wo der Schwebstoff und Detritusgehalt am höchsten ist, beste Bedingungen auffinden. Arten der Unterfamilie der Orthoclaadiinae hingegen sind oft Weidegänger, die Periphyton bevorzugen (ARMITAGE et al. 1995) und somit auf stärkere Strömung und damit oft verbundenen stärkeren Lichteinfall angewiesen sind. Die Beobachtung auf niedrigem taxonomischen Niveau bestätigt sich, wenn man die Ernährungsweise der Arten vergleicht. So dominierten im Weichsubstrat und auf Buhnensteinen mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten Weidegänger wie z.B. *Cricotopus (C.) bicinctus*, *Cricotopus (C.) triannulatus* oder *Tvetenia* sp., während Detritusfresser wie z.B. *Polypedilum nubeculosum*, *Polypedilum convictum* oder *Tanytarsus eminulus* bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten hohe Abundanzen aufwiesen. Von der Strömung abhängige passive Filtrierer waren in den Buhnenfeldern mit nur vier Arten vertreten. Diese waren *Glyptotendipes pallens* und drei Arten aus der Gattung *Rheotanytarsus*. Dies könnte daran liegen, dass in den stärker durchströmten Buhnenfeldern 4 und 5, die als potentielle Habitate der Filtrierer geeignet gewesen wären, die Buhnen fast vollständig zusedimentiert waren und kein anderes stabiles Substrat oder Makrophyten zum Festheften der Chironomidenröhren zur Verfügung standen.

Tab. 66. Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,0 bis 0,1 m/s (Ergebnisse der GLM)

Benthosproben (Weichsubstrat)	Benthosproben (Hartsubstrat)	Ekletorproben	Aquarienproben (Weichsubstrat)	Aquarienproben (Hartsubstrat)
		<i>Procladius choreus</i> (Tanypodinae)	<i>Procladius choreus</i> (Tanypodinae)	
		<i>Cricotopus (Isocladius) sylvestris</i> (Orthoclaadiinae)		
				<i>Cricotopus (C.) annulato</i> (Orthoclaadiinae)
	<i>Chironomus</i> sp (Chironomini)		<i>Chironomus</i> sp (Chironomini)	
	<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Chironomini)			
		<i>Chironomus</i> cf. <i>cingulatus</i> (Chironomini)		
	<i>Glyptodendipes pallens</i> (Chironomini)			
			<i>Polypedilum convictum</i> (Chironomini)	
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Chironomi)				
				<i>Microtendipes confinis</i> (Chironomini)
		<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i> (Tanytarsini)		
		<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Tanytarsini)		
				<i>Tanytarsus fimbriatus</i> (Tanytarsini)
			<i>Tanytarsus eminulus</i> (Tanytarsini)	
<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i> (Chironomi)			<i>Tanytarsus ejuncidus</i> (Tanytarsini)	

Tab. 67. Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,1 bis 0,2 m/s (Ergebnisse der GLM)

Eklektorproben
<i>Rheopelopia ornata</i> (Tanypodinae)
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Chironomini)
<i>Parachironomus frequenz</i> (Chironomini)

Tab. 68. Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,3 bis 0,4 m/s (Ergebnisse der GLM)

Benthosproben (Weichsubstrat)
<i>Nanocladius bicolor</i> (Orthoclaadiinae)
<i>Rheotanytarsus</i> sp. (Tanytarsini)

Tab. 69. Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten von $\geq 0,6$ m/s (Ergebnisse der GLM)

Benthosproben (Weichsubstrat)	Eklektorproben	Aquarienproben (Weichsubstrat)
		<i>Rheopelopia ornata</i> (Tanypodinae)
		<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i> (Orthoclaadiinae)
		<i>Cricotopus (C.) triannulatus</i> (Orthoclaadiinae)
<i>Orthocladus</i> sp. (Orthoclaadiinae)		
Orthoclaadiinae		
<i>Robackia demeijerei</i> (Chironomini)		
<i>Cryptochironomus albofasciatus</i> (Chironomini)		
	<i>Tanytarsus fimbriatus</i> (Tanytarsini)	
Tanytarsini		
	<i>Tanytarsus heusdensis</i> (Tanytarsini)	
Chironomidenpuppen		

Tab. 70. Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten von 1,0 m/s (Ergebnisse der GLM)

Benthosproben (Harts substrat)
<i>Nanocladius bicolor</i> (Orthoclaadiinae)
<i>Tvetenia</i> sp. (Orthoclaadiinae)
<i>Orthocladus</i> sp. (Orthoclaadiinae)
<i>Rheotanytarsus</i> sp. (Tanytarsini)
Tanytarsini
Chironomidenpuppen

11.2.6.1 Welche Wirkung hat die Strömung auf die Fließgewässerinsekten?

Erhöhte Fließgeschwindigkeiten können die Substratstabilität herabsetzen und erfordern von den Organismen mehr Energieaufwand, um ein Abdriften zu verhindern. Viele Fließgewässerorganismen besitzen deshalb spezielle morphologische Anpassungen an die Strömung. Beispielsweise Krallen zum Festhalten am Substrat oder saugnapfartig angeordnete ventral gelegene Kiemen, wie die z.B. die Ephemeroptere *Rhithrogena* sp., zur Verbesserung der Haftung am Substrat. Die in dem stark durchströmten Bühnenfeld 4 dominante Chironomide *Robackia demeijerei* besitzt einen auffallend dünnen, länglichen Körper, wodurch der Strömungswiderstand herabgesetzt und es ihr ermöglicht wird, in dem stark bewegten sandigen Substrat der Bühnenfelder zu überleben. Zusätzlich kann sie sich mit Hilfe eines Speicheldrüsensekrets, dass sie in großen Mengen produziert, sehr effektiv am Substrat festheften (SOLUK 1985). Chironomiden mit breiten Kopfkapseln, wie zum Beispiel *Cricotopus (I.) sylvestris*, können sich im Substrat eingraben und auf diese Weise stärkerer Strömung entgegen (WILEY 1981, CHALONER 1996). Andere besiedeln vorwiegend die Uferbereiche, in denen die Strömungsgeschwindigkeiten im Vergleich zur Flussmitte stark herabgesetzt sind. Eine weitere Strategie zur Meidung starker Strömungsgeschwindigkeiten ist die Synchronisation zwischen Emergenz und saisonalen Überschwemmungen, die es vielen Insekten ermöglicht, vorhersagbaren Hochwässern zu entgehen (HAYDEN & CLIFFORD 1974, GIBBS & MINGO 1986 in REMPEL 2000). Durch die Strömung wird der Gehalt an gelöstem Sauerstoff im Wasser homogener verteilt, der Austausch mit der Atmosphäre und dem Substrat erhöht und damit der Austausch mit der Körperoberfläche der Organismen verbessert. Darüberhinaus sortiert die Strömung das Substrat nach Korngröße und organischem partikulären Gehalt, sie transportiert Futter und ermöglicht es den Insekten das Futter zu sammeln (WALLACE & MERRITT 1980, CUMMINS (1968). Weiterhin benutzen Insekten die Strömung, um Konkurrenten und Prädatoren auszuweichen, ungünstige Lebensräume zu verlassen (HILDEBRAND 1974) und günstigere zu besiedeln (SHAW & MINSHALL 1980).

Nach Untersuchungen von SCHMID (1992a) können sich Strömungspräferenzen der Chironomiden und anderer Insekten während ihres Lebenszyklusses verändern. Da bei den eigenen Untersuchungen unterschiedliche Taxa aus den drei Erfassungsmethoden (Benthosproben, Aquarienproben und Eklektorproben) signifikantes Verhalten auf den Umweltparameter Strömung zeigten, kann dazu nichts eindeutiges ausgesagt werden. Die unterschiedlichen Funde der Tanypodine *Rheopelopia ornata* aus den Benthos- und Eklektorproben lässt jedoch vermuten, dass sich diese Art kurz vor dem Schlüpfen aus Gewässerabschnitten mit starker Strömung in strömungsberuhigte Bereiche begibt (Kap. 11.2.9). In den Eklektorproben zeigten acht Taxa signifikant hohe Abundanzen bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten, nur zwei Arten, *Tanytarsus fimbriatus* und *Tanytarsus heusdensis*, bevorzugten Strömungsgeschwindigkeiten von 0,6 m/s oder höher. Dagegen bevorzugten die meisten Taxa der Benthosproben Abschnitte mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten. Dies deutet ebenfalls darauf hin, dass viele Arten zum Schlüpfen strömungsberuhigte Bereiche aufsuchen.

Chironomidenpuppen traten an Untersuchungsstellen mit den höchsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten in hohen Abundanzen auf. Da sie jedoch nicht bestimmt wurden, kann nicht viel über ihre Autökologie gesagt werden. Die Puppen einer Art besitzen wie die Larven unterschiedliche Anpassungen an die Umweltbedingungen (ARMITAGE et al.

1995). Ausschließlich die frei lebenden Puppen der Tanypodinae bewegen sich aktiv im Wasser, die anderen gelangen passiv nur zur Häutung an die Wasseroberfläche (ARMITAGE et al. 1995). Da in den Buhnenfeldern vorwiegend Arten aus den Unterfamilien der Chironominae und Orthoclaadiinae gefunden wurden, kann es sich also entweder um Arten handeln, die auch als Larven stark strömende Bereiche bevorzugten und dort in großer Anzahl auftraten, oder um Arten, die ihr Habitat im letzten Larvenstadium, also kurz vor der Verpuppung, gewechselt haben.

11.2.7 Sedimentbeschaffenheit

Neben der Strömungsgeschwindigkeit war die Sedimentbeschaffenheit ein Umweltfaktor, der für die Verbreitung der Chironomiden in den Buhnenfeldern verantwortlich war. Bei der Substratbesiedlung in den Buhnenfeldern zeigten die Chironomidentaxa entweder bei dem kleinsten gemessenen Korndurchmesser um 0,09 mm (feiner Sand) oder bei dem größten gemessenen Korndurchmesser um 4 mm (feiner Kies) die höchsten Individuendichten (Tab. 71 und Tab. 72). In Sedimenten mit Korndurchmessern, die zwischen diesen beiden Werten lagen, konnten keine signifikant hohen Abundanzen der Chironomiden ermittelt werden. Im feinen Sand zeigten vorwiegend Taxa der Chironomini wie z.B. *Polypedilum (P.) nubeculosum*, *Cryptochironomus albofasciatus* oder Arten der Gattung *Chironomus* signifikant hohe Abundanzen. Alle Arten dieses Tribus besitzen Hämoglobin, das es ihnen ermöglicht, die im schlammigen Substrat herrschenden niedrigeren Sauerstoffkonzentrationen besser zu überstehen als andere Arten (FRANQUET 1999, PANIS et al. 1996). Sie können tiefer im Sediment leben als viele andere Chironomiden und entgehen so der Raumkonkurrenz (PANIS et al. 1996). Alle Chironominae bauen Wohnröhren, wozu feinkörniges Substrat besser geeignet ist, da mit ihm stabilere Wohnröhren gebaut werden können als mit größerem Sediment (VOS et al. 2002).

Im kiesigen Substrat zeigte nur *R. demeijerei* aus dem Tribus der Chironomini höchste Abundanzen. Dagegen nahm die Anzahl der Taxa aus der Unterfamilie der Orthoclaadiinae zu. Dies deckt sich mit den Beobachtungen zu den Strömungsgeschwindigkeiten, da bei niedriger Strömung Arten aus dem Tribus der Chironomini überwogen und bei stärkerer Strömung Arten aus der Unterfamilie der Orthoclaadiinae stärker vertreten waren.

Tab. 71. Arten mit höchsten Abundanzen bei einem Korndurchmesser von ca. 0,09 mm (feiner Sand: 0,06 bis 0,2 mm nach DIN 4022) (Ergebnisse der GLM)

Benthosproben (Weichsubstrat)	Eklektorproben
	<i>Rheopelopia ornata</i> (Tanypodinae)
	<i>Cricotopus (Isocladius) sylvestris</i> (Orthoclaadiinae)
	<i>Cryptochironomus albofasciatus</i> (Chironomini)
<i>Polypedilum (P.) nubeculosum</i> (Chironomini)	
<i>Chironomus</i> sp. (Chironomini)	
<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i> (Chironomini)	
	<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Chironomini)
	<i>Polypedilum (P.) cultellatum</i> (Chironomini)
	<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i> (Tanytarsini)

Tab. 72. Arten mit höchsten Abundanzen bei einem Korndurchmesser von ca. 4 mm oder größer (feiner Kies: 2 bis 6,3 mm nach DIN 4022) (Ergebnisse der GLM)

Benthosproben (Weichsubstrat)	Aquarienproben (Weichsubstrat)
	<i>Rheopelopia ornata</i> (Tanypodinae)
<i>Orthocladius</i> sp. (Orthoclaadiinae)	
<i>Nanocladius bicolor</i> (Orthoclaadiinae)	
Orthoclaadiinae	
<i>Robackia demeijerei</i> (Chironomini)	
<i>Rheotanytarsus</i> sp. (Tanytarsini)	
Tanytarsini	
Chironomiden Puppen	

11.2.7.1 Welche Wirkung hat das Substrat auf die Fließgewässerinsekten?

Substrat kann - je nach Beschaffenheit - Insekten die Möglichkeit bieten sich anzuheften, festzuhalten oder zu graben. Desweiteren kann es Schutz vor Prädatoren, der Strömung oder anderen Störungen bieten. Darüberhinaus dient es als Nahrungsquelle, zur Eiablage und als Material zum Köcherbau (MINSHALL 1984). Viele röhrenbauende Chironomiden bevorzugen Sediment einer bestimmten Korngröße für den Bau ihrer Köcher (BRENNAN & McMACHLAN 1979, McMACHLAN & CANTRELL 1976). Dabei kann sich die Substratwahl innerhalb des Lebenszyklus der Tiere ändern (OTTO 1976, MACKAY 1977, TOLKAMP 1980). CHALONER (1996) wies für drei köcherbauende Chironomidenlarven (*Cricotopus sylvestris*, *Tanytarsus fimbriatus* und *Psectrocladius limbatellus*) nach, dass sie vor allem unterschiedliche Substrattypen, aber auch Substrat eines bestimmten Korndurchmessers, bevorzugt besiedelten. Da Larven der Gattung *Tanytarsus* sehr robuste Röhren bauen, nahm er an, dass dazu das bevorzugte schlammige Substrat besser geeignet ist als beispielsweise Sand. Bei den eigenen Untersuchungen zeigten Arten der Gattung *Tanytarsus* keine Präferenzen zu einem bestimmten Korndurchmesser, jedoch zeigten sie signifikant hohe Abundanzen bei sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten, bei denen in der Regel feinkörniges Substrat vorliegt. Obwohl Larven von *Tanytarsus* spp. Substrat mit hohem organischen Anteil oder schlammiges Substrat besiedeln können, sind sie physiologisch nicht in der Lage anoxische Bedingungen zu tolerieren. CHALONER (1996) nimmt deshalb an, dass sich die Larven ein günstigeres Mikrohabitat schaffen, indem sie die Öffnung ihrer stabilen Röhren in das sauerstoffreichere Wasser erheben. XUE & ALI (1997) konnten sogar für die Chironomide *Glyptotendipes paripes* in Laborversuchen nachweisen, dass sie ausschließlich in feinem Sand (< 0,84 mm) Röhren baute und schon in größerem Sand (2 bis 3 mm) nicht mehr in der Lage war, sichtbare Röhren zu errichten. Diese Beispiele machen deutlich, dass offensichtlich gerade für die röhrenbauenden Chironomiden die Substratbeschaffenheit von elementarer Bedeutung ist. Leider liegen bislang zu wenig autökologische Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Sedimentbeschaffenheit und Köcherbau einzelner Arten vor.

Indirekte Einflüsse des Sediments bestehen darin, dass das Sediment durch die Strömung

bewegt wird, was bei feinem Sediment eine andere Wirkung auf die Insekten hat als bei grobkiesigem Sediment. Kieselsteine werden zwar erst bei stärkerer Strömung in Bewegung gesetzt, wirken dann allerdings zerstörender auf die Tiere als feines Substrat. Desweiteren können kleine Partikel den Raum zwischen größeren Partikeln einnehmen (Kolmation) und dadurch die Wasserbewegung und die Bewegung gelöster Gase durch das Sediment verhindern (MINSHALL 1984). Feine Sedimente können zudem die Respirationsorgane der Tiere zusetzen und somit die Sauerstoffaufnahme erschweren. Nach HOLOMUZKI & MESSIER (1993) besteht ein Zusammenhang zwischen der Korngröße des Sediments und dem organischen Gehalt. So fördern große Substratpartikel mit einer rauhen Oberfläche die Ablagerung von organischem Material und schaffen zusätzlich ein strömungsberuhigtes Mikrohabitat zur Nahrungsaufnahme. In hohen Abundanzen auftretende Chironomiden, wie z.B. in den Buhnenfeldern der Elbe, verändern das Substrat mit der Zeit selber, indem sie aufgenommenes organisches Material mehr als 20 mal am Tag in Form von größeren Pellets ausscheiden (HIRABAYASHI 1998). LAWTON & JONES (1995) bezeichnen die Tatsache, dass Organismen ihre Umgebung verändern, als „ecosystem engineering“. Weitere Beispiele hierzu sind die unterschiedlichen Röhren, die von Chironomiden, Trichopteren, Polychaeten, Crustaceen und Nematoden (CHALONER & WOTTON 1996) errichtet werden. Sie verändern das Substrat, indem sie es stabilisieren und dadurch wiederum anderen Organismen Besiedlungsmöglichkeiten bieten.

Neben den o. g. Umweltfaktoren, unter deren Einfluss eine Art potentiell lebensfähige Populationen erhalten kann (fundamentale Nische), spielen natürlich auch inter- und intraspezifische Konkurrenz eine Rolle für die Substratwahl (realisierte Nische) (FRANQUET 1999). Diese Tatsache macht sich in Fließgewässern beispielsweise nach starken Hochwässern bemerkbar, bei denen Initialbesiedler (Pionierarten) nach einer gewissen Zeit von konkurrenzstärkeren Arten verdrängt werden können (BOHLE 1995). PECKARSKY (1983) (in BOHLE 2000) nimmt an, dass bei günstigen Lebensbedingungen für Organismen, die in hohen Abundanzen auftreten, biologische Interaktionen wie Konkurrenz oder Prädation für die Mikrohabitatwahl bestimmend sind, während bei ungünstigen Lebensbedingungen dagegen abiotische Faktoren dominieren.

11.2.8 Präferenzen der Taxa zu Strömungsgeschwindigkeit und Substratbeschaffenheit

Die Substratbeschaffenheit hängt sehr stark von der Strömungsgeschwindigkeit ab, so dass es sehr schwierig und oft unmöglich ist, den Einfluss beider Umweltfaktoren getrennt voneinander zu betrachten. Die Ergebnisse zeigten jedoch, dass das Antwortverhalten der Taxa im Weichsubstrat auf Strömung und Substrat nicht immer gleichläufig war. Die Ergebnisse der GLM ließen eine Einteilung in sechs Gruppen zu (Tab. 73):

Tab. 73. Einteilung der Taxa nach Strömungs- und Substratpräferenzen

Gruppe	Substrat (Korndurchmesser) [mm]	Strömungs- geschwindigkeit [m/s]	Taxon
1	feiner Sand (ca. 0,09)	niedrig (0 bis 0,2)	<i>Cricotopus (Isocladius) sylvestris</i> <i>Chironomus</i> sp. <i>Dicrotendipes nervosus</i> <i>Polypedilum nubeculosum</i> <i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i> <i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i> <i>Rheopelopia ornata</i> (Eklektorproben)
2	feiner Kies (ca. 4,00)	hoch (>= 0,6)	<i>Rheopelopia ornata</i> (Aquarienproben) <i>Orthocladius</i> sp. Orthoclaadiinae <i>Robackia demeijerei</i>
3	feiner Kies (ca. 4,00)	mittel (0,3 bis 0,4)	<i>Nanocladius bicolor</i> <i>Rheotanytarsus</i> sp.
4	feiner Sand (ca. 0,09)	keine Präferenz	<i>Polypedilum (P.) cultellatum</i>
5	keine Präferenz	niedrig (0 bis 0,2)	<i>Procladius choreus</i> <i>Cricotopus (C.) annulator</i> <i>Chironomus</i> cf. <i>cingulatus</i> <i>Glyptotendipes pallens</i> <i>Polypedilum convictum</i> <i>Microtendipes confinis</i> <i>Cladotanytarsus mancus</i> <i>Tanytarsus fimbriatus</i> <i>Tanytarsus eminulus</i> <i>Tanytarsus ejuncidus</i> <i>Parachironomus frequenz</i>
6	keine Präferenz	hoch (>= 0,6)	<i>Tanytarsus fimbriatus</i> <i>Tanytarsus heusdensis</i> <i>Cricotopus (C.) bicinctus</i> <i>Cricotopus (C.) triannulatus</i>

Das Antwortverhalten der Taxa der ersten beiden Gruppen auf Strömung und Substrat war gleichläufig. Die 1. Gruppe besteht aus sieben Arten, die Präferenzen zu sandigem Substrat und niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten zeigten. Zur 2. Gruppe gehören vier Arten, die kiesiges Substrat und hohe Strömungsgeschwindigkeiten bevorzugten.

Die Verbreitung der neun Arten, die den beiden ersten Gruppen angehören, ist also von beiden Umweltfaktoren abhängig. *Rheopelopia ornata* tritt in beiden Gruppen auf. In den Eklektorproben zeigte sie Präferenzen zu sandigem Substrat und niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten und in den Aquarienproben zu kiesigem Substrat bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten. Offensichtlich sucht die Art vor dem Schlüpfen strömungsberuhigte Bereiche auf. Da Puppen der Tanytopodinae und damit von *Rheopelopia ornata* sehr beweglich sind, ist es möglich, dass sie erst im Puppenstadium ihr Larvenhabitat verlassen.

Nanocladius bicolor und *Rheotanytarsus* sp. bevorzugten im kiesigen Substrat mittlere Strömungsgeschwindigkeiten und bilden damit die 3. Gruppe.

Zur 4. Gruppe gehört *Polypedilum (P.) cultellatum*. Da sie hohe Abundanzen im feinen Substrat zeigte, aber keine Strömungspräferenzen erkennen ließ, kann man davon ausgehen, dass für diese Art die Substratbeschaffenheit der wichtigste Faktor für ihre Verbreitung ist - unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit.

Die Verbreitung der Taxa in der 5. und 6. Gruppe war unabhängig von der Substratbeschaffenheit. Der 5. Gruppe gehören elf Arten an, die allesamt hohe Abundanzen bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten und keine Substratpräferenzen erkennen ließen. Die 6. Gruppe schließlich setzte sich aus vier Arten zusammen, die unabhängig von der Substratbeschaffenheit hohe Strömungsgeschwindigkeiten präferierten. Beobachtungen, dass *Cricotopus (C.) bicinctus*, die dieser Gruppe angehört, keine Substratpräferenzen zeigte, decken sich mit Ergebnissen von BAZZANTI (2000), der sie als Indikator für hohe organische Verschmutzung, ohne Substratpräferenzen in sandigen Flüssen bezeichnet.

Nach den vorliegenden Ergebnissen kann festgestellt werden, dass von insgesamt 29 Taxa 27 Taxa Strömungspräferenzen und 14 Taxa Substratpräferenzen zeigten. Somit ist für die meisten der in den Bühnenfeldern gefundenen Chironomiden die Strömungsgeschwindigkeit der wichtigste Umweltfaktor. Taxa, die niedrige Strömungsgeschwindigkeiten präferierten, waren oft indifferent gegenüber der Substratbeschaffenheit. Dies liegt vermutlich daran, dass bei niedriger Strömung keine Gefahr besteht, verdriftet zu werden. Die Chironomiden müssen ihre Röhren nicht an stabilem Substrat festheften oder strömungsberuhigte Stellen auf der Leeseite von Kieselsteinen aufsuchen, was bei stärkerer Strömung der Fall ist. Dies wiederum lässt vermuten, dass für viele Chironomiden das Substrat vorwiegend als Schutzschild und Schutzraum vor starker Strömung dient.

11.2.8.1 Vergleich der Präferenzen im Weichsubstrat und auf Hartsubstrat

Einige Taxa zeigten Strömungspräferenzen sowohl im Weichsubstrat als auch auf Hartsubstrat. Zu diesen gehörten *Nanocladius bicolor* und *Rheotanytarsus* sp. Sie zeigten hohe Abundanzen bei mittleren Strömungsgeschwindigkeiten im kiesigen Substrat und bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten auf Hartsubstrat. Hartsubstrat bietet den Tieren die Möglichkeit, strömungsberuhigte Bereiche aufzusuchen, so dass angenommen werden kann, dass beide Arten, wie auch die meisten anderen Fließgewässertiere, nicht direkt die Steinoberfläche besiedelten, über der die Strömungsgeschwindigkeit gemessen wurde. Möglicherweise finden die Arten ein besseres Futterangebot an Steinen, die stärkerer Strömung ausgesetzt sind. *Rheotanytarsus* sp. ist als passiver Filtrierer auf Strömung angewiesen, und *Nanocladius bicolor* gilt als Weidegänger, der eventuell fädige Grünalgen, die auf Steinen in stärkerer Strömung wachsen, als Nahrung bevorzugt.

Orthocladius sp., Tanytarsini und Chironomiden Puppen zeigten Präferenzen zu hohen Strömungsgeschwindigkeiten bei beiden Substrattypen. Alle drei Taxa konnten als Larven nicht genauer bestimmt werden. Deshalb ist es möglich, dass im Weichsubstrat andere Arten gefunden wurden als auf Hartsubstrat.

Dicrotendipes nervosus bevorzugte niedrige Strömungsgeschwindigkeiten bei beiden Substrattypen. Diese Art könnte als Substratubiquist mit Präferenz für niedrige Strömungsgeschwindigkeiten bezeichnet werden.

11.2.9 Verhalten ausgewählter Arten auf Strömung und Substrat mit Literaturvergleich

Im Folgenden wird auf das Verhalten der in den GLM aufgeführten Arten bei bestimmten Strömungsgeschwindigkeiten und bestimmter Sedimentbeschaffenheit eingegangen. Weiterhin werden die eigenen Beobachtungen mit Literaturdaten verglichen. Die

Literaturrecherche machte deutlich, dass zur Mikrohabitatsituation der meisten Chironomidenarten nur sehr geringe Kenntnisse vorliegen. Unterschiedlichste Fundortangaben der einzelnen Autoren lassen annehmen, dass viele Arten in Mikrohabitaten wie z.B. an Pflanzenwurzeln oder tief im Sediment leben.

Die hier u.a. verwendeten autökologischen Einstufungen von MOOG (1995) und dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) stellen zumindestens ein grobes Bewertungsinstrument dar.

TANYPODINAE

Procladius choreus

P. choreus zeigte bei den Eklektorproben ein Optimum bei Strömungsgeschwindigkeiten um 0 m/s. Gegenüber dem Substrat zeigte die Art kein signifikantes Verhalten. Auch in der Literatur wird *P. choreus* als eine Stillwasserart bezeichnet, die häufig auch in träge bis langsam fließenden Gewässern vorkommt (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996). Nach VERDONSCHOT et al. (1992) leben Arten dieser Gattung vorwiegend in Flachlandflüssen. Die Ernährungsweise ist überwiegend räuberisch, wobei sie auch als Detritus- und Sedimentfresser gilt (MOOG 1995).

Rheopelopia ornata

Bezüglich der Sedimentbeschaffenheit scheint die räuberisch lebende Tanypodinae ein Ubiquist zu sein, da sie in den Bühnenfeldern sowohl im Weichsubstrat als auch auf Harts substrat in hohen Abundanzen auftrat. Im Weichsubstrat zeigte die Art bezüglich der Strömungsgeschwindigkeit und der Sedimentbeschaffenheit unterschiedliches Verhalten. In den Eklektorproben trat sie bei den geringsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten und im schlammig bis sandigen Substrat am häufigsten auf. Bei den Benthosproben wurde sie nicht in die GLM aufgenommen, da sie in nur sechs Proben gefunden wurde. Man kann jedoch davon ausgehen, dass die Larven kiesiges Substrat bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten bevorzugen, da fünf der sechs Proben diesen Werten zugeordnet waren. Die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen Eklektorproben und Benthosproben deuten darauf hin, dass sich die Larven zum Schlüpfen in strömungsberuhigte Gewässerabschnitte begeben. Beobachtungen, dass sich Chironomidenlarven kurz vor dem Schlüpfen in andere Gewässerabschnitte begeben, wurden auch von SCHMID (1992a) gemacht. Die Tatsache, dass Larven aus Probestellen mit kiesigem Substrat und erhöhter Strömungsgeschwindigkeit in den Aquarien bei den eher stillwasserähnlichen Bedingungen vermehrt schlüpfen, lässt vermuten, dass die Larven von *R. ornata* zur weiteren Entwicklung strömungsberuhigte Bereiche benötigen, unabhängig von der Substratbeschaffenheit. Auf Harts substrat zeigte *R. ornata* keine Präferenz zu bestimmten Strömungsgeschwindigkeiten. Dies liegt offensichtlich daran, dass die Tiere an Bühnensteinen die Möglichkeit haben, sich zum Schlüpfen an strömungsberuhigte Stellen zurückzuziehen. Nach BECKER (1994) besiedeln die Larven im Rhein bevorzugt die Steine am Ufer, treten aber genauso auf sandigem, kiesigem und steinigem Substrat an der Sohle auf. SCHÖLL & BALZER (1989) zählen sie zu den dominierenden Arten in der Elbe. Nach REISS (1968) kommt sie vorwiegend auf Steinen vor.

ORTHOCLADIINAE

Cricotopus (l.) sylvestris besiedelte in den Bühnenfeldern hauptsächlich schlammiges Substrat und wurde häufig auf den Bühnensteinen der Elbe gefunden. Im Weichsubstrat zeigte die Art bei Strömungsgeschwindigkeiten um ca. 0,1 m/s ihre höchste Individuendichte.

Die Präferenz für schlammiges Substrat deckt sich mit Untersuchungen von FRANQUET (1999). Nach HIRVENOJA (1973) ist die Art hauptsächlich in Habitaten mit reichlicher Vegetation, wo die Larven Pflanzen, Steine oder auch den Bodenschlamm besiedeln, anzutreffen. Nach LESAGE & HARRISON (1980) besiedeln die Larven bevorzugt Algenaufwuchs auf Steinen und Kies in der Strömung. Nach Untersuchungen von MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990) zeigt die Art ein sehr indifferentes Verhalten gegenüber Strömungsgeschwindigkeiten und ist bei Strömungen zwischen 0,0 und 0,5 m/s zu finden. Nach MOOG (1995) zeigt sie höchste Abundanzen im Litoral und ernährt sich vorwiegend als Weidegänger.

Cricotopus (C.) annulator

Auf dem Hartsubstrat der Aquarienproben zeigte die Art signifikant hohes Auftreten bei stillwasserähnlichen Bedingungen. Im Weichsubstrat trat sie subdominant auf, zeigte aber kein signifikantes Verhalten gegenüber Sedimentbeschaffenheit und Strömung. Nach der Literatur besiedelt sie alle Fließgewässer von der Quelle bis zu großen Flüssen in verschiedensten Substraten (SUBLETTE et al. 1998, SUBLETTE 1973) und ernährt sich vorwiegend als Weidegänger (MOOG 1995).

Cricotopus (C.) bicinctus

In den Bühnenfeldern trat *C. bicinctus* vorwiegend bei Strömungen um 0,6 m/s auf. Nach der Literatur bevorzugt die eurytherme und eurytope Art, deren Larven im Bewuchs von Steinen, Wasserpflanzen oder ähnlichem Substrat leben, Fließgewässer, kommt aber auch in stehenden Gewässern, temporären Kleingewässern, Pfützen und Teichen vor (REISS 1968, LEHMANN 1971, FITTKAU & REISS 1978). Nach WUNSCH (1997 und 1998) zählt die als euryhalin bezeichnete Art zu den dominanten Arten in der salzbelasteten Oberweser. Sie tritt gleichermaßen im Epipotamal, Epirhithral, Metarhithral, Hyporhithral, Hypokrenal, Litoral und Metapotamal auf und ernährt sich vorwiegend als Weidegänger (MOOG 1995), was ihre hohen Abundanzen auf Hartsubstrat erklärt.

Cricotopus (C.) triannulatus

Wie *C. bicinctus* trat *C. triannulatus* bei den eigenen Untersuchungen in größten Individuendichten bei Strömungen um 0,6 m/s auf. MOOG (1995) und das BAYERISCHE LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) zählen *C. triannulatus* zum Hauptbewohner des Hyporhithrals und Epipotamals. Nach dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) wird sie als rheo- bis limnophile Art bezeichnet, die vorwiegend in ruhigen Zonen von Fließgewässern bzw. in langsam bis träge fließenden Gewässern zu finden ist. Auch nach MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990) ist sie am häufigsten in großen Flüssen zu finden. *C. triannulatus* ist aus Bächen, Flüssen, Seen, Brackwässern und Ästuaren bekannt (HIRVENOJA 1973, FITTKAU & REISS 1978). Nach CASPERS & SCHLEUTER (1986) kommt sie auch im Krenal vor. Sie ernährt sich wie *C. bicinctus* vorwiegend als Weidegänger.

Nanocladius bicolor

besiedelte in den Bühnenfeldern hauptsächlich die Bühnensteine und zeigte dort bei Strömungsgeschwindigkeiten um 1 m/s höchste Abundanzen. Im Weichsubstrat trat sie dagegen in signifikant hohen Dichten bei Strömungen zwischen 0,3 und 0,4 m/s auf. BECKER (1994) fand die Art auf sandigem, steinigem Substrat und Steinen und zahlreich auf kiesigem Substrat. Nach LEHMANN (1971) besiedeln die Larven Steine, Pflanzen oder schlammigsteiniges Sediment. Nach anderen Literaturangaben kommt sie in großen Flüssen (MOLLER

PILLOT & BUSKENS 1990), bzw. im Litoral von Stillgewässern (MOOG 1995) vor. Nach REISS (1968) und CASPERS & SCHLEUTER (1986) lebt die euryöke Art bevorzugt im Potamal, aber auch in Seen (FITTKAU & REISS 1978) und Mooren (BRUNDIN 1949). Nach VERDONSCHOT et al. (1992) leben Arten dieser Gattung vorwiegend in Flachlandflüssen. Sie gilt als Detritusfresser und Weidegänger (MOOG 1995).

Orthocladius (Orthocladius) sp.

Orthocladius sp. wurde vorwiegend auf Buhnensteinen und im kiesigen Substrat gefunden. Auf Harts substrat zeigte sie höchste Individuendichten bei hohen Fließgeschwindigkeiten um 1 m/s. Nach dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) gilt die Art als rheo- bis limnophil und besiedelt vorwiegend das Rhithral von Fließgewässern. MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990) ordnen Arten dieser Gattung dagegen als Bewohner langsam fließender Bäche bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,1 bis 0,5 m/s an. Nach BECKER (1994) besiedeln Larven dieser Gattung im Rhein Steine und kiesiges Substrat. Arten der Gattung *Orthocladius* (*O.*) sp. gehören überwiegend zu den Detritusfressern, ernähren sich aber auch als Weidegänger (MOOG 1995, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996).

***Tvetenia* sp.**

Die Gattung wurde ausschließlich auf Buhnensteinen gefunden und zeigte dort höchste Abundanzen bei den höchsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten um 1 m/s. Nach MOOG (1995) treten Arten dieser Gattung vorwiegend im Rhithral und Epipotamal auf und ernähren sich hauptsächlich als Weidegänger.

CHIRONOMINAE (CHIRONOMINI)

***Chironomus* sp.**

Chironomus sp. trat nach den eigenen Untersuchungen vorwiegend in feinkörnigem Substrat und bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,0 und 0,1 m/s auf. Auch nach Untersuchungen von FRANQUET (1999) wurden Arten dieser Gattung vorwiegend in schlammigem Substrat gefunden. Viele *Chironomus*-Arten können aufgrund ihres Hämoglobingehaltes Orte mit geringem Sauerstoffgehalt besiedeln (PLATZER SCHULTZ 1974). Nach MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990) ist *Chironomus* sp. bezüglich der Strömung indifferent und kommt bei allen Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,0 und 0,8 m/s vor. Hierbei ist zu beachten, dass sich unter der Bezeichnung sp. viele Arten verbergen können. In der Liste von MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990) wurden nur drei *Chironomus*arten auf Artniveau angegeben. Es gibt aber sehr viel mehr Arten dieser Gattung. Die Ernährungsweise der *Chironomus*-Arten ist vielfältig und beinhaltet vorwiegend aktive Filtrierer, Weidegänger und Zerkleinerer (MOOG 1995 & BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996).

Chironomus* cf. *cingulatus

Chironomus cf. *cingulatus* zeigte höchste Abundanzen bei stillwasserähnlichen Bedingungen.

Die euryöke (CASPERS & SCHLEUTER 1986), halophile (FRITZ 1982) Art ist bekannt aus Bächen, Flüssen, temporären Kleingewässern, Pfützen, Teichen, Brackwässern und Ästuaren (FITTKAU & REISS 1978).

Cryptochironomus albofasciatus

Cryptochironomus albofasciatus zeigte höchste Abundanzen bei

Strömungsgeschwindigkeiten von 0,6 m/s im Weichsubstrat der Benthosproben. In den Eklektorproben trat sie in höchsten Abundanzen im schlammigen Substrat auf. Nach der biozönotischen Einteilung von MOOG (1995) kommt *C. albofasciatus* vorwiegend im Litoral vor. Auch nach REISS (1968) sind Larven dieser Art ausgeprägte Litoralbewohner und besiedeln dort bewuchsfreie Sandflächen. Die Art ernährt sich vorwiegend räuberisch (MOOG 1995).

Dicrotendipes nervosus

Die Art zeigte in den Eklektorproben im schlammigen Substrat und auf den Bühnensteinen in strömungsberuhigten Gewässerabschnitten höchste Abundanzen. Dies deckt sich mit Untersuchungen von REISS (1968), THIENEMANN (1974), FRANQUET (1999) und WUNSCH (1997), wonach *D. nervosus* vorwiegend auf Steinen vorkommt und auch im Schlamm zu finden ist. Auch ihre bevorzugte Ernährungsweise als Weidegänger und Detritusfresser stimmt mit der Substratwahl überein. Von SCHÖLL & BALZER (1998) wurden Imagines dieser Art hauptsächlich in schlammigen bis fein sandigen Sedimenten gefunden, und auch nach REISS (1968) besiedeln Larven dieser Art bewuchsfreie Sandflächen. Gegenüber der Strömung zeigt die Art nach Literaturangaben im Gegensatz zu den eigenen Untersuchungen ein eher euryökes Verhalten. Nach Angaben von MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990) ist *D. nervosus* vorwiegend in großen Flüssen zu finden, während in MOOG (1995) das Epipotamal und das Litoral als Hauptlebensraum angegeben wird. Nach CASPERS & SCHLEUTER (1986) ist diese erytherme und eurytope Art aus Seen, Quellen, Flüssen, perennierenden Kleingewässern und Radspuren mit temporärer Wasserführung bekannt.

Glyptotendipes pallens

Die Art zeigte bei den niedrigsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten höchste Abundanzen. Auch nach der Literatur bevorzugt die limnophile Stillwasserart stehende Gewässer und lenitische Fließgewässerabschnitte (CASPER & SCHLEUTER 1986, MOOG 1995), wo sie vorwiegend Moose und höhere Wasserpflanzen besiedelt (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996). Nach (MOOG 1995) ernährt sie sich vorwiegend als aktiver Filtrierer, während das BAYERISCHE LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) ihre bevorzugte Ernährungsweise als Zellstecher und Blattminierer angibt. Man kann sie also als Nahrungsgeneralisten bezeichnen, der sich in den untersuchten Bühnenfeldern sicher als Filtrierer ernährt, da Makrophyten hier fehlen.

Microtendipes confinis

zeigte höchste Abundanzen bei den niedrigsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten. Nach MOOG (1995) kommt sie in ähnlicher Häufigkeit im Epi- und Hyporhithral, Epipotamal und Litoral vor.

Parachironomus frequenz

In den Bühnenfeldern zeigte *Parachironomus frequenz* bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,1 und 0,2 m/s höchste Individuendichten. Die eurytherme, rheophile Art (CASPER & SCHLEUTER 1986) ist aus dem Potamal und dem Seenlitoral bekannt (FITTKAU & REISS 1978, CASPERS & SCHLEUTER 1986). Nach Angaben von MOOG (1995) tritt sie im Epi-, Meta- und Hypopotamal am häufigsten auf. LEHMANN (1971) sammelte sie an der Fulda aus der schlammigen Algenkruste der Steine in rasch strömenden Wasser. BECKER (1994) fand die Art ausschließlich auf Steinen oder steinigem Substrat. Sie ernährt sich vorwiegend parasitisch, ist aber auch Weidegänger und vereinzelt Detritusfresser (MOOG 1995).

Polypedilum (P.) convictum

Die Art zeigt bei den Aquarienproben signifikantes Strömungsverhalten und tritt hier bei geringer Strömung um 0,0 m/s in höchsten Abundanzen auf. Im Weichsubstrat trat sie rezedent auf und auf Harts substrat war sie nur sporadisch zu finden. Nach der Einteilung von MOOG (1995) und dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) ist die Art im Metarhithral, Hyporhithral und Epipotamal am häufigsten zu finden. Nach SIEBERT (1980) besiedeln die Larven schlammige und sandige Substrate.

Polypedilum (P.) nubeculosum* und *Polypedilum (P.) cultellatum

Nach Untersuchungen von MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990) tritt *P. nubeculosum* bei Strömungsgeschwindigkeiten von 0,05 m/s bis 0,5 m/s häufig auf. In den Bühnenfeldern zeigten die beiden Arten dagegen ausschließlich höchste Abundanzen bei Strömungen zwischen 0,0 und 0,1 m/s und besiedelten bevorzugt schlammiges Substrat. Auch nach LEHMANN (1971) und FRANQUET (1999) haben die eurythermen und eurytopen Larven ihre höchsten Abundanzen in schlammigen Sedimenten. Die Ernährungsweise der Arten als hauptsächlich Detritusfresser (MOOG 1995) deckt sich mit der Habitatpräferenz. Sie besitzen wie Chironomus-Arten Hämoglobin (FRANQUET 1999), was es ihnen ermöglicht auch mit niedrigen Sauerstoffkonzentrationen auszukommen.

Robackia demeijerei

Robackia demeijerei zeigte höchste Abundanzen bei einem Korndurchmesser um 4 mm und bei Strömungsgeschwindigkeiten um 0,6 m/s. Durch starke Strömung bewegtes, grob sandiges bis fein kiesiges Substrat war vorwiegend im Bf 4 bei Ekm 425 zu finden. Nach SCHÖLL & BALZER (1998) besiedeln die Larven von *Robackia demeijerei* sandige Substrate im Potamon großer Flüsse, deren Form und Lage sich, bedingt durch wechselnde Wasserführung häufig ändert und die deshalb für viele andere Arten zu instabil sind (siehe auch PINDER & REISS 1983, PINDER 1995, BARTON & SMITH 1984). Nach BAZZANTI (2000) und Rempel (2000) meidet die Art sehr feine Sedimente mit hohem organischem Gehalt. Bedingungen also, die sich bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten einstellen. BARTON & LOCK (1979) und BARTON (1980) in WARD (1992) fanden dagegen nicht weiter determinierte Arten der Gattung *Robackia* in hohen Abundanzen in feinem und mittlerem Sand, zusammen mit Arten der Gattung *Paracladopelma*, *Polypedilum* und *Cryptochironomus*. In grobem Sand (> 0,3 mm) zeigte dagegen nach o.g. Autoren ausschließlich die Gattung *Rheosmittia* sehr hohe Abundanzen. Bei den eigenen Untersuchungen wies *Robackia demeijerei* u.a. gemeinsam mit *Rheopelopia ornata*, *Orthocladius* sp. und *Rheotanytarsus* sp. im fein kiesigem Substrat signifikant hohe Abundanzen auf. Dagegen traten *Polypedilum (P.) nubeculosum* und *Polypedilum (P.) cultellatum* und *Cryptochironomus albofasciatus* im fein sandigem Substrat in hohen Individuendichten auf.

Robackia demeijerei besitzt mit ihrem sehr schlanken, länglichen Körper und reduzierten vorderen Füssstummeln eine sehr gute morphologische Anpassung an enge Lückensysteme im Sediment und hohe Strömungsgeschwindigkeiten. Zusätzlich kann sie sich mit Hilfe eines Speicheldrüsensekrets, das sie in großen Mengen produziert, sehr effektiv am Substrat festheften (SOLUK 1985). Nach MOOG (1995) ernähren sich die Larven vorwiegend als Detritusfresser und im geringen Maße als Weidegänger und Räuber. Da in dem stark durchströmten Bf 4 der Anteil an sedimentierten Detritus gering war kann angenommen werden, dass *Robackia demeijerei* sich hier vorwiegend räuberisch von dem Oligochaet *Propappus volki* ernährt, der in den stark durchströmten Bühnenfeldern hohe Abundanzen

zeigte (DIRKSEN in Vorb.). Da Fische bevorzugt strömungsberuhigte Bühnenfelder der Elbe besiedeln, fehlten unter Umständen Prädatoren und Nahrungskonkurrenten von *Robackia demeijerei*, so dass sie in hohen Abundanzen auftreten konnte.

CHIRONOMINAE (TANYTARSINI)

Cladotanytarsus nigrovittatus

Nach eigenen Untersuchungen zeigt die Art höchste Abundanzen aus den Eklektorproben bei einer Strömungsgeschwindigkeit um 0,0 m/s. Auch nach Angaben von MOOG (1995) tritt sie am häufigsten im Litoral von Stillgewässern auf. Larven dieser Gattung gelten als Substratspezialisten auf sandigen Feinsedimenten (CASPER 1983, BRUNDIN 1949). Dieses Verhalten kann durch die eigenen Untersuchungen bestätigt werden.

Cladotanytarsus mancus

kam wie *C. nigrovittatus* bei den niedrigsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten am häufigsten vor.

***Rheotanytarsus* sp.**

Arten dieser Gattung traten in den Bühnenfeldern häufig auf den Bühnensteinen und im kiesigen Substrat auf. Die bevorzugte Strömungsgeschwindigkeit lag bei 1,0 m/s auf den Bühnensteinen und zwischen 0,3 und 0,4 m/s im Weichsubstrat. Auch nach der Studie des BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) bevorzugten Arten dieser Gattung Grobkies und Steine bis Felsblöcke. Nach der Literatur handelt es sich um rheophile Arten, die im Rhithral und Potamal gehäuft auftreten (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996). Da sie sich vorwiegend als passive Filtrierer ernähren (MOOG 1995), sind sie auf Strömung angewiesen. Sie bauen ganz charakteristische Fangnetze, bei denen sich ihre auf dem Substrat festgeheftete Gehäuseöffnung am Vorderrand in mehrere starre Fäden fortsetzt, zwischen denen die Larven ein klebriges Gespinst auslegt (PLATZER-SCHULTZ 1974, KULLBERG 1988, KOHLER 1992).

Tanytarsus eminulus

Die Art kam bei den niedrigsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten am häufigsten vor. Nach MOOG (1995) und dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) kommt *T. eminulus* vorwiegend im Metarhithral, Hyporhithral und Epipotamal vor. Auch LEHMANN (1971) bezeichnet die Art als „Charakterart des Rhithrals der Fulda“. Sie ernährt sich vorwiegend von Detritus und Sediment (MOOG 1995). Unter Umständen schafft sie sich in stärker strömenden Bereichen ein eigenes strömungsberuhigteres Mikrohabitat, indem sie sich beispielsweise eingräbt oder ihre Röhren im Strömungsschatten größerer Steine des Rhithrals anheftet.

Tanytarsus ejuncidus

Die Art kam in den Bühnenfeldern bei den niedrigsten gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten am häufigsten vor. Auch nach Literaturangaben findet man sie am häufigsten im Sublitoral (MOOG 1995, CASPERS 1983), wo sie sich hauptsächlich von Detritus ernährt (MOOG 1995).

Tanytarsus fimbriatus

Auf Harts substrat zeigte *Tanytarsus fimbriatus* höchste Abundanzen bei Geschwindigkeiten um 0,0 m/s. Bei den eigenen Untersuchungen zeigte sie keine Substratpräferenz, nach der Literatur werden jedoch oft Fundorte im schlammigen Substrat angegeben (ARMITAGE 1970,

HEINIS et al. 1994, Chaloner 1996). Nach Moog (1995) findet man sie wie *Tanytarsus ejuncidus* am häufigsten im Sublitoral.

Tanytarsus heusdensis

Tanytarsus heusdensis zeigte bei den Eklektorproben ein signifikantes Abundanzmaximum bei Strömungsgeschwindigkeiten um 0,6 m/s. Nach MOOG (1995) zeigt sie sogar deutliche Präferenz zum Eukrenal. Nach THIENEMANN (1974) kommt sie vor allem im Schlamm und Sand fließender Gewässer der Ebene vor, was mit ihrer Ernährungsweise als Detritusfresser (MOOG 1995) übereinstimmt.

12 Zusammenfassung

In den Jahren 1998 und 1999 wurde die Chironomidenfauna in fünf Bühnenfeldern der unteren Mittelbe untersucht. Diese nah beieinanderliegenden Bühnenfelder unterschieden sich in ihren Strömungs- und Substratverhältnissen.

Ziel der Untersuchung war es, mit Hilfe der direkten Gradientenanalyse unter mehreren aufgenommenen Umweltfaktoren die Faktoren zu ermitteln, die für die Verteilung der Chironomiden verantwortlich waren. Nach Selektion der besiedlungsbestimmenden Faktoren, wurde mit Hilfe des Generalized Linear Models (GLM) die Art des Zusammenhangs der einzelnen entscheidenden Umweltfaktoren mit jeweils einzelnen Taxa beschrieben und diskutiert.

In beiden Untersuchungsjahren konnten 93 Taxa gefunden werden, wobei Taxa aus der Unterfamilie der Chironominae überwogen. In Bühnenfeldern mit großem Strömungs- und Substratmosaik wurden mehr Taxa gefunden als in gleichförmig gestalteten Bühnenfeldern. In strömungsberuhigten, ufernahen Bereichen wurden im Gegensatz zu den stärker durchströmten Bereichen neben dominanten auch viele rezedente Arten gefunden.

Zur Erfassung der Chironomidenfauna wurden drei Methoden verwendet:

- Benthosprobenahme
- Aquarienaufzuchten
- Eklektorfänge

Ein Vergleich des Arten- und Dominanzspektrums der drei Erfassungsmethoden ergab unterschiedliche Ergebnisse und führte zu der Erkenntnis, dass keine der Methoden alleinig geeignet ist, das gesamte Artenspektrum der Chironomiden in Fließgewässern zu erfassen. Dies hat folgende Gründe:

1. Die Larven, die durch Benthosaufsammlungen erhalten werden, können oft nicht auf Artniveau bestimmt werden, was die Aussage zu autökologischen Ansprüchen unmöglich macht. Außerdem besteht keine Sicherheit darüber, ob sich die Larven an ihrem Fundort bis zu Imagines entwickeln. Dies zeigte beispielsweise das Fehlen von *Robackia demeijerei* und *Tanytus punctipennis* in den Aquarienproben und das geringe Auftreten in den Eklektorproben. In den Benthosproben waren dagegen beide Arten in hohen Abundanzen vertreten.
2. Mit Hilfe von Aquarienaufzuchten und Eklektorfängen erhält man adulte Chironomiden, die auf Artniveau bestimmt werden können, was autökologische Aussagen ermöglicht. Ein Vergleich beider Methoden zeigte jedoch Unterschiede, denn in den Eklektorproben waren fast doppelt so viele Arten enthalten wie in den Aquarienproben. Besonders selten auftretende Arten wurden häufiger in den Eklektorproben gefunden. Der Einsatz von Eklektoren ist somit geeignet, selten auftretende Arten zu erfassen.

Um den Vergleich der Larven mit den Imagines zu ermöglichen, wurden Unterschiede, die durch Bestimmungsprobleme der Larven auftraten (Taxa, die bei Larvenbestimmungen beispielsweise als „Gen. sp.“ bezeichnet wurden, konnten als Imagines oft als mehrere Arten bestimmt werden) beseitigt, indem die Artenliste der Imagines dem Bestimmungsniveau der Larven angepasst wurde. Ein anschließender Vergleich ergab hohe Übereinstimmung im Artenspektrum der Benthosproben mit den Eklektorproben. Geringe Übereinstimmung dagegen lag im Artenspektrum der Benthosproben mit den Aquarienproben vor. Gründe für

diese Unterschiede sind wahrscheinlich die im Vergleich zum natürlichen Habitat veränderten Umweltbedingungen in den Aquarienaufzuchten.

Die direkten Gradientenanalysen der Chironomidenfauna mit den aufgenommenen Umweltparametern ergaben, dass Strömungsgeschwindigkeit, Substratbeschaffenheit und jahreszeitlich bedingte Faktoren bestimmend für die Verteilung der Chironomiden in den Bühnenfeldern waren.

In Flussabschnitten mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit und sandigem Substrat dominierten Detritusfresser aus dem Tribus der Chironomini (z.B. *Polypedilum nubeculosum*, *Dicrotendipes nervosus* und *Chironomus* sp.). Untersuchungsstellen mit höherer Strömungsgeschwindigkeit und kiesigem Substrat wurden dagegen vorwiegend von Weidegängern aus der Unterfamilie der Orthoclaadiinae (z.B. *Orthocladius* sp. und *Nanocladius bicolor*) besiedelt. Eine Ausnahme bildete *Robackia demeijerei*, die dem Tribus der Chironomini angehört und häufig im kiesigen Substrat mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten auftrat. Fließgewässerinsekten besitzen verschiedene Strategien zur Anpassung an unterschiedliche Strömungs- und Substratverhältnisse, die vor dem Hintergrund der Ergebnisse diskutiert wurden.

Von insgesamt 29 Taxa, die signifikantes Verhalten zu Strömung oder Substrat zeigten, wiesen 27 Taxa Strömungspräferenzen und 14 Taxa Substratpräferenzen auf. Somit ist für die meisten der in den Bühnenfeldern gefundenen Chironomiden die Strömungsgeschwindigkeit der wichtigste Umweltfaktor. Taxa, die niedrige Strömungsgeschwindigkeiten präferierten, waren oft indifferent gegenüber der Substratbeschaffenheit. Folgende Gründe können diese Tatsache erklären:

Bei niedriger Strömungsgeschwindigkeit besteht für die Chironomiden kaum Gefahr verdriftet zu werden. Die Wohnröhren müssen nicht an stabilem Substrat befestigt werden und die Larven sind nicht auf strömungsberuhigte Bereiche auf der Leeseite von großen Substratpartikeln angewiesen. Offensichtlich dient demnach vielen Chironomiden das Substrat vorwiegend als Schutz vor zu starker Strömung.

Ein Vergleich des Antwortverhaltens einzelner Taxa auf Strömung und Substrat mit der Literatur ergab einerseits viele Übereinstimmungen, zeigte jedoch andererseits, dass über die Mikrohabitatwahl von Chironomiden bislang nur geringe Kenntnisse vorliegen.

13 Literatur

- ARMITAGE, P.D (1970): The Tanytarsini (Diptera, Chironomidae) of a shallow woodland lake in South Finland, with special reference to the effect of winter conditions on the larvae. *Ann. Zool. Fenn.* 7: 313-322.
- ARMITAGE, P.D., P.S. CRANSTON & L.C.V. PINDER (eds.) (1995): *The Chironomidae. Biology and ecology of non-biting midges.* Chapman & Hall, London.
- BARTON, D.R. & SMITH, ST.M.: Insects of extremely small and extremely large aquatic habitats. Resh, V.H. & Rosenberg, D.M. *The ecology of aquatic insects* : 470-477. New York.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (BLFW) (1996): *Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. - Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 4/1996: 543 S., München.*
- BAZZANTI, M. (2000): Ecological requirements of Chironomids (Diptera: Chironomidae) on the soft bottom of the river Arrone, Central Italy. *Journal of Freshwater Ecology* 15 (3): 397 – 409.
- BECKER, C. (1995): Ein Beitrag zur Zuckmückenfauna des Rheins (Diptera: Chironomidae). - *Berichte aus der Biologie*, 265 S., (Shaker Verlag) Aachen.
- BERG, M.B., HELLENTHAL, R.A. (1992): Life histories and growth of lotic chironomids (Diptera: Chironomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 85: 578-589.
- BMBF (1995): *Forschungskonzeption: Ökologische Forschung in der Stromlandschaft Elbe (Elbe-Ökologie)*, Bonn.
- BMBF (2002): *Forschungsvorhaben Bühnen und semiterrestrische Flächen: Abschlußbericht des Verbundprojekts.* 346 S.
- BOHLE, H. W. (1995): *Spezielle Ökologie - Limnische Systeme: 1-265.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- BOHLE, H. W. (2000): Die Rolle der Autökologie für das Verständnis biozönotischer und ökosystemarer Zusammenhänge, am Beispiel des Benthos der Fließgewässer. *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 2000 (Magdeburg) (I): 9-23.*
- BRENNAN, A., WALENTOWICZ, A.T. & MC LACHLAN, A.J. (1979): Tubes and tube-building in a lotic chironomid (Diptera: Chironomidae) from the upper reaches of a spate river. *Hydrobiologia* 67: 173-178.
- BRUNDIN, L. (1949): Chironomiden und andere Bodentiere der südschwedischen Urgebirgsseen. Ein Beitrag zur Kenntnis der bodenfaunistischen Charakterzüge schwedischer oligotropher Seen. - *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 30: 1-914.
- BÜHL & ZÖFEL (2000): *SPSS Version 10. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 7. Auflage* 734 S., Addison Wesley Longman Verlag GmbH.
- CANTRELL, M.A. & A.J. MCLACHLAN (1977): Competition and chironomid distribution patterns in a newly flooded lake – *Oikos* 29: 429 – 433.
- CASPERS, N. (1983): Chironomiden-Emergenz zweier Lunzer Bäche, 1972. - *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 65 (4): 484-549, Stuttgart.
- CASPERS, N. & SCHLEUTER, A. (1986): Chironomidae des Großraums Bonn (Insecta, Diptera). - *Decheniana (Bonn)* 139, 319-329.

- CHALONER, D.T. & WOTTON, R.S. (1996): Substratum preferences by larvae of three species of midges (Diptera: Chironomidae). *Hydrobiologia* 339 (1-3): 93-99.
- COLLIER, K.J. (1993): Flow preferences of larval chironomidae (Diptera) in Tongariro river, New-Zealand. *New Zealand Journal of marine and freshwater research* 27 (2): 219-226.
- COLLIER, K.J. (1993): Flow preferences of larval chironomidae (Diptera) in Tongariro river, New-Zealand. *New Zealand Journal of marine and freshwater research* 27 (2): 219-226.
- CULP, J.M., WALDE, S.J. & DAVIES, R.W. (1983): Relative importance of substrate particle size and detritus to stream benthic macroinvertebrate microdistribution. *Canadian Journal of fisheries and aquatic sciences* 40 (10): 1568-1574.
- CUMMINS, K.W. (1962): An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *American Midland Naturalist* 67: 477 – 504.
- DETINGER-KLEMM, P.M.A. & BOHLE, H.W. (1996): Überlebensstrategien und Faunistik von Chironomiden (Chironomidae, Diptera) temporärer Tümpel. *Limnologica* 28: 403-421.
- DIRKSEN, M. (in Vorbereitung): Modellierung des organismischen Response in Bühnenfeldern der mittleren Elbe. Determinierende Umweltfaktoren des Makrozoobenthos der Elbe. Dissertation, Marburg.
- DRAKE, C.M. & ELLIOT J.M. (1982): A new quantitative air-lift sampler for collecting macroinvertebrates on stony bottoms in deep rivers. *Freshwater biology* 13: 545-559.
- DRAKE, C.M. & ELLIOT, J.M. (1983): A comparative study of three air-lift samplers used for sampling benthic macro-invertebrates in rivers. *Freshwater biology* 12: 511-533.
- DRAKE, C.M., WINSTANLEY, B., OHNSTAD, F.R. & ELLIOT, J.M. (1982): The Freshwater Biological Association Air Lift Sampler, User Manual. *Freshwater Biological Association Occasional Publication* 22: S..Ambleside.
- DREYER, U. (1994): Untersuchungen zum Mikrozoobenthos in der Mittel-elbe. *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 1994 (Hamburg)* : 607-611. Krefeld.
- FESL, C. (2002a): Biodiversity and resource use of larval chironomids in relation to hydrophysical factors in a large river. *Freshwater Biology* 47 (6): 1065-1088.
- FESL, C. (2002b): Niche-oriented species-abundance models: different approaches of their application to larval chironomid (Diptera) assemblages in a large river. *Journal of animal ecology* 71 (6): 1085-1094.
- FISCHER, H.S. & BEMMERLEIN_LUX, F.A. (1992): Kursskript - Multivariate Methoden in der Ökologie. Version 8, Nürnberg.
- FITTKAU, E .J. & REISS, F. (1978): Chironomidae. In: Illies, J. (Hrsg.): *Limnofauna Europaea*, 2. Aufl., 404-440. - Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag).
- FRANQUET, E. & PONT, D. (1996): Pupal exuviae as descriptors of the chironomid (Diptera: Nematocera) communities of large rivers. *Archiv für Hydrobiologie* 138 (1): 77-98.
- FRANQUET, E. (1999): Chironomid assemblage of a Lower-Rhone dike field: relationships between substratum and biodiversity. *Hydrobiologia* 397: 121-131.
- FRENCH, A., CHESS, S. (2002) Canonical Correlation & Principal Components Analysis. in: Online@SFSU San Francisco State University
<http://userwww.sfsu.edu/~efc/classes/biol710/pca/ccandpca.htm>

- FRENZEL, P. (1990): The influence of chironomid larvae on sediment oxygen microprofiles. *Archiv für Hydrobiologie* 119 (4): 427 – 437.
- FRITZ, H.-G. (1982): Ökologische und systematische Untersuchungen an Diptera/Nematocera (Insecta) in Überschwemmungsgebieten des nördlichen Oberrheins. - Ein Beitrag zur Ökologie großer Flussauen. - Dissertation, Darmstadt.
- GARCIA, X.F., LAVILLE, H. (2000): First inventory and faunistic particularities of the chironomid population from a 6(th) order section of the sandy River Loire (France). *Archiv für Hydrobiologie* 147 (4): 465-484.
- HEINIS, F., J. SWEERTS & E. LOOPIK (1994): Micro-environment of chironomid larvae in the littoral and profundal zones of Lake Maarsseveen I, The Netherlands. *Arch. Hydrobiol.* 130: 53-67.
- HILDEBRAND (1974): The relation of drift to benthos density and food level in an artificial stream. *Limnology and Oceanography* 19: 951-957.
- HIRABAYASHI, K., WOTTON, R.S. (1998): Organic matter processing by chironomid larvae (Diptera: Chironomidae). *Hydrobiologia* 382: 151-159.
- HIRVENOJA, M. (1973): Revision der Gattung *Cricotopus* van der Wulp und ihrer Verwandten (Diptera: Chironomidae). *Soc. Biol. Fenn. Vanamo Annales Zoologici Fennici* 10, 11: 1-363.
- IKSE (1994): Ökologische Studie zum Schutz und zur Gestaltung der Gewässerstrukturen und der Uferrandregionen der Elbe, Magdeburg.
- JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, C.F.J., VAN TONGEREN, O.F.R. (1987): Data analysis in community and landscape ecology. *Pudoc Wageningen*, pp. 299.
- KOHLER, S.L. (1992): Competition and the structure of a benthic stream community. *Ecological Monographs*. 62: 165 – 188.
- KONSTANTINOV, A.S. (1971): Ecological factors effecting respiration in chironomid larvae. *Limnologica* 8:127-134.
- KULLBER, A. (1988): The case, mouthparts and silk formation of *Rheotanytarsus muscicola* Kieffer (Chironomidae: Tanytarsini). *Aquatic insects* 10: 249 – 255.
- LAWTON, J.H. & JONES, C.D. (1995): Linking species and ecosystems: Organism as ecosystem engineers. .In: Jones, C. G. & J. H. Lawton (eds.), *Linking species and Ecosystems*. Chapman & Hall, London: 141 – 150.
- LEHMANN, J. (1970): Revision der Europäischen Arten (Imagines) der Gattung *Parachironomus* Lenz (Diptera, Chironomidae). *Hydrobiologia* 36 (1): 129-158.
- LEHMANN, J. (1971): Die Chironomiden der Fulda. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 37: 466 – 555, Stuttgart.
- LESAGE, L. U. HARRISON, A.D. (1980): The biology of *Cricotopus* (Chironomidae: Orthoclaadiinae) in an algae-enriched stream: Part I. Normal biology. - *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 57 (4), 375-418, Stuttgart.
- LEUCHS H. (1986): Die Schlangelaktivität von Chironomuslarven (Diptera) aus flaschen und tiefen Gewässern und die resultierenden Wasserzirkulationen in Abhängigkeit von Temperatur und Sauerstoffangebot. *Arch Hydrobiol.* 108 (2): 281-299.
- LINDEGAARD, C., BRODERSEN, K.P. (1995): Distribution of Chironomidae (Diptera) in the river continuum. *P.S. Cranston Chironomids: from Genes to Ecosystems* : 257-271.

- MACKAY R.J. (1977): Behavior of Pycopsyche (Trichoptera: Limnephilidae) on mineral substrat in laboratory streams. Ecology 50: 191-195.
- MACKAY, A.P. (1977): Growth and development of larval chironomidae . Oikos 28: 270 – 275.
- MALICKY, H. (1981): Der Indikatorwert von Köcherfliegen (Trichoptera) in großen Flüssen. – Mitt. Dtsch.Ges. allg. angew. Ent. 3: 135-137, Bremen.
- McLachlan, A.J. & Cantrell, M.A. (1976): Sediment development and its influence on the distribution and tube structure of Chironomus plumosus L. (Chironomidae: Diptera) in a new impoundment. Freshwater Biology 6: 437-443.
- MINSHALL, G.W. (1984): Aquatic insect-substratum relationships. RESH, V.H. & ROSENBERG, D.M. The ecology of aquatic insects : 358-400. New York.
- MOLLER PILLOT, H. K. M. & H. J. VALLENDUUK (1997): Key to the larvae of Chironomus in Western Europe. RIZA rapport, Niederlande.
- MOLLER PILLOT, H.K.M. & R.F.M. BUSKENS (1990): De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). Deel C: Autoekologie en verspreiding. – Nederlandse Faunistische mededelingen 1 C: 1-85.
- MOOG (1995): Fauna Aquatica Austriaca, Lieferung Mai/95. - Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- MÜHLENBERG, M: (1993): Freilandökologie. (3. Auflage). Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden : 512 S.
- OKSANEN, J. (2002): [ORDNEWS:473] Re: Normal data. In ORDNEWS listserv discussion group <http://www.okstate.edu/artsci/botany/ordinate/ordnews.htm>
- OLIVER, D.R. (1971): Live history of the Chironomidae. Ann Rev. Entomol. 16: 211-230.
- OTTO, C. (1976): Habitat relationships in the larvae of three Trichoptera species. Archiv für Hydrobiologie 77: 505-517.
- PANIS, L.I., GODDEERIS, B., VERHEYEN, R. (1996): On the relationship between vertical microdistribution and adaptations to oxygen stress in littoral Chironomidae (Diptera). Hydrobiologia 318 (1-2): 61-67.
- PINDER, L.C.V. & F.Reiss (1983): The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the HOLARCTIC REGION. KEYS AND DIAGNOSIS. PART 1. LARVAE. ENT. SCAND. SUPPL. 19: 293-447.
- PINDER, L.C.V. (1995): The habitats of chironomids larvae. In: P.D. Armitage, P.S. Cranston and L.C.V. Pinder (eds.) The Chironomidae. Biology and ecology of non-biting midges. Chapman and Hall, London: 107-135.
- PLATZER-SCHULTZ (1974): Unsere Zuckmücken. Chironomidae. A. Ziemsen Verlag.
- QUINN, J.M., HICKEY, C.W. (1994): Hydraulic parameters and benthic invertebrate distributions in two gravel-bed New Zealand rivers. Freshwater Biology 32: 489-500.
- RABENI, C.F. & MINSHALL W. (1977): Factors affecting microdistribution of stream benthic insects. Oikos 29: 33-43.
- REISS, F. (1968): Ökologische und Systematische Untersuchungen an Chironomiden (Diptera) des Bodensees. Ein Beitrag zur lakustrischen Chironomidenfauna des nördlichen Voralpenlandes - Arch. Hydrobiol. 64 (2/3): 176-323.

- REMPEL, L.L., RICHARDSON, J.S., HEALEY, M.C. (2000): Macroinvertebrate community structure along gradients of hydraulic and sedimentary conditions in a large gravel-bed river. *Freshwater Biology* 45: 57-73.
- RÜDDENKLAU, R. (1991): Vergleich von Ergebnissen aus Emergenz-, Licht- und Handnetzfangen adulter Köcherfliegen sowie Benthosaufsammlungen verschiedener Fließgewässer im Westtharz. *Lauterbornia* H. 8: 21-40, Dinkelscherben.
- RUSE, L.P. (1992): Correlations between chironomid pupal skin collections and habitats recorded from a chalk stream. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 26: 411-417.
- SAGOVA-MARECKOVA, M. (2002): Distribution of benthic invertebrates in relationship to plant roots, sediment type and spatial scale in fishponds and slow streams. *Archiv für Hydrobiologie* 156 (1): 63-81.
- SCHEU, S. (unveröffentlicht): Ökologische Freilanduntersuchungen, Darmstadt.
- SCHMID, P.E. (1992): Community structure of larval Chironomidae (Diptera) in a backwater area of the river Danube. *Freshwater Biology* 27: 151-167.
- SCHMID, P.E. (1992): Population dynamics of resource utilization by larval Chironomidae (Diptera) in a backwater area of the River Danube. 28: 111-127.
- SCHMID, P.E. (1993): Random patch dynamics of larval Chironomidae (Diptera) in the bed sediments of gravel stream. *Freshwater Biology* 30: 239-255.
- SCHNABEL, S. & DETTINGER-KLEMM, P.M.A. (1999): Chironomiden temporärer Tümpel im Bereich der Lahnaue – faunistisch-ökologische Aspekte. *Verh. Westd. Entom. Tag 1999*: 201-208, Düsseldorf.
- SCHÖLL, F. & BALZER, I. (1998): Das Makrozoobenthos der deutschen Elbe 1992-1997. *Lauterbornia* H. 32: 113-129, Dinkelscherben.
- SHAW, D.W. & MINSHALL, G.W. (1980): Colonization of an introduced substrate by stream macroinvertebrates. *Oikos* 34: 259-271.
- SHIEH, S.H., KONDRATIEFF, B.C., WARD, J.V. (1999): Longitudinal changes in benthic organic matter and macroinvertebrates in a polluted Colorado plains stream. *Hydrobiologia* 411: 191-209.
- SMIT, H., HEINIS, F., BIJKERK, R. & KERKUM, F. (1993): *Lipiniella arenicola* (Chironomidae) compared with *Chironomus muratensis* and *Ch. nudiventris*: distribution patterns related to death and sediment characteristics, diet and behavioural responses to reduced oxygen concentrations. *Netherlands Journal of Aquatic ecology* 26: 431-440.
- SOLUK, D.A. (1985): Macroinvertebrate abundance and production of psammophilous chironomidae in shifting sand areas of a lowland river. *Can. J. Fish. aquat. Sci.* 42: 1296-1302.
- STATZNER, B. & HIGLER, B. (1986): Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. *Freshwater Biology* 16: 127-139.
- STATZNER, B., GORE, J. A., RESH, V.H. (1998): Monte Carlo simulations of benthic macroinvertebrate populations: estimates using random, stratified, and gradient sampling. *Journal of the North American Benthological Society* 17 (3): 324-337.
- SUBLETTE, J.E. (1979): Utilization of Chironomidae (Diptera) as a water quality indicator group in New Mexico, part II: a synopsis of the chironomidae of New Mexico. *New Mexico Energy Institute Report* 32: 53-128

- SUBLETTE, J.E., STEVENS, L.E., SHANNON, J.P. (1998): Chironomidae (Diptera) of the Colorado River, Grand Canyon, Arizona, USA, I: Systematics and ecology. *Great Basin Naturalist* 58 (2): 97-146.
- TER BRAAK, C.J.F., SMILAUER, P. (1998): CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for windows: Software for Canonical Community Ordination (version4). Microcomputer Power : 352 S. Ithaka, NY USA.
- THIEL, C., DIRKSEN, M.T., WUNSCH, E., AßMUTH, T., BOHLE, H.-W. (1999): Auswirkungen von Buhnen auf semiterrestrische Flächen. - Tagungsband Darmstädter Wasserbauliches Kolloquium 99 "Fließ- und Ausbreitungsprozesse in aquatischen Grenzräumen", Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Darmstadt, ISSN 1430 -3434.
- THIENEMANN, A. (1944): Die Chironomidenforschung und ihre Bedeutung für Limnologie und Biologie. *Biol. Jaarboek* : 107-154. Antwerpen.
- THIENEMANN, A. (1974): Chironomus. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden, 2. Aufl., 834 S. - Die Binnengewässer 20, Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- TOKESHI, M. (1995): Randomness and aggregation: analysis of dispersion in an epiphytic chironomid community. *Freshwater Biology* 33: 567 – 578.
- TOKESHI, M. & PINDER, L.C.V. (1986): Dispersion of epiphytic chironomid larvae and the probability of random colonization. *Int. Rev. d. ges. Hydrobiologie* 71: 613 – 620.
- TOLKAMP, H. H. (1980): Organism-substrat relationships in lowland streams. Agricultural research report 907, Agricultural University , Wageningen, The Netherlands. 211 pp.
- VAN DE BUND, W. & D. GROENENDIJK (1994): Seasonal dynamics and burrowing of littoral larvae in relation to competition and predation. – *Arch. Hydrobiol.* 132: 213 – 225.
- VAN DER MEER, J. (1997): Sampling design of monitoring programmes for marine benthos: A comparison between the use of fixed versus randomly selected stations. *Journal of sea research* 37: 167-179.
- VERDONSCHOT, P.F.M. (2001): Hydrology and substrates: determinants of oligochaete distribution in lowland streams (The Netherlands). *Hydrobiologia* 463: 249-362.
- VERDONSCHOT, P.F.M., HIGLER, L.W.G., VAN DER HOEK, W.F., CUPPEN, J.G.M. (1992): A list of macroinvertebrates in Dutch water types: A first step towards an ecological classification of surface waters based on key factors. *Hydrobiol. Bull.* 25 (3): 241-259.
- WALLACE, J.B. & MERRIT R.W. (1980): Filter-feeding ecology of aquatic insects. *Annual Review of Entomology* 25: 103-132.
- WARD, J.V. (1992): Aquatic insect ecology. 1. Biology and habitat (Lotic waters). 415 S.
- WIEDERHOLM, T. (Ed.) (1983): Chironomidae of the Holarctic region - Keys and diagnoses - Part 1: Larvae. : 1-475.
- WIEDERHOLM, T. (Ed.) (1986): Chironomidae of the Holarctic region - Keys and diagnoses - Part 2: Pupae. *Ent. Scand. Suppl.* : 1-482.
- WIEDERHOLM, T. (Ed.) (1989): Chironomidae of the Holarctic region - Keys and diagnoses - Part 3: Adult males. *Ent. Scand. Suppl.* 34: 1-457.
- WILEY, M. J. (1981): Interacting influences of density and preference on the emigration rates of some lotic chironomid larvae (Diptera: Chironomidae). *Ecological Society of American Ecology* 62 (2): 426-438.

-
- WILLIAMS, D. D., HYNES, H. B. N. (1974): The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. *Freshwater Biol.* 4: 233-256.
- WILLIAMS, D.D. (1984): The hyporheic Zone as a habitat for aquatic insects associated arthropods. Resh, V.H. and Rosenberg, D.M. *The ecology of aquatic insects* : 430-455. New York.
- WUNSCH, E. (1997): Investigations of the Chironomidae (Diptera) of the rivers Fulda, Werra and Oberweser (Germany). - *Limnologica* 27 (1): 121 - 127, Jena.
- WUNSCH, E. (1998): Die Chironomidae der Werra, Fulda und Oberweser. - In: Folgen der Reduktion der Salzbelastung in Werra und Weser für das Fließgewässer als Ökosystem. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK): 108 - 116.
- WUNSCH, E., DIRKSEN, M.T., BOHLE, H.-W., THIEL, C.: (1999): Die Benthoszönose in Buhnenfeldern der Mittelelbe und deren Abhängigkeit von Umweltfaktoren. - *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL)*.
- XUE, R. D., ALI, A. (1997): Larval case-making behaviour of a pestiferous chironomid, *Glyptotendipes paripes* (Diptera: Chironomidae), with sand grains of different sizes. *Journal of the American mosquito control association* 13 (3): 289-291.
- ZANKE, U., MEWIS, P. (2002): Morphodynamisches Simulationssystem TIMOR. *Wasser & Boden*, Jahrg. 54, Heft 4: 14-22.
- ZANKE, U.: (1994): Ein numerisches Modell für bewegliche Sohle. *Wasser & Boden* Jahrg. 46, Heft 12: 28-32.

14 Anhang

Es gilt für alle Tabellen des Anhangs:

$$\text{Abundanz } Y = \exp[b_0 + (b_1 \times X) + (b_2 \times X^2)] \quad (** \text{ alpha } = 0,05; * \text{ alpha } = 0,1)$$

Tab. A 1. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten für die GLM der Benthosproben Weichsubstrat.

Modell Zusammenfassung	Term	Strömungs- geschwindigkeit		mittl. Korndurchmesser		Jahresverlauf (Monatzz)	
		estimate	std.error	estimate	std.error	estimate	std.error
Orthoclaadiinae	b0	0,9941	0,096785	0,7588	0,193		
link function: log	b1	2,148	0,38756	0,3845	0,27281		
DF = 58	b2	--	--	0,01112	0,07612		
	Modell signif. P	**0,0121		0,0004			
	Abweichung/DF	309,8		297,3			
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	b0	-0,5749	0,23032	-0,567	0,30903	-2,005	0,64044
link function: log	b1	12,62	1,9892	0,8779	0,37196	0,5437	0,12116
DF = 57	b2	-16,5	3,4957	-0,01783	0,09593	--	--
	Modell signif. P	**0,0000		0,0000		0,0336	
	Abweichung/DF			254,4		321,7	
Tanytarsini	b0	1,352	0,082486	1,136	0,10428		
link function: log	b1	1,73	0,34789	0,3498	0,057252		
DF = 58	b2	--	--	--	--		
	Modell signif. P	*0,0252	0,0036				
	Abweichung/DF		300,8				
<i>Robackia demejerei</i>	b0	0,5107	0,11829	0,6488	0,10783		
link function: log	b1	3,015	0,42667	--	--		
DF = 58	b2	--	--	0,1233	0,31036		
	Modell signif. P	**0,0009		0,0045			
	Abweichung/DF			288,9			
Chironomiden Puppen	b0	0,951	0,10003	0,9974			
link function: log	b1	1,901	0,413	-0,03157			
DF = 58	b2	--	--	0,1027			
	Modell signif. P	**0,0229		0,0057			
	Abweichung/DF			255,8			
<i>Polpedilum nubeculosum</i>	b0	0,9299	0,099368	1,28	0,14035	-20,8	5,2939
link function: log	b1	--	--	-0,5517	0,1294	8,052	2,0622
DF = 58	b2	-8,602	2,3133	--	--	-0,7374	0,19912
	Modell signif. P	*0,0516		0,0004		0,0013	
	Abweichung/DF			293,5		283,8	
<i>Cryptochironomus albofasciatus</i>	b0	1,164	0,090021				
link function: log	b1	1,878	0,37274				
DF = 58	b2	--	--				
	Modell signif. P	**0,0212					
	Abweichung/DF						
<i>Chironomus</i> cf. <i>obtusidens</i>	b0	0,9351	0,1002	1,048	0,2305	-2,18	0,65804
link function: log	b1	--	--	-0,07982	0,15766	0,5691	0,12418

DF = 58	b2	-9,748	2,6204	-0,1517	0,44658	--	--
	Modell signif. P	*0,0407		0,0211		0,0257	
	Abweichung/DF			311,3		309	
<i>Nanocladius bicolor</i>	b0	0,3561	0,16024	0,5767	0,2146		
link function: log	b1	8,341	1,5948	0,4275	0,31176		
DF = 57	b2	-12,41	3,0629	-0,02456	0,088719		
	Modell signif. P	*0,0009		0,0227			
	Abweichung/DF			327,2			
<i>Orthocladius sp.</i>	b0	0,5199	0,11669	0,09632	0,15403		
link function: log	b1	3,2	0,41188	0,6424	0,073333		
DF = 58	b2	--	--	--	--		
	Modell signif. P	**0,0006		0,0000			
	Abweichung/DF			293,1			
<i>Chironomus sp.</i>	b0			2,12	0,08347	1,013	0,19211
link function: log	b1			-0,3047	0,066696	--	--
DF = 58	b2			--	--	0,03023	1,1075
	Modell signif. P			0,0118		0,0252	
	Abweichung/DF			261,2		265,4	
Tanypodinae	b0					37,83	0,6413
link function: log	b1					-16	0,35362
DF = 57	b2					1,646	3,5543
	Modell signif. P					0,0000	
	Abweichung/DF					239,3	
<i>Polypedilum sp.</i>	b0					-2,156	5,519
link function: log	b1					0,2008	0,21035
DF = 57	b2					0,06682	2,172
	Modell signif. P					0,0000	
	Abweichung/DF					275,7	
Chironomini	b0					-0,09104	0,23257
link function: log	b1					--	--
DF = 58	b2					0,06232	1,3149
	Modell signif. P					0,0001	
	Abweichung/DF					256,3	
<i>Paracladopelma laminata</i>	b0					-39	6,4882
link function: log	b1					14,95	2,4407
DF = 57	b2					-1,368	0,22804
	Modell signif. P					0,0000	
	Abweichung/DF					235,5	

Tab. A 2. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten für die GLM derEklektorproben.

Modell Zusammenfassung	Term	Strömungs- geschwindigkeit		mitl. Korndurchmesser		Jahresverlauf (Temperatur)	
		estimate	std.error	estimate	std.error	estimate	std.error
<i>Chironomus cf. cingulatus</i>	b0	1,062	0,10878			-1,284	0,55748
link function: log	b1	--	--			0,1273	0,032988
DF = 46	b2	-15,21	3,079			--	--
	Modell signif. P	0,0021				0,0225	
	Abweichung/DF	152,5				163,7	
<i>Cricotopus (l.) sylvestris</i>	b0	0,8455	0,12755	1,114	0,41768	-1,556	0,65179
link function: log	b1	--	--	-0,4278	0,67054	0,1245	0,038623

DF = 46	b2	-26,83	5,1614	-0,04333	0,22286	--	--
	Modell signif. P	0,0006		0,0280		0,0668	
	Abweichung/DF	146,4		166,7		168,4	
<i>Parachironomus frequens</i>	b0	-1,574	0,50373				
link function: log	b1	38,45	75,191				
DF = 45	b2	-183,1	12,929				
	Modell signif. P	0,0000					
	Abweichung/DF	85,39					
<i>Rheopelopia ornata</i>	b0	-1,234	0,42576			-3,327	0,84698
link function: log	b1	52,18	73,231			0,2108	0,048233
DF = 45	b2	-2,69,8	12,047			--	--
	Modell signif. P	0,0000				0,0026	
	Abweichung/DF	85,43				127,2	
<i>Procladius choreus</i>	b0	0,6881	0,14232				
link function: log	b1	--	--				
DF = 46	b2	-34,75	7,2996				
	Modell signif. P	0,0001					
	Abweichung/DF	98,19					
<i>Cladotanytarsus mancus - Gruppe</i>	b0	0,3244	0,19203			-5,234	5,2735
link function: log	b1	-5,324	1,8028			0,3694	0,63798
DF = 46	b2	--	--			-0,003403	0,01898
	Modell signif. P	0,0215				0,0003	
	Abweichung/DF	126,4				116,1	
<i>Tanytarsus heusdensis</i>	b0	-0,882	0,24664				
link function: log	b1	--	--				
DF = 46	b2	7,677	4,1816				
	Modell signif. P	0,0275					
	Abweichung/DF	102,2					
<i>Cladotanytarsus nigrovittatus</i>	b0	-0,1445	0,21876	-0,08407	0,26945		
link function: log	b1	--	--	--	--		
DF = 46	b2	-38,59	11,539	-0,2424	1,7806		
	Modell signif. P	0,0024		0,0537			
	Abweichung/DF	84,53		92,52			
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	b0			1,685	0,24711	-3,44	0,82089
link function: log	b1			-1,237	0,23025	0,2228	0,046517
DF = 46	b2			--	--	--	--
	Modell signif. P			0,0000		0,0009	
	Abweichung/DF			109,5		122,7	
<i>Polypedilum cultellatum</i>	b0			1,085	0,22948	-1,222	2,8465
link function: log	b1			-0,4755	0,16064	0,02815	0,011092
DF = 46	b2			--	--	0,004404	0,35918
	Modell signif. P			0,0652		0,0014	
	Abweichung/DF			144,3		133,9	
<i>Cripto-chironomus albofasciatus</i>	b0			0,7401	0,17264		
link function: log	b1			--	--		
DF = 46	b2			-0,1906	0,88059		
	Modell signif. P			0,0406			
	Abweichung/DF			143,2			
<i>Nanocladius bicolor</i>	b0					-0,3839	0,30223
link function: log	b1					--	--

DF = 46	b2					0,00442	0,26326
	Modell signif. P					0,0105	
	Abweichung/DF					169,3	
<i>Rheotanytarsus muscicola</i>	b0					-1,628	0,4071
link function: log	b1					--	--
DF = 46	b2					0,007373	0,35794
	Modell signif. P					0,0002	
	Abweichung/DF					139,6	
<i>Cricotopus annulator</i>	b0					-3,435	0,89245
link function: log	b1					0,2111	0,050817
DF = 46	b2					--	--
	Modell signif. P					0,0060	
	Abweichung/DF					139,4	
<i>Cricotopus (C.) triannulatus</i>	b0					-5,199	1,1115
link function: log	b1					0,3	0,061211
DF = 46	b2					--	--
	Modell signif. P					0,0004	
	Abweichung/DF					119	
<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	b0					-32,26	13,009
link function: log	b1					3,648	1,5148
DF = 45	b2					-0,102	0,043666
	Modell signif. P					0,0003	
	Abweichung/DF					99,03	

Tab. A 3. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten der GLM der Aquarienproben Weichsubstrat

Modell Zusammenfassung	Term	Strömungs- geschwindigkeit		mittl. Korndurchmesser		Jahresverlauf (Temperatur)	
		estimate	std.error	estimate	std.error	estimate	std.error
<i>Chironomus</i> sp.1	b0	1,749	0,14751				
link function: log	b1	0,2188	15,049				
DF = 30	b2	-32,52	3,5899				
	Modell signif. P	0,0000					
	Abweichung/DF	117,2					
<i>Tanytarsus ejuncidus</i>	b0	1,29	0,1258			1,88	1,0931
link function: log	b1	--	--			0,009571	0,0076507
DF = 31	b2	-18,5	4,038			-0,005793	0,18948
	Modell signif. P	0,0074				0,0182	
	Abweichung/DF	152,8				163,8	
Poly_con	b0	1,786	0,12815				
link function: log	b1	-8,405	1,4308				
DF = 31	b2	--	--				
	Modell signif. P	0,0005					
	Abweichung/DF	142,4					
<i>Rheopelopia ornata</i>	b0	-0,6682	0,27777	-0,1738	0,2324		
link function: log	b1	5,586	0,83192	0,5403	0,11287		
DF = 31	b2	--	--	--	--		
	Modell signif. P	0,0008		0,0330			
	Abweichung/DF	120		147,3			

<i>Tanytarsus eminulus</i>	b0	1,015	0,17292			2,189	1,2863
link function: log	b1	-4,618	1,3196			0,01693	0,010422
DF = 31	b2	--	--			-0,01079	0,24155
	Modell signif. P	0,0593				0,0001	
	Abweichung/DF	151,4				118,3	
<i>Cricotopus (C.) triannulatus</i>	b0	-0,3084	0,22267	-0,4091	0,26416		
link function: log	b1	--	--	0,5209	0,1299		
DF = 31	b2	8,825	3,3276	--	--		
	Modell signif. P	0,0120		0,0699			
	Abweichung/DF	129,6		140,2			
<i>Procladius choreus</i>	b0	1,729	0,18357				
link function: log	b1	-43,13	9,6811				
DF = 31	b2	--	--				
	Modell signif. P	0,0000					
	Abweichung/DF	53,78					
<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i>	b0	-0,6315	0,26481				
link function: log	b1	--	--				
DF = 31	b2	8,07	4,0779				
	Modell signif. P	0,0492					
	Abweichung/DF	115,6					
<i>Cryptochironomus albobfasciatus</i>	b0			1,484	0,11821		
link function: log	b1			--	--		
DF = 31	b2			-0,2374	0,63042		
	Modell signif. P			0,0245			
	Abweichung/DF			134,1			
<i>Tanytarsus brundini</i>	b0					2,605	0,42905
link function: log	b1					-0,1698	0,034067
DF = 31	b2					--	--
	Modell signif. P					0,0141	
	Abweichung/DF					133,4	
<i>Tanytarsus heusdensis</i>	b0					2,546	0,85131
link function: log	b1					-0,03275	0,0058999
DF = 30	b2					-0,003729	0,14693
	Modell signif. P					0,0038	
	Abweichung/DF					155	
<i>Polypedilum (Tripodura) quandriguttatum</i>	b0					-3,454	4,1269
link function: log	b1					0,1663	0,54211
DF = 30	b2					0,004063	0,017552
	Modell signif. P					0,0026	
	Abweichung/DF					124,8	

Tab. A 4. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten für die GLM der Benthosproben Harts substrat

Modell Zusammenfassung	Term	Strömungs- geschwindigkeit		Jahresverlauf (Temperatur)	
		estimate	std.error	estimate	std.error
<i>Nanocladius bicolor</i>	b0	2,154	0,083291		
link function: log	b1	0,3298	0,19883		
DF = 31	b2	--	--		

	Modell signif. P	0,0443			
	Abweichung/DF	22,47			
Tanytarsini	b0	1,997	0,088348		
link function: log	b1	0,7038	0,19797		
DF = 31	b2	--			
	Modell signif. P	0,0077			
	Abweichung/DF	56,92			
<i>Orthocladius</i> sp.	b0	1,995	0,089048	2,653	0,56857
link function: log	b1	0,5694	0,20405	-0,02586	0,098561
DF = 31	b2	--	--	-0,000516	0,0038716
	Modell signif. P	0,0683		0,0377	
	Abweichung/DF	75,63		74,99	
Chiro_P	b0			2,67	0,68013
link function: log	b1			-0,0807	0,12008
DF = 31	b2			0,0009373	0,0047616
	Modell signif. P			0,0280	
	Abweichung/DF			99,31	
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	b0	1,694	0,10115		
link function: log	b1	0,9908	0,21643		
DF = 31	b2	--	--		
	Modell signif. P	0,0112			
	Abweichung/DF	105			
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	b0	2,077	0,093625	-14,98	3,5243
link function: log	b1	-1,622	0,324	2,251	0,45765
DF = 31	b2	--	--	-0,07319	0,014647
	Modell signif. P	0,0089		0,0000	
	Abweichung/DF	140,5		85,45	
<i>Chironomus</i> sp.	b0	1,306	0,13395		
link function: log	b1	--	--		
DF = 31	b2	-11,84	3,0649		
	Modell signif. P	0,0004			
	Abweichung/DF	116,5			
<i>Glyptotendipes pallens</i>	b0	1,271	0,16998	-2,437	0,8881
link function: log	b1	-1,266	28,652	0,1801	0,052287
DF = 30	b2	-32,99	6,0432	--	--
	Modell signif. P	0,0000		0,0455	
	Abweichung/DF	87,29		139,3	
<i>Tvetenia</i> sp.	b0	-0,4296	0,26116	2,337	0,35811
link function: log	b1	2,577	0,45114	-0,1321	0,027936
DF = 31	b2	--	--	--	--
	Modell signif. P	0,0068		0,0339	
	Abweichung/DF	150,1		162,2	
Orthocladiinae	b0	2,504	0,12554		
link function: log	b1	--	--		
DF = 31	b2	-0,001283	0,097153		
	Modell signif. P	0,0617			
	Abweichung/DF	57,56			
Chironomini	b0	-16,19	5,6906		
link function: log	b1	2,212	0,7296		
DF = 30	b2	-0,06837	0,023053		
	Modell signif. P	0,0009			

	Abweichung/DF	169,9		
<i>Cricotopus</i> sp.	b0		-1,155	1,6698
link function: log	b1		0,1381	0,24959
DF = 30	b2		0,0003056	0,0089348
	Modell signif. P		0,0189	
	Abweichung/DF		175,5	
<i>Robackia demeijerei</i>	b0		-40,5	15,168
link function: log	b1		5,12	1,8953
DF = 30	b2		-0,0157	0,05854
	Modell signif. P		0,0005	
	Abweichung/DF		98,33	
<i>Synorthocladius semivirens</i>	b0		3,906	1,1047
link function: log	b1		-0,3037	0,22195
DF = 30	b2		0,001921	0,0096118
	Modell signif. P		0000	
	Abweichung/DF		106,2	

Tab. A 5. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten der GLM der Aquarienproben Harts substrat

Modell Zusammenfassung	Term	Strömungs- geschwindigkeit		Jahresverlauf (Temperatur)	
		estimate	std.error	estimate	std.error
<i>Tanytarsus fimbriatus</i>	b0	0,9483	0,13926		
link function: log	b1	--	--		
DF = 31	b2	-24,48	5,8695		
	Modell signif. P	0,0060			
	Abweichung/DF	123,3			
<i>Microtendipes confinis</i>	b0	0,2611	0,2317	1,609	0,65152
link function: log	b1	-17,92	8,181	--	--
DF = 31	b2	--	--	-0,005897	1,1412
	Modell signif. P	0,0022		0,0671	
	Abweichung/DF	70,18		83,06	
<i>Cricotopus (C.) bicinctus</i>	b0			4,566	0,72202
link function: log	b1			-0,2236	0,041474
DF = 31	b2			--	--
	Modell signif. P			0,0087	
	Abweichung/DF			127,9	
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	b0			-24,68	8,7374
link function: log	b1			2,628	0,89949
DF = 30	b2			-0,06558	0,023075
	Modell signif. P			0,0012	
	Abweichung/DF			106,2	
<i>Synorthocladius semivirens</i>	b0			2,23	0,45851
link function: log	b1			--	--
DF = 31	b2			-0,005549	0,65932
	Modell signif. P			0,0421	
	Abweichung/DF			124,7	
<i>Tanytarsus brundini</i>	b0			2,268	0,42083
link function: log	b1			--	--
DF = 31	b2			-0,004985	0,59647
	Modell signif. P			0,0491	

	Abweichung/DF			131,2	
Parat_in	b0			5,415	0,84529
link function: log	b1			-0,2979	0,050852
DF = 31	b2			--	--
	Modell signif. P			0,0011	
	Abweichung/DF			93,09	
<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	b0			2,466	0,44775
link function: log	b1			--	--
DF = 31	b2			-0,00635	0,72316
	Modell signif. P			0,0168	
	Abweichung/DF			118,3	