

# 5 Ergebnisse und deren Diskussion und Bewertung

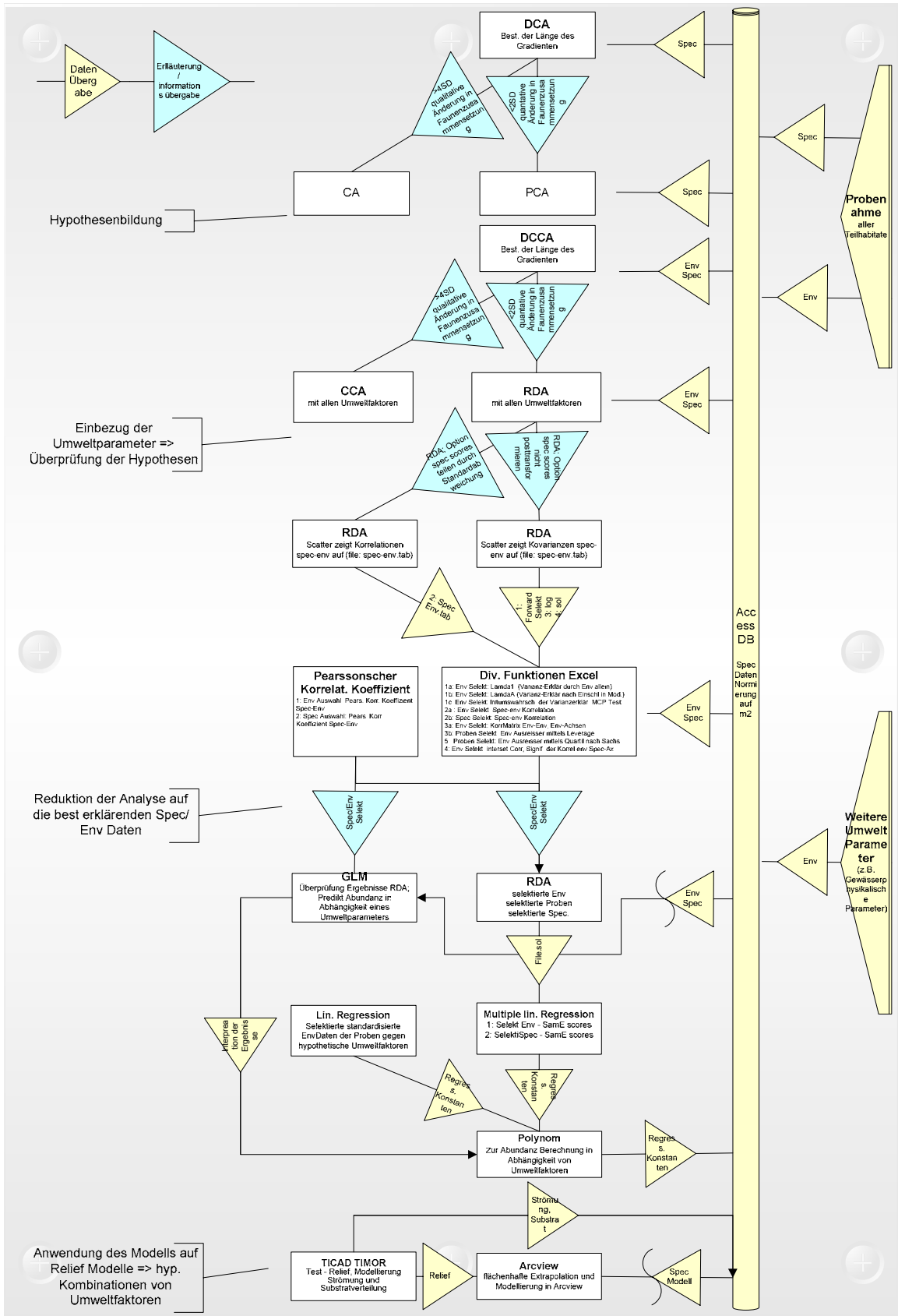


Abbildung 8: Übersicht über Daten- und Informationsfluß und den Ablauf der Untersuchung (Env: Umgebungsvariablen; Spec: Spezies;

Obiges Flußdiagramm verdeutlicht den Ablauf der Daten-Analyse und den Informationsfluß zwischen den einzelnen Methoden und Verfahren und faßt somit das Kapitel Methoden zusammen. Es soll dem Leser einen Überblick bei der Lektüre der Ergebnisse bieten. Die Analysen wurden gesondert für die Taxa Chironomidae und das übrige Makrozoobenthos durchgeführt, da die Chironomidae z.T. spezielle Präparations-, Fang-, und Bestimmungsmethoden erfordern und daher Spezialkenntnisse erfordern. Lediglich die Spezies *Robackia demeijerei* läßt sich als Larve einfach und eindeutig identifizieren und wurde daher wie auch das Sammel - Taxon „Chironomidae Puppen“, zum Vergleich, mit dem übrigen Makrozoobenthos statistisch analysiert.

## 5.1 Projektdatenbank und GIS

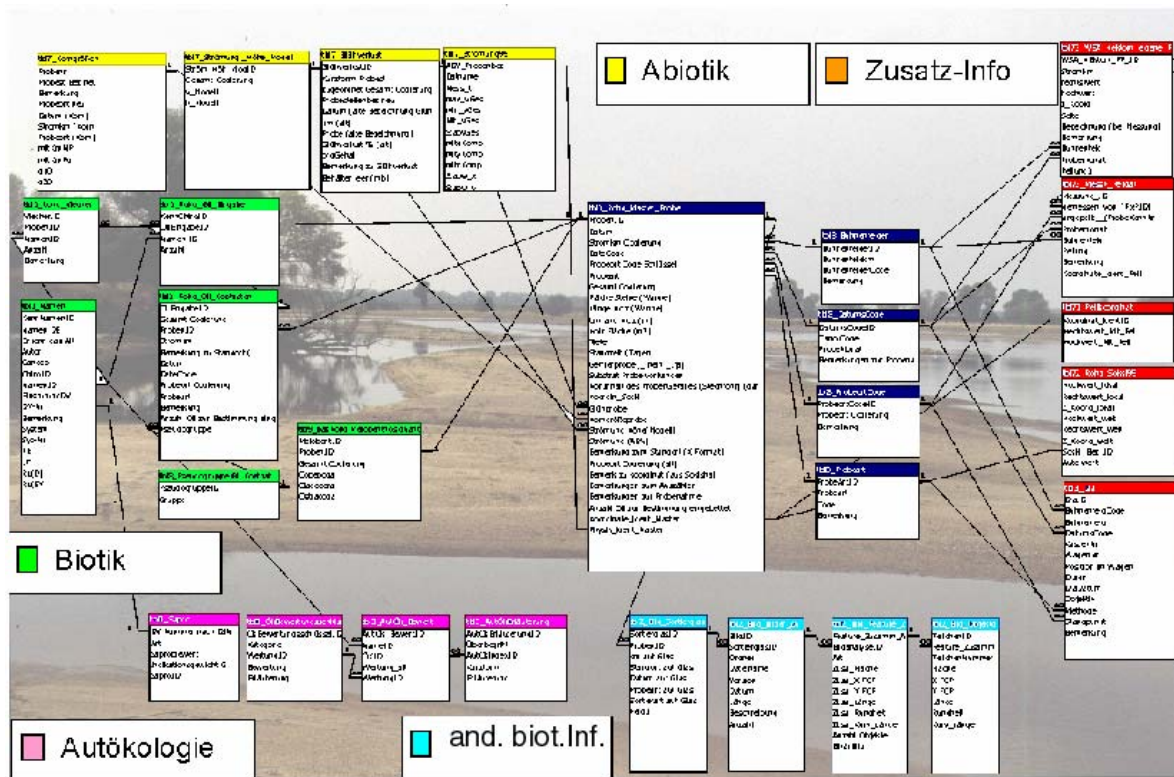


Abbildung 9: Teil-Organigramm der Projektdatenbank Aquatik

Zur Datenaufarbeitung und Ergebnisauswertung wurden für Aquatik und Terrestrik zentrale Datenbanken auf der Basis von MS Access erstellt. Eine Benutzeroberfläche ermöglicht die einfache Abfrage, Auswahl, Verknüpfung und Berechnung der verschiedenen Parameter. Schnittstellen zur Ausgabe der Daten für die multivariate statistische Analyse (CANOCO und Excel), die Auswertung und graphische Visualisierung der Modellierung mittels Arcview und der Korrelationsanalyse mittels neuronaler Netzwerke und Kontingenztafeln wurden geschaffen. Die Datenbank ist die Schnittstelle für folgende Parameter:

- Abiotik: O2-Gehalt, pH-Wert und Temperatur, Morphologie, Strömungsgeschwindigkeit, Überflutungsdauer etc.
- Biotik: Abundanz aquatischen Fauna,
- Autökologie: Autökologische Sekundär-Informationen u.a. aus der Datenbank des Bayerischen Landesamtes für Ökologie etc.

- Zusatz-Informationen: geographische Koordinaten der Probestellen, Photodokumentation der Probestellen, Wetterdaten etc.

Die vom Projektteil "Wasserbau" gestellten abiotischen Daten wurden in die Datenbank integriert und mit den biologischen Proben und Daten verknüpft, nachdem die abiotischen Daten Ende 2001 endlich nahezu vollständig für den aquatischen Bereich vorlagen.

Eine visuelle Darstellung mittels des Programms "Arcview" unter direkter Anbindung der Datenbank an das GIS Programm wurde erarbeitet.

Über die universelle ODBC Schnittstelle wurde die Anknüpfung der Daten und Datenbank an das GIS (geographische Informations System) Arcview realisiert. Auf diese Weise können die Modelldaten der Verteilung der Species berechnet und ausgelesen und die Änderungen sofort visualisiert werden. Das digitale Geländemodell des Untersuchungsabschnitts, sowie die Modelldaten der abiotischen Parameter wurden vom Projektteil Wasserbau gestellt.

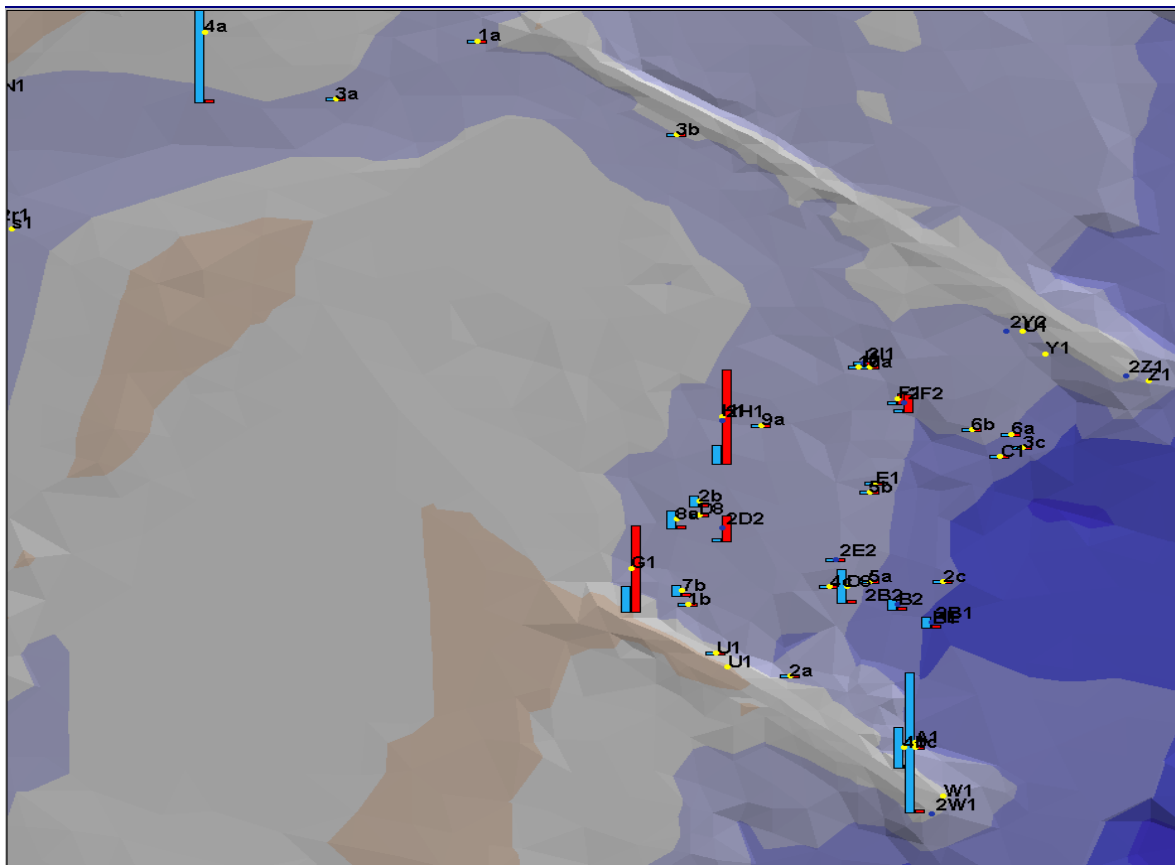


Abbildung 10: Bsp. einer Visualisierung eines Bühnenfeldes (Verteilung der Organik und Proben)

### 5.1.1 Systemvoraussetzungen

Betriebssystem ist Windows. Empfohlen werden Windows NT oder Windows 2000.

Um mit Datenbank und Gis arbeiten zu können müssen msaccess 97 und Arcview (mindestens Version 3.2) installiert sein. Für Arcview sind die Erweiterungen SpatialAnalyst, DatabaseAccess und 3dAnalyst notwendig. Weiterhin ist eine saubere Installation der ODBC und DDE Schnittstellen auf dem Rechner notwendig. Aufgrund der Datenmengen wird die Verarbeitung auf einem Computer mit mindestens 1,4 GHz Taktfrequenz empfohlen.

### 5.1.2 Installation der Benthosdatenbank und des GIS

Die CD rom enthält die Haupt- Verzeichnisse

"C:\rom:\Arcv" mit den Projektdateien des Arcview Projekts elbe5.apr (AV Version 3.2)

Und

“C:\cdrom:\austausch “mit der Benthosdatenbank biodat19.mdb im Format msaccess 97 und

“cdrom:\ext” die für Arcview notwendigen freien Erweiterungen (DatabaseAccess; Overview, flow) Die Daten sollten -komplett- von der CD auf die Festplatte kopiert werden, da sonst die Verarbeitungsgeschwindigkeit nicht ausreichend ist. Es sollten, aber müssen nicht, die auf der CDROM verwendeten Verzeichnisse benutzt werden. Falls andere Verzeichnisse benutzt werden wird beim Öffnen des Arcviewprojekts der ODBC Manager geöffnet, um den Speicherort der Datenbank abzufragen. Der Pfad der AV eigenen Dateien wird beim ersten Öffnen des Projekts in die Projektdatei eingetragen. Die Erweiterungen für Arcview müssen aus dem Erweiterungsverzeichnis der CDROM (cdrom:\ext) in das Verzeichnis avgis30\ext\ der ESRI Arcview Installation kopiert werden.

### 5.1.3 Beschreibung des GIS

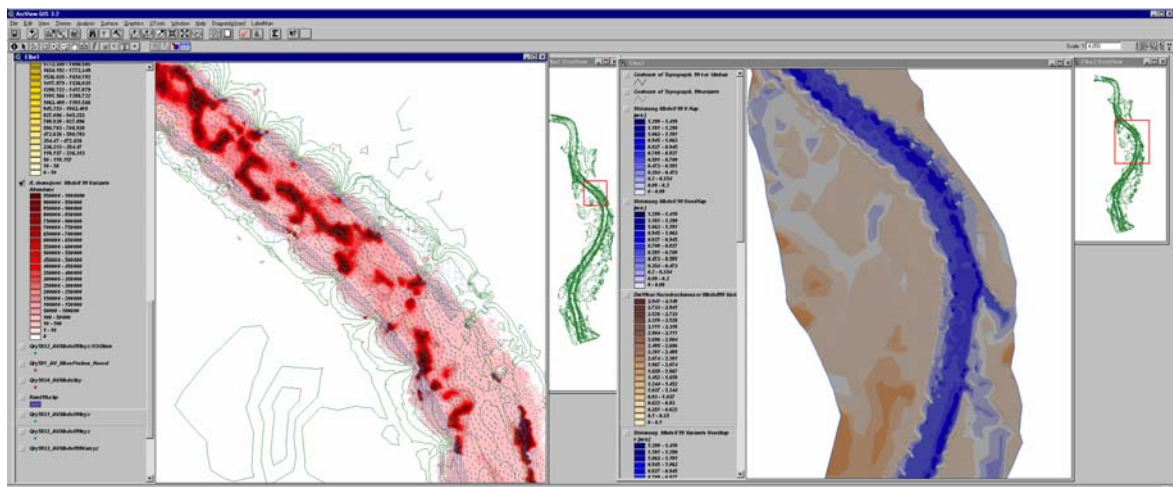


Abbildung 11: Ansicht des GIS. Links View elbe1 mit Modellierung einer Chironomidae, rechts Relief Das Arcview (AV) Projekt erhält Daten aus der Datenbank über die ODBC Schnittstelle. Diese müssen bei jedem Öffnen des AV Projekts aktualisiert werden. Aufgrund der Menge der ausgetauschten Datensätze kann dieser Vorgang, abhängig vom Rechner, einige Zeit in Anspruch nehmen (Pentium 1,4Ghz, 500MB RAM ca. 10 min). In den Tabellen finden sich die per ODBC Schnittstelle verknüpften Tabellen: Die Namen der Tabellen korrespondieren mit jenen der Abfragen aus der Datenbank, von welchen sie die Daten beziehen. Die Erläuterung der Feldnamen erfolgt in der Datenbank in den jeweiligen Tabellen.

In der View Ansicht existieren Elbe1 und Elbe2. Elbe2 enthält Darstellungen des Reliefs und der Korngrößenverteilung die bei Bedarf in Elbe1 (per copy and paste) kopiert werden können. In Elbe1 erfolgt die Ausgabe der modellierten Verteilungen der benthischen und terrestrischen Taxa, welche vermittelt per DDE aus der Datenbank (siehe unter Datenbank ) erstellt werden können. Für die Erstellung ist das Theme „Qry5832\_AVModell99xyz“ notwendig, dieses sollten daher nicht gelöscht oder verändert werden. Ebenso die Tabelle „tbl61\_Variante99Spec“.

Für die Anzeige weiterer “Features”, d.h. Attribute der Probestellen kann das Theme „Qry581\_AV\_MessProben\_Koord“ bemüht werden. Das Theme „Qry5832\_AVModell99xyz“ enthält die modellierten biologischen Daten wie sie in der Datenbank vorliegen. Die Analyse kann mittels der üblichen AV Tools erfolgen.

Das Fenster Overview ermöglicht die einfache Navigation durch ziehen und Auswahl mit der Maus im Übersichtsfenster, welches sich auf den View Elbe1 bezieht.

## 5.1.4 Beschreibung der Projektdatenbank

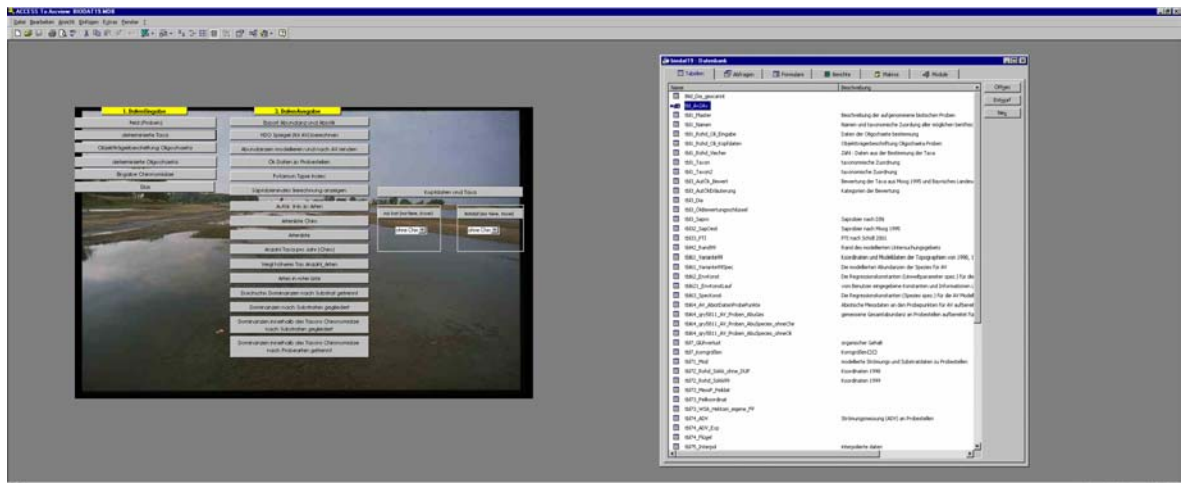


Abbildung 12: Ansicht der Projektdatenbank mit Startformular

Die Datenbank dient zur Speicherung und Umrechnung der aufgenommenen biotischen und abiotischen Daten, sowie zur Berechnung der modellierten Abundanzen, fußend auf den Modellierungsergebnissen der abiotischen Parameter.

Beim Öffnen der Datenbank öffnet sich ein Formular, welches Zugang zu den wichtigsten Abfragen und Formularen der Datenbank per Button bietet.

Die meisten Formulare und Abfragen sind selbsterklärend, darum soll hier lediglich auf die Formulare zum Export der Dateien und zur Kommunikation und Modellierung mit Access eingegangen werden.

Das Formular „frm94\_m2Umwelt98\_Export“ (Button: Export Abundanz und Abiotik) ermöglicht den Export im Excel Format und im ASCII Format in unterschiedlicher Zusammenstellung der Datensätze. Die abiotischen Daten sind in unterschiedlicher Vollständigkeit vorhanden, daher bestimmen sie die Anzahl der ausgegeben Datensätze. Alle biotischen Datensätze werden ausgegeben, wenn keiner der abiotischen Faktoren ausgewählt wird. Die Zusammenstellung der Datensätze und die Umrechnung der biotischen und abiotischen Daten ist sehr rechenaufwendig, daher kann die Ausgabe der Daten, abhängig von der Art der ausgewählten Parameter bis zu 12 Stunden dauern. Während dieser Zeit reagiert Access nicht, ist aber nicht abgestürzt. Die Ausgabe der Daten erfolgt, getrennt für Abiotik und Biotik in 2 Dateien, deren Speicherort im oberen Bereich des Formulars gewählt werden kann.

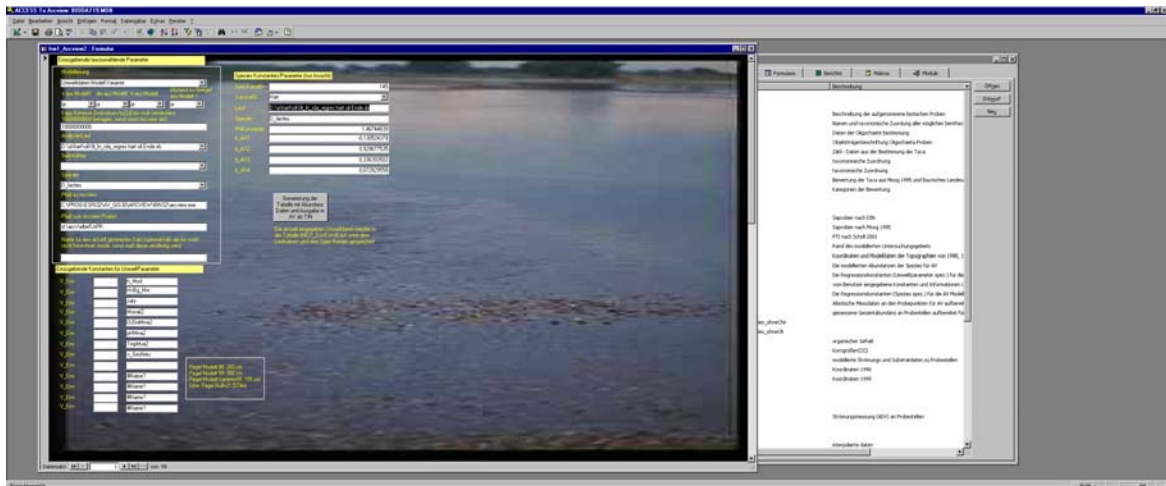


Abbildung 13: Formular frm1\_Arcview2 zur Abundanz Modellierung und Übergabe der Daten an Arcview

Das Formular frm1\_Arcview2 ermöglicht die Berechnung der Abundanz einer Art für jeden Punkt im Geländemodell, für welchen die geforderten Parameter vorliegen. In der ersten Zeile kann die dann zur Berechnung verwendete Modellierung (Daten des Projektteils Wasserbau) ausgewählt werden. In der 2. Zeile des Formulars kann gewählt werden, ob die Parameter aus der Modellierung zur Berechnung genommen werden sollen oder ein fester Wert vorgegeben wird. Ein wichtiger Parameter ist die Kappung. Hier wird ein Maximalwert für die Regression eingegeben, d.h. alle Werte die größer als der eingegebene Maximalwert sind werden gleich diesem gesetzt. Dies ist notwendig, da bei besonders hohen Werten diese als Fehler der Modellierung aufgefasst werden müssen und AV abstürzt. Die darauf folgenden Kombinationsfelder ermöglichen die Auswahl der Regressionsanalyse welcher die Regressionskonstanten entnommen werden ("AnalysenLauf"), sowie für den jeweiligen Lauf die Auswahl der Species für die die Modellierung erstellt werden soll. Das letzte Feld im Kasten (links) ermöglicht die Eingabe eines Namens für den aktuell generierten Datensatz. Es muß eine eindeutige (möglichst kurze) Namensvergabe für die Modell Berechnung erfolgen, welche an den Namen des zu modellierenden Taxons angehängt wird. Ist die Namensvergabe nicht eindeutig, erfolgt eine Fehlermeldung in Access. Neben die Kürzel der in die Regression einbezogenen Umweltparameter können die für jede Stelle "konstanten" Werte eingegeben werden. (v\_Env...) Eine Eingabe in Felder welche Werte aus der Modellierung beziehen (oben ausgewählt) ist nicht möglich. Ein Klick auf den Button löst die Berechnung der Abundanzen und die Übergabe der Daten an Arcview, sowie die Generierung des TINS aus. Zu diesem Zweck sollte AV mit dem Projekt elbe5 geladen sein. Aufgrund eines Arcview internen Fehlers, darf das aktive Theme im „Elbe1“ View kein TIN Theme sein, da AV sonst mit einer "segmentation violation" abstürzt, und danach neu gestartet werden muß. Das neue Theme mit der modellierten Abundanz erscheint als oberstes im View und muß dann noch aktiviert werden (durch anklicken). In AV kann das TIN aus dem bestehenden Datensatz durch Anwahl des Themes „Qry5832\_AVModell99xyz“ aber auch manuell generiert werden

Im folgenden werden die wichtigsten Tabellen der Datenbank kurz beschrieben:

Tabellenname	Beschreibung
tbl1_Master	Beschreibung der aufgenommenen biotischen Proben.
tbl1_Namen	Namen und taxonomische Zuordnung aller möglichen benthischen Taxa.
tbl1_RohdatViecher	bestimmten Abundanzen der einzelnen Taxa in den Proben.
tbl1_Rohd_Oli_Eingabe	Daten aus der gesonderten Determinierung der Oligochaeten.

tbl1_Rohd_Viecher	Daten aus der Bestimmung der Benthos Taxa
tbl61_Variante99	Daten der vorliegenden Modellierungen der Jahre 1998, 1999 und der varianten Modellierung mit „virtuell umgebauten“ Bühnen.
tbl61_Variante99Spec	durch Benutzereingabe im Formular frm1_Arcview2 berechnete Abundanzdaten für jeden modellierten Punkt
tbl62_EnvKonst	für die Umgebungsvariablen der jeweiligen Ordination berechneten Regressionskonstanten.
tbl621_EnvKonstLauf	Variablen, welche vom Benutzer bei der Generierung eines Datensatzes für ein Taxon im (Formular frm1_Arcview2) eingegeben wurden.
tbl63_SpecKonst	Regressionskonstanten, welche spezifisch für jedes Taxon sich durch die Ordination ergeben (siehe Ergebnisteil; multiple Regression)
tbl64_AV_AbiotDatenProbePunkte	abiotische Parameter, welche für jeden Messpunkt vorliegen. gesammelt zum Zugriff für Arcview
tbl64_qry5811_AV_Proben_AbuGes	berechnete Gesamtabundanz für jede Probestelle
tbl7_Glühverlust	Messungen des organischen Gehalts an den Probestellen
tbl7_Korngrößen	Messungen der Korngrößen an den Probestellen
tbl71_Mod	Modellierte Parameter zu den jeweiligen Probestellen
tbl72_Rohd_Sokki_ohne_DUP	Messpunkte 1998
tbl72_Rohd_Sokki99	Messpunkte 1999
tbl74_ADV	Messungen der Strömungsgeschwindigkeit und statistische Kennwerte an den Probestellen
tbl77_Cuml	wöchentliche Misch - Messwerte der Station Cumlosen
tbl77_Magdbg	wöchentliche Misch - Messwerte der Station Magdeburg
tbl772_Cum_min	10 minütliche Messwerte der Station Cumlosen
tbl772_Magdb_min	10 minütliche Messwerte der Station Magdeburg
tbl78_Pegel	Pegeldaten der Pegel Havelberg und Neuwerben und Gnevsvorf

Tabelle 14: Beschreibung der wichtigsten Tabellen in der Benthos Projektdatenbank.

## 5.2 zusammenfassende Charakterisierung des beprobten Habitats

Im folgenden wird eine zusammenfassende Charakterisierung der wichtigsten abiotischen Parameter durchgeführt. Eine eingehendere Charakterisierung und Beschreibung der Probenahme und Bestimmung der Parameter erfolgt im Endbericht des Projektteils Wasserbau.

Mittelwert von v_GesNeu	Jahr	
Bühne	98	99
1	0,053834589	0,083799517
2	0,142766217	0,082261117
3	0,185789202	0,092620965
4	0,494631387	0,30684121
5	0,504799787	0,082252276

Tabelle 15: Verteilung der  $\varnothing$  Strömungsgeschwindigkeiten an den Probestellen im Vergleich der Bühnenfelder- n=160 (Datensatz Oligochaeten, Weichsubstrat)

Die Bühnenfelder 5 und 4 bei Stromkm 427 und 425 zeichnen sich im allgemeinen durch höhere Strömungsgeschwindigkeiten und einen größeren durchschnittlichen Korndurchmesser aus. Der organische Gehalt des Sediments ist dagegen relativ gering. Insbesondere das Bühnenfeld 1, bei Stromkm 418, ist durch Proben mit hohem organischem Gehalt charakterisiert. Die Sieblinien der Proben liegen im mittel- bis grobsandigen Bereich mit wenig schluffigem Anteil (s. Endbericht TP Wasserbau). Das Bühnenfeld 2 zeichnet sich allerdings im Leebereich der Bühne durch besonders feinsandige bis schlammige Bereiche aus. Dies ist u.a. durch den angebundnen Altarm zu erklären. Auch im strömungsberuhigten Bereich des Bühnenfeldes 3 bei Skm 423 befinden sich Probestellen mit großem Schlammanteil.

Mittelwert von KrMP_neu	Jahr		
Bühne	98	99	Gesamtergebnis
1	1,209455807	1,0109	1,130033484
2	0,761614342	0,53325	0,670268605
3	1,998345807	2,129733333	2,05161102
4	1,676895032	3,847857143	2,498340155
5	1,009669316	1,551428781	1,166954322
Gesamtergebnis	1,365958137	1,938114317	1,580516704

Tabelle 16: Verteilung des durchschnittlichen Korndurchmessers (nach Meier Peter) an den Probestellen im Vergleich der Bühnenfelder- n=160 (Datensatz Oligochaeten, Weichsubstrat)

Mittelwert von Org_neu	Jahr		
Bühne	98	99	Gesamtergebnis
1	3,078680148	6,32620272	4,490646484
2	3,492078737	3,178692222	3,366724131
3	0,651756107	1,103811603	0,835021849
4	2,429234304	0,419061972	1,668628556
5	0,649489843	0,527238991	0,61399766
Gesamtergebnis	2,762329507	2,14292544	2,530052982

Tabelle 17: Verteilung des organischen Gehalts der Sedimente an den Probestellen im Vergleich der Bühnenfelder- n=160 (Datensatz Oligochaeten, Weichsubstrat)

Insgesamt wurden in 1998 mehr Proben ausgewertet als für das Probejahr 1999. Diese sind im jeweiligen Probejahr in etwa gleichmäßig auf die unterschiedlich charakterisierten Bühnenfelder verteilt. Allerdings ist die Verteilung der Proben auf die Probemonate sehr ungleichmäßig: in 1998 wurden insbesondere die Monate April und Mai bearbeitet, während vom Herbstaspekt keine weiteren Proben bearbeitet wurden, als die abiotische Probenahme sich als fehlerbehaftet herausstellte. Um den Herbstaspekt zu charakterisieren wurden Proben aus 1999 bearbeitet, für welche mit verbesserter Methodik die Abiotik beprobt wurde. Dies muß bei der Analyse der Proben beachtet werden.

Bühne	98	99	Gesamtergebnis
1	15	10	25
2	18	12	30
3	22	15	37
4	23	14	37
5	22	9	31
Gesamtergebnis	100	60	160

Tabelle 18: Verteilung der Probenanzahl im Vergleich der beprobten Bühnenfelder- n=160 (Datensatz Oligochaeten, Weichsubstrat)



Monat	Jahr 98	Jahr 99	Gesamtergebnis
3	10		10
4	37		37
5	17	23	40
6	11	5	16
7	15	8	23
8	2	2	4
9	1	22	23
10	5		5
12	2		2
Gesamtergebnis	100	60	160

Tabelle 19: Verteilung der Probenanzahl im Vergleich Probemonate- n=160 (Datensatz Oligochaeten, Weichsubstrat)

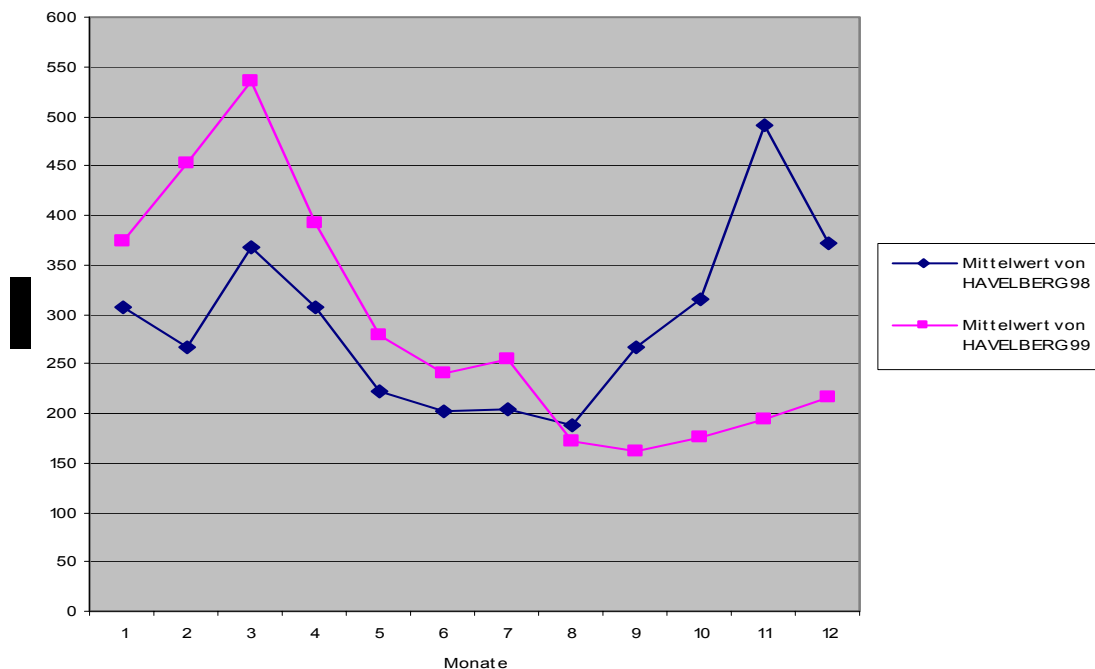


Abbildung 14: Durchschnittliche Pegelwerte der Monate der Jahre 1998 und 1999

Die Auftragung der mittleren Abflußwerte des Pegels Havelberg zeigt, daß sich das Jahr 1998 durch besonders niedrigen Abfluß zu Anfang des Jahres und Beginn der Vegetationsperiode auszeichnete. Im langjährigen Mittel sind diese Monate auch als relativ niedrig einzustufen. Das Jahr 1999 zeichnete sich durch langanhaltend höheren Abfluß zu Beginn des Jahres bis zum Mai aus. Die ausgeprägte Niedrigwasserperiode im Herbst lag nicht mehr in der Probeperiode (Für eine genauere Charakterisierung der Abflüsse siehe Endbericht Projektteil Wasserbau).

### 5.3 Trendanalyse der physikalischen Parameter

Die Parameter pH Minimum, Sauerstoffsättigungsminimum und Temperaturdurchschnittswert werden als Eingangsparameter für jeden Monat für die Modellierung vorgegeben. Die für jeden Monat des Jahres charakteristischen Parameter sollten dann anhand der Daten der letzten 10 Jahre selektiert werden. Da die Meßstationen sich bei Stromkilometer (skm) 318 (Magdeburg), bzw. Stromkilometer 470 befanden, das Untersuchungsgebiet jedoch zwischen skm 418 und skm

427, wurden die korrespondierenden Werte für den Stromkilometer des Probegebietes mittels linearer Interpolation zwischen den Daten für Magdeburg und jenen von Cumlosen errechnet. Leider konnten vom Stau Magdeburg keine aktuellen Daten zur Verfügung gestellt werden, da die zur Aufzeichnung verwendeten Bänder fehlerhaft waren. Daher konnte nur auf Daten der Station Cumlosen zurückgegriffen werden.

Monat	Minimum von pH im entsprechenden Monat	Minimum von O2 Sättigung	Maximum der Wasser Temperatur	Mittelwert der Wasser Temperatur
03	7,5	80,3	9,8	6,08
04	7,8	86,6	18,10	10,2
05	7,5	45,73	22,6	17,3
06	7,7	55,1	25,5	19,8
07	7,4	43,6	25,1	20,8
08	7,6	61,0	26,049	21,3
09	7,6	67,8	22,3	16,8
10	7,6	82,5	17,3	12,1
11	7,5	78,0	12,75	6,2

Tabelle 20: Monats Werte für die „Variablen“ zur Berechnung der modellierten Abundanz

Die Daten wurden als Monats- Mittel, -Minima und Maxima, errechnet aus 10 minütlichen Messwerten, grafisch dargestellt. um einen etwaigen Trend, welcher sich aus der Verbesserung der Wasserqualität der Elbe seit der Wiedervereinigung ergibt, zu ermitteln und auszuschließen.

Mon	Maximum der Wasser Temperatur	Minimum von pH	Minimum von O2 Sättigung	Mittelwert der Wasser Temperatur
Frühjahr	22,6	7,5	45,7	11,1
Herbst	22,3	7,5	67,8	11,5
Sommer	26,0	7,4	43,62	20,6
Winter	7,7	7,2	64,1	3,03

Tabelle 21: Jahreszeiten Werte für die „Variablen“ zur Berechnung der modellierten Abundanz

Für den Parameter Wassertemperatur ist keine Änderung aufgrund der Wasserqualität anzunehmen, daher wurde hier der Durchschnittswert von Anfang 1997 bis Ende 2001 ermittelt.

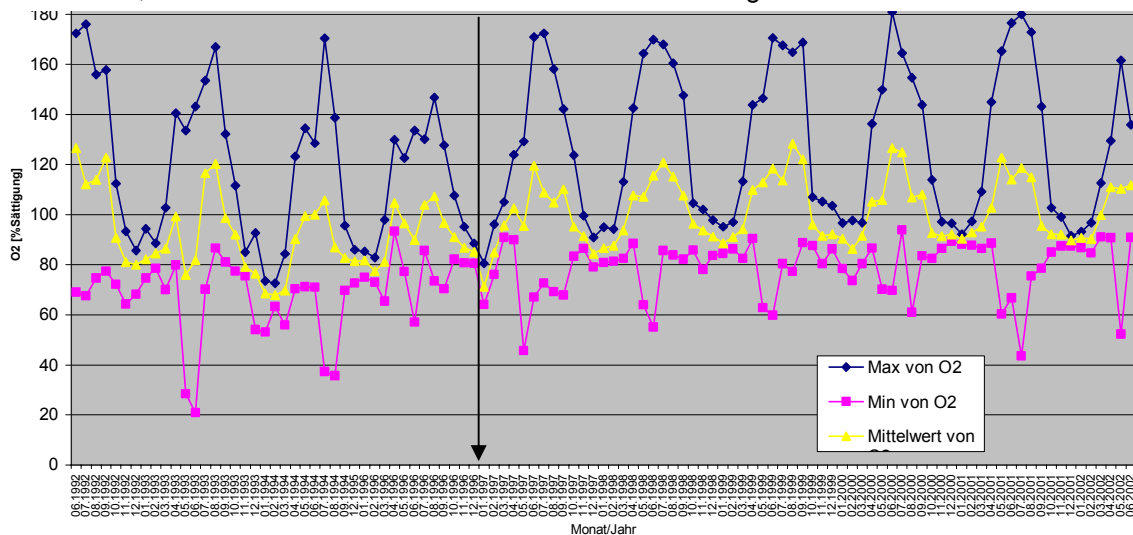


Abbildung 15: Minima Maxima und Mittelwerte der Sauerstoffsättigung des Elbwassers der Monate der Jahre 1992 bis 2002  
Die in den Tabellen angegebenen Werte sind natürlich nur als Richtwerte zu sehen. Für die Regression kann jeder Wert eingegeben werden, den der Benutzer für sinnvoll erachtet.

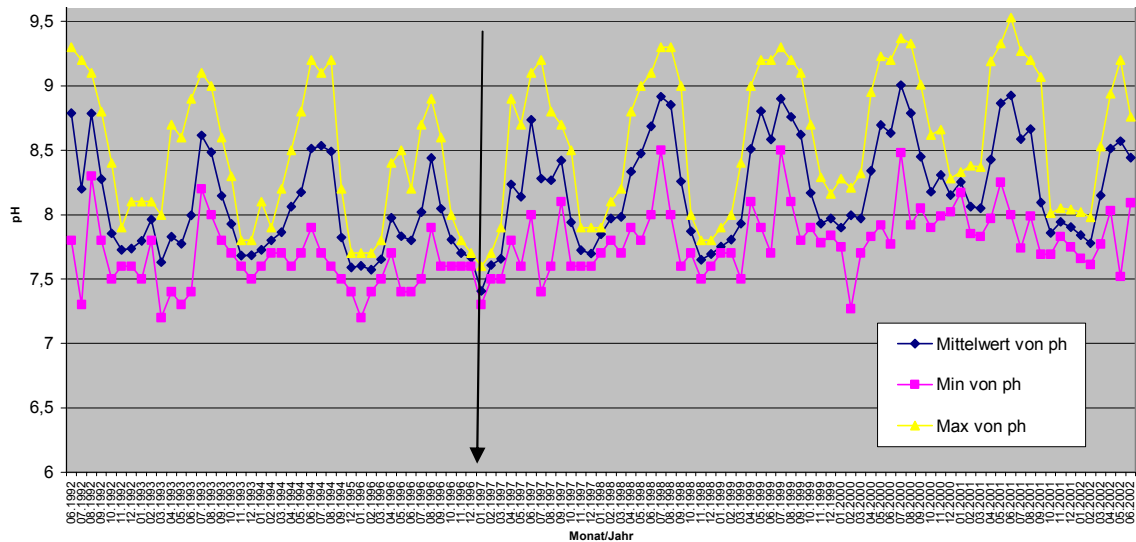


Abbildung 16: Minima, Maxima und Mittelwerte des pH - Werts des Elbwassers der Monate der Jahre 1992 bis 2002

## 5.4 Chironomidae

### 5.4.1 ARTINVENTAR UND DOMINANZCHARAKTERISTIK

#### 5.4.1.1 Vergleich beider Untersuchungsjahre

Insgesamt wurden in den beiden Untersuchungsjahren 1998 und 1999 in 230 Proben 88 Taxa gefunden. Davon 1998 79 Taxa in 77 Proben und 1999 88 Taxa in 153 Proben (Tabelle 22.). Im Untersuchungsjahr 1998, wurden weniger Proben ausgewertet, als im darauffolgenden Jahr, da die gemessenen Umweltparameter 1998 unvollständig waren.

Tabelle 22. Ausgewertete Proben und Taxazahl nach Untersuchungsjahren getrennt

Untersuchungsjahr	Taxazahl	Anzahl ausgewerteter Proben
1998 und 1999	88	230
1998	79	77
1999	88	153

Bei getrennter Betrachtung der drei Fangmethoden (Aquarienaufzuchten, Eklektorfänge und Larvenfänge) ist zu sehen, daß bei allen Fangmethoden im Untersuchungsjahr 1999 mehr Taxa gefunden wurden, als im davorliegenden Jahr (Tabelle 23.). Auch bei dem übrigen Makrozoobenthos konnten im Jahr 1999 mehr Taxa gefunden werden als 1998 (s. Kap. 7.6.).

Tabelle 23. Anzahl ausgewerteter Proben und Taxazahl nach Probenahmemethode und Untersuchungsjahr getrennt

Probenahmemethode und Jahr	Taxazahl	Anzahl ausgewerteter Proben
Aquarienaufzuchten Weichsubstrat 1998	18	12
Aquarienaufzuchten Weichsubstrat 1999	<b>31</b>	21
Aquarienaufzuchten Hartsubstrat 1998	32	12
Aquarienaufzuchten Hartsubstrat 1999	<b>41</b>	22

Eklektorfänge 1998	53	32
Eklektorfänge 1999	<b>60</b>	20
Larvenfänge Weichsubstrat 1998	25	14
Larvenfänge Weichsubstrat 1999	<b>38</b>	63
Larvenfänge Hartssubstrat 1998	30	7
Larvenfänge Hartssubstrat 1999	<b>37</b>	27

### 5.4.1.2 Vergleich der Besiedlung der Substrattypen

Die nachfolgende Tabelle zeigt das Taxainventar getrennt nach Substrat- und Dominanzcharakteristik. Mit dem in der Tabelle unter Substrattyp aufgeführten Begriff "Hartssubstrat" sind Steine gemeint, die in dem Untersuchungsgebiet zum Bau von Buhnen verwendet werden (Kupferschlackesteine und natürlich vorkommende Steine). Unter dem Substrattyp "Weichsubstrat" fällt Substrat, das sich zwischen den Buhnen befindet, also vom Schlamm über Sand bis zu Kies. Erläuterungen zu den beiden letzten Spalten Klassifizierung 1 und 2 befinden sich im Kapitel 6.5.

Auf dem Hartssubstrat wurden 68 Taxa ermittelt, während im Weichsubstratsubstrat 94 Taxa gefunden werden konnten (Tabelle 24). Zu berücksichtigen ist dabei, daß doppelt so viele Weichsubstratproben ausgewertet wurden als Hartssubstratsubstratproben, da im Weichsubstrat umfangreichere abiotische Messungen durchgeführt wurden.

Tabelle 24. Taxazahl und Anzahl ausgewerteter Proben nach Substrattyp getrennt

Substrattyp	Taxazahl	Anzahl ausgewerteter Proben
Hartssubstrat	68	68
Weichsubstrat	94	162

Auf dem Hartssubstrat dominierten Arten des Tribus Tanytarsini und der Unterfamilie Orthoclaadiinae, die nicht weiter bestimmt werden konnten, da es sich um junge Larvenstadien handelte (Tabelle 25). Desweiteren dominierten Arten der Gattung *Orthocladius* und die Art *Nanocladius bicolor*. Beide stammen aus der Unterfamilie der Orthoclaadiinae.

Das Weichsubstrat war stark von Chironomiden aus dem Tribus Tanytarsini besiedelt, die nicht weiter bestimmt werden konnten. Daneben wurde häufig die Gattung *Chironomus* gefunden und Arten aus der Unterfamilie der Orthoclaadiinae. *Cladotanytarsus* (Tanytarsini) und *Robackia demijerei* (Chironomini) tauchten ebenfalls oft im Weichsubstrat auf.

Tabelle 25. Taxaliste und Dominanzcharakteristik der Chironomiden in den Untersuchungsjahren 1998 und 1999 nach Substrattypen getrennt.

Substrattyp	Taxon	Klassifizierung1	Klassifizierung2
Hartssubstrat	Tanytarsini	dominant	Hauptart
Hartssubstrat	Orthoclaadiinae	dominant	Hauptart
Hartssubstrat	Orthocladius (O) sp.	dominant	Hauptart
Hartssubstrat	<i>Nanocladius bicolor</i>	dominant	Hauptart
Hartssubstrat	Rheotanytarsus	subdominat	Hauptart
Hartssubstrat	Tanypodinae	subdominat	Hauptart
Hartssubstrat	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	rezedent	Begleitart
Hartssubstrat	Chironomini	rezedent	Begleitart
Hartssubstrat	<i>Rheopelopia ornata</i>	rezedent	Begleitart
Hartssubstrat	<i>Synorthocladius semivirens</i>	rezedent	Begleitart
Hartssubstrat	Chironomidae sp P	rezedent	Begleitart

Hartsubstrat	Tvetenia	subrezedent	Begleitart
Hartsubstrat	Cricotopus (C.) triannulatus	subrezedent	Begleitart
Hartsubstrat	Robackia demeijerei	subrezedent	Begleitart
Hartsubstrat	Cricotopus sp.	subrezedent	Begleitart
Hartsubstrat	Tanytarsus sp.	subrezedent	Begleitart
Hartsubstrat	Cricotopus (l.) sylvestris	subrezedent	Begleitart
Hartsubstrat	Cladotanytarsus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Chironomus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cricotopus (C.) bicinctus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cricotopus (l.) sp.	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Glyptotendipes	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Chironomus cf nudiventris	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Glyptotendipes pallens	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cryptochironomus albofasciatus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Polypedilum	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Tanytarsus brundini	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Microtendipes pedellus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cricotopus (C.) annulator	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Tanytarsus fimbriatus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Tanytarsus heusdensis	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Endochironomus albipennis	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Rheotanytarsus muscicola	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cricotopus (l.) intersectus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Polypedilum nubeculosum	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Micropsectra	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cricotopus (C.) bicinctus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Rheocricotopus chalybeatus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Parachironomus frequens	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Paratanytarsus inopertus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Polypedilum scalaenum	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Tanytarsus eminus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cladotanytarsus mancus - Gruppe	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Polypedilum convictum	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Procladius choreus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Polypedilum cultellatum	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Orthocladus (O.) sp.a	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Tanytarsus ejuncidus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Microtendipes confinis	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Parachironomus arcuatus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Chironomus cf venustus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Glyptotendipes paripes	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Glyptotendipes gripekoveni	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cricotopus (C.) sp.	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Chironomus cf cingulatus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Chironomus cf lugubris	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Rheotanytarsus pentapoda	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cladotanytarsus vanderwulpi	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cladotanytarsus atridorsum	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Chironomus sp.1	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Rheotanytarsus photophilus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Paracladopelma laminata	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Psectrocladius fennicus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Paratanytarsus bituberculatus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Leptochironomus tener	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Polypedilum pedestre	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Cladotanytarsus nigrovittatus	sporadisch	Begleitart
Hartsubstrat	Chironomidae sp ad	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Tanytarsini	dominant	Hauptart
Weichsubstrat	Chironomus	dominant	Hauptart

Weichsubstrat	Orthocladiinae	subdominat	Hauptart
Weichsubstrat	Cladotanytarsus	subdominat	Hauptart
Weichsubstrat	Robackia demeijerei	subdominat	Hauptart
Weichsubstrat	Orthocladius (O) sp.	subdominat	Hauptart
Weichsubstrat	Chironomini	subdominat	Hauptart
Weichsubstrat	Cryptochironomus albofasciatus	subdominat	Hauptart
Weichsubstrat	Chironomus cf nudiventris	subdominat	Hauptart
Weichsubstrat	Nanocladius bicolor	subdominat	Hauptart
Weichsubstrat	Polypedilum convictum	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus obtusidens	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Rheotanytarsus	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomidae sp P	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Cladotanytarsus mancus - Gruppe	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Tanytarsus heusdensis	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Tanytarsus sp.	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus sp.1	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Paracladopelma laminata	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Tanypodinae	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Polypedilum	rezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Polypedilum scalaenum	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Rheopelopia ornata	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Polypedilum nubeculosum	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Polypedilum laetum	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Tanytarsus ejuncidus	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Tanytarsus fimbriatus	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Procladius choreus	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Synorthocladius semivirens	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (C.) bicinctus	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus plumosus	subrezedent	Begleitart
Weichsubstrat	Camptocladius stercorarius	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (C.) triannulatus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Tanytarsus eminulus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Dicrotendipes nervosus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Tanytarsus brundini	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus sp.	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Polypedilum quadriguttatum	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Rheotanytarsus muscicola	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus cf cingulatus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus sp.2	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (L.) sylvestris	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Micropsectra	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Leptochironomus tener	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus plumosus - Gruppe	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Rheocricotopus chalybeatus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Polypedilum cultellatum	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (C.) annulator	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Microtendipes confinis	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cladotanytarsus nigrovittatus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cladopelma	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus cf venustus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Stempellinella minor	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Glyptotendipes	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Microtendipes pedellus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Glyptotendipes pallens	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Parachironomus frequens	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Phaenopsectra flavipes	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus cf annularius	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (L.) intersectus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Polypedilum acutum	sporadisch	Begleitart

Weichsubstrat	Chironomidae sp ad	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Paratendipes albimanus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Tanytarsus mendax	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Paratanytarsus bituberculatus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Polypedilum pullum	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Prodiamesa olivacea	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (L.) sp.	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Endochironomus albipennis	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (L.) obnixus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Corynoneura celtica	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Paracladius conversus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (C.) pallidipes	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Parachironomus parilis	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Corynoneura	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Pentapedilum sordens	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (C.) sp.	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus cf prasinus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Rheotanytarsus photophilus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Telopelopia fascigera	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus cf lugubris	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cladotanytarsus vanderwulpi	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cricotopus (C.) trifascia	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Parachironomus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Procladius sagittalis	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Rheotanytarsus pentapoda	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Cardiocladius fuscus	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Corynoneura celeripes	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Chironomus cf sp.a	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Orthocladius (O.) sp.a	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Orthocladius (O.) oblidens	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Polypedilum pedestre	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Eukiefferiella discoloripes	sporadisch	Begleitart
Weichsubstrat	Limnophyes pumilio	sporadisch	Begleitart

### 5.4.1.3 Vergleich der drei Fangmethoden

Mit Hilfe der Aquarienaufzuchten konnten auf dem Harts substrat 48 Taxa ermittelt werden und im Weichsubstrat 34 Taxa. Die Larvenfänge ergaben auf beiden Substrattypen 38 Taxa. Die Eklektorfänge ergaben 85 Taxa (Tabelle 26). Mit Hilfe von Eklektoren konnten also weit mehr Taxa ermittelt werden, als mit den anderen beiden Fangmethoden.

Tabelle 26. Taxazahl und Anzahl ausgewerteter Proben nach Probenahmemethode getrennt

Probenahmemethode	Taxazahl	Anzahl ausgewerteter Proben
Aquarienaufzuchten Harts substrat	48	34
Aquarienaufzuchten Weichsubstrat	34	33
Eklektorfänge	<b>85</b>	52
Larvenfänge Harts substrat	38	34
Larvenfänge Weichsubstrat	38	77

### 5.4.2 ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN ANALYSE

Da in Kapitel 4.4. die angewandten statistischen Methoden ausführlich erläutert wurden sollen hier nur die nachfolgenden Abbildungen erklärt werden.

Es wurden zwei Arten von Korrespondenzanalysen durchgeführt. Indirekte Gradientenanalysen (CA, keine Einbeziehung von Umweltparametern) und direkte Gradientenanalysen (RDA und CCA, Analysen mit Umweltparametern). Alle Analysen wurden mit dem Statistikprogramm "Canoco" durchgeführt.

Die Ergebnisse der Korrespondenzanalysen, können in einem Streudiagramm dargestellt werden. Probestellen oder Taxa und Umweltvariablen (nur bei direkter Gradientenanalyse) werden gemeinsam in einem Biplot aufgetragen. Die Probestellen werden in den folgenden Abbildungen als ein Code bestehend aus Zahlen und Buchstaben symbolisiert (s. Tabelle 3.) die Taxa werden bei einer CCA durch Punkte dargestellt und bei einer RDA durch Pfeile. Die Umweltvariablen sind als Pfeile abgebildet. Eine Tabelle mit Erläuterungen zu den aufgenommenen Umweltparametern befindet sich in Tabelle 10. Der Ursprung des Achsenkreuzes entspricht dem gewichteten Mittelwert der Variablen. Der Pfeil zeigt in Richtung der durchschnittlich höheren Werte. Durch rückwärtige Verlängerung kann auf Pfeile, die kleiner als der Durchschnitt sind Bezug genommen werden. Die relative Länge der Pfeile repräsentiert die Bedeutung der Variablen, wobei die absolute Länge des Pfeils keine Rolle spielt. Ein längerer Pfeil hat eine grössere Bedeutung als ein kürzerer.

Aus dem Biplot kann das Verhalten einer Aufnahme (hier: Probestelle) entlang eines Gradienten sowie das Verhältnis jeder Aufnahme zu jedem Gradienten abgelesen werden. Fällt man von den einzelnen Aufnahmepunkten Lote auf die Pfeile der Umweltvariablen, stellt der Schnittpunkt des Lots mit dem Pfeil die approximative Position der Aufnahme auf dem Gradienten dar. Aufnahmen, deren Lot auf die Seite des Gradienten fällt, haben einen gewichteten Durchschnitt, der grösser ist als der gewichtete Mittelwert der jeweiligen Umweltvariable. Aufnahmen, deren Lot die rückwärtige Verlängerung des Gradienten schneidet, besitzen einen gewichteten Durchschnitt, der kleiner ist als der gewichtete Mittelwert.

Anhand der Korrelationsmatrix kann man die Korrelation der Umweltvariablen mit den Achsen ablesen. Die Umweltvariablen werden auf der Achse interpretiert, auf der der Korrelationskoeffizient am höchsten ist.

In Tabelle 27 sind die verwendeten Canocokürzel der Taxanamen aufgeführt.

Tabelle 27. Canocokürzel der Taxanamen

Canocokürzel	Taxanamen	Canocokürzel	Taxanamen
Cam_ster	Camptocladius stercorarius	Orth_ob	Orthocladius (Orthocladius) oblidens
Card_fus	Cardiocladius fuscus	Orth_sp	Orthocladius (Orthocladius) sp.
Chir_ann	Chironomus cf annularius	Orth_spa	Orthocladius (Orthocladius) sp.a
Chir_cin	Chironomus cf cingulatus	Pach_arc	Parachironomus arcuatus
Chir_lug	Chironomus cf lugubris	Pach_fre	Parachironomus frequens
Chir_nud	Chironomus cf nudiventris	Pach_par	Parachironomus parilis
Chir_obt	Chironomus obtusidens	Pach_sp	Parachironomus sp.
Chir_plG	Chironomus plumosus - Gruppe	Par_conv	Paracladius conversus
Chir_plu	Chironomus plumosus	Para_alb	Paratendipes albimanus
Chir_pra	Chironomus cf prasinus	Parac_la	Paracladopelma laminata
Chir_sp	Chironomus	Poly_con	Polypedilum (Polypedilum) convictum
Chir_sp1	Chironomus sp.1	Poly_cul	Polypedilum (Polypedilum) cultellatum
Chir_sp2	Chironomus sp.2	Poly_la	Polypedilum (Polypedilum) laetum
Chir_ven	Chironomus cf venustus	Poly_nub	Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum
Clad_sp	Cladopelma	Poly_ped	Polypedilum (Polypedilum) pedestre
Clad_man	Cladotanytarsus mancus - Gruppe	Poly_pul	Polypedilum (Tripodura) pullum
Clad_nig	Cladotanytarsus nigrovittatus	Poly_qua	Polypedilum (Tripodura) quadriguttatum
Clad_sp	Cladotanytarsus	Poly_sca	Polypedilum (Tripodura) scalaenum
Clad_van	Cladotanytarsus vanderwulpi	Poly_sor	Polypedilum (Pentapedilum) sordens
Cory_cel	Corynoneura celeripes	Poly_sp	Polypedilum (Polypedilum)
Cory_neu	Corynoneura celtica	Pro_chor	Procladius choreus
Cory_sp	Corynoneura	Pro_sag	Procladius sagittalis
CriC_ann	Cricotopus (C.) annulator	Prod_oli	Prodiamesa olivacea
CriC_bic	Cricotopus (C.) bicinctus	R_demeij	Robackia demeijerei



CriC_biG	Cricotopus (C.) bicinctus	Rheoc_ch	Rheocricotopus chalybeatus
CriC_pal	Cricotopus (C.) pallidipes	Rheop_or	Rheopelopia ornata
CriC_sp	Cricotopus (C.) sp.	Rheot_mu	Rheotanytarsus muscicola
CriC_tif	Cricotopus (C.) trifascia	Rheot_pe	Rheotanytarsus pentapoda
CriC_tri	Cricotopus (C.) triannulatus	Rheot_ph	Rheotanytarsus photophilus
Crico_sp	Cricotopus sp.	Rheot_sp	Rheotanytarsus
CriI_int	Cricotopus (I.) intersectus	Stem_min	Stempellinella minor
CriI_obn	Cricotopus (I.) obnixus	Synor_se	Synorthocladius semivirens
CriI_sp	Cricotopus (I.) sp.	Tany_bru	Tanytarsus brundini
CriI_syl	Cricotopus (I.) sylvestris	Tany_eju	Tanytarsus ejuncidus
Cryp_alb	Cryptochironomus albofasciatus	Tany_emi	Tanytarsus eminulus
Dic_nerv	Dicotendipes nervosus	Tany_fim	Tanytarsus fimbriatus
End_alb	Endochironomus albipennis	Tany_heu	Tanytarsus heusdensis
Euk_disc	Eukiefferiella discoloripes	Tany_men	Tanytarsus mendax
Glyp_pal	Glyptotendipes pallens	Tany_sp	Tanytarsus sp.
Glyp_par	Glyptotendipes paripes	Telo_fas	Telopelopia fascigera
Glyp_sp	Glyptotendipes	Tve_sp	Tvetenia
Le_tener	Leptochironomus tener		
Limn_pum	Limnophyes pumilio		
Micp_sp	Micropsectra		
Mict_con	Microtendipes confinis		
Mict_ped	Microtendipes pedellus		
Nan_bic	Nanocladius bicolor		

#### 5.4.2.1 Die drei Fangmethoden im Vergleich (indirekte Gradientenanalyse)

Abb. 17. zeigt eine indirekte Gradientenanalyse (CA) mit Proben aus allen drei Fangmethoden. Es wurde hier eine Presence Absence Analyse durchgeführt, also eine qualitative Analyse, da sich die Abundanzen (Anzahl von Individuen pro Raum- bzw. Flächeneinheit) der Eklektorfänge nicht mit den Larven und Aquarienfängen vergleichen lassen, denn mit Hilfe der Eklektoren wurden nur die Individuen erfasst, die auch zu dem Zeitpunkt, an dem die Eklektoren im Bühnenfeld standen geschlüpft sind. Es sind also nicht alle Chironomidenlarven, die sich im Sediment befanden, erfasst worden.

Die Abbildung zeigt eine deutliche Trennung zwischen Larven (links der y Achse) und adulten Chironomiden (rechts der y Achse). Die Trennung erklärt sich dadurch, daß eine Bestimmung der Larven auf Artniveau oft nicht möglich ist, da entweder bei jungen Larvenstadien noch nicht alle zur Bestimmung wichtigen Merkmale ausgeprägt sind, oder es für viele Arten noch keinen Bestimmungsschlüssel gibt. Deshalb befinden sich in der Taxaliste der Larvenfänge viele Gattungen, die nicht weiter bestimmt werden konnten (Bsp. *Cladotanytarsus* sp.). Adulte Chironomiden können dagegen häufiger auf Artniveau bestimmt werden (Bsp. *Cladotanytarsus mancus*, *Cladotanytarsus nigrovittatus*). Bei weiteren statistischen Auswertungen werden somit die Ergebnisse der drei Fangmethoden getrennt analysiert.

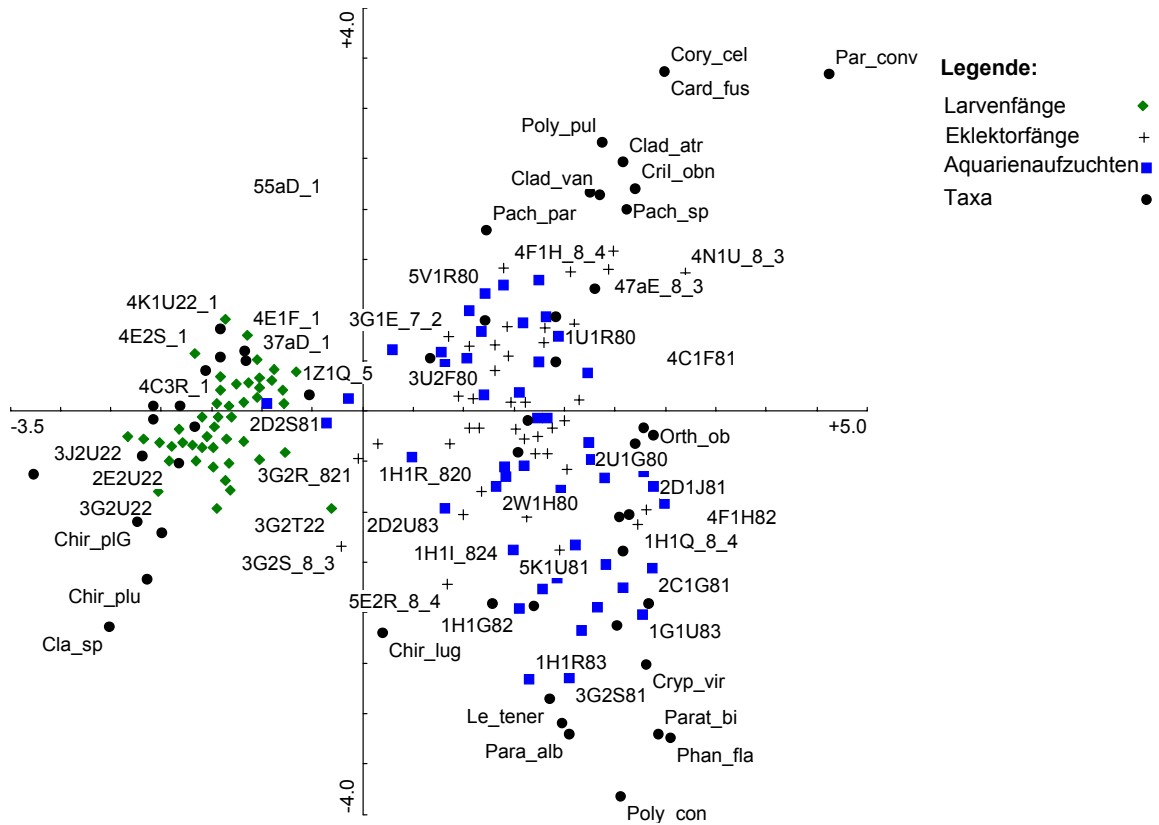


Abb. 17. CA (1.2. HA) Vergleich der Fangmethoden

### 5.4.2.2 Die beiden Substrattypen im Vergleich (indirekte Gradientenanalyse)

Abb. 18. zeigt eine indirekte Gradientenanalyse, bei der die Besiedlung von Hart- und Weichsubstrat miteinander verglichen werden. Die Analyse wurde mit dem Arteninventar der Larvenfänge und der Aquarienaufzuchten durchgeführt. Eklektorproben gingen nicht mit ein, da die Eklektoren nur auf Weichsubstrat ausgebracht wurden.

Es ist eine deutliche Trennung der Substrattypen zu erkennen. Oberhalb der x Achse befinden sich vorwiegend Weichsubstratproben (helle Symbole) und unterhalb der x Achse liegen fast alle Hartsubstratproben (farbige Symbole). Um eine differenziertere Betrachtung der Umwelteinflüsse auf die Fauna zu ermöglichen werden deshalb Hart- und Weichsubstrat bei weiteren statistischen Analysen getrennt betrachtet.

In Abb. 18. ist ausserdem, eine Aufteilung in Larvenproben (links der y Achse) und Aquarienproben (rechts der y Achse) dargestellt, wie sie auch in Abb. 17. zu sehen ist.

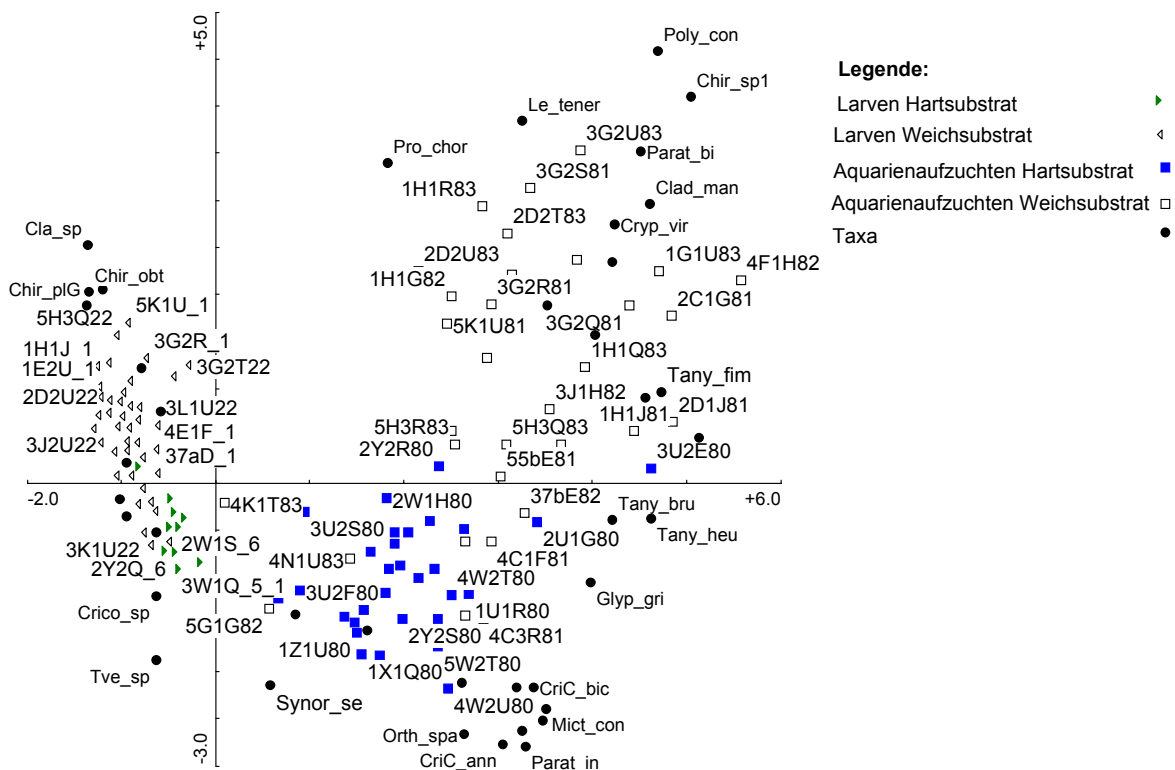


Abb. 18. CA (1.2. HA) Besiedlung der Chironomiden von Hart- und Weichsubstrat

### 7.3.2.3. Einfluss der Umweltfaktoren auf das Artenspektrum (direkte Gradientenanalyse)

Um den Zusammenhang zwischen der Chironomidenfauna und den gemessenen Umweltfaktoren zu analysieren und graphisch darzustellen werden direkte Gradientenanalysen (CCA und RDA) durchgeführt. Zur Ermittlung der Art des Zusammenhangs eines Umweltparameters mit den Abundanzen statistisch signifikanter Arten werden Regressionsanalysen durchgeführt und die Ergebnisse in Form eines xy Plots dargestellt. Wie die indirekte Gradientenanalyse zeigt unterscheiden sich die Ergebnisse der drei Fangmethoden und die Besiedlung von Hart- und Weichsubstrat deutlich voneinander, so daß sie getrennt analysiert werden. In den folgenden

Unterkapiteln werden die Ergebnisse der Weichsubstratanalysen nach Fangmethoden getrennt vorgestellt.

Bei einem Vergleich wird deutlich, daß nur ein Teil der gemessenen Umweltfaktoren für die Chironomidenbesiedlung relevant ist. Die meisten Umweltparameter wurden während der Analyse eliminiert, da sie entweder sehr hoch miteinander korrelieren, oder nur geringen Erklärungswert aufweisen.

### 7.3.2.3.1. Aquarienaufzuchten Weichsubstrat

Abb. 19 zeigt die Verteilung der Weichsubstratproben aus den Aquarienaufzuchten in Abhängigkeiten von den Umweltfaktoren. Es gingen 30 Proben und 13 Umweltfaktoren in die Analyse ein. Aus der zugehörigen Tabelle 28. geht hervor, daß die erste Achse signifikant positiv mit der Strömungsgeschwindigkeit korreliert ist. Zur Veranschaulichung wurde in Abb. 19 der Mittelwert (0.163 m/s) der Strömungsgeschwindigkeit errechnet. Es ist eine deutliche Trennung der Proben, die bei Geschwindigkeiten oberhalb des Mittelwertes auftreten (rechts der y Achse) und Proben, die bei Geschwindigkeiten unterhalb des Mittelwertes liegen (links der y Achse) zu erkennen.

Weitere wichtige Umweltparameter für die Verteilung der Taxa und damit der Proben sind das Jahr und die Temperatur (Tabelle 28.). Das Untersuchungsjahr ist signifikant positiv mit der 1. Achse korreliert und die Temperatur negativ mit der 2. Achse.

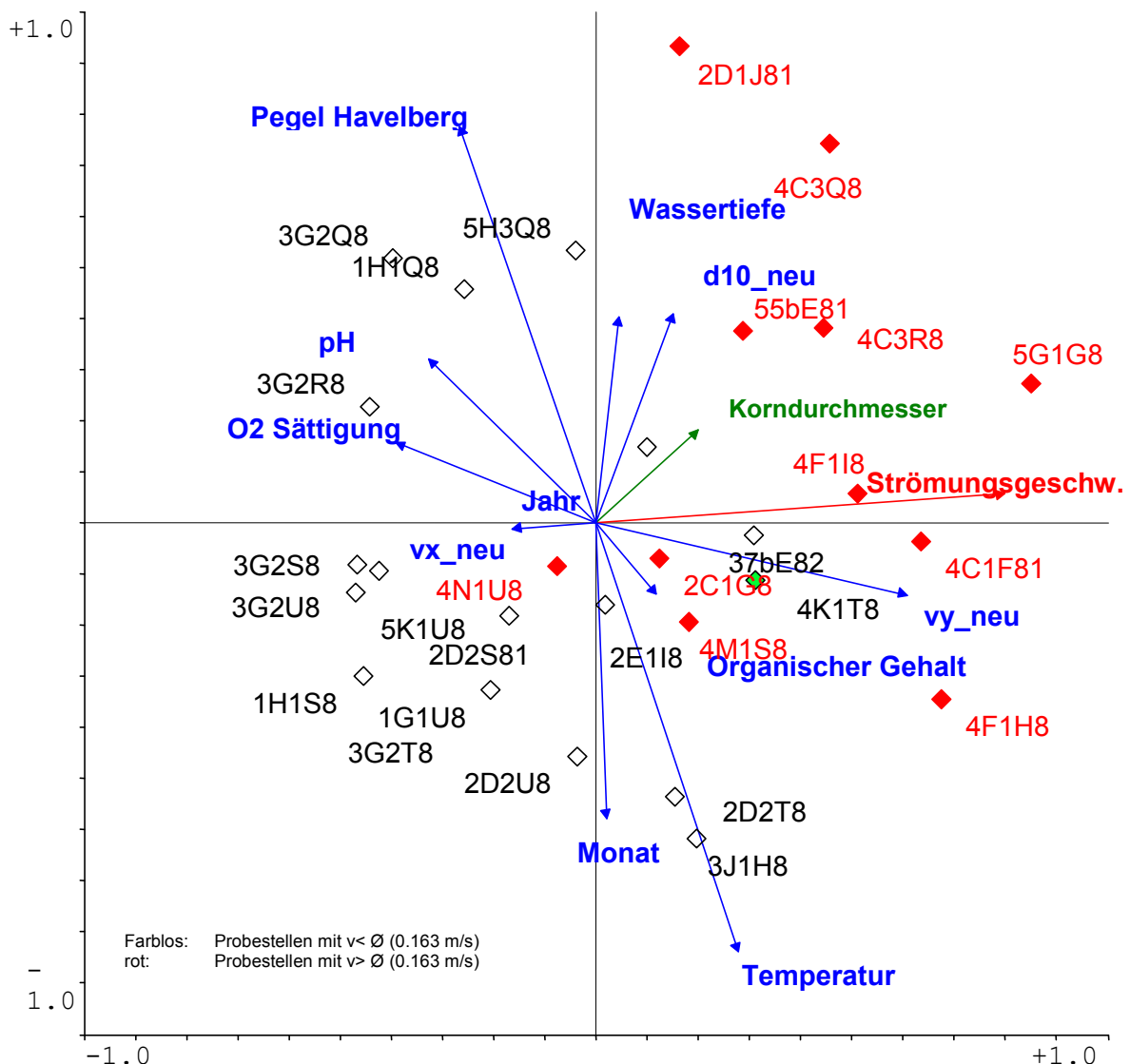


Abb. 19. CCA (1.2. HA) der Aquarienaufzuchten (Umgebungsfaktoren und Proben)

Umweltvariablen	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4	Signifikanzniveau (P)	Varianzerklärung durch die Umweltvariable alleine (lambda 1)	Varianzerklärung nach Einschluss ins Modell (lambda A)
Strömungsgeschwindigkeit (v_GesNeu)	<b>0,7557**</b>	n.s.	n.s.	n.s.	0,005	0,34	0,34
Jahr	<b>0,6513**</b>	n.s.	-0,1889**	n.s.	0,130	0,28	0,13
vy_neu	n.s.	n.s.	0,2092	n.s.	0,465	0,24	0,07
Temperatur (TmpMna2)	n.s.	<b>-0,7659*</b>	n.s.	-0,0922*	0,005	0,23	0,21
Pegel Havelberg (HvBg_Min)	n.s.	n.s.	n.s.	-0,1286*	0,195	0,23	0,11
PH Wert (pHMna2)	-0,3097	n.s.	-0,5118**	n.s.	0,140	0,17	0,11
d10_neu	0,1436**	0,3741	n.s.	n.s.	0,190	0,14	0,11
MonatZ	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,320	0,14	0,09
vx_neu	n.s.	n.s.	n.s.	-0,0236*	0,120	0,12	0,12
O2 Sättigung (O2SäMna2)	n.s.	n.s.	-0,0064*	-0,0988*	0,265	0,12	0,10
Korndurchmesser (KrMP_neu)	n.s.	n.s.	n.s.	-0,4536*	0,660	0,12	0,07
Organischer Gehalt (Org_neu)	0,1114**	n.s.	-0,0356	n.s.	0,070	0,09	0,12
Wassertiefe (h_neu)	0,0428*	n.s.	0,2814*	n.s.	0,510	0,09	0,08

Tabelle 28. Korrelation der Achsen der CCA der Aquarienaufzuchten mit den Umweltvariablen und Varianzerklärung des Datensatzes durch die Umweltfaktoren

Erläuterungen:

1 % Signifikanz

\* 5 % Signifikanz

\*\* 10 % Signifikanz

	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,469	0,247	0,178	0,156
Arten-Umwelt Korrelationen	0,947	0,913	0,847	0,831
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	15,8	24,1	30,1	35,4
Kumulative prozentuale Varianz der Beziehung zwischen Artendaten und Umweltvariablen	28,3	43,2	53,9	63,3
Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	2,967			
Summe aller kanonischen Eigenwerte	1,657			
Kritischer t-Wert bei 1 % Signifikanz	2,921			
Kritischer t-Wert bei 5 % Signifikanz	2,12			
Kritischer t-Wert bei 10 % Signifikanz	1,746			

Tabelle 29. Kenngrößen der CCA der Aquarienaufzuchten

Abb. 20. Und Abb. 21 zeigen jeweils eine CCA in die Taxa und Umweltparameter eingegangen sind. Das Auftreten farbig geschriebener Taxa ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % signifikant. In Abb. 20. ist die 1. Und 2. Hauptachse dargestellt, da die Strömungsgeschwindigkeit (rot

dargestellt) auf der 1. Achse die grösste Signifikanz zeigt. (s. Tabelle 28.). Es ist zu sehen, welche Taxa bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten ihre höchsten Abundanzen besitzen (links der Y Achse) und welche bei hohen Geschwindigkeiten häufiger auftreten (rechts der y Achse).

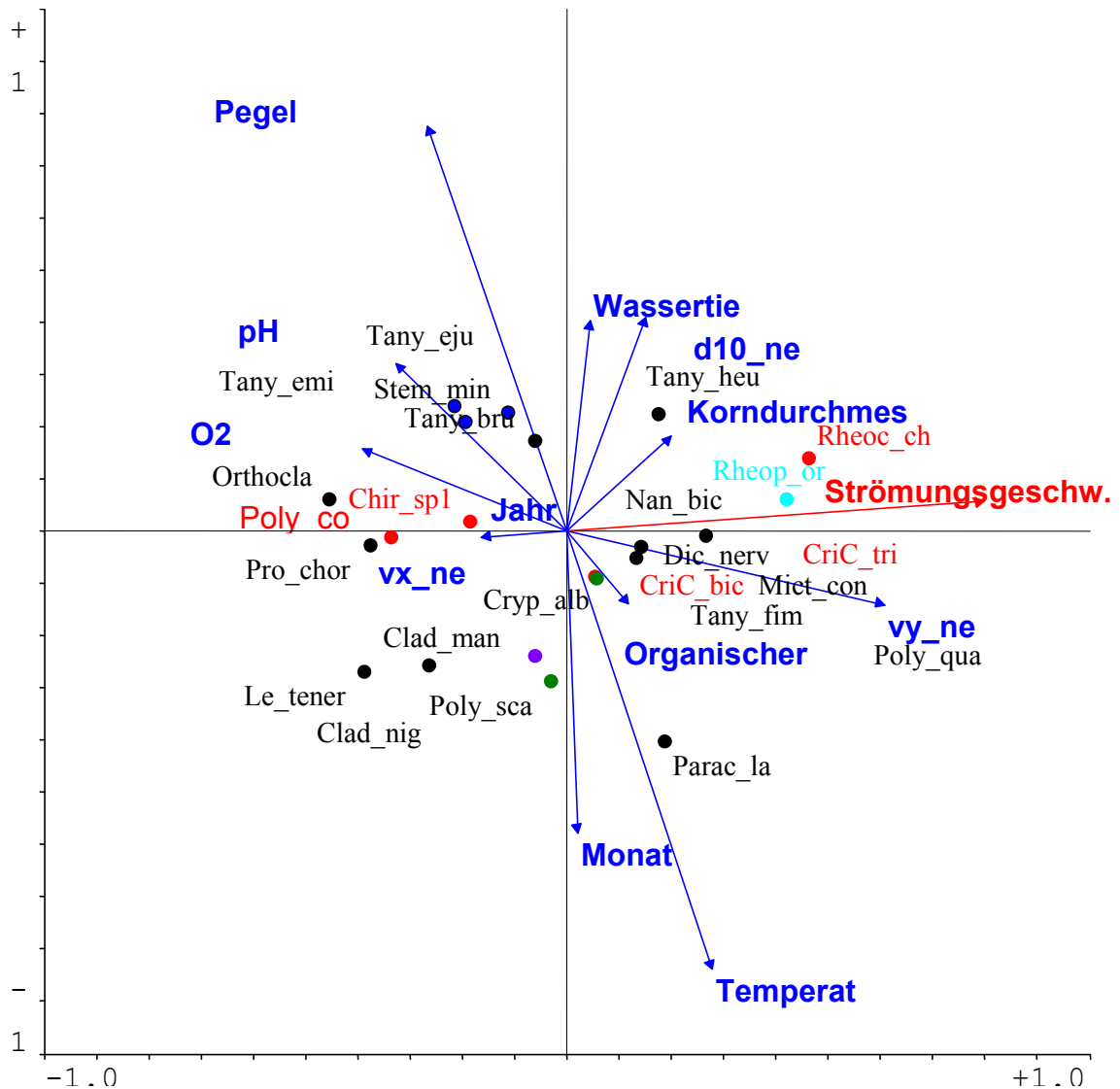


Abb. 20. CCA (1.2. HA) der Aquarienaufzuchten (Umgebungsfaktoren und Taxa / Strömungsgeschw. hervorgehoben)

In Abb. 21. wurde der Umweltfaktor "Korndurchmesser" herausgegriffen (grün dargestellt). Die Abbildung zeigt die gleiche CCA wie in Abb. 20., nur ist jetzt die 1. Und 4. Hauptachse dargestellt, da der Korndurchmesser auf der 4. Achse die grösste Signifikanz zeigt (Tabelle 28). Oberhalb der x Achse erscheinen Taxa, die an Probestellen mit Sediment, das einen kleinen Korndurchmesser besitzt verstärkt auftreten und unterhalb der x Achse Taxa, die Sediment mit grösserem Korndurchmessern bevorzugen.

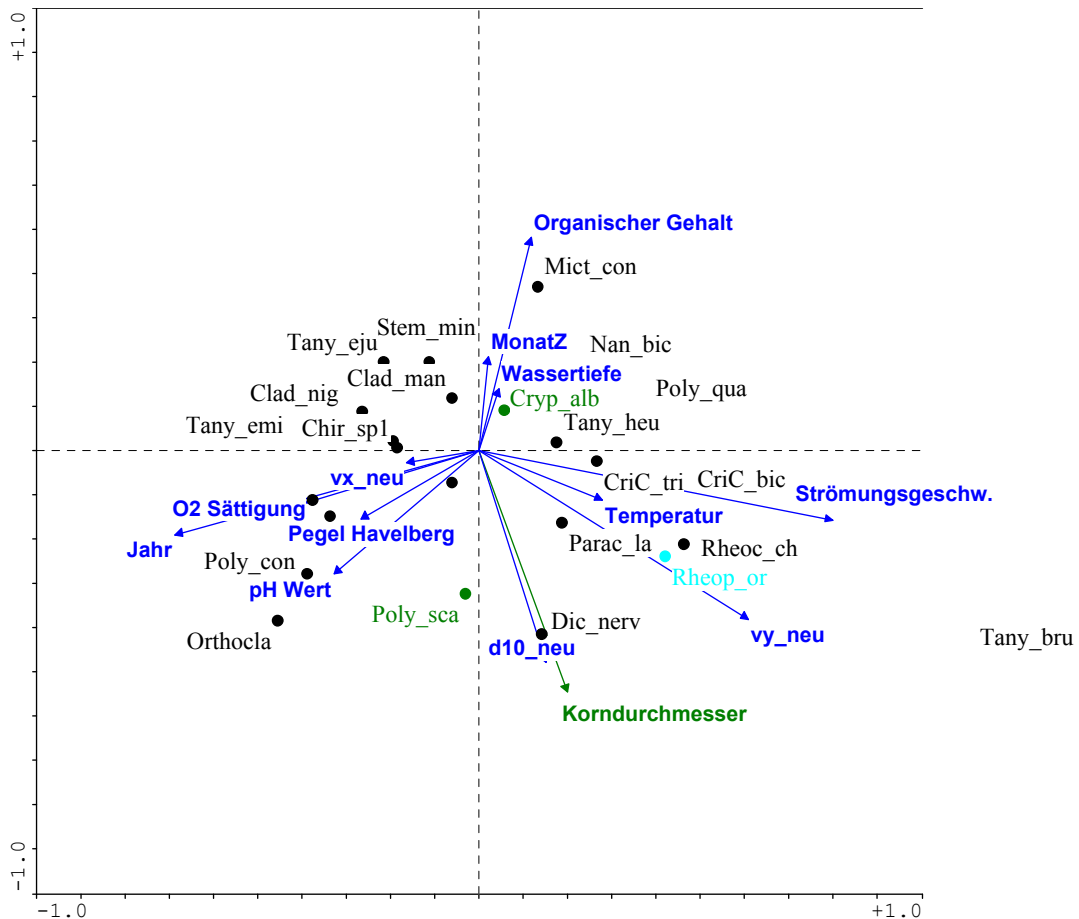


Abb. 21. CCA (1.4. HA) der Aquarienaufzuchten (Umgebungsfaktoren und Taxa / Korndurchmesser hervorgehoben)

Erläuterungen zu Abb. 20 und Abb. 21

Farbig dargestellte Taxa: Das Auftreten ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % signifikant ( $p < 0.05$ )

Rot geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 22. (Abundanzen / Strömungsgeschwindigkeit)

Grün geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 23 (Abundanzen / Korndurchmesser)

Hellblau geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 22. und Abb. 23.

Um die Abundanzen statistisch signifikanter Arten bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten vorherzusagen wird eine Regressionsanalyse durchgeführt. In Abb. 22 ist das Ergebnis der Analyse in Form eines xy Plots dargestellt. Auf der x Achse ist die Strömungsgeschwindigkeit aufgetragen und auf der y Achse die Abundanzen der Taxa. In dem Plot bestätigt sich das Bild aus Abb. 20. Es ist zu sehen, daß die Arten Chir\_sp1 und Poly\_con höchste Abundanzen bei Geschwindigkeiten im Bereich von 0 m/s und knapp darüber zeigten. In Abb. 20 befinden sie sich links der y Achse. Rheoc\_ch, Cric\_bic, Cric\_tri und Rheop\_or traten dagegen in höchsten Individuenzahlen bei größeren Strömungsgeschwindigkeiten auf. In Abb. 20. liegen sie rechts der y Achse. Die höchste gemessene Strömungsgeschwindigkeit in den Bühnenfeldern liegt bei 0,5 m/sec und ist damit nicht sehr hoch. Es ist also möglich, daß oben genannte Arten ihr Optimum, also ihre höchsten Abundanzen bei größeren Geschwindigkeiten aufweisen.

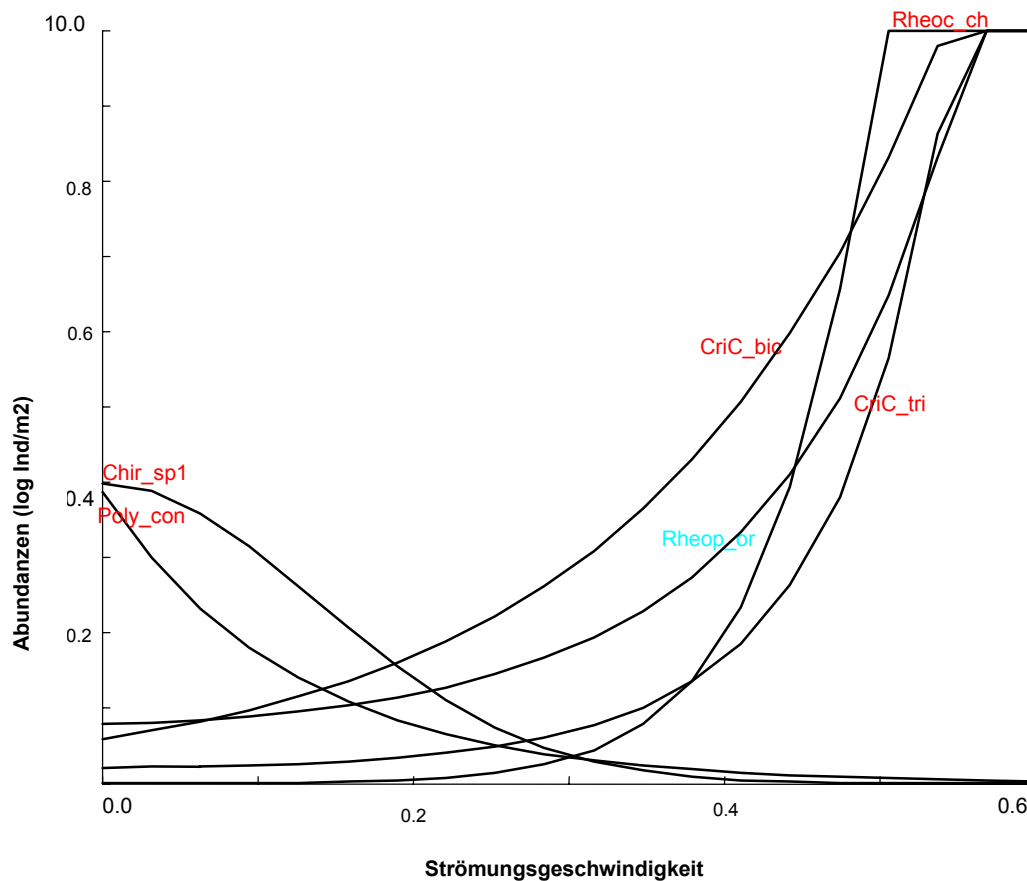


Abb. 22. Model responses Aquarienaufzuchten; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>),  $p \leq 0.05$ , Probenanzahl: 30

Erläuterungen:

Rot geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 20 (Strömungsgeschwindigkeit hervorgehoben)

Hellblau geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 20. . (Strömungsgeschwindigkeit hervorgehoben) und Abb. 21 (Korndurchmesser hervorgehoben)

	Term	estimate	std.error
<b>Model Summary Rheoc_ch</b>	Const	-7,214	1,62
	X	22,47	3,6161
	x <sub>2</sub>	-6,909	0,019512
link function: log deviance = 6,072 DF = 27 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary CriCbic</b>	Const	-1,535	0,40255
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	12,8	5,2006
link function: log deviance = 68,22 DF = 28 Modell signif. P= 0,0017			
<b>Model Summary Poly_con</b>	Const	1,351	0,16633
	X	-8,031	1,7279
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 117,8 DF = 28 Modell signif. P= 0,0035			
<b>Model Summary Chir_sp1</b>	Const	1,382	0,13328
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	-26,27	4,2456
link function: log deviance = 120,9 DF = 28 Modell signif. P= 0,0019			
<b>Model Summary CriC_tri</b>	Const	-0,2437	0,3451
	X	0,686	6,3086
	x <sub>2</sub>	6,912	3,2675
link function: log deviance = 124,7 DF = 27 Modell signif. P= 0,0143			
<b>Model Summary Rheoc_or</b>	Const	-0,5813	0,27988
	X	5,215	0,83999
	x <sub>2</sub>	--	--



Link function: log  
 deviance = 115,2 DF = 28  
 Modell signif. P= 0,0023

Tabelle 30. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeit der einzelnen Taxa für den Umgebungsfaktor Strömung (Aquarienaufzuchten)

Abb. 23. zeigt die Abundanzen signifikanter Taxa in Abhängigkeit des Umweltfaktors Korndurchmesser. Die Beobachtungen zum Korndurchmesser stimmen mit der Darstellung in Abb. 21. überein. Die drei dargestellten Arten verhielten sich ganz unterschiedlich. So kam *Cryp\_alb* vorwiegend an Probestellen mit sehr kleinem Korndurchmesser vor, *Poly\_sca* bei Korndurchmessern um 4 mm und *Rheop\_or* an Probestellen mit den grössten Korndurchmesser von 5.5 mm. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist es gut möglich, daß *Rheop\_or* sein Optimum bei grösserem Korndurchmesser besitzt. Diese Art hat bei grösseren Strömungsgeschwindigkeiten (Abb. 22.) und in Sediment mit grösseren Korndurchmessern (Abb. 23.) ihr Optimum.

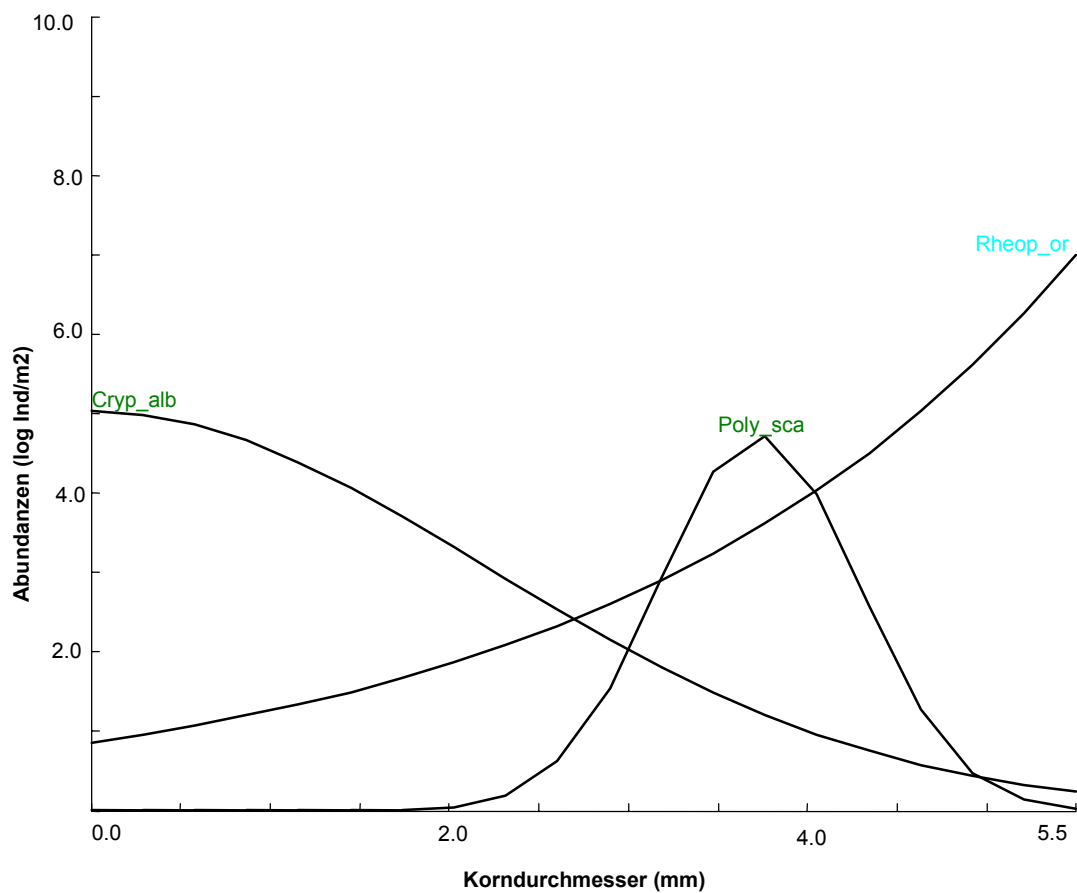


Abb. 23. Model responses Aquarienaufzuchten; Umgebungsfaktor Korndurchmesser (mm) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>), p <= 0.05, Probenanzahl: 30

Erläuterung:

Grün geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 21. (Korndurchmesser hervorgehoben)

Hellblau geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 20 (Strömungsgeschw. hervorgehoben u Abb. 21.)

	Term	estimate	std.error
<b>Model Summary Rheop_or</b>	Const	-0,147	0,25201
	X	0,3806	0,083526
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 136,8 DF = 28 Modell signif. P= 0,0420			
<b>Model Summary Cryp_alb</b>	Const	1,615	0,11699
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	-0,1009	0,51489

link function: log			
deviance = 115,7    DF = 28			
Modell signif. P= 0,0203			
<b>Model Summary Poly_sca</b>	Const	-20,85	6,5808
	X	12,02	3,8067
	x <sub>2</sub>	-1,612	0,53569
link function: log			
deviance = 38,24    DF = 27			
Modell signif. P= 0,0000			

Tabelle 31. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeit der einzelnen Taxa für den Umgebungsfaktor Korndurchmesser (Aquarienaufzuchten)

#### 5.4.2.2.1 Eklektorfänge

In die CCA der Eklektorfänge gingen 38 Proben und 13 Umweltvariablen ein. Bei den Eklektorfängen ist, wie bei den Aquarienaufzuchten die Strömungsgeschwindigkeit ein wichtiger Umweltfaktor (Tabelle 32.). Die zweite Achse ist positiv signifikant mit der Strömung und mit dem Korndurchmesser korreliert. In Abb. 24. wurde der Mittelwert der Strömungsgeschwindigkeiten gebildet. Proben, die an Untersuchungsstellen mit einer Strömungsgeschwindigkeit über 0,125 m/s liegen befinden sich in Abb. 12. oberhalb der x Achse (rot dargestellt) und Proben, die an Stellen mit Geschwindigkeiten unter dem Mittelwert liegen befinden sich unterhalb der x Achse (farblos dargestellt).

Aus Tabelle 32. geht ebenfalls hervor, daß die erste Achse ist signifikant positiv mit dem Jahr korreliert ist.

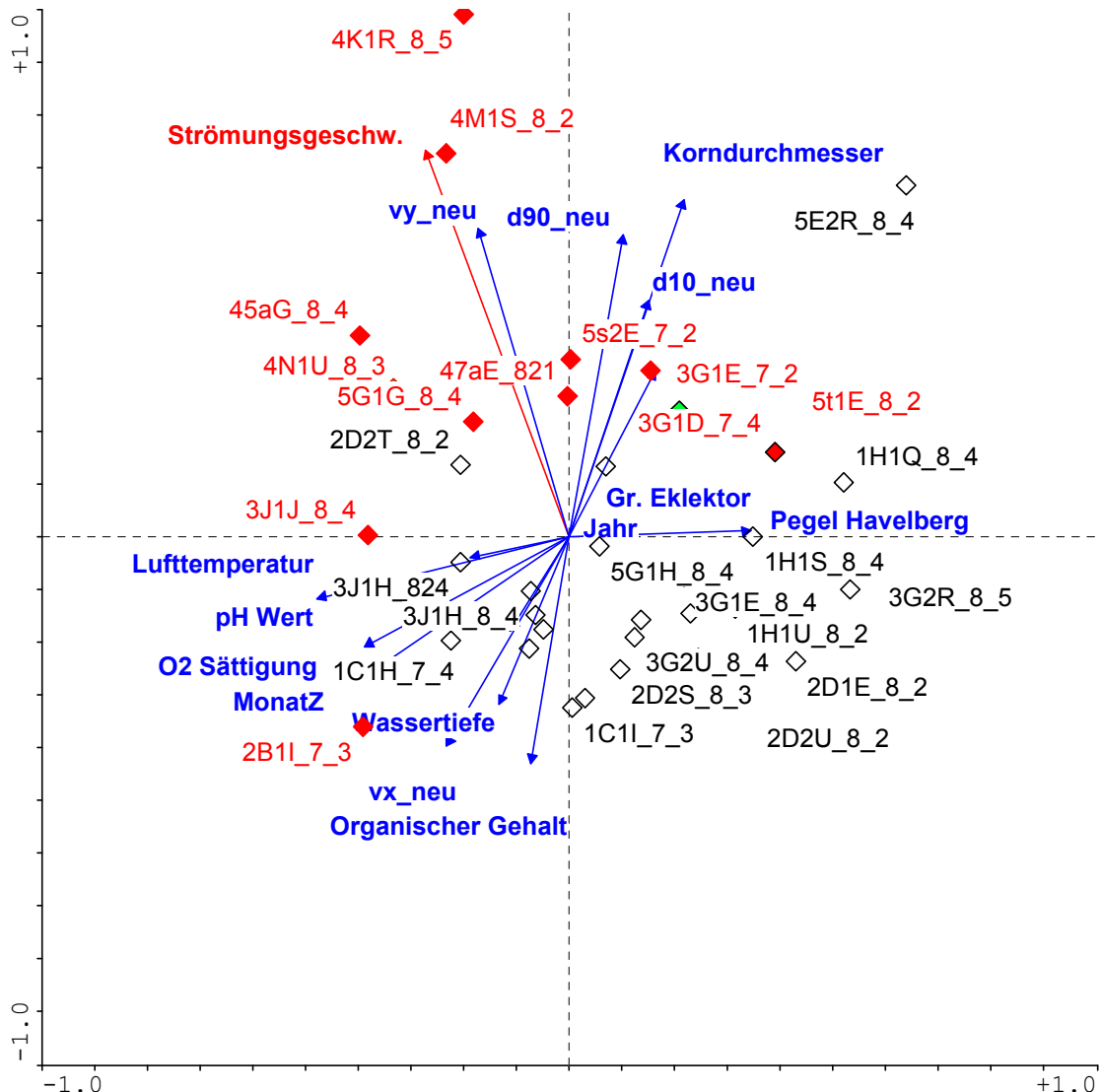


Abb. 24. CCA (1.2. HA) der Eklektorfänge (Umgebungsfaktoren und Proben)

Erläuterungen:

Rot: Probestellen mit Strömungsgeschwindigkeiten > Mittelwert (0.125 m/s)

Farblos: Probestellen mit Strömungsgeschwindigkeiten < Mittelwert (0.125 m/s)

Tabelle 32. Korrelation der Achsen der CCA der Eklektorfänge mit den Umweltfaktoren und Varianzerklärung des Datensatzes durch die Umweltvariablen

Umweltfaktoren	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4	Signifikanzniveau (P)	Varianzerklärung durch die Umweltvariable alleine (lambda 1)	Varianzerklärung nach Einschluss ins Modell (lambda A)
Strömungsgeschw. (v_GesNeu)	-0,252**	<b>0,6807**</b>	n.s.	n.s.	0,005	0,26	0,10
Korndurchmesser (KrMP_neu)	n.s.	<b>0,592*</b>	0,2732**	n.s.	0,010	0,22	0,19
MonatZ	n.s.	n.s.	0,2225*	0,4719**	0,635	0,20	0,08
Vx_neu	-0,2169**	n.s.	n.s.	n.s.	0,010	0,19	0,20
Jahr	<b>0,3884*</b>	n.s.	0,3822*	0,1971*	0,085	0,18	0,15
D90_neu	0,0951	n.s.	0,0552	n.s.	0,305	0,17	0,13
PH Wert (PHMna2)	n.s.	n.s.	0,2684*	n.s.	0,575	0,17	0,10
Vy_neu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,985	0,17	0,05
O2 Sättigung (O2SaMna2)	-0,3574*	n.s.	0,0629**	n.s.	0,105	0,16	0,14
Pegel Havelberg (HvBg_Min)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,145	0,16	0,12
D10_neu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,500	0,15	0,10
Lufttemperatur (LftPMna2)	n.s.	n.s.	n.s.	0,2623*	0,230	0,14	0,12
Organischer Gehalt (Org_neu)	n.s.	n.s.	n.s.	0,3287*	0,675	0,14	0,09
Globalstrahlung (GstrMxa2)	n.s.	n.s.	n.s.	-0,2461*	0,755	0,13	0,08
Wassertiefe (h_neu)	n.s.	-0,2952**	n.s.	-0,2809	0,160	0,12	0,13
Eklektor gross (Ekl_gr)	n.s.	0,1091*	0,1158	n.s.	0,515	0,12	0,09
Standzeit in Tagen (Stand_t)	-0,1044	n.s.	n.s.	-0,4099*	0,480	0,08	0,10

Erläuterungen:

1 % Signifikanz

\* 5 % Signifikanz

\*\* 10 % Signifikanz

Tabelle 15. Kenngrößen der CCA der Eklektorfänge

	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,361	0,341	0,272	0,206
Arten-Umwelt Korrelationen	0,925	0,929	0,902	0,874
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	8,4	16,3	22,7	27,5
Kumulative prozentuale Varianz der Beziehung zwischen Artendaten und Umweltvariablen	16,9	32,9	45,7	55,4
Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	4,294			
Summe aller kanonischen Eigenwerte	2,130			
Kritischer t-Wert bei 1 % Signifikanz	2,797			

Kritischer t-Wert bei 5 % Signifikanz	2,064
Kritischer t-Wert bei 10 % Signifikanz	1,711

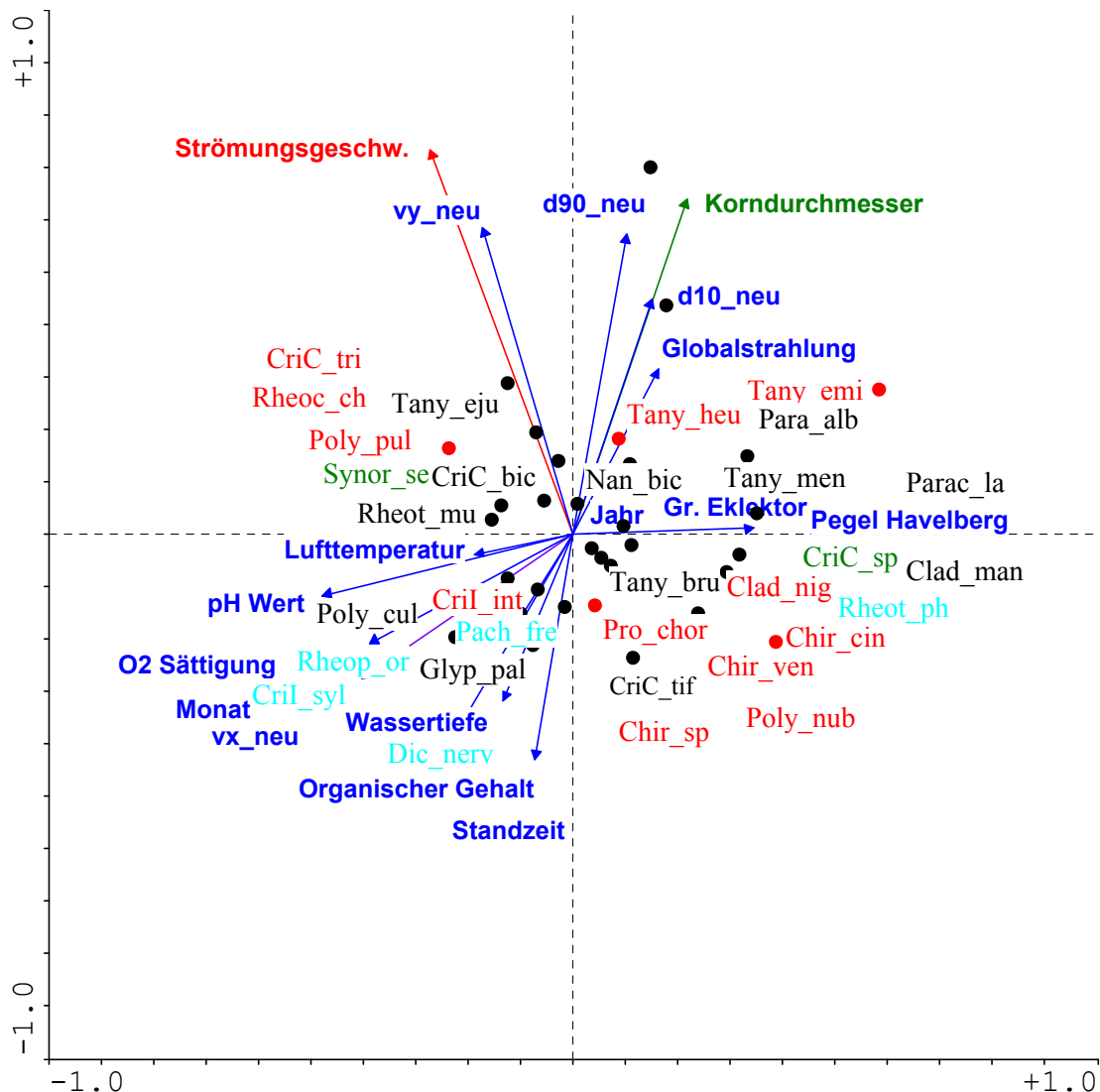


Abb. 25. CCA (1.2. HA) der Eklektorfänge (Umgebungsfaktoren und Taxa / Strömungsgeschwindigkeit und Korndurchmesser hervorgehoben)

Erläuterungen:

Farbig dargestellte Taxa: Das Auftreten ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % signifikant ( $p < 0.05$ )

Rot geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 26. (Taxa / Strömungsgeschwindigkeit)

Grün geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb 27 (Taxa / Korndurchmesser)

Hellblau geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 26. und Abb 27.

Um die Abundanzen statistisch signifikanter Arten bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten vorherzusagen wird eine Regressionsanalyse durchgeführt. Abb. 25. und Abb. 26. zeigen, wie sich die Arten bei den verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten verhalten. Die meisten Taxa bevorzugen Gewässerabschnitte mit kleinen Strömungsgeschwindigkeiten, z.B.: Chir\_cin, Poly\_nub, Dic\_nerv, Pro\_chor, CriI\_sylv, Pach\_fre, Chir\_ver und CriI\_int. Arten, die höhere Strömungsgeschwindigkeiten bevorzugen sind: Rheoc\_ch, Tany\_heu und Tany\_emi. Diese drei Arten besitzen ihr Optimum wahrscheinlich bei noch höheren Strömungsgeschwindigkeiten als den gemessenen.

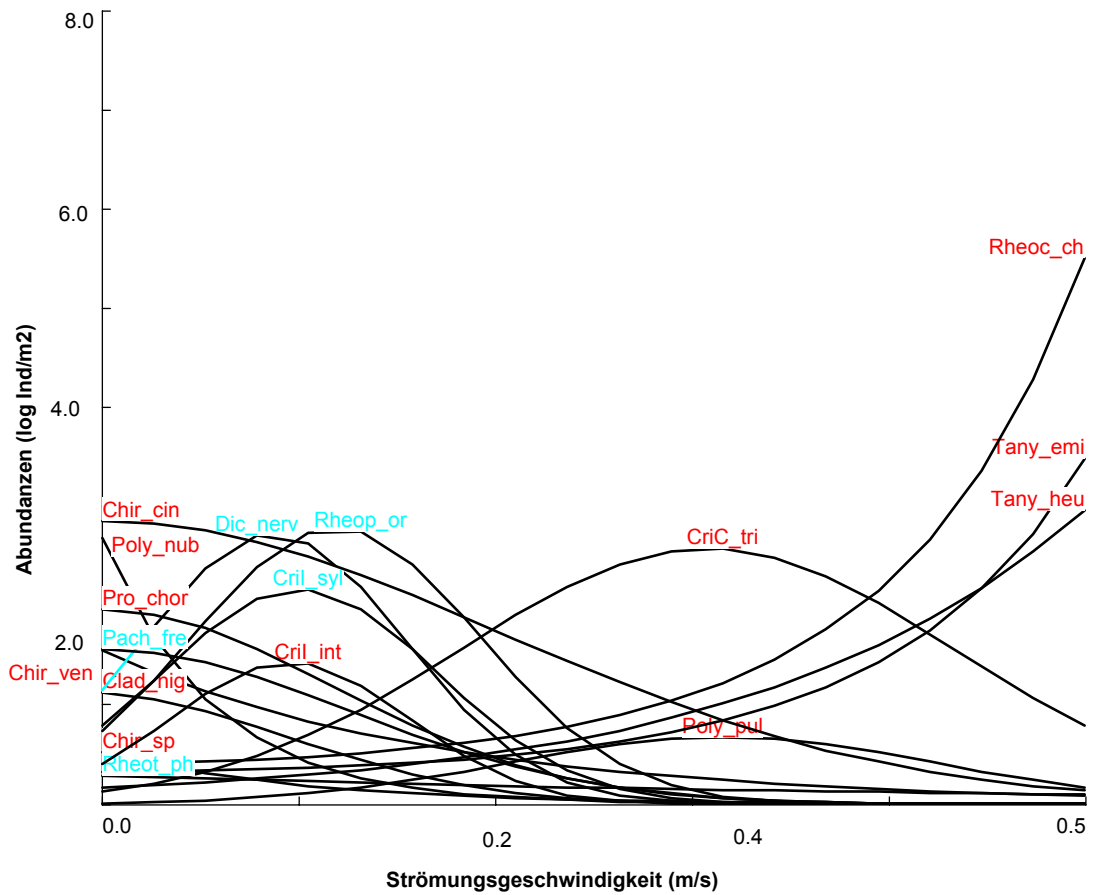


Abb. 26. Model responses Eklektorfänge; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>),  $p \leq 0.05$ , Probenanzahl: 38

Erläuterungen:

Rot geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 25. (Strömung und Korndurchmesser hervorgehoben)

Hellblau geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 25. und Abb 27( Taxa / Korndurchmesser)

	Term	estimate	std.error
<b>Model Summary Chir_ven</b>	Const	0,4377	0,24792
	X	-5,869	2
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 89,25 DF = 36 Modell signif. P= 0,0212			
<b>Model Summary Poly_nub</b>	Const	0,9864	0,23336
	X	-17,58	4,1197
	x <sub>2</sub>	0,1253	0,020545
link function: log deviance = 48,58 DF = 35 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Poly_pul</b>	Const	-4,479	1,6245
	X	25,86	13,504
	x <sub>2</sub>	-40,95	26,111
link function: log deviance = 37,9 DF = 35 Modell signif. P= 0,0007			
<b>Model Summary Clad_nig</b>	Const	0,1158	0,36488
	X	-0,9055	57,765
	x <sub>2</sub>	-47,26	10,09
link function: log deviance = 60,09 DF = 35 Modell signif. P= 0,0003			
<b>Model Summary Tany_emi</b>	Const	-1,115	0,31197
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	9,444	4,8184
link function: log deviance = 70,44 DF = 36 Modell signif. P= 0,0076			

<b>Model Summary Rheoc_ch</b>	Const	-0,8942	0,46481
	X	0,4987	8,2244
	x <sub>2</sub>	9,406	4,3199
link function: log deviance = 87,37 DF = 35 Modell signif. P= 0,0005			
<b>Model Summary CriC_tri</b>	Const	-2,082	0,61485
	X	19,68	5,5297
	x <sub>2</sub>	-31,95	11,167
link function: log deviance = 96,2 DF = 35 Modell signif. P= 0,0003			
<b>Model Summary CriI_int</b>	Const	-0,8919	0,52676
	X	26,22	66,367
	x <sub>2</sub>	-137,3	11,939
link function: log deviance = 68,64 DF = 35 Modell signif. P= 0,0001			
<b>Model Summary Pro_chor</b>	Const	0,6731	0,18846
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	-36,08	8,6175
link function: log deviance = 73,92 DF = 36 Modell signif. P= 0,0004			
<b>Model Summary Pach_fre</b>	Const	0,4451	0,20591
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	31,97	8,785
link function: log deviance = 86,13 DF = 36 Modell signif. P= 0,0024			
<b>Model Summary Dic_nerv</b>	Const	0,1437	0,32393
	X	19,63	41,008
	x <sub>2</sub>	-112,1	7,405
link function: log deviance = 86,48 DF = 35 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Chir_sp</b>	Const	-0,6336	0,46929
	X	-9,95	5,2337
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 33,18 DF = 36 Modell signif. P= 0,0067			
<b>Model Summary Rheot_ph</b>	Const	-1,236	0,78568
	X	-2,278	0,0080895
	x <sub>2</sub>	0,1024	7,7144
link function: log deviance = 27,34 DF = 35 Modell signif. P= 0,0001			
<b>Model Summary Rheop_or</b>	Const	-0,3035	0,3706
	X	22,24	24,636
	x <sub>2</sub>	-93,21	6,0265
link function: log deviance = 86,34 DF = 35 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Tany_heu</b>	Const	1,831	0,46518
	X	5,835	1,4438
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 71,34 DF = 36 Modell signif. P= 0,0025			
<b>Model Summary CriI_syl</b>	Const	-0,2399	0,37729
	X	20,22	35,506
	x <sub>2</sub>	-100,6	7,2799
link function: log deviance = 95,92 DF = 35 Modell signif. P= 0,0001			
<b>Model Summary Chir_cin</b>	Const	1,049	0,13273
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	-12,2	3,5973
link function: log deviance = 122,2 DF = 36 Modell signif. P= 0,0125			

Tabelle 33. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeit der einzelnen Taxa für den Umgebungsfaktor Strömung (Eklektorfänge)

Der xy Plot des mittleren Korndurchmessers gegen die Abundanzen (Abb 27.) zeigt vorwiegend Arten die an Untersuchungsstellen mit kleinem Korndurchmesser auftreten. Diese Arten

bevorzugen auch Gewässerabschnitte mit geringer Strömung. (Abb. 26.). Die Art Synor\_se zeigt bei allen gemessenen Korndurchmessern ähnlich hohe Abundanzen.

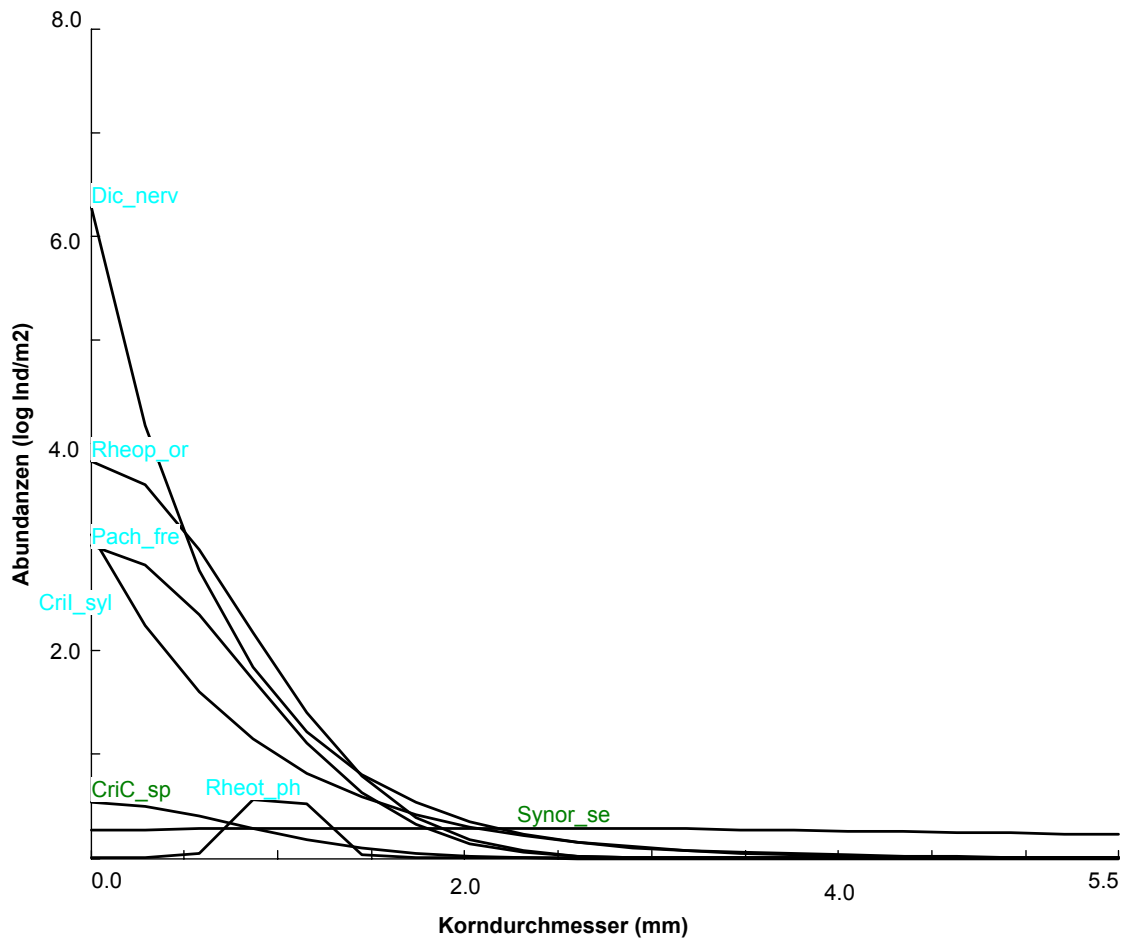


Abb 27. Model responses Eklektorfänge; Umgebungsfaktor Korndurchmesser (mm) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>),  $p \leq 0.05$ , Probenanzahl: 38

Erläuterungen:

Grün geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 25 (Korndurchmesser und Strömungsgeschwindigkeit hervorgehoben).

Hellblau geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 25 und Abb. 26 (Taxa / Strömungsgeschwindigkeit).

	Term	estimate	std.error
<b>Model Summary CriC_sp</b>	Const	-0,6297	0,50682
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	-0,8093	5,2134
link function: log deviance = 35,1 DF = 36 Modell signif. P= 0,0050			
<b>Model Summary Synor_se</b>	Const	-1,302	0,83443
	X	0,06431	0,1777
	x <sub>2</sub>	-0,01738	0,86121
link function: log deviance = 49,64 DF = 35 Modell signif. P= 0,0013			
<b>Model Summary Dic_nerv</b>	Const	1,836	0,27709
	X	-1,413	0,29507
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 87,8 DF = 36 Modell signif. P= 0,0001			
<b>Model Summary Rheot_ph</b>	Const	-16,57	6,8275
	X	32,4	7,037
	x <sub>2</sub>	-16,1	13,866
link function: log deviance = 20,62 DF = 35 Modell signif. P= 0,0000			

<b>Model Summary Rheop_or</b>	Const	1,342	0,18381
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	-0,7495	1,4195
link function: log deviance = 76,72 DF = 36 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Cril_syl</b>	Const	1,104	0,20626
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	-0,7412	1,6184
link function: log deviance = 88,84 DF = 36 Modell signif. P= 0,0002			
<b>Model Summary Pach_fre</b>	Const	1,138	0,34092
	X	-1,151	0,33253
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 88,1 DF = 36 Modell signif. P= 0,0039			
<b>Model Summary</b>	Const		
	X		
	x <sub>2</sub>		
link function: log deviance = DF = Modell signif. P=			

Tabelle 34 Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeit der einzelnen Taxa für den Umgebungsfaktor Korndurchmesser(Eklektorfänge)

#### 5.4.2.2.2 Larvenfänge Weichsubstrat

In die RDA der Chironomidenlarven gingen 68 Proben und 13 Umweltfaktoren ein. Auch bei den Larvenuntersuchungen zeigte es sich, daß die Strömungsgeschwindigkeit der wichtigste Umweltfaktor war. In Tabelle 35. ist zu sehen, daß die erste Achse mit der Strömung signifikant positiv korreliert ist und die zweite Achse mit dem Jahr signifikant negativ.

Abb. 28. zeigt eine deutliche Trennung der Proben oberhalb des Mittelwertes der Strömungsgeschwindigkeiten (rechts der y Achse, rot dargestellt) und unterhalb des Mittelwertes (links der y Achse, schwarz dargestellt). Die 2. Achse ist mit dem Jahr signifikant negativ korreliert.



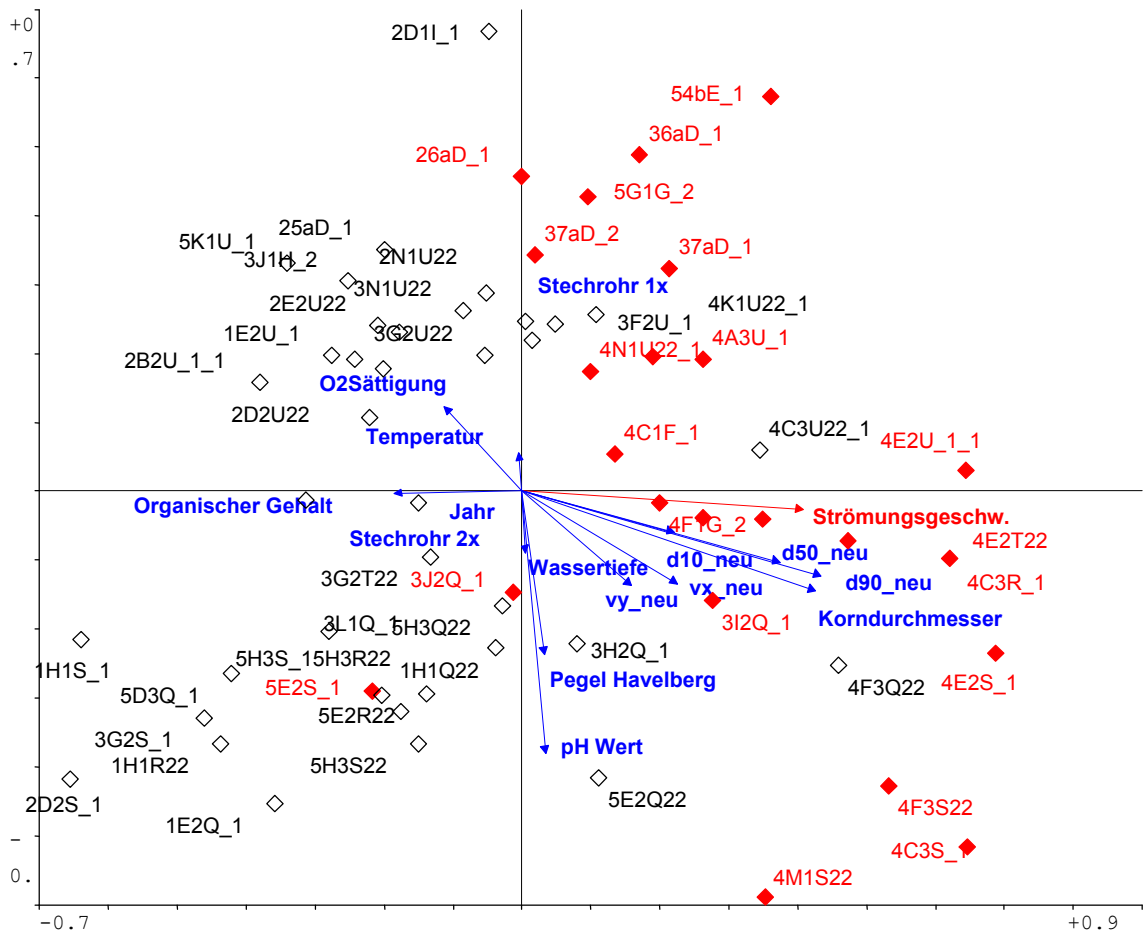


Abb. 28. RDA (1.2. HA) der Chironomidenlarven (Umfangsfaktoren und Proben)

Erläuterungen:

Rot: Probestellen mit Strömungsgeschwindigkeiten > Mittelwert (0.157 m/s)

Farblos: Probestellen mit Strömungsgeschwindigkeiten < Mittelwert (0.157 m/s)

Tabelle 35 Korrelation der Achsen der RDA der Chironomidenlarven mit den Umweltfaktoren und Varianzerklärung des Datensatzes durch die Umweltvariablen

Umweltfaktoren	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4	Signifikanzniveau (P)	Varianzerklärung durch die Umweltvariable alleine (lambda 1)	Varianzerklärung nach Einschluss ins Modell (lambda A)
D90_neu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,005	0,07	0,07
Strömungsgeschwindigkeit (v_GesNeu)	<b>0,5537**</b>	n.s.	n.s.	n.s.	0,010	0,06	0,03
Korndurchmesser (KrMP_neu)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,760	0,06	0,01
Pegel Havelberg (HvBg_Min)	0,0442	-0,3643**	n.s.	n.s.	0,005	0,05	0,05
D50_neu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,145	0,05	0,02
PH Wert (PH_a2)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,680	0,05	0,01
Jahr	n.s.	<b>-0,4279</b>	n.s.	n.s.	0,005	0,04	0,05
Temperatur (TmpMna2)	-0,0058*	0,0859**	<b>0,6293**</b>	n.s.	0,005	0,04	0,04

Stechrohr 2x (Stech2)	n.s.	n.s.	n.s.	0,6499**	0,005	0,03	0,03
Wassertiefe (h_neu)	n.s.	-0,1363	n.s.	n.s.	0,170	0,03	0,01
Vy_neu	n.s.	-0,2117*	n.s.	n.s.	0,115	0,03	0,01
Vx_neu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,490	0,03	0,01
O2 Sättigung (O2SäMna2)	n.s.	n.s.	0,2192**	n.s.	0,090	0,02	0,02
Stechrohr 1x (Stech)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,610	0,02	0,01
D10_neu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,755	0,02	0,01
Organischer Gehalt (Org_neu)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,000	0,02	0,00

Erläuterungen:

1 % Signifikanz

\* 5 % Signifikanz

\*\* 10 % Signifikanz

Tabelle 36. Kenngrößen der RDA der Chironomidenlarven

	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Eigenwerte	0,100	0,082	0,053	0,031
Arten-Umwelt Korrelationen	0,776	0,793	0,798	0,689
Kumulative prozentuale Varianz der Artendaten	10,0	18,2	23,6	26,7
Kumulative prozentuale Varianz der Beziehung zwischen Artendaten und Umweltvariablen	26,2	47,5	61,3	69,5
Summe aller uneingeschränkten Eigenwerte	1,000			
Summe aller kanonischen Eigenwerte	0,384			
Kritischer t-Wert bei 1 % Signifikanz	2,704			
Kritischer t-Wert bei 5 % Signifikanz	2,021			
Kritischer t-Wert bei 10 % Signifikanz	1,684			

Um die Abundanzen statistisch signifikanter Arten bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten vorherzusagen wird eine Regressionsanalyse durchgeführt. In den Abb. 30. und Abb. 31. ist das Ergebnis der Analysen mit den Umweltfaktoren Strömung und Korndurchmesser dargestellt.

In Abb. 30 wird das Bild von Abb. 29 bestätigt. Es ist zu sehen, daß die Chironomidenarten Pro\_chor und Chir\_plu ihre höchsten Abundanzen an Untersuchungsstellen mit niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten aufweisen. Das Optimum von Poly\_la, R\_demeij, Tany\_ini und Orth\_sp liegt über der grössten gemessenen Strömungsgeschwindigkeit. Es wurde also nicht erfasst. Die übrigen Taxa zeigen höchste Abundanzen bei Geschwindigkeiten zwischen 0,2 und 0,4 m/s.

Der xy Plot in dem die Abundanzen gegen den mittleren Korndurchmesser aufgetragen werden (Abb. 31.) bestätigt ebenfalls das Bild von Abb. 29. So zeigen Poly\_nub und Pro\_chor höchste Abundanzen in Sediment mit kleinem Korndurchmesser, wohingegen das Optimum aller anderer Arten, bis auf Micp\_sp nicht erfasst wurde, da es über einem Korndurchmesser von 5 mm liegt.

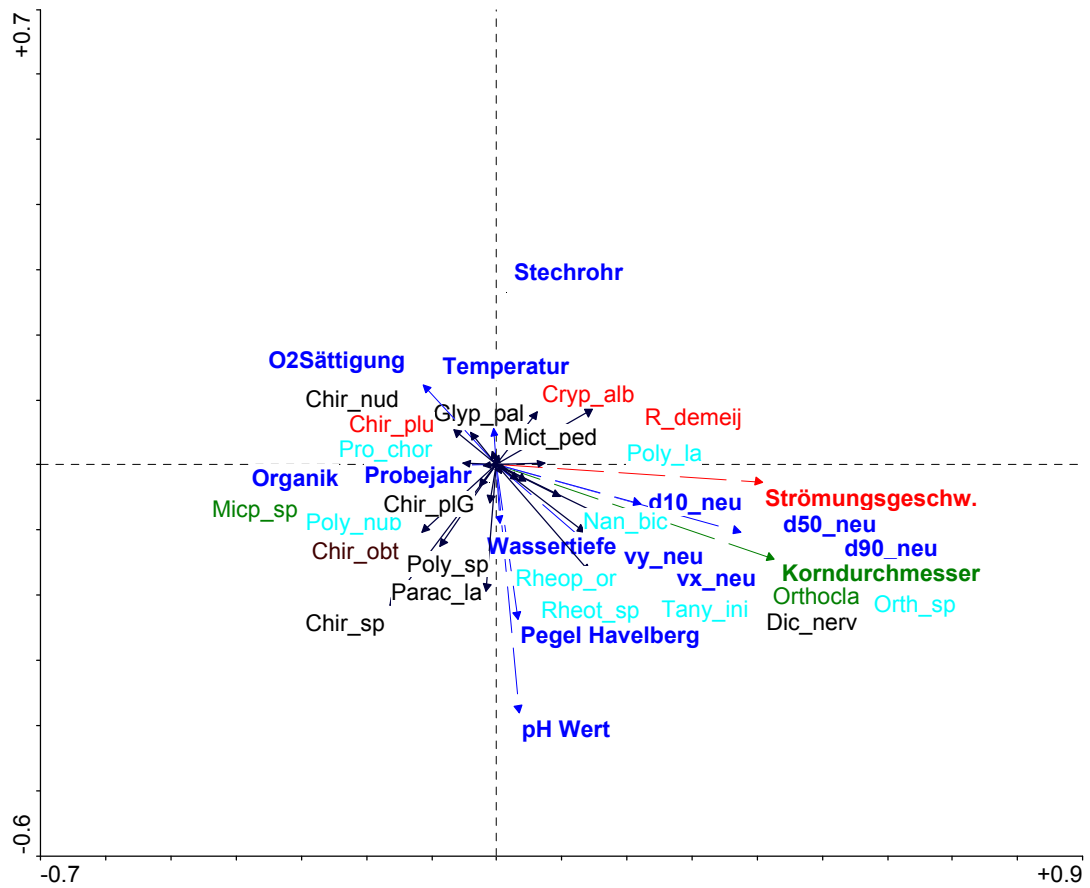


Abb. 29. RDA (1.2. HA) der Chironomidenlarven (Umgebungsfaktoren und Taxa)

Erläuterungen:

Farbig dargestellte Taxa: Das Auftreten ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 % signifikant ( $p < 0.1$ )

Rot geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 30. Strömung

Grün geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 31. Korndurchmesser

Hellblau geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 30 und Abb. 31. Strömung und Korndurchmesser

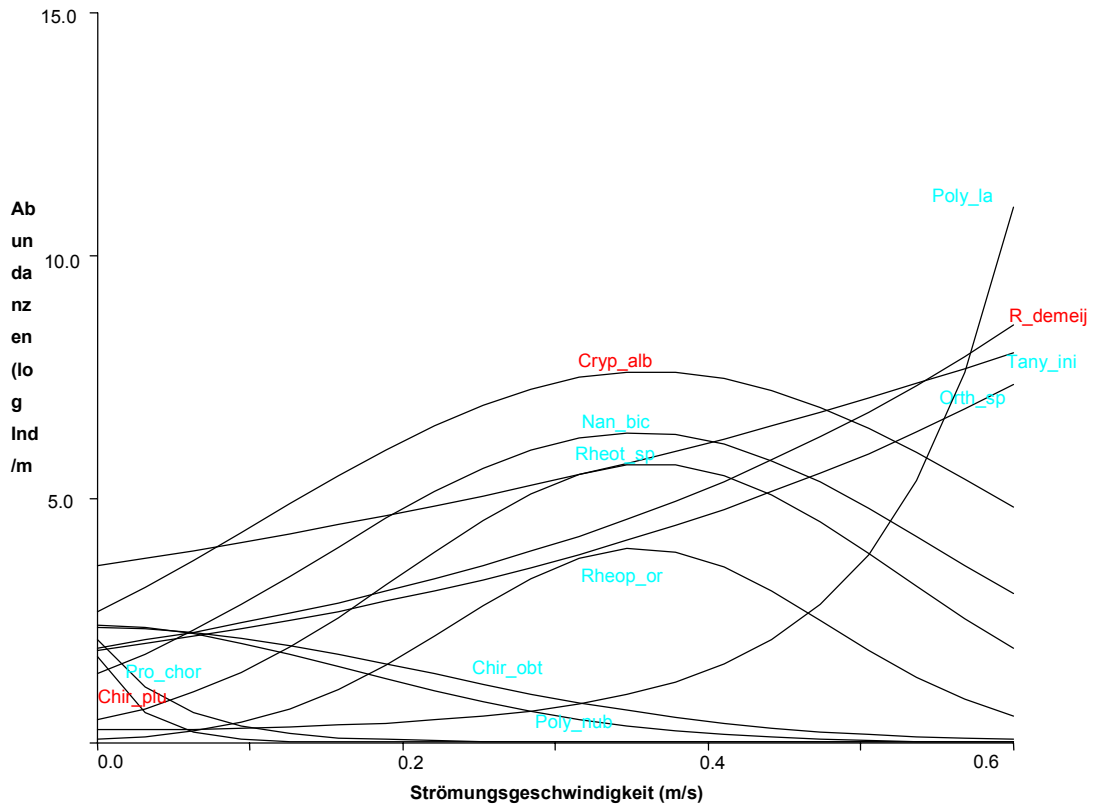


Abb. 30. Model responses Chironomidenlarven; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>),  $p \leq 0.05$ , Probenanzahl:68

Erläuterungen:

Rot geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 29.

Hellblau geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 31 Korndurchmesser und Abb. 29.

	Term	estimate	std.error
<b>Model Summary Orth_sp</b>	Const	0,6327	0,11141
	X	2,273	0,36837
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 369,9 DF = 66 Modell signif. P= 0,0047			
<b>Model Summary R_demeij</b>	Const	0,662	0,10874
	X	2,478	0,35156
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 329,7 DF = 66 Modell signif. P= 0,0007			
<b>Model Summary Tany_ini</b>	Const	1,289	0,083763
	X	1,321	0,30922
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 392,4 DF = 66 Modell signif. P= 0,0677			
<b>Model Summary Rheot_sp</b>	Const	-0,7803	0,24284
	X	13,94	1,9846
	x <sub>2</sub>	-19,23	3,3618
link function: log deviance = 309,3 DF = 65 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Poly_nub</b>	Const	0,8544	0,10226
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	-10,63	2,4481
link function: log deviance = 309,1 DF = 66 Modell signif. P= 0,0032			
<b>Model Summary Poly_la</b>	Const	-1,38	0,39529
	X	0,6364	5,8778
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log			

deviance = 164,3 DF = 65 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Cryp_alb</b>	Const	0,9863	0,11936
	X	5,773	1,1866
	x <sub>2</sub>	-7,983	2,1654
link function: log deviance = 311,4 DF = 65 Modell signif. P= 0,0003			
<b>Model Summary Pro_chor</b>	Const	0,7406	0,17571
	X	-19,38	3,986
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 159,2 DF = 66 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Chir_plu</b>	Const	0,5626	0,20481
	X	-33,75	8,1143
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 111,6 DF = 66 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Nan_bic</b>	Const	0,3394	0,15688
	X	8,553	1,4573
	x <sub>2</sub>	-12,1	2,6088
link function: log deviance = 337,2 DF = 65 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Rheop_or</b>	Const	-2,817	0,50737
	X	23,63	3,6064
	x <sub>2</sub>	-33,23	5,7123
link function: log deviance = 204,9 DF = 65 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Chir_obt</b>	Const	0,882	0,1503
	X	-0,2979	9,0267
	x <sub>2</sub>	-15,47	2,7164
link function: log deviance = 323,9 DF = 65 Modell signif. P= 0,0001			

Tabelle 37. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeit der einzelnen Taxa für den Umgebungsfaktor Strömung (Chironomidenlarven)

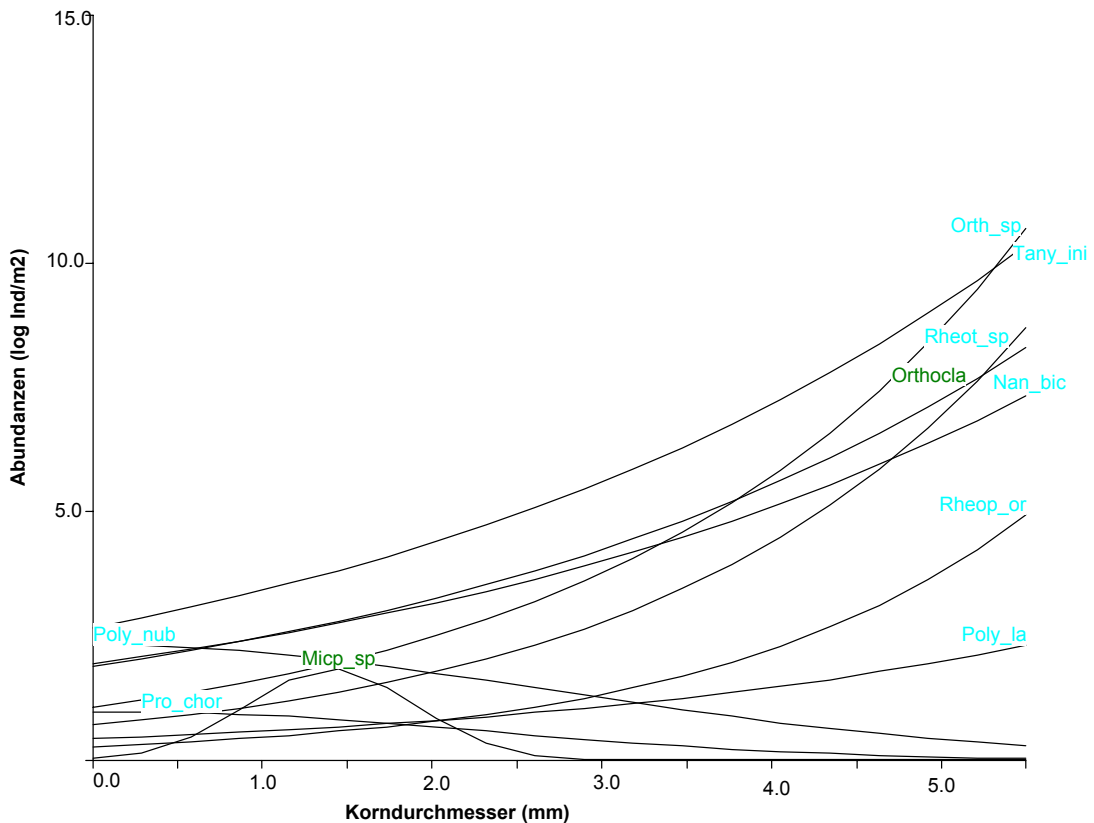


Abb. 31 Model responses Chironomidenlarven; Umgebungsfaktor Korndurchmesser (mm) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>), p <= 0.05, Probenanzahl:68

Erläuterungen:

Grün geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 29U.-parameter, Proben

Hellblau geschriebene Taxa befinden sich auch in Abb. 31Korndurchmesser und Abb. 29U.-parameter, Proben

	Term	estimate	std.error
<b>Model Summary Orth_sp</b>	Const	0,06762	0,14805
	X	0,4186	0,044658
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 320,9 DF = 66 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Tany_ini</b>	Const	0,9803	0,10687
	X	0,247	0,036482
	x <sub>2</sub>		
link function: log deviance = 366,3 DF = 66 Modell signif. P= 0,0016			
<b>Model Summary Orthocla</b>	Const	0,6357	0,12488
	X	0,2693	0,041905
	x <sub>2</sub>		
link function: log deviance = 368,8 DF = 66 Modell signif. P= 0,0029			
<b>Model Summary Rheot_sp</b>	Const	-0,3537	0,17719
	X	0,4579	0,0521
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 319,1 DF = 66 Modell signif. P= 0,0000			
<b>Model Summary Nan_bic</b>	Const	0,6597	0,12589
	X	0,2423	0,043129
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 360,2 DF = 66 Modell signif. P= 0,0086			
<b>Model Summary Rheop_or</b>	Const	-1,316	0,27055
	X	0,5294	0,076148
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 237,9 DF = 66 Modell signif. P= 0,0001			
<b>Model Summary Poly_nub</b>	Const	0,8395	0,11172
	X	--	--
	x <sub>2</sub>	-0,06875	0,3174
link function: log deviance = 323,9 DF = 66 Modell signif. P= 0,0406			
<b>Model Summary Poly_la</b>	Const	-0,854	0,25549
	X	0,3079	0,083291
	x <sub>2</sub>	--	--
link function: log deviance = 239,1 DF = 66 Modell signif. P= 0,0383			
<b>Model Summary</b>	Const	-0,05042	0,44188
	X	0,06906	0,1334
	x <sub>2</sub>	-0,122	0,55324
link function: log deviance = 209,5 DF = 65 Modell signif. P= 0,0172			
<b>Model Summary Micp_sp</b>	Const	-3,422	0,91663
	X	5,722	0,52097
	x <sub>2</sub>	-2,032	1,4261
link function: log deviance = 158,7 DF = 65 Modell signif. P= 0,0000			

Tabelle 38. Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeit der einzelnen Taxa für den Umgebungsfaktor Korndurchmesser (Chironomidenlarven)

### 5.4.2.3 multiple Regressionsanalyse Chironomidae Larvenbestimmungen im Weichsubstrat

Vom Projektteil Wasserbau können 4 Parameter modelliert werden: Strömungsgeschwindigkeit, Korngrößen, Wasserstandshöhe und Abfluß. Die Parameter Frühjahr Sommer und Herbst werden als Konstante vorgegeben, damit für die jeweilige Jahreszeit die modellierte Verteilung in Abhängigkeit der Struktur dargestellt werden kann. Die modellierten 4 Parameter sind nach den vorhergehenden Redundanz- Analysen die für die Fauna bestimmenden. Weitere signifikante nicht zu modellierende Parameter wie die physikalischen Flußwasser Parameter und das Jahr werden als Konstante für den jeweiligen Jahresmonat, bestimmt aus der mehrjährigen Trendanalyse, in die Analyse aufgenommen.

Konstante	$\beta_{Env1}$	$\beta_{Env2}$	$\beta_{Env3}$	$\beta_{Env4}$	$\beta_{Env5}$	$\beta_{Env6}$	$\beta_{Env7}$	$\beta_{Env8}$	$\beta_{Env9}$
Konstante $\beta_{Env..}$ für	MonatZ	Jahr	v_GesNeu	h_neu	KrFu_neu	Temp_a2	O2SaMna2	pHMna2	HvBg_Mw
	JahresMonat	Probenahmejahr	Strömungsgeschwindigkeit	Wassertiefe an der Probestelle	mittlerer Korndurchmesser	Wasser-Temperatur	Sauerstoffsättigungs Minima des	pH Minima des Wasserkörpers	Pegel Havelberg
Konstante $\beta_{Env..}$ für Achse1	-0,237636379	0,135824146	0,615952359	-0,270146596	0,629272913	-0,776554804	-0,19523126	0,2992351	-0,97016623
Konstante $\beta_{Env..}$ für Achse2	0,21814553	-0,469433671	0,071812064	-0,144599474	-0,078950632	-0,652925514	-0,00254059	-0,40466334	-0,47067399
Konstante $\beta_{Env..}$ für Achse3	-0,467040424	0,072467937	-0,424386966	0,144019355	0,066391383	-0,84506794	-0,42309994	-0,02400641	-0,43004807
Konstante $\beta_{Env..}$ für Achse4	0,263757327	-0,783375629	0,064144129	0,473181362	-0,055246393	0,861865362	0,214808734	-0,06123595	1,025611356
Standardfehler der konstanten	1,37241E-05	5,99032E-06	5,95833E-06	4,35594E-06	4,71522E-06	6,90993E-06	4,72618E-06	7,79238E-06	1,57774E-05
Standardfehler der konstanten	1,33506E-05	5,82731E-06	5,79618E-06	4,2374E-06	4,5869E-06	6,72188E-06	4,59757E-06	7,58033E-06	1,53481E-05
Standardfehler der konstanten	1,39067E-05	6,07005E-06	6,03763E-06	4,41391E-06	4,77797E-06	7,00189E-06	4,78908E-06	7,89609E-06	1,59874E-05
Standardfehler der konstanten	1,49227E-05	6,5135E-06	6,47871E-06	4,73637E-06	5,12703E-06	7,51342E-06	5,13895E-06	8,47294E-06	1,71554E-05
Signifikanz der konstanten	2,1324E-196	3,4452E-203	2,0954E-241	1,5551E-228	7,7306E-248	1,6491E-243	2,6761E-218	1,8446E-216	2,5514E-228
Signifikanz der konstanten	6,1596E-195	4,0142E-235	5,7618E-188	1,7373E-213	3,0149E-196	7,7653E-240	1,2469E-109	9,2943E-225	8,533E-211
Signifikanz der konstanten	4,3881E-213	4,948E-187	1,091E-231	2,3396E-212	7,4373E-191	2,6335E-245	1,8997E-237	1,408E-152	1,7096E-207
Signifikanz der konstanten	6,4724E-197	3,2265E-245	2,5644E-182	1,5207E-240	1,8895E-184	5,0217E-244	1,3473E-218	2,1745E-174	1,306E-227
Standardisierung s konstante $\beta_{Env..}$	0,554552611	2,543055813	6,059971257	1,913314797	1,167807332	0,280332612	0,090492595	4,710451826	0,019537922
Standardisierung s konstante $\beta_{Env..}$	-3,767695679	-251,276353	-0,967128233	-1,326236661	-1,400361159	-4,962452551	-8,88732569	-39,1294216	-4,44044337

Tabelle 39: Konstanten der Umweltvariablen; multiple Regression SamE gegen Umweltvar.

Die Signifikanzen und Korelationskoeffizienten der durchgeführten Regression sind, aufgrund der Rückrechnung der Iteration groß (~1) und hoch signifikant. Für das Beispiel des Frühjahrs ergeben sich aus der Trendermittlung der physikalischen Parameter die der letzten Zeile zu entnehmenden Werte, für die als konstant angenommenen Variablen. Die Konstanten für die weiteren Taxa spezifischen Variablen sind der nächsten Tabelle zu entnehmen.

Art	Variable b für	Bezeichnung	Koeffizient b	Signifikanz
Cryp_alb	1 .Achse	b1	0,47368527	2,2441E-15
	2 .Achse	b2	0,46455424	0,29719218
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-1,13549657	0,30652292
4,705970302	4 .Achse	b4	1,46412091	0,01428919
R: 0,48	R-Quadrat: 0,23		F: 4,77	0,00200414
R_demeij	1 .Achse	b1	1,605587505	1,12038E-10
	2 .Achse	b2	0,70633352	0,000228065

Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,519770178	0,090282692
3,168050894	4 .Achse	b4	0,684820913	0,210200899
R: 0,51	R-Quadrat: 0,26		F: 5,66	0,000589136
Pro_chor	1 .Achse	b1	-0,57626317	0,01336688
	2 .Achse	b2	0,09202069	0,03182441
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,12899085	0,72707555
0,668193234	4 .Achse	b4	-0,1277643	0,62483681
R: 0,28	R-Quadrat: 0,08		F: 1,36	0,25958025
Poly_nub	1 .Achse	b1	-0,78021503	3,73163E-06
	2 .Achse	b2	-1,08244685	0,024968851
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,893276752	0,002241804
1,722599427	4 .Achse	b4	-0,13325437	0,010730901
R: 0,51	R-Quadrat: 0,26		F: 5,62	0,000617675
Micp_sp	1 .Achse	b1	-0,09679056	0,00578703
	2 .Achse	b2	-0,0608284	0,67916392
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,68400387	0,79483423
0,665495953	4 .Achse	b4	0,07703093	0,00463028
R: 0,35	R-Quadrat: 0,12		F: 2,24	0,07429578
Nan_bic	1 .Achse	b1	1,621608608	1,23196E-10
	2 .Achse	b2	-0,49617851	0,000345614
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	1,012579518	0,251241012
3,296088496	4 .Achse	b4	0,248124828	0,021219285
R: 0,51	R-Quadrat: 0,26		F: 5,4	0,000843016

Für die in die Analyse eingegangenen Umweltparameter ergibt sich folgender Term:

Die aufgeführten Taxa waren jene Taxa welche in den meisten Proben abundant waren, daher auch die am besten abgesicherten Aussagen getroffen werden können. Die Regressionen korrelieren meist mäßig, aber signifikant auf einem hohen Niveau von 5%iger Irrtumswahrscheinlichkeit.

### 5.4.3 Diskussion

Die statistischen Analysen aller drei Fangmethoden zeigen, daß die Strömung der wichtigste Umweltfaktor für die Verteilung der Chironomiden in den Bühnenfeldern ist. Deshalb wird im folgenden auf das Auftreten statistisch signifikanter Arten, bei bestimmten Strömungsgeschwindigkeiten eingegangen und die eigenen Beobachtungen mit Literaturdaten verglichen. Da die Sedimentbeschaffenheit (Korndurchmesser) von der Strömung abhängt wird auch auf das Vorkommen signifikanter Chironomidenarten bei bestimmter Sedimentbeschaffenheit näher eingegangen. Das Untersuchungsjahr ist ebenfalls bei den Analysen ein wichtiger Umweltparameter. Da Ergebnisse von nur zwei Jahren vorliegen ist es jedoch nicht möglich Aussagen über die Besiedlungsunterschiede beider Jahre zu treffen, da die Unterschiede auch auf Zufälligkeit beruhen können.

In Tabelle 40, Tabelle 41 und Tabelle 42. sind die Ergebnisse der Regressionsanalysen aus den Abb. 22., Abb. 26 und Abb. 30. zusammengefasst. Diese Ergebnisse werden mit Literaturdaten über Strömungspräferenzen und über die Biozönotische Einstufung einzelner Arten verglichen. Angaben über die Biozönotische Einstufung wurden gewählt, da Untersuchungen von STAZNER und HIGLER (1986) belegen, daß die hydraulische Situation das längenzonale Verbreitungsmuster in Fließgewässern wesentlich bestimmen.

In Tabelle 43., Tabelle 44. und Tabelle 45. Sind die Ergebnisse der Regressionsanalysen aus den Abb. 23., Abb 27 und Abb. 31 zusammengefasst. Diese Ergebnisse werden mit Untersuchungen des



BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) über Sedimentpräferenzen einzelner Arten verglichen.

### 5.4.3.1 Strömungsgeschwindigkeit

An Untersuchungsstellen mit niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten überwiegen in den Bühnenfeldern Arten aus der Unterfamilie der Chironominae, während bei stärkeren Strömungen Arten aus der Unterfamilie der Orthoclaadiinae hinzukommen (Tabelle 40, Tabelle 41 und Tabelle 42.). 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 Gewässern, wo der Schwebstoff und Detritusgehalt am höchsten ist beste Bedingungen auffinden, während Orthoclaadiinae oft Weidegänger sind, die Periphyton (Aufwuchs, Z.B. auf Steinen) bevorzugen (ARMITAGE et al 1995) und somit auf stärkere Strömung und damit oft verbundenen stärkeren Lichteinfall angewiesen sind.

Arten, die in Elbeabschnitten mit sehr niedriger Strömung ihre grössten Abundanzen zeigen (Tabelle 40.) werden auch in der Literatur oft als Stillwasserarten (LR, LP), bzw. als Arten, die stehende (klst, grst) oder langsam fließende Gewässer (lstr) bevorzugen bezeichnet. Als Biozönotische Region wird das Potamal und Litoral, ohne nähere Angaben über die Strömungsverhältnisse angegeben. Ausnahmen sind Tany\_emi, und Orth\_sp, die laut Literatur vorwiegend im Rhithral (RI) zu finden sind und Tany\_heu, der überwiegend im Epikrenal (EK) zu finden ist. Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,1 und 0,4 m/sec nach eigenen Untersuchungen (Tabelle 41) kommen laut Literatur vorwiegend in grossen Flüssen (riv) vor. Als Biozönotische Region wird meistens das Potamal und Litoral angegeben. Arten mit höchsten Abundanzen bei einer Strömung von 0,6 m/sec und mehr (Tabelle 42) werden in der Literatur ausschliesslich als Fliessgewässerarten (RL, RP) bezeichnet, die in Gewässern mit Strömungsgeschwindigkeiten von 10-50 cm/sec (lstr) oder mehr als 80 cm/sec auftreten. Dies deutet darauf hin, daß diese Arten ihr Optimum bei mehr als den höchsten gemessenen Strömungen von 0,6 m/sec. besitzen. Als Biozönotische Region wird das Krenal, Rhithral und Potamal angegeben. Lebensräume in Stillgewässern treten nicht mehr auf.

Der Vergleich mit Literaturdaten zeigt demnach hohe Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen, wobei die grösste Übereinstimmung an Elbestandorten mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten herrscht. Bei den gemessenen mittleren Strömungen (Tabelle 41) herrscht am wenigsten Übereinstimmung mit den Literaturdaten.

Die statistischen Ergebnisse ermöglichen damit eine differenzierte formelmäßige Beschreibung des Zusammenhangs von Strömungsgeschwindigkeit und Abundanzen der Arten.

Tabelle 40. Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0 - 0,1 m/sec nach eigenen Untersuchungen und Strömungspräferenzen aus Literaturdaten

Aquarienaufzuchten	Ekletorfänge	Larvenfänge	Strömungspräferenzen BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996)	Strömungspräferenzen MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990)	Biozönotische Region BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) und MOOG (1995)
Chir_sp (Chironominae)	Chir_sp (Chironominae)		KA	Klst, grst, lstr, sstr	KA

	Chir_ven (Chironominae)		LP	KA	LI
		Chir_plu (Chironominae)	IN	KA	PR
	Chir_cin (Chironominae)		KA	KA	KA
	Clad_nig (Chironominae)		KA	KA	LI
Poly_con (Chironominae)			RP	KA	RI
	Poly_nub (Chironominae)		IN	Grst, lstr	PO
	Pach_fre (Chironominae)		KA	KA	EP, MP, HP
	Rheot_ph (Chironominae)		RP	KA	PO
	Pro_chor (Tanypodinae)	Pro_chor (Tanypodinae)	LR	KA	LI

Tabelle 41. Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,1 - 0,4 m/sec nach eigenen Untersuchungen und Strömungspräferenzen aus Literaturdaten

Aquarienaufzuchten	Eklektorfänge	Larvenfänge	Strömungspräferenzen BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996)	Strömungspräferenzen MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990)	Biozönotische Region BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) und MOOG (1995)
		Rheot_sp (Chironominae)	RP	KA	PO, RI
		Cryp_alb (Chironominae)	KA	KA	LI
		Poly_nub (Chironominae)	IN	Grst, lstr	PO
	Poly_pul (Chironominae)		IN	KA	PR
	Dic_nerv (Chironominae)		KA	Riv	LI
	CriI_syl (Orthoclaadiinae)		KA	Klst, grst, lstr, riv	LI
	CriI_int (Orthoclaadiinae)		KA	riv	KA
	CriC_tri (Orthoclaadiinae)		RL	riv	PO
		Nan_bic (Orthoclaadiinae)	KA	riv	LI
	Rheop_or (Tanypodinae)	Rheop_or (Tanypodinae)	KA	riv	EP, HP, MP

Tabelle 42. Arten mit höchsten Abundanzen bei Strömungsgeschwindigkeiten  $\geq 0,6$  m/sec nach eigenen Untersuchungen und Strömungspräferenzen aus Literaturdaten

Aquarienaufzuchten	Eklektorfänge	Larvenfänge	Strömungspräferenzen BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996)	Strömungspräferenzen MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990)	Biozönotische Region BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) und MOOG (1995)
	Tany_emi (Chironominae)		KA	KA	RI
		Tany_ini (Chironominae)	KA	KA	KA
	Tany_heu (Chironominae)		KA	KA	EK
		R_demeij	KA	KA	KA
		Poly_la (Chironominae)	KA	KA	KA
Rheoc_ch (Orthoclaadiinae)	Rheoc_ch (Orthoclaadiinae)		RP	lstr, riv	PO
CriC_bic (Orthoclaadiinae)			KA	lstr, sstr, riv	EP
CriC_tri (Orthoclaadiinae)			RL	riv	PO
		Orth_sp (Orthoclaadiinae)	RL	lstr	RI

Abkürzungsverzeichnis:

#### **Strömungspräferenzen (BAYERISCHEN LANDESAMTE FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996))**

LB: limnobiont: an Stillgewässer gebunden, daher nur in stehendem Wasser (kommt nicht in den Bühnenfeldern vor)

LP: limnophil: Stillwasserart, strömungsmeidend, nur selten in träge fließenden Gewässern

LR: limno- bis rheophil: Stillwasserart, die häufig auch in träge bis langsam fließenden Gewässern vorkommt

RL: rheo- bis limnophil: vorwiegend in Fließgewässern, Präferenz für langsam bis träge fließende Gewässer bzw. ruhige Zonen in Fließgewässern, daneben auch in Stillgewässern

RP: rheophil: Fließgewässerart, strömungsliebend, bevorzugt in schnell fließenden Gewässern

RB: rheobiont: Fließgewässerart, an strömendes Wasser gebunden, Schwerpunkt in reissenden bis schnell fließenden Gewässern (kommt nicht in den Bühnenfeldern vor)

IN: indifferent: keine Präferenz für fließendes oder stehendes Wasser erkennbar

KA.: Keine Angaben

#### **Strömungspräferenzen (MOLLER PILLOT & BUSKENS (1990))**

klst: Strömung immer < 5cm/sec, kleine, stehende Gewässer, bis 100m<sup>2</sup> oder bis 4m breit

grst: Strömung 5-10 cm/sec, grosse, stehende Gewässer, mehr als 500 m<sup>2</sup> oder mehr als 5m breit

lstr: Strömung 10-50 cm/sec kleine, langsam fließende Bäche

sstr: Strömung >80 cm/sec, kleine, schnell fließende Bäche

riv: grosse Flüsse

#### **Biozönotische Region (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) und MOOG (1995))**

Fließgewässer:

KR: Krenal (Oberbegriff)

RI: Rhithral (Oberbegriff)

PO: Potamal (Oberbegriff)

EK: Eukrenal

HK: Hypokrenal

ER: Epirhithral

MR: Metarhithral

HR: Hyporhithral

EP: Epipotamal

MP: Metapotamal

HP: Hypopotamal

Stillgewässer:

LI: Litoral (Sublitoral)

PR: Profundal

Sonstige:

SO: Sonstige (z.B. Kleinstgewässer)

### **5.4.3.2 Sedimentbeschaffenheit**

Bezüglich der Sedimentpräferenzen liegen nur wenige Daten vom **BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996)** vor. Bei den in den Bühnenfeldern gemessenen Korndurchmessern von 0-1,5 mm (Tabelle 43.) gibt es nur für eine Art eine Angabe. Diese Art (Poly\_nub) tritt auch nach Angaben des BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) im Pelal (PEL), also Sediment mit einer Korngröße < 0,063 mm häufig auf. Zwei Arten, die in größeren Sedimenten der Bühnenfelder höchste Abundanzen zeigen > = 5,5 mm (Tabelle 45.) kommen laut Literatur im Lithal (LIT), also Sediment mit einem Korndurchmesser > 20 mm vor. Da Substrat von diesem Korndurchmesser hier nicht analysiert wurde kann nicht gesagt werden, ob eine

Regressionsanalyse ebenfalls ein Abundanzoptimum dieser Arten bei einem Korndurchmesser > 20 mm ergeben hätte.

Die eigenen Ergebnisse stimmen also auch bezüglich der Sedimentbeschaffenheit mit den Literaturdaten überein, wobei jedoch zu wenig Angaben vorliegen, um gesicherte Aussagen treffen zu können.

Tabelle 43. Arten mit höchsten Abundanzen bei einem Korndurchmesser von 0 – 1,5 mm nach eigenen Untersuchungen und Sedimentpräferenzen nach Literaturdaten

Aquarienaufzuchten	Eklektorfänge	Larvenfänge	Sedimentpräferenzen BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996)
Cryp_alb (Chironominae)			KA
		Poly_nub (Chironominae)	PEL/PSA
	Dic_nerv (Chironominae)		KA
	Rheop_or (Chironominae)		KA
	Pach_fre (Chironominae)		KA
		Pro_chor (Orthocladiinae)	KA
	CriI_syl (Orthocladiinae)		KA
	CriC_sp (Orthocladiinae)		KA
		Micp_sp (Chironominae)	KA
	Rheot_ph (Chironominae)		KA

Tabelle 44. Arten mit höchsten Abundanzen bei einem Korndurchmesser von 1,6 – 5,4 mm nach eigenen Untersuchungen und Sedimentpräferenzen nach Literaturdaten

Aquarienaufzuchten	Eklektorfänge	Larvenfänge	Sedimentpräferenzen BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996)
Poly_sca* (Chironominae)			KA

Tabelle 45. Arten mit höchsten Abundanzen bei einem Korndurchmesser >=5,5 mm nach eigenen Untersuchungen und Sedimentpräferenzen nach Literaturdaten

Aquarienaufzuchten	Eklektorfänge	Larvenfänge	Sedimentpräferenzen BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996)
		Tany_ini (Chironominae)	KA
		Rheot_sp (Chironominae)	LIT
		Poly_la (Chironominae)	KA
Rheop_or (Tanypodinae)		Rheop_or (Tanypodinae)	KA
		Nan_bic (Orthocladiinae)	KA
		Orthoda (Orthocladiinae)	LIT

Abkürzungsverzeichnis:

PEL: Pelal: unverfestigte Feinsedimente (Schlick, Schlamm; Korngröße < 0,063mm)

ARG: Argillal: verfestigte Feinsedimente (Lehm, Ton; Korngröße < 0,063 mm) (kommt nicht in den Buhnenfeldern vor)



Table with 31 columns: Canoco, Namen DB, Klassifizierung2, Klassifizierung1, L T, STR, Krenal, Rhithral, Polamal, Eukrenal, Hypokrenal, Epithra, Hypokrenal, Metarhithral, Hypokrenal, Epitodal, Metapotala, Hypopotala, Libral, Profundal, Sonstige, Filtrierer, Aktive Filtri., Passive Filtri., Deftussress, Holzminierer, Parasit, Räuber, Sedimente, Weidegänge, Zerkleinerer, Zellestcher, Sonstige, Akali, Argilial, Lithal, Pelal, Phya, POM, Psammal, Sonstiges, Saprolewe, PTI ECO. Rows include various species like C\_langi, C\_luctuo, C\_macrur, etc.

Subst	Canoco	Namen DB	Klassifizierung2	Klassifizierung1	Lebensform	STR																Saprobiewe	PTI ECO																
						Krenal	Rhithral	Polarmal	Eukrenal	Hypokrenal	Epiphithra	Metarhithral	Hypokrenal	Epipotamal	Metapotama	Hypopotama	Lithal	Profundal	Sonstige Filterer	Aktive Filtri.	Passive Filtr.			Detritusfress	Holzminierer	Parasit	Räuber	Sedimente	Weidgänge	Zerkleinerer	Zellstecher	Sonstige Akal	Argillal	Lithal	Peilal	Phyva	POM	Psammal	Sonstiges
	Psidium	Psidium sp	Begleitart	sporad	B	1	2	3							1	1	1																					1	
	Pluma_sp	Plumatella sp	Begleitart	subrez	B											1	1																						
	Polycent	Polycentropodiidae	Begleitart	sporad	B	RL	1	5	2																														
	Pot_anti	Potamopyrgus antipodarum	Begleitart	sporad	B	IN		3	4																													1	
	Pot_bedo	Potamothrix bedoti	Begleitart	sporad	B								1	2	2	2	2	2	2	1	2	1			1												2,5		
	Pri_long	Pristina longiseta	Begleitart	sporad	B	IN		1	6																														
	S_corne	Sphaerium corneum	Begleitart	sporad	B	LR	+	3	4					+	1	2	2	2	3		2	+	1		1	1	1					2	3	3	2		2,3	2	
	Simul_sp	Simulium sp	Begleitart	sporad	B	RP		1	6	2			1	2	2	2	2	2	+	+				1	1	1	1											3	
	Simuli_L	Simuliidae	Begleitart	sporad	B	RP	+	4	4															2	1	1												3	
	Sphae_sp	Sphaerium	Begleitart	sporad	B		+	1	6															2	+	1	1					+	1	3	1	1	4		
	Spongill	Spongillidae	Begleitart	sporad	B	LR		1	2																													1	
	Stagn_co	Stagnicola corvus	Begleitart	sporad	B	LP		+	+																3	3	3	1									2		
	Styl_lac	Stylaria lacustris	Begleitart	subrez	B	LP		+	3																	7	3						1	4	5	+	3,5		
	T_tubif	Tubifex tubifex	Begleitart	sporad	B	LR	+	3	3			+	+	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1			10											3,6		
	Tubifex	Tubifex sp	Begleitart	sporad	B																					10											1,8		
	Tubifi	Tubificidae	Begleitart	subrez	B																					10												2	
	V_inter	Vejdovskya intermedia	Begleitart	sporad	B								1	2	2	2	1	2								10												1,7	
	A_aquati	Asellus aquaticus	Begleitart	sporad	B		+	3	5				1	1	1	2	2	1	2	+						4	+										2,8	1	
	A_fluvi	Ancylus fluviatilis	Begleitart	sporad	B	IN	1	6	2			1	2	2	2	2	+	+	1	1	+																1,8	1	
	A_lacust	Ancylus lacustris	Begleitart	sporad	B	RB		+	4																													3,3	2
	An_spiro	Anisus spirorbis	Begleitart	sporad	B	LP																																	
	Baeti_sp	Baetis sp	Begleitart	sporad	B	LB	1	5	3																														
	Bit_tent	Bithynia tentaculata	Begleitart	sporad	B	RL		2	3					+	+	1	2	2	2	2	3	+	1	2	5													2,2	
	Bivalvia	Bivalvia	Begleitart	sporad	B	IN																																	
	Bryozo	Bryozoa	Begleitart	sporad	B	LR																																2	
	C_beskid	Caenis beskidensis	Begleitart	sporad	B	RL		9	1																													1,4	
	C_curv	Corophium curvispinum	Begleitart	sporad	B	RP		+	7																													2,1	1
	C_diaph	Chaetogaster diaphanus	Begleitart	sporad	B	IN		2	4																													2,3	
	C_diast	Chaetogaster diastrophus	Begleitart	sporad	B	IN	+	5	4	+																													2,2
	C_horari	Caenis horaria	Begleitart	sporad	B	LP		+	1																														
	C_luctuo	Caenis luctuosa	Begleitart	sporad	B	IN		3	4																														2,2
	C_macrur	Caenis macrura	Begleitart	sporad	B	RP		3	6																														1,9
	Caen_sp	Caenis sp	Begleitart	sporad	B																																		
	Chaetoga	Chaetogaster	Begleitart	sporad	B	IN	+	3	3																														1,3
	Chiro_L	Chironomidae	Hauptart	domin	B		1	2	2																														
	Corixida	Corixa sp	Begleitart	sporad	B																																		
	D_lacteo	Dendrocoelum lacteum	Begleitart	subrez	B	IN	1	2	2																														2
	D_poly	Dreissena polymorpha	Begleitart	sporad	B	IN		+	5																														2
	D_villos	Dikerogammarus villosus	Begleitart	sporad	B				1	0																													2,1
	Dytiscid	Dytiscidae	Begleitart	sporad	B	LR	1	2	2																														
	Enchytra	Enchytraeidae	Hauptart	subdom	B	RL	2	3	1																														
	G_pulche	Gomphus pulchellus	Begleitart	sporad	B	LP			2																														3
	G_tigrin	Gammarus tigrinus	Begleitart	subrez	B	RL			5																														1,2
	Gamma_s	Gammarus sp	Begleitart	sporad	B																																		
	Gordius	Gordius	Begleitart	sporad	B	RL		5	2																														
	H_contub	Hydropsyche contubernalis	Begleitart	sporad	B	RP		4	6																														
	H_inaequ	Hygrotes inaequalis	Begleitart	sporad	B	LP		+	+																														2,8
	H_sulphu	Heptagenia sulphurea	Begleitart	sporad	B	RP		3	6																														2,3
	Hydrophi	Hydrophillidae	Begleitart	sporad	B	LR	1	1	1																														
	Hydropsy	Hydropsyche sp	Begleitart	sporad	B	RP	+	6	4																														3
	L_clapar	Limnodrilus claparedeianus	Begleitart	sporad	B	RL		3	4																														2,9
	L_hoffme	Limnodrilus hoffmeisteri	Begleitart	rezed	B</																																		





LIT: Lithal: Grobkies, Steine bis Felsblöcke (Korngrösse > 20mm)

Im aquatischen Probenmaterial der Jahre 1998 und 1999 wurden mehrere Exemplare der Crustacea-Art *Dikerogammarus villosus* (s. Abbildung 32) gefunden. *Dikerogammarus villosus* (Sov.) A. Martinov 1894 wird seit 1998 in der Mittelelbe nachgewiesen (Grabow et al. 1998). Als Neozoon etabliert sich der Amphipode pontokaspischer Herkunft in der Elbe und ihren Zuflüssen. Entsprechendes gilt für *Dikerogammarus haemobaphes fluviatilis* A. Martinov 1919.

Insgesamt ergab die Auswertung von 659 Proben eine Artenzahl von 71. Bei einer weiteren Differenzierung der Taxa Chironomidae und Oligochaeta auf Artniveau, welche bei den meisten Untersuchungen nicht durchgeführt wird, erhöht sich die Anzahl der gefundenen Arten auf 179. Es konnten weitere 112 Taxa nachgewiesen werden, welche nicht bis auf die Art determiniert werden konnten. Als Gesamttaxazahl ergibt sich daher 291.

Folgende Taxa des vorgefundenen Artinventars sind "Rote Liste" Arten:

Art	Autor	RI Brandenburg	RL(BRD)
Heptagenia longicauda	(STEPHENS)		2
Caenis beskidensis	SOWA	1+R	
Caenis macrura	STEPHENS		
Caenis rivulorum	EATON		3
Heptagenia flava	ROSTOCK	2	3
Pisidium nitidum	JENYNS	N	V
Pisidium henslowanum	(SHEPPARD)	N	V
Ancylus fluviatilis	O.F.MUELLER	3	3-
Anisus spirorbis	(LINNAEUS)	2	2
Sphaerium rivicola	(LAMARCK)	2	2
Pisidium supinum	A.SCHMIDT		
Stagnicola corvus	(GMELIN)		3
Pisidium moitessierianum	PALADILHE	3	3
Acroloxus lacustris	(LINNAEUS)		V
Pisidium milium	HELD	N	3
Pisidium obtusale	(LAMARCK)	N	V
Calopteryx splendens	(HARRIS)		V
Gomphus pulchellus	SELYS		V
Hydroptila tineoides	DALMAN	S	3
Leptocerus interruptus	(FABRICIUS)	S	2
Ceraclea senilis	(BURMEISTER)		3

Tabelle 47: "Rote Liste" Arten des Untersuchungsgebiets (1: „vom Aussterben bedroht“; 2: „stark gefährdet“; 3: „gefährdet“; 4: „potentiell gefährdet“; V: Vorwarnliste; S: Sonderkategorie) Quelle: rote Listen des Bundesamt für Naturschutz; Christian Köppel, Norbert Hirneisen, Erwin Rennwald (Hrsg., 2002)



Abbildung 32: *Dikerogammarus villosus* (Sov.) A. Martinov 1894

Die Ergebnisse der Untersuchungen der Jahre 1999 und 1998 zeigen, daß die makrozoobenthische Fauna in den untersuchten Bühnenfeldern von Oligochaeta und Chironomidae dominiert wird. Dagegen sind typische Fließgewässerarten der Trichoptera (Köcherfliegen), Ephemeroptera ( Eintagsfliegen) und Hirudinea (Egel) unterrepräsentiert. Oligochaeten spielen eine wichtige Rolle in der Nahrungskette und haben einen großen Einfluß auf die Sedimentbeschaffenheit. (SEYS 1996) Insbesondere Massenpopulationen können das Mikroklima des Sediments, sowie Erosion, Korngrößenverteilung, Wassergehalt und Sauerstoffversorgung durch ständige Umlagerung und Ausscheidungen als Schicht auf der Bodenoberfläche kontrollieren (MCCALL & FISHER 1980).

## 5.5.2 Ergebnisse der statistischen Analyse

Die statistische Auswertung erfolgte zunächst durch eine explorative Voranalyse zur Selektion der Datensätze, Umweltparameter und Spezies. Anschließend wurde mit den selektierten (Teil-) Datensätzen eine weitergehende Auswertung und die für die Modellierung benötigte Korrelationsanalyse von Umweltparameter und Spezies durchgeführt.

### 5.5.2.1 Voranalyse zur Selektion der Datensätze und Umweltparameter

#### 5.5.2.1.1 Korrelationsanalyse Umweltparameter zu Fauna -gesamter Datensatz

In Abhängigkeit von der Transformationsmethode werden mittels DCA unterschiedliche Längen des Gradienten ermittelt. In die Analyse gingen alle Datensätze der Untersuchung ohne Umweltfaktoren ein.

1. keine Transformation:	2.694
2. Presence Absence Transformation	3.763
3. log Transformation mit A=10 und B=1	3.677

Die Längen der Gradienten von 1. und 2. liegen in einem Bereich, in welchem sowohl CA als auch PCA eine adäquate Darstellung ermöglichen.

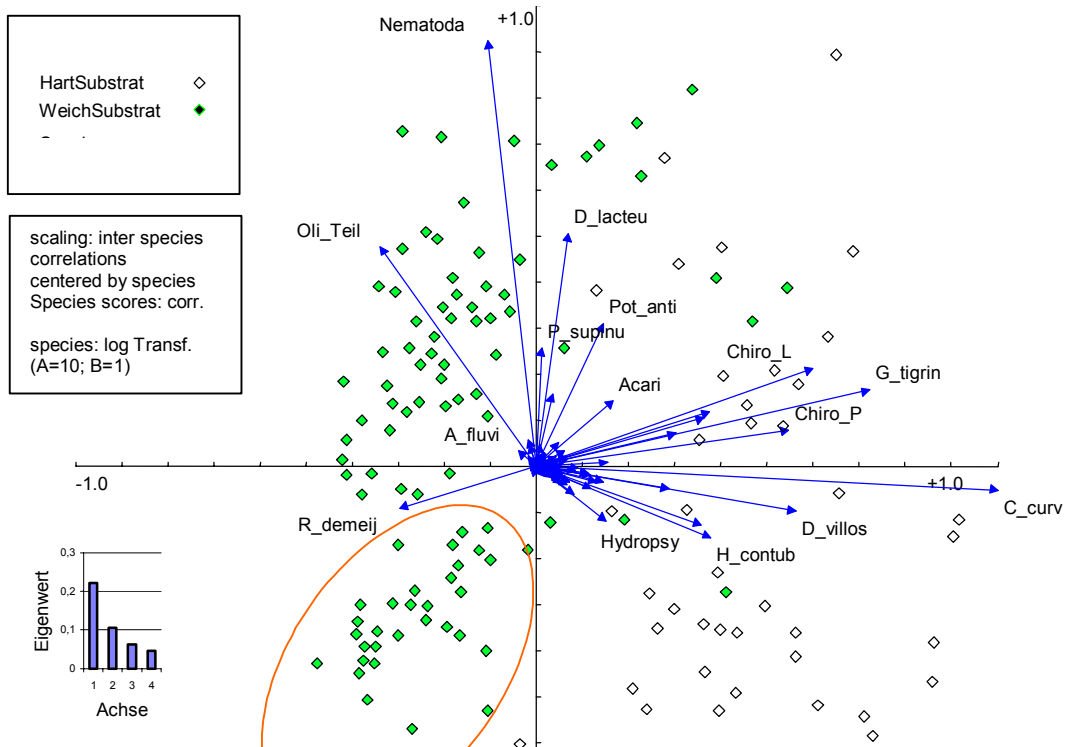


Abbildung 33: Ausschnitt eines Scatterplots der PCA. Achsen  $\frac{1}{2}$ . Klass. in Substrattypen n=244.

Die PCA der nicht log transformierten Daten, betont die unterschiedlich hohen Abundanzen von Oligochaeten in Weichsubstraten und Chironomiden auf Hartsubstraten. Der mit rot gekennzeichnete Bereich kennzeichnet Proben aus einem schneller durchströmten und anders charakterisierten Bereich, welche getrennt geclustert werden. Dieser Cluster ist in der CA (Abbildung 34) nicht zu erkennen. Dagegen wird in der CA mit Presence Absence transformierten Daten deutlich, daß auch die subdominanten und rezedenten Arten deutliche Unterschiede in der Präferenz der Substrattypen aufweisen. Diese einzelnen Species (charakteristisch z.B für Weichsubstrate sind die verschiedenen Arten der Gattung Pisidium, für die Hartsubstrate die Hydroptiliden) werden im Scatter der CA besser aufgetrennt. Die graphische Darstellung der Proben zeigt aber, daß die Darstellung der CA stark verzerrt ist. Dies ist auf 2 Extremproben zurückzuführen. Der Ausschluß der Proben von der Klassifizierung verbessert die Darstellung.

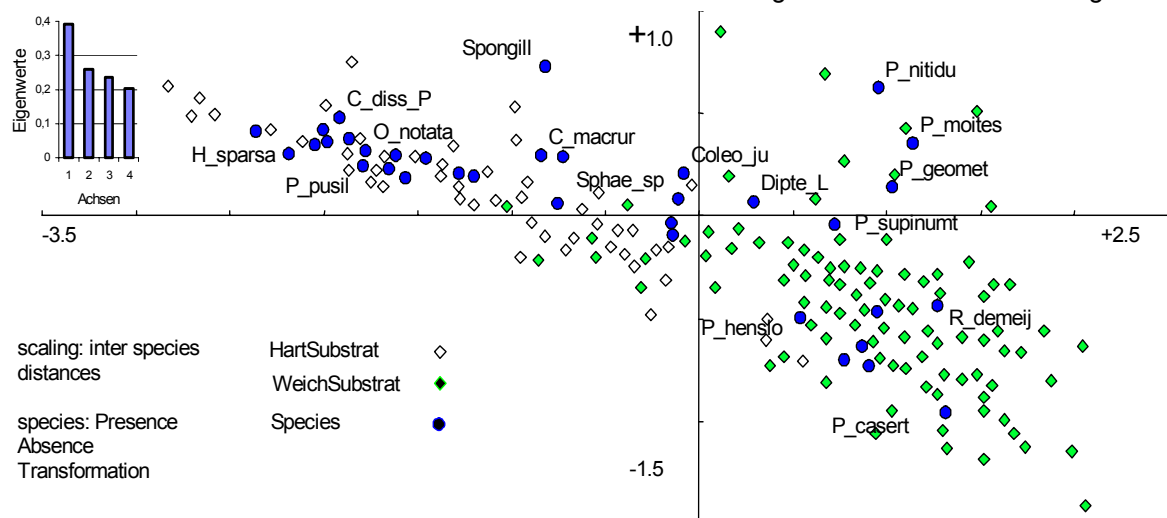


Abbildung 34: Ausschnitt eines Scatterplots der CA. Achsen  $\frac{1}{2}$ . klassif. in Substrattypen; n=244.

### 5.5.2.1.2 Vergleich der gemessenen Substrat- Daten mit modellierten Substrat-Daten – Datensatz Weichsubstrat

Für diesen Korrelationsvergleich wurden Datensätze des Weichsubstrats mit determinierten Oligochaetentaxa ausgewählt, für welche sowohl ein modellierter mittlerer Korndurchmesser vorlag, als auch Bestimmungen der Sieblinien aus den Feldproben. Es sollte die Güte der Korrelationen zwischen modellierten Substratparametern und Taxa auf der einen Seite, mit der Güte der Korrelationen zwischen gemessenen Substratparametern und Taxa auf der anderen Seite verglichen werden.

Die Pearson Korrelationsmatrix der unterschiedlich transformierten Werte von Umweltparameter und Species zeigt die höheren Korrelationen für die Paarung von nicht transformierten (Substrat)-Umweltparametern mit In transformierten Taxa (nicht dargestellt). In den weiteren Analysen wird daher mit In transformierten Art Daten und nicht transformierten Umweltdaten gearbeitet.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Lengths of gradient (keine Transformation)	2,026	2,257	1,830	1,701	3,456
Lengths of gradient (Transf.: ln(10y+1))	2,403	2,219	1,887	1,407	6,377
Lengths of gradient (Transf.: ln(999y+1))	2,417	2,251	1,881	1,540	6,792

Tabelle 48: Analyse der Länge des Gradienten; DCCA Kennwerte- n=159

Die Varianz im Datensatz ist relativ gering, da die length of Gradient der ln(10y+1) transformierten Datensätze lediglich 2,4 beträgt. Es wurde daher eine RDA durchgeführt.

Variable	Varianzerklärung durch die Variable allein (Lambda1)	Variable	Varianzerklärung durch Variable nach Einschluß in Modell (LambdaA)	Signifikanz P	F
Monat	0.06	Monat	0.06	0.001	7.60
v GesNeu	0.06	v GesNeu	0.05	0.001	7.13
Jahr	0.06	GstrMxa2	0.02	0.001	3.31
Subs_mod	0.04	HvBq Mw	0.03	0.001	3.14
GstrMxa2	0.04	TmpMna2	0.01	0.002	2.10
vv neu	0.03	Subs_mod	0.02	0.004	1.98
MonatZZ	0.03	vx neu	0.01	0.004	1.99
O2SäMna2	0.03	MonatZ	0.01	0.010	1.71
MonatZ	0.03	d10 neu	0.01	0.030	1.58
Gstra a2	0.03	HvBq Min	0.01	0.029	1.59
vx neu	0.03	MonatZZ	0.01	0.153	1.26
O2GeMna2	0.03	pHMxa2	0.01	0.032	1.58
LfTpMna2	0.03	d20 neu	0.01	0.163	1.27
TmpMxa2	0.02	Org neu	0.01	0.073	1.47
d80 neu	0.02	d50 neu	0.01	0.066	1.44
pHMna2	0.02	LfTpMxa2	0.01	0.171	1.25
d80	0.02	O2GEH a2	0.01	0.180	1.21
KrFu neu	0.02	d30 neu	0.00	0.414	1.04
pHMxa2	0.02	d60 neu	0.01	0.296	1.13
mitKrmFu	0.02	d40 neu	0.01	0.170	1.23
d90 neu	0.02	HvBq Max	0.01	0.432	1.01
pH a2	0.02	Gstra a2	0.00	0.376	1.06
TmpMna2	0.02	O2SäMxa2	0.01	0.305	1.10
HvBq Min	0.02	LftTpa2	0.01	0.434	1.02
d90	0.02	pHMna2	0.00	0.388	1.03
KrMP neu	0.02	TmpMxa2	0.01	0.430	1.02
LfTpMxa2	0.02	KrMP neu	0.01	0.598	0.90
O2Sät a2	0.02	d70 neu	0.00	0.630	0.91
LftTpa2	0.02	KrFu neu	0.01	0.114	1.31
mitKrmMP	0.02	d90 neu	0.01	0.285	1.15
d70 neu	0.02	d80 neu	0.01	0.316	1.10
Temp a2	0.02	vy neu	0.00	0.787	0.76
HvBq Mw	0.02	Temp a2	0.01	0.821	0.76
d70	0.02	pH a2	0.00	0.308	1.12
d10 neu	0.02	O2GeMna2	0.01	0.794	0.78
O2GEH a2	0.02	O2Sät a2	0.00	0.644	0.87
d10	0.02	O2GeMxa2	0.01	0.723	0.81
HvBq Max	0.02	O2SäMna2	0.00	0.911	0.66
O2SäMxa2	0.02	LfTpMna2	0.01	0.801	0.76
d60 neu	0.02				
d60	0.02				
d20 neu	0.02				
d50 neu	0.02				
d20	0.02				
d50	0.02				
Org neu	0.01				
d30 neu	0.01				

d40_neu	0.01					
O2GeMxa2	0.01					
d30	0.01					
d40	0.01					

Tabelle 49: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen.

Die Variablen mit der größten Varianzerklärung des Datensatzes, welche nach dem MPT (MonteCarlo Permutationstest) auch hoch signifikant sind, sind die Parameter Probenahmemonat (Monat); Probenahmejahr (Jahr) und Gesamt – Strömungsgeschwindigkeit (v\_GesNeu). Es folgt der modellierte mittlere Korndurchmesser (Subsmod), Sauerstoffsättigungsminima, Sommerigkeit (MonatZZ), sowie weitere Jahreszeit abhängige Parameter wie Lufttemperatur (LfTpMna2) und Globalstrahlung (s. Tabelle 49). Die im Feld gemessenen, mit dem Substrat assoziierten Parameter (mittlere Korngrößen, Korngrößenklassen und organischer Gehalt) weisen relativ geringe Varianzerklärungen und bis auf den mittleren Korndurchmesser nach Fuhrböter auch hohe Irrtumswahrscheinlichkeiten auf. Sie erklären die Varianz des Taxa Datensatzes also wesentlich schlechter als der modellierte mittlere Korndurchmesser. Die Korrelationsmatrix der Umweltparameter (s. Tabelle 50) zeigt, daß der modellierte Korndurchmesser einen mittleren bis hohen Zusammenhang (0,5) mit der Strömungsgeschwindigkeit erkennen läßt. Dies ist auf die Modellierung zurückzuführen, welche den Korndurchmesser, ausgehend von der vorherrschenden Strömung modelliert. Dagegen sind für die gemessenen Substrat-Parameter deutlich geringere Korrelationen zwischen modelliertem und gemessenem Korndurchmesser, sowie Strömungsgeschwindigkeit (<0,4) festzustellen.

Für eine differenziertere Betrachtung der Korrelationen zwischen Substratparametern und Taxa wird eine Regression mittels Generalized linear models (GLM) durchgeführt



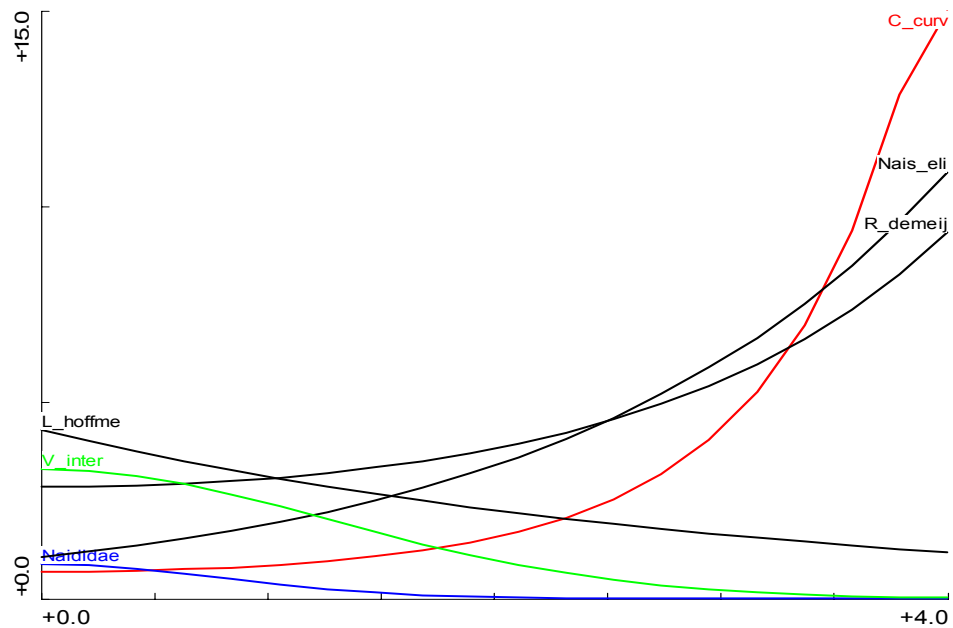


Abbildung 35: Modell responses; Umgebungsfaktor gemess mittl. Korndurchmesser nach Fuhrböter gegen  $\ln$  Individuen /m<sup>2</sup>;  $\alpha=0,1$ .

Die GLM Regression des modellierten mittleren Korndurchmessers (Abbildung 36) ergibt sehr ähnliche Regressionen für die Taxa *V. intermedia*, Naididae und *L. hoffmeisteri* wie die des gemessenen Korndurchmessers (Abbildung 38). Die Modellierung ergibt für die Probestellen allerdings insgesamt kleinere Korndurchmesser (bis 2,0) als gemessen wurden (bis 4,0).

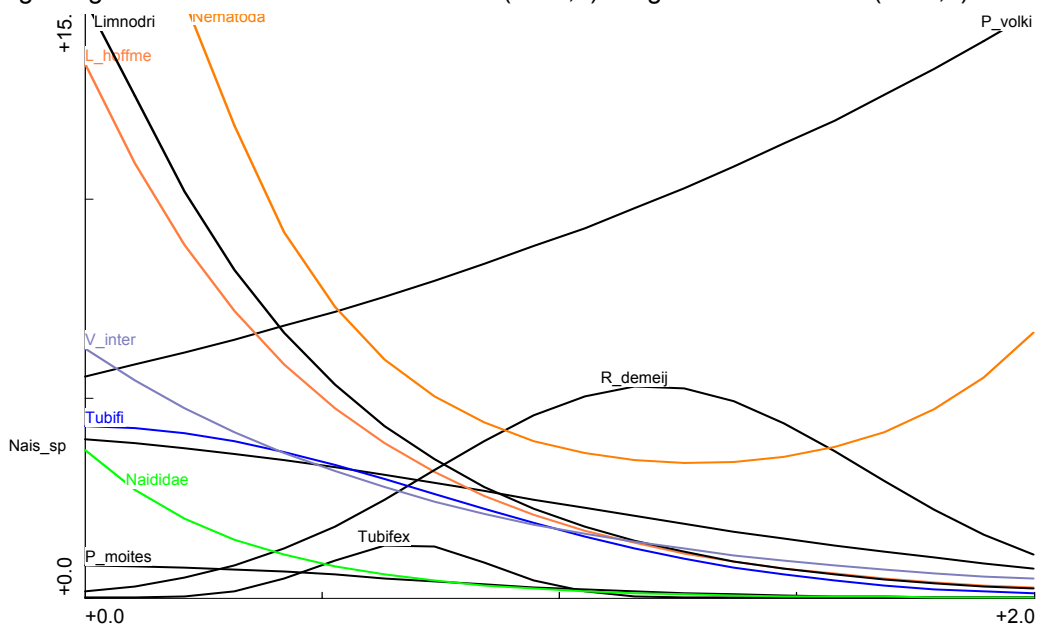


Abbildung 36: Modell responses; Umgebungsfaktor modell. mittl. Korndurchmesser nach Meyer Peter gegen  $\ln$  Individuen /m<sup>2</sup>;  $\alpha=0,1$ .

Die Regression bewegt sich daher in einem anderen Wertebereich. Dies bedingt wahrscheinlich auch die im oberen Wertebereich (zwischen 2,0 und 4,0) differierende Regression für *R. demeijerei*. Für die Taxa *Nais simplex*, *P. nitidum*, Enchytraeidae und *Nais elinguis* ergeben sich keine signifikanten Korrelationen durch die GLM Analyse des mod. Korndurchmessers. Hier sind aber andere Taxa mit signifikanten Korrelationen festzustellen. Insgesamt ergeben sich weit mehr Korrelationen mit dem modellierten Korndurchmesser als mit dem gemessenen Parameter.

5.5.2.1.3 Vergleich der gemessenen mit modellierten Strömungsgeschwindigkeiten - Datensatz Weichsubstrat

Für diesen Korrelationsvergleich wurden Datensätze des Weichsubstrats mit determinierten Oligochaetentaxa ausgewählt, für welche sowohl die modellierte Strömungsgeschwindigkeit vorlag, als auch Messungen der Strömungen im Feld. Es sollte die Güte der Korrelationen zwischen modellierten Strömungsparametern und Taxa auf der einen Seite, mit der Güte der Korrelationen zwischen gemessenen Strömungsparametern und Taxa auf der anderen Seite verglichen werden. Die Pearson Korrelationsmatrix (nicht dargestellt) der unterschiedlich transformierten Werte von Umweltparameter und Species zeigt die höheren Korrelationen für die Paarung von nicht transformierten (Strömungs-) Umweltparametern mit In transformierten Taxa. In den weiteren Analysen wird daher mit In transformierten Art Daten und nicht transformierten Umweltdaten gearbeitet.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Lengths of gradient (keine Transformation)	2,815	2,489	2,154	2,530	2,840
Lengths of gradient (Transf.: ln(10y+1))	2,697	2,071	1,802	1,543	4,482
Lengths of gradient (Transf.: ln(999y+1))	2,700	2,170	1,688	1,775	4,738

Tabelle 51: Analyse der Länge des Gradienten; DCCA Kennwerte- n=59

Die Varianz im Datensatz ist relativ gering, da die length of Gradient der ln(10y+1) transformierten Datensätze lediglich 2,7 beträgt. Es wurde daher eine RDA durchgeführt.

Variable	Varianzklärung durch die Variable allein (Lambda1)	Variable	Varianzklärung durch Variable nach Einfluß in Modell (LambdaA)	P	F
v_Mod	0.06	v_Mod	0.06	0.001	3.70
Mit_vGes	0.06	MonatZ	0.04	0.001	2.72
GstrMxa2	0.06	Min_vGes	0.04	0.002	2.08
pH_a2	0.06	TmpMxa2	0.03	0.004	1.92
pHMna2	0.05	pHMna2	0.02	0.020	1.66
HvBg_Mw	0.05	d50_neu	0.02	0.074	1.43
Max_vGes	0.05	h_neu	0.02	0.125	1.34
Stabw_z	0.05	d60_neu	0.02	0.136	1.31
HvBg_Max	0.05	mit_x	0.02	0.189	1.22
Vy_Mod	0.05	Min_z	0.02	0.227	1.21
MonatZ	0.05	d30_neu	0.02	0.236	1.18
Monat	0.05	GstrMxa2	0.01	0.367	1.05
HvBg_Min	0.05	LfTpMxa2	0.02	0.183	1.26
Max_x	0.05	d40_neu	0.02	0.430	1.03
pHMxa2	0.05	Min_x	0.01	0.448	1.00
StabvGes	0.05	Vx_Mod	0.01	0.509	0.96
mit_x	0.05	Mit_vGes	0.02	0.242	1.18
Max_y	0.05	Stabw_x	0.02	0.233	1.21
Max_z	0.05	StabvGes	0.02	0.330	1.09
Stabw_y	0.05	h_Mod	0.01	0.375	1.06
Gstra_a2	0.05	mit_z	0.02	0.338	1.10
KrFu_neu	0.04	Stabw_z	0.01	0.279	1.15
d80_neu	0.04	Min_y	0.02	0.499	0.97
Stabw_x	0.04	KrFu_neu	0.01	0.469	0.98
d50_neu	0.04	d80_neu	0.02	0.183	1.27
Temp_a2	0.04	d10_neu	0.01	0.382	1.05
KrMP_neu	0.04	Stabw_y	0.02	0.334	1.11
d10_neu	0.04	Max_vGes	0.02	0.235	1.21
d30_neu	0.04	d90_neu	0.01	0.593	0.90
LfTpa2	0.04	mit_y	0.01	0.552	0.91
d20_neu	0.04	Vy_Mod	0.02	0.560	0.89
TmpMna2	0.04	Max_y	0.01	0.505	0.95
Min_vGes	0.04	d20_neu	0.01	0.442	1.01
d40_neu	0.04	d70_neu	0.02	0.615	0.87
LfTpMna2	0.04	Max_x	0.01	0.416	1.01
Vx_Mod	0.04	KrMP_neu	0.01	0.581	0.88
d70_neu	0.04	HvBg_Mw	0.02	0.573	0.89
TmpMxa2	0.03	O2GEH_a2	0.01	0.325	1.11
d60_neu	0.03	O2Sät_a2	0.02	0.406	1.05
d90_neu	0.03	Temp_a2	0.02	0.207	1.30
LfTpMxa2	0.03	LfTpMna2	0.01	0.609	0.86
h_Mod	0.03	TmpMna2	0.01	0.371	1.07



O2SäMxa2	0.02		Org_neu	0.01	0.649	0.75
O2SäMna2	0.02		HvBg_Max	0.01	0.785	0.64
mit_z	0.02		Gstra_a2	0.02	0.605	0.81
O2Sät_a2	0.02		pHMxa2	0.01	0.594	0.86
mit_y	0.02		O2SäMna2	0.01	0.683	0.75
Min_x	0.02		HvBg_Min	0.02	0.378	1.05
h_neu	0.02		O2GeMna2	0.01	0.529	0.90
O2GeMna2	0.02		O2GeMxa2	0.02	0.417	1.02
Min_y	0.02		pH_a2	0.01	0.726	0.66
O2GeMxa2	0.01		O2SäMxa2	0.01	0.589	0.79
O2GEH_a2	0.01		LftTpa2	0.00	1.000	0.03
Org_neu	0.01					
Min_z	0.01					

Tabelle 52: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller Variablen.

Die Variablen mit der größten Varianzerklärung (Tabelle 52) des Datensatzes, sind die Parameter gemessene mittlere Gesamt – Strömungsgeschwindigkeit (Mit\_vGes), modellierte Gesamtströmungsgeschwindigkeit, Probenahmemonat (MonatZ) und pH. Die im Feld gemessenen Daten weisen ebenso hohe Varianzerklärungen und geringe Irrtumswahrscheinlichkeiten (MonteCarlo Permutationstest) auf, wie die modellierten Strömungsparameter. Die Korrelationsmatrix der Umweltparameter (Tabelle 53) zeigt den hohen Zusammenhang (0,6) der modellierten Strömungsgeschwindigkeit mit der mittleren Gesamt – Strömungsgeschwindigkeit und der maximalen Gesamt- Strömungsgeschwindigkeit auf. Die minimale Gesamt- Strömungsgeschwindigkeit korreliert dagegen nur schwach mit der modellierten Strömungsgeschwindigkeit. D.h. hier gibt das Modell weniger genau die kleinräumigen und kurzzeitigen Verhältnisse wieder, welche aber für die Taxa auch nicht von entscheidender Bedeutung für die Besiedlung des Lebensraums zu sein scheinen.

Für eine differenziertere Betrachtung der Korrelationen zwischen einzelnen Strömungsparametern und Taxa wird eine Regression mittels Generalized linear models (GLM) durchgeführt.



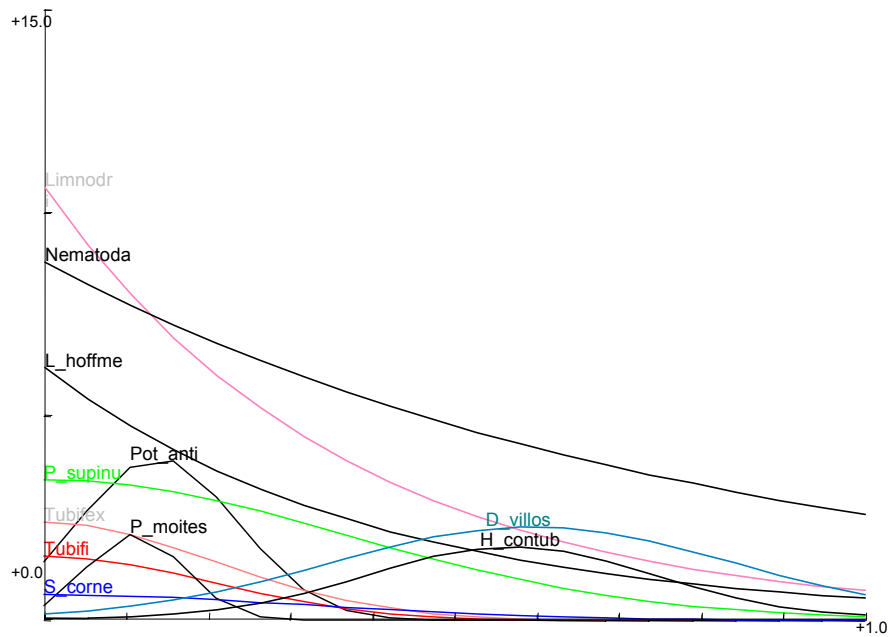


Abbildung 37: Modell responses; Umgebungsfaktor modell. mittl. Strömungsgeschwindigkeit gegen  $\ln$  Individuen /m<sup>2</sup>;  $\alpha=0,05$ .

Ein Vergleich der GLM Regression der modellierten mittleren Strömungsgeschwindigkeit (Abbildung 37) mit der gemessenen Strömungsgeschwindigkeit (Abbildung 38), ergibt sehr ähnliche Regressionen für die Taxa *Tubifex sp.*, *Limnodrilus sp.*, *H. contubernalis* und *L. hoffmeisteri*, welche in beiden Regressionen als hoch signifikant dargestellt werden.

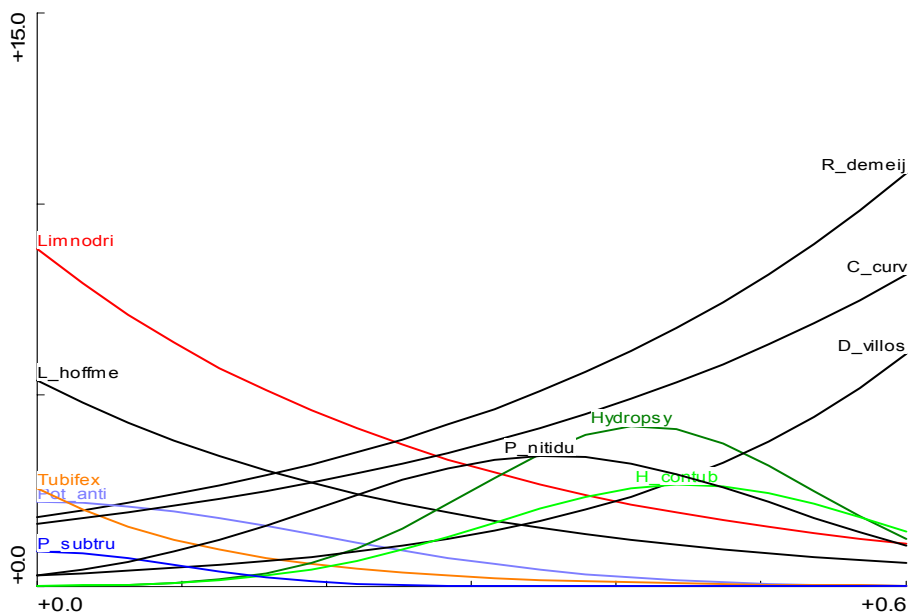


Abbildung 38: Modell responses; Umgebungsfaktor gemess. mittl. Strömungsgeschwindigkeit gegen  $\ln$  Individuen /m<sup>2</sup>;  $\alpha=0,05$ .

Die Modellierung ergibt allerdings insgesamt höhere Strömungsgeschwindigkeiten (bis 1,0 m/s) als gemessen wurden (bis 0,6). Daher bewegt sich die Regression auch in einem anderen Wertebereich. Dies bedingt die im oberen Wertebereich differierende Regression für *D. villosus*. Für die in der Literatur als rheophil beschriebenen Taxa *R. demeijerei* und *C. curvispinum* ergeben sich auf dem Signifikanzniveau von 0,05 keine Korrelationen mit der modellierten Strömungsgeschwindigkeit. Für *P. volki* sind ebenfalls erst bei  $\alpha = 0,1$  Korrelationen zu erhalten (in Abbildung 37 oben daher nicht

dargestellt).

Im unteren Geschwindigkeitsbereich der Strömung ergeben die Regressionen mit der modellierten Geschwindigkeit differenziertere Ergebnisse: für *P. antipodarum* und *P. moitesserianum* werden dedizierte Maxima bei 0,1-0,2 m/s Strömungsgeschwindigkeit angegeben.

#### 5.5.2.1.4 Vergleich der gemessenen mit modellierten Strömungsgeschwindigkeiten - Datensatz Hartsubstrat

Für diesen Korrelationsvergleich wurden Datensätze des Hartsubstrats mit determinierten Oligochaetentaxa ausgewählt, für welche sowohl die modellierte Strömungsgeschwindigkeit vorlag, als auch Messungen der Strömungen im Feld. Es sollte die Güte der Korrelationen zwischen modellierten Strömungsparametern und Taxa auf der einen Seite, mit der Güte der Korrelationen zwischen gemessenen Strömungsparametern und Taxa auf der anderen Seite verglichen werden.

Die Pearson Korrelationsmatrix der unterschiedlich transformierten Werte von Umweltparameter und Species zeigt die höheren Korrelationen für die Paarung von nicht transformierten (Strömungs-) Umweltparametern mit ln transformierten Taxa. In den weiteren Analysen wird daher mit ln transformierten Art Daten und nicht transformierten Umweltdaten gearbeitet.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Lengths of gradient (keine Transformation)	1,321	1,227	1,267	0,831	1,457
Lengths of gradient (Transf.: ln(10y+1))	2,148	1,634	1,479	1,316	3,065
Lengths of gradient (Transf.: ln(999y+1))	2,222	2,013	1,808	1,644	3,320

Tabelle 54: Analyse zur Gradientenlänge; DCCA Kennwerte- n=35

Die Varianz im Datensatz ist relativ gering, da die length of Gradient der ln(10y+1) transformierten Datensätze lediglich 2,2 beträgt. Es wurde daher eine RDA durchgeführt.

Variable	Varianzklärung durch die Variable allein (Lamda1)	Variable	Varianzklärung durch Variable nach Einschluß in Modell (LambdaA)	P	F
HvBg_Max	0.09	HvBg_Max	0.09	0.001	3.10
HvBg_Mw	0.08	O2GeMna2	0.07	0.001	2.42
MonatZ	0.08	Stabw_z	0.06	0.001	2.10
Monat	0.08	Mit_vGes	0.04	0.045	1.48
O2Sät_a2	0.08	P5	0.04	0.029	1.55
HvBg_Min	0.08	TmpMxa2	0.03	0.027	1.53
O2GEH_a2	0.08	P0	0.04	0.123	1.33
O2SäMna2	0.07	v_Mod	0.03	0.090	1.33
O2SäMxa2	0.07	O2Sät_a2	0.03	0.142	1.28
O2GeMna2	0.07	pHMna2	0.04	0.120	1.33
O2GeMxa2	0.07	Min_x	0.03	0.179	1.24
Monatzz	0.07	HvBg_Mw	0.03	0.177	1.26
pHMna2	0.07	P6	0.02	0.324	1.10
Stabw_z	0.06	Monatzz	0.03	0.337	1.11
pH_a2	0.05	Vy_Mod	0.02	0.325	1.14
Max_y	0.05	StabvGes	0.03	0.282	1.18
Max_z	0.05	O2SäMna2	0.03	0.304	1.16
Temp_a2	0.05	O2GEH_a2	0.03	0.165	1.33
h_Mod	0.05	pHMxa2	0.02	0.383	1.09
Max_vGes	0.05	pH_a2	0.03	0.078	1.57
P5	0.05	Min_z	0.03	0.389	1.04
v_Mod	0.05	Temp_a2	0.02	0.537	0.92
StabvGes	0.05	MonatZ	0.02	0.398	1.09
TmpMna2	0.05	O2GeMxa2	0.02	0.427	1.01
Max_x	0.05	O2SäMxa2	0.04	0.080	1.77
Mit_vGes	0.05	h_Mod	0.01	0.457	0.93
pHMxa2	0.05	PArtCode	0.02	0.560	0.91
Vy_Mod	0.04	Vx_Mod	0.02	0.539	0.82
Stabw_x	0.04	Min_y	0.03	0.225	1.74
Stabw_y	0.04	mit_y	0.02	0.349	1.46
TmpMxa2	0.04	mit_z	0.02	0.462	1.10
mit_y	0.04	TmpMna2	0.01	1.000	0.00

mit_x	0.04					
PArtCode	0.04					
P0	0.04					
P6	0.03					
Min_x	0.03					
P31	0.03					
Vx_Mod	0.03					
Min_vGes	0.03					
Min_z	0.03					
mit_z	0.02					
Min_y	0.02					
P3	0.02					

Tabelle 55: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller Strömungs Variablen.

Die Variablen mit der größten Varianzerklärung (Tabelle 55) des Datensatzes, sind die Parameter Pegel Havelberg, ProbenahmeMonat und O2 Sättigung. Der Strömungsparameter mit der besten Varianzerklärung ist die Standardabweichung der Strömung in z Richtung, also von oben nach unten und umgekehrt. Diese Parameter haben nach dem MPT auch eine geringe Irrtumswahrscheinlichkeit (s. Tabelle 55). Die modellierten Strömungsparameter dagegen bieten alle eine sehr geringe Varianzerklärung und hohe Irrtumswahrscheinlichkeiten und daher wenig Erklärung für die Verteilung der Taxa.

Auf eine differenziertere Betrachtung der Korrelationen zwischen einzelnen Strömungsparametern und Taxa eine Regression mittels Generalized linear models (GLM) wird verzichtet, da die Korrelationen zwischen Taxa und Strömungsparametern zu schwach sind (s. Tabelle 57). Lediglich die Taxa *H. contubernalis* (H\_contub), die ersten Larvenstadien dieser Gattung (Hydropsy) und *Nais bretscheri* weisen positive Korrelationen zwischen der Standardabweichung der Strömung, bzw. Nematoda und *L. hoffmeisteri* negative Korrelationen auf, welche den Betrag von 0,3 übersteigen. Weitere Korrelationen über 0,3 werden für *Nais elingius* und die gemessene mittlere Strömungsgeschwindigkeit, bzw. Leptoceridae und die modellierte Geschwindigkeit errechnet.

SIGNIFIKANZEN	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Monat	n.s.	-0,5437*	0,2897*	n.s.
O2GeMna2	n.s.	0,6941**	n.s.	n.s.
pHMna2	n.s.	n.s.	-0,1436*	n.s.
TmpMxa2	n.s.	n.s.	n.s.	0,3565*
HvBg_Max	-0,8345**	n.s.	n.s.	n.s.
v_Mod	n.s.	n.s.	n.s.	0,1434**
h_Mod	n.s.	n.s.	n.s.	-0,0414*
Mit_vGes	n.s.	n.s.	0,2432**	-0,4694**
Stabw_z	n.s.	0,398*	0,5708**	n.s.

Tabelle 56: Korrelation der Species Achsen der Ordination mit den Umgebungsvariablen.

	10	1	10	1	4	3	3	4	1	3	14	14	32	9	2	19	2	1	22	3	1	1	6	10	1	2	1	33	25	3	9	1	8	1	19	31	8	1	6	4		
	A_aquati	A_foliac	Acari	Aranea	B_rho dan	Baet_fus	Baetisp	Bit_tent	Bivalvia	Bryozo	C_beskid	C_caspia	C_curv	C_diastr	C_dis_P	C_disim	C_horari	C_lan gl	C_luctuo	C_macrur	C_rivulo	C_robust	Caenosp	Ceracasp	Cerato po	Chaetoga	Chiro ad	Chiro_L	Chiro_P	Coleo ad	Coleo_Ju	Corixida	D_lacteu	D_lug pol	D_polo ymo	D_villo s	Dipte_L	E_igni ta	E_octo cu	E_tene ll		
Monat	-0,14		0,43	0,28	-0,32	-0,11	-0,24	-0,11	0,28			0,21	0,29	0,23		0,26	-0,26	0,34		-0,12	0,28			0,15	-0,28	-0,12	-0,15	-0,21	-0,46		0,15	0,21	-0,12	0,69	0,61	-0,27	-0,12		0,39			
O2GeMna2		-0,18	-0,3		0,36	0,12		-0,12		-0,15	0,3	0,32	0,28	0,22		0,12				0,33	0,16		-0,22	-0,15	-0,25	0,15	0,23	0,47	0,11	-0,24	-0,25		0,16	-0,19	-0,22	-0,13	0,23					
pHMna2	0,12		-0,44	-0,13	0,18	0,24	0,3		-0,3		-0,23	-0,38	-0,39	-0,23		-0,18		0,33	-0,24		-0,12	0,14		-0,17	0,26		0,17	0,43		-0,17			-0,61	-0,52	0,35		-0,28	-0,39				
TmpMxa2	-0,28					-0,35		-0,11			0,45	0,12	0,18	0,26				-0,38		0,11		0,19	0,19	0,11	-0,24		-0,37	-0,58		0,11				0,32	0,31				0,14			
HvBg_Max		0,17	-0,28	-0,27				0,22	0,12	-0,27	-0,4	-0,48	-0,18	-0,46		-0,41	0,23	-0,32	-0,19		-0,27	0,3	0,2	-0,17	0,16		-0,21	0,36	0,23	-0,17	-0,2		-0,63	-0,48	0,41			-0,29	-0,3			
v_Mod		-0,14		-0,14			0,36				-0,23	-0,32	-0,32	-0,41	-0,15	-0,18	0,11		-0,17	-0,25	-0,14	-0,13	0,21	0,15				0,29	0,47		-0,13		-0,1	-0,24	0,34	-0,14						
h_Mod	-0,19	0,43		-0,18	-0,18			0,13				-0,34	-0,43	-0,26		-0,22	0,11			-0,26	-0,13						-0,15	-0,18	-0,33	-0,4	-0,11	0,2		-0,11	-0,11		0,1	-0,18	-0,17			
Mit_vGes		-0,19	0,13	0,21		0,14	0,2	0,1	-0,2	0,15	-0,27	-0,35	0,26	-0,18			0,14	-0,21		-0,21	-0,21	0,11	0,27	-0,21		0,22	0,51	0,33	0,29		-0,21	-0,22		0,12	-0,34	0,26	-0,17	-0,1	-0,26			
Stabw_z	0,2	-0,17	0,14	0,24	0,1	0,11	0,38	0,3	-0,22		-0,24	-0,24	0,32	-0,26			0,22	-0,15	-0,15	-0,23	-0,24				0,2	-0,23			0,65	0,33	0,24		-0,23	-0,25	0,29	0,11	-0,25	0,12	-0,12		-0,27	

	19	2	33	6	1	7	4	21	3	2	1	2	4	13	1	5	1	6	3	4	6	19	4	4	9	13	2	18	4	5	7	20	12	11	1	16	1	6	2	28	2
	Enchytra	Ephemero	G_tigrin	Gammasp	Gastropo	H_bulgar	H_con tP	H_con tub	H_flav a	H_ion gic	H_ma rgin	H_spa rsa	H_sta gna	H_sul phu	H_tine o	Hepta sp	Hepta gen	Hetero L	Hydr sp	Hydra sp	Hydro P	Hydro psy	Hydro zoa	L_hoff me	Leptoc er	Limno dri	Lum_v ari	N_bret sc	Nai_b ehn	Nai_p ard	Nai_si mp	Nais_eli	Nais_pse	Nais_sp	Nemat o_P	Nemat oda	Noton ect	O_not ata	Oeceti s	Oli_ga nz	Ore_vil l
Monat	-0,13	-0,18	0,61	-0,14		0,19	0,14	0,1	-0,3	-0,18	0,15	-0,28	0,27	-0,44	-0,24	-0,26	0,12	-0,38	0,22	-0,12	0,18		0,38	0,18	0,31	0,23	-0,29	-0,41		0,33	0,13	-0,39	-0,17		0,17	-0,12	-0,27		0,1		
O2GeMna2				-0,24	-0,18		-0,15	0,27	0,28	-0,24	0,15	-0,18	0,41	-0,23	0,32		-0,23	0,21	0,29		-0,36		0,22	-0,69	-0,19		0,67	0,29		0,27	0,22	0,17	0,19	-0,23		0,16		0,42	-0,29		
pHMna2		0,22	-0,64	0,36		-0,22		0,19		-0,16	0,27	-0,4	0,21	0,18	0,12	0,28		0,37	-0,23	0,14	-0,12		-0,41		-0,2	-0,29		0,37	-0,3	-0,12	0,26			0,17	-0,18		0,25	0,16	-0,2	0,13	
TmpMxa2	0,26	-0,27	0,1	0,28			0,33	0,11	-0,13		0,1	-0,25		0,4	0,28	-0,35	0,17	-0,39		-0,23	0,3	0,11		0,18	0,29	-0,11	-0,12	-0,35					0,39	0,17				0,37	0,19	0,23	
HvBg_Max		0,27	-0,69	0,37	0,17	-0,21	-0,15			-0,17	0,17	-0,35		0,17		0,21	0,14	0,24	-0,33				-0,43	0,2	-0,16		-0,14	0,22		-0,4	-0,13	0,3	0,11	0,17	-0,22		0,18	0,12	-0,28	0,24	
v_Mod	0,11	0,39	-0,43	0,39			0,11	0,13			-0,14	0,13	-0,14	-0,25	0,4		0,14			-0,25	0,15	0,29	-0,18	-0,22	0,18	0,14		-0,16				0,46	0,14	-0,14	-0,4	-0,14	0,25	0,27			
h_Mod	-0,28		-0,19		0,15		-0,13			-0,2	-0,18	-0,14		0,23	-0,15		0,23		-0,1	-0,31	0,13		-0,11	0,37			-0,53	-0,2		-0,28	-0,21			-0,15	-0,11	-0,13	0,2	0,14	-0,44		
Mit_vGes		0,29	-0,16	0,15	-0,19	0,18	0,27	0,18			0,2	0,12	-0,14	0,14			0,22	-0,19	-0,29	0,31	0,29		-0,43	0,26	-0,29	-0,21	0,25	0,32		0,18	0,26	-0,1		-0,28	-0,21	0,11	0,11				
Stabw_z		0,28	-0,11	0,12	-0,17	0,42	0,49	0,49	0,12	0,15	0,21	0,36					0,26	-0,24		-0,35	0,33	0,5	0,1	-0,48	0,18	-0,26	-0,2	0,29	0,33		0,11	0,27			-0,38	-0,23		0,1			

	6	1	1	1	1	2	7	6	5	2	7	3	1	8	9	1	4	7	3	1	10	3	1	1	1	12	2	1	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	P_bar ba	P_cas po	P_geo met	P_ha mm	P_hen slo	P_mili um	P_niti du	P_pus il	P_sup inu	P_torva	P_vol ki	Pisidiu m	Pleco sp	Pluma sp	Pot_a nti	Pot_b edo	Pri_lo ng	R_de mejj	S_cor ne	Simul sp	Simuli L	Simuli P	Sphae sp	Spong ill	Stagn co	Styl_la c	T_tubi f	Tric_k oc	Tricho P	Tricho pt	Tubife r	V_inte r	0	0	0	0	0	0	0				
Monat	0,18	0,28	-0,12	0,28	0,28	0,18	0,66	-0,37	0,54	0,31		0,42	-0,26		0,54	0,28	0,11	0,23	0,34		-0,15	-0,3		0,15	-0,12	0,11	0,4	-0,12	-0,27	-0,27									0	0	0	0	
O2GeMna2			0,16			0,19	-0,14		-0,14	-0,11	0,29			-0,14		0,34	-0,46	-0,24	-0,18	-0,24	0,27	-0,18	-0,24	0,23	0,34	0,13	0,23		0,17	0,18	0,14									0	0	0	0
pHMna2		-0,13		-0,4	-0,4		-0,51	0,37	-0,33	-0,41	-0,11	-0,24	0,28		-0,47	-0,3	-0,15	-0,11	-0,44		0,22	0,18		-0,16		-0,34	-0,51		0,26	0,2										0	0	0	0
TmpMxa2	0,22			-0,12		0,1	0,2	-0,44	0,21			0,15	-0,35	0,11		0,15					0,14	-0,12		0,1		0,21		-0,31	-0,14	0,11										0	0	0	0
HvBg_Max	-0,15	-0,27		-0,27	-0,27	-0,25	-0,67	0,41	-0,54	-0,32	-0,17	-0,42	0,2	0,16	-0,59	-0,27	-0,27		-0,36	0,17	0,26		0,17	-0,17		-0,35	-0,38		0,14	0,16	-0,19								0	0	0	0	
v_Mod		-0,14	-0,14	-0,11	-0,14	-0,18	-0,38	0,48	-0,34	-0,16		-0,25	0,14	0,23	-0,41		-0,21		-0,21	0,11	0,28	0,1	0,43	-0,14	-0,14	-0,12		-0,11	-0,11		-0,2	0,14						0	0	0	0		
h_Mod		-0,18	-0,13		-0,17	-0,21	-0,37		-0,38		-0,17	-0,32		0,11	-0,22		-0,13	0,34	-0,19	0,12	0,21			-0,18	-0,18	-0,29		-0,1		-0,21								0	0	0	0		
Mit_vGes	-0,24	0,21	-0,21	-0,21	-0,13	0,23		0,34	0,16	-0,24	-0,36	0,15	0,26		-0,33	-0,2		-0,21			0,18		0,31	0,2	0,22		-0,29											0	0	0	0		
Stabw_z	-0,11	0,24	-0,23	-0,23		0,24		0,34	0,2	-0,14	-0,23	0,19	0,2	0,11	-0,34	-0,22	-0,19	-0,14				0,26	0,23	0,2	0,21													0	0	0	0		

Tabelle 57: Korrelationsmatrix Umweltparameter und Species für den Datensatz Strömung modelliert/Strömung gemessen auf Hartsubstrat. Dargestellt sind alle Korr. Koeffizienten mit Beträgen größer 0,1

#### 5.5.2.1.5 Diskussion Voranalyse

Die **Analyse des gesamten Datensatzes** ergibt, wie zu erwarten, eine klare Trennung der Faunen von Hart- und Weichsubstrat, da die Faunen sehr deutlich differieren. Eine differenziertere Betrachtung der Teilbiozönosen wird durch getrennte Analyse der Fauna der Substrattypen ermöglicht.

Der Vergleich der **gemessenen Substrat-Daten mit modellierten Substrat-Daten (Datensatz Weichsubstrat)** ergibt insgesamt, daß der modellierte Korndurchmesser eine bessere Varianzerklärung des Datensatzes bietet und es sich daher mehr Korrelationen mit den Taxa ergeben. Dies ist durch die Tatsache zu erklären, daß in der Modellierung Extremwerte nivelliert werden, die in der Korngrößenbestimmung der Feldproben auftreten, sich aber nicht in der Verteilung der Fauna manifestieren. Weiterhin wurden die Kornanalysen mittels Trockensiebverfahren durchgeführt. Bei diesem Verfahren werden die schluffigen schlammigen, Anteile der Substrate unterschätzt, welche aufgrund des organischen Anteils von besonderer Bedeutung für die (Oligochaeten- Fauna sind). Die weiterführenden Analysen der Fauna des Weichsubstrats werden daher mit modellierten Korngrößen durchgeführt.

Der ebenfalls durchgeführte Vergleich der **gemessenen mit modellierten Strömungsgeschwindigkeiten (Datensatz Weichsubstrat)** ergab eine differenziertere Beschreibung der Präferenzen der Taxa durch die Modellierung im unteren Strömungsbereich. Dies kann auf die Tatsache zurückzuführen sein, daß im flachen, langsam angeströmten Uferbereich die Strömungs-Messungen mittels ADV fehlerbehaftet und z.T. aufgrund geringer Wassertiefen nicht möglich waren. Im oberen turbulenten (an den Probestellen gemessenen) Strömungsbereich wird die Präferenz der Taxa besser von den Feldmessungen wiedergegeben, da das Strömungsmeßgerät auch Turbulenzen gut erfasst, welche von der Modellierung nicht abgebildet werden können. Eine Fehlerquelle bei den Messungen im flachen Wasser war der Messende selbst, der neben dem Messgerät stehend die Messung beeinflusste. Im tieferen Wasser wurde von einem Boot aus gemessen, sodaß die Messung an der Sohle nicht beeinträchtigt werden konnte. Schwankungen in der Strömung, welche durch Schiffswellen während der Messung verursacht wurden, konnten die Charakteristik der Strömung ebenfalls deutlich beeinflussen. Allerdings wirken diese auch auf die Biozönose, daher muß diese „Fehlerquelle“ keine Beeinträchtigung der Korrelationen darstellen. Insgesamt beschreibt die modellierte Strömungsgeschwindigkeit die Varianz im Datensatz des Weichsubstrats gut und es ergeben sich daher mit den Taxa auf hohem Signifikanzniveau Korrelationen, insbesondere im unteren Strömungsgeschwindigkeitsbereich.

Ein Vergleich der **gemessenen mit modellierten Strömungsgeschwindigkeiten (Datensatz Hartsubstrat)** ergab schlechtere Korrelationen für die modellierten Parameter, als für die gemessenen Parameter. Dies ist durch Randeffekte, Strömungsturbulenzen verursacht durch die Buhenschüttung zu erklären, die durch das relativ großräumige Modell im Kleinen nicht abgebildet werden können, aber durch die Messungen mittels des ADV Geräts erfaßt werden. Allerdings ist die Datengrundlage mit einer Anzahl von n=35 Proben relativ klein, da nur an diesen Stellen die Strömungsmessungen mittels des ADV Gerätes durchgeführt wurden. Die Ergebnisse dieses Vergleichs sind daher weniger gut abgesichert. Die weitergehenden Analysen für das Hartsubstrat wurden aufgrund der geringen Probenanzahl für die die gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten vorlagen, mit den modellierten Strömungsparametern durchgeführt.

### 5.5.2.2 Korrelationsanalyse Umweltparameter - Fauna Weichsubstrat

#### 5.5.2.2.1 indirekte Gradientenanalyse

In die Analyse wurden 161 Datensätze aufgenommen, für welche die Oligochaeten differenziert

determiniert wurden, d.h. soweit möglich bis zur Art. Zur explorativen Datenanalyse wurde zunächst eine DCA durchgeführt welche die Varianz im Datensatz als relativ gering darstellte. Daher wurde eine PCA durchgeführt. Zwei Extremproben wurden aus dem Datensatz entfernt

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Lengths of gradient (keine Transformation)	2.876	2.665	2.096	1.670	3.814
Lengths of gradient (Transf.: $\log(10y+1)$ )	2.912	2.858	2.305	2.145	6.833
Lengths of gradient (Transf.: $\log(999y+1)$ )	2.938	3.067	2.140	2.210	7.267

Tabelle 58: Analyse der Länge des Gradienten; DCA Kennwerte- n=159

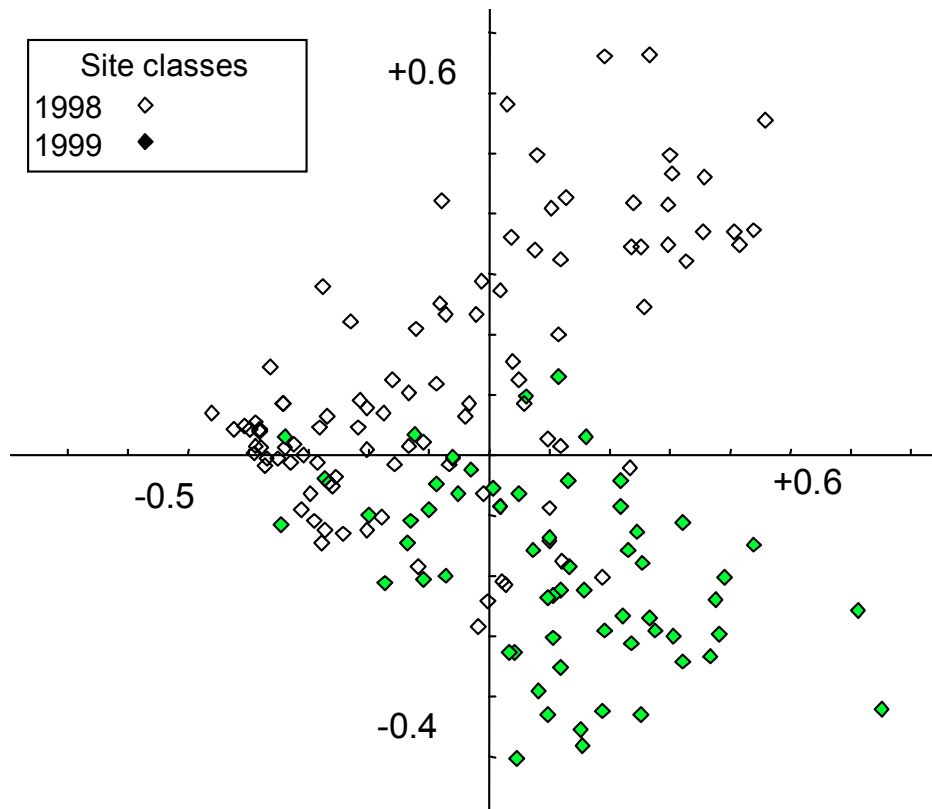


Abbildung 39: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Probenahmejahre n=161.

Die Grafik (Abbildung 39) zeigt eine deutliche Auftrennung in die Probenahmejahre 1998 und 1999. Ein Scatterplot der Probemonate (Abbildung 40) zeigt aber, daß die Differenzierung auch auf die unterschiedliche Zusammensetzung der Biozönose im Jahresverlauf zurückzuführen sein kann. Insbesondere Frühjahr (die Proben von März und April oberhalb der Abszisse) und Herbst (September unterhalb der Abszisse) unterscheiden sich deutlich. Die Proben aus den Monaten Juni und Juli, sowie Mai der Jahre 1998 und 1999 befinden sich im Schwerpunkt der Punktwolke. Die strikte Trennung von 1998 und 1999 kann daher durch die unterschiedlichen Auswertungsschwerpunkte vorgetäuscht sein: im Jahr 1998 wurden die Proben vom August und September nicht weiter ausgewertet, da sich die abiotische Probenahme als nicht adäquat herausstellte und wichtige abiotische Proben fehlten, währenddessen im Jahr 1999 die Proben vom September ausgewertet wurden, um den Herbstaspekt zu erfassen. Da die Jahre 1998 und 1999 sich in Bezug auf Abfluß und Abflußdynamik deutlich unterschieden; der jahreszeitliche Aspekt aber ebenfalls großen Einfluß auf die Zusammensetzung der Fließgewässerbiozönose hat, kann aufgrund der PCA keine Entscheidung getroffen werden, welcher der Aspekte für die unterschiedliche Faunenkomposition verantwortlich zu machen ist.



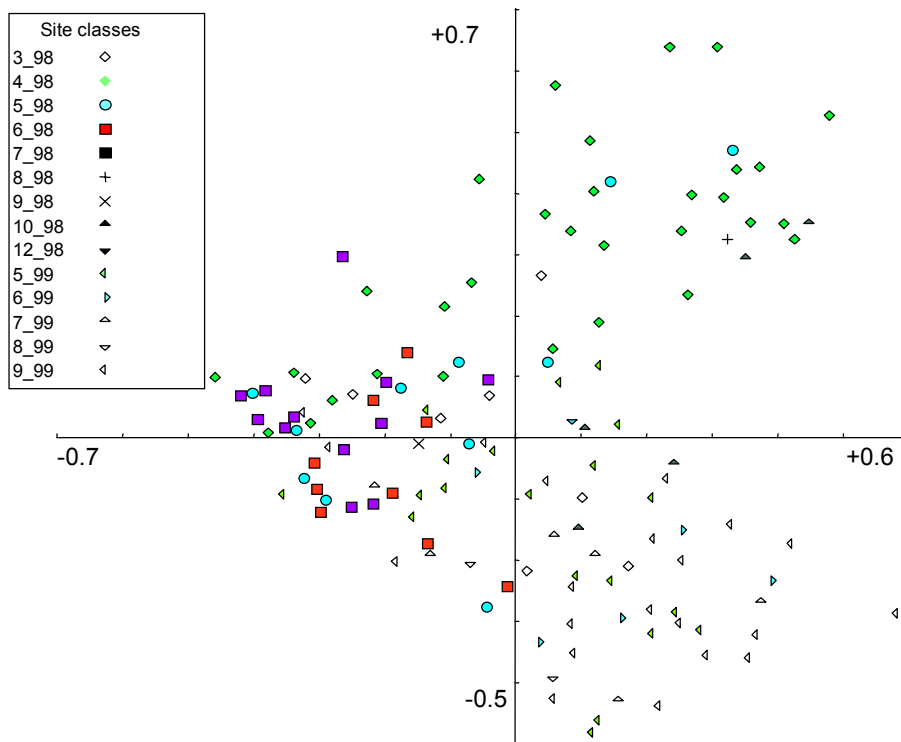


Abbildung 40: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Probemonate n=173.

Der Scatterplot der PCA (Abbildung 41) zeigt eine Clusterung der Proben der Bühnenfelder bei Stromkilometer 425 und 427, welche daher Gemeinsamkeiten in Bezug auf Ihre Faunenkomposition aufweisen. Der Cluster befindet sich zwischen den „Flügeln“, welche durch die Proben aufgrund ihrer Zugehörigkeit zu einem der beiden Jahrescluster gebildet werden. Die Klassifikation in Bezug auf „Probejahr oder Probemonat (Abbildung 40) hat also keine Einfluß auf die Klassifikation der Proben von 427 und 425.

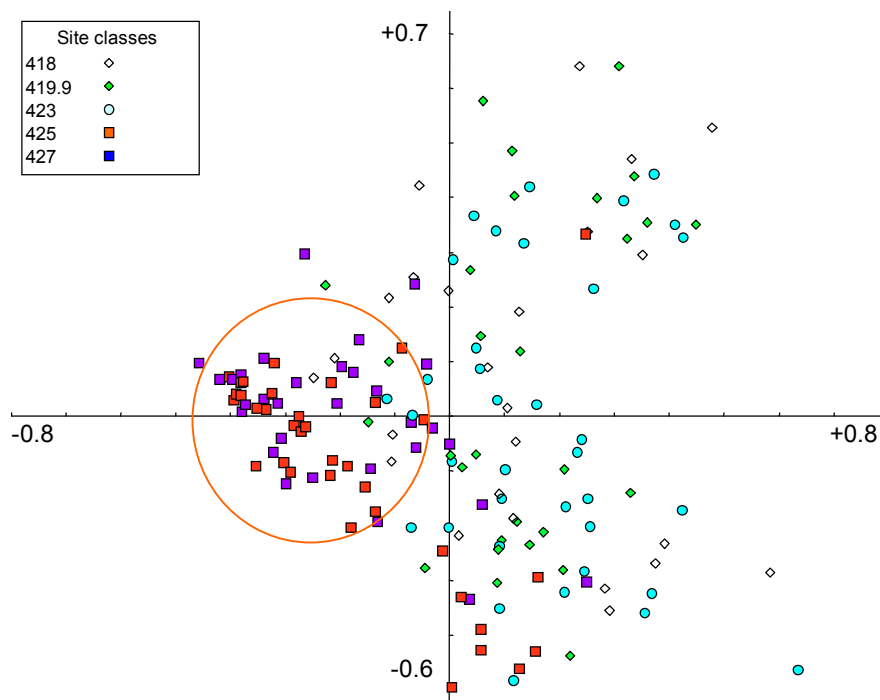


Abbildung 41: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Bühnenfelder n=173.

Abbildung 42 verdeutlicht, das in den Bühnenfeldern bei Stromkilometer 425 und 427 (der Cluster) P. volki dominiert, während die meisten anderen Taxa in den anderen Bühnenfeldern zu finden sind.

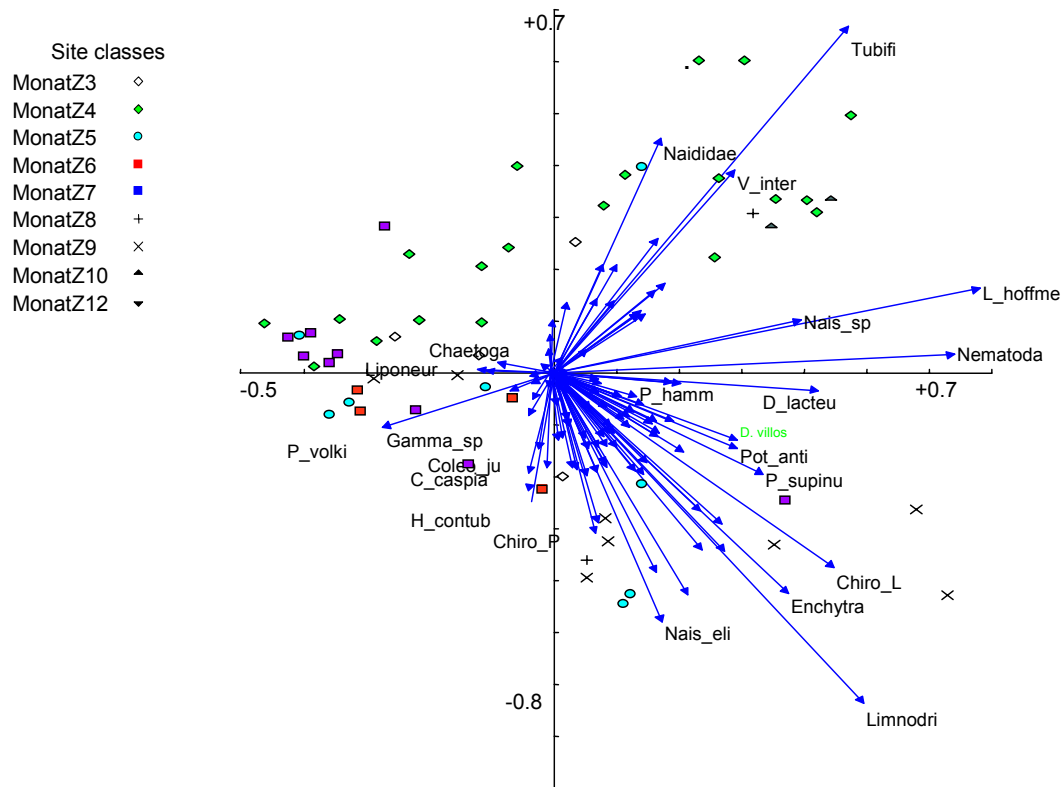


Abbildung 42: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die „Jahres“ Monate.

#### 5.5.2.2.2 direkte Gradientenanalyse

##### 5.5.2.2.2.1 Transformation und Selektion von Daten/-sätzen und Species

Die **Pearson Korrelationsmatrix** der unterschiedlich transformierten Werte von Umweltparameter und Species (nicht dargestellt) zeigt die höheren Korrelationen für die Paarung von nicht transformierten Umweltparametern mit ln transformierten Arten. In den weiteren Analysen wird daher mit ln transformierten Art Daten und nicht transformierten Umweltdaten gearbeitet. Keinerlei Korrelationen werden u.a. für das "Sammel" -Taxon Oligochaeta ermittelt, da sich unter diesem Begriff diverse Arten mit sehr unterschiedlichen autökologischen Ansprüchen befinden. Mittlere bis hohe Korrelationen zeigen insbesondere die Taxa Nematoda - obgleich dies ebenfalls ein "Sammel" -Taxon ist -, *Propappus volkii*, *R. demejerei*, *Limnodrilus sp.* und *Limnodrilus hoffmeisteri* mit Umweltparametern, welche mit der Strömungsgeschwindigkeit ( $v_{Ges\_neu}$ ;  $v_x$  usw.) assoziiert sind.

Mittlere Korrelationen mit den Substratparametern zeigen u.a. die Arten *Nais simplex* und *Nais elinguis* sowie *Nais bretscheri*. Weiter Korrelationen sind für das Taxon der Chironomidae *R. demejerei* und *Vejdovskyella intermedia* mit Parametern festzustellen, welche mit der Jahreszeit assoziiert sind (Monat, Lufttemperatur, Wassertemperatur).

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Lengths of gradient (keine Transformation)	1.988	2.090	2.096	1.240	1.647
Lengths of gradient (Transf.: log(10y+1))	2.435	2.275	1.729	1.384	6.833
Lengths of gradient (Transf.: log(999y+1))	2.462	2.350	1.770	1.614	7.267

Tabelle 59: DCCA Kennwerte- n=159

Der Test auf Varianz im Datensatz ergab, daß die Varianz im Datensatz relativ gering ist, da die length of Gradient der ln(10y+1) transformierten Datensätze lediglich 2,4 beträgt. Es wurde daher eine **RDA** durchgeführt.

Marginal Effects	Varianzerklärung nur durch die Variable	Conditional Effects	zusätzliche Varianzerklärung durch die Var. nach	Irrtumswahrscheinlichkeit der Erklärung (nach	F- Wert
------------------	---	---------------------	--	---	---------

			Einschluss in Modell	Monte Carlo Test (999 Permutatio.)	
Monat	0.07	v_GesNeu	0.06	0.001	11.01
v_GesNeu	0.07	Herbst	0.02	0.001	4.15
Jahr	0.06	HvBg_Max	0.02	0.001	2.71
v_Mod	0.06	KrFu_neu	0.01	0.001	2.20
Herbst	0.04	Sommer	0.01	0.003	2.26
Subs_mod	0.04	Vx_Mod	0.01	0.002	2.19
Vy_Mod	0.04	Jahr	0.01	0.008	2.02
MonatZ	0.04	pH_a2	0.01	0.004	2.11
PArCode	0.03	Subs_mod	0.01	0.003	2.05
vx_neu	0.03	PartCode	0.01	0.014	1.72
LfTpMna2	0.03	d70_neu	0.01	0.011	1.68
Vx_Mod	0.03	h_neu	0.01	0.033	1.68
vy_neu	0.03	vx_neu	0.01	0.013	1.75
Fruh	0.03	v_Mod	0.01	0.020	1.70
TmpMxa2	0.03	P1	0.00	0.052	1.51
h_Mod	0.03	h_Mod	0.01	0.084	1.40
HvBg_Min	0.03	O2SäMna2	0.01	0.290	1.13
O2SäMna2	0.03	TmpMxa2	0.00	0.240	1.20
O2GeMna2	0.03	TmpMna2	0.01	0.030	1.57
Sommer	0.02	Org_neu	0.01	0.259	1.16
HvBg_Mw	0.02	LftTpa2	0.00	0.293	1.12
Temp_a2	0.02	d30_neu	0.01	0.319	1.12
TmpMna2	0.02	d50_neu	0.00	0.173	1.25
LftTpa2	0.02	d60_neu	0.01	0.299	1.15
d90_neu	0.02	d10_neu	0.01	0.127	1.30
d80_neu	0.02	LfTpMxa2	0.00	0.379	1.05
KrFu_neu	0.02	HvBg_Min	0.01	0.603	0.92
HvBg_Max	0.02	HvBg_Mw	0.00	0.427	1.02
LfTpMxa2	0.02	O2GeMna2	0.01	0.406	1.04
pHMxa2	0.02	O2SäMxa2	0.00	0.571	0.92
pH_a2	0.02	O2GEH_a2	0.00	0.488	0.98
pHMna2	0.02	O2Sät_a2	0.01	0.291	1.12
KrMP_neu	0.02	pHMxa2	0.01	0.239	1.20
d70_neu	0.02	Temp_a2	0.00	0.206	1.19
O2SäMxa2	0.02	Fruh	0.01	0.233	1.18
O2Sät_a2	0.02	pHMna2	0.00	0.497	0.97
d10_neu	0.02	d90_neu	0.01	0.286	1.14
O2GEH_a2	0.02	d80_neu	0.00	0.463	0.99
d60_neu	0.02	d20_neu	0.01	0.516	0.93
d50_neu	0.01	d40_neu	0.00	0.651	0.86
d20_neu	0.01	Vy_Mod	0.01	0.571	0.92
P1	0.01	vy_neu	0.00	0.204	1.21
d40_neu	0.01	LfTpMna2	0.01	0.839	0.73
O2GeMxa2	0.01	O2GeMxa2	0.00	0.868	0.71
d30_neu	0.01	KrMP_neu	0.00	0.921	0.58
Org_neu	0.01				
h_neu	0.01				
Winter	0.01				

Tabelle 60: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen.

Die Variablen mit der größten Varianzerklärung (Tabelle 60), welche nach dem MPT (MonteCarlo Permutationstest) auch hoch signifikant sind, sind die Parameter Probenahmemonat (Monat), ProbenahmeJahr (Jahr) und Gesamt – Strömungsgeschwindigkeit (v\_GesNeu). Es folgen Jahresmonat (MonatZ), weitere Jahreszeit abhängige Parameter wie Lufttemperatur (LfTpMna2) und Globalstrahlung und Test- Parameter, welche mit der Reihenfolge der Probenahme und daher indirekt ebenfalls den Probemonat verknüpft sind (ProbenID; P22;. PartCode). Die mit dem Substrat assoziierten gemessenen Parameter mittlere Korngrößen, Korngrößenklassen und organischer Gehalt weisen relativ geringe Varianzerklärungen und bis auf den mittleren Korndurchmesser nach Fuhrböter, auch hohe Irrtumswahrscheinlichkeiten auf. Dagegen ergibt der modellierte mittlere Korndurchmesser eine gut Varianzerklärung mit geringer Irrtumswahrscheinlichkeit.

Nach einer Selektion der Parameter auf Varianzerklärung, Irrtumswahrscheinlichkeit, Korrelation mit den Arten und Kovarianz mit anderen Umweltfaktoren wurden folgende Parameter ausgewählt:

Aus der Gruppe der Substratparameter lediglich der Faktor modellierter **mittlerer Korndurchmesser**. Die anderen Parameter wurden ausgeschlossen, da sie eine hohe

Irrtumswahrscheinlichkeit und niedrigere Varianzerklärung aufweisen, und stark untereinander covariieren und daher keine zusätzliche Information für die Erklärung der Verteilung der Species bieten.

Die Strömungskomponenten  $v_x$  und  $v_y$  weisen eine relativ hohe Irrtumswahrscheinlichkeit auf. Der best erklärende Faktor ist hier die **Gesamt-Strömungsgeschwindigkeit**, welche daher in die Ordination Eingang fand.

Die Parameter Probejahr, ProbenID (Nr) und Probeart weisen hohe Korrelationen mit dem Probemonat auf, da sich im Lauf der Probenahme die Probenummer stetig erhöhte und die Probeart (Technik zur Stechrohbeprobung) zum Jahreswechsel geändert wurde, welches im Parameter Probeart dokumentiert ist. Da diesen Parametern aber keine zusätzliche Information zu der des Probemonats zu entnehmen ist, werden sie von der weiteren Ordination ausgeschlossen. Die größte Varianzerklärung und die geringste Irrtumswahrscheinlichkeit weisen die Parameter Probemonat und **Probejahr** auf. Da diese stark covariieren (s. Tabelle 61, Korr. Koeff=0,96), die Aussagen also austauschbar sind, wird der Parameter Probenahmejahr ausgewählt, welcher keinen Verweis auf die Jahreszeit enthält, welche in Form der Dummyvariablen Früh (Frühjahr) Sommer und Herbst ebenfalls ausgewählt wurden.

Alle physikalischen Parameter welche im Flußwasser gemessen wurden, weisen natürlicherweise eine hohe Kovarianz mit der Jahreszeit (MonatZZ) und untereinander auf. Es wurden hier die best-erklärenden Faktoren **Minima der Sauerstoffsättigung** und **pH Minima** ausgewählt

Auch der Abfluß schwankt im Jahresverlauf, es ergeben sich daher Korrelationen zwischen dem Pegelstand (HvbgMw) und der Jahreszeit (MonatZZ). Von den Abflüssen wurde **HvbgMax** mit der geringsten Irrtumswahrscheinlichkeit in die Ordination aufgenommen.

Die Parameter Tiefe der Probestelle und Probeart bieten ebenfalls wenig Varianzerklärung und sind mit großer Irrtumswahrscheinlichkeit behaftet, daher werden diese ebenfalls ausgeschlossen.



### 5.5.2.2.2 RDA

	Achse 1**	Achse 2	Achse 3	Achse 4
HvBg_Mw	0,0513*	n.s.	n.s.	n.s.
Jahr	-0,6001**	0,4153**	-0,1992**	n.s.
O2SäMna2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
pHMna2	-0,0464**	n.s.	n.s.	0,1463**
Fruh	n.s.	-0,4042**	-0,2456**	0,2635**
Subs_mod	0,4171**	0,3837**	n.s.	n.s.
v_GesNeu	0,6138**	0,4315**	0,0597**	-0,0504*
Sommer	n.s.	0,3259*	-0,1903**	-0,3743**
Herbst	n.s.	0,1416*	n.s.	0,0395*

Tabelle 62: Korrelationen und Signifikanzniveaux der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination.

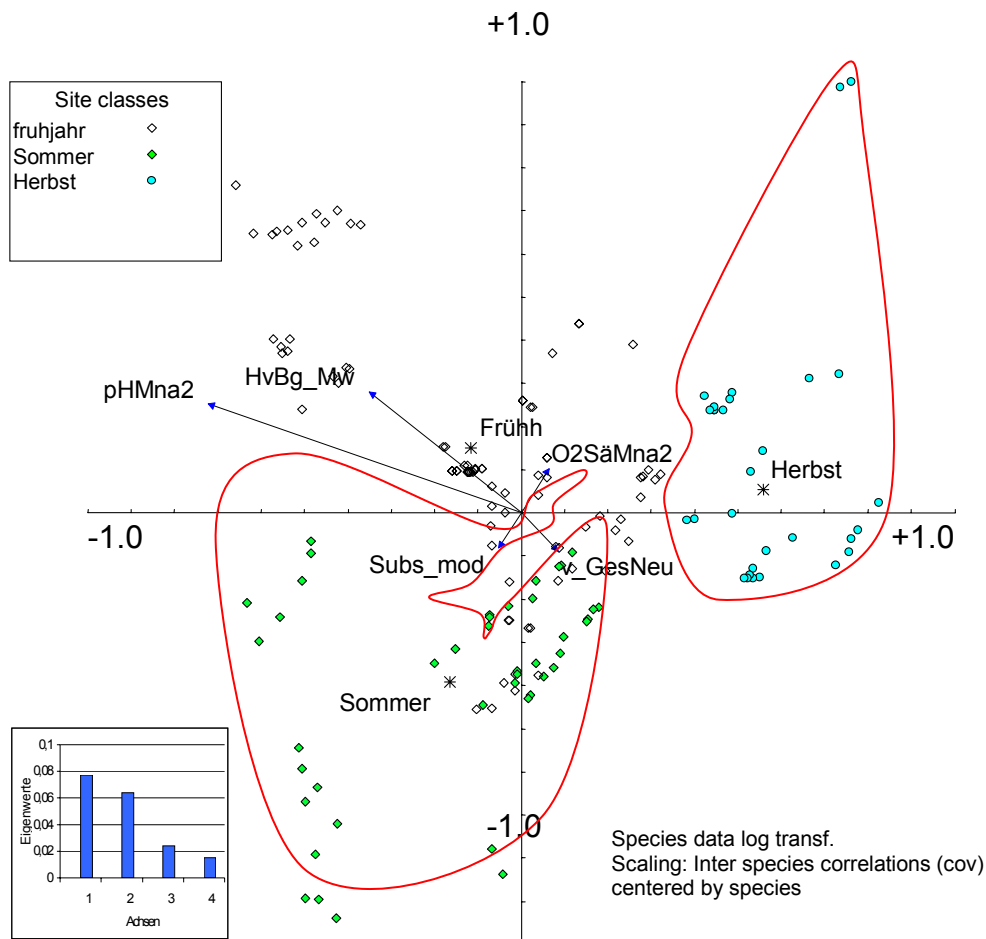


Abbildung 43: Scatter Achsen 3/4 RDA klassifiziert nach Jahreszeiten- markiert, n=159.

Die best erklärenden Parameter auf der ersten und zweiten Achse der Ordination sind Probenahmejahr und Gesamtströmungsgeschwindigkeit (s. Tabelle 62). Auf der negativen Seite der Abszisse ordnen sich die Proben des Jahres 1999 auf der positiven Seite die des Jahres 1998 an. Auf den zweiten und vierten Achsen ergeben sich signifikante Korrelationen mit den Jahreszeiten und dem Pegel Havelberg. Der modellierte Korndurchmesser korreliert ebenfalls gut und hoch signifikant auf der ersten und zweiten Achse.

Die Klassifizierung der Proben entsprechend der Jahreszeit (Abbildung 43), verdeutlicht die Unterschiede in den Proben zwischen Wintermonaten und Sommer: Proben aus den

- 
-

Sommermonaten ordnen sich links der Ordinate an - charakterisiert durch erhöhte Abundanzen der Naididae und Enchytraeidae, solche aus den Wintermonaten rechts der 4. Achse. Allerdings sind einige Proben vom Mai 1998 (Frühjahr) jenen vom Juni 1998 (Sommer) so ähnlich, daß es zu einer Vermischung der Cluster kommt (Einbuchtung des roten Sommer -Kreises). Die Proben des Frühjahrs von 1998 und 1999 ergeben insgesamt keine homogenen Cluster.

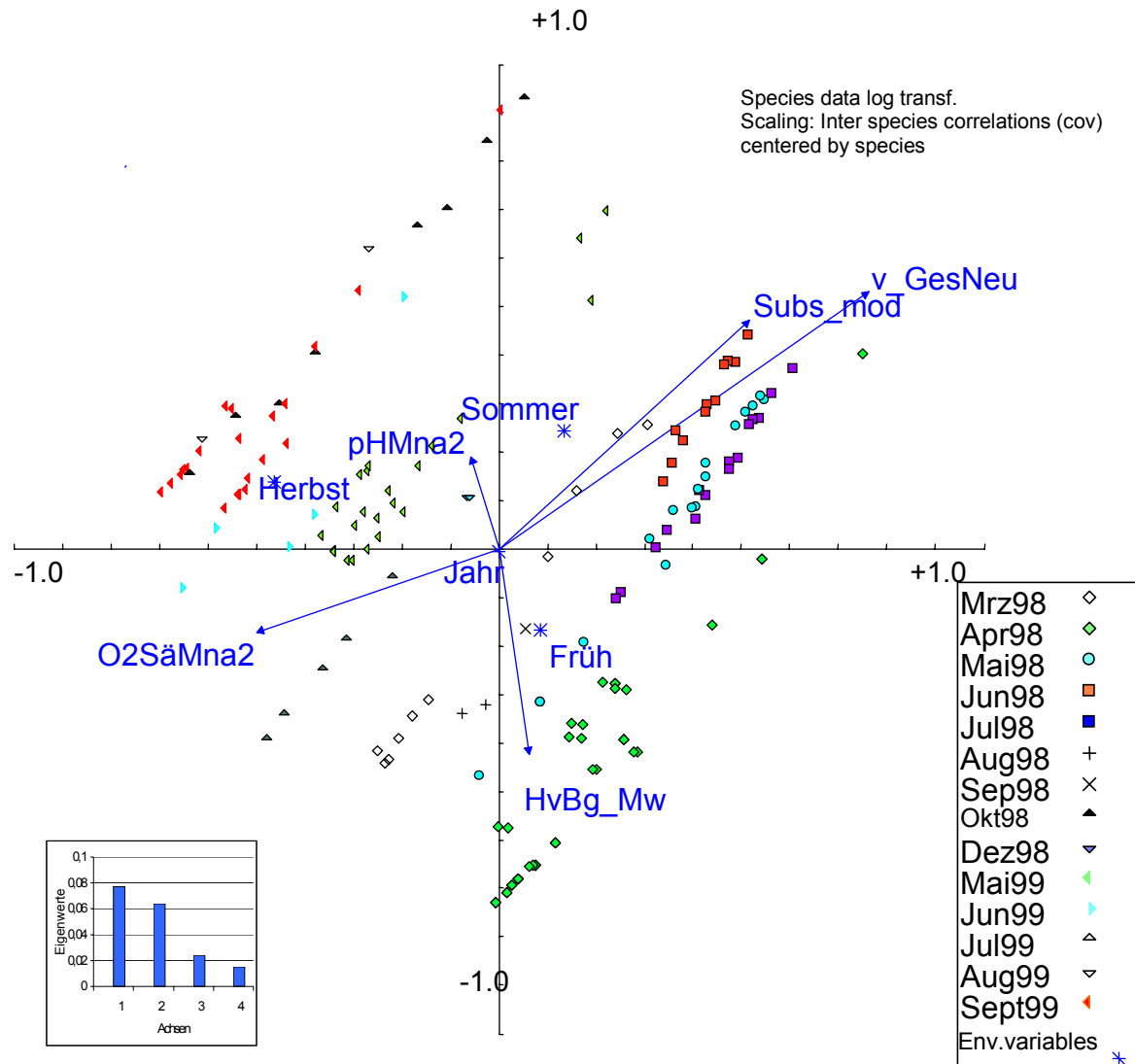


Abbildung 44: Scatter Achsen 1/2. RDA, Klassifiziert in die Probenahmemonate n=159.

Die Klassifizierung der Proben in die Probemonate (Abbildung 44) zeigt, daß die Proben aus den verschiedenen Monaten sich jeweils deutlich unterscheiden – es bilden sich deutlich getrennte Cluster.

Entlang der Ordinate ordnen sich die Proben entsprechen der dort gemessenen Strömungsgeschwindigkeit. Proben mit erhöhter Strömungsgeschwindigkeit zeichnen sich durch das Vorkommen von *R. demeijerei* (hoher Zusammenhang, Pearson >0,5; s.) und *Propappus volki* (mittlerer Zusammenhang, Pearson >0,3) aus (Scatter Achsen 1/2. RDA, n=159. Abbildung 45); Proben mit erniedrigter Strömungsgeschwindigkeit durch das Vorkommen von Nematoden (hoher Zusammenhang) und Tubificiden, sowie im Jahr 99 *Limnodrilus hoffmeisteri* (mittlerer Zusammenhang Pearson >0,3).

Positiv mit dem Abfluß (dargestellt als Pegel Havelberg) korreliert sind die Taxa *V. intermedia* und Tubificidae, sowie Enchytraeidae. Die abflußreichen Monate zeichnen sich durch das Fehlen von *Limnodrilus sp. aus* (niedrige Zusammenhänge, Pearson >0,2).

- 
-

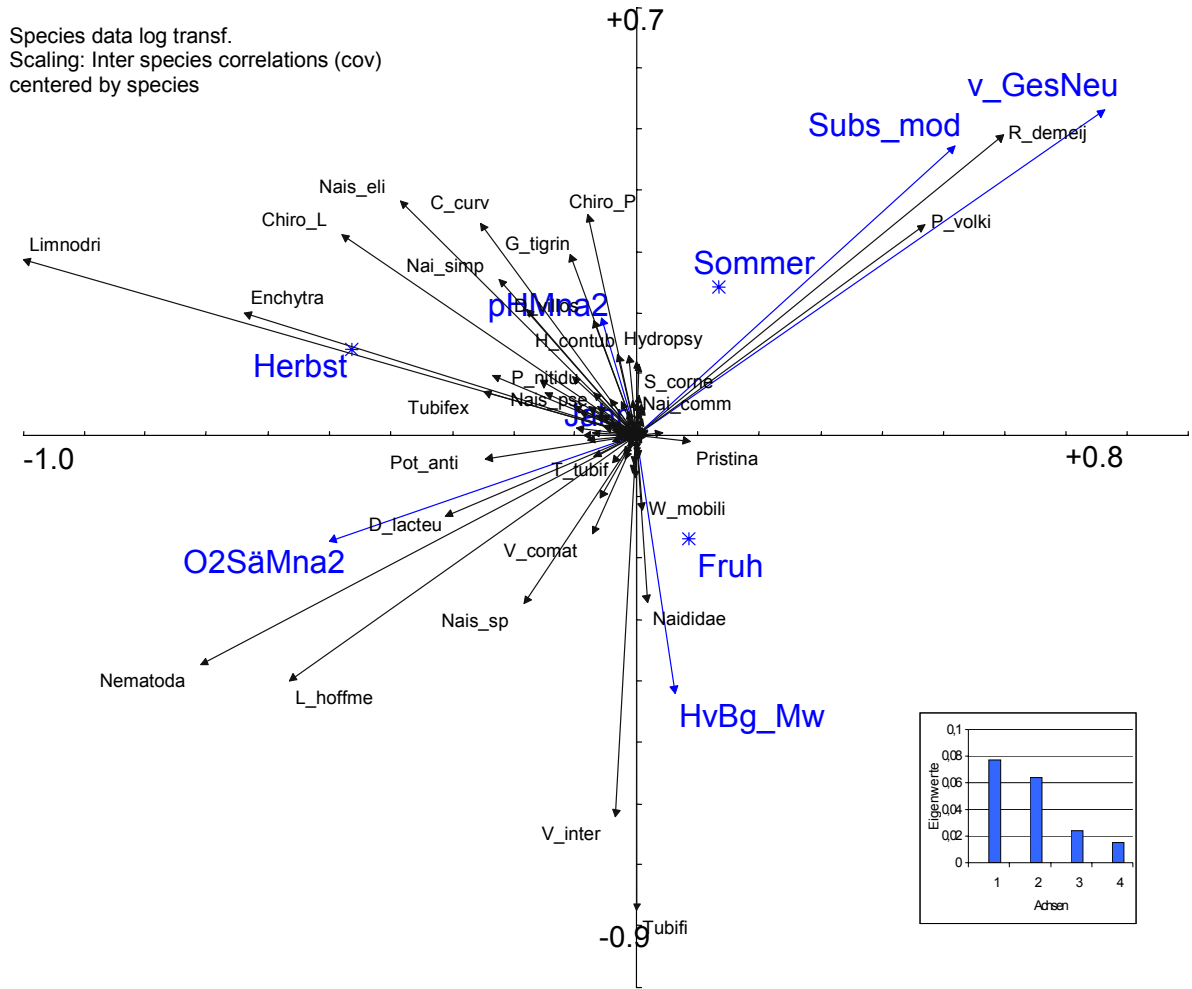


Abbildung 45: Scatter Achsen 1/2. RDA, n=159.

Proben mit größerem Korndurchmesser werden durch hohe Abundanzen von *Nais elinguis*, *Dikerogammarus villosus*, Leptoceriden und *H. contubernalis*, *R. demeijerei* (mittlerer Zusammenhänge Pearson >0,25; Tabelle 63), und die Abwesenheit von *Tubifex sp.*, *Limnodrilus sp.* und *Limnodrilus hoffmeisteri* charakterisiert (mittlere Zusammenhänge Pearson >0,25).

Für die physikalischen Parameter werden lediglich kleine Korrelationskoeffizienten zwischen Species und Umweltfaktoren aufgezeigt. Diese Parameter korrelieren erst auf der vierten Achse der Ordination, sind daher nicht für die Hauptvarianz im Datensatz verantwortlich.

Frühjahrsproben zeichnen sich durch *V. intermedia* aus (mittlere Zusammenhänge Pearson >0,25), Herbstproben insbesondere durch *Limnodrilus sp.*, *Nematoda*, *P. supinum*, *Tubifex sp.* und *P. antipodarum*.



in# Proben	4	9	1	17	1	1	1	4	1	13	25	1	3	2	21	1	11	5	2	2	144	59	1	11	5	44	9	8	20	12	1	84	3	83	2			
Art	A_aqua ti	A_fluvi t	A_lacus t	Acari	An_spir o	Baeti_s p	Bit_tent	Bryozo	C_beski d	C_caspi a	C_curv	C_diap h	C_diastr i	C_horar i	C_luctu o	C_macr ur	Caen_s p	Chaeto ga	Chaobo P	Chiro_a d	Chiro_L	Chiro_P	Coleo ad	Coleo_J u	Corixid a	D_lacte u	D_poly mo	D_villos	Dipte_L	Dipte_P	Dytiscid	Enchytr a	G_pulc he	G_tigrin	Gamma _sp			
HvBg_Mw		0,18		-0,16		-0,12			-0,12	-0,19	-0,14				-0,28						-0,21	-0,27		-0,14			-0,26	-0,21	-0,15		-0,12	0,18	-0,13					
Jahr	0,13			0,2		0,1		0,12	0,1	0,12	0,49			0,14	0,24		0,2			0,15	0,44	0,26			0,17		0,31	0,29	0,15		0,1	0,37		0,14	0,14			
O2SaMna2				0,14						0,16	-0,14								0,1		-0,12			0,1	0,18	0,21	0,11		-0,18		0,11	-0,11						
pHMna2	0,14						-0,15				0,21			0,15		0,17		0,11		0,12				0,14		-0,21						0,11			0,16			
Fruh	0,15	0,12		-0,18				-0,17		-0,24	-0,21		0,13		-0,26			0,1			-0,28			-0,25			-0,22	-0,25	-0,18	-0,1					-0,18	0,1		
Subs_mod	0,11			0,11				-0,1		0,13												0,23	0,21	-0,15	-0,15		0,26							-0,12				
v_GesNeu		-0,16							0,13												-0,22				-0,16	-0,24	-0,18								-0,23			
Sommer		-0,15								0,22						0,13								0,29	-0,11	-0,16		0,11		0,13								
Herbst				0,19		0,17	0,17	0,24	0,17		0,22				0,38							0,25	0,1			0,21	0,24	0,39	0,2	0,21		0,17			0,15			
in# Proben	2	6	1	1	7	4	52	2	1	47	1	5	1	5	1	3	11	11	32	4	50	1	96	1	155	8	4	2	2	10	4	7	9	2	25			
Art	Gordius	H_cont ub	H_inae qu	Hydrop hi	Hydrop sy	L_clapa r	L_hoffm e	Leptoce r	Lim_ud ek	Limnodr	Liponeu r	Lum_va u	Lumbric	N_brets	Nai_co mm	Nai_par d	Nai_sim p	Naidida e	Nais_eli	Nais_ps	Nais_sp	Nemato P	Nemato da	Nepa_c in	Oil_gan z	P_barb a	P_cas po	P_case rt	P_geo met	P_ham m	P_hensl o	P_miliu m	P_moit es	P_mold	P_nitidu			
HvBg_Mw		-0,12	-0,12	-0,12		0,16			0,17	-0,22			0,16		-0,12	-0,13				0,13			0,14	-0,12										-0,15				
Jahr	0,14	0,1	0,1	0,22			0,15	0,14		0,57		0,15		0,17	0,1	0,1	0,35	-0,21	0,47	0,13			0,25	0,1	0,18		0,11		0,14					0,14				
O2SaMna2							0,28			0,32	-0,15					0,19			0,13					0,33											-0,11			
pHMna2						-0,11			-0,14		-0,1		-0,14	0,12			0,14		0,35						0,26		-0,1		0,16							-0,13		
Fruh		-0,21						-0,12		-0,25						-0,15	-0,21	0,16	-0,14																		-0,12	
Subs_mod		0,23				0,18	-0,13	-0,33	0,12		-0,35		-0,1		0,15						-0,17	-0,1	-0,37			-0,13		0,13		-0,15								
v_GesNeu						-0,14	-0,42	0,11	0,17	-0,35	0,13				0,11			-0,22			-0,19		-0,5			-0,1	-0,13			-0,14								
Sommer							-0,17							0,14			0,12	-0,12	0,22	0,11				-0,37	0,17												-0,12	
Herbst		0,11	0,17	0,17			0,22			0,45					0,17	0,16	0,15							0,32	0,17			0,24							0,18	0,1	0,14	
in# Proben	1	6	45	124	1	2	1	7	31	1	1	4	1	1	14	78	10	1	3	1	2	1	1	1	2	2	1	12	46	7	42	4						
Art	P_obtu sa	P_subtr u	P_supin u	P_volki	Pelo_sp	Plisidiu m	Planorb i	Pluma sp	Pot_ant i	Pot_vej d	Pri_fore	Pri_ion g	Pri_osb o	Pri_sp	Pristina	R_dem ej	S_com e	S_rivico	Simuli L	Simuli P	Sphae sp	Spongill	Stagn co	Stagnic o	Styl_lac	T_tubif	Tub_ign	Tubifex	Tubifi	V_com at	V_inter	W_mob ili						
HvBg_Mw			-0,1		-0,12					-0,12	-0,12	-0,21	-0,12	-0,13						-0,12	-0,17	-0,12																
Jahr	0,1	0,17	0,16		0,1			0,27		0,1	0,1	0,13	0,1	0,1		-0,13			0,18	0,1	0,14	0,1		0,1		0,1	0,25	-0,33		0,11	0,27	0,1		-0,12				
O2SaMna2		0,15		-0,19				0,11	0,1					-0,12	-0,19							0,14				-0,12	0,1	0,18	0,16		0,19							
pHMna2	0,14			0,17			-0,15	0,2	-0,17				0,14						0,14					-0,15	0,14					-0,24		0,26						
Fruh			-0,2		-0,12				-0,17			-0,17			-0,12														-0,14	0,22		0,46	0,15					
Subs_mod	0,26	-0,1		0,2				-0,15	-0,16					0,21	0,3												-0,14	-0,14	-0,27	-0,12	-0,19							
v_GesNeu		-0,18	-0,13	0,3				-0,17	-0,24			-0,12			0,56	0,11										-0,12		-0,23	-0,24	-0,22	-0,33	-0,16						
Sommer		-0,12		0,16					-0,16					0,2					0,14								0,13	-0,17	-0,24		-0,27							
Herbst		0,17	0,26	-0,18	0,17	0,24	0,17		0,34	0,17	0,17	0,25		0,17		-0,1												0,32			-0,27							

Tabelle 63: Korrelationsmatrix Umweltparameter und Species. Dargestellt sind alle Korr. Koeffizienten mit Beträgen größer 0,1

..

•  
•

5.5.2.2.3 link funktions

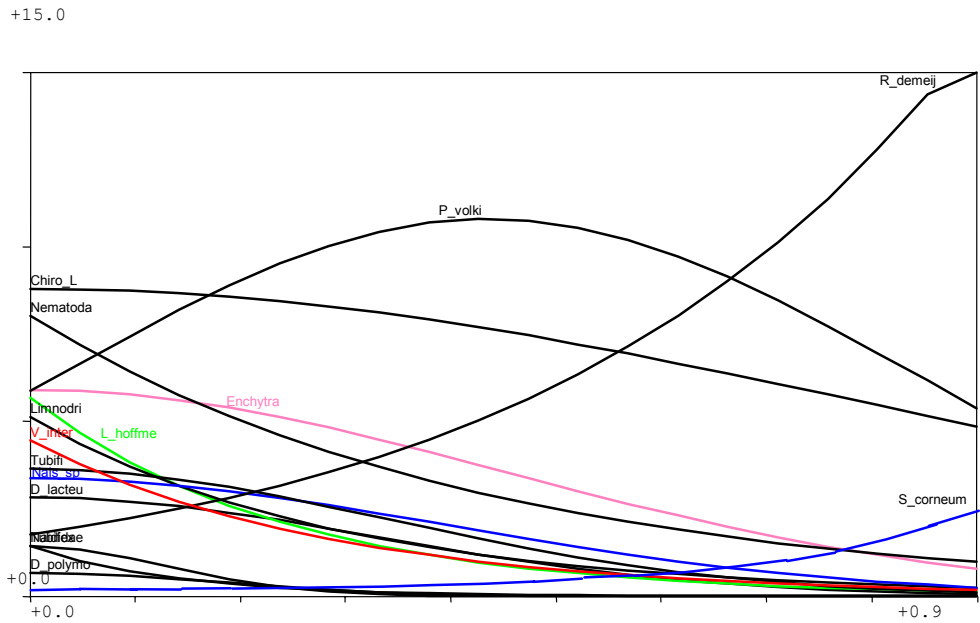


Abbildung 46: Modell responses; Umgebungsfaktor Strömung gegen ln Individuen /m<sup>2</sup>; alpha=0,05

Die mit der RDA aufgezeigten Korrelationen werden auch bei der Regression der Umweltfaktoren über die Abundanz der Tiere deutlich: *R. demeijerei* wird als rheophil dargestellt und hat ihr Optimum wahrscheinlich bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten als den gemessenen (Abbildung 46).

*P. volki* zeigt intermediäres Verhalten: die Abundanzen steigen zunächst an, um dann bei erhöhten **Strömungsgeschwindigkeiten** wieder abzunehmen. *Nematoda*, *Tubificidae*, und *Limnodrilus sp.* werden in abnehmenden Abundanzen bei erhöhter Strömungsgeschwindigkeit beobachtet. Die erwähnten Zusammenhänge sind hoch signifikant auf dem Niveau einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%.

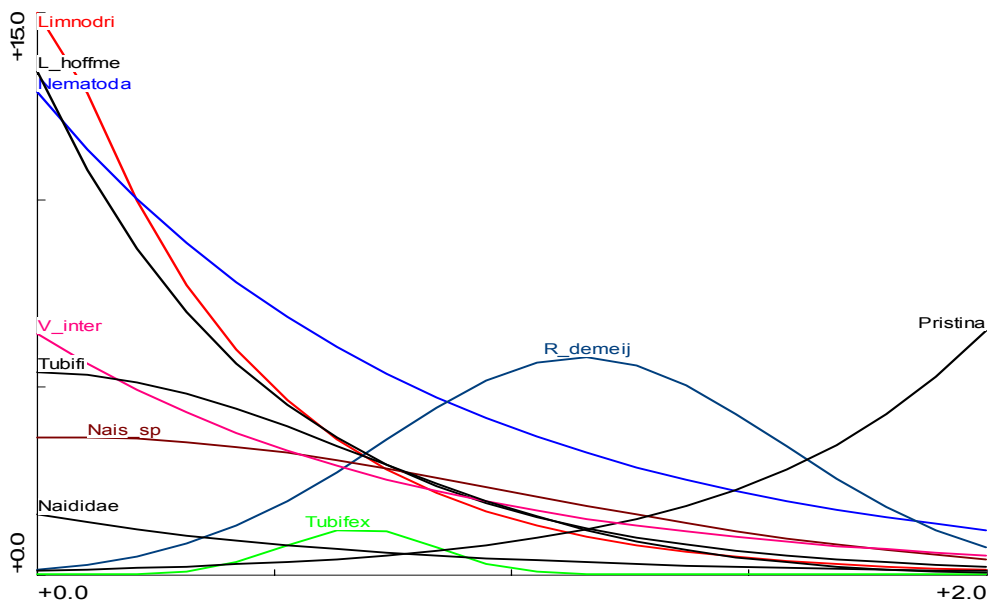


Abbildung 47: Modell responses; Umgebungsfaktor mittl. Korndurchmesser nach Fuhrböter gegen ln Individuen /m<sup>2</sup>; alpha=0,05

Mit dem modellierten mittleren **Korndurchmesser** (Abbildung 47) ergeben sich ebenfalls signifikante Zusammenhänge. *V. intermedia*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubificidae* und die Naididae haben bei kleineren Korndurchmessern ein Maximum der Abundanz. Ebenfalls auf 5% igem Niveau signifikant ist die Zunahme der Abundanzen bei größerem Korndurchmesser für die Taxa *Pristina*, und *Dikerogammarus villosus*. Auch die Taxa, *Enchytraeidae*, *Nais elinguis* und *P. volkii*, sowie *Pisidium nitidum* sind vermehrt bei größeren Korndurchmessern zu finden. Dies ist aber nur auf 10%igem Niveau signifikant (nicht dargestellt).

+15.0

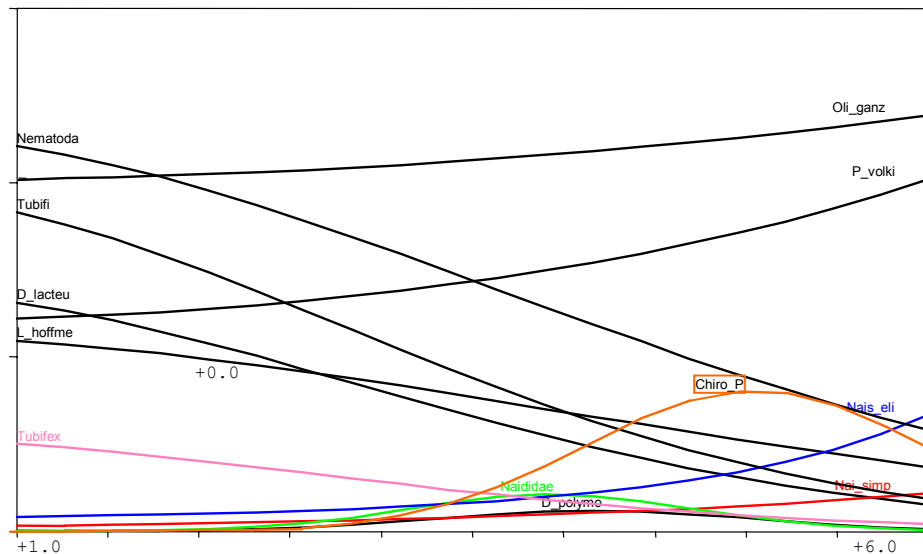


Abbildung 48: Modell responses; Umgebungsfaktor Jahresverlauf gegen  $\ln$  Individuen /  $m^2$ ;  $\alpha=0,05$

Die Auftragung der Abundanz gegen den Faktor „Jahresverlauf“ zeigt die Zunahme der Taxa *Nais simplex*, *N. elinguis* und *P. volkii* in den Sommermonaten, während in Frühjahr und Herbst andere Spezies, insbesondere der Tubificidae und Nematoda, ein Abundanzmaximum haben. Die Gesamtzahl der Oligochaeten nimmt im Jahresverlauf vom Winter zum Sommer hin leicht zu, ist aber keinen großen Schwankungen unterworfen. Besonders viele Puppen der Chironomidae fanden sich im Früh- und Spätsommer. Die genannten Zusammenhänge sind alle hoch signifikant auf einem Signifikanzniveau von 5%. Die Gesamtzahl der Chironomidae dagegen war nicht durch eine Regression auf einem Signifikanzniveau  $\leq 10\%$  zu erfassen. Ebenfalls keine Korrelationen sind für *Gammarus tigrinus* und *D. villosus* zu ermitteln.

Modell Zusammenfassung	Term	Strömungsgeschwindigkeit		mitl. Korndurchmesser		Jahresverlauf (MonatZZ)		Pegel (Hvbg_max)	
		estimate	std.error	estimate	Std.error	Estimate	Std.error	estimate	std.error
C. curvispinum	b0			-0,425	0,10289			1,304	0,32209
link function: log	b1			--	--			-0,004905	0,0012569
DF = 161	b2			0,2103	0,32097			--	--
>0 in 25 Proben	Modell signif. P	n.s. */**		*0,0000		n.s. */**		**0,0180	
	Abweichung/DF			539,1	157			598,5	157
D. lacteum	b0	1,043	0,063561			1,943	0,13163		
link function: log	b1	--	--			--	--		
DF = 161	b2	-4,76	1,0257			-0,06137	0,23175		
>0 in 44 Proben	Modell signif. P	**0,0000		n.s. */**		**0,0000		n.s. */**	
	Abweichung/DF	771				753,7			
Dikerog. villosus	b0			-2,18	0,21936				
link function: log	b1			--	--				
DF = 161	b2			0,3435	0,57719				
>0 in 8 Proben	Modell signif. P	n.s. */**		**0,0000		n.s. */**		n.s. */**	
	Abweichung/DF			212,6					

G. tigrinus	b0								
link function: log	b1								
DF = 161	b2								
>0 in 83 Proben	Modell signif. P	n.s. */**		n.s. */**		n.s. */**		n.s. */**	
	Abweichung/DF								
Enchytraeidae	b0	1,775	0,042572	1,465	0,0443			1,125	0,086247
link function: log	b1	--	--	--	--			--	--
DF = 161	b2	-2,487	0,63162	0,06348	0,17677			5,518*10 <sup>-5</sup>	0,00366
>0 in 84 Proben	Modell signif. P	**0,0001		*0,0623		n.s. */**		**0,0059	
	Abweichung/DF	934,2		981,8				966,1	157
Linmnodrilus hoffmeisteri	b0	1,738	0,058259	1,924	0,12771	1,728	0,11499		
link function: log	b1	-4,148	0,33682	-1,509	0,23461	--	--		
DF = 161	b2	--	--	0,401	0,072815	-0,03098	0,39009		
>0 in 50 Proben	Modell signif. P	**0,0000		*0,0002		*0,0053		n.s. */**	
	Abweichung/DF	830,4		1002		1013	157		
Linmnodrilus sp.	b0	1,634	0,059871					8,376	0,57734
link function: log	b1	-3,411	0,30999					-0,05304	0,0044886
DF = 161	b2	--	--					8,842*10 <sup>-10</sup>	8,067*10 <sup>-5</sup>
>0 in 47 Proben	Modell signif. P	**0,0000		n.s. */**		n.s. */**		**0,0000	
	Abweichung/DF	958,8						957,3	156
Naididae	b0	0,3542	0,12712	0,8824	0,2298	-12,46	3,5306		
link function: log	b1	-7,364	1,1346	-2,051	0,366	3,354	0,19162		
DF = 161	b2	--	--	--	--	-0,8065	1,651		
>0 in 10 Proben	Modell signif. P	**0,0000		**0,0000		**0,0000			
	Abweichung/DF	396,2		424,3		422,9			
Nais sp.	b0	1,216	0,056957	n.s. */**		n.s. */**		0,05527	0,21504
link function: log	b1	--	--					0,003297	0,0007405
DF = 161	b2	-3,217	0,87727					--	--
>0 in 48 Proben	Modell signif. P	**0,0003						*0,0447	
	Abweichung/DF	924,5						958,9	157
Nais elinguis	b0			-0,2787	0,11163	-0,9168	0,19531		
link function: log	b1			0,6986	0,064852	--	--		
DF = 161	b2			--	--	0,05882	0,56678		
>0 in 32 Proben	Modell signif. P	n.s. */**		**0,0000		**0,0000		n.s. */**	
	Abweichung/DF			800,8		819,5			
Nais simplex	b0			-1,396	0,3162	-2,251	0,51878	0,9755	0,39558
link function: log	b1			0,834	0,42587	0,3882	0,1017	-0,005245	0,0015517
DF = 161	b2			-0,006179	0,11602	--	--	--	--
>0 in 11 Proben	Modell signif. P	n.s. */**		**0,0000		**0,0168		*0,0429	
	Abweichung/DF			530,1		570		576,6	157
Nematoda	b0	2,084	0,045979			1,792	0,075286		
link function: log	b1	-2,341	0,20216			--	--		
DF = 161	b2	--	--			0,01442	0,15508		
>0 in 95 Proben	Modell signif. P	**0,0000		n.s. */**		**0,0054		n.s. */**	
	Abweichung/DF	689,3				674,9			
P. volki	b0	1,77	0,056626			1,792	0,075286		
link function: log	b1	2,799	0,44053			--	--		
DF = 161	b2	-3,215	0,66744			0,01442	0,15508		
>0 in 123 Proben	Modell signif. P	**0,0000		n.s. */**		**0,0054		n.s. */**	
	Abweichung/DF	689,3				674,9			
R. demej	b0	0,5683	0,076704						
link function: log	b1	2,458	0,17582						
DF = 161	b2	--	--						
>0 in 78 Proben	Modell signif. P	**0,0000		n.s. */**		n.s. */**		n.s. */**	
	Abweichung/DF	665,5							
S. corneum	b0	-1,406	0,18429						
link function: log	b1	--	--						
DF = 161	b2	2,889	1,8422						
>0 in 10 Proben	Modell signif. P	**0,0014		n.s. */**		n.s. */**		n.s. */**	
	Abweichung/DF	308,4							
Tubifex	b0	0,3563	0,10972			0,9927	0,22842	11,66	1,267
link function: log	b1	-	--			--	--	-0,08853	0,010183
DF = 161	b2	-29,63	3,564			-0,07159	0,36422	0,0001467	1,829*10 <sup>-5</sup>
>0 in 12 Proben	Modell signif. P	**0,0000		n.s.* und **		**0,0000		**0,0000	
	Abweichung/DF	435,9				506,1		436,1	156
Tubificidae	b0	1,295	0,055723			2,279	0,114444	-0,5099	0,21855
link function: log	b1	--	--			--	--	0,005325	0,0007306
DF = 161	b2	-4,362	0,87064			-0,06508	0,24795	--	--
>0 in 45 Proben	Modell signif. P	**0,0000		n.s.* und **		**0,0000		**0,0006	
	Abweichung/DF	976,3				929,1		1010	157

V. intermedia	b0	1,494	0,064447	1,646	0,095482			-17,26	1,7234
link function: log	b1	-3,514	0,33892	-0,9123	0,11533			0,1219	0,012141
DF = 161	b2	--	--	--	--			-0,0001983	2,137*10 <sup>-5</sup>
l>0 in 40 Proben	Modell signif. P	**0,0000		**0,0000		n.s. */**		**0,0000	
	Abweichung/DF	903,2		961,9				798,2	156

Tabelle 64: Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten für die link funktion. Abundanz  $Y = \exp[b_0 + (b_1 \times X) + (b_2 \times X^2)]$  (\*\* alpha =0,05; \* alpha =0,1)

Die Auftragung des Probemonats gegen die Abundanz verdeutlicht die Ab-, bzw. Zunahme der Taxa im Verlauf der Probenahmeperioden (nicht graphisch dargestellt). Anfang 1998 dominierten Tubificidae, welche dann abnahmen, um erst Ende 1999 wieder zunahmen. (Tubifex). Die meisten Taxa (*D. polymorpha*, *Limnodrilus sp.*, Nematoda, Enchytraeidae, *P. supinum*) zeigen insgesamt eine Zunahme in der Abundanz. Die erwähnten Zusammenhänge sind hoch signifikant auf einem Niveau von 5%.

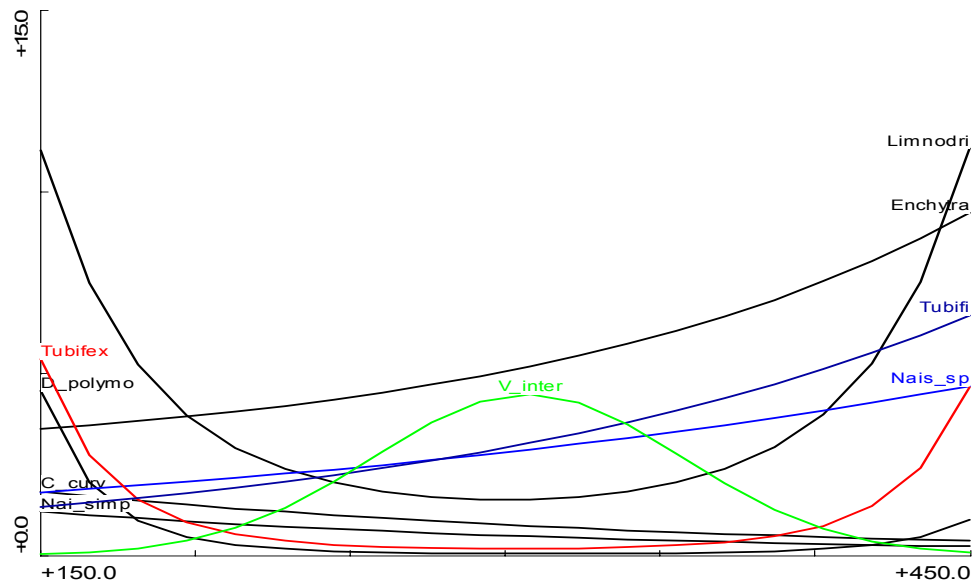


Abbildung 49: Modell responses; Umgebungsfaktor Abfluß (Pegel Havelberg) gegen ln Individuen /m<sup>2</sup> alpha 0,1

In Bezug auf den Pegel, bzw. Abfluß zeigen die Taxa Tubificidae, und Enchytraeidae, sowie *Nais sp.* positive Korrelationen. Der Oligochaet *V. intermedia* zeigt ein Abundanzmaximum bei mittleren Abflüssen, während *Limnodrilus sp.* und *Tubifex sp.* ein Abundanz Minimum bei mittleren Abflüssen haben. Jahresmonat und Abfluß zeigen eine hohe negative Abhängigkeit (Pearson = -0,6) (Tabelle 61).

#### 5.5.2.2.4 multiple Regression

Vom Projektteil Wasserbau können 4 Parameter modelliert werden: Strömungsgeschwindigkeit, Korngrößen, Wasserstandshöhe und Abfluß. Die Parameter Frühjahr, Sommer und Herbst werden als Konstante vorgegeben, damit für die jeweilige Jahreszeit die modellierte Verteilung in Abhängigkeit der Struktur dargestellt werden kann. Die modellierten 4 Parameter sind nach den vorhergehenden Redundanz- Analysen die für die Fauna bestimmenden. Weitere signifikante nicht zu modellierende Parameter wie die physikalischen Flußwasser Parameter und das Jahr werden als Konstante für den jeweiligen Jahresmonat, bestimmt aus der mehrjährigen Trendanalyse, in die Analyse aufgenommen (s. Kap. 5.3 ).

Konstante	Env1	Env2	Env3	Env4	Env5	Env6	Env7	Env8
Konstante βEnv.. für Umweltparameter	HvBg_Mw	Jahr	O2SäMna2	pHMna2	Fruh	Subs_mod	v_GesNeu	Sommer

Konstante $\beta_{Env..}$ für Achse1	-0,218144442	-0,675997843	0,023354565	0,311366261	-0,206158324	0,198111682	0,479462519	-0,462635187
Konstante $\beta_{Env..}$ für Achse2	-0,042319937	0,839750442	-0,163737129	-0,104484941	-0,828355367	0,189922006	0,659672223	-0,561489842
Konstante $\beta_{Env..}$ für Achse3	-0,234033204	-0,441139067	0,109568567	-0,216509929	-1,139272615	-0,134848304	0,328310696	-1,15575931
Konstante $\beta_{Env..}$ für Achse4	0,095776308	-0,208937959	-0,317216876	1,063458444	-1,913355178	-0,009385827	0,365742445	-2,710121323
Standardfehler der konstanten $\beta_{Env..}$ für Achse1	3,4025E-06	3,54949E-06	3,35629E-06	4,14063E-06	1,08488E-05	2,76982E-06	3,0911E-06	1,04687E-05
Standardfehler der konstanten $\beta_{Env..}$ für Achse2	3,44092E-06	3,58956E-06	3,39418E-06	4,18737E-06	1,09713E-05	2,80109E-06	3,126E-06	1,05869E-05
Standardfehler der konstanten $\beta_{Env..}$ für Achse3	3,34273E-06	3,48712E-06	3,29732E-06	4,06788E-06	1,06582E-05	2,72116E-06	3,03679E-06	1,02848E-05
Standardfehler der konstanten $\beta_{Env..}$ für Achse4	3,60354E-06	3,75921E-06	3,5546E-06	4,38528E-06	1,14899E-05	2,93348E-06	3,27374E-06	1,10873E-05
Signifikanz der konstanten $\beta_{Env..}$ für Achse1	0	0	0	0	0	0	0	0
Signifikanz der konstanten $\beta_{Env..}$ für Achse2	0	0	0	0	0	0	0	0
Signifikanz der konstanten $\beta_{Env..}$ für Achse3	0	0	0	0	0	0	0	0
Signifikanz der konstanten $\beta_{Env..}$ für Achse4	0	0	0	0	0	0	0	0
Standardisierungs konstante $y_{Env..}$	0,01803295	2,065591118	0,085369728	4,119582622	2,007700496	3,321730632	4,613742481	2,25575965
Standardisierungs konstante $c_{Env..}$	-4,433993964	-203,2025262	-7,976680654	-33,75889548	-1,091687145	-2,737458975	-1,101452608	-0,606235406
Werte für festgelegte Variablen		98,5			18,38750506	7,89375	72,86686573	

Tabelle 65: Konstanten der Umweltvariablen; multiple Regression Same gegen Umweltvar.

Die Signifikanzen und Korrelationskoeffizienten der durchgeführten Regression sind, aufgrund der Rückrechnung der Iteration groß (~1) und hoch signifikant. Für das Beispiel des Frühjahrs ergeben sich aus der Trendermittlung der physikalischen Parameter die der letzten Zeile zu entnehmenden Werte, für die als konstant angenommenen Variablen. Die Konstanten für die Taxa spezifischen Variablen sind der nächsten Tabelle zu entnehmen.

Art		Variable b für	Bezeichnung	Koeffizient b	Signifikanz
Chiro_L	Chiro_L	1 .Achse	b1	-1,36524462	1,6586E-77
		2 .Achse	b2	0,93541279	9,4032E-09
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,08614079	5,264E-05
		4 .Achse	b4	-0,15956975	0,70220542
		R: 0,51	R-Quadrat: 0,26	F: 13,7	1,3693E-09
P_volki	P_volki	1 .Achse	b1	1,33937405	2,5253E-53
		2 .Achse	b2	0,9717938	0,00020425
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,38882755	0,00647405
		4 .Achse	b4	0,61491384	0,27113777
		R: 0,38	R-Quadrat: 0,15	F: 6,59	6,3424E-05
Nematoda	Nematoda	1 .Achse	b1	-2,01917173	9,5155E-41
		2 .Achse	b2	-1,06055461	1,9353E-11
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,35235982	0,00020448
		4 .Achse	b4	1,14745091	0,20819174
		R: 0,6	R-Quadrat: 0,36	F: 21,36	4,7428E-14
Enchytra	Enchytra	1 .Achse	b1	-1,80913362	9,7849E-30
		2 .Achse	b2	0,5670813	2,7538E-07
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,89419045	0,09398854
		4 .Achse	b4	0,33576906	0,00870787
		R: 0,45	R-Quadrat: 0,2	F: 9,95	3,4255E-07
G_tigrin	G_tigrin	1 .Achse	b1	-0,30735038	1,213E-26
		2 .Achse	b2	0,83718065	0,27520998

	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,2898317	0,00332025
	3,65346445	4 .Achse	b4	0,31811729	0,30340118
	R: 0,27	R-Quadrat: 0,07		F: 3,11	0,01699737
R_demeij	R_demeij	1 .Achse	b1	1,70279305	1,7338E-32
		2 .Achse	b2	1,39108974	6,3617E-11
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,55708014	4,8689E-08
	3,68115121	4 .Achse	b4	0,94725326	0,02288839
	R: 0,63	R-Quadrat: 0,4		F: 25,71	2,3763E-16
L_hoffme	L_hoffme	1 .Achse	b1	-1,60540782	2,7946E-17
		2 .Achse	b2	-1,13512486	3,9915E-07
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,17715599	0,00025419
	2,89449351	4 .Achse	b4	-0,21667308	0,55978922
	R: 0,47	R-Quadrat: 0,22		F: 10,73	1,054E-07
Limnodri	Limnodri	1 .Achse	b1	-2,83948683	1,0695E-19
		2 .Achse	b2	0,81315642	9,1744E-20
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,34492079	0,00313358
	2,83276665	4 .Achse	b4	-0,12445576	0,20488754
	R: 0,66	R-Quadrat: 0,44		F: 30,17	1,4528E-18
Tubifi	Tubifi	1 .Achse	b1	0,00342591	2,1212E-16
		2 .Achse	b2	-2,20018853	0,99051565
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,56072973	2,0303E-12
	2,65108733	4 .Achse	b4	-0,02561453	0,05313122
	R: 0,54	R-Quadrat: 0,29		F: 15,57	9,9608E-11
V_inter	V_inter	1 .Achse	b1	-0,10301481	1,8179E-16
		2 .Achse	b2	-1,77138211	0,69611244
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-1,47070383	3,125E-10
	2,43232398	4 .Achse	b4	1,10898424	1,016E-07
	R: 0,62	R-Quadrat: 0,38		F: 23,59	2,9911E-15
Nais_eli	Nais_eli	1 .Achse	b1	-1,087413	4,4155E-12
		2 .Achse	b2	1,08270108	5,5659E-06
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-1,37137003	6,0741E-06
	1,73504483	4 .Achse	b4	-0,22297391	1,8604E-08
	R: 0,58	R-Quadrat: 0,34		F: 20,06	2,4905E-13
C_curv	C_curv	1 .Achse	b1	-0,71998448	6,1392E-09
		2 .Achse	b2	0,98183089	2,9899E-05
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,20860601	2,6105E-08
	1,03026983	4 .Achse	b4	0,22460054	0,21452279
	R: 0,52	R-Quadrat: 0,27		F: 14,07	8,1546E-10
C_luctuo	C_luctuo	1 .Achse	b1	-0,50932182	6,3494E-07
		2 .Achse	b2	0,58261231	0,00483127
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,55309427	0,00132216
	0,92543147	4 .Achse	b4	0,0241752	0,00226286
	R: 0,39	R-Quadrat: 0,16		F: 7,13	2,6826E-05
Tubifex	Tubifex	1 .Achse	b1	-0,70730548	0,00019821
		2 .Achse	b2	0,20160715	6,1746E-05
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,5003751	0,24218101
	0,65465719	4 .Achse	b4	0,36710087	0,00409809
	R: 0,41	R-Quadrat: 0,17		F: 7,85	8,6734E-06
Naididae	Naididae	1 .Achse	b1	0,05160805	0,00041534
		2 .Achse	b2	-0,7718464	0,73988815
	Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,00760459	1,7214E-06
	0,55989038	4 .Achse	b4	-0,03887228	0,96097522
	R: 0,37	R-Quadrat: 0,14		F: 6,23	0,00011263

Tabelle 66: Regression der SamE scores von Achsen 1-4 gegen ln Abundanzen

Die aufgeführten Taxa waren jene Taxa, welche in den meisten Proben abundant waren, daher auch die am besten abgesicherten Aussagen getroffen werden können. Die Regressionen korrelieren meist mäßig, aber signifikant auf einem hohen Niveau von 5%iger Irrtumswahrscheinlichkeit. Die besten Korrelationen werden für die Taxa *R. demeijerei*, *Limnodrilus sp.*, *Nais elinguis* und Nematoda sowie *V. intermedia* ausgegeben ( $R^2 > 0,3$ ).

### 5.5.2.2.5 Diskussion Ergebnisse Weichsubstrat

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Versuch unternommen das Vorkommen einzelner Taxa der Elbe, als Reaktion auf Änderungen in den sie bestimmenden Umweltfaktoren mathematisch zu beschreiben und zu modellieren. Die ermittelten mathematischen Zusammenhänge sollten zu ihrer Absicherung verglichen werden. Es sind uns aber keine Untersuchungen bekannt, in welchen quantitative numerische Zusammenhänge zwischen mehreren bestimmenden Umweltfaktoren und der Potamal Fauna benannt werden konnten. Für die Fauna des Rhithrals wurden Strömungspräferenzen und -Toleranzen mittels der FST Halbkugelmethode (STATZNER 1989) von SCHMEDTJE (1995) bestimmt. Weitere Ansätze zur mathematischen Beschreibung der Strömungspräferenz finden sich bei ORTH & MAUGHAN (1983) und PECKARSKY et al. (1983). Da keine vergleichbare Untersuchung existiert, werden die in der Literatur gefundenen Ansätze und Informationen über die autökologischen Ansprüche der einzelnen Taxa in Bezug auf jeweils einen Umweltparameter kompiliert. Diese sollen qualitativ in Bezug auf Tendenz und Aussage mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung verglichen werden.

Die Habitatansprüche der Oligochaeten – das Weichsubstrat der Elbe ist wie gezeigt wurde ein von Oligochaeten dominiertes Habitat- werden insbesondere auf die Substratzusammensetzung (SEYS 1996; VERDONSCHOT 1999; WACHS 1967; ZAHNER 1967), den organischen Gehalt (LAZIM 1987) und die Qualität desselben, (BRINKHURST 1967 in VERDONSCHOT 1999) und die Strömung (KORN 1963) zurückgeführt. Es wurden noch weitere Faktoren untersucht wie die Prädation durch Invertebraten und Fische, die chemisch physikalischen Zustände im Boden (ZAHNER 1967) und die Abhängigkeiten von den Jahreszeiten (VERDONSCHOT 1999). Insbesondere viele Taxa der Tubificidae sind gut untersuchte Species, da sie aufgrund ihres ubiquitären Vorkommens und ihres Vermögens zur Entwicklung von Massenpopulationen als Indikatorarten genutzt werden.

Insgesamt erklärt die Modellierung 21,2% der Varianz im Datensatz, wobei auf den ersten 2 Achsen 66,6% Varianzerklärung der Species –Umgebungsvariablen und 14% Varianzerklärung der Species data erfolgt. TER BRAAK (1998) schrieb hierzu: „For abundance data or presence absence data the percentages are usually quite low.... this is nothing to worry about. Species data are often very noisy. An ordination diagram that explains only a low percentage may be quite informative“. Diese relativ geringe Varianzerklärung wird durch die Tatsache bedingt, daß eine lineare Regression (welche der RDA zugrundeliegt) keine Extremwerte abbilden kann. Dies ist aber durchaus erwünscht, da der Normalfall aufgezeigt werden soll; Abweichungen nach oben oder unten werden von einer Regression nivelliert.

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	0,082	0,061	0,025	0,016	1,000
Species-environment correlations :	0,804	0,813	0,709	0,582	
Cumulative percentage variance					
of species data :	8,20	14,30	16,90	18,40	
of species-environment relation:	37,6	65,7	77,3	84,4	
Sum of all unconstrained eigenvalues					1,000
Variance explained by Variables (Sum of all canonical eigenvalues)				21,8%	0,218
Variance explained by covariable Strömung gemessen				6,6	0,066
Variance explained by covariable Jahr				6,5	0,065
Variance explained by covariable Mittlere Korndurchmesser modelliert				3,9	0,039
Variance explained by covariable Herbst				3,3	0,033
Variance explained by covariable Frühjahr				2,9	0,029
Variance explained by covariable Sommer				2,5	0,025
Variance explained by covariable Pegel Havelberg				2,3	0,023
Variance explained by covariable pHMna				1,9	0,019
Nicht erklärte Restvarianz				78,2%	0,782
Test of significance of first canonical axis:			p- value	0,001	
Test of significance of all canonical axes			p- value	0,001	

Tabelle 67: Kennwerte der RDA Weichsubstrat



Um den Anteil einzelner Umweltparameter an der Varianzerklärung zu ermitteln wurde eine partielle RDA durchgeführt. Der Anteil der **Jahreszeit** an der Gesamtvarianz beträgt zwischen 2,5 und 3,1%. Die ausgewählten modellierten Umweltparameter Strömungsgeschwindigkeit (6,6 %) modellierter Korndurchmesser (3,9 %) tragen signifikant zur Varianzerklärung bei. VERDONSCHOT (1999) erhielten dagegen lediglich 33% resultierende Varianzerklärung und schlechte Signifikanzen ( $p=0,08$ ) für die Variablen, bei einer Ordination mit Jahreszeit als Covariablen. Sie konnten durch die Feldforschung daher keine oder nur schwache Abhängigkeiten vom Substrat für die Oligochaetenfauna der Elsbeek nachweisen. Die Elsbeek ist jahreszeitabhängig extremen Verhältnisse ausgesetzt: der Fluß trocknet während der Sommermonate aus, und ist, verursacht durch die anrainenden Flächen welche intensiv landwirtschaftlich genutzt werden und drainiert sind, Abflußspitzen ausgesetzt die das Gewässerbett ausräumen. Es besteht im Datensatz des Elb- Benthos zwar ebenfalls eine Covarianz von Korndurchmesser und Jahreszeit, diese ist aber nicht so stark ausgeprägt, wie dies VERDONSCHOT (1999) für verschiedene kleinere Flüsse eruierten und schlußfolgerten, daß die „micro-distribution der Oligochaeten“ hauptsächlich durch die Jahreszeit bedingt sei. Dies ist wahrscheinlich in der Natur der Elbe als stabilerem Habitat begründet, welches weniger starken Schwankungen unterworfen ist, als jene durch VERDONSCHOT (1999) untersuchten Habitate. Es kann daher der Einfluß der jahreszeitlich Komponente gut von dem Einfluß der Umweltparameter Strömung und Substrat unterschieden werden. Dies ist allerdings nicht der Fall für die chemisch physikalischen Parameter des Wasserkörpers, welche in stärkerem Maße von der Jahreszeit abhängig sind und eine weit größere Covarianz mit der Jahreszeit aufweisen. (s.Tabelle 61). Im Verlauf des Jahres ist die Gesamtzahl der Oligochaeten nach unseren Ergebnissen keinen großen Schwankungen unterworfen. Ähnliche Ergebnisse erhielten LAFONT (1999) bei der Untersuchung der Oligochaetenfauna des hyporheischen Interstitials eines Gletscherabflusses.

Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Oligochaetentaxa zeigt allerdings für *Nais simplex*, *Nais elinguis* und *Propappus volki* in den Sommermonaten eine Abundanzzunahme, während in Frühjahr und Herbst andere Spezies, insbesondere der Tubificidae und Nematoda, ein Abundanzmaximum haben. Für die Tubificidae konnten wir in Übereinstimmung mit SEYS (1999) („*T. tubifex* reproduziert im Frühjahr“) und VERDONSCHOT (1999) eine Abundanzzunahme im Frühjahr ermitteln. VERDONSCHOT (1999) ermittelte auch für *Limnodrilus sp.* eine Zunahme der Abundanz im Frühjahr. Wir konnten dagegen, wie SEYS (1999) keine Korrelation zwischen dem **Jahresverlauf** und der Abundanz von *Limnodrilus sp.* nachweisen. SEYS (1996) schlussfolgerten, daß *Limnodrilus sp.* sich das ganze Jahr über zu reproduzieren scheint.

Ebenfalls keine Korrelationen sind für *Gammarus tigrinus* und *D. villosus* zu ermitteln, welche sich auch während der gesamten Vegetationsperiode zu reproduzieren scheinen.

In vielen Untersuchungen wurde die Abhängigkeit der benthischen Besiedlung (LAZIM 1987, BRINKHURST 1967 IN VERDONSCHOT 1999) und hier insbesondere der Oligochaetenfauna von dem **organischen Gehalt** ermittelt. Wir konnten in der vorliegenden Untersuchung allerdings keine Korrelationen zwischen organischem Gehalt und der Fauna feststellen. Zu ähnliche Ergebnissen kamen u.a. auch SEYS et al. (1996). In dieser Untersuchung wurde dies auf die Tatsache zurückgeführt, daß die Bestimmung des organischen Gehalts auch Stoffe miteinbezieht, die zum Verzehr für die Oligochaeten nicht geeignet sind. Dies gilt auch für die Proben der Elbe, da die Proben Braunkohle enthielten, welche die Ergebnisse der Glühverlust Bestimmung verfälschte. Eine Bestimmung des organischen Gehalts mittels chemischer Auroxidation des organischen Materials würde dies Problem minimieren. Diese wurde aber leider nicht durchgeführt. Ein weiterer Unsicherheitsfaktor war die monatelange Lagerung der Proben und die damit einhergehende Zersetzung des organischen Materials. Der Parameter „Glühverlust“ war daher stark fehlerbehaftet und es ergaben sich wahrscheinlich aus diesen Gründen keine Korrelationen mit der Fauna,

obwohl dies aufgrund der Massenvorkommen von *T. tubifex* und *Limnodrilus sp.* erwartet wurde, da diese Species als gegenüber organischer Verschmutzung als besonders tolerant angegeben werden (SCHLOESSER et al 1995; MILBRINK 1980; BRINKHURST 1980; LANG 1984;). Insbesondere *T. tubifex* gilt als Indikator organischer Verschmutzung (BRINKHURST & GELDER 1991).

Ebenfalls in Übereinstimmung mit SEYS et al. (1996) ergaben sich keine Korrelationen zwischen **Gewässertiefe** als solcher und Abundanzänderung der Oligochaeten. Es ergaben sich lediglich schwache, nicht signifikante Korrelationen, die auf die (mäßige) Covarianz von Gewässertiefe und Strömung, bzw. Gewässertiefe und zunehmender Korngröße (näherungsweise nimmt die Strömung zur Flußmitte, gleichsinnig mit Gewässertiefe und Korngröße zu) zurückzuführen sind.

Die numerisch modellierten Parameter sollen im folgenden unter dem Gesichtspunkt der Güte der Regression für die einzelnen Arten diskutiert werden.

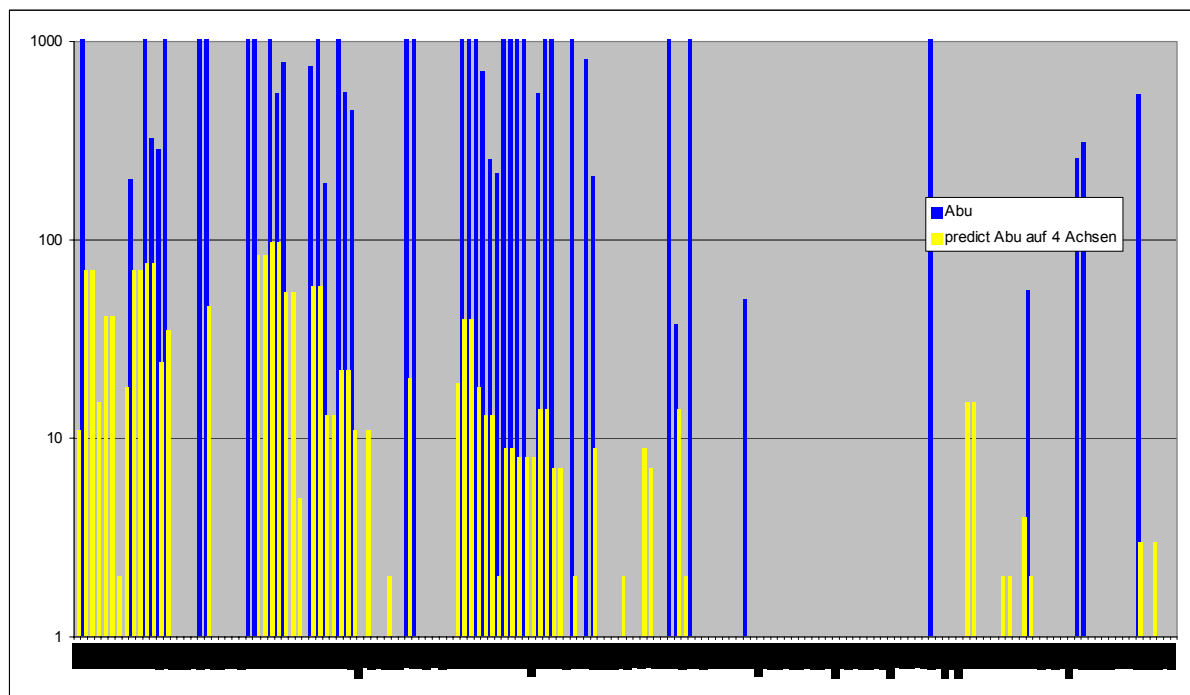


Abbildung 50: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen Tubificidae

Gute Korrelationen ergeben sich in Übereinstimmung mit SEYS ET AL. (1996) zwischen Sedimentcharakteristik und Oligochaeten Fauna: *L. hoffmeisteri* und *T. tubifex* bevorzugen feinere Sedimente und treten gehäuft zusammen auf. Allerdings zeigten SEYS et al. (1996), daß *T. tubifex* die schlammigeren Bereiche bevorzugt. Dies kann nach unseren Ergebnisse nicht bestätigt werden, da für *Tubifex sp.* ein Maximum der Abundanz bei 0,6mm Korndurchmesser ermittelt wurde und *T. tubifex* nur in 2 Proben vorkam, daher keine abgesicherten Aussagen zu treffen sind. SEYS et al. (1996) ermittelten in der Zeeschelde eine deutliche Abnahme der Abundanzen von Oligochaeten, dies insbesondere für Tubificiden, bei einem Anstieg der Korngröße über 180µm. Sie führen dies, ebenso wie GIERE und PFANNKUCHE (1982) auf die Tatsache zurück, daß Partikel zwischen 180 und 200µm besonders exponiert für Wellen und Strömung sind. Insbesondere die Sedimentation von feinen Partikeln (<63µm) scheint bei Massenvorkommen von *Limnodrilus hoffmeisteri* eine Rolle zu spielen (BIRTWELL & ARTHUR 1980). Unsere Ergebnisse bestätigen dies. Allerdings wurde kein gröberes Substrat als 200µm modelliert, daher kann für Korngrößen welche größer als 200µm sind keine Aussage getroffen werden. VERDONSCHOT (1999) dagegen ermittelten für *L. hoffmeisteri* eine Präferenz für feinere Sande mit 0,125-0,5 mm und 0,5-2 mm. Diese Untersuchung scheint aus den diskutierten Gründen auch hier nur bedingt vergleichbar zu sein. In Bezug auf den Umweltfaktor Strömung ermittelt die GLM Regression wie auch die RDA für die

Tubificidae *Limnodrilus hoffmeisteri*, Tubificidae und *Limnodrilus sp.* ein stagnophiles Verhalten. Über 0,8 m/s Strömungsgeschwindigkeit sind nur wenige Tubificidae zu finden. SCHÖLL (2002) ermittelte für Bereiche des Delatarheins mit geringer Strömungsgeschwindigkeit ebenfalls vornehmlich Besiedlung durch Tubificidae. Die Responsekurven in Bezug auf Strömung und Korndurchmesser sind mit abnehmendem Rang am ausgeprägtesten für *Limnodrilus hoffmeisteri*, gefolgt von *Limnodrilus sp.* und Tubificidae, da sich unter diesen Sammeltaxa Arten mit unterschiedlichen autökologischen Ansprüchen verbergen können. Die näherungsweise lineare Antwort von *L. hoffmeisteri* und *Limnodrilus sp.* ermöglicht auch eine gute Modellierung mit einem relativ hohen  $R^2$  von 0,22 bzw 0,44 für *Limnodrilus sp.* und 0,29 für Tubificidae.

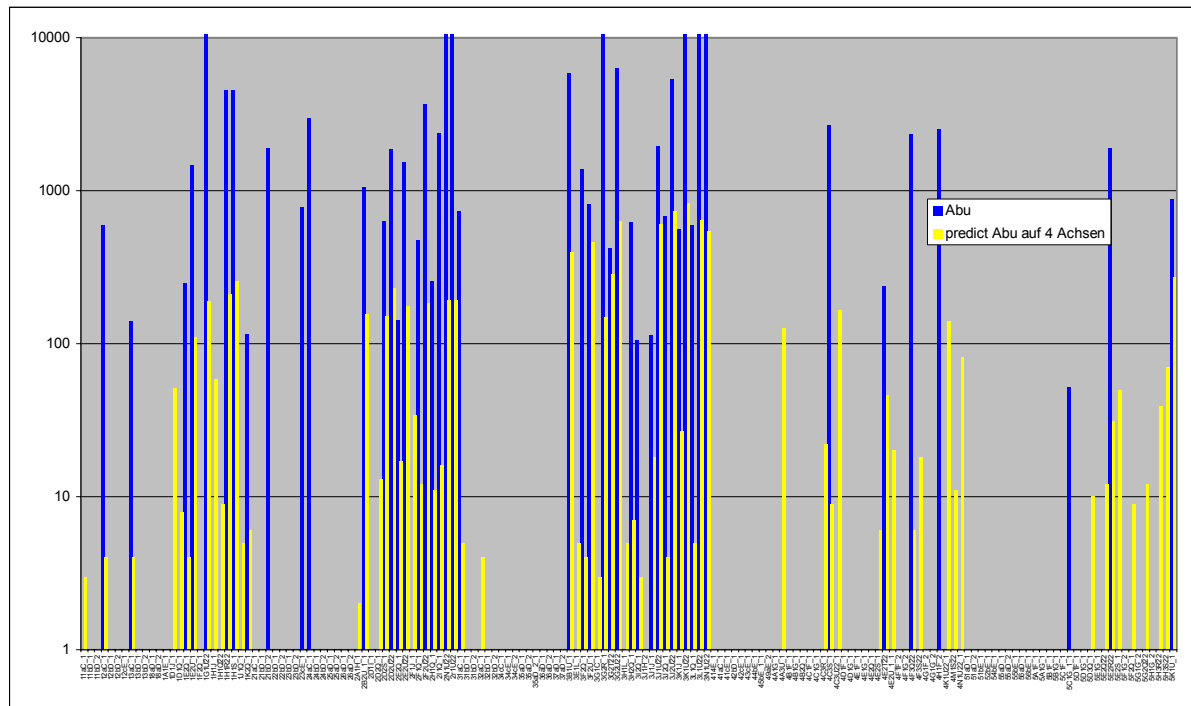


Abbildung 51: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen von *Limnodrilus sp.*

Wie auch die Tubificidae werden die **Nematoda** durch die Ordination und die GLM Regression als stagnophil charakterisiert, mit Präferenz für Habitate mit kleinem Korndurchmesser. Mit einem  $R^2$  von 0,36 beschreibt die Regression die Vorkommen relativ gut.

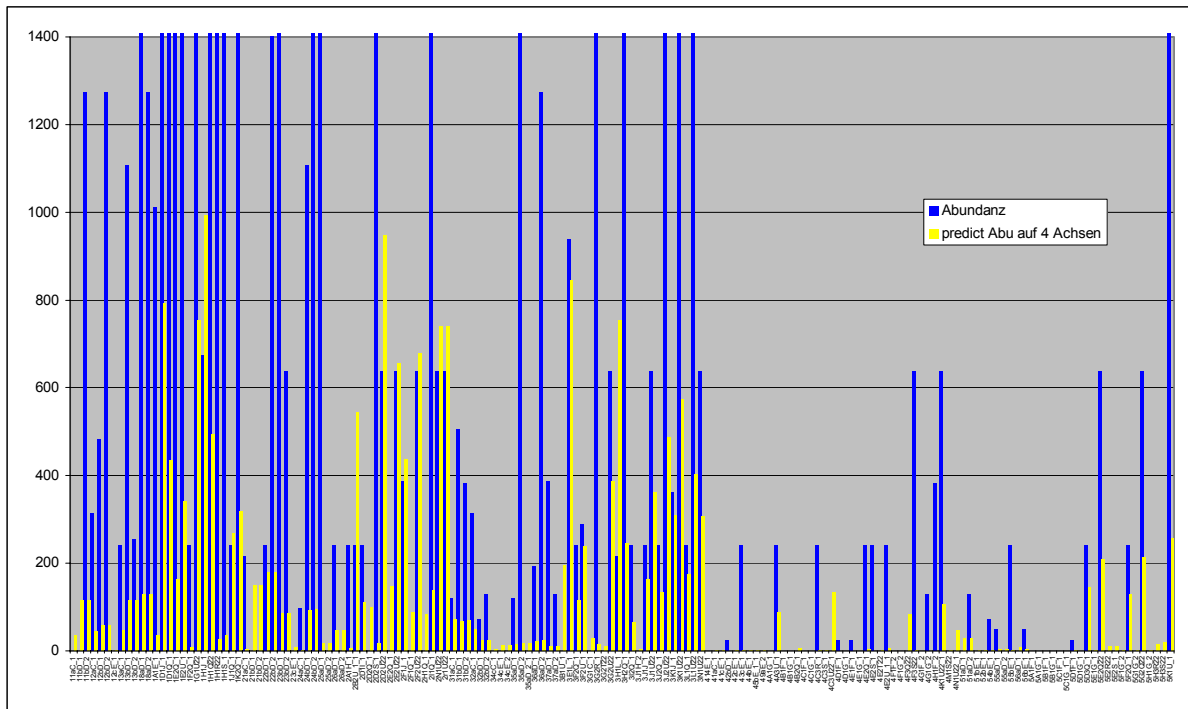


Abbildung 52: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen von *Nematoda*

Für *P. volki* ermittelt die GLM Regression im mittleren Bereich bis 0,5m/s Strömungsgeschwindigkeit zunehmende Abundanzen, um dann bei erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten wieder abzunehmen. Dieses Verhalten ist aber nicht durch eine lineare Funktion zu beschreiben, daher wird durch die multiple Regression die Antwort von *P. volkii* auf Strömung als stetig rheophil dargestellt. Der Güte des Modells ausgedrückt in  $R^2 = 0,15$  ist daher auch relativ niedrig. Laut Literatur ist *Propappus volki* (Propappidae) weit verbreitet in oberflächen Kiessedimenten und Sanden. (COATES, 1986; TIMM, 1994; TIMM ET al., 1996 aus MICHEL LAFONT). Auch wir fanden ihn in den meisten Proben. Besonders hohe Abundanzen erreichte er aber in den schneller durchströmten, sandigen Habitaten bei Strmkm 425 und 427. SCHÖLL (2002) bezeichnet ihn als Habitatspezialisten der insbesondere Habitats mit hoher Geschiebeführung besiedelt. Diese Tatsache wird durch die Ordination auch gut wiedergegeben.

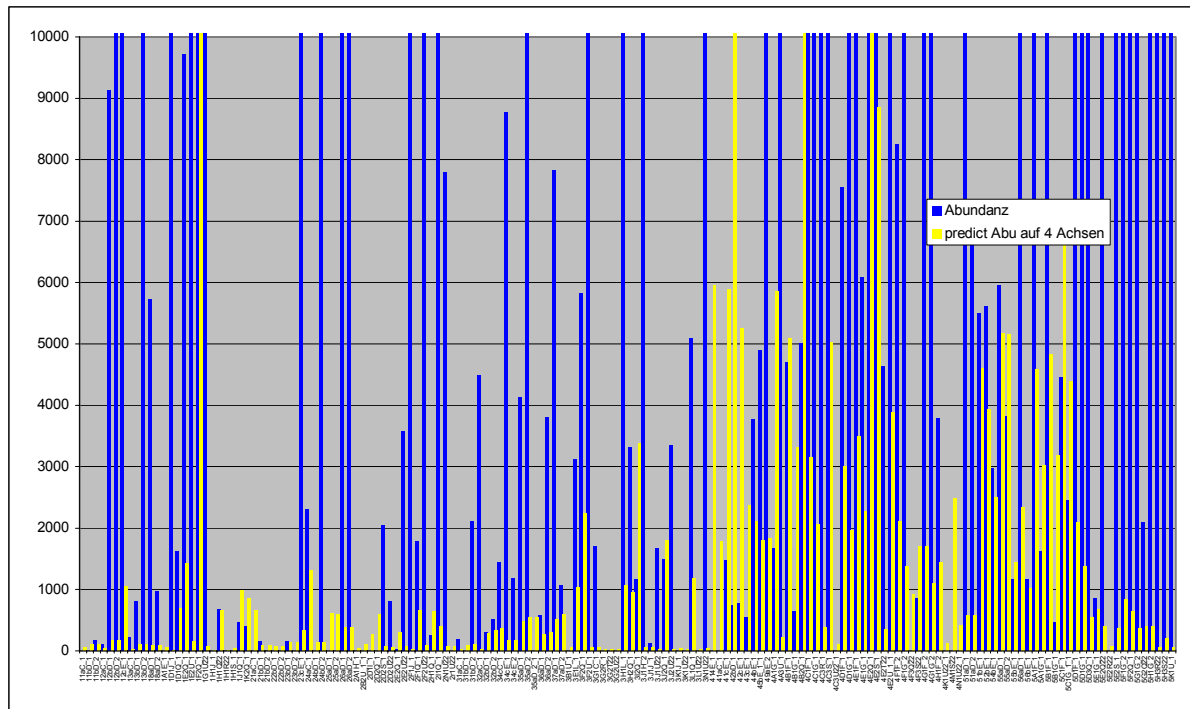


Abbildung 53: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen von *P. volki*.

**Enchytraeidae** werden ebenfalls als Habitat spezialisten charakterisiert die die schnell überströmten bewegten Sande der Flussmitte besiedeln (SCHÖLL 2002). Dies konnte von unseren Ergebnissen nicht bestätigt werden. Enchytraeidae werden eher als stagnophil denn als rheophil charakterisiert. Mit dem Substrat konnten keine Korrelationen festgestellt werden. Die Regression beschreibt das Vorkommen der Enchytraeidae mit einem  $R^2$  von 0,2 relativ schlecht. Da das Taxon Enchytraeidae viele Arten mit sehr unterschiedlichen autökologischen Ansprüchen beinhaltet, wurden an der Elbe wohl andere Arten in den Proben gefunden als dies SCHÖLL (2002) im Rhein vorfand.

Wie in den Ergebnissen dargestellt, ergeben GLM Regression und RDA für *R. demeijerei* ein rheophiles Antwortverhalten auf die Strömung. Diese Art hat ihr Optimum wahrscheinlich bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten als den gemessenen. In Übereinstimmung mit WIEDERHOLM (1989) und SAETHER (1977) fanden wir die Larven von *R. demeijerei* in sandigen Substraten: insbesondere in den schnell überströmten, feinkörnigen Substraten der Probestellen bei Stkm 425 und 427 wurden die Larven der Art *R. demeijerei* gefunden. Auch SCHÖLL (2002) fand sie in solcherart charakterisierten Habitaten des Niederrheins und bezeichnet sie als „Potamalart“. Die Regression beschreibt die Vorkommen mit einem  $R^2 = 0,4$  relativ gut.

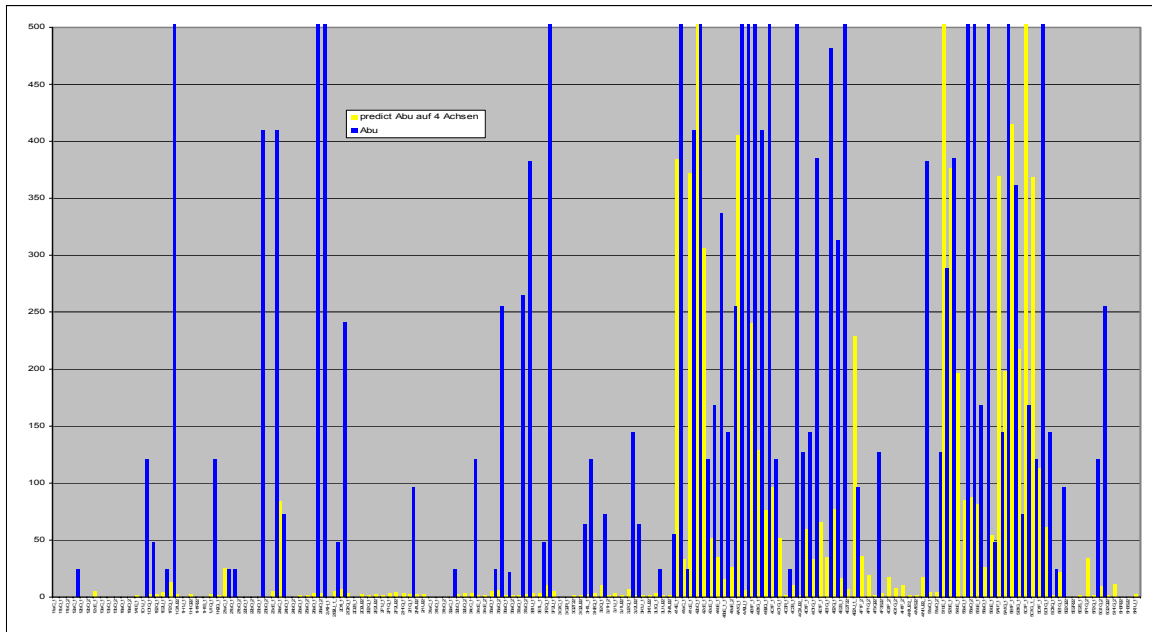


Abbildung 54: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen von *R. demeijerei*

***Gammarus tigrinus*** wurde in hohen Quantitäten in nahezu allen Proben gefunden. Es konnte aber keine Korrelation mit den gemessenen Umweltparametern ermittelt werden. Wahrscheinlich ist die Art als Ubiquist in der Lage sich an die verschiedensten Umweltbedingungen anzupassen, solange das Nahrungsangebot für den Detritusfresser ausreichend ist. Das Nahrungsangebot konnte aber mit keinem der Messparameter erfasst werden, gehört also zur nicht erklärten Varianz. Ein weiterer nicht erfasster Faktor ist der Verdrängungswettbewerb dem *Gammarus tigrinus* seit der Einwanderung durch *Dikerogammarus villosus* ausgesetzt ist. *D. villosus* scheint Konkurrenzstärker zu sein und *G. tigrinus* zu verdrängen (SCHÖLL 2002), daher sind nicht mehr Strömung und Substrat die Hauptselektionsfaktoren, sondern das Vorkommen des konkurrenzstärkeren, räuberischen Gammariden.

Die Vorkommen von ***Pisidium supinum*** ( $R^2 = 0,1$ ) und ***Pisidium nitidum*** ( $R^2 = 0,04$ ) werden durch die Regression nur schlecht charakterisiert. Wahrscheinlich liegt dies an der relativ weiten ökologischen Valenz dieser Arten. *P. nitidum* tritt z.B. als Anpassung auf vermehrte Strömung in einer dickschaligeren stark gerippten Form auf (*f. crassa* STELFOX und *f. arenicola* STELFOX) (MEIER BROOK 1975) und ist in größeren Fließgewässern allgemein weit verbreitet. Die Charakterisierung durch das BAYERISCHE LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996) von *P. nitidum* als limno-rheophil mit einer Präferenz für Korngrößen  $< 63\mu\text{m}$  und für *P. supinum* als rheophil mit einer Präferenz für Korngrößen zwischen  $0,063\text{-}2\text{mm}$  konnte von uns daher nicht bestätigt werden.

Weitere in der Elbe aufgefundene Taxa sollen hier nicht diskutiert werden, da ihr Vorkommen (Probenanzahl  $< 10$ ) zu gering war, um bei den vorgefundenen euryöken Taxa -mit breitem Präferenzbereich - statistisch signifikante Aussagen über die Präferenz der Taxa treffen zu können. Insgesamt konnte für einige Taxa eine gute Beschreibung der Vorkommen erzielt werden. Die Ergebnisse sind durch Literaturvergleiche gut abgesichert.

### 5.5.2.3 Korrelationsanalyse physikalische Parameter im Substrat gemessen – Fauna Weichsubstrat

An einigen Probestellen wurden mittels eines Saugrohrs die physikalischen Parameter direkt im Substrat gemessen, da davon ausgegangen wurde, auf diese Weise exaktere Daten über das

Milieu, in welchem sich insbesondere die Oligochaeten befinden, zu erhalten. (Methode s. TP Wasserbau)

### 5.5.2.3.1 direkte Gradientenanalyse

#### 5.5.2.3.1.1 Transformation und Selektion von Daten/-sätzen und Species

Die Pearson Korrelationsmatrix der unterschiedlich transformierten Werte von Umweltparameter und Taxa zeigt die höheren Korrelationen für die ln transformierten **Taxadaten**. Lediglich *Vejdovskjella intermedia* zeigt höhere Korrelationen mit nicht ln transformierten Werten. Allerdings sind diese höheren Korrelationen insbesondere für Werte (LF im Wasser, Temp. im Wasser, ph, im Wasser), welche stark mit der Jahreszeit korreliert sind festzustellen. Eine bessere Korrelation mit Substrat und Geschwindigkeitswerten, wenn auch insgesamt niedrigeren Werten, ergibt sich bei ln Transformation. Daher wird die Analyse mit ln transformierten Werten für die **Taxa** durchgeführt. Die ln und Wurzel Transformation der **Umweltparameter** ergibt bei den meisten Arten keine höheren Korrelationen. Daher wird von einer Transformation der **Umweltparameter** abgesehen.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Lengths of gradient (keine Transformation)	1.746	1.767	1.509	1.208	1.603
Lengths of gradient (Transf.: ln(10y+1))	2.198	1.904	1.949	1.730	3.015
Lengths of gradient (Transf.: ln(999y+1))	2.179	2.213	1.941	1.856	3.236

Tabelle 68: Test auf Länge des Gradienten DCA Kennwerte- n=159

Der **Test auf Länge des Gradienten** mittels DCCA ergibt einen kurzen Gradienten mit 1,74. Dies deutet darauf hin, daß ein lineares Modell den Daten eher gerecht wird als ein unimodales Modell. Die Analyse erfolgt daher mittels RDA.

Die **Tests auf Ausreißer** (nicht dargestellt) weisen verschiedene Proben mit Extremwerten auf: der Test mittels der Leverage aus CANOCO ermittelt den Organik Gehalt in Probe 1D1Q\_1 und die Messtiefe einer weiteren Probe als Extremwerte. Die Messtiefe wird als Umweltparameter, welcher wenig Varianzerklärung bietet, nicht in der weiteren Analyse benutzt, die Probe mit dem Organik Extremwert wird von der Analyse ausgeschlossen. Weitere in der Analyse als Extremwerte ausgewiesene Proben, insbesondere des Bühnenfeldes 425 sind durch die natürlichen Gegebenheiten vor Ort zu erklären und werden in die Analyse einbezogen.

Marginal Effects	Varianzerklärung <u>nur</u> durch die Variable	Conditional Effects	zusätzliche Varianzerklärung durch die Var. nach Einschluss in Modell	Irrtumswahrscheinlichkeit der Erklärung (nach Monte Carlo Test (999 Permutatio.))	F- Wert
d50_neu	0.09	d50_neu	0.09	0.001	2.83
d60_neu	0.09	HvBg_Mw	0.06	0.007	1.83
Min_vGes	0.09	TmpMxa2	0.07	0.006	2.01
LfTpMxa2	0.08	Min_vGes	0.05	0.007	1.82
TmpMxa2	0.08	d60_neu	0.05	0.026	1.77
v_GesNeu	0.08	KrFu_neu	0.05	0.038	1.70
Mit_vGes	0.08	Stabw_z	0.04	0.096	1.39
KrFu_neu	0.08	Max_vGes	0.04	0.101	1.48
HvBg_Min	0.08	d70_neu	0.04	0.086	1.45
Temp_a2	0.08	d40_neu	0.04	0.142	1.32
LfTpa2	0.08	Org_neu	0.03	0.240	1.29
HvBg_Mw	0.08	HvBg_Min	0.03	0.235	1.24
MonatZ	0.07	pH_a2	0.04	0.125	1.40
Monat	0.07	O2SaMna2	0.03	0.125	1.37
LfTpMna2	0.07	v_GesNeu	0.03	0.228	1.27
d80_neu	0.07	StabvGes	0.03	0.217	1.33
TmpMna2	0.07	vy_neu	0.03	0.272	1.23
d70_neu	0.07	Min_y	0.03	0.212	1.33
vx_neu	0.07	d80_neu	0.03	0.253	1.25
mit_x	0.07	Stabw_y	0.02	0.206	1.39
d40_neu	0.07	Max_y	0.03	0.277	1.26
Temp_phy	0.07	vx_neu	0.02	0.359	1.15
d90_neu	0.06	pHMna2	0.03	0.320	1.21
GstrMxa2	0.06	LfTpMxa2	0.02	0.293	1.39
Gstra_a2	0.06	GstrMxa2	0.02	0.296	1.44
HvBg_Max	0.06	Temp_phy	0.02	0.289	1.58

d30_neu	0.06	MonatZ	0.02	0.434	1.24
O2GeMna2	0.06	KrMP_neu	0.01	1.000	0.00
Stabw z	0.06				
KrMP_neu	0.05				
d20_neu	0.06				
Min y	0.05				
Max vGes	0.05				
Stabw y	0.05				
Min x	0.05				
Max x	0.05				
d10_neu	0.05				
O2SäMxa2	0.05				
StabvGes	0.05				
O2Sä_phy	0.05				
pHMxa2	0.05				
Stabw x	0.05				
Max y	0.05				
Max z	0.05				
O2Ge_phy	0.05				
pH_a2	0.04				
O2SäMna2	0.04				
mit z	0.04				
pH_phy	0.04				
O2Sät_a2	0.04				
pHMna2	0.04				
vy_neu	0.04				
mit y	0.04				
O2GEH_a2	0.03				
Org_neu	0.03				
O2GeMxa2	0.03				
Tief_phy	0.02				

Tabelle 69: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen.

Zur Korrelationsanalyse mußte eine Auswahl unter den Umweltparametern getroffen werden: Die Parameter Wassertemperaturmaximum, Leitfähigkeitsmaximum und Monat sind hoch korreliert (Pearson >0,89; Tabelle 70), daher wird der Parameter **Leitfähigkeitsmaximum** mit der besten Varianzerklärung (Tabelle 69) und niedrigsten Irrtumswahrscheinlichkeit, ausgewählt. Ein weiterer Parameter des Wasserkörpers, der **pH** Wert (pHMna2) wird aufgrund guter Pearson Korrelationskoeffizienten der Voranalyse ebenfalls ausgewählt.

Die Parameter Temperatur (Temp\_phy) im Boden und Pegel Minimum Havelberg sind hoch korreliert (Pearson =0,95), daher wird der Parameter mit der höheren Varianzerklärung „**Temperatur (Temp\_phy) im Boden**“ für die RDA ausgewählt. Die Parameter **Sauerstoffsättigung im Boden** ( O2Sä\_phy) und **pH Wert im Boden** (pH\_phy) bieten ebenfalls gute Varianzerklärung des Datensatzes und werden daher ausgewählt.

Die Parameter d60 und d50 sind hoch korreliert (Pearson =0,89) daher wird der Parameter d60, welcher auch von einer höheren Irrtumswahrscheinlichkeit belegt ist, von der weiteren Analyse ausgeschlossen und **d50** ausgewählt.

Die Parameter d80 und der mittlere Korndurchmesser nach Fuhrböter sind hoch korreliert (Pearson =0,97; Tabelle 70)) daher wird der **Korndurchmesser nach Fuhrböter** mit niedriger Irrtumswahrscheinlichkeit und hoher Varianzerklärung in die weitere Analyse einbezogen. Ein weiterer das Substrat charakterisierender Parameter der „**organische Gehalt**“ des Bodens wird ebenfalls einbezogen, da keine Covarianzen mit anderen Parametern existieren





### 5.5.2.3.1.2 RDA

SIGNIFIKANZEN	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Org_neu	n.s.	n.s.	-0,2305*	n.s.
KrFu_neu	n.s.	n.s.	n.s.	0,208*
d50_neu	0,7919*	n.s.	0,0557*	n.s.
O2GeMna2	n.s.	0,256*	n.s.	n.s.
pHMna2	n.s.	n.s.	0,1788*	0,0422*
O2Sä_phy	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Temp_phy	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
pH_phy	n.s.	n.s.	-0,023*	n.s.
Min_vGes	0,7667**	n.s.	n.s.	-0,0621**
mit_x	n.s.	n.s.	n.s.	0,2238*
mit_y	n.s.	n.s.	0,142*	n.s.
Stabw_y	n.s.	n.s.	n.s.	-0,0625**
Min_x	0,4067*	n.s.	n.s.	0,2431**

Tabelle 71: Korrelationen und Signifikanzniveaux der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination.

Die Parameter welche die Varianz im Datensatz am besten erklären (Tabelle 71) sind eine mittlere Korngrößenklasse und die minimalen gemessenen Gesamtströmungsgeschwindigkeiten. Auf der 2. Achse der Ordination korreliert der Faktor Sauerstoffgehalt des Wasserkörpers, allerdings auf einem relativ niedrigen Niveau, wenn auch hoch signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%. Lediglich einer der physikalischen Parameter (pH), welche direkt im Substrat gemessen wurden, korreliert auf der 3. Achse der Ordination. Die im Substrat gemessenen Parameter Temperatur und Sauerstoffsättigung korrelieren mit keiner der Achsen signifikant.

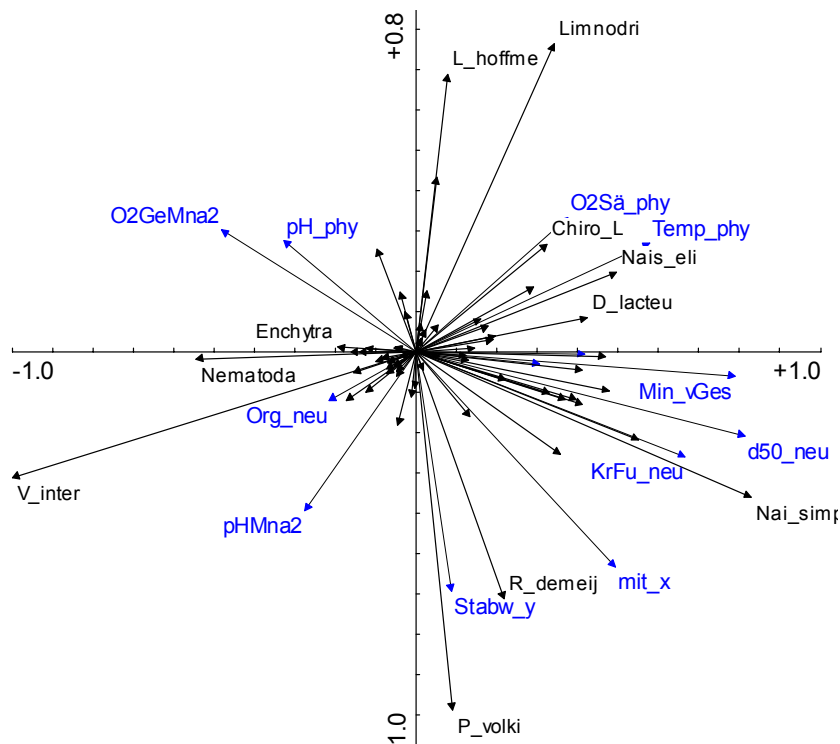


Abbildung 55: Scatter Achsen1/2 RDA, n=29.

Die in Abbildung 55 auf der 2. Achse mit langen Vektoren abgebildeten Spezies *P. volkii* und *L. hoffmeisteri*, bzw. *Limnodrilus sp.* sind mit zu wenigen Exemplaren vertreten als daß eine statistisch abgesicherte Aussage zu treffen wäre. Die Vektoren weisen aber gleichsinnig zu dem der Strömungsgeschwindigkeit (*mit\_x*), auch hier wird also ein rheophiles Verhalten, wie in der vorangegangenen Analyse des Weichsubstrats angezeigt. Abgesicherte Korrelationen von Oligochaeten Taxa zu den im Substrat gemessenen Umweltparametern können nur für die Species *Nais elinguis* zu pH Wert (negativ korreliert) und *V. intermedia* (negativ korreliert) und *Nais simplex* (positiv korreliert) zu Temperatur nachgewiesen werden (Tabelle 72). Alle anderen Taxa konnten nicht in ausreichender Anzahl nachgewiesen werden, bzw. es ergaben sich keine Korrelationen. Daher wird auf eine weitergehende Betrachtung mittels link funktions und multipler Regression verzichtet.

#### 5.5.2.3.2 Diskussion physikalische Parameter im Substrat gemessen

Die Abhängigkeit der benthischen Faunenzusammensetzung von Parametern des Wasserkörpers und der Substratzusammensetzung wurde im vorhergehenden Abschnitt diskutiert und untersucht. Untersuchungen, welche sich direkt den Bedingungen im Substrat zuwenden, zeigen hohe Patchiness der Verteilung der Taxa. Als bestimmende Faktoren für das Interstitial werden der Porenraum, gelöster Sauerstoff, Temperatur, organischer Gehalt und Nahrungsversorgung angegeben, welche wiederum durch die Sedimentcharakteristik, Strömung und das Klima beeinflusst werden (BRUNCKE & GONSER 1997). Die Parameter pH, Sauerstoffgehalt organischer Gehalt und Temperatur wurden gemessen; Es konnten aber keine signifikanten Abhängigkeiten nachgewiesen werden. Weitere Parameter wie der Schwermetallgehalt der Sedimente konnte aufgrund des erhöhten Apparateaufwands nicht bestimmt werden. Da die Sedimente der Elbe aber immer noch stark mit Schwermetallen belastet sind, und dieser zwar kein „keyfactor“ ist, aber deutlichen Einfluß auf die Zusammensetzung der Fauna hat (GRUMIEUX et al 1998), ist anzunehmen, daß die anderen gemessenen Sediment-Umweltfaktoren eher von untergeordneter Bedeutung für die Verteilung der Fauna waren. Die Probenanzahl war daher zu gering, um evtl. vorhandene Effekte der gemessenen Parameter auf die Verteilung der Arten mit hinreichender statistischer Sicherheit beurteilen zu können. Insbesondere die in der Elbe in Massenvorkommen

abundanten Tubificidae gelten als Indikatoren für mit Schwermetallen belastet Sedimente (LAPOINTE et al 1984) Die Abundanzen der meisten anderen Spezies sinken mit Erhöhung des Schwermetallgehalts der Sedimente, lediglich die Tubificidae erreichen höhere Abundanzen in belasteten Sedimenten

Im Substrat lebende Species wie viele Oligochaeten und Chironomidae bauen verfestigte Wohnröhren in Form von Gespinnsten oder aus Ausscheidungen mit Be- und Entlüftungen. Dies versetzt sie in die Lage, die Bedingungen in ihrer unmittelbaren Umgebung (in gewissen Grenzen) zu regulieren Das Absaugen des gesamten Sedimentwassers erfasst die Bedingungen in diesen Mikrohabitaten nicht. Dies mag ein weiterer Grund für die schlechte Korrelation zwischen gemessenen Substratparametern und Faunenverteilung sein.

Eine weitere mögliche Fehlerquelle ist die Berechnung des Tiefen - Horizonts aus dem das Wasser entnommen wird. Die Fördermenge schwankt sehr mit der Qualität der Sedimente, daher ist die Angabe aus welcher Tiefe der Sedimente und damit der Fauna, das Porenwasser/pro Zeiteinheit gefördert wird stark fehlerbehaftet.

Fazit: Korrelationen mit den im Substrat gemessenen physikalischen Parametern konnten aus den oben genannten Gründen nicht gefunden werden. Die Ordination bestätigte aber die Parameter Strömung und Substrat als die bestimmenden Parameter für die Zusammensetzung der Fauna, welche für den Datensatz Weichsubstrat ausführlich analysiert wurden.



## 5.5.2.4 Korrelationsanalyse Umweltparameter - Fauna Harts substrat

### 5.5.2.4.1 indirekte Gradientenanalyse

In die Analyse wurden Datensätze aufgenommen, für welche die Oligochaeten differenziert determiniert wurden, d.h. soweit möglich bis zur Art. Zur explorativen Datenanalyse wurde zunächst eine DCA durchgeführt welche die Varianz im Datensatz als relativ gering darstellte. Daher wurde eine PCA durchgeführt.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Lengths of gradient (keine Transformation)	2,813	1,638	1,951	1,614	2,862
Lengths of gradient (Transf.: $\ln(10y+1)$ )	2,513	2,368	2,414	2,495	4,859
Lengths of gradient (Transf.: $\ln(999y+1)$ )	2,588	2,372	2,417	2,083	5,238

Tabelle 73: Test auf Gradientenlänge; DCA Kennwerte- n=64

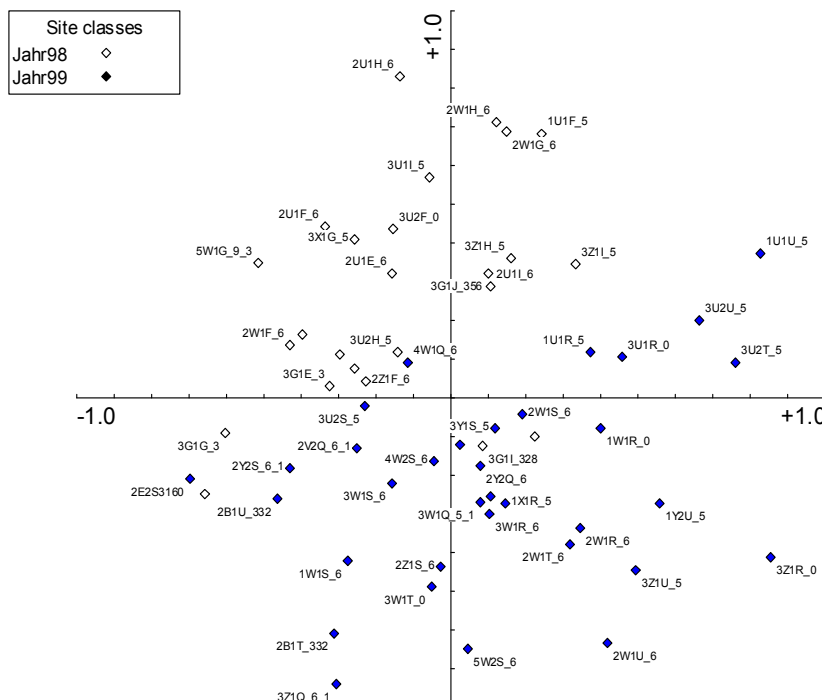


Abbildung 56: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Probenahmejahre n=64.

Die Grafik zeigt eine deutliche Auftrennung in die Probenahmejahre 1998 und 1999 entlang der 2. Hauptachse der PCA. Die Klassifizierungen nach Probenahmeort, Sommerigkeit, Sauerstoff Minima und Jahresmonat ergeben dagegen keine deutlich erkennbare Clusterung der Proben. Eine weitere Klassifizierungen nach Art der Probenahme (Stein/Holz) ergibt entlang der 1. Hauptachse der Ordination die drei wenig homogenen Cluster Holz, Buhnensteine aus Schlacke und Buhnensteine Naturstein.

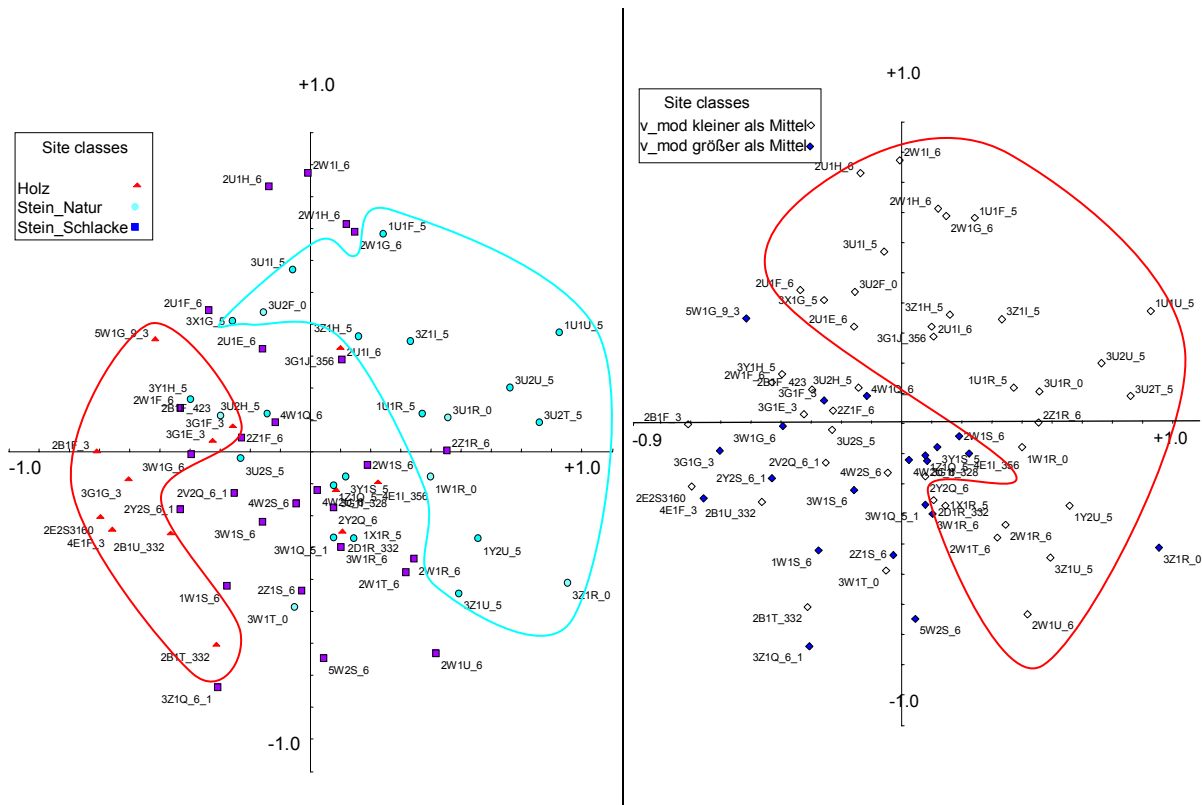


Abbildung 57: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Substrattypen (links); PCA, klassifiziert in Strömungsklassen (rechts) n=64.

Eine weitere Klassifizierung in Proben, bei welchen eine Strömungsgeschwindigkeit über dem Mittel vorherrschte und solche unter dem Mittel (Abbildung 57 rechts), ergibt eine deutlichere Auftrennung. Es zeigen sich aber Gemeinsamkeiten zu einer weiteren Klassifizierung aufgrund der Substrattypen (Abbildung 57 links): offensichtlich waren Proben mit verminderter Strömungsgeschwindigkeit oft auch solche mit dem Substrat „Naturstein“. Eine Zuordnung der Effekte kann damit durch eine indirekte Gradientenanalyse nicht getroffen werden und wird im folgenden durch die direkte Gradientenanalyse versucht.

#### 5.5.2.4.2 direkte Gradientenanalyse

##### 5.5.2.4.2.1 Transformation und Selektion von Daten/-sätzen und Species

Die Pearson Korrelationsmatrix der unterschiedlich transformierten Werte von Umweltparameter und Species (nicht dargestellt) zeigt die höheren Korrelationen für die Paarung von nicht transformierten Umweltparametern mit ln transformierten Arten. In den weiteren Analysen wird daher mit ln transformierten Art Daten und nicht transformierten Umweltdaten gearbeitet.

Keinerlei Korrelationen werden u.a. für das "Sammel" -Taxon Oligochaeta ermittelt, da sich unter diesem Begriff diverse Arten mit sehr unterschiedlichen autökologischen Ansprüchen befinden. Mittlere bis hohe Korrelationen zeigen insbesondere die Taxa *C. curvispinum*, *G. tigrinus*, *D. villosus* und *D. polymorpha* mit Umweltparametern, welche mit der Strömungsgeschwindigkeit ( $v_{Ges\_neu}$ ;  $v_x$  usw.) assoziiert sind.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Lengths of gradient (keine Transformation)	2,725	1,312	1,635	1,173	2,862
Lengths of gradient (Transf.: $\ln(10y+1)$ )	2,156	2,096	1,753	1,338	4,859
Lengths of gradient (Transf.: $\ln(999y+1)$ )	2,297	2,210	1,944	1,676	5,238

Tabelle 74: Test auf Länge des Gradienten; DCCA Kennwerte- n=64

Die Varianz im Datensatz ist relativ gering (Tabelle 74), da die length of Gradient der  $\ln(10y+1)$  transformierten Datensätze lediglich 2,2 beträgt. Es wurde daher eine RDA durchgeführt.

Marginal Effects	Varianzklärung nur durch die Variable	Conditional Effects	zusätzliche Varianzklärung durch die Var. nach Einschluss in Modell	Irrtumswahrscheinlichkeit der Erklärung (nach Monte Carlo Test (999 Permutation))	F- Wert
<b>Monat</b>	<b>0.07</b>	<b>Monat</b>	<b>0.07</b>	<b>0.001</b>	<b>4.73</b>
Jahr	0.07	h_Mod	0.04	0.001	2.89
O2SäMna2	0.05	MonatZ	0.04	0.001	2.98
O2GeMna2	0.04	Jahr	0.04	0.001	2.88
MonatZ	0.04	O2GeMna2	0.03	0.003	1.95
O2GEH_a2	0.04	v_GesNeu	0.03	0.004	1.81
O2Sät_a2	0.04	HvBg_Mw	0.02	0.010	1.75
h_Mod	0.04	TmpMxa2	0.02	0.030	1.48
HvBg_Mw	0.04	v_Mod	0.02	0.078	1.34
v_GesNeu	0.04	P0	0.02	0.036	1.50
HvBg_Max	0.04	Stand_t	0.01	0.142	1.27
HvBg_Min	0.04	HvBg_Max	0.02	0.061	1.36
vx_neu	0.04	O2SäMna2	0.02	0.153	1.23
TmpMna2	0.04	O2SäMxa2	0.01	0.153	1.24
TmpMxa2	0.04	O2GEH_a2	0.02	0.210	1.18
MonatZZ	0.04	HvBg_Min	0.01	0.383	1.06
pHMna2	0.03	MonatZZ	0.01	0.903	0.73
v_Mod	0.03	P5	0.01	0.349	1.06
O2GeMxa2	0.03	P6	0.01	0.346	1.07
Temp_a2	0.03	O2GeMxa2	0.02	0.307	1.10
P5	0.03	pHMna2	0.02	0.015	1.61
O2SäMxa2	0.03	pH_a2	0.01	0.299	1.11
Vy_Mod	0.02	Temp_a2	0.02	0.371	1.05
P3	0.02	Vx_Mod	0.01	0.370	1.08
P0	0.02	O2Sät_a2	0.01	0.322	1.09
vy_neu	0.02	pHMxa2	0.02	0.390	1.04
pH_a2	0.02	TmpMna2	0.01	0.519	0.94
pHMxa2	0.02	P9	0.01	0.484	0.97
Vx_Mod	0.02	vx_neu	0.01	0.543	0.94
Stand_t	0.01	vy_neu	0.01	0.644	0.88
P4	0.01	P4	0.01	0.609	0.86
P9	0.01	Vy_Mod	0.01	0.897	0.68
P6	0.01	P3	0.01	0.846	0.71
P31	0.01	h_neu	0.01	0.400	1.07
h_neu	0.01				

Tabelle 75: Varianzklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen.

Die Variablen mit der größten Varianzklärung (Tabelle 75), welche nach dem MPT (MonteCarlo Permutationstest) auch hoch signifikant sind, sind die Parameter Probenahmemonat (Monat); Probenahmejahr (Jahr) Jahresmonat (MonatZ), modellierte Gewässertiefe und der „Misch“ Parameter Gesamt – Strömungsgeschwindigkeit (v\_GesNeu). Es folgen Sauerstoffminima (gemessen als Sättigung und Gehalt) und Pegel Havelberg. Weitere physikalische Gewässerparameter (pH und Temperatur) und die Dummy Variablen der Substrattypen, sowie die modellierte Strömungsgeschwindigkeit, weisen relativ geringe Varianzklärungen und bis auf den mittleren Korndurchmesser nach Fuhrböter auch hohe Irrtumswahrscheinlichkeiten auf.

Nach einer Selektion der Parameter auf Varianzklärung, Irrtumswahrscheinlichkeit, Korrelation mit den Arten und Kovarianz mit anderen Umweltfaktoren, wurden folgende Parameter selektiert:

aus der Gruppe der Strömungsfaktoren der Mischparameter **Gesamt-Strömungsgeschwindigkeit**, (v\_Gesneu), da dieser die größte Varianzklärung bietet und geringe Irrtumswahrscheinlichkeit aufweist. Die anderen Parameter wurden ausgeschlossen, da sie eine hohe Irrtumswahrscheinlichkeit und niedrigere Varianzklärung aufweisen, stark untereinander covariieren und daher keine zusätzliche Information für die Erklärung der Verteilung der Species bieten. Die **modellierte Gewässertiefe** (h\_mod) wird als Faktor mit



hoher Varianzerklärung, welcher nicht mit anderen covariiert dargestellt. Dieser Faktor wird ebenfalls ausgewählt.

Der Parameter Probemonat (Monat), weist eine hohe Korrelation (0,97; Tabelle 76)) mit dem Probejahr auf. Da die Aussagen also austauschbar sind, wird der Parameter **Probenahmejahr** ausgewählt, welcher keinen Verweis auf die Jahreszeit enthält, welche in Form des Parameters **MonatZ** ebenfalls ausgewählt wurde.

Alle physikalischen Parameter welche im Flußwasser gemessen wurden, weisen natürlicherweise eine hohe Kovarianz mit der Jahreszeit (MonatZ) und untereinander auf. Es fanden die besterklärenden Faktoren **Minima des Sauerstoffgehalts, pH Minima und Wassertemperaturmaxima** (Tmptmx2) in die Ordination Eingang. Der Sauerstoffparameter und Temperaturparameter weist ebenfalls eine relativ niedrige Irrtumswahrscheinlichkeit auf.

Auch der Abfluß schwankt im Jahresverlauf, es ergeben sich daher Kovarianzen zwischen dem Pegelstand (HvbgMw) und der Jahreszeit (MonatZZ). Von den Pegeln wurde **HvbgMw** mit der geringsten Irrtumswahrscheinlichkeit in die Ordination aufgenommen.

Die Dummy Variablen, welche die Probeart codieren bieten sehr wenig Varianzerklärung und sind mit großer Irrtumswahrscheinlichkeit behaftet, daher werden diese von der Ordination ausgeschlossen



### 5.5.2.4.2.2 RDA

SIGNIFIKANZEN	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
Jahr	0,7329**	n.s.	0,0009*	n.s.
v_GesNeu	0,318**	-0,4534**	n.s.	-0,2908**
O2GeMna2	0,474*	n.s.	-0,4336**	-0,129*
pHMna2	0,1053*	n.s.	-0,192*	0,1321*
h_Mod	-0,1769**	-0,548**	n.s.	n.s.
HvBg_Mw	n.s.	n.s.	-0,511**	0,233**
MonatZ	n.s.	0,441**	0,4823**	-0,0593**
TmpMxa2	n.s.	n.s.	n.s.	0,3058**

Tabelle 77: Korrelationen und Signifikanzniveaux der Umweltparameter mit den Achsen der Ordination.

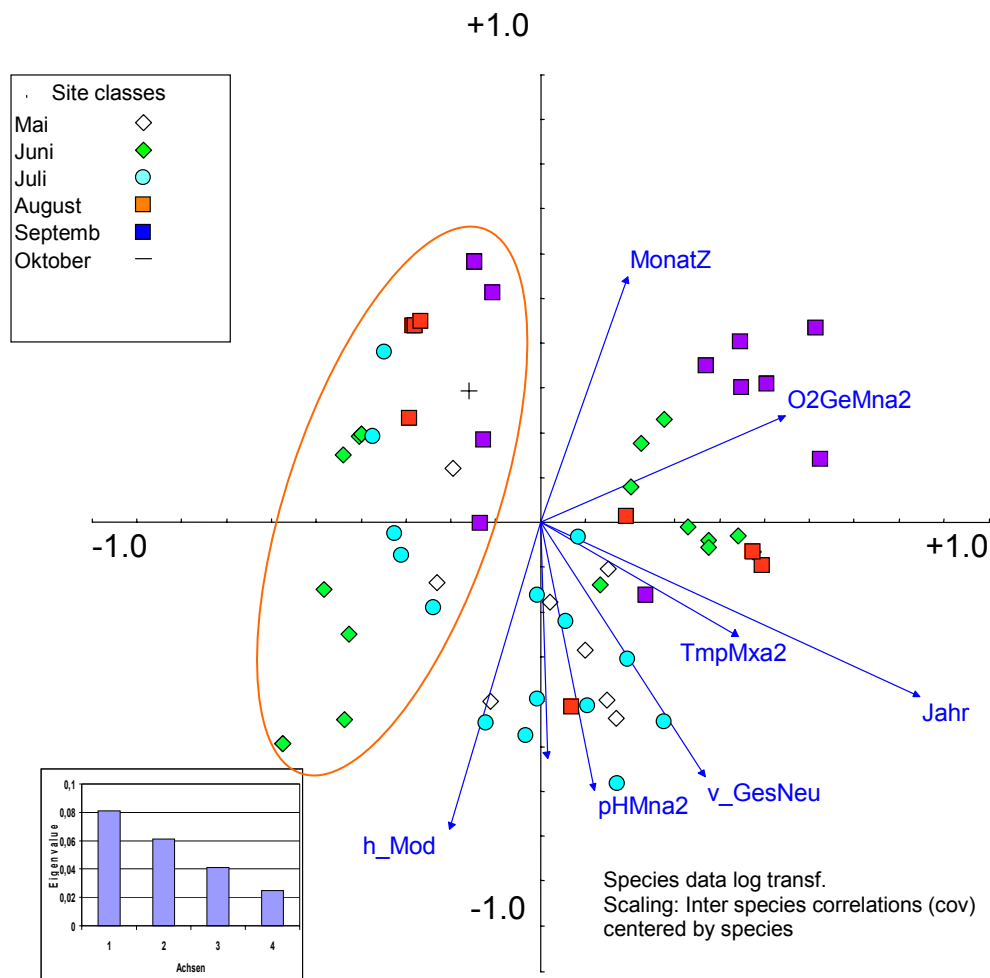


Abbildung 58: Scatter Achsen 1/2 RDA klassifiziert nach Jahresverlauf (rot markiert 1998), n=159.

Die best erklärenden Parameter auf der ersten und zweiten Achse der Ordination (Tabelle 77) sind Probenahmejahr und Gesamtströmungsgeschwindigkeit, gefolgt vom Sauerstoffgehalt des Wassers. Klar ist die Clusterung der Proben in Bezug auf den Faktor Probenahmejahr zu erkennen (Abbildung 58): auf der negativen Seite der Abszisse ordnen sich die Proben des Jahres 1998 auf der positiven Seite die des Jahres 1999 an. Erst auf der dritten Achse ergeben sich signifikante Korrelationen mit den Faktoren Jahresmonat (MonatZ) und dem Pegel Havelberg. Die Wassertemperatur korreliert erst auf der 4. Achse. Die genannten Korrelationen sind hoch signifikant auf einem Niveau von 5%.

Die Klassifizierung der Proben entsprechend der Faktoren Strömungsgeschwindigkeit (Abbildung 59

links) und modellierte Wasserstandshöhe (Abbildung 59 rechts) verdeutlicht, daß Proben welche sich durch erhöhte Strömungsgeschwindigkeit auszeichneten sich auch in tieferem Wasser befanden. Proben mit erhöhter Strömungsgeschwindigkeit waren charakterisiert durch das Vorkommen von Leptoceriden und *Ceraclea sp.*, sowie Hydropsychidae (1. und 2. Larvenstadien),

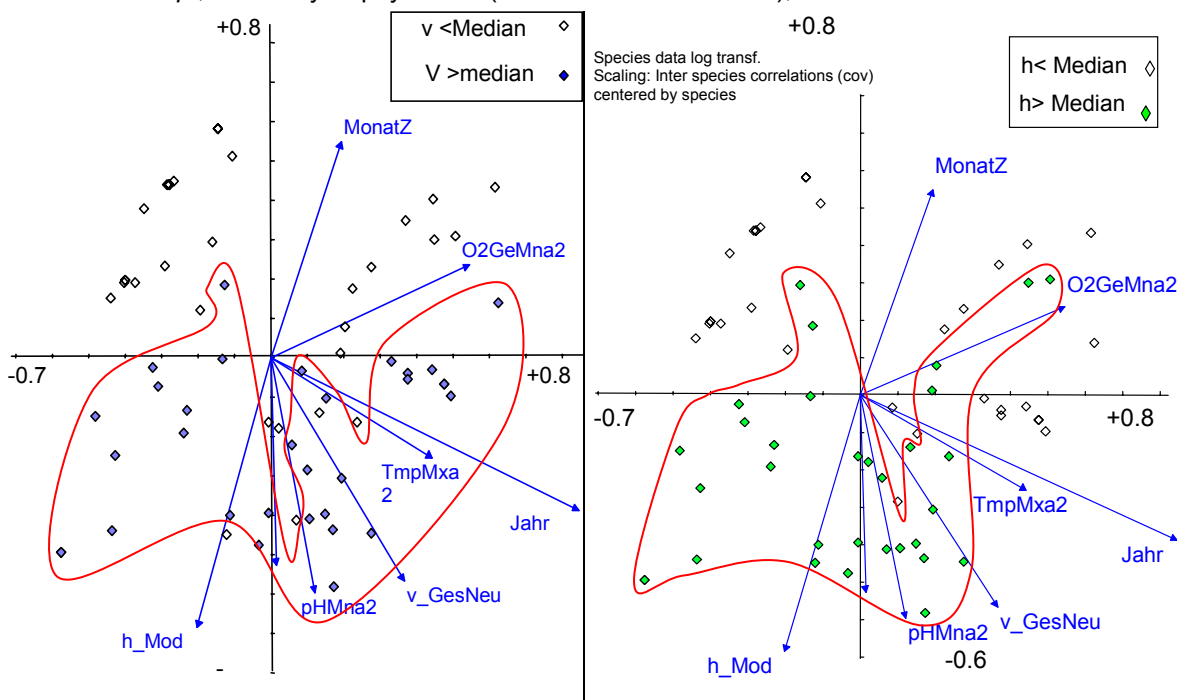


Abbildung 59: Scatter Achsen ½. RDA, Klassifiziert in Strömungsgeschwindigkeit größer Median (0,14cm/s) und kleiner und modellierte Wasserstandshöhe größer Median (0,45m) und kleiner.

*H. sulphurea* und *H. contubernalis* sowie *H. bulgaromanorum* (Abbildung 60). Alle diese Arten zeigten mäßige Korrelationen. Über die im Weichsubstrat als rheophil eingestufte *R. demijerei* konnte keine Aussage getroffen werden, da diese Art nur in 4 Proben gefunden wurde. Als strömungsmeidend (stagnophil) erwiesen sich die Taxa Nematoda und die Oligochaeten *Chaetogaster. sp.* und *L. hoffmeisteri. G. tigrinus*, sowie *D. villosus* zeigten keine Korrelationen mit der Strömung.

*D. villosus* und viele Ephemeroptera wurden erst im 2. Jahr der Probenahme gefunden, daher die erhöhten Korrelationen mit dem Faktor Jahr.

Mit dem Sauerstoffgehalt waren insbesondere *Nais bretscheri* und *Heptagenia sulphurea* positiv korreliert, traten daher bei erhöhtem Sauerstoffgehalt gehäuft auf.

Positiv mit dem Abfluß (dargestellt als Pegel Havelberg) korreliert waren die Taxa *V. intermedia* und Tubificidae, sowie Enchytraeidae. Die abflußarmen Monate zeichneten sich durch die vermehrte Anwesenheit von *Limnodrilus hoffmeisteri*, *P. nitidum* und *P. supinum* aus (niedrige Zusammenhänge, Pearson >0,25; s. Tabelle 78).

Für die weiteren physikalischen Parameter wurden lediglich kleine Korrelationskoeffizienten zwischen Species und Umweltfaktoren aufgezeigt. Diese Parameter korrelierten erst auf der vierten Achse der Ordination, waren daher nicht für die Hauptvarianz im Datensatz verantwortlich.

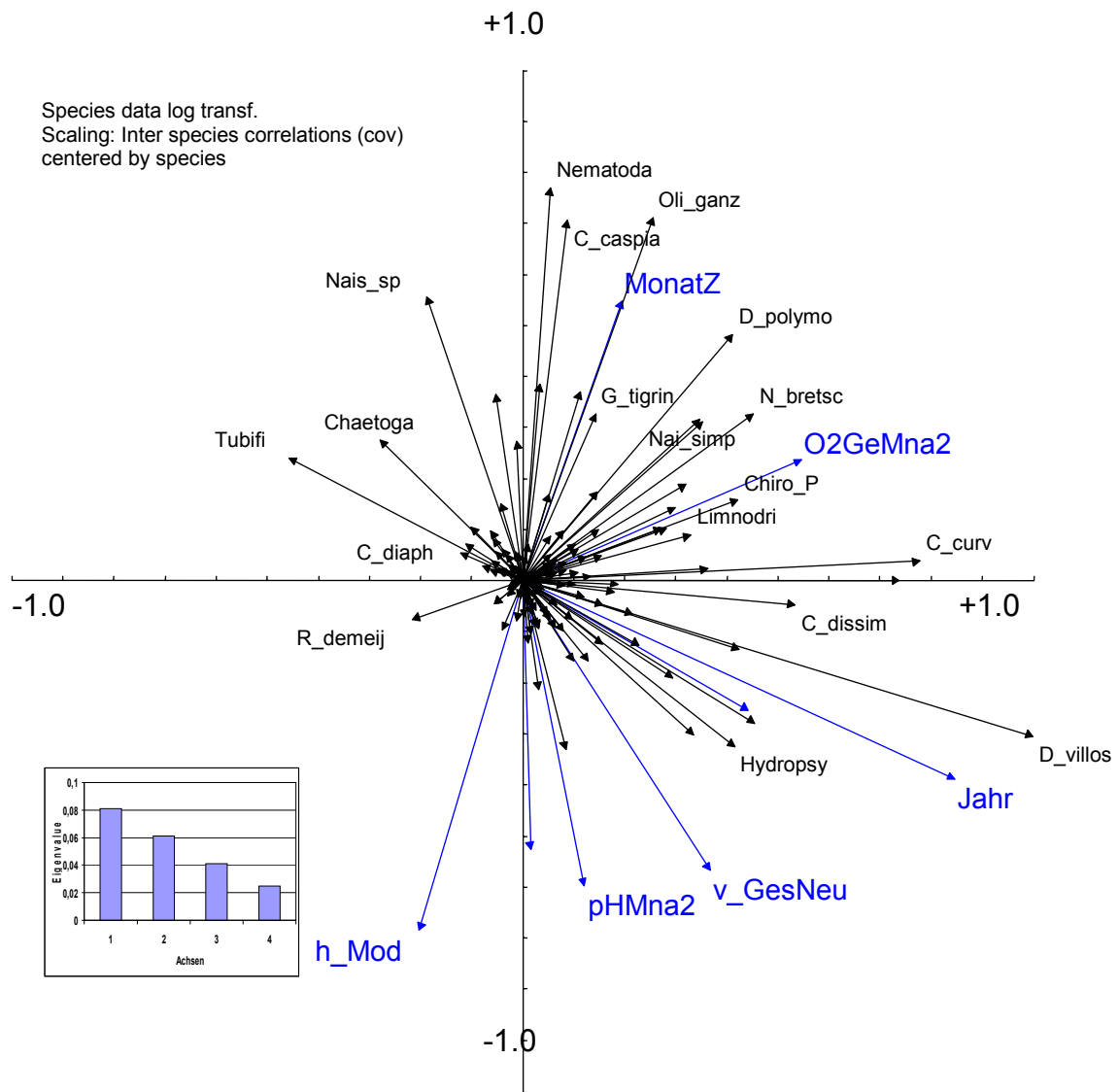


Abbildung 60: Scatter Hartsubstrat Species-Umgebungsvariabeln; Achsen 1/2. RDA, n=159.



### 5.5.2.4.3 link funktions

Modell Zusammenfassung	Term	Strömungsgeschwindigkeit		Jahresmonat (MonatZ)	
		estimate	std.error	Estimate	Std.error
C. curvispinum	b0				
link function: log	b1				
DF = 62	b2				
I>0 in 59 Proben	Modell signif. P	n.s. */**		n.s. */**	
	Abweichung/DF				
D. lacteum	b0	1,044	0,12912	-2,773	0,6218
link function: log	b1	-9,17	1,8105	0,4231	0,078085
DF = 62	b2	10,91	2,5959	--	--
I>0 in 17 Proben	Modell signif. P	0,0000		0,0011	
	Abweichung/DF	217,9		227,2	
Dikerog. villosus	b0				
link function: log	b1				
DF = 62	b2				
I>0 in 39 Proben	Modell signif. P	n.s. */**		n.s. */**	
	Abweichung/DF				
G. tigrinus	b0				
link function: log	b1				
DF = 62	b2				
I>0 in 61 Proben	Modell signif. P	n.s. */**		n.s. */**	
	Abweichung/DF				
Limnodrilus hoffmeisteri	b0	0,8767	0,14409		
link function: log	b1	-12,13	2,5961		
DF = 62	b2	--	--		
I>0 in 8 Proben	Modell signif. P	0,0000		n.s. */**	
	Abweichung/DF	168,5			
Leptoceridae.	b0	-0,5032	0,18652		
link function: log	b1	--	--		
DF = 62	b2	2,336	1,8685		
I>0 in 47 Proben	Modell signif. P	0,0208		n.s. */**	
	Abweichung/DF	178,7			
Nais elinguis	b0	0,5675	0,14636		
link function: log	b1	1,471	1,0586		
DF = 62	b2	0,05791	1,4241		
I>0 in 32 Proben	Modell signif. P	0,0027		n.s. */**	
	Abweichung/DF	311,3			
Nematoda	b0	1,661	0,080317	0,1683	0,19718
link function: log	b1	-1,579	0,30688	--	--
DF = 62	b2	--	--	0,02104	0,53217
I>0 in 34 Proben	Modell signif. P	0,0045		0,0004	
	Abweichung/DF	295,5		279,9	
H. contubernalis	b0	0,5292	0,12659	0,8764	2,13183
link function: log	b1	1,281	0,29757	0,0008341	0,045458
DF = 62	b2	--	--	0,0002398	0,6585
I>0 in 123 Proben	Modell signif. P	0,0162		0,0001	
	Abweichung/DF	238,1		256	
Ceraclea sp.	b0	-0,5602	0,21323		
link function: log	b1	1,743	0,47082		
DF = 62	b2	--	--		
I>0 in Proben	Modell signif. P	0,0226		n.s. */**	
	Abweichung/DF	195,5			
H. bulgaromanorum	b0	-1,262	0,2934		
link function: log	b1	2,318	0,6041		
DF = 62	b2	--	--		
I>0 in 9 Proben	Modell signif. P	0,0037		n.s. */**	
	Abweichung/DF	136,9			
H. sulphurea	b0	-0,5055	0,20576	2,034	0,35497
link function: log	b1	1,9	0,44536	--	--
DF = 62	b2	--	--	-0,04388	1,3755
I>0 in 12 Proben	Modell signif. P	0,0075		0,0001	
	Abweichung/DF	194,6		177,5	
Hydropsychidae	b0	0,4409	0,12998		
link function: log	b1	1,636	0,29107		
DF = 62	b2	--	--		
I>0 in 40 Proben	Modell signif. P	0,0020		n.s. */**	
	Abweichung/DF	249,9			

Tabelle 79: Konstanten und Irrtumswahrscheinlichkeiten für die link funktion. Abundanz  $Y = \exp[b_0 + (b_1 \times X) + (b_2 \times X^2)]$  (\*\* alpha =0,05; \* alpha =0,1)

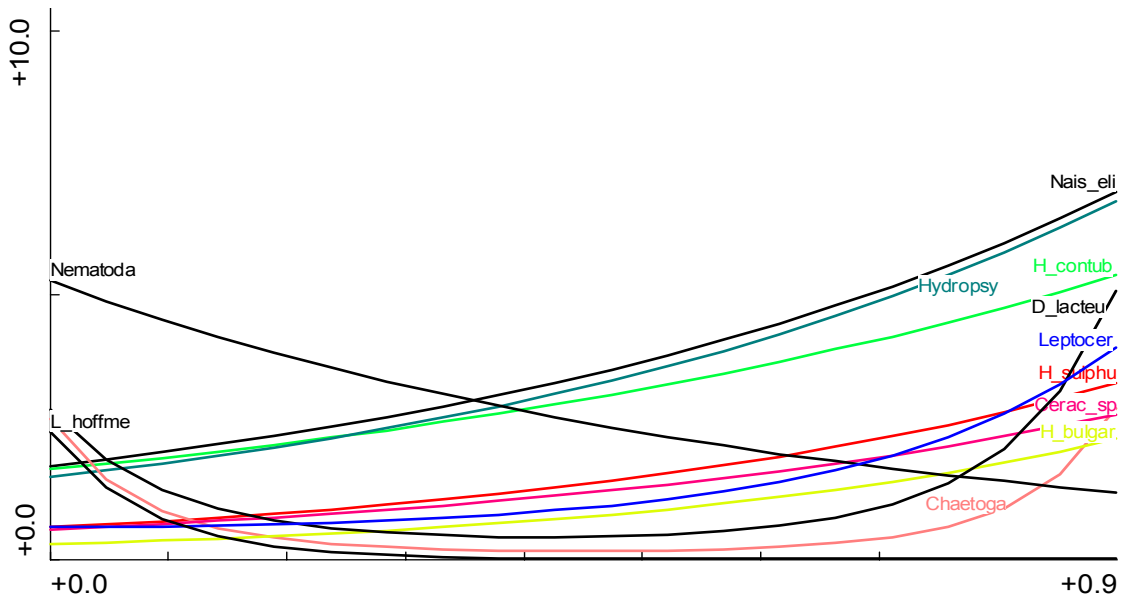


Abbildung 61: Modell responses; Umgebungsfaktor Strömung gegen ln Individuen /m<sup>2</sup>; alpha=0,05

Auch die GLM Regression charakterisiert Nematoda und *L. hoffmeisteri* als Taxa, welche Abundanzmaxima bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten haben. Diese Ergebnisse sind hoch signifikant. Eine Abundanzzunahme für erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten ist u.a. für die Taxa *H. contubernalis*, *H. bulgaromanorum* und die 1. und 2. Larvenstadien der Hydropsychidae, sowie Leptoceridae und *H. sulphurea* zu verzeichnen. Für *Dendrocoelum lacteum* und *Chaetogaster sp.* werden 2 Abundanzmaxima angegeben.

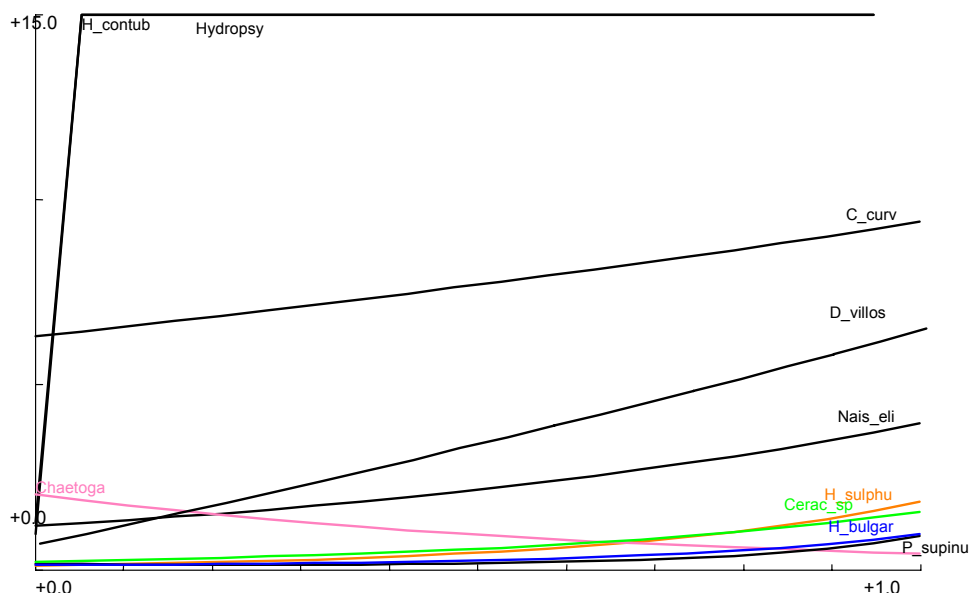


Abbildung 62: Modell responses; Parameter Probenahmejahr gegen ln Individuen /m<sup>2</sup>; alpha=0,05

Für die oben in der Regression der Strömungsgeschwindigkeit gegen Species erwähnten Taxa ist ein leichter Trend zur Zunahme der Abundanz während der Probenahmeperiode (Abbildung 62) festzustellen. Lediglich die angesprochenen *D. villosus* und *C. curvispinum* zeigen eine deutliche Zunahme in der Abundanz. In Bezug auf den Parameter Jahresmonat war von Mai bis Oktober

- 
-



eine leichte Zunahme der Taxa Nematoda und *D. lacteum* festzustellen. *H. sulphurea* und die Jugendstadien der Gammaridae nahmen im Jahresverlauf ab, während die Abundanz von *H. contubernalis* auf annähernd gleichem Niveau blieb.

Aufgrund der sehr niedrigen Korrelationskoeffizienten zwischen den weiteren Parametern und Taxa wird auf eine Betrachtung der weiteren Parameter verzichtet.

#### 5.5.2.4.4 multiple Regression

Konstante	βEnv1	βEnv2	βEnv3	βEnv4	βEnv5	βEnv6	βEnv7	βEnv8
Konstante βEnv.. für Umweltparameter	h_Mod	HvBg_Mw	Jahr	MonatZ	O2GeMna2	pHMna2	TmpMxa2	v_GesNeu
Konstante βEnv.. für Achse1	-0,226139486	-0,134806322	0,952658267	0,054516287	0,188991383	-0,344419281	-0,0238302	0,25058248
Konstante βEnv.. für Achse2	-0,59205119	0,09340353	-0,222232546	0,439408812	0,225071856	-0,09063975	0,016705899	-0,38088342
Konstante βEnv.. für Achse3	0,220571835	-0,743731583	0,390183103	0,498067558	-0,593450801	0,526927151	-0,18112135	-0,07923092
Konstante βEnv.. für Achse4	-0,158043618	1,518859638	-0,298405288	0,475042925	-0,272557888	-0,576217046	1,23640382	-0,61918854
Standardfehler der konstanten βEnv.. für Achse1	4,06845E-06	7,82517E-06	6,77096E-06	5,69439E-06	4,46934E-06	7,43455E-06	7,4634E-06	4,19619E-06
Standardfehler der konstanten βEnv.. für Achse2	4,32772E-06	8,32384E-06	7,20244E-06	6,05727E-06	4,75415E-06	7,90832E-06	7,93902E-06	4,4636E-06
Standardfehler der konstanten βEnv.. für Achse3	3,4655E-06	6,66546E-06	5,76749E-06	4,85046E-06	3,80697E-06	6,33273E-06	6,35731E-06	3,5743E-06
Standardfehler der konstanten βEnv.. für Achse4	3,99943E-06	7,69241E-06	6,65608E-06	5,59777E-06	4,39351E-06	7,30841E-06	7,33678E-06	4,125E-06
Signifikanz der konstanten βEnv.. für Achse1	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Signifikanz der konstanten βEnv.. für Achse2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Signifikanz der konstanten βEnv.. für Achse3	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Signifikanz der konstanten βEnv.. für Achse4	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Standardisierungs konstante γEnv..	1,658690252	0,028034922	2,015810523	0,73105866	0,801230732	5,681114642	0,37364492	4,006133119
Standardisierungs konstante cEnv..	-0,956416349	-6,098805605	-1,133893419	-5,163101785	-7,014362422	-46,95027198	-8,72908126	-0,97275408

Tabelle 80: : Konstanten der Umweltvariablen; multiple Regression SamE gegen Umweltvariablen

Die Signifikanzen und Korealitionskoeffizienten der durchgeführten Regression sind, aufgrund der Rückrechnung der Iteration groß (~1) und hoch signifikant.

Die Konstanten für die weiteren Taxa spezifischen Variablen sind der nächsten Tabelle zu entnehmen.

Art	Variable b für	Bezeichnung	Koeffizient b	Signifikanz
G_tigrin	1 .Achse	b1	0,365616848	3,76876E-38
	2 .Achse	b2	0,838178063	0,167049978
Konstante Φ 8,080649165	3 .Achse	b3	0,696520867	0,002166674
	4 .Achse	b4	-0,213173777	0,009910445
	R: 0,5	R-Quadrat: 0,25	F: 5	0,001535377
C_curv	1 .Achse	b1	1,994646196	4,04741E-32
	2 .Achse	b2	0,097713645	1,56561E-07
Konstante Φ 8,040938899	3 .Achse	b3	0,032749494	0,771711081
	4 .Achse	b4	-0,331765151	0,922509415
	R: 0,62	R-Quadrat: 0,38	F: 9,12	8,35877E-06
D_villos	1 .Achse	b1	2,561185404	1,27141E-21
	2 .Achse	b2	-0,778934486	1,19234E-13
Konstante Φ	3 .Achse	b3	0,443286087	0,004986337

- 
-

3,97085918	4 .Achse	b4	0,893495248	0,102162655
	R: 0,81	R-Quadrat: 0,66	F: 28,62	3,11006E-13
Nematoda	1 .Achse	b1	0,13859347	8,2505E-13
	2 .Achse	b2	1,97149488	0,74476224
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,04422067	1,8977E-05
3,84948303	4 .Achse	b4	0,4972804	0,91723641
	R: 0,53	R-Quadrat: 0,28	F: 5,79	0,00053615
C. luctuo	1 .Achse	b1	1,08255165	7,4616E-12
	2 .Achse	b2	-0,33867585	0,00088132
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,39712114	0,27743072
2,630061192	4 .Achse	b4	-0,02100561	0,2036696
	R: 0,45	R-Quadrat: 0,2	F: 3,78	0,00832965
N. bretsc	1 .Achse	b1	1,15089385	4,3671E-13
	2 .Achse	b2	0,8391545	0,00620088
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-1,92806826	0,04285145
3,750558593	4 .Achse	b4	-0,5384911	1,3148E-05
	R: 0,62	R-Quadrat: 0,38	F: 9,18	7,7693E-06
D. polymo	1 .Achse	b1	1,05024629	1,2027E-12
	2 .Achse	b2	1,23438454	0,00168465
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	1,19305991	0,00027565
2,867230251	4 .Achse	b4	0,07414841	0,00041928
	R: 0,63	R-Quadrat: 0,4	F: 9,96	3,1616E-06
H. contub	1 .Achse	b1	1,15855188	1,5636E-10
	2 .Achse	b2	-0,71638678	0,00053878
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,32502995	0,02728936
2,446553531	4 .Achse	b4	0,1355307	0,3086004
	R: 0,5	R-Quadrat: 0,25	F: 4,94	0,0016708
Enchytra	1 .Achse	b1	0,76507774	2,7217E-09
	2 .Achse	b2	0,36332428	0,07645298
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,70470614	0,39527415
2,969250034	4 .Achse	b4	0,92418532	0,10202512
	R: 0,4	R-Quadrat: 0,16	F: 2,87	0,03052225
Hydropsy	1 .Achse	b1	1,05900511	6,0347E-10
	2 .Achse	b2	-0,8266766	0,0030369
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,73659681	0,01892731
2,529441274	4 .Achse	b4	0,06410524	0,03562815
	R: 0,5	R-Quadrat: 0,25	F: 5,01	0,00151917
C. dissim	1 .Achse	b1	1,365965859	1,08713E-09
	2 .Achse	b2	-0,125600216	1,16727E-05
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,244902875	0,661291987
2,063254326	4 .Achse	b4	-0,075443174	0,394021656
	R: 0,54	R-Quadrat: 0,29	F: 5,98	0,000412598
Nais_eli	1 .Achse	b1	1,883556676	2,44566E-09
	2 .Achse	b2	0,000797396	1,00902E-05
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,166996571	0,998375542
2,740080776	4 .Achse	b4	-0,432130298	0,670066521
	R: 0,54	R-Quadrat: 0,3	F: 6,18	0,000317363
Nais_sp	1 .Achse	b1	-0,48342905	1,31343E-08
	2 .Achse	b2	1,421865536	0,248146297
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,779378613	0,001105492
2,732821539	4 .Achse	b4	0,716168313	0,064985578
	R: 0,5	R-Quadrat: 0,25	F: 4,91	0,001736019
C. beskid	1 .Achse	b1	0,928268145	9,49597E-06
	2 .Achse	b2	0,061498803	0,000248211
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,170738098	0,796970804
1,153301869	4 .Achse	b4	0,521645781	0,475902473
	R: 0,51	R-Quadrat: 0,26	F: 5,15	0,001255686
H. sulphu	1 .Achse	b1	0,752996449	9,28472E-06
	2 .Achse	b2	-0,485970361	0,001291071
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-0,772462917	0,033161991

•  
•

1,081160698	4 .Achse	b4	-0,03850173	0,000987842
	R: 0,57	R-Quadrat: 0,32	F: 7,06	0,000103119
Nais_pse	1 .Achse	b1	0,855806896	2,85977E-05
	2 .Achse	b2	-0,772947081	0,004995452
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	-1,082525345	0,010749824
1,331046182	4 .Achse	b4	0,525777874	0,000491799
	R: 0,59	R-Quadrat: 0,35	F: 8,07	2,94062E-05
Tubifi	1 .Achse	b1	-1,17248478	0,00098474
	2 .Achse	b2	0,61495709	0,00042207
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,01689295	0,05470709
1,088070998	4 .Achse	b4	0,02349224	0,95724011
	R: 0,48	R-Quadrat: 0,23	F: 4,45	0,00326191
P_nitidu	1 .Achse	b1	0,72220603	0,00036792
	2 .Achse	b2	0,26511074	9,4772E-07
Konstante $\Phi$	3 .Achse	b3	0,62800229	0,0490886
0,498727865	4 .Achse	b4	-0,25091751	1,2968E-05
	R: 0,71	R-Quadrat: 0,51	F: 15,07	1,528E-08

Tabelle 81: Konstanten der Taxan; multiple Regression SamE gegen Abundanz Taxon

Für die in die Analyse eingegangenen Umweltparameter ergibt sich folgender Term:

$$Y_{\Phi\_inProbe\_i} = \left[ e^{\left[ \bar{y}_{\Phi} + \left[ b1 * (\beta_{Env\_1/1.Achse} * (c_{Env\_1} + \gamma_{Env\_1} * V_{Env\_1}) + \dots + \beta_{Env\_n/1.Achse} * (c_{Env\_n} + \gamma_{Env\_n} * V_{Env\_n})) + \dots \right] \right]} - 1 \right] / 10$$

Die aufgeführten Taxa waren jene Taxa welche in den meisten Proben abundant waren, für die daher auch die am besten abgesicherten Aussagen getroffen werden können. Die Regressionen korrelieren meist mäßig ( $R^2 > 0,3$ ) aber signifikant auf einem hohen Niveau von mindestens 5%iger Irrtumswahrscheinlichkeit. Hohe Korrelationen werden für die Taxa *Dikerogammarus villosus* und *Pisidium nitidum* ausgegeben ( $R^2 > 0,5$ ). Alle weiteren in den Proben aufgefundenen Taxa waren entweder in nicht ausreichender Anzahl vorhanden, die Signifikanz lag unter 5% oder der Korrelationskoeffizient war zu niedrig.

#### 5.5.2.4.5 Diskussion der Ergebnisse des Hartsubstrats

Um den Anteil einzelner Umweltparameter an der Varianzerklärung zu ermitteln wurde eine partielle RDA durchgeführt.

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	0,081	0,061	0,041	0,025	1,000
Species-environment correlations :	0,869	0,803	0,790	0,775	
Cumulative percentage variance					
of species data :	8,1	14,2	18,3	20,8	
of species-environment relation:	30,4	53,6	69,0	78,4	
Sum of all unconstrained eigenvalues					1,000
Variance explained by Variables (Sum of all canonical eigenvalues)				26,5	0,265
Variance explained by covariable pHmna				1,6	0,016
Variance explained by covariable Wassertemperatur Maxima				1,8	0,018
Variance explained by covariable Jahresmonat				2,3	0,023
Variance explained by covariable Pegel Havelberg				2,4	0,024
Variance explained by covariable Strömungsgeschwindigkeit vGesNeu				2,5	0,025
Variance explained by covariable Sauerstoffgehalts Minimum				2,5	0,025
Variance explained by covariable modellierte Wasserstandshöhe				3,1	0,031
Variance explained by covariable Jahr				3,5	0,035
Nicht erklärte Restvarianz				78,2%	0,782
Test of significance of first canonical axis:			p- value	0,001	

- 
-

Tabelle 82: Kennwerte der RDA Weichsubstrat

Das Probennamejahr ist der Faktor mit der größten Varianzerklärung, gefolgt von der modellierten Wasserstandshöhe, Sauerstoffgehalt des Wassers und Strömungsgeschwindigkeit. Die anderen Parameter weisen sehr ähnliche nicht wesentlich geringere Varianzerklärungen auf. Insgesamt werden nur sehr niedrige Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Umweltparametern und Taxa berechnet. Insbesondere mit dem wichtigen Faktor Strömungsgeschwindigkeit ergeben sich wenige Korrelationen. Dies kann durch die Tatsache begründet sein, daß durch die Buhenschüttung ein spezielles kleinräumiges Mikroklima gegeben ist, welches durch die Modellierung nicht erfasst wird. Die gemessenen Geschwindigkeiten könnten hier bessere Parameter zur Beschreibung der Reaktion der Fauna auf die Umweltbedingungen ergeben (s. Voranalyse). Da aber nur an 33 Hartsubstrat Probestellen die Strömungsgeschwindigkeit mittels ADV Gerät in der erforderlichen Güte gemessen wurde, war es nicht möglich, hinreichend abgesicherte Aussagen über die Reaktion der Fauna der Hartsubstrate auf den Umweltfaktor Strömung zu machen. Es wurde daher der Mischparameter vGes\_neu verwendet, bei welchem für Stellen wo keine ADV Messungen vorlagen die Werte aus der Modellierung verwendet wurden. Dies ergab die doppelte Probenanzahl aber auch Ergebnisse mit weniger großer Aussagekraft.

Da auch für die Hartsubstrate wie für das Weichsubstrat keine vergleichbare Untersuchung existiert, werden die in der Literatur gefundenen Ansätze und Informationen über die autökologischen Ansprüche der einzelnen Taxa in Bezug auf jeweils einen Umweltparameter kompiliert. Diese sollen qualitativ in Bezug auf Tendenz und Aussage mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung verglichen werden (siehe Diskussion Ergebnisse Weichsubstrat).

Die besten Korrelationen wurden für die Taxa *D. villosus*, *P. nitidum* und *D. polymorpha* erhalten. Nach BLAFW (1996) und MOOG 1995 ist ***D. polymorpha*** als indifferent gegenüber dem Faktor Strömung einzustufen. Die Untersuchungen von BÄTHE & PREUSS (1994 und 1993) und DIRKSEN (1995) bestätigen dies durch Funde in den strömungsberuhigten Schleusenkanälen der Mittelweser und ebenso den frei fließenden Abschnitten der Weser. Unsere Ergebnisse lassen ebenfalls diesen Schluß zu: es konnten keine Korrelationen durch GLM und RDA zwischen der Strömung und dem Vorkommen von *D. polymorpha* gefunden werden. Die Güte der Regression ist mit einem  $R^2$  von 0,4 aber relative hoch. Dies läßt sich auf die gute Korrelation mit dem Jahresmonat zurückführen, da die Zebrauschel erst gegen Ende des Jahres, wahrscheinlich wegen Verbesserung der Wasserqualität auftrat. Möglicherweise ist aber auch die Fangeffizienz bei niedrigerem Wasserspiegel höher gewesen, da *D. polymorpha* tiefere, nicht von Wellenschlag beeinflusste Wasserschichten bevorzugt (gute negative Korrelation zu der modellierten Wassertiefe). Die Modellierung der Dreikantmuschel ist, da nicht von den modellierten Parametern abhängig, nicht möglich.

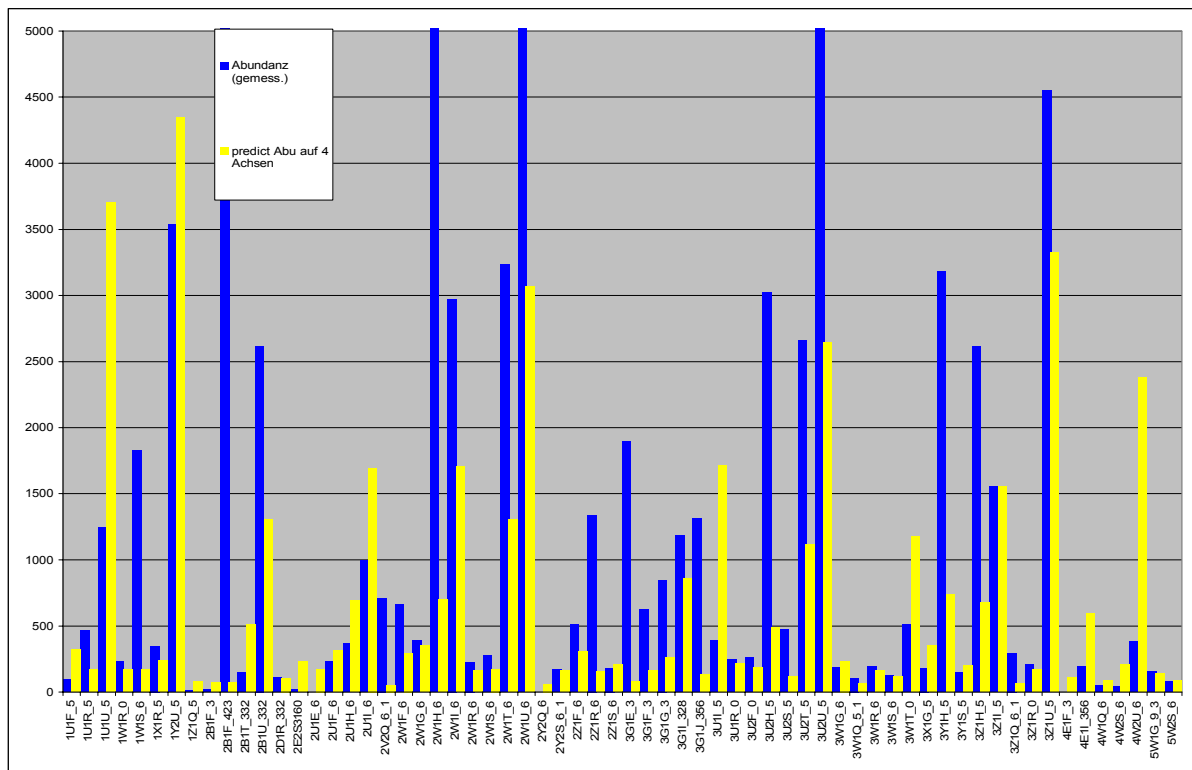


Abbildung 63: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen *G. tigrinus*

$R^2$  für *D. villosus* ist mit 0,66 ebenfalls hoch. Auch hier ist dies aber auf den nicht modellierten Parameter Probenahmejahr zurückzuführen. *D. villosus* wanderte im 2. Jahr der Probenahme 1999 in das Probenahmegebiet ein. Er wurde 1998 nicht gefunden. Auch für *D. villosus* ist, wie für *G. tigrinus* keine signifikante Abhängigkeit von der Strömung durch GLM und RDA nachzuweisen. Für *D. villosus* finden sich wie für *G. tigrinus* keine quantitativen differenzierten Angaben in der Literatur zur Strömungspräferenz. Für *D. villosus* ist aber ebenfalls die *G. tigrinus* attestierte rheolimnophilie (BLAFW 1996 / MOOG 1995) anzunehmen. Allerdings sind Gammariden auch in lenitischen Bereichen zu finden, da es zur Strategy dieser mobilen Tiere gehört, aktiv lenitische Bereiche (z.B. mit Nahrungsressourcen) aufzusuchen und diese wieder zu verlassen und sich in lotischen Bereichen verdriften zu lassen (INSTINSKY 1983)(zB. wenn die Sauerstoffversorgung unzureichend wird). Sie nutzen insbesondere die Grenzschicht und entziehen sich der Strömung schnell wieder in Refugialräume, wie Scherer (1965) für *G. pulex* ermittelte. Dies ist ebenfalls für die Potamalarten ((BLAFW 1996 / MOOG 1995) *G.tigrinus* und *D. villosus* anzunehmen. Es ist daher für diese Taxa wohl auch nicht möglich korrekte Daten über die Strömungspräferenz zu ermitteln. Hier dürften andere Parameter eine Rolle spielen wie auch schon in der Diskussion des Teils „Weichsubstrat“ angesprochen. Eine Modellierung des Vorkommens über den Parameter Strömung erscheint daher nicht als sinnvoll.

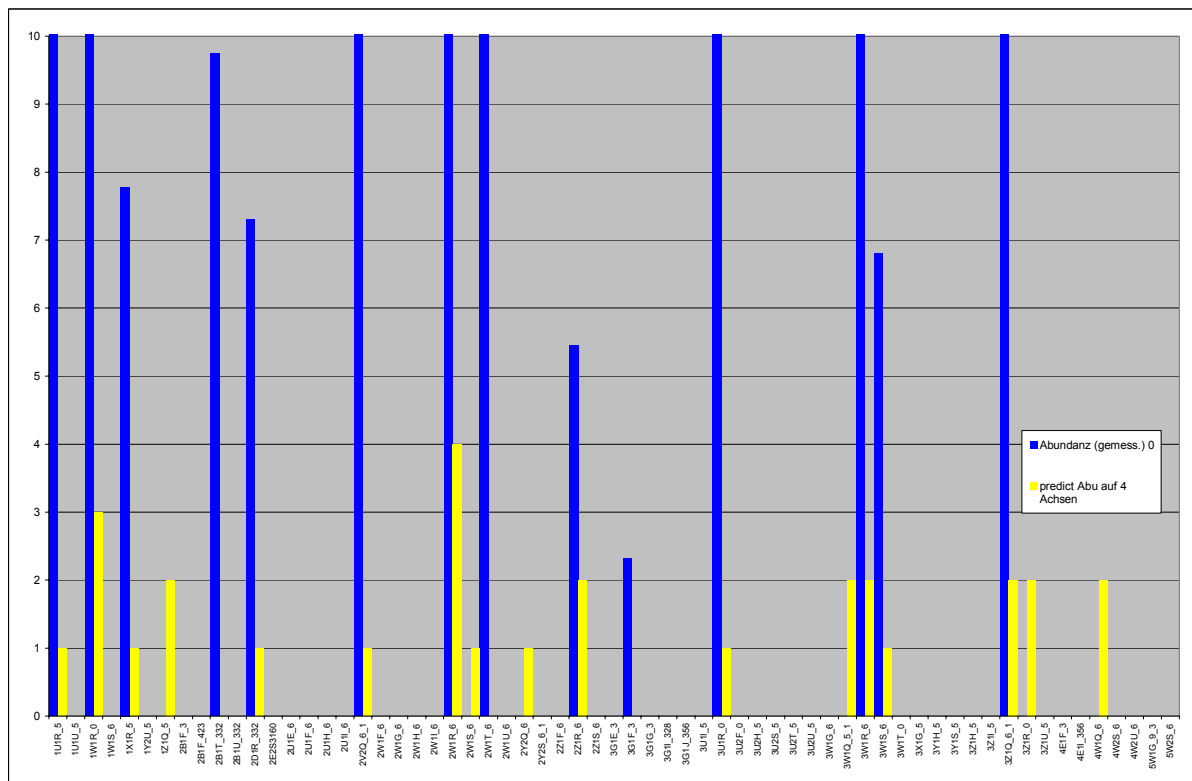


Abbildung 64: Gegenüberstellung gemessene und modellierte Abundanzen von *H. sulphurea*

Die Abundanzentwicklung in Abhängigkeit der Umweltfaktoren von *H. sulphurea*, einer rheophilen Art (BLAFW 1996), welche an Fließgewässer gebunden ist und in größeren Strömen in Riffeln vorkommt (ELLIOT et al 1988), wird durch die Regression relativ gut ( $R^2 = 0,32$ ) wiedergegeben. Die Präferenz der typischen Potamalart (SCHÖLL 2002) für höhere Strömungsgeschwindigkeiten finden sich auch in der GLM Regression wieder. Es werden durch die Regression allerdings insgesamt wesentlich geringer Abundanzen berechnet als vorgefunden wurden. Dies ist, bei einer linearen Regression über Proben welche eine große Anzahl von Null – Werten enthalten aber auch nicht anders zu erwarten. Die Vorkommen der Leptoceriden in der Elbe werden durch die Regression wesentlich schlechter modelliert.

Ebenfalls rheophil, bevorzugt *Hydropsyche contubernalis* stabile Substrate mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten. Auf Dauer stabile Substrate sind in der Elbe lediglich die Buhnensteine, welche aber im oberen Bereich -insbesondere bei Niedrigwasser - starken Schwankungen der Strömung in Richtung und Geschwindigkeit ausgesetzt sind. Dies ist für die netzbauenden Hydropsychidae ungünstig, da entweder keine Nahrung gefangen wird oder die Netze zerreißen. SCHMEDTJE (1995 ) gibt an, daß die Strömungspräferenz vom Fangerfolg abhängig ist. Dies kann auch auf die Substratwahl zutreffen, da *Hydropsyche contubernalis* an der Elbe auch auf Mittelkies in Bereichen, welche zudem weniger den Schiffseinwirkungen ausgesetzt waren, gefunden wurde. Die Larven (keine Puppen!) webten mit Gespinnstfäden in diesen Bereichen 2-3 größere Kiesel zusammen, um so die Abdriftwahrscheinlichkeit zu erniedrigen. Das potentiell für die Hydropsychen besiedelbare Areal wurde damit drastisch vergrößert. TACHET ET AL. (1992) geben für *H. contubernalis* einen Präferenzbereich von 0,15 m/s an. Dies ist wesentlich niedriger als von uns ermittelt wurde. SCHERER (1965) ermittelte ein Vorkommen bei mehr als 0,4m/s. Dies entspricht in etwa unseren Ergebnissen. Die unter dem Taxon *Hydropsychidae* aufgeführten Tiere waren Hydropsychen, welche sich als zu klein für eine genauere Determination erwiesen. Sie wiesen eine ähnlichen Präferenzbereich auf wie die größeren Larvenstadien.

Für die nur in 9 Proben aufgefundene *Hydropsyche bulgaromanorum* wird ein ebensolches  $R^2$

von 0,25, wie für *H. contubernalis* und Hydropsychidae ermittelt. Die Korrelation der 3 Taxa mit dem Faktor Strömung ist hoch und signifikant wie durch GLM Analyse und RDA bestätigt wird. Eine Modellierung erscheint daher sinnvoll und abgesichert.

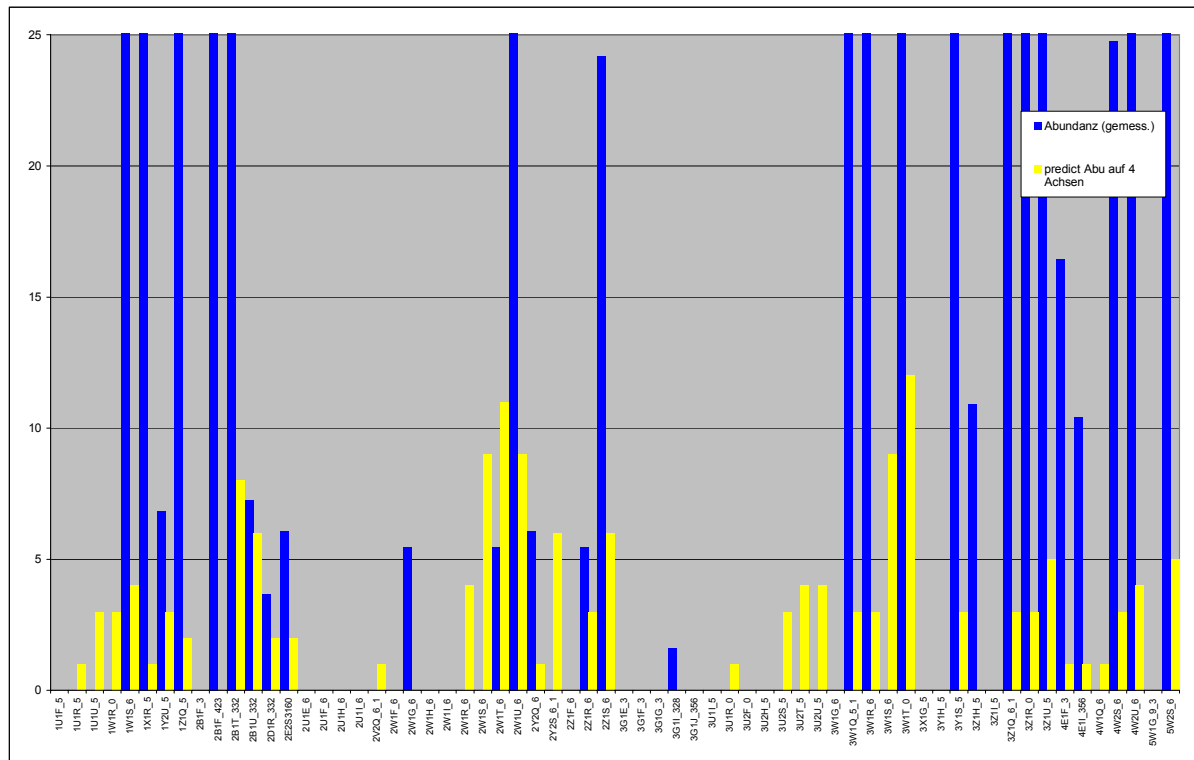


Abbildung 65: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen *H. contubernalis*

Die GLM Regression zeigt für *Dendrocoelum lacteum* und *Chaetogaster sp. 2* Abundanzmaxima: jeweils eines bei sehr hohen und eines bei sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten. Dies erscheint nicht plausibel und ist auf die geringe Probenanzahl ( $n=10$ ) zurückzuführen in welcher *Chaetogaster sp.* gefunden wurde. Durch die lineare Regression wird dieses nivelliert und ein stagnophiles Verhalten wird ermittelt. Für *D. lacteum* und *Chaetogaster sp.* wird daher aber auch eine relativ geringe Güte der Korrelation von  $R^2 = 0,15$  bzw.  $R^2 = 0,16$  angegeben.

*L. hoffmeisteri* wurde ebenfalls als Taxon ermittelt, welches Abundanzmaxima bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten hat. Das ermittelte  $R^2$  von 0,09 ist allerdings sehr niedrig. Die Präferenzen, wie sie in der Literatur angegeben werden, wurden schon im Kapitel „Datensatz Weichsubstrat“ diskutiert. Ich verweise daher an dieser Stelle auf dieses.

Fazit: aufgrund der geringen Probenanzahl konnte nur für wenige Taxa eine gute Korrelation erzielt werden. Die Taxa *H. sulphurea* und *H. contubernalis* u.a. werden, aufgrund der relativ guten Korrelationen, als für die Modellierung geeignet eingeschätzt.

## 5.6 Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse

### 5.6.1 Struktur der Biozönose

Die durch die Untersuchungen ermittelten dominanten Taxa sind euryöke Arten (wenig spezialisiert), welche wahrscheinlich durch die immer noch relativ schlechte Gewässergüte (II-III) der Elbe selektiert werden. Eine Ab- oder Zunahme der Abundanz oder Veränderungen im Wachstum als Antwort auf eine Modifikation anderer Umweltfaktoren als die Gewässergüte, wie z. B. Strömung oder Substrat, welche Gegenstand dieser Untersuchung sind, ist bei einer euryöken

- 
-

Biozönose schwieriger zu ermitteln. Die vorgestellten Analysen der Ergebnisse zeigen aber, daß es dennoch möglich ist, die Einflüsse zu erfassen. Es erweist sich allerdings als notwendig die schwierig zu bestimmenden Taxa der Oligochaeta und Chironomidae unter erhöhtem Zeit- und Arbeitsaufwand weiter zu differenzieren, da sich so Änderungen in der Biozönose deutlicher detektieren lassen.

Taxon	1998	1999
Acari	2	1
Amphipoda	5	4
Araneae	1	1
Branchiura		1
Bryozoa	2	3
Chironomidae	79	89
Coelenterata	3	3
Coleoptera	3	6
Copepoda	1	1
Diptera	8	8
Ephemeroptera	11	17
Heteroptera	2	4
Hirudinea	3	4
Isopoda	3	1
Mollusca	27	22
Nematoda	1	1
Nematomorpha	1	1
Odonata	2	1
Oligochaeta	35	36
Oligochaeta undifferenziert	1	1
Ostracoda	1	1
Phyllopoda	1	2
Plecoptera	0	2
Spongillidae	1	1
Trichoptera	17	21
Turbellaria	1	3
Summe	211	235

Tabelle 83: Artenzahlen pro höheres Taxon der Jahre 1998 und 1999 im Vergleich

Ein Vergleich der Zönosen von 1998 und 1999 (Tabelle 83) zeigt, daß die Struktur der Biozönose ähnlich ist (s.o.). Es zeigen sich aber Änderungen im Detail: die Artenzahl der Ephemeroptera und Trichoptera haben in 1999 zugenommen, ebenso wie die durchschnittlichen Abundanzen, welche um 32% bzw. 40% zunahmen. Dies unterstützt die Annahme, daß das Jahr 1998 in Bezug auf anhaltenden, geringen Abfluß (damit auch Schadstoffkonzentration) und Biozönose eine Ausnahmesituation darstellte.

SubstratCharakteristik	98	99
Hart	1016	2068
Weich	3295	4757

Tabelle 84: Durchschnittliche Abundanzen der Jahre 1998 und 1998 im Vergleich

Ein weitere qualitativer Hinweis darauf, daß der selektierende Umweltfaktor die Gewässergüte ist, war das vermehrte Auftreten von *Hydropsyche contubernalis* zum Probenahmezeitraum im Oktober 1998, als die Elbe einen höheren Abfluß aufwies und sich daher auch die Wasserqualität verbesserte: *H. contubernalis* ist ebenfalls als euryök einzustufen und kann als Larve auch Gewässer mit schlechterer Wasserqualität besiedeln, sie kann ihren Entwicklungszyklus (Larve-Puppe-Imagines) aber erst bei besseren Umweltbedingungen abschließen (DIRKSEN (1998), BÄTJE (1998). Für die Elbe-Population von *H. contubernalis* ist ein bivoltiner Entwicklungszyklus (2malige Eiablage und Entwicklung) anzunehmen, da dies auch für andere deutsche Flüsse berichtet wird (EDINGTON & HILDREW 1981; DIRKSEN 1998). Da während der Sommermonate keine Puppen oder 5. Larvenstadien gefunden wurden, ist anzunehmen, daß *H. contubernalis* ihren Entwicklungszyklus im Sommer nicht vollenden konnte, während dies im Herbst aufgrund der verbesserten Wasserqualität möglich war. Da die Untersuchung aber nur einen Zeitraum von 2 Jahren einschloß, kann hier keine abschließende Aussage über die Ursachen der Veränderung in



der Fauna gezogen werden. Veränderungen in der Faunen- Zusammensetzung müssen nicht notwendigerweise ihre Erklärung in den gemessenen Umgebungsvariablen finden (s. u.a. MEIRE et al 1994), sondern können ihre Ursachen auch in der der Population eigenen Oszillation mit mehrjähriger Amplitude haben.

Der Vergleich mit anderen Untersuchungen (siehe Tabelle 85) ergibt, daß die bislang für das Jahr 1999 ermittelte Taxazahl und Diversität immer noch relativ gering ist. Für Abschnitte der Elbe, die oberhalb unserer untersuchten Buhnenfelder liegen, wird eine höhere Diversität angegeben (SCHÖLL & BALZER 1998). Die dort ermittelte Taxazahl entspricht den Daten aus Rheinuntersuchungen von 1990. SCHÖLL & BALZER (1998) fanden im Bereich unseres Untersuchungsgebietes ebenfalls wenige Arten.

Fluß	Artenzahlen (ohne Chiro.u. Oli.)	Artenzahlen (mit Chiro.u.Oli.)	Untersuchungsjahr	Abschnitte	Autor
Elbe	71	179	1998 und 1999	418-427	Eigene Untersuchungen
Elbe	58		1992-1997	331-586	Schöll & Balzer (1998)
Elbe	99		1992-1997	97-330	Schöll & Balzer (1998)
Rhein	98		1990		Franz et al., Tittizer et al., Schiller (1990), Schöller (1990) auHastrich (1994)

Tabelle 85: Vergleich der Taxazahl verschiedener großer Flüsse

Allerdings ist die Gesamt-Abundanz der Individuen relativ hoch: Es ergeben sich Abundanzen von bis zu 600.000 Individuen. Dies ist vergleichbar mit den höchsten beschriebenen Abundanzen anderer Untersuchungen. SEYS et al. (1999) fanden bei Untersuchungen des Süßwasserteils des Schelde Ästuars eine Biozönose, charakterisiert durch Oligochaeta (insbesondere *Tubifex tubifex* und *L. hoffmeisteri*), welche ebenfalls Bestandsdichten von bis zu  $3 \times 10^6$  Individuen pro  $m^2$  erreichte. Diese Massenpopulationen werden ermöglicht durch gute Nährstoffversorgung und niedrige aber für die sehr toleranten Species ausreichender Versorgung mit Sauerstoff (CASPER 1948). Solche Massenpopulationen spielen eine bedeutende Rolle als Nahrungsressource für höhere trophische Ebenen, z.B. als Fischnährtiere. Insbesondere da Tubificiden einen besonders hohen calorischen Gehalt haben (5575 cal/g zu 3503 cal /g CUMMINS & WUYCHECK 1971)

### 5.6.2 Bewertung der Biozönose

Aufgrund der oben ausgeführten Besetzung der Biozönose mit euryöken Arten ist eine Bewertung erschwert. So kann der Saprobienindex nicht angewandt werden, da den meisten determinierten Arten kein Saprobiewert zugeordnet ist und daher die für die Bewertung nach DIN nötige Mindestanzahl von 15 Taxa nicht erreicht wird.

Jahr	Saprobienindex (DIN)	Anzahl Arten in DIN Berechnung	Saprobienindex (Moog)	Anzahl Arten in Berechnung (Moog)
98	2,5	14	1,91	72
99	3,1	15	2,1	80

Tabelle 86: Saprobindices erstellt mit Artenliste nach Din und mit Artenliste nach Moog (1995). Jeweils getrennt berechnet für Proben der Jahre 1998 und 1999

Jahr	Saprobienindex (DIN)	Substrat Charakteristik	Anzahl Arten in DIN Berechnung	Saprobienindex x (Moog)	Anzahl Arten in Berechnung (Moog)
98	2,4	Hart	9	2,24	59
98	2,6	Weich	11	1,87	49
99	2,5	Hart	12	2,14	65
99	3,1	Weich	12	2,22	56

Tabelle 87: Saprobindices erstellt mit Artenliste nach Din und mit Artenliste nach Moog (1995). Jeweils getrennt berechnet für Proben der Jahre 1998 und 1999 und die Substrattypen

Die Berechnung des Saprobienindex mit Saprobiewerten nach MOOG (1995) führt zu einer relativ guten Bewertung der Biozönose, welche den Gesamteindruck der Fauna vor Ort, aufgrund der extrem spärlichen Besiedlung der Hartsubstrate und geringen Diversität der Weichsubstrate, nicht wiedergibt. Für die Bewertung mittels dieses erweiterten Saprobier-Katalogs, welcher die Fauna Österreichs katalogisiert und nach ASCHEMEIER, et al (1997 ) auch auf die norddeutsche Tiefebene anwendbar ist, ist eine ausreichende Anzahl Taxa mit Saprobiewerten vorhanden. Die Bewertung ergibt aber insgesamt eine zu gute Beurteilung der Biozönose, da Meio- und Mikrobenthos, welche oft, aufgrund der hohen Saprobiewerte, zu einer wesentlich schlechteren Bewertung führen, nicht von der Probenahme des Projekts erfasst wurden. Insbesondere das Weichsubstrat erscheint als zu gut bewertet.

Der von der Bfg erarbeitete Potamon Typie Index (PTI) führt ebenfalls zu überraschend guten Bewertungen:

Jahr	Anzahl Taxa	Buhnenfeldkm	PTI	Bewertung (EU)	Bewertung (ök Zustand)	Anzahl bewerteProben
98	12	418,0	7,75	Gut	2	12
99	32	418,0	8,2	Gut	2	32
98	27	419,9	7,48	Gut	2	27
99	31	419,9	9,80	sehr gut	1	31
98	34	423,0	7,5	Gut	2	34
99	40	423,0	7,9	Gut	2	40
98	20	425,0	9,65	sehr gut	1	20
99	21	425,0	8,0	Gut	2	21
98	11	427,0	9,09	sehr gut	1	11
99	19	427,0	8,1	Gut	2	19

Tabelle 88: PTI für alle Proben eines Buhnenfeldes gepoolt kalkuliert.

Jahr	Buhnenfeldkm	I	II	III	IV	V
99	418,0	2	9	4	6	11
98	418,0	1	3		4	4
99	419,9	3	9	6	6	7
98	419,9	1	6	5	7	8
99	423,0	2	9	8	10	11
98	423,0	3	6	4	9	12
99	425,0	1	6	2	6	6
98	425,0	1	7	4	4	4
99	427,0	1	5	2	7	4
98	427,0	1	3	1	4	2

Tabelle 89: Anzahl Arten in den Ökoklassen; alle Proben eines Buhnenfeldes gepoolt

Jahr	Anzahl Taxa	PTI	Bewertung (EU)	Bewertung (ök Zustand):	Probenzahl
98	42	8	Gut	2	140
99	48	8,29	Gut	2	112

Tabelle 90: PTI für alle Proben eines Jahres gepoolt kalkuliert.

Jahr	I	II	III	IV	V
98	3	8	9	10	12
99	3	11	10	11	13

Tabelle 91: Anzahl Arten in den Ökoklassen; alle Proben eines Jahres gepoolt kalkuliert

Die gute bis sehr gute Bewertung, insbesondere der Stromkilometer 424 und 427 ist auf das gehäufte Auftreten einer Chironomiden Art *Robackia demejerei* zurückzuführen. Weitere Arten die in die Ökoklasse I eingeordnet werden sind *Rheotanytarsus photophilus* und *Heptagenia flava*.

Da die Aufnahme der Fauna im Elbabschnitt aufgrund der extensiven Probenahme sehr vollständig war, wurden auch Einzelexemplare der als „gut“ oder sehr gut bewerteten Arten aufgefunden. Dies hebt die Bewertung stark an, da der Index die Biozönose nur aufgrund des Vorkommens der Taxa

bewertet. Unberücksichtigt bleiben quantitative Merkmale der Biozönose.

Insgesamt zeigt die Elbfauna im Untersuchungsgebiet eine potamaltypische aber sehr euryöke Biozönose. Es fehlen die elbetypischen Arten, welche in PETERMEIER et al. (1994) genannt werden, insbesondere viele Trichopteren und Ephemeropteren.

### 5.6.3 Fehlerbetrachtung der Probenahme

Fehlerquellen können das Ergebnis einer Studie verfälschen. Eine Fehlerquelle ist die Probenahmetechnik selbst. Aufgrund der „Patchiness“ der Organismen, d. h. der fleckhaften Besiedlung des Substrats und der ungleichmäßigen Verteilung der verschiedenen Größenstadien, ist eine in Bezug auf Masse und Anzahl der Organismen 100%ig wirklichkeitsgetreue Probe nicht möglich und immer nur eine Näherung. Der Fehler wurde aber durch folgende Maßnahmen minimiert:

- die Probemenge wurde möglichst groß gewählt (Probenahme Hartsubstrat)
- das Probematerial wurde an verschiedenen Stellen entnommen (Probenahme Hartsubstrat)
- die verwendete Siebgröße betrug 200µm, um auch juvenile Individuen in die Untersuchung einzuschließen.

Eine weitere Fehlerquelle ist die Beprobung mittels verschiedener Methoden, welche eine Selektion von Species bedingen oder/und die Gesamtzahl der Species über oder unterschätzen. Die Benthosproben des Weichsubstrats wurden im Projekt mit zwei verschiedenen Methoden erhoben, da im Flachwasser der Airliftsampler prinzipbedingt nicht funktioniert, während in tieferen Bereichen die Probenahme mit dem Stechrohr problematisch ist

Ein prinzipieller Nachteil der Technik „Stechrohr“ (Ø 10 cm) könnte die gegenüber dem Airliftsampler (Ø 30 cm) relativ kleine Probefläche sein. Die Hochrechnung auf den Quadratmeter könnte dadurch fehlerbehafteter sein und seltene Arten sollten mit geringerer Wahrscheinlichkeit erfaßt werden; ein multivariater statistischer Vergleich der durch die unterschiedlichen Probengeräte ermittelten Artenzahlen ergab aber keine signifikanten Unterschiede (s.u.). Zudem wurde dem Problem des „Unterschätzens“ bei der Probenahme durch ein zweimaliges Einstechen und anschließendes Poolen der Proben Rechnung getragen. Ein Problem vieler Methoden zur benthischen Probenahme ist die Flucht der benthischen Fauna bei der Probenahme. Dies ist bei dem Airliftsampler prinzipbedingt auszuschließen, da die Probenahme innerhalb von ca 10 Sekunden erfolgt (s.a. PETERMEIER & SCHÖLL 1996) und der Fuß des Airliftsamplers den zu beprobenden Bereich umschließt, sodaß das Entkommen der Tiere ausgeschlossen werden kann (DRAKE & ELLIOT.1983 (1) und 1983 (2)) Die Stechrohr – Beprobung wurde ebenfalls so rasch durchgeführt, daß die Fauna des beprobten Punktes komplett in den Probebehälter gefördert werden konnte. Schlammige Bereiche, welche durch den Airliftsampler nicht quantitativ beprobt werden (DRAKE & ELLIOT 1983), befinden sich meist in flacheren Bereichen und konnten daher mit dem Stechrohr beprobt werden. Das vorherrschende Substrat der Elbe ist von feiner Körnung und erreicht die durch DRAKE & ELLIOT (1983) ermittelte Maximallänge von 32-36 mm für die quantitative Beprobung nicht, daher kann geschlossen werden, daß die genommenen Proben repräsentative Proben der Elbfauna sind.

Um zu ermitteln, ob die Sammelmethode eine Auswahl bei der Probenahme treffen, also einige Tiergruppen unterschiedlich häufig erfaßt werden, wurde an einem Probetermin an jeweils der gleichen Stelle eine Probe mit dem Airliftsampler und eine Probe mit dem Stechrohr genommen.

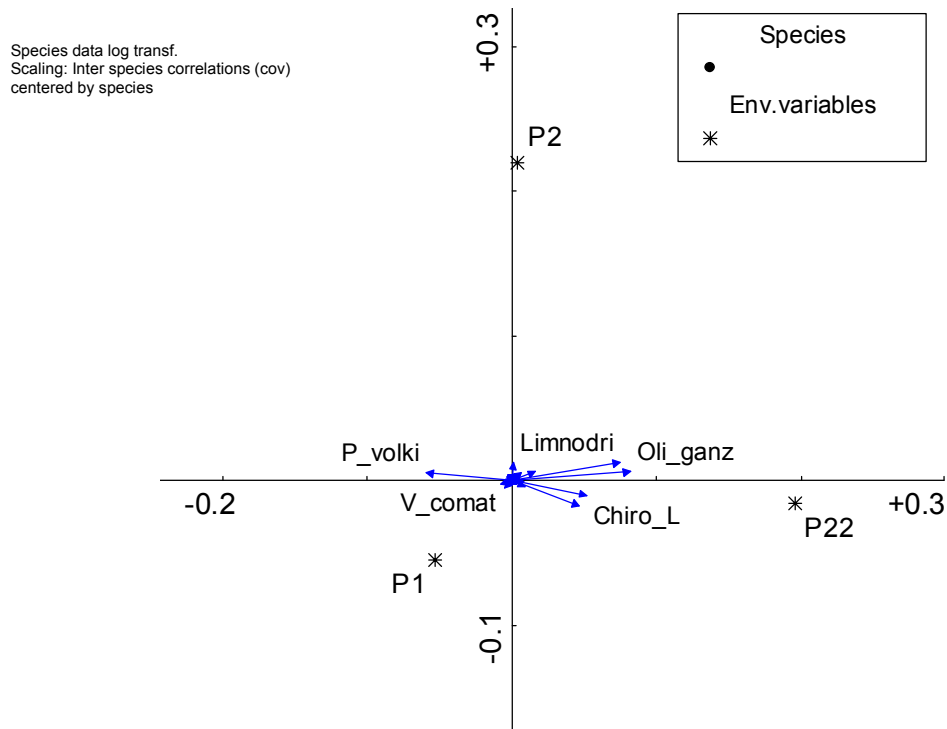


Abbildung 66: partielle RDA zum Vergleich der Probenahmemethoden

Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt eine weite Streuung aber keine Clusterbildung (nicht dargestellt). Der errechnete Pearson Korrelationskoeffizient zwischen Species und den Probenahme Methoden ergibt nur für *Pristina sp.*, Enchytraidae, *Potamotrix hammoniensis* *Pisidium nitidum* und *Waspia mobilis* Korrelationskoeffizienten zwischen 0,15 und 0,18. Alle anderen 65 Arten weisen sehr niedrige Korrelationskoeffizienten unter 0,15 auf. Es wurde ebenfalls, mit dem Datensatz für das Weichsubstrat (s.o.), eine partielle RDA (VERDONSCHOT 1999; TER BRAAK & PRENTICE 1988; TER BRAAK & VERDONSCHOT 1994) durchgeführt, um weitere evtl vorhandenen Effekte der Beprobung ermitteln zu können. Covariablen waren die im Datensatz Weichsubstrat als bestimmend für die Zusammensetzung der Fauna ermittelten Variablen.

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	.011	.000	.667	.134	1.000
Species-environment correlations :	.227	.079	.000	.000	
Cumulative percentage variance					
of species data :	1.2	1.3	76.6	91.7	
of species-environment relation:	95.6	100.0	.0	.0	
Sum of all unconstrained eigenvalues					.885
Sum of all canonical eigenvalues					.011

Tabelle 92: Kennwerte der partiellen RDA (RDA mit Covariablen)

Die Eigenwerte und die (partielle) Rest Inertia der Dummy Variablen der Probearten ist sehr klein (0,011). Lambda1 die Varianterklärung durch die Umweltvariable allein liegt bei 0,01. Der Monte Carlo Permutationstest zeigte ebenfalls, daß keine signifikanten Unterschiede zwischen den Probearten auszumachen sind ( $p > 0,16$ ). Die Probemethoden Stechrohr, bzw. Sampler scheinen daher keine Arten zu bevorzugen oder zu benachteiligen, womit die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse gewährleistet ist.

Weitere mögliche Fehlerquellen und –größen der Probenahme werden in der Literatur diskutiert, ich verweise deshalb auf die solche (DOWNING 1979, CUMMINS 1962, MACAN 1958)

## 5.7 Carabidae

### 5.7.1 Artinventar und Dominanzcharakteristik

Insgesamt wurden 29307 Carabidae aus 1569 Bodenfallen und 47 Carabidae aus 11 Handfängen bestimmt. Dabei wurden 123 Laufkäferarten nachgewiesen (Tabelle 93).

*Agonum afrum\_duftschmidi\_female* (Ago\_afdf) ist eine „Pseudoart“. Es handelt sich um weibliche Tiere von *Agonum afrum* oder *Agonum duftschmidi*, die nicht sicher zugeordnet werden können. Da im Gebiet jedoch keine Männchen von *Agonum duftschmidi* gefunden wurden, ist es wahrscheinlich, dass es sich bei den weiblichen Tieren ebenfalls um *A. afrum* handelt. Bei *Trechus indet\_female* (Tre\_oqw) handelt es sich ebenfalls um nicht bestimmbar Weibchen, die entweder *Trechus quadristriatus* (Tre\_qua) oder *Trechus obtusus* (Tre\_obt) sein können.

Kürzel	Gattung	Art	AUTOR	Abundanz	Dominanz	Dominanzklasse	Bewertung
Bem_vel	Bembidion	velox	(L., 1761)	15790	53,878	eudominant	Hauptart
Bem_arg	Bembidion	argenteolum	Ahr., 1812	2838	9,684	subdominant	Begleitart
Bem_fem	Bembidion	femoratum	Sturm, 1825	2286	7,800	subdominant	Begleitart
Ela_rip	Elaphrus	riparius	(L., 1758)	2023	6,903	subdominant	Begleitart
Bem_pun	Bembidion	punctulatum	Drapiez, 1821	1204	4,108	subdominant	Begleitart
Bem_sem	Bembidion	semipunctatum	(Donov., 1806)	791	2,699	rezedent	Begleitart
Bem_var	Bembidion	varium	(Ol., 1795)	476	1,624	rezedent	Begleitart
Ago_mar	Agonum	marginatum	(L., 1758)	414	1,413	rezedent	Begleitart
Ste_mix	Stenolophus	mixtus	(Hbst., 1784)	282	0,962	subrezedent	Begleitart
Pse_ruf	Pseudoophonus	rufipes	(DeGeer, 1774)	281	0,959	subrezedent	Begleitart
Cli_fos	Clivina	fossor	(L., 1758)	231	0,788	subrezedent	Begleitart
Acu_par	Acupalpus	parvulus	(Sturm, 1825)	191	0,652	subrezedent	Begleitart
Poe_cup	Poecilus	cupreus	(L., 1758)	175	0,597	subrezedent	Begleitart
Har_aff	Harpalus	affinis	(Schrk., 1781)	172	0,587	subrezedent	Begleitart
Bem_big	Bembidion	biguttatum	(F., 1779)	141	0,481	subrezedent	Begleitart
Car_gra	Carabus	granulatus	L., 1758	123	0,420	subrezedent	Begleitart
Bem_gil	Bembidion	gilvipes	Sturm, 1825	120	0,409	subrezedent	Begleitart
Bem_pro	Bembidion	properans	(Steph., 1828)	118	0,403	subrezedent	Begleitart
Dys_lue	Dyschirius	luedersi	Wagn., 1915	104	0,355	subrezedent	Begleitart
Pte_str	Pterostichus	strenuus	(Panz., 1797)	97	0,331	subrezedent	Begleitart
Bem_4ma	Bembidion	quadrimaculatum	(L., 1761)	90	0,307	sporadisch	Begleitart
Chl_nig	Chlaenius	nigricornis	(F., 1787)	84	0,287	sporadisch	Begleitart
Lor_pil	Loricera	pilicornis	(F., 1775)	81	0,276	sporadisch	Begleitart
Pte_mel	Pterostichus	melanarius	(Ill., 1798)	78	0,266	sporadisch	Begleitart
Ama_ful	Amara	fulva	(Müll., 1776)	78	0,266	sporadisch	Begleitart
Dys_glo	Dyschirius	globosus	(Hbst., 1784)	64	0,218	sporadisch	Begleitart
Bem_tet	Bembidion	tetracolum	Say, 1823	61	0,208	sporadisch	Begleitart
Bem_den	Bembidion	dentellum	(Thunb., 1787)	60	0,205	sporadisch	Begleitart
Lim_ass	Limodromus	assimilis	(Payk., 1790)	56	0,191	sporadisch	Begleitart

Ani_bin	Anisodactylus	binotatus	(F., 1787)	55	0,188	sporadisch	Begleitart
Ago_mic	Agonum	micans	(Nicol., 1822)	48	0,164	sporadisch	Begleitart
Bem_gut	Bembidion	guttula	(F., 1792)	48	0,164	sporadisch	Begleitart
Acu_exi	Acupalpus	exiguus	(Dej., 1829)	46	0,157	sporadisch	Begleitart
Poe_ver	Poecilus	versicolor	(Sturm, 1824)	38	0,130	sporadisch	Begleitart
Ago_afdf	Agonum	afrum_duftschmidi_female		34	0,116	sporadisch	Begleitart
Pte_ant	Pterostichus	anthracinus	(Ill., 1798)	31	0,106	sporadisch	Begleitart
Ama_spr	Amara	spretta	Dej., 1831	26	0,089	sporadisch	Begleitart
Ago_afr	Agonum	afrum	(Duftschm., 1812)	23	0,078	sporadisch	Begleitart
Ama_maj	Amara	majuscula	Chaud., 1850	21	0,072	sporadisch	Begleitart
Pte_ver	Pterostichus	vernalis	(Panz., 1796)	20	0,068	sporadisch	Begleitart
Cic_hyb	Cicindela	hybrida	L., 1758	18	0,061	sporadisch	Begleitart
Lio_qua	Lionychus	quadrillum	(Duft., 1812)	15	0,051	sporadisch	Begleitart
Mic_min	Microlestes	minutulus	(Goeze, 1777)	15	0,051	sporadisch	Begleitart
Ama_bif	Amara	bifrons	(Gyll., 1810)	15	0,051	sporadisch	Begleitart
Dys_aen	Dyschirius	aeneus	(Dej., 1825)	14	0,048	sporadisch	Begleitart
Car_nem	Carabus	nemoralis	Müll., 1764	13	0,044	sporadisch	Begleitart
Ama_sim	Amara	similata	(Gyll., 1810)	13	0,044	sporadisch	Begleitart
Phi_sig	Philorhizus	sigma	(Rossi, 1790)	12	0,041	sporadisch	Begleitart
Tre_oqw	Trechus	indet_female		11	0,038	sporadisch	Begleitart
Har_lat	Harpalus	latus	(L., 1758)	10	0,034	sporadisch	Begleitart
Ama_aen	Amara	aenea	(DeGeer, 1774)	10	0,034	sporadisch	Begleitart
Ama_ple	Amara	plebeja	(Gyll., 1810)	9	0,031	sporadisch	Begleitart
Syn_tru	Syntomus	truncatellus	(L., 1761)	9	0,031	sporadisch	Begleitart
Car_aur	Carabus	auratus	L., 1761	9	0,031	sporadisch	Begleitart
Har_anx	Harpalus	anxius	(Duft., 1812)	9	0,031	sporadisch	Begleitart
Dys_are	Dyschirius	arenosus	Steph., 1828	9	0,031	sporadisch	Begleitart
Par_bis	Paratachys	bistriatus	(Duft., 1812)	9	0,031	sporadisch	Begleitart
Ago_mue	Agonum	muelleri	(Hbst., 1784)	9	0,031	sporadisch	Begleitart
Cal_cin	Calathus	cinctus	(Motsch., 1850)	9	0,031	sporadisch	Begleitart
Ood_hel	Oodes	helopioides	(F., 1792)	8	0,027	sporadisch	Begleitart
Cal_mel	Calathus	melanocephalus	(L., 1758)	7	0,024	sporadisch	Begleitart
Ama_str	Amara	strenua	Zimm., 1832	7	0,024	sporadisch	Begleitart
Tre_qua	Trechus	quadristriatus	(Schrk., 1781)	7	0,024	sporadisch	Begleitart
Omo_lim	Omopron	limbatum	(F., 1776)	7	0,024	sporadisch	Begleitart
Par_alb	Paranchus	albipes	(F., 1796)	6	0,020	sporadisch	Begleitart
Bem_oct	Bembidion	octomaculatum	(Goeze, 1777)	6	0,020	sporadisch	Begleitart
Bem_4pu	Bembidion	quadripustulatum	Serv., 1821	6	0,020	sporadisch	Begleitart
Bem_min	Bembidion	minimum	(F., 1792)	6	0,020	sporadisch	Begleitart
Bad_bul	Badister	bullatus	(Schrk., 1798)	6	0,020	sporadisch	Begleitart
Tre_obt	Trechus	obtusus	Er., 1837	6	0,020	sporadisch	Begleitart
Sto_pum	Stomis	pumicatus	(Panz., 1796)	5	0,017	sporadisch	Begleitart
Ama_com	Amara	communis	(Panz., 1797)	5	0,017	sporadisch	Begleitart
Neb_bre	Nebria	brevicollis	(F., 1792)	5	0,017	sporadisch	Begleitart
Acu_mer	Acupalpus	meridianus	(L., 1761)	5	0,017	sporadisch	Begleitart
Ama_api	Amara	apricaria	(Payk., 1790)	5	0,017	sporadisch	Begleitart
Ago_dol	Agonum	dolens	(Sahlb., 1827)	4	0,014	sporadisch	Begleitart

•  
•

Pan_cru	Panagaeus	cruxmajor	(L., 1758)	4	0,014	sporadisch	Begleitart
Pte_nir	Pterostichus	niger	(Schall., 1783)	4	0,014	sporadisch	Begleitart
Pte_nig	Pterostichus	nigrita	(Payk., 1790)	4	0,014	sporadisch	Begleitart
Pte_gra	Pterostichus	gracilis	(Dej., 1828)	4	0,014	sporadisch	Begleitart
Ant_con	Anthracus	consputus	(Duft., 1812)	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Har_tar	Harpalus	tardus	(Panz., 1797)	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Lim_lon	Limodromus	longiventris	(Mnnh., 1825)	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Ama_cox	Amara	convexiuscula	(Marsh., 1802)	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Bem_man	Bembidion	mannerheimii	Sahlb., 1827	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Har_dis	Harpalus	distinguendus	(Duft., 1812)	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Ela_cup	Elaphrus	cupreus	Duft., 1812	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Dys_pol	Dyschirius	politus	(Dej., 1825)	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Dem_mon	Demetrias	monostigma	Sam., 1819	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Cal_fus	Calathus	fuscipes	(Goeze, 1777)	3	0,010	sporadisch	Begleitart
Ago_ful	Agonum	fuliginosum	(Panz., 1809)	2	0,007	sporadisch	Begleitart
Syn_viv	Synuchus	vivalis	(Ill., 1798)	2	0,007	sporadisch	Begleitart
Ago_pic	Agonum	piceum	(L., 1758)	2	0,007	sporadisch	Begleitart
Har_ser	Harpalus	serripes	(Quensel, 1806)	2	0,007	sporadisch	Begleitart
Anc_dor	Anchomenus	dorsalis	(Pont., 1763)	2	0,007	sporadisch	Begleitart
Bem_obl	Bembidion	obliquum	Sturm, 1825	2	0,007	sporadisch	Begleitart
Har_lut	Harpalus	luteicornis	(Duft., 1812)	2	0,007	sporadisch	Begleitart
Mas_wet	Masoreus	wetterhalii	(Gyll., 1813)	2	0,007	sporadisch	Begleitart
Ago_ver	Agonum	versutum	(Sturm, 1824)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Bem_obt	Bembidion	obtusum	Serv., 1821	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Ste_teu	Stenolophus	teunus	(Schrk., 1781)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Ago_vid	Agonum	viduum	(Panz., 1797)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Ago_lug	Agonum	lugens	(Duft., 1812)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Har_fla	Harpalus	flavescens	(Pill.Mitt., 1783)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Dic_ruf	Dicheirotrichus	rufithorax	(Sahlb., 1827)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Bra_csi	Bradycellus	csikii	Laczo, 1912	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Syn_fov	Syntomus	foveatus	(Geoffr., 1785)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Bra_har	Bradycellus	harpalinus	(Serv., 1821)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Dem_imp	Demetrias	imperialis	(Germ., 1824)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Chl_spo	Chlaenius	spoliatus	(Rossi, 1790)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Dys_ang	Dyschirius	angustus	(Ahr., 1830)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Not_pal	Notiophilus	palustris	(Duft., 1812)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Bem_lun	Bembidion	lunulatum	(Fourcr., 1785)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Ama_aul	Amara	aulica	(Panz., 1797)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Har_rub	Harpalus	rubripes	(Duft., 1812)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Ama_con	Amara	consularis	(Duft., 1812)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Ama_cov	Amara	convexior	Steph., 1828	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Pse_cal	Pseudoophonus	calceatus	(Duft., 1812)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Ama_lun	Amara	lunicollis	Schdte., 1837	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Ama_ova	Amara	ovata	(F., 1792)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Bad_uni	Badister	unipustulatus	Bon., 1813	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Oph_ruf	Ophonus	rufibarbis	(F., 1792)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Bad_lac	Badister	lacertosus	Sturm, 1815	1	0,003	sporadisch	Begleitart

•  
•

Cal_mic	Calathus	micropterus	(Duft., 1812)	1	0,003	sporadisch	Begleitart
Ago_vir	Agonum	viridicupreum	(Goeze, 1777)	1	0,003	sporadisch	Begleitart

Tabelle 93. Dominanztabelle (Carabidae, gesamt Fallenzahl: 1569, Artenzahl: 123, Gesamtabundanz: 29307)

### 5.7.1.1 Dominante Arten der einzelnen Bühnenfelder

Es folgen die Dominanztabellen der einzelnen Bühnenfelder, sporadische Tiere sind weggelassen:

Kürzel	Gattung	Art	Abundanz	Dominanz	Dominanzklasse	Bewertung
Bem_vel	Bembidion	velox	7647	67,333	eudominant	Hauptart
Bem_arg	Bembidion	argenteolum	1535	13,516	dominant	Hauptart
Bem_fem	Bembidion	femoratum	682	6,005	subdominant	Begleitart
Ela_rip	Elaphrus	riparius	338	2,976	rezedent	Begleitart
Bem_sem	Bembidion	semipunctatum	148	1,303	rezedent	Begleitart
Har_aff	Harpalus	affinis	89	0,784	subrezedent	Begleitart
Bem_var	Bembidion	varium	81	0,713	subrezedent	Begleitart
Ama_ful	Amara	fulva	59	0,520	subrezedent	Begleitart
Ago_mar	Agonum	marginatum	58	0,511	subrezedent	Begleitart
Cli_fos	Clivina	fossor	52	0,458	subrezedent	Begleitart
Ste_mix	Stenolophus	mixtus	51	0,449	subrezedent	Begleitart
Pse_ruf	Pseudophonus	rufipes	49	0,431	subrezedent	Begleitart
Bem_big	Bembidion	biguttatum	47	0,414	subrezedent	Begleitart
Pte_str	Pterostichus	strenuus	41	0,361	subrezedent	Begleitart

Tabelle 94. Dominanztabelle (Carabidae, Bühnenfeld km 418, Gesamtabundanz: 11357)

Kürzel	Gattung	Art	Abundanz	Dominanz	Dominanzklasse	Bewertung
Ela_rip	Elaphrus	riparius	1319	30,413	dominant	Hauptart
Bem_sem	Bembidion	semipunctatum	495	11,413	dominant	Hauptart
Bem_vel	Bembidion	velox	349	8,047	subdominant	Begleitart
Bem_var	Bembidion	varium	243	5,603	subdominant	Begleitart
Ago_mar	Agonum	marginatum	231	5,326	subdominant	Begleitart
Bem_fem	Bembidion	femoratum	197	4,542	subdominant	Begleitart
Ste_mix	Stenolophus	mixtus	171	3,943	subdominant	Begleitart
Acu_par	Acupalpus	parvulus	144	3,320	subdominant	Begleitart
Bem_arg	Bembidion	argenteolum	138	3,182	rezedent	Begleitart
Poe_cup	Poecilus	cupreus	138	3,182	rezedent	Begleitart
Pse_ruf	Pseudophonus	rufipes	88	2,029	rezedent	Begleitart
Cli_fos	Clivina	fossor	76	1,752	rezedent	Begleitart
Dys_lue	Dyschirius	luedersi	67	1,545	rezedent	Begleitart
Car_gra	Carabus	granulatus	62	1,430	rezedent	Begleitart
Bem_gil	Bembidion	gilvipes	61	1,407	rezedent	Begleitart
Bem_big	Bembidion	biguttatum	57	1,314	rezedent	Begleitart
Lor_pil	Loricera	pilicornis	51	1,176	rezedent	Begleitart
Chl_nig	Chlaenius	nigricornis	49	1,130	rezedent	Begleitart
Bem_pro	Bembidion	properans	36	0,830	subrezedent	Begleitart



Acu_exi	Acupalpus	exiguus	31	0,715	subrezedent	Begleitart
Bem_den	Bembidion	dentellum	30	0,692	subrezedent	Begleitart
Har_aff	Harpalus	affinis	25	0,576	subrezedent	Begleitart
Ani_bin	Anisodactylus	binotatus	22	0,507	subrezedent	Begleitart
Pte_ant	Pterostichus	anthracinus	18	0,415	subrezedent	Begleitart
Bem_4ma	Bembidion	quadrifaculatum	15	0,346	subrezedent	Begleitart
Dys_glo	Dyschirius	globosus	14	0,323	subrezedent	Begleitart

Tabelle 95. Dominanztabelle (Carabidae, Bühnenfeld km 419, Gesamtabundanz: 4337)

Kürzel	Gattung	Art	Abundanz	Dominanz	Dominanzklasse	Bewertung
Bem_vel	Bembidion	velox	1820	34,806	eudominant	Hauptart
Bem_fem	Bembidion	femoratum	871	16,657	dominant	Hauptart
Bem_pun	Bembidion	punctulatum	832	15,911	dominant	Hauptart
Ela_rip	Elaphrus	riparius	333	6,368	subdominant	Begleitart
Bem_arg	Bembidion	argenteolum	184	3,519	subdominant	Begleitart
Bem_sem	Bembidion	semipunctatum	145	2,773	rezedent	Begleitart
Bem_var	Bembidion	varium	138	2,639	rezedent	Begleitart
Pse_ruf	Pseudooophonus	rufipes	133	2,544	rezedent	Begleitart
Cli_fos	Clivina	fossor	72	1,377	rezedent	Begleitart
Ago_mar	Agonum	marginatum	67	1,281	rezedent	Begleitart
Ste_mix	Stenolophus	mixtus	56	1,071	rezedent	Begleitart
Bem_pro	Bembidion	properans	46	0,880	subrezedent	Begleitart
Bem_gil	Bembidion	gilvipes	44	0,841	subrezedent	Begleitart
Pte_mel	Pterostichus	melanarius	43	0,822	subrezedent	Begleitart
Dys_glo	Dyschirius	globosus	30	0,574	subrezedent	Begleitart
Bem_4ma	Bembidion	quadrifaculatum	29	0,555	subrezedent	Begleitart
Bem_big	Bembidion	biguttatum	29	0,555	subrezedent	Begleitart
Car_gra	Carabus	granulatus	29	0,555	subrezedent	Begleitart
Bem_gut	Bembidion	guttula	28	0,535	subrezedent	Begleitart
Bem_tet	Bembidion	tetracolum	28	0,535	subrezedent	Begleitart
Lim_ass	Limodromus	assimilis	25	0,478	subrezedent	Begleitart
Ani_bin	Anisodactylus	binotatus	20	0,382	subrezedent	Begleitart
Pte_str	Pterostichus	strenuus	18	0,344	subrezedent	Begleitart
Poe_cup	Poecilus	cupreus	18	0,344	subrezedent	Begleitart

Tabelle 96. Dominanztabelle (Carabidae, Bühnenfeld km 423, Gesamtabundanz: 5229)

Kürzel	Gattung	Art	Abundanz	Dominanz	Dominanzklasse	Bewertung
Bem_vel	Bembidion	velox	1545	59,400	eudominant	Hauptart
Bem_fem	Bembidion	femoratum	412	15,840	dominant	Hauptart
Bem_pun	Bembidion	punctulatum	340	13,072	dominant	Hauptart
Ago_mar	Agonum	marginatum	51	1,961	rezedent	Begleitart
Bem_arg	Bembidion	argenteolum	44	1,692	rezedent	Begleitart
Har_aff	Harpalus	affinis	43	1,653	rezedent	Begleitart
Cli_fos	Clivina	fossor	20	0,769	subrezedent	Begleitart
Lio_qua	Lionychus	quadrillum	14	0,538	subrezedent	Begleitart
Bem_pro	Bembidion	properans	11	0,423	subrezedent	Begleitart

- 
-

Ama_spr	Amara	spreti	9	0,346	subrezedent	Begleitart
Ela_rip	Elaphrus	riparius	9	0,346	subrezedent	Begleitart
Bem_4ma	Bembidion	quadrimaculatum	9	0,346	subrezedent	Begleitart

Tabelle 97. Dominanztabelle (Carabidae, Bühnenfeld km 425, Gesamtabundanz: 2601)

Kürzel	Gattung	Art	Abundanz	Dominanz	Dominanzklasse	Bewertung
Bem_vel	Bembidion	velox	4429	76,587	eudominant	Hauptart
Bem_arg	Bembidion	argenteolum	937	16,203	dominant	Hauptart
Bem_fem	Bembidion	femoratum	124	2,144	rezedent	Begleitart
Pte_str	Pterostichus	strenuus	26	0,450	subrezedent	Begleitart
Ela_rip	Elaphrus	riparius	24	0,415	subrezedent	Begleitart
Lim_ass	Limodromus	assimilis	23	0,398	subrezedent	Begleitart
Bem_tet	Bembidion	tetracolum	20	0,346	subrezedent	Begleitart

Tabelle 98. Dominanztabelle (Carabidae, Bühnenfeld km 427, Gesamtabundanz: 5783)

### 5.7.1.2 Dominante Arten der Untersuchungsjahre 1998 und 1999

Kürzel	Gattung	Art	AUTOR	Abundanz	Dominanz	Dominanzklasse	Bewertung
Bem_vel	Bembidion	velox	(L., 1761)	12054	54,764	eudominant	Hauptart
Bem_arg	Bembidion	argenteolum	Ahr., 1812	1884	8,559	subdominant	Begleitart
Bem_fem	Bembidion	femoratum	Sturm, 1825	1718	7,805	subdominant	Begleitart
Ela_rip	Elaphrus	riparius	(L., 1758)	1634	7,424	subdominant	Begleitart
Bem_pun	Bembidion	punctulatum	Drapiez, 1821	1052	4,779	subdominant	Begleitart
Bem_sem	Bembidion	semipunctatum	(Donov., 1806)	660	2,999	rezedent	Begleitart
Bem_var	Bembidion	varium	(Ol., 1795)	374	1,699	rezedent	Begleitart
Ago_mar	Agonum	marginatum	(L., 1758)	335	1,522	rezedent	Begleitart
Pse_ruf	Pseudoophonus	rufipes	(DeGeer, 1774)	204	0,927	subrezedent	Begleitart
Clj_fos	Clivina	fossor	(L., 1758)	164	0,745	subrezedent	Begleitart
Har_aff	Harpalus	affinis	(Schrk., 1781)	136	0,618	subrezedent	Begleitart
Poe_cup	Poecilus	cupreus	(L., 1758)	130	0,591	subrezedent	Begleitart
Acu_par	Acupalpus	parvulus	(Sturm, 1825)	115	0,522	subrezedent	Begleitart
Bem_pro	Bembidion	properans	(Steph., 1828)	107	0,486	subrezedent	Begleitart
Bem_big	Bembidion	biguttatum	(F., 1779)	105	0,477	subrezedent	Begleitart
Dys_lue	Dyschirius	luedersi	Wagn., 1915	90	0,409	subrezedent	Begleitart
Ste_mix	Stenolophus	mixtus	(Hbst., 1784)	87	0,395	subrezedent	Begleitart
Car_gra	Carabus	granulatus	L., 1758	85	0,386	subrezedent	Begleitart
Ama_ful	Amara	fulva	(Müll., 1776)	72	0,327	subrezedent	Begleitart
Pte_str	Pterostichus	strenuus	(Panz., 1797)	68	0,309	sporadisch	Begleitart
Pte_mel	Pterostichus	melanarius	(Ill., 1798)	65	0,295	sporadisch	Begleitart
Lor_pil	Loricera	pilicornis	(F., 1775)	56	0,254	sporadisch	Begleitart
Bem_tet	Bembidion	tetracolum	Say, 1823	55	0,250	sporadisch	Begleitart
Lim_ass	Limodromus	assimilis	(Payk., 1790)	54	0,245	sporadisch	Begleitart
Chl_nig	Chlaenius	nigricornis	(F., 1787)	54	0,245	sporadisch	Begleitart
Bem_gut	Bembidion	guttula	(F., 1792)	38	0,173	sporadisch	Begleitart
Bem_den	Bembidion	dentellum	(Thunb., 1787)	38	0,173	sporadisch	Begleitart

Ago_mic	Agonum	micans	(Nicol., 1822)	38	0,173	sporadisch	Begleitart
Bem_4ma	Bembidion	quadrimaculatum	(L., 1761)	37	0,168	sporadisch	Begleitart
Ago_afdf	Agonum	afrum_duftschmidi_female		33	0,150	sporadisch	Begleitart
Dys_glo	Dyschirius	globosus	(Hbst., 1784)	26	0,118	sporadisch	Begleitart
Ama_spr	Amara	spretta	Dej., 1831	24	0,109	sporadisch	Begleitart
Ama_maj	Amara	majuscula	Chaud., 1850	21	0,095	sporadisch	Begleitart
Poe_ver	Poecilus	versicolor	(Sturm, 1824)	19	0,086	sporadisch	Begleitart
Ani_bin	Anisodactylus	binotatus	(F., 1787)	19	0,086	sporadisch	Begleitart
Ama_bif	Amara	bifrons	(Gyll., 1810)	14	0,064	sporadisch	Begleitart
Acu_exi	Acupalpus	exiguus	(Dej., 1829)	14	0,064	sporadisch	Begleitart
Mic_min	Microlestes	minutulus	(Goeze, 1777)	14	0,064	sporadisch	Begleitart
Bem_gil	Bembidion	gilvipes	Sturm, 1825	13	0,059	sporadisch	Begleitart
Pte_ant	Pterostichus	anthracinus	(Ill., 1798)	13	0,059	sporadisch	Begleitart
Car_nem	Carabus	nemoralis	Müll., 1764	13	0,059	sporadisch	Begleitart
Cic_hyb	Cicindela	hybrida	L., 1758	12	0,055	sporadisch	Begleitart
Tre_oqw	Trechus	indet_female		11	0,050	sporadisch	Begleitart
Ama_sim	Amara	similata	(Gyll., 1810)	11	0,050	sporadisch	Begleitart
Ago_afr	Agonum	afrum	(Duftschm., 1812)	10	0,045	sporadisch	Begleitart
Pte_ver	Pterostichus	vernalis	(Panz., 1796)	10	0,045	sporadisch	Begleitart
Cal_cin	Calathus	cinctus	(Motsch., 1850)	9	0,041	sporadisch	Begleitart
Har_lat	Harpalus	latus	(L., 1758)	9	0,041	sporadisch	Begleitart
Dys_are	Dyschirius	arenosus	Steph., 1828	8	0,036	sporadisch	Begleitart
Cal_mel	Calathus	melanocephalus	(L., 1758)	7	0,032	sporadisch	Begleitart
Tre_qua	Trechus	quadristriatus	(Schrk., 1781)	7	0,032	sporadisch	Begleitart
Lio_qua	Lionychus	quadrillum	(Duft., 1812)	7	0,032	sporadisch	Begleitart
Ood_hel	Oodes	helopioides	(F., 1792)	7	0,032	sporadisch	Begleitart
Car_aur	Carabus	auratus	L., 1761	6	0,027	sporadisch	Begleitart
Bad_bul	Badister	bullatus	(Schrk., 1798)	6	0,027	sporadisch	Begleitart
Ago_mue	Agonum	muelleri	(Hbst., 1784)	6	0,027	sporadisch	Begleitart
Phi_sig	Philorhizus	sigma	(Rossi, 1790)	6	0,027	sporadisch	Begleitart
Dys_aen	Dyschirius	aeneus	(Dej., 1825)	6	0,027	sporadisch	Begleitart
Har_anx	Harpalus	anxius	(Duft., 1812)	6	0,027	sporadisch	Begleitart
Ama_aen	Amara	aenea	(DeGeer, 1774)	5	0,023	sporadisch	Begleitart
Acu_mer	Acupalpus	meridianus	(L., 1761)	5	0,023	sporadisch	Begleitart
Tre_obt	Trechus	obtusus	Er., 1837	5	0,023	sporadisch	Begleitart
Neb_bre	Nebria	brevicollis	(F., 1792)	5	0,023	sporadisch	Begleitart
Ama_api	Amara	apricaria	(Payk., 1790)	5	0,023	sporadisch	Begleitart
Ama_str	Amara	strenua	Zimm., 1832	5	0,023	sporadisch	Begleitart
Par_alb	Paranchus	albipes	(F., 1796)	5	0,023	sporadisch	Begleitart
Ama_ple	Amara	plebeja	(Gyll., 1810)	4	0,018	sporadisch	Begleitart
Omo_lim	Omophron	limbatum	(F., 1776)	4	0,018	sporadisch	Begleitart
Pte_gra	Pterostichus	gracilis	(Dej., 1828)	4	0,018	sporadisch	Begleitart
Bem_oct	Bembidion	octomaculatum	(Goeze, 1777)	4	0,018	sporadisch	Begleitart
Sto_pum	Stomis	pumicatus	(Panz., 1796)	4	0,018	sporadisch	Begleitart
Ago_dol	Agonum	dolens	(Sahlb., 1827)	4	0,018	sporadisch	Begleitart
Syn_tru	Syntomus	truncatellus	(L., 1761)	4	0,018	sporadisch	Begleitart
Bem_min	Bembidion	minimum	(F., 1792)	4	0,018	sporadisch	Begleitart

•  
•

Pte_nir	Pterostichus	niger	(Schall., 1783)	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Har_dis	Harpalus	distinguendus	(Duft., 1812)	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Ela_cup	Elaphrus	cupreus	Duft., 1812	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Har_tar	Harpalus	tardus	(Panz., 1797)	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Ama_com	Amara	communis	(Panz., 1797)	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Ama_cox	Amara	convexiuscula	(Marsh., 1802)	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Bem_4pu	Bembidion	quadripustulatum	Serv., 1821	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Cal_fus	Calathus	fuscipes	(Goeze, 1777)	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Dem_mon	Demetrias	monostigma	Sam., 1819	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Par_bis	Paratachys	bistriatus	(Duft., 1812)	3	0,014	sporadisch	Begleitart
Pte_nig	Pterostichus	nigrita	(Payk., 1790)	2	0,009	sporadisch	Begleitart
Dys_pol	Dyschirius	politus	(Dej., 1825)	2	0,009	sporadisch	Begleitart
Ant_con	Anthracus	consputus	(Duft., 1812)	2	0,009	sporadisch	Begleitart
Har_ser	Harpalus	serripes	(Quensel, 1806)	2	0,009	sporadisch	Begleitart
Lim_lon	Limodromus	longiventris	(Mnnh., 1825)	2	0,009	sporadisch	Begleitart
Mas_wet	Masoreus	wetterhalii	(Gyll., 1813)	2	0,009	sporadisch	Begleitart
Pan_cru	Panagaeus	cruxmajor	(L., 1758)	2	0,009	sporadisch	Begleitart
Bra_csi	Bradycellus	csikii	Laczo, 1912	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Dys_ang	Dyschirius	angustatus	(Ahr., 1830)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Ama_aul	Amara	aulica	(Panz., 1797)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Syn_viv	Synuchus	vivalis	(Ill., 1798)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Ago_ver	Agonum	versutum	(Sturm, 1824)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Ste_teu	Stenolophus	teutonus	(Schrk., 1781)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Har_lut	Harpalus	luteicornis	(Duft., 1812)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Bra_har	Bradycellus	harpalinus	(Serv., 1821)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Dem_imp	Demetrias	imperialis	(Germ., 1824)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Ago_pic	Agonum	piceum	(L., 1758)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Ago_lug	Agonum	lugens	(Duft., 1812)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Ago_vir	Agonum	viridicupreum	(Goeze, 1777)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Anc_dor	Anchomenus	dorsalis	(Pont., 1763)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Bem_man	Bembidion	mannerheimii	Sahlb., 1827	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Ama_con	Amara	consularis	(Duft., 1812)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Ama_cov	Amara	convexior	Steph., 1828	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Not_pal	Notiophilus	palustris	(Duft., 1812)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Pse_cal	Pseudoophonus	calceatus	(Duft., 1812)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Ama_ova	Amara	ovata	(F., 1792)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Bad_uni	Badister	unipustulatus	Bon., 1813	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Bad_lac	Badister	lacertosus	Sturm, 1815	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Chl_spo	Chlaenius	spoliatus	(Rossi, 1790)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Cal_mic	Calathus	micropterus	(Duft., 1812)	1	0,005	sporadisch	Begleitart
Bem_obt	Bembidion	obtusum	Serv., 1821	1	0,005	sporadisch	Begleitart

Tabelle 99. Dominanztabelle (Carabidae, 1998, Fallenzahl: 1001, Artenzahl: 113, Gesamtabundanz: 22011)

Kürzel	Gattung	Art	AUTOR	Abundanz	Dominanz	Dominanzklasse	Bewertung
Bem_vel	Bembidion	velox	(L., 1761)	3723	51,472	eudominant	Hauptart
Bem_arg	Bembidion	argenteolum	Ahr., 1812	951	13,148	dominant	Hauptart
Bem_fem	Bembidion	femoratum	Sturm, 1825	546	7,549	subdominant	Begleitart

•  
•

Ela_rip	Elaphrus	riparius	(L., 1758)	374	5,171	subdominant	Begleitart
Ste_mix	Stenolophus	mixtus	(Hbst., 1784)	194	2,682	rezedent	Begleitart
Bem_pun	Bembidion	punctulatum	Drapiez, 1821	151	2,088	rezedent	Begleitart
Bem_sem	Bembidion	semipunctatum	(Donov., 1806)	131	1,811	rezedent	Begleitart
Bem_gil	Bembidion	gilvipes	Sturm, 1825	107	1,479	rezedent	Begleitart
Bem_var	Bembidion	varium	(Ol., 1795)	100	1,383	rezedent	Begleitart
Ago_mar	Agonum	marginatum	(L., 1758)	79	1,092	rezedent	Begleitart
Pse_ruf	Pseudoophonus	rufipes	(DeGeer, 1774)	77	1,065	rezedent	Begleitart
Acu_par	Acupalpus	parvulus	(Sturm, 1825)	76	1,051	rezedent	Begleitart
Cli_fos	Clivina	fossor	(L., 1758)	67	0,926	subrezedent	Begleitart
Bem_4ma	Bembidion	quadrimaculatum	(L., 1761)	53	0,733	subrezedent	Begleitart
Poe_cup	Poecilus	cupreus	(L., 1758)	45	0,622	subrezedent	Begleitart
Car_gra	Carabus	granulatus	L., 1758	38	0,525	subrezedent	Begleitart
Dys_glo	Dyschirius	globosus	(Hbst., 1784)	38	0,525	subrezedent	Begleitart
Ani_bin	Anisodactylus	binotatus	(F., 1787)	36	0,498	subrezedent	Begleitart
Har_aff	Harpalus	affinis	(Schrk., 1781)	36	0,498	subrezedent	Begleitart
Bem_big	Bembidion	biguttatum	(F., 1779)	35	0,484	subrezedent	Begleitart
Acu_exi	Acupalpus	exiguus	(Dej., 1829)	32	0,442	subrezedent	Begleitart
Chl_nig	Chlaenius	nigricornis	(F., 1787)	29	0,401	subrezedent	Begleitart
Pte_str	Pterostichus	strenuus	(Panz., 1797)	29	0,401	subrezedent	Begleitart
Lor_pil	Loricera	pilicornis	(F., 1775)	23	0,318	sporadisch	Begleitart
Bem_den	Bembidion	dentellum	(Thunb., 1787)	22	0,304	sporadisch	Begleitart
Poe_ver	Poecilus	versicolor	(Sturm, 1824)	19	0,263	sporadisch	Begleitart
Pte_ant	Pterostichus	anthracinus	(Ill., 1798)	18	0,249	sporadisch	Begleitart
Dys_lue	Dyschirius	luedersi	Wagn., 1915	14	0,194	sporadisch	Begleitart
Ago_afr	Agonum	afrum	(Duftschm., 1812)	13	0,180	sporadisch	Begleitart
Pte_mel	Pterostichus	melanarius	(Ill., 1798)	12	0,166	sporadisch	Begleitart
Bem_pro	Bembidion	properans	(Steph., 1828)	11	0,152	sporadisch	Begleitart
Bem_gut	Bembidion	guttula	(F., 1792)	10	0,138	sporadisch	Begleitart
Ago_mic	Agonum	micans	(Nicol., 1822)	10	0,138	sporadisch	Begleitart
Pte_ver	Pterostichus	vernalis	(Panz., 1796)	9	0,124	sporadisch	Begleitart
Dys_aen	Dyschirius	aeneus	(Dej., 1825)	8	0,111	sporadisch	Begleitart
Lio_qua	Lionychus	quadrillum	(Duft., 1812)	8	0,111	sporadisch	Begleitart
Cic_hyb	Cicindela	hybrida	L., 1758	6	0,083	sporadisch	Begleitart
Ama_ful	Amara	fulva	(Müll., 1776)	6	0,083	sporadisch	Begleitart
Bem_tet	Bembidion	tetracolum	Say, 1823	6	0,083	sporadisch	Begleitart
Phi_sig	Philorhizus	sigma	(Rossi, 1790)	6	0,083	sporadisch	Begleitart
Par_bis	Paratachys	bistriatus	(Duft., 1812)	6	0,083	sporadisch	Begleitart
Ama_ple	Amara	plebeja	(Gyll., 1810)	5	0,069	sporadisch	Begleitart
Ama_aen	Amara	aenea	(DeGeer, 1774)	5	0,069	sporadisch	Begleitart
Syn_tru	Syntomus	truncatellus	(L., 1761)	5	0,069	sporadisch	Begleitart
Car_aur	Carabus	auratus	L., 1761	3	0,041	sporadisch	Begleitart
Har_anx	Harpalus	anxius	(Duft., 1812)	3	0,041	sporadisch	Begleitart
Ago_mue	Agonum	muelleri	(Hbst., 1784)	3	0,041	sporadisch	Begleitart
Omo_lim	Omophron	limbatum	(F., 1776)	3	0,041	sporadisch	Begleitart
Bem_4pu	Bembidion	quadripustulatum	Serv., 1821	3	0,041	sporadisch	Begleitart
Pte_nig	Pterostichus	nigrita	(Payk., 1790)	2	0,028	sporadisch	Begleitart

•  
•

Ama_spr	Amara	spretta	Dej., 1831	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Bem_min	Bembidion	minimum	(F., 1792)	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Ama_sim	Amara	similata	(Gyll., 1810)	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Ama_com	Amara	communis	(Panz., 1797)	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Ago_ful	Agonum	fuliginosum	(Panz., 1809)	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Ama_str	Amara	strenua	Zimm., 1832	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Bem_man	Bembidion	mannerheimii	Sahlb., 1827	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Bem_obl	Bembidion	obliquum	Sturm, 1825	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Bem_oct	Bembidion	octomaculatum	(Goeze, 1777)	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Lim_ass	Limodromus	assimilis	(Payk., 1790)	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Pan_cru	Panagaeus	cruxmajor	(L., 1758)	2	0,028	sporadisch	Begleitart
Har_rub	Harpalus	rubripes	(Duft., 1812)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Ama_bif	Amara	bifrons	(Gyll., 1810)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Har_fla	Harpalus	flavescens	(Pill.Mitt., 1783)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Ago_vid	Agonum	viduum	(Panz., 1797)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Ago_pic	Agonum	piceum	(L., 1758)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Ood_hel	Oodes	helopioides	(F., 1792)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Har_lut	Harpalus	luteicornis	(Duft., 1812)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Oph_ruf	Ophonus	rufibarbis	(F., 1792)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Lim_lon	Limodromus	longiventris	(Mnnh., 1825)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Ago_afdf	Agonum	afrum_duftschmidi_female		1	0,014	sporadisch	Begleitart
Syn_viv	Synuchus	vivalis	(Ill., 1798)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Har_lat	Harpalus	latus	(L., 1758)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Bem_lun	Bembidion	lunulatum	(Fourcr., 1785)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Ama_lun	Amara	lunicollis	Schdte., 1837	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Dys_are	Dyschirius	arenosus	Steph., 1828	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Dic_ruf	Dicheirotichus	rufithorax	(Sahlb., 1827)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Anc_dor	Anchomenus	dorsalis	(Pont., 1763)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Syn_fov	Syntomus	foveatus	(Geoffr., 1785)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Ant_con	Anthracus	consputus	(Duft., 1812)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Sto_pum	Stomis	pumicatus	(Panz., 1796)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Tre_obt	Trechus	obtusus	Er., 1837	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Par_alb	Paranchus	albipes	(F., 1796)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Pte_nir	Pterostichus	niger	(Schall., 1783)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Mic_min	Microlestes	minutulus	(Goeze, 1777)	1	0,014	sporadisch	Begleitart
Dys_pol	Dyschirius	politus	(Dej., 1825)	1	0,014	sporadisch	Begleitart

Tabelle 100. Dominanztabelle (Carabidae, 1999, Fallenzahl: 564, Artenzahl: 85, Gesamtabundanz: 7233)

### 5.7.1.3 Rote Liste Arten

Nachgewiesene Arten in Rote Liste Deutschland (Trautner et al., 1998)

Gattung	Art	AUTOR	RLBRD96	Abundanz
Agonum	dolens	(Sahlb., 1827)	2	4
Agonum	versutum	(Sturm, 1824)	2	1

- 
-

Amara	strenua	Zimm., 1832	2	7
Badister	unipustulatus	Bon., 1813	2	1
Bembidion	argenteolum	Ahr., 1812	2	2838
Bembidion	octomaculatum	(Goeze, 1777)	2	6
Bembidion	velox	(L., 1761)	2	15790
Limodromus	longiventris	(Mnnh., 1825)	2	3
Acupalpus	exiguus	(Dej., 1829)	3	46
Agonum	lugens	(Duft., 1812)	3	1
Agonum	viridicupreum	(Goeze, 1777)	3	1
Anthracus	consputus	(Duft., 1812)	3	3
Dyschirius	angustatus	(Ahr., 1830)	3	1
Harpalus	flavescens	(Pill.Mitt., 1783)	3	1
Masoreus	wetterhalii	(Gyll., 1813)	3	2
Pseudosphindus	calceatus	(Duft., 1812)	3	1
Pterostichus	gracilis	(Dej., 1828)	3	4
Harpalus	luteicornis	(Duft., 1812)	V	2
Lionychus	quadrum	(Duft., 1812)	V	15
Panagaeus	cruxmajor	(L., 1758)	V	4
Acupalpus	parvulus	(Sturm, 1825)	V*	191
Agonum	piceum	(L., 1758)	V*	2
Bembidion	gilvipes	Sturm, 1825	V*	120
Bembidion	guttula	(F., 1792)	V*	48
Bembidion	quadripustulatum	Serv., 1821	V*	6
Calathus	micropterus	(Duft., 1812)	V*	1
Chlaenius	nigricornis	(F., 1787)	V*	84
Demetrias	imperialis	(Germ., 1824)	V*	1
Harpalus	serripes	(Quensel, 1806)	V*	2
Omophron	limbatum	(F., 1776)	V*	7
Philorhizus	sigma	(Rossi, 1790)	V*	12

Tabelle 101. Arten der Roten Liste Deutschland

#### Gefährdungsgrad

- 0 Ausgestorben oder verschollen
- 1 Vom Aussterben bedroht
- 2 Stark gefährdet
- 3 Gefährdet
- R Arten mit geographischer Restriktion
- V Arten der Vorwarnliste

Mit \* gekennzeichnet sind innerhalb der Vorwarnliste Arten, die eine sehr unterschiedliche Situation z.B. im Norden und Süden Deutschlands aufweisen und in Teilen (i.d.R. länderübergreifend) einer erheblich stärkeren Gefährdung unterliegen, in anderen Teilen aber aktuell nicht gefährdet sind. Chlaenius spoliatus (Rossi) taucht in der Liste nicht auf, da sein Vorkommen in Deutschland umstritten und das Tier seit 100 Jahren verschollen war.

#### Nachgewiesene Arten in Rote Liste Brandenburg (Kempf, 1992) :

Gattung	Art	AUTOR	Kategorie	Abundanz
Bembidion	punctulatum	Drapiez, 1821	1	1204
Bembidion	argenteolum	Ahr., 1812	2	2838

Bembidion	semipunctatum	(Donov., 1806)	2	791
Limodromus	longiventris	(Mnnh., 1825)	2	3
Lionychus	quadrillum	(Duft., 1812)	2	15
Acupalpus	exiguus	(Dej., 1829)	3	46
Amara	convexiuscula	(Marsh., 1802)	3	3
Bembidion	lunulatum	(Fourcr., 1785)	3	1
Bembidion	quadripustulatum	Serv., 1821	D	6
Amara	strenua	Zimm., 1832	R	7
Bembidion	velox	(L., 1761)	R	15790
Dyschirius	angustatus	(Ahr., 1830)	R	1
Paratachys	bistriatus	(Duft., 1812)	R	9

Tabelle 102. Arten der Roten Liste Brandenburg

Gefährdungsgrad
Kategorie 1 (Vom Aussterben bedroht)
Kategorie 2 (Stark gefährdet)
Kategorie 3 (Gefährdet)
Kategorie D (Daten defizitär)
Kategorie R (Extrem selten)

Tabelle 103. Gefährdungsgrad Roten Liste Brandenburg

Insgesamt konnten 13 Arten der Roten Liste Brandenburg und 31 Arten der Roten Liste Deutschlands nachgewiesen werden. Die Abundanzen dieser Arten sind im Gebiet sehr hoch. Da es sich bei den meisten autochtonen uferbewohnenden Insekten um r-Strategen handelt, sind sie, wenn sie im Gebiet vorkommen, durchaus häufig. Die Einschätzung als gefährdete Arten liegt vielmehr daran, dass der Lebensraum der Tiere gefährdet ist und die Tiere sehr eng eingensicht sind.

#### 5.7.1.4 Wiederfund von *Chlaenius spoliatus* (Rossi) 1790 in Deutschland:

Besonders bemerkenswert ist der Wiederfund von *Chlaenius spoliatus* für Deutschland. Diese Art konnte mit einem weiblichen Exemplar bei Sandau (Elbkm 418 re) am 19.08.1998 nachgewiesen werden und kommt nach FREUDE et al. (1976) außer in Mittelmeergebiet und Südeuropa nur noch im südöstlichen Mitteleuropa (Neusiedler See, Burgenland, Niederösterreich) und der „Tschechoslowakei“ vor. Neuere Funde in Deutschland sind nicht bekannt. So gibt HORION (1941) folgende letzte Funde für Deutschland an:

- 1882 Ratibor, Pietsch (Oder-Ufer)
- 1898 Dessau (Mittelelbe)

Diese Funde von *Ch. spoliatus* galten bisher als umstritten und wurden durch den Neufund verifiziert.





Abbildung 67: *Chlaenius spoliatus* (Rossi) 1790

Der Biotop ist als langes flaches Sandufer (Rohbodenstandort) charakterisierbar. Die Vegetation ist lückig (25 % Deckung) und niedrig (10 cm) und gehört der Gesellschaft des *Xanthio albini-Chenopodietum rubri* (Elbspitzkletten-Gesellschaft), Subassoziation des Hirschsprunges (*Xanthio-Chenopodietum corrigioletosum litoralis*) in einer verarmten Ausprägung an.

## 5.7.2 Ergebnisse der Statistischen Analyse

### 5.7.2.1 Voranalyse der Umweltparameter

#### 5.7.2.1.1 Parameterreduktion für Kopplung an das hydrologisch/morphodynamischen Modell

Um festzustellen welche Umweltfaktoren sich für die Erklärung des Datensatzes (Teildatensatz 1, vergl.: 4.2.3) am besten eignen, wurde zunächst eine RDA durchgeführt. Dabei wurden die Arten log transformiert (Transf.:  $\ln(10y+1)$ ). Das lineare Modell musste gewählt werden, da für die Kopplung an das hydrologisch/morphodynamische Modell eine lineare multiple Regression durchgeführt wird.

Die in Tabelle 10: Parameter für die Korrelationsanalyse (gesamt) aufgeführten Umweltparameter weisen aufgrund ihrer Redundanz starke Kovarianzen auf, was zu nicht akzeptablen inflationfactors bei der Varianzanalyse führt. Mit Hilfe des Monte Carlo Permutation Tests wurden zunächst die wichtigsten Parameter bestimmt und ein Set von Umweltfaktoren ausgewählt bei dem die inflation factors < 20 sind. Folgende Parameter kamen zunächst zu Auswahl:

Env variables 1
dist_WL
dist_FG
Feucht
d_Spiegl
T_emers
Envzeit
Ton
Schluff

- 
-

Sand
mKorn_MP
OL_Auflage
De_Streu
De_Baum

Tabelle 104: Umweltparametersatz 1

Anmerkung: die geschätzten Korngrößen (K, S, U) sind gegenüber den gemessenen Korngrößen (Ton, Schluff, Sand) in ihrer Varianzerklärung in etwa gleich. Letztere können jedoch bei Bedarf in den jeweiligen Fein-, Mittel- und Grobkornanzahl aufgeteilt werden und wurden deshalb bevorzugt.

Marginal Effects				
Variable	Var,N	Lambda1		
d_Spiegl	4	0,09		
dist_WL	1	0,07		
feucht	3	0,05		
Schluff	26	0,05		
Sand	27	0,04		
dist_FG	2	0,04		
De_Streu	37	0,04		
T_emers	5	0,04		
mKorn_MP	29	0,02		
envzeit	7	0,02		
Ton	25	0,02		
OL_Aufla	36	0,01		
De_Baum	38	0,01		
Conditional Effects				
Variable	Var,N	LambdaA	P	F
d_Spiegl	4	0,09	0,002	40,22
Schluff	26	0,03	0,002	12,06
mKorn_MP	29	0,03	0,002	12,68
envzeit	7	0,02	0,002	10,52
feucht	3	0,02	0,002	8,23
OL_Aufla	36	0,01	0,002	6,12
dist_WL	1	0,02	0,002	5,89
Ton	25	0,01	0,002	5,99
De_Streu	37	0,01	0,002	4,44
dist_FG	2	0	0,002	3,79
T_emers	5	0,01	0,005	2,88
De_Baum	38	0	0,264	1,25

Tabelle 105: Ergebnis des Monte Carlo Permutation Test auf Umweltparametersatz 1

Die wichtigsten Variablen für die Varianzerklärung sind solche die auf eine Aussage zur Feuchtigkeit des Bodens geben (d\_Spiegl, dist\_WL, feucht) gefolgt von solchen, die Aufschluss über die Korngrößen des Substrates erlauben (Schluff, Sand).

Nach Einschluss des Flurabstandes (d\_Spiegl) in das Modell, ist der Schluffanteil (Schluff) der wichtigste Faktor, gefolgt von der mittleren Korngröße nach Meyer-Peter und der Jahreszeit (envzeit). Alle Parameter bis auf De\_Baum sind signifikant ( $P < 0.05$ ).

Die Varianzerklärung der Umweltfaktoren auf die Arten liegt hier bei 25,3%.

Da einige Umweltfaktoren nicht an das hydrologisch/morphodynamische Modell gekoppelt werden können, ist eine weitere Reduktion notwendig. Das Weglassen von dist\_FG und OL\_Aufla, De\_Streu, De\_Baum ergibt einen Verlust an Varianzerklärung von 33% gegenüber dem Ausgangsdatensatz (Umweltparametersatz 1).

Die Parameter feucht und dist\_FG sind prinzipiell über die Kenntnis der Korngrößen und des Flurabstandes errechenbar, aber noch nicht im Modell integriert. Dies führt zu einem Verlust an Varianzerklärung von 46 % gegenüber dem Ausgangsdatensatz. Die Emerszeit der Falle (T\_emers) wurde wegen der geringen zusätzlichen Varianzerklärung ebenfalls verworfen.

Analyse für folgende Parameter als environmental variables und covariables:

env_morph 0	covariables 0
dist_WL	dist_FG
d_Spiegl	feucht
envzeit	T_emers
Ton	OL_Auflage
Schluff	De_Streu
Sand	De_Baum
Kies	
mKorn_MP	

Total variance: 1  
 Sum of all unconstrained eigenvalues: 0,882  
 Sum of all canonical eigenvalues: 0,135

Die Varianzanalyse mit Covariablen und Umweltvariablen trifft die Aussage, wieviel Varianzerklärung auf die jeweiligen Sets entfällt und gibt einen Hinweis auf den Informationsverlust.

$$T_i - U_e = V_{co}$$

Daraus folgt, daß etwa 46 % der Varianzerklärung in den Covariablen enthalten ist, was  $100 \cdot (T_i - U_e) / (T_i - U_e + V_{env})$  entspricht.

T<sub>i</sub>: Total inertia = Total variance

U<sub>e</sub>: Sum of all unconstrained eigenvalues

V<sub>co</sub>: Varianzerklärung der Covariablen

V<sub>env</sub>: Varianzerklärung der Umweltvariablen = Sum of all canonical eigenvalues

Ein Monte Carlo Permutation Test auf diesen Datensatz ergibt erwartungsgemäß ähnliche Ergebnisse für die Varianzerklärung. Alle Parameter sind signifikant.

Marginal Effects				
Variable	Var,N	Lambda1		
d_Spiegl	4	0,04		
dist_WL	1	0,04		
Schluff	26	0,03		
Sand	27	0,03		
envzeit	7	0,02		
mKorn_MP	29	0,02		
Ton	25	0,01		
Conditional Effects				
Variable	Var,N	LambdaA	P	F
d_Spiegl	4	0,04	0,002	19,54
Schluff	26	0,03	0,002	11,37
mKorn_MP	29	0,03	0,002	13,79
envzeit	7	0,02	0,002	9,82
dist_WL	1	0,01	0,002	5,63
Ton	25	0,01	0,002	3,53

Tabelle 106: Ergebnis des Monte Carlo Permutation Test auf Umweltparametersatz „env\_morph 0“

#### 5.7.2.1.2 Parameter mit Korngrößenfraktionen

Zum momentanen Stand der Arbeiten sind folgende Umweltparameter im Hydrologische/Morphodynamische Modell berücksichtigt:

env_morph
d_Spiegl
envzeit
Ton
Schluff
Sand
Kies
mKorn_MP

Implizit sind allerdings noch folgende Parameter im Modell enthalten. Mit ausreichend Programmieraufwand und feinerer Auflösung liessen sie sich ableiten:

env_morph_covar
dist_WL
dist_FG
feucht
T_emers

dist\_WL: errechenbar aus dem Relief und der Spiegelhöhe

dist\_FG bzw. feucht: abzuleiten aus dem Relief und der Spiegelhöhe mit Kenntnis der jeweilig vorliegenden Korngrößen und den kapillaren Aufstiegshöhen.

T\_emers: errechenbar aus dem Relief und der Spiegelhöhe mit Zuhilfenahme der Abflussganglinie

- 
-

Betrachtet man nur env\_morph und env\_morph\_covar zur varianzanalytischen Erklärung des Datensatzes, verliert man 51,5% durch das Weglassen von „env\_morph\_covar“. Durch das Einbinden dieser Parameter ließe sich das Modell somit entscheidend verbessern.

Die folgende Tabelle zeigt die Varianzanalyse mit den Variablen „env\_morph“:

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	0,11	0,031	0,024	0,011	1
Species-environment correlations:	0,614	0,476	0,539	0,568	
Cumulative percentage variance					
of species data :	11	14,2	16,6	17,7	
of species-environment relation:	60,5	77,8	91	97,1	
Sum of all unconstrained eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,182

18,2 % der Gesamtvarianz der Arten ist durch die Umweltfaktoren erklärbar. Immerhin können 17,7 % der Gesamtvarianz auf den ersten 4 Achsen erklärt werden (97,1 % der erklärbaren Varianz).

#### 5.7.2.1.3 Parameter ohne Korngrößenfraktionen

Es war bislang noch nicht möglich, Werte für die Korngrößenfraktionen (Ton, Schluff, Sand und Kies) aus dem numerischen Modell auszugeben. In diesem Fall reduziert sich der Umweltparametersatz für die Analyse auf drei:

env_hyd
d_Spiegl
Envzeit
mKorn_MP

Eine Varianzanalyse mit den Parametern Ton, Schluff und Sand als Covariable und d\_Spiegl, envzeit und mKorn\_MP als Umweltvariable ergibt folgendes Ergebnis:

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,09	0,026	0,012	0,205	1
Species-environment correlations:	0,596	0,497	0,464	0	
Cumulative percentage variance					
of species data:	9,5	12,3	13,6	35,2	
of species-environment relation:	70,1	90,4	100	0	
Sum of all unconstrained eigenvalues					0,946
Sum of all canonical eigenvalues					0,128

- 
-

Daraus folgt: Das Modell verliert 29% seiner Varianzerklärung durch das Weglassen der Korngrößenangaben.

Eine Varianzanalyse mit den Variablen env\_hyd alleine ergibt eine Varianzerklärung von 13,9 % . Dies ist etwas mehr als in der vorherigen Analyse, da die Gesamtvarianz geringer ist.

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,106	0,023	0,01	0,224	1
Species-environment correlations:	0,61	0,532	0,539	0	
Cumulative percentage variance					
of species data:	10,6	12,9	13,9	36,3	
of species-environment relation:	75,8	92,7	100	0	
Sum of all unconstrained eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,139

#### 5.7.2.1.4 Teildatensatz 2 für multiple Regression

Für die multiple lineare Regression wurde ein zweiter Teildatensatz ausgewählt in dem der Hauptdatensatz folgendermassen gefiltert wurde:

Teildatensatz 2 enthält keine Fallen des Bühnenfelde 419 (hauptsächlich Schlammufer), Fallen mit Schluff < 30 % und Fallen mit Sand > 60 % und enthält 399 Fallen.

Varianzanalyse mit mehreren wichtigen Umweltfaktoren:

Marginal Effects				
Variable	Var,N	Lambda1		
d_Spiegl	4	0,11		
T_emers	5	0,08		
envzeit	7	0,03		
mKorn_MP	24	0,03		
Ton	16	0,02		
Schluff	17	0,02		
Kies	19	0,02		
Jahr	6	0,01		
Sand	18	0,01		
Conditional Effects				
Variable	Var,N	LambdaA	P	F
d_Spiegl	4	0,11	0,005	50
mKorn_MP	24	0,03	0,005	12,13
Kies	19	0,04	0,005	18,74
envzeit	7	0,02	0,005	10,57
Ton	16	0,01	0,005	8,25

Jahr	6	0,02	0,005	5,97
T_emers	5	0	0,055	1,98
Schluff	17	0	0,3	1,1

Da der Datensatz hauptsächlich Sandfallen beinhaltet, hat Sand kaum noch Varianzerklärung. d\_Spiegl ist erwartungsgemäß hoch, mKorn\_MP gewinnt gegenüber dem Prozentsatz der einzelnen Korngrößenklassen an Bedeutung, insbesondere wenn man die bedingte Varianzerklärung betrachtet.

Betrachtet man die Varianzerklärung von d\_Spiegl, mKorn\_MP, envzeit, Ton, Schluff und Kies, so reduziert sich die Varianzerklärung um nur 14%, wenn die letzten 3 Variable nicht einbezogen werden.

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues:	0,129	0,025	0,004	0,25	1
Species-environment correlations:	0,617	0,418	0,458	0	
Cumulative percentage variance					
of species data:	12,9	15,4	15,8	40,8	
of species-environment relation:	81,5	97,3	100	0	
Sum of all unconstrained eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,158

Die Varianzanalyse für die 3 Umweltfaktoren d\_Spiegl, mKorn\_MP, envzeit zeigt eine Varianzerklärung von 15,8 %.

#### 5.7.2.1.5 Diskussion Voranalyse

Aus dem Gesamtdatensatz wurden zwei Teildatensätze extrahiert. „Teildatensatz 1“ enthält alle verfügbaren Umweltparameter ausser denen, die sich aus den Wetterdaten und den pflanzensoziologischen Aufnahmen ableiten lassen und dient der explorativen Erkundung der Zusammenhänge. Wichtige Einflüsse auf die Fauna werden über Parameter bestimmt, die mit der Bodenfeuchte korrelieren. Dabei sind einige dieser Parameter zwar implizit im Modell vorhanden (Abstand zur Wasserlinie, Kapillarwasser an Oberfläche, Emerszeit), können aber bisher noch nicht ausgegeben werden.

Weitere wichtige Größen sind die Korngrößenklassen (T, U, S, K). Bisher kann nur die mittlere Korngröße modelliert werden. Nach Aussage des TP Darmstadt ist die Modellierung der Korngrößenklassen relativ einfach zu realisieren. Da diese nicht unerheblich für die Varianzerklärung des Datensatzes sind, ist die Integrierung dieser Parameter und eine Veröffentlichung diesbezüglich geplant. Ebenfalls müssten die Korngrößenanalysen überprüft werden, da auffiel, dass für die Proben von 1998 kein Kiesanteil gemessen wurde, obwohl augenscheinlich Kies im Gebiet vorhanden war.

Die mittlere Korngröße ist zur Erstellung des Prognosemodells nur bedingt geeignet. Bei ein und demselben Wert können durchaus verschiedene Korngrößenfraktionen vorhanden sein (Eine

mittlere Korngröße von 0,6 mm liesse auf Sand schliessen, könnte allerdings auch Kies mit hohem Schluffanteil representieren, was typische Sandarten ausschliessen würde).

Zum anderen deckt die mittlere Korngröße einen sehr großen Bereich ab, in dem die Carabidenarten Optima haben. Die Tiere sind entlang des Gradienten nicht linear, sondern eher unimodal, möglicherweise sogar bimodal verteilt, was mit dem linearen Modell der RDA nicht adäquat interpretierbar ist.

Aus diesem Grunde wurde „Teildatensatz 2“ generiert, der hauptsächlich keine Fallen auf schlammigem Substrat enthält. Die Prognosen gelten mit den entsprechenden Einschränkungen.

## **5.7.2.2 Korrelation Carabidenfauna auf Umweltparameter**

### 5.7.2.2.1 RDA

Das Scatter-Diagramm der Achsen 1 und 2 einer RDA mit „Teildatensatz 1“ macht deutlich, dass der Hauptgradient entlang der ersten Achse der Flurabstand (d\_Spiegel) ist. Weitere wichtige Faktoren sind der Sand und der Schluffanteil. Jahreszeit und mittlere Korngrößen haben erwartungsgemäß geringere Vektorenlängen und sind entsprechend unbedeutender.



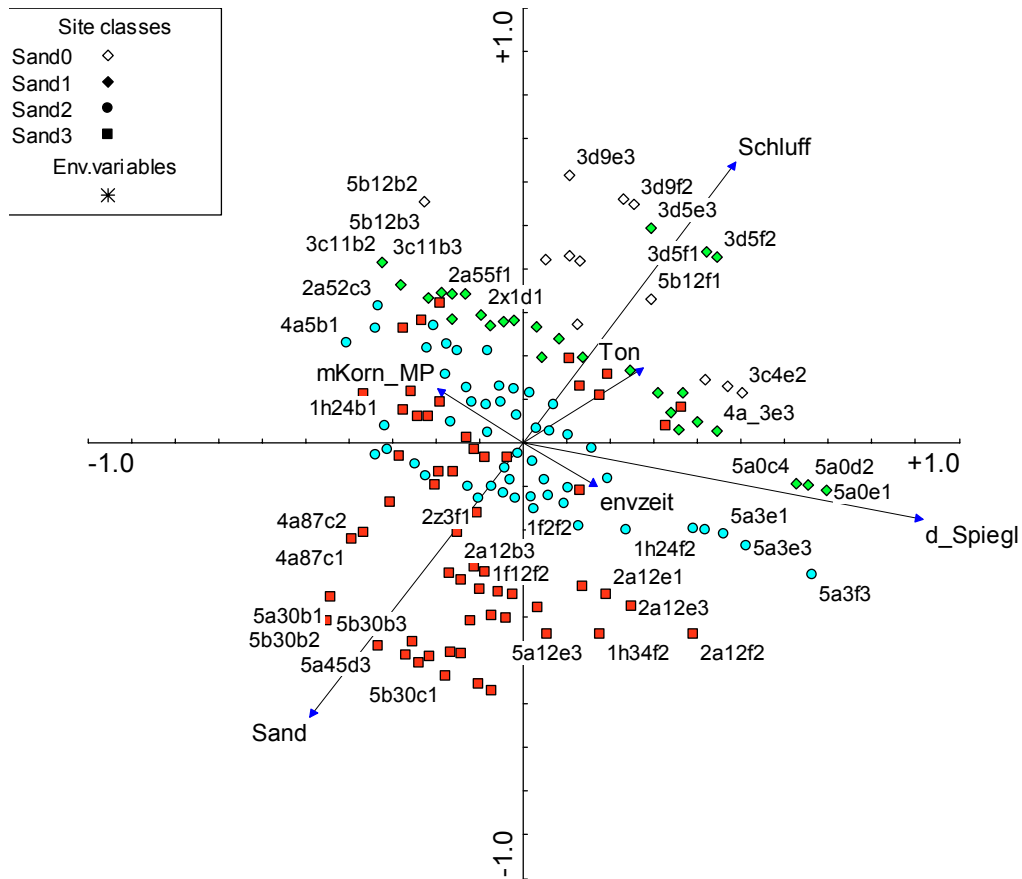


Abbildung 68: Biplot Sites und Umweltparameter, Achsen 1/2, RDA mit Teildatensatz 1, n=386, Farbcodierung nach zunehmendem Sandanteil

Im ersten Quadranten befinden sich Fallen des Transektes 3d. Das Transekt ist kurz, vegetationsbestanden und stark verschlammt. Interessant ist, dass sich dort auch die Falle 5b12f1 anordnet. Obwohl Bühnenfeld 427 (Kennziffer 5) fast ausschliesslich sandiges Substrat enthält (siehe die Häufung der Fallen dieses Transektes im 3. Quadranten) liegt bei Falle b12 eine Ausnahme vor. Sie liegt in einer Kuhle in der sich feines Substrat und auch Phalaris angesiedelt hat. Die Fallen des Bühnenfeldes 427 im 2. Quadranten sind extrem trocken, da sie nahe der Uferkante liegen.

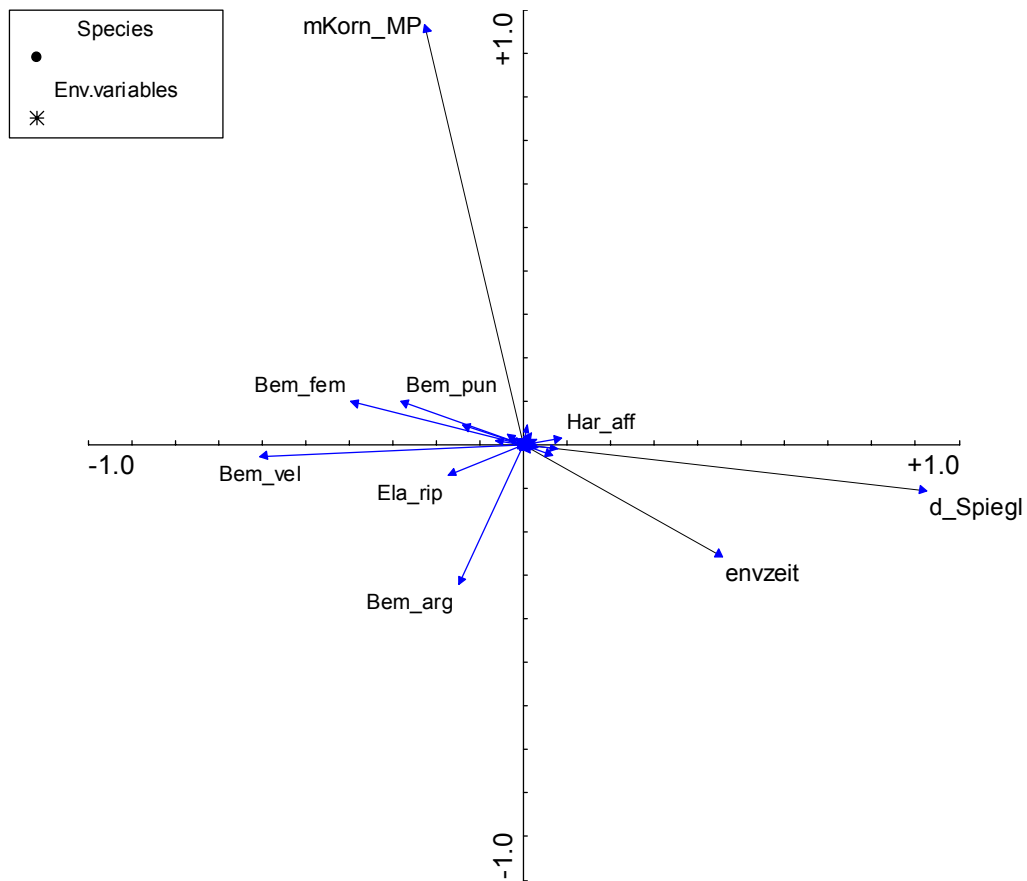


Abbildung 69: Biplot Arten und Umweltparameter, Achsen 1/2, RDA mit Teildatensatz 2

Es zeigen nur wenige Arten deutliche Abhängigkeiten von den Umweltparametern, diese sind allerdings plausibel. *B. argenteolum* reagiert weniger stark auf den Flurabstand als *B. velox*. *B. femoratum* ist bei größeren mittleren Korndurchmessern anzutreffen. Die meisten Arten zeigen – zu sehen an den kurzen Vektoren – unbedeutende Reaktionen auf die Umweltfaktoren.

#### 5.7.2.2.1.1 Kopplungsfunktion

Als modellierte Werte liegen mittlere Korngrößen und der Flurabstand vor. Die mittleren Korngrößen wurden vom TP-Darmstadt mit dem Geländemodell geliefert, die Flurabstände konnten über Geländemodell und den Pegeloffsets errechnet werden. Der Parameter für die Jahreszeit (envzeit) wird als Konstante vorgegeben, damit für die jeweilige Jahreszeit die modellierte Verteilung in Abhängigkeit der Struktur dargestellt werden kann.

Die 3 Parameter werden in der vorhergehenden RDA als für die Fauna bestimmend angenommen. Der Einschluß weiterer wichtiger, die Fauna bestimmender Faktoren, ist bisher noch nicht möglich. Die Grundlagen dazu liegen allerdings vor.

Konstante	$\beta$ Env1	$\beta$ Env2	$\beta$ Env3

Konstante βEnv.. für Umweltparameter	d_Spiegl	envzeit	mKorn_MP
Konstante βEnv.. für Achse1	0,94699947	0,36912424	0,20278344
Konstante βEnv.. für Achse2	0,27768602	-0,04097548	1,05678401
Konstante βEnv.. für Achse3	0,42222357	-0,96342394	-0,21056802
Konstante βEnv.. für Achse4	0	0	0
Standardfehler der konstanten βEnv.. für Achse1	1,5938E-06	1,5316E-06	1,6248E-06
Standardfehler der konstanten βEnv.. für Achse2	1,5755E-06	1,5139E-06	1,6061E-06
Standardfehler der konstanten βEnv.. für Achse3	1,5387E-06	1,4786E-06	1,5686E-06
Standardisierungs konstante γEnv..	1,98903512	0,69127232	0,85246764
Standardisierungs konstante cEnv..	-1,91110587	-4,38037384	-1,37201503

Tabelle 107: Konstanten der Umweltvariablen; multiple Regression SamE gegen Umweltvariable. Die Signifikanzen und Korrelationskoeffizienten der durchgeführten Regression sind, aufgrund der Rückrechnung der Iteration groß (~1) und hoch signifikant. Die Konstanten für die weiteren taxonspezifischen Variablen sind der nächsten Tabelle zu entnehmen.

Art	Konstante YΦ	Variable b für	Bezeichnung	Koeffizient b	Signifikanz
Bem_fem	1,408411603	1 .Achse	b1	-0,72019261	1,0374E-59
	R: 0,46	2 .Achse	b2	0,173847875	5,1127E-21
	R-Quadrat: 0,21	3 .Achse	b3	-0,019986436	0,01652948
Bem_arg	1,431756214	1 .Achse	b1	-0,274889561	6,2255E-58
	R: 0,4	2 .Achse	b2	-0,579871671	0,00028291
	R-Quadrat: 0,16	3 .Achse	b3	-0,0012269	8,9344E-14
Bem_vel	2,065017743	1 .Achse	b1	-1,087729826	4,6917E-69
	R: 0,5	2 .Achse	b2	-0,05280046	3,0417E-26
	R-Quadrat: 0,25	3 .Achse	b3	-0,013031432	0,57984553

Tabelle 108: Regression der SamE scores von Achsen 1-3 gegen ln Abundanzen. Die Signifikanzen für die Koeffizienten sind sehr hoch, die Korrelation allerdings mäßig. Die beste Korrelationen erreicht Bembidion velox mit einem Korrelationskoeffizient von 0,25. Für Abundanzen der Arten ergibt sich folgende Gleichung, wobei der letzte Term für die 4. Achse entfällt:

$$Y_{\Phi\_inProbe\_i} = \left[ e^{\left[ \bar{y}_{\Phi} + \left[ b1 * (\beta_{Env\_1/1.Achse} * (c_{Env\_1} + \gamma_{Env\_1} * V_{Env\_1}) + \dots + \beta_{Env\_n/1.Achse} * (c_{Env\_n} + \gamma_{Env\_n} * V_{Env\_n})) + \dots \right] \right]} - 1 \right] / 10$$

#### 5.7.2.2.1.2 Vergleich gemessene / prognostizierte Tiere

Für die drei Arten *Bembidion argenteolum*, *Bembidion femoratum* und *Bembidion velox* werden die gemessenen mit den prognostizierten Werten im Vergleich dargestellt. Wegen der großen Anzahl an Proben ist deren Beschriftung nicht lesbar. Es soll hier jedoch lediglich ein Eindruck der Regression vermittelt werden, indem die gemessene Abundanz (blau) der errechneten (gelb) für jede Falle paarweise dargestellt wird. Die absolute Abundanz ist für diesen Vergleich unwichtig. Deshalb und um die Graphik besser lesbar zu machen wird die Ordinate gekappt.

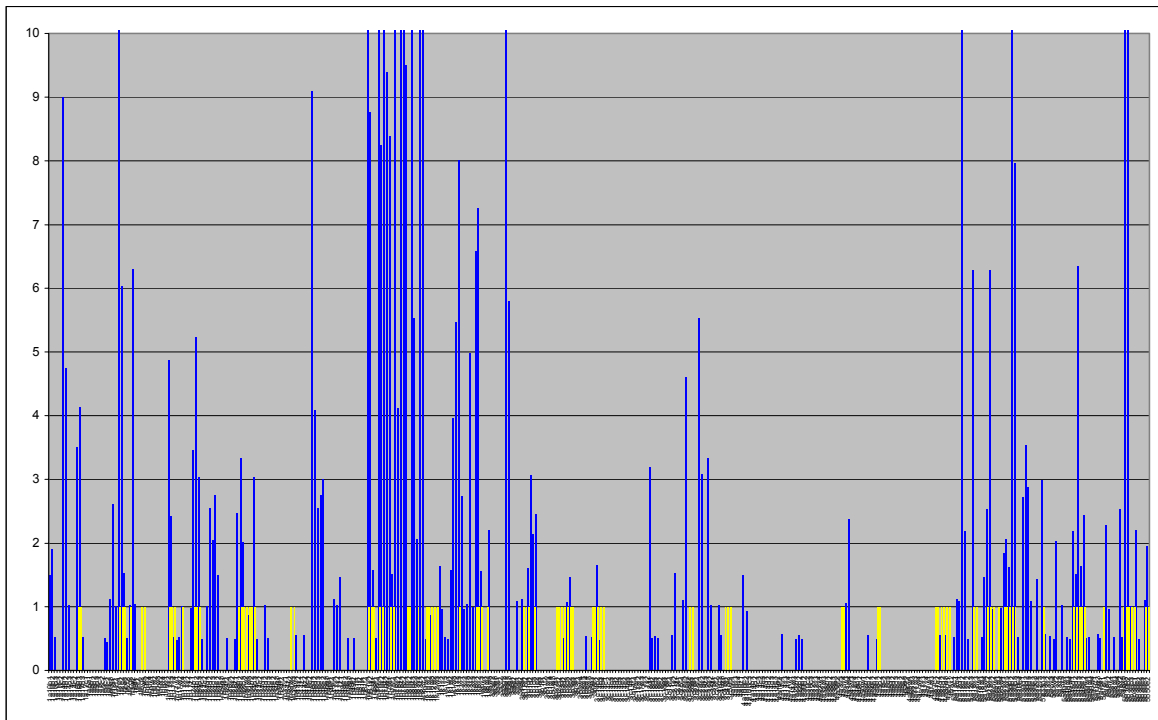


Abbildung 70: *Bembidion argenteolum* (gemessene[blau] / vorhergesagte[gelb] Abundanz)

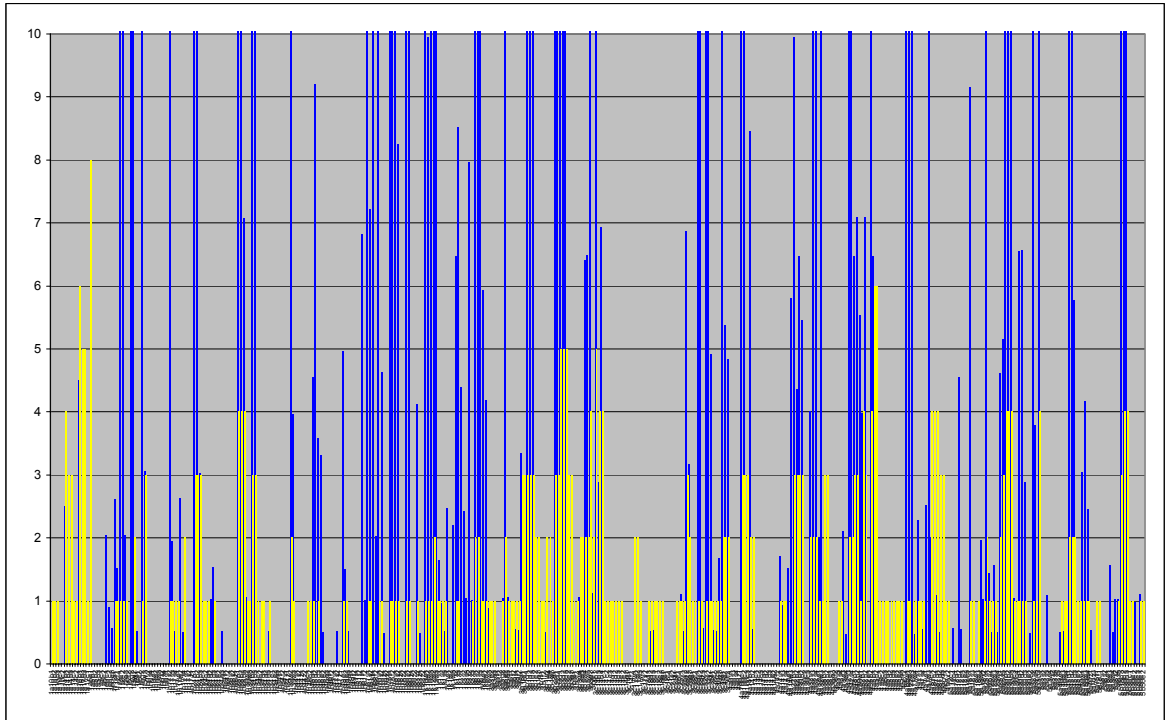


Abbildung 71: Bembidion velox (gemessene[blau] / vorhergesagte[gelb] Abundanz)

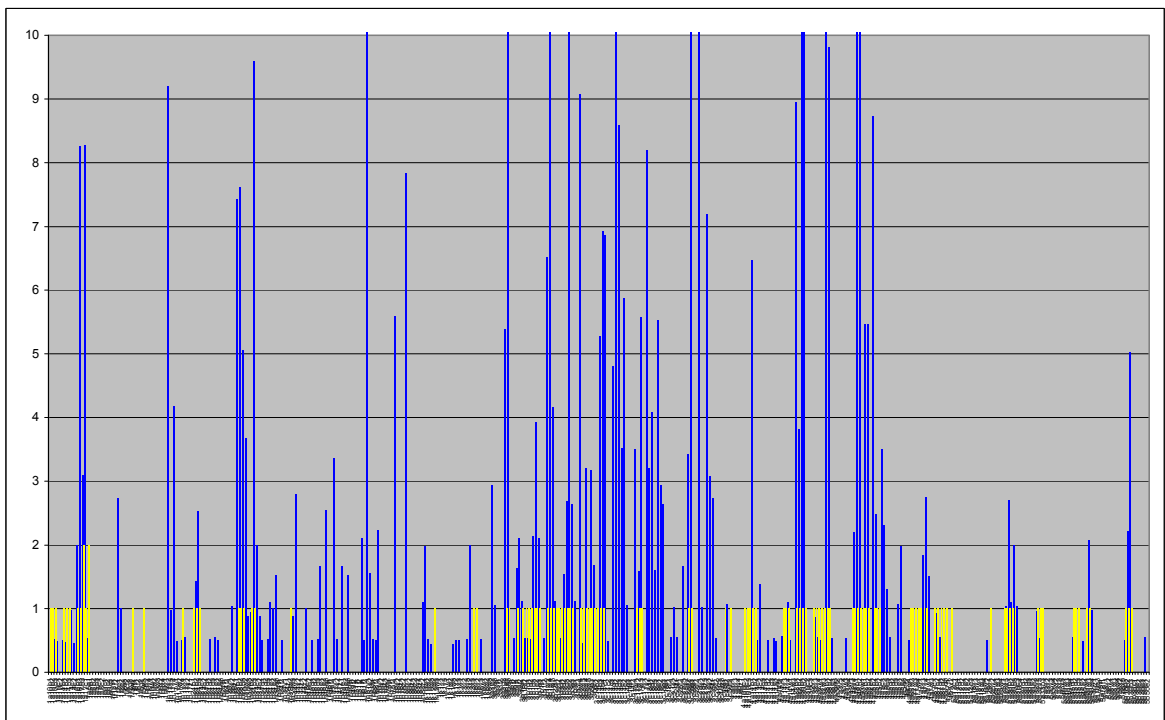


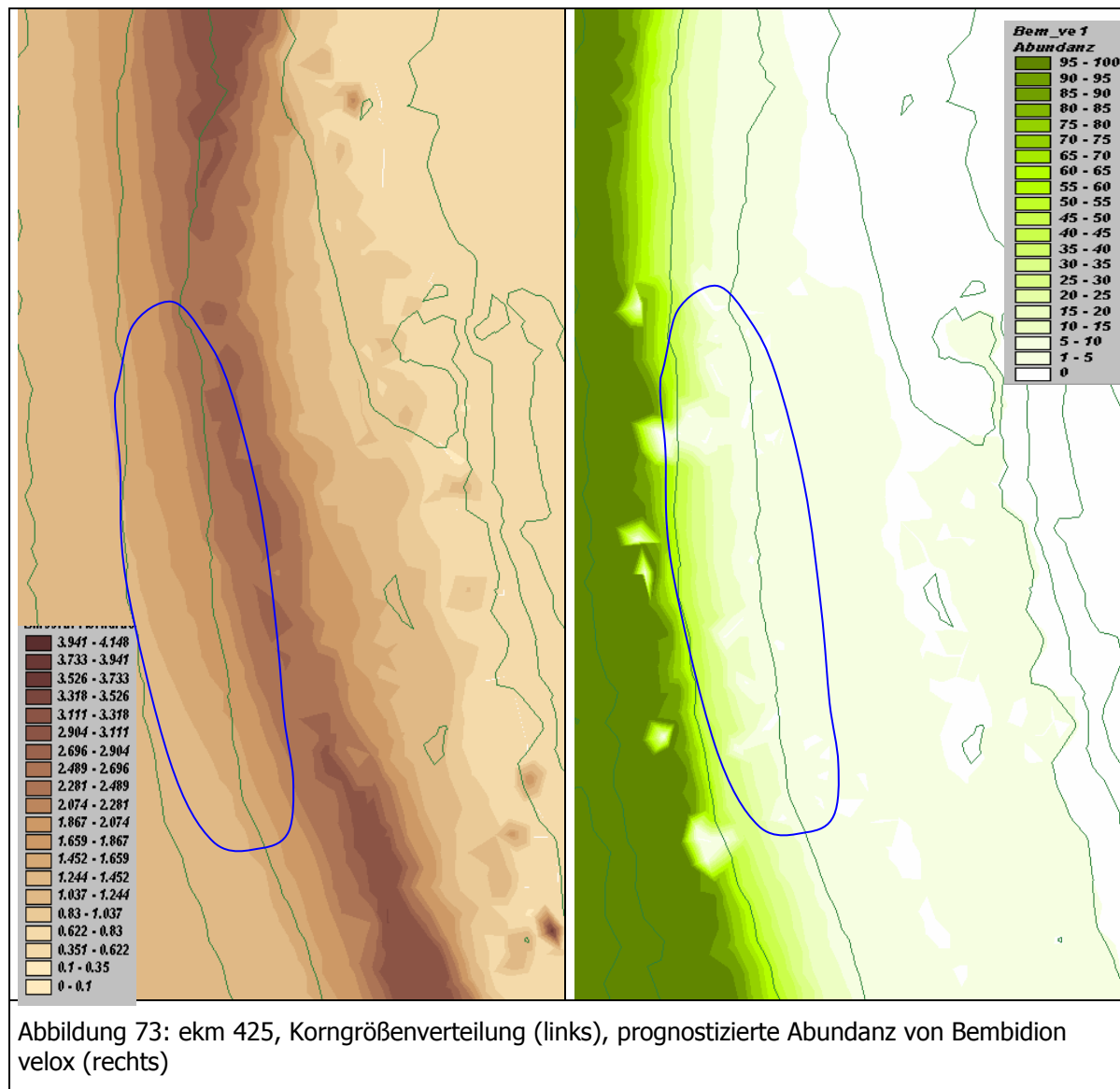
Abbildung 72: Bembidion femoratum (gemessene[blau] / vorhergesagte[gelb] Abundanz)

Die deutlichste Übereinstimmung zwischen gemessener und vorhergesagter Abundanz ist bei Bembidion velox zu finden. Das mag hauptsächlich mit seiner engen Habitatsbeschränkung und der großen Häufigkeit des Tieres in der Stichprobe zusammenhängen.

- 
-

### 5.7.2.2.2 Darstellung GIS

Mit Hilfe der Kopplungsfunktion und das Vorhalten der morphologischen und topographischen Daten ist es möglich das hypothetische Auftreten einzelner Arten im Gebiet zu visualisieren. Im folgenden wird die Art *Bembidion velox* in unterschiedlichen Teilabschnitten dargestellt.



Die Abbildung 73 zeigt die berechnete Abundanz von *Bembidion velox* bei ekm 425, einem Bühnenfeld in dem ein Transekt zur Beprobung vorhanden war. Es handelte sich um eine Kiesbank, die zur Wasserlinie und zur Böschungskante einen höheren Sandanteil aufwies. Trotz der relativ groben Datengrundlage, die dem Modell zugrunde lag, sieht man deutlich, dass das Tier oberhalb der Böschungskante nicht prognostiziert wird (links im linken Teilbild). Zum Wasser hin nimmt die Art sehr stark zu. Der dunkelgrüne Bereich liegt unter Wasser und ist damit ungültig und könnte über die Verrechnung mit dem Wasserspiegel ausgeblendet werden. Interessant ist der durch die blaue Linie gekennzeichnete Bereich. Hier kommt es zu Einbrüchen der Art aufgrund des hohen Kiesanteils des Substrates, obwohl die „Bodenfeuchte“ an dieser Stelle hoch genug ist.

- 
-

Weiter zur Böschungskante hin zeigt Abbildung 161, dass sich die Abundanz wieder etwas verringert (rote Ellipse). Hier ist es aufgrund einer leichten Erhebung und der damit einhergehenden geringeren Feuchtigkeit ungünstiger.

Diese Effekte konnten durchaus auch im Gelände beobachtet werden. Die Größenordnung des Vorkommens wird vernünftig prognostiziert. Tatsächlich können zwar bis zu 300 Tiere pro Tag in den Bodenfallen gefangen werden, was aber eine große Ausnahme darstellt. Das Auftreten von 5 bis 20 Tieren pro Tag ist nicht ungewöhnlich.

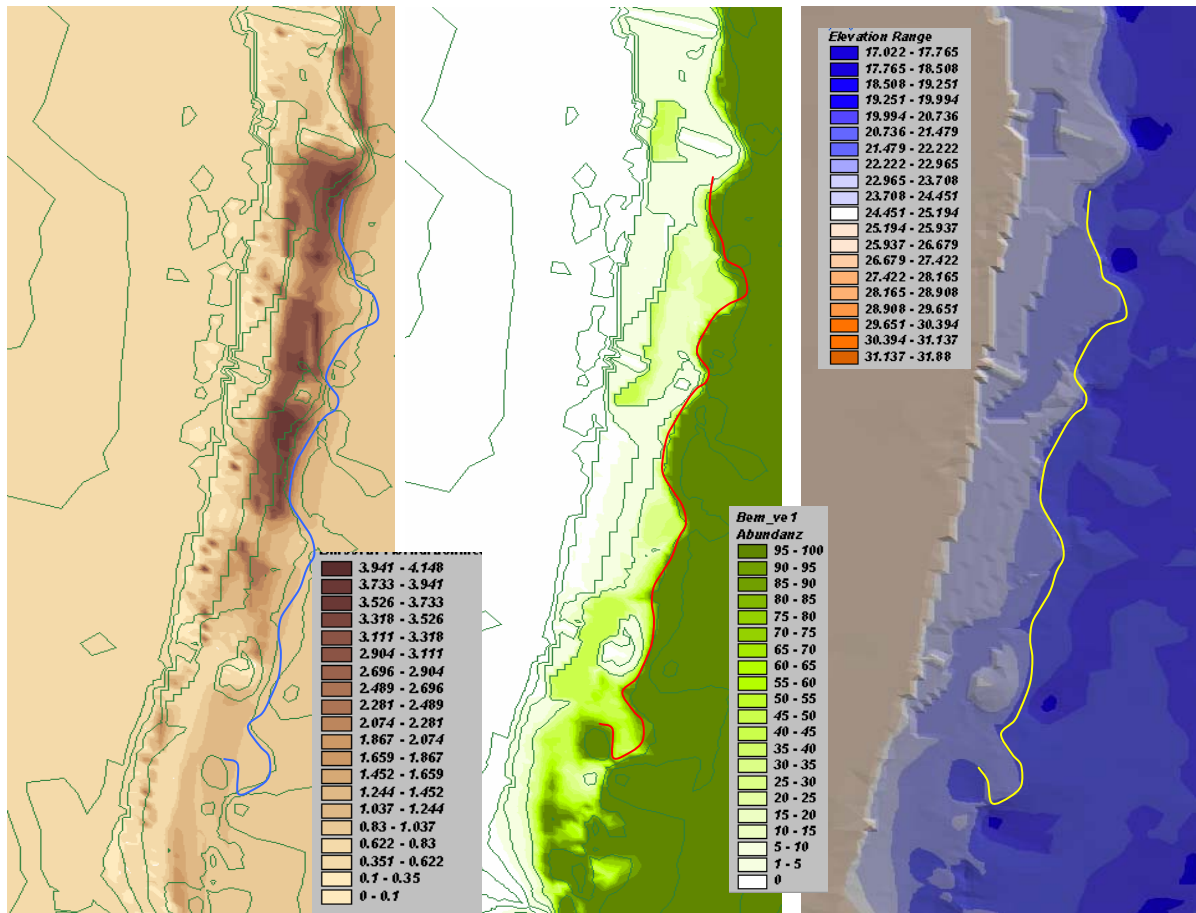


Abbildung 74: Variante 422, Korngrößenverteilung (links), prognostizierte Abundanz von *Bembidion velox* (mitte) und Topographie (rechts)

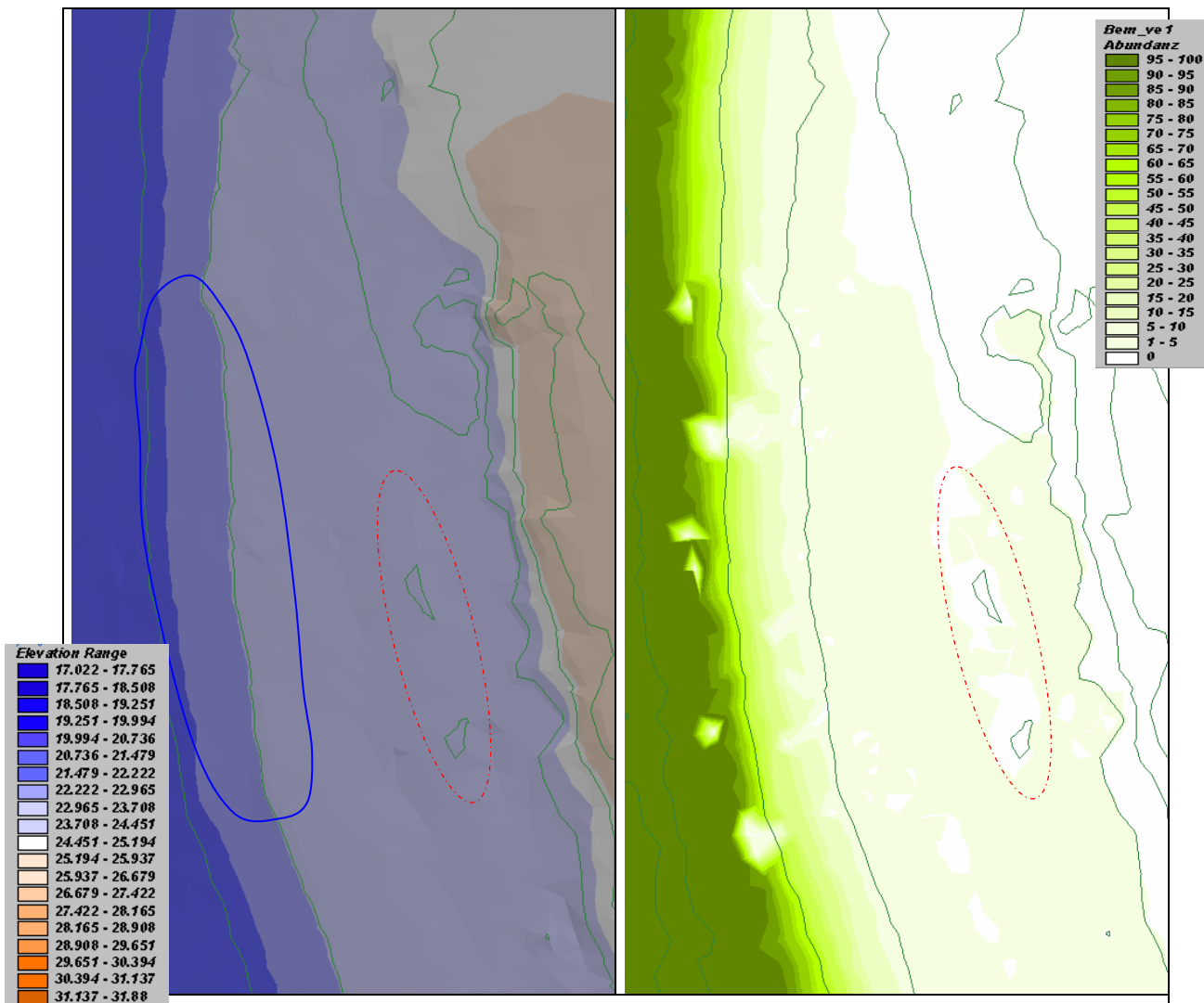
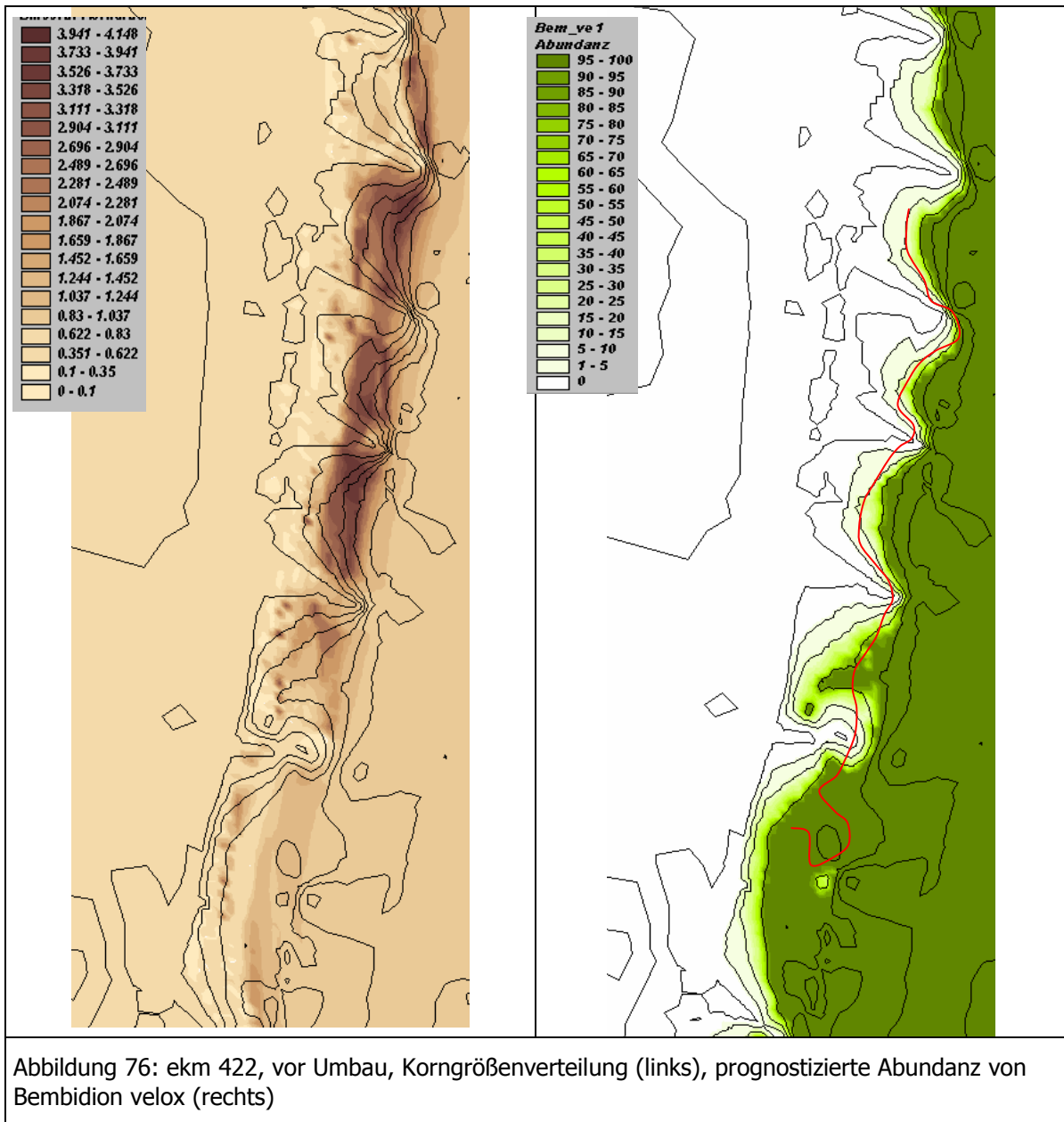


Abbildung 75: ekm 425, Topographie (links), prognostizierte Abundanz von Bembidion velox (rechts)

Abbildung 74 zeigt das Ergebnis der Variante bei 422 li. Hier wurden 2 der ursprünglich 5 Buhnen entfernt und 3 Buhnen mit einem Durchbruch versehen. Die Wasserlinie ist bunt gekennzeichnet. Abbildung 76 zeigt die gleiche Stelle vor dem Umbau der Buhnenfelder. Die Flächen die für Bembidion velox geeignet sind, werden deutlich verringert.





### 5.7.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Für den terrestrischen Teil des biologischen Teilprojektes liegt ein sehr umfangreicher Datenbestand vor, der in einer Datenbank vorgehalten wird. Der Stichprobenumfang ist mit 1569 ausgewerteten Bodenfallen sehr hoch. Es wurden 29307 Laufkäferindividuen in 123 Arten determiniert. Zusätzlich konnten 2280 Spinnenindividuen untersucht werden, von denen 1702 auf insgesamt 70 Arten determiniert werden konnten.

Die Datenbank beinhaltet ausserdem zu jedem Beprobungstermin für jede Falle eine Photodokumentation anhand derer auch nachträglich Umweltparameter rekonstruiert werden können. Ebenfalls wurden Substratparameter (TP-Wasserbau) und meteorologische Parameter (DWD) in die Datenbank integriert. Exemplarisch wurden pflanzensoziologische Aufnahmen durchgeführt und sind an einen Teil des Datensatzes gekoppelt. Durch die Verwendung der Datenbank lassen sich auch noch nachträglich Zusammenhänge analysieren.

In Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt Wasserbau konnten die Fallenparameter an ein topographisches Modell gekoppelt werden, das die Schnittstelle zum hydrologisch / morphodynamischen Modell des Darmstädter Projektpartners darstellt.

- 
-

Bisher liegen nur zwei gemeinsame Parameter (mittlere Korngröße und Flurabstand) für die Kopplung der beiden Modelle vor. Es ist durchaus denkbar weitere Parameter mit relativ geringem Aufwand einzubeziehen, was die Güte des Prognosemodells stark verbessern würde.

Im vorliegenden Kapitel wird das Prinzip des Prognosemodells mittels der beiden Kopplungsparameter aufgezeigt und mit Hilfe des GIS visualisiert. Dabei sind die Ergebnisse plausibel.