

## Teilprojekt Biologie (Philipps Universität Marburg)

Leitung: Prof. Dr. rer. nat. H.W. Bohle

Projektbearbeitung: Ausführung Benthos: Dipl. -Biol. M.T. Dirksen

Dipl. -Biol. E. Gück

Dipl. -Biol. C. Thiel

Ausführung Terrestrik: Dipl. -Biol. T. Aßmuth

# 1 Einleitung

Bis vor kurzem galt die Elbe als einer der am stärksten verschmutzten Ströme Europas. Die Stilllegung industrieller Emissionsquellen sowie der Kläranlagenbau in der Tschechischen Republik und den Neuen Bundesländern haben seit 1990 zu einer deutlichen Reduzierung der punktuellen Schadstoffeinträge in die Elbe geführt. Durch die Teilung Deutschlands vor 1989 ergab sich über 40 Jahre ein Unterhaltungsrückstand der Wasserstraße Elbe, welcher sich in Bezug auf Struktur des Habitats, in weitgehender Naturnähe zahlreicher Abschnitte des Ökosystems Fluß auswirkte.

Wesentliche Teilbereiche des Ökosystems Fluß sind die semiterrestrischen Flächen, der Grenzlebensraum zwischen aquatischen und terrestrischen Biotopen. Diese sind auf weiten Strecken der Bundeswasserstraße Elbe durch Buhnen und Buhnenfelder geprägt, von denen viele - im Gegensatz zu den Buhnen am Rhein - verfallen sind und somit nicht ihren Zweck, die Einschnürung des Flußbettes zur Anhebung des Wasserspiegels und Lenkung des Flusses, erfüllen. Seit 1990 werden die vernachlässigten Buhnen saniert, bzw. erneuert, um das vom Bundesverkehrsministerium vorgegebene Ausbauziel (Fahrrinnenbreite = 50 m, Fahrrinntiefe = 1,60 m an mindestens 345 Tagen im Jahr) ohne die Errichtung von Stauanlagen zu realisieren.

Die damit einhergehenden Veränderungen der ökomorphologischen Strukturen und damit auch der von Fauna und Flora sind tiefgreifend (JÄHRLING 1995, 1996): Es ist von einer weiteren Reduzierung der hydro- und morphodynamischen Prozesse, die zur Um- und Neubildung von Habitaten führen, auszugehen. Die Folge wird eine deutliche Verringerung der ökologischen Qualität der Habitats, der semiterrestrischen Flächen und damit der Biozönosen sein.

An der Elbe bietet sich die Chance, die Fehler, die in der Vergangenheit durch stereotypen Ausbau von Wasserstraßen entstanden, zu vermeiden und die notwendigen Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen in einer dem Lebensraum gerechteren Form und im Sinne einer nachhaltigen Nutzung, durchzuführen.

So fordern STATZNER & SPERLING (1993) "system specific knowledge", um Konflikte, die bei anthropogener Nutzung eines Gewässers entstehen, in ökonomisch und ökologisch effizienter Weise zu lösen - die Modellierung von Abiotik und Biotik, des "Organismic response", stellt einen solchen Ansatz dar. Bei Anwendung numerischer Modelle können verschiedene Szenarien des Ausbaus mit Buhnen/Buhnenfeldern untersucht und sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvolle Lösungen erarbeitet werden: Beispielsweise könnte aus hydraulischer Sicht ein Ausbau mit Buhnen bzw. deren Unterhaltung nur abschnittsweise notwendig sein oder ein zur Flußregulierung notwendiges Bauwerk in ökologisch schonender Weise oder sogar vorteilhafter Weise (Schaffung von Habitats) gestaltet werden.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die Zusammenhänge zwischen Biotik und Abiotik im Wechselwasserbereich der Buhnenfelder zu analysieren und numerisch zu modellieren. Mithilfe numerischer Modelle werden unterschiedliche Szenarien berechnet und diese anschließend aus Sicht der Ökologie und des Verkehrswasserbaus bewertet.

## 2 Arbeitshypothesen und Zielstellung des Forschungsvorhabens der Universität Marburg im Kontext des Gesamtprojekts

Arbeitshypothese: Eine Biozönose ist geprägt durch ihre Umwelt. Änderungen in der Umwelt werden daher durch die Biozönose reflektiert und spiegeln sich in ihr wider. Insbesondere die Fauna der Fließgewässer ist geprägt und limitiert durch einige wenige physikalische und chemische Parameter des sie umgebenden Mediums Wasser, bzw. Substrats (VERDONSCHOT 1999, CUMMINS & LAUFF 1969) Insbesondere Strömung und Substrat werden hervorgehoben (u.a. MARTINEZANSEMIL & COLLADO 1996). Eine modellhafte (numerische) Abbildung der wichtigsten Umweltfaktoren kann folglich benutzt werden, falls die Abhängigkeiten zwischen Biozönose und Umwelt bekannt sind, um auch die Biozönose oder Teile daraus näherungsweise zu prognostizieren.

Ziel des Forschungsvorhabens der Universität Marburg ist es daher, die Fauna (aquatische und terrestrische) in den semiterrestrischen Flächen ausgewählter Bühnenfelder der Elbe zu erfassen und auf Zusammenhänge mit Umweltfaktoren hin zu analysieren.

Hierzu werden

- Artenzusammensetzung und Abundanz aquatischen Fauna aufgenommen
- Artenzusammensetzung und Abundanz der terrestrischen Fauna untersucht
- stichprobenartige Vegetationsaufnahmen durchgeführt, um Einflüsse der Vegetation auf die Abundanzmuster der Carabidozönose zu ermitteln.

Folgende Parameter, welche als besonders prägend für die Fauna der Fließgewässer angesehen werden, gehen in die Untersuchung ein:

- Strömung als dominierender Faktor (s.u.a. BOHLE 1995, SCHÖNBORN 1992, MARTINEZANSEMIL & COLLADO 1996)
- Beschaffenheit des Substrats in Bezug auf organischen Gehalt und Korngrößen
- Physikalische Parameter des umgebenden Mediums: bei der aquatischen Fauna sind dies Temperatur, Sauerstoffgehalt und –sättigung; pH Wert und Leitfähigkeit
- Weitere Parameter wie Jahreszeit und Gewässertiefe und werden ebenfalls auf Abhängigkeiten untersucht.

Eine qualitative, bzw. semi-quantitative Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Fauna und Umweltfaktoren, erfolgt durch multivariate Korrelationsanalysen. Darauf aufbauend, werden weitere Regressionsanalysen zur quantitativen, mathematischen Beschreibung der Zusammenhänge und Kopplung an das numerische Modell der abiotischen Parameter der TU Darmstadt durchgeführt.

Im Laufe des Projekts stellte sich heraus, daß vom Projektnehmer TU Cottbus eine Projektdatenbank, in welcher die Daten von Fauna und Umweltfaktoren verschnitten und nutzbar gemacht werden, nicht erstellt werden konnte. Da die Datenbank aber Voraussetzung für die Verwaltung und Darstellung der große Menge der erhobenen Daten war und daher unbedingt benötigt wurde, wurde diese Arbeit vom Teilprojekt Uni Marburg übernommen. Die visuelle Darstellung des Modellierungsergebnisses mittels eines für Jedermann zu bedienenden Programms in Form eines GIS (Arcview) wurde ebenfalls von der Uni Marburg übernommen, da die korrekte Darstellung der biologischen Daten damit sichergestellt werden konnte. Eine Bestimmung der Biomassen der Elbfauna wurde auf Anraten des Projektträgers „als nicht zielführend“ eingestellt.

### 3 Qualitative Deskription und Charakteristik der beprobten Buhnenfelder

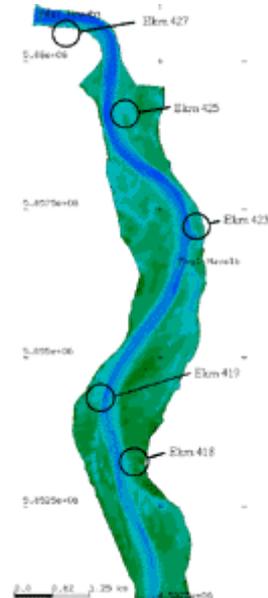


Tabelle 1: Übersicht Untersuchungsgebiet. (Quelle TP Wasserbau)

Die Untersuchung schließt mehrere Elbabschnitte ein, die durch verschiedene Bauwerke gesichert sind und sich in unterschiedlichen Unterhaltungszuständen befinden. Die **Abstimmung** der von **BAW/BfG, TH Darmstadt/Univ. Marburg/TU Cottbus** im Elbe-Ökologie-Forschungsprogramm des BMBF eingereichten Projektskizzen zur Buhnenproblematik und des bereits bewilligten Verbundprojekts der **Universität Hamburg** ergab, daß die Auswahl der Untersuchungsgebiete schwerpunktmäßig seitens der BAW/BfG in Absprache mit der WSV durchgeführt werden sollte Berücksichtigt werden dabei die Konzentrationsgebiete des Forschungsprojekts der Universität Hamburg.

Nach Rücksprache mit der Projektgruppe Elbe- Ökologie wurden innerhalb dieser sich überschneidenden Untersuchungsgebiete von TH Darmstadt/Univ. Marburg/TU Cottbus einzelne Buhnen/ Buhnenfelder ausgewählt. Folgende Untersuchungsgebiete im Raum Havelberg in der Brandenburgischen Elbtalaue zwischen Havelberg und Wittenberge, Sachsen-Anhalt wurden nach Absprache mit Herrn Dr. Thiel und Herrn Scholten (Universität Hamburg) und Besichtigung ausgewählt.

Als Untersuchungsflächen wurden nach einem Kriterienkatalog, fünf stark differierende Buhnenfelder ausgewählt, um ein möglichst diverses Faktorenspektrum in hoher Auflösung zu erhalten. Dies gewährleistet eine weitgehende Erfassung und Differenzierung der Gradienten repräsentativer Umwelt-Parameter. Kriterien für die Auswahl der Untersuchungsgebiete waren:

- in Bezug auf die Hydrodynamik unterschiedlich differenzierte Strömungsmosaiken innerhalb der Buhnenfelder
- Zustand der Buhnen d.h. hydrodynamische Besonderheiten (z.B. Durchbrüche)
- Baumaterial der Buhnen d.h. ihre Oberflächenstruktur
- Substrate in den Buhnenfeldern d.h. ihr organischer Gehalt und Strömungswiderstand

- Substrate und Vegetation der Ufer, d.h. der Raumwiderstand
- Topographie der Bühnenfelder, d.h. die Ausdehnung der semiterrestrischen Flächen im Wasserwechselbereich

Es wurden 5 Bühnenfelder ausgewählt, welche im folgenden kurz charakterisiert werden:



Abbildung 1: Bühnenfeld 1: Elbe-km 418,1; rechts. Blickrichtung von flußaufwärts gelegener Buhne flußabwärts, Eklektorstandort rechts unten; Niedrigwasser  
 Das Bühnenfeld bei Stromkilometer 418 zeichnet sich durch Bühnen aus, welche im Rahmen der Sanierung erneuert und mit einem befestigtem Durchbruch nahe der Bühnenwurzel versehen wurden. Am Ufer herrschen daher andere Strömungsverhältnisse vor als in einem "klassischen" Bühnenfeld. Ein derartiger Durchbruch führt allerdings schon bei Mittelwasser kein Wasser mehr. Das Substrat ist eine Mischung aus Feinsedimenten und Sand. Am Ufer befinden sich Schilf- und Schlammfluren.



Abbildung 2: Bühnenfeld 2: Elbe-km 419,9 links. Blickrichtung von flußaufwärts gelegener Bühnenwurzel zur flußabwärts gelegenen Buhne; Eklektorstandort links mitte; Niedrigwasser

Die Buhnen bei km 419,9 sind nahezu verfallen, sie wurden mit Hilfe von Sandsäcken repariert. Der Bewuchs der Buhnen besteht aus Blutweiderich und Weiden, welche im Zuge der Unterhaltungsmaßnahmen regelmäßig "auf den Stock" gesetzt werden. Es existieren Durchrisse an der Buhnenwurzel. Im landseitigen Teil des Buhnenfeldes ist ein Altwasser angebunden. Die Sedimente sind vorwiegend Feinsande und Schlämme. Dieses Buhnenfeld zeichnet sich durch weitläufige, bei Niedrigwasser trockenfallende Flächen aus.



Abbildung 3: Buhnenfeld 3: Elbe-km 423,1 rechts Blickrichtung auf flußaufwärts gelegene Buhne, Eklektorstandort mitte; Niedrigwasser  
Hier finden wir ein geradezu "klassisches" Buhnenfeld. Die Buhnen wurden 1996 erneuert, d.h. mit einer neuen und auch zum Untersuchungszeitpunkt noch intakten Schüttung versehen. Hinter der stromauf gelegenen Buhne befindet sich ein mehrere Meter tiefer Kolk. Die Substrate sind im oberen, ufernahen Teil schlammig, weiter unterhalb feinsandig bis sandig. Aufgrund der Topographie fallen bei Niedrigwasser weniger grosse Flächen trocken, die Auflauhöhen von Wellen sind gering.



Abbildung 4: Buhnenfeld 4: bei Elbe-km 425 rechts Blickrichtung auf flußabwärts gelegene Buhne, Eklektorstandort mitte; Niedrigwasser

Das Bühnenfeld 4 bei Elbe-km 425 zeichnet sich durch besonders ausgedehnte, bei Niedrig- und Mittelwasser freiwerdenden Uferflächen aus. Das vorherrschende Substrat ist Fein- bis Grobkies. Die Strömung liegt hier am Ufer an. Die Bühnen sind zum großen Teil zusedimentiert und ohne Funktion. Die Auflaufhöhe der von Schiffen verursachten Wellen ist relativ hoch.



Abbildung 5: Bühnenfeld 5: Elbe-km 427,2 links Blickrichtung auf flußabwärts gelegene Bühne, Mittel-Niedrigwasser

Bühnenfeld 5 befindet sich an einem Gleithang im Elbknie bei Elbe-km 427. Die Bühnen sind zusedimentiert, das Substrat setzt sich aus Fein- und Grobsanden in sehr lockerer Schichtung zusammen. Im überströmten Bereich ist das Substrat auch bei Niedrigwasser in Bewegung. Bei niedrigen Wasserständen fallen weite Flächen trocken. Auch hier ist die Auflaufhöhe von Schiffswellen hoch.

## 4 Methodik

### 4.1 Probemethodik des Projektteils Aquatik

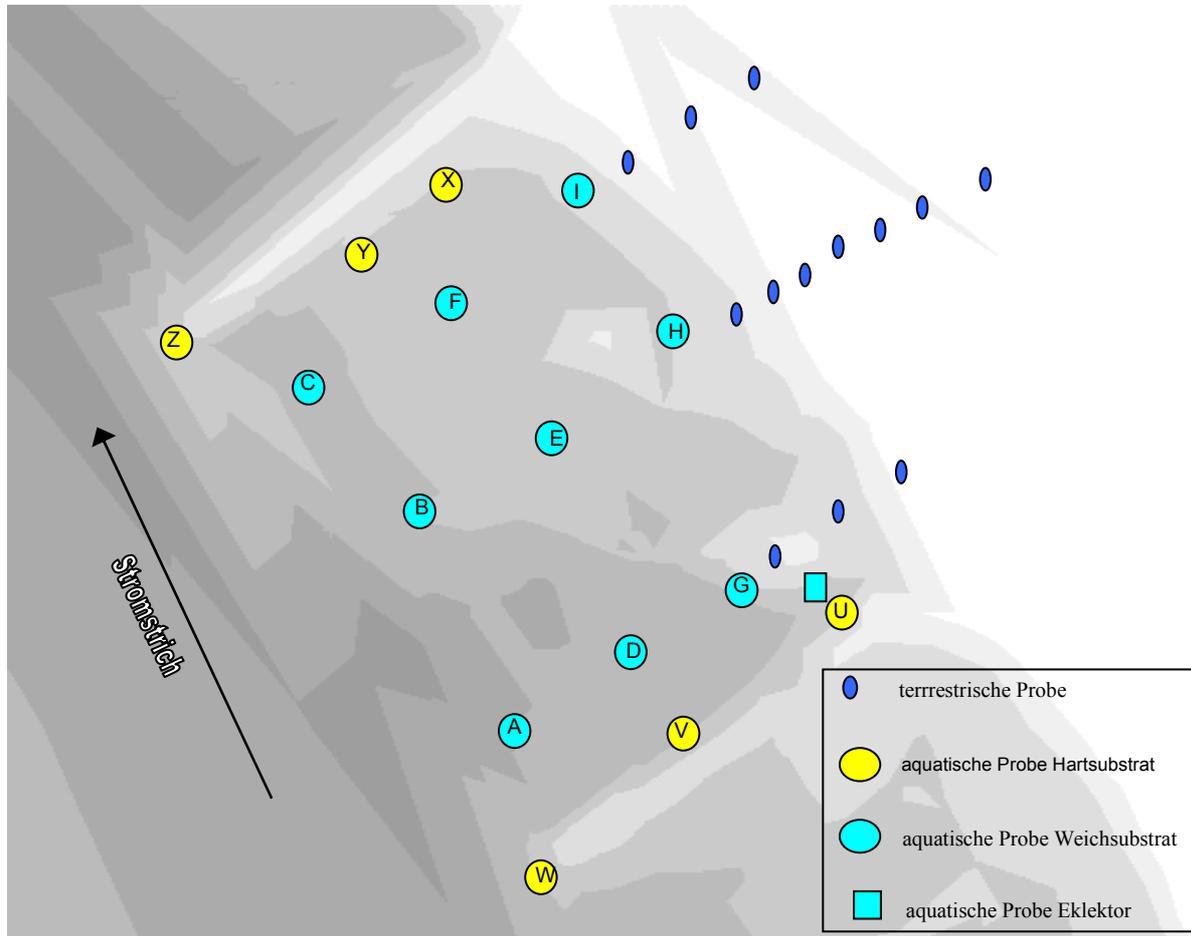


Abbildung 6: schematisierte Ansicht eines „Standard“-Probenfeldes

Die Probenahme der aquatischen Fauna im Weichsubstrat (Sand, Schlamm und Kies) erfolgte in den tieferen Bereichen mit einem selbst konstruierten **Airliftsampler** ähnlich Drake & Elliot (1983 (1) und 1983(2)) (Stellen A-F), im Flachwasser dagegen mit einem **Stechrohr** (Stellen G-I). Es wurden neun bis zwölf Stellen innerhalb jedes Bühnenfeldes beprobt. Als Untersuchungsflächen wurden in Bezug auf Morpho- und Hydrodynamik stark differierende Bühnenfelder ausgewählt, um ein möglichst diverses Faktorenspektrum in hoher Auflösung zu erhalten. Dies gewährleistet die weitgehende Erfassung und Differenzierung der Gradienten repräsentativer Umwelt-Parameter. Die Probenahmestellen wurden mit Bojen gekennzeichnet, um Ortskonstanz gewährleisten zu können.

Die Besiedler des **Hartsubstrats** (Bühnensteine, exponierte Besiedlungssteinkörbe, exponiertes Holz) wurden mit einer Wurzelbürste abgebürstet. Proben wurden in einem halben Meter Wassertiefe. Die Steine wurden mit der Hand entnommen und in eine flache Schale überführt, um die Menge der entnommenen Probe abzuschätzen. Die entnommene Probemenge bewegte sich zwischen 0,3 m<sup>2</sup> und 1,2 m<sup>2</sup>. Die Steine wurden an verschiedenen Stellen beprobt, um der fleckhaften Besiedlung des Makrozoobenthos Rechnung zu tragen. Ein in Strömungsrichtung

vorgehaltenes Netz verhinderte ein Entkommen schnell flüchtender Organismen und juvenilen Tiere. Das anschließende schonende Abbürsten des entnommene Substrats erfolgte in einer wassergefüllten Schüssel. Das durch diese Prozedur erhaltene Gemisch aus Substrat, Organismen und Wasser wurde durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 200 µm abgeschüttet und der Rückstand in Alkohol konserviert. Je nach Länge der Buhnen wurden bis zu drei Stellen (U-W bzw. X-Z) ausgewählt, die, analog der Beprobung des Weichsubstrats, nach dem Kriterium unterschiedlicher Strömungsverhältnisse ausgewählt wurden.

Durch das Ausbringen **künstlicher Substrate** soll das Besiedlungspotential der vorhandenen Tiere ermittelt werden, um in der geplanten Modellierung die spezifischen Vorkommen auf, bzw. in den verschiedenen Substrattypen berücksichtigen zu können. Auf diese Weise können Aussagen darüber getroffen werden, ob die untersuchten Taxa aufgrund weiterer, unbekannter und deshalb nicht untersuchter Umweltparameter fehlen, bzw. vorhanden sind. Daher wurden Körbe mit Natursteinen als Besiedlungskörper ausgebracht. Diese Körbe können auch noch bei Hochwasser eingeholt werden. Da das Angebot an natürlichen Hartsubstraten (Holz) in diesem Elbabschnitt sehr gering ist, wurden außerdem Holz-Besiedlungskörper exponiert.

Zur genauen Determination ist es bei einigen Insekten, v.a. Chironomiden (Zuckmücken) notwendig, adulte Tiere zu untersuchen. Deshalb werden schwimmende **Eklektoren** (Fangzelle) aufgestellt, um die frisch geschlüpften Insekten zu fangen. Des weiteren wurden Chironomidenimagines auch mit Hilfe von **Aquarienaufzuchten** gewonnen. Zur Ermittlung der Besiedlung des Weichsubstrats wurde das Substrat, daß mit einem Stechrohr oder mit dem Airliftsampler entnommen wurde in Eimer überführt. Zur Untersuchung des Hartsubstrats wurden Steine von insgesamt einer Fläche von 0,5 m<sup>2</sup> in einem Eimer vorsichtig abgebürstet und ein besiedelter Stein in denselben Eimer gegeben. Dieser wurde, wie bei dem Weichsubstrat mit Wasser der entsprechenden Probestelle aufgefüllt.

Das gesammelte Material wurde in Aquarien (40x25x25 m<sup>3</sup>), überführt. Die Aquarien waren mit einem Deckel versehen, der aus einem, mit Klarsichtfolie umspannten Hozrahmen bestand. Geschlüpfte Tiere flogen an den Deckel und wurden alle zwei Tage mit Hilfe eines Exhausters abgesammelt und in Ethanol konserviert. Eine Belüftung der Aquarien erfolgte mit Pumpen, die über ein Schlauchsystem mit den Aquarien verbunden waren. Mittels Schlauchklemmen konnte die Luftzufuhr reguliert werden. Neonröhren, die mit Hilfe einer Zeitschaltuhr an die jeweilige Photoperiode angepasst waren dienten zur Beleuchtung.

#### **4.1.1 Probenaufarbeitung und Bestimmung**

Alle Proben wurden in gleicher Weise aufgearbeitet. Der erste Schritt war ein Auswaschen der Proben mit einer Sortierapparatur (Abb. 1 ), ähnlich der MOONS (1935) in SCHWOERBEL (1986), um die Organismen zu konzentrieren und das Auslesen zu erleichtern. Die Sortierapparatur besteht aus einem 80 cm langen und 50 cm breiten Kasten, dessen Boden durch Schwellen mit abnehmender Höhe in Kompartimente unterteilt ist. Die Wasserzufuhr erfolgt durch ein handelsübliches Plastikrohr mit Löchern. Die Probe wird in das erste Kompartiment der Sortierapparatur mit der Wasserzufuhr gelegt. Organismen und leichtere Partikel werden durch Wasserdruck in das Sieb geschwemmt.

## 1. Kompartiment

(zur Aufnahme der ungereinigten Probe)

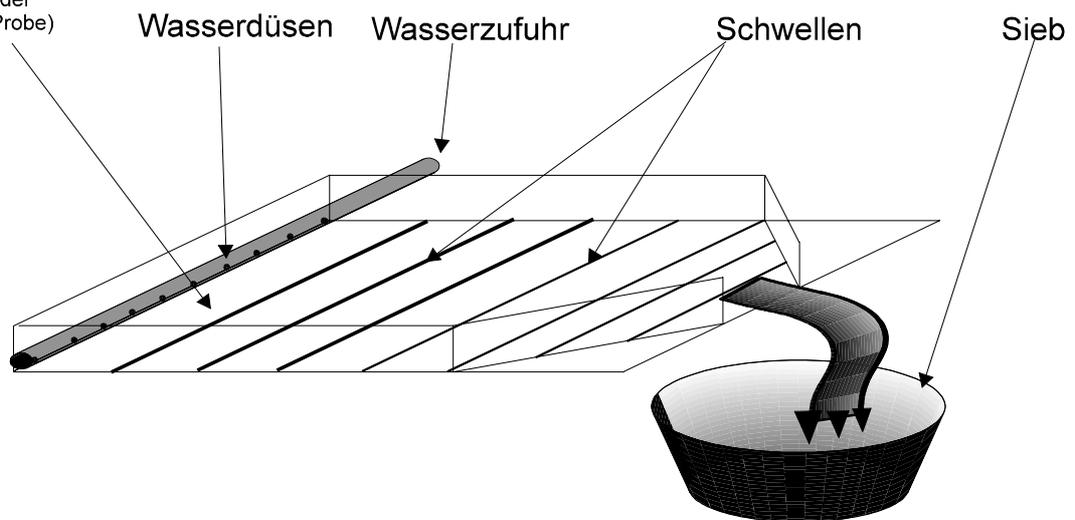


Abb. 1: Sortierapparatur

Der Trennmechanismus der Apparatur beruht auf dem unterschiedlichen spezifischen Gewicht von Sediment und Organismen. Sand und Kies verbleiben hinter den Schwellen der Apparatur, die spezifisch leichteren Materialien werden in das untergestellte Sieb gewaschen, aus welchem die Organismen und das Rest-Sediment wieder in den Probenbehälter befördert werden. Der Rückstand wurde stichprobenartig auf zurückgebliebene Organismen untersucht und erwies sich als organismenfrei.

Der Organismenanteil wurde mittels Waage in Aliquote unterteilt, welche auf das Vorkommen von Benthosorganismen quantitativ untersucht wurden. Die Individuen eines Aliquot wurde ausgezählt und falls die Anzahl eines Taxons die Zahl 100 erreichte oder überstieg wurde die Gesamtzahl des Taxons in der Probe durch Extrapolation des Aliquots auf die Gesamtprobe errechnet. Die Vorkommen folgender Taxa wurden halbquantitativ geschätzt: Hydrozoa, Cordylophora, Hydra, Spongillidae, Porifera, Bryozoa, Cladocera, Copepoda, Ostracoda und Nematoden. Es werden folgende Zahlen für die Einschätzung (der Abundanzklassen) eingetragen: Klasse1: 0=nichts; Klasse2: 10=wenig; Klasse3: 100=mittel; Klasse4: 1000=viel.

Folgende Individuenzahlen der Taxa ergaben ergaben die o.a. Klassen:

- Hydrozoa, Cordylophora: bis 50 wenig, bis 300 mittel, darüber viel.
- Porifera, Bryozoa, Nematoda, Ostracoda, Cladoceren und Copepoden: bis 20 Individuen wenig, bis 100 mittel, darüber viel.
- Bedeckungsgrad von Bryozoa, Spongillidae "Polster": bis 20%: wenig (10), 21-50%: mittel (100), 51-100%: viel (1000)

Von den **Oligochaeta** wurden mittels Polyvinylactophenol jeweils mindestens 100 Teilstücke auf Objektträgern fixiert. Die Tiere wurden determiniert von:

Frau Dipl. -Biol. **Marion Wiegand**

Herrn Dr. **Jürgen Bäche** ECO RING - Büro für Umweltdokumentation Datenmanagement, Gewässerökologie

Die Gesamtzahl der Oligochaeta in der Probe ergab sich durch Extrapolation der auf den Objektträgern bestimmten „kompletten“ (excl. nichtbestimmbare Bruchstücke) Tiere auf die Gesamtprobe.

## 4.1.2 Nomenklatur der Probestellen

| erste Stelle  | Zweite – dritte Stelle   | vierte Stelle  | Fünfte - sechste Stelle   |
|---|--|--|---|
| Buhnenfeld<br>0-9   | Probestelle<br>A-Z   | Zeitraum<br>A-Z  | Probeart<br>0-9   |
| 0= Altarm 419,9<br>1= 418,0<br>2= 419,9<br>3= 423,0<br>4= 425,0<br>5= 427,0 | A-R= Sampler und Stechrohr<br><br>uvw= Buhne I (obere Buhne)<br>u= Anfang (Wurzel) bis Spitze= w<br>bei 427 ist das Buhne –II<br><br>xyz Buhne II (untere Buhne)<br>x= Anfang (Wurzel) bis Spitze= z<br>bei 427 ist das Buhne –I<br><br>Eklektor alt =s<br>Eklektor neu =t | A = Jan 98<br>B = Feb 98<br>C = Mrz 98<br>D = Apr 98<br>E = Mai 98<br>F = Jun 98<br>G = Jul 98<br>H = Aug 98<br>I = Sep 98<br>J = Okt 98<br>K = Nov 98<br>L = Dez 98<br>M = Jan 99<br>N = Feb 99<br>O = Mrz 99<br>P = Apr 99<br>usw. | 1= Sampler<br>2= Stechrohr<br>22= Stechrohr mit doppelter Probemenge<br><br>3= Holzexposition<br>4= Steinexposition<br><br>5= BühnenStein Schlacke<br>6= BühnenStein Natur<br><br>7=Eklektor alt<br>8=Eklektor neu<br><br>9= Driftfallen<br>0= aufgefundenes Holz |

Tabelle 3: Nomenklatur der Proben (aquat. Probenahme)

Die einzelnen Benthos-Proben sind mit jeweils vier Stellen codiert. Die erste Stelle (Zahl) codiert das Buhnenfeld. Die zweite und dritte Stelle (Buchstabe, Zahl) gibt den Probenort an. Die vierte Stelle (Buchstabe) gibt den Meßtermin wieder. Die fünfte und sechste Stelle (Zahl) codiert die Probenahmemethode, d. h. Probestelle: B1 in Buhnenfeld 423,1, Probenahme Juni mit Airlift-Sampler erhält den Namen 3B1F\_1.

## 4.1.3 Zeitraum der Probenahme

1998 wurden die Proben im monatlichen Abstand genommen, d.h. von März – Dezember 1998, wobei die Novemberprobe wegen Hochwassers ausfallen mußte und die Dezemberprobe im Umfang wegen Eistreiben reduziert werden mußte. Insgesamt wurden ca. 600 Proben genommen. 1999 wurden die Proben ebenfalls im monatlichen Abstand genommen, d.h. von Mai – September 1999. Im Zeitraum von Mai bis September wurden insgesamt ca. 300 Proben genommen. Eine Probenahmeperiode war mit 6 Tagen anzusetzen.

## 4.1.4 Berechnung der Abundanzen

Die Angabe der Häufigkeiten der Fauna erfolgte als Abundanz. Diese hat die Einheit Individuen /m<sup>2</sup>. Daher mußten die Proben, welche mittels unterschiedlicher Techniken von unterschiedlichen Flächen geprobt wurden auf m<sup>2</sup> normiert werden.

Es ergaben sich für die verschiedenen Techniken folgende Multiplikatoren:

| Probeart              | Code | Bemerkung  | Substrat_Charakteristik |
|-----------------------|------|--|-------------------------|
| Airlift-Sampler       | 1    | Faktor zur m <sup>2</sup> Umrechnung=24,0688.  | Weich                   |
| Stechrohr             | 2    | Faktor zur m <sup>2</sup> Umrechnung=127,32.   | Weich                   |
| Holzexposition        | 3    | Faktor zur m <sup>2</sup> Umrechnung abhängig von beprobter Fläche; standardmäßig wurden ca. 0,25 m <sup>2</sup> beprobt=Anzahl/Holz Fläche (m <sup>2</sup> ). | Hart                    |
| Steinexposition       | 4    | Faktor zur m <sup>2</sup> Umrechnung abhängig von beprobter Fläche; standardmäßig wurden ca. 0,4 m <sup>2</sup> beprobt.                                       | Hart                    |
| Bühnensteine schlacke | 5    | Faktor zur m <sup>2</sup> Umrechnung abhängig von beprobter Fläche; standardmäßig wurden ca. 0,4 m <sup>2</sup> beprobt.                                       | Hart                    |
| Bühnensteine Natur    | 6    | Faktor zur m <sup>2</sup> Umrechnung abhängig von beprobter Fläche standardmäßig wurden ca. 0,4 m <sup>2</sup> beprobt.  | Hart                    |
| Eklektor alt          | 7    | Grundfläche 0.5m x 0.5m, daher Faktor=4<br>Die Anzahl der Tiere wird normiert auf eine Fangzeit von 4 Tagen angegeben.   | Weich                   |

|                                |    |  |       |
|--------------------------------|----|--|-------|
| Eklektor neu                   | 8  | Grundfläche 1mx1m, daher Faktor=1<br>Die Anzahl der Tiere wird normiert auf eine Fangzeit von 4 Tagen angegeben.   | Weich |
| aufgefunden<br>es Holz         | 9  | Faktor zur m2 Umrechnung abhängig von beprobter Fläche; standardmäßig wurden ca. 0,4 m2 beprobt.   | Hart  |
| BuhnenSteine<br>gemischt       | 0  | Faktor zur m2 Umrechnung abhängig von beprobter Fläche standardmäßig wurden ca. 0,4 m2 beprobt.  | Hart  |
| Stechrohr 2x                   | 22 | Fläche 2x mit Stechrohr beprobt. Faktor zur m2 Umrechnung=63,66.   | Weich |
| Holzexp<br>Colakasten          | 31 | Faktor zur m2 Umrechnung abhängig von beprobter Fläche; standardmäßig wurden ca. 0,4 m2 beprobt.   | Hart  |
| Handaufsammlung                | 23 | Handaufsammlung nicht quantitativ: kein Multiplikator  | Weich |
| Aquarienaufzucht<br>Stein      | 80 | Bestimmung der Chiro. anhand mind. 3 wöchiger Aquarienaufzuchten// Faktor zur m2 Umrechnung abhängig von beprobter Fläche; standardmäßig wurden ca. 0,4 m2 beprobt// Die Anzahl in der Probe wird berechnet indem die bestimmten weibl. Tiere mit dem Faktor (Verh. Männ. /Weib) multipliziert wurden. Es werden alle Proben (SchlupfTag 1, 2, 3....) zusammengezählt. | Hart  |
| Aquar.-<br>Weich.-<br>Sampler  | 81 | Bestimmung der Chiro. anhand mind. 3 wöchiger Aquarienaufzuchten. Es erfolgt eine m2 Umrechnung entsprechend der Probeart. Die Anzahl in der Probe wird berechnet, indem die bestimmten weibl. Tiere mit dem Faktor (Verh. Männ. /Weib) multipliziert wurden. Es werden alle Proben (SchlupfTag 1, 2, 3....) zusammengezählt.  | Weich |
| Aquar.-<br>Weich.-<br>Stech    | 82 | Bestimmung der Chiro. anhand mind. 3 wöchiger Aquarienaufzuchten. Es erfolgt eine m2 Umrechnung entsprechend der Probeart. Die Anzahl in der Probe wird berechnet, indem die bestimmten weibl. Tiere mit dem Faktor (Verh. Männ. /Weib) multipliziert wurden. Es werden alle Proben (SchlupfTag 1, 2, 3....) zusammengezählt.  | Weich |
| Aquar.-<br>Weich.-<br>Stech 2x | 83 | Bestimmung der Chiro. anhand mind. 3 wöchiger Aquarienaufzuchten. Es erfolgt eine m2 Umrechnung entsprechend der Probeart. Die Anzahl in der Probe wird berechnet, indem die bestimmten weibl. Tiere mit dem Faktor (Verh. Männ. /Weib) multipliziert wurden. Es werden alle Proben (SchlupfTag 1, 2, 3....) zusammengezählt.  | Weich |

Tabelle 2: Probetechniken und Flächen-Umrechnungsfaktoren

#### 4.1.5 Parameter zur Korrelationsanalyse und deren Kopplung an das morpho- hydrodynamische Modell

| Parameter  | Datenverfügbarkeit  | Herkunft (Art) der Daten  | Kopplung an Modell  |
|--|---|---|---|
| Korngröße<br>Sediment bis ca 15cm Tiefe                          | ein Probetermin pro Jahr,<br>jede Probestelle<br>'98 und '99 (13 Termine) | Gemessen, TP Darmstadt<br>Korngröße Meier Peter,<br>Fuhrböter, d10, d20, ..., d90 | explizite Größe,<br>Morphodyn. wird<br>modelliert         |
| Organischer Gehalt<br>im Sediment bis ca 15cm Tiefe              | ein Probetermin pro Jahr,<br>jede Probestelle<br>'98 und '99 (13 Termine) | Gemessen, TP Darmstadt<br>Glühverlust, [%]  | implizite Größe,  |
| pH<br>im Porenwasser bis ca 15cm Tiefe                           | Jeder Probetermin,<br>jede Probestelle<br>nur '99 (nur 4 Termine)         | Gemessen, TP Darmstadt  | implizite Größe,  |
| Leitfähigkeit<br>im Porenwasser bis ca 15cm Tiefe                | Jeder Probetermin,<br>jede Probestelle<br>nur '99 (nur 4 Termine)         | Gemessen, TP Darmstadt<br>[µS]  | implizite Größe,  |
| Sauerstoff-sättigung /Gehalt<br>im Porenwasser bis ca 15cm Tiefe | Jeder Probetermin,<br>jede Probestelle<br>nur '99 (nur 4 Termine)         | Gemessen, TP Darmstadt<br>[%] / [mg/l]  | implizite Größe,  |
| Strömungs-Geschw. (ADV)<br>5cm über Sohle                        | Jeder Probetermin,<br>jede Probestelle<br>nur '99 (nur 4 Termine)         | Gemessen, TP Darmstadt<br>[m/s]   | explizite Größe,<br>Strömung wird<br>modelliert           |
| Wasserstandshöhe (ADV)   | Jeder Probetermin,<br>jede Probestelle<br>nur '99 (nur 4 Termine)         | Gemessen, TP Darmstadt<br>[m]   | explizite Größe,<br>Wasserstand wird<br>modelliert        |
| Überflutungsdauer  | Jeder Probetermin,<br>jede Probestelle<br>noch nicht verfügbar            | Modell, TP Darmstadt<br>[d]   | explizite Größe,<br>Ganglinie und Höhe<br>wird modelliert |
| Strömungs-Geschw. (Modell)<br>aus 2d Modell 37,5 cm über Sohle   | Jeder Probetermin,<br>jede Probestelle<br>'98 und '99 (13 Termine)        | Modell, TP Darmstadt<br>[m/s]   | explizite Größe,<br>Strömung wird<br>modelliert           |
| Korngrößen Modell<br>oberster Layer ca. 16cm                     | Jeder Probetermin,<br>jede Probestelle                                    | Modell, TP Darmstadt<br>Korngröße Meier Peter,<br>Fuhrböter, d10, d20, ..., d90   | explizite Größe,<br>Morphodyn. wird<br>modelliert         |
| Wasserstandshöhe (Modell)  | Jeder Probetermin,<br>jede Probestelle<br>'98 und '99 (13 Termine)        | Modell, TP Darmstadt<br>[m]   | explizite Größe,<br>Wasserstand wird<br>modelliert        |

|                        |  |                     |   |
|------------------------|--|---------------------|---|
| Zeit, Probeart         | Jeder Probetermin, jede Probestelle '98 und '99 (13 Termine)                 | Probe, TP Marburg   | wird nicht modelliert, Modell wird nach Jahreszeit geändert |
| Pegel                  | Jeder Probetermin (13), pro Termin ein Wert angenommen für alle Probestellen | Gemessen, ARGE Elbe | explizite Größe, Ganglinie wird modelliert                  |
| phys. Flusswasserwerte | Jeder Probetermin (13),  | Gemessen, ARGE Elbe | wird nicht modelliert                                       |

Tabelle 3: Verfügbarkeit der Umweltparameter Daten und deren Kopplung an Modell

Für die Korrelationsanalyse mit der Fauna standen die in der folgenden Tabelle unter „Minutl Werte“ genannten physikalischen Meßparameter zur Verfügung. 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. Die Werte wurden berechnet als Mittelwerte, Minima und Maxima des Zeitraums 2 Wochen vor dem Zeitpunkt der Probenahme der jeweiligen Probe.

Die Messwerte der Pegel Havelberg und Neuwerben, sowie Gnevsdorf gingen ebenfalls als Minima, Maxima bzw. Mittlewerte der 2 Wochen vor der jeweiligen Probenahme in die Analyse ein. Probenvariablen, wie Art der Probenahme und Substrattyp gingen ebenfalls als Parameter in die Analyse ein, um auf etwaige Auswirkungen der Probentechnik auf die Ergebnisse zu testen. Eine nähere Erläuterung und Angaben zur probenabhängigen Umrechnung der Abundanz ist unter 4.1.4 oben zu finden.

Der organische Gehalt wurde als Glühverlust einer Substratprobe gemessen, welche ca. die Größe einer Filmdose hatte.

Die Korngrößen des Substrats wurden vom TP Wasserbau als Sieblinien im Trockensiebverfahren bestimmt. Genauere Angaben siehe Bericht Wasserbau.

Die Strömungsgeschwindigkeit wurde im ersten Projektjahr durch das TP Wasserbau mittels eines magnetisch induktiven Messgeräts bestimmt. Allerdings konnten die Daten dem TP Marburg nicht zur Verfügung gestellt werden, da eine Festplatte den Dienst versagte und keine Sicherheitskopien vorlagen. Erst im 2. Probenahmejahr konnte mittels eines akustischen Doppler Strömungsmessers (ADV) mit hoher Genauigkeit die Strömung (in 5cm Höhe) über der Sohle bestimmt werden. Die Geschwindigkeit wurde in x, y und z Richtung gemessen. Die Gesamtgeschwindigkeit errechnet sich als Resultierende aus den einzelnen Vektoren. Es wurden Mittelwerte, Minima, Maxima und Standardabweichung der Daten aus dem Messzeitraum (meist ca. 4min) errechnet. Genauere Angaben siehe Bericht Wasserbau.

Die gewässerphysikalischen Parameter im Substrat wurden im 2. Jahr an einigen Probestellen mit einer Saugapparatur erfasst. Es wurden Sauerstoff, Temperatur und pH Wert gemessen.

Modelliert wurden Strömungsparameter und Substratparameter, sowie die Wasserstandshöhe für die jeweilige Probenahme, bzw den Probenahmezeitraum. Für die Modellierung wurde für alle Proben eines Probenahmezeitraums ein bestimmter Pegel, bzw. Abfluß angenommen, welcher der folgenden Tabelle entnommen werden kann.

| Probezeitraum | angenommene Pegelstände für die Modellierung (Pegel Havelberg) [cm] |
|---------------|---|
| 3 98          | 365   |
| 4 98          | 260   |
| 5 98          | 195   |
| 6 98          | 210   |
| 7 98          | 205   |
| 8 98          | 171   |
| 9 98          | 205   |
| 10 98         | 300   |
| 12 98         | 332   |
| 5 99          | 268   |
| 6 99          | 230   |
| 7 99          | 298   |
| 8 99          | 175   |
| 8 99          | 157   |

Tabelle 4: angenommene Pegelstände für die Modellierung

Die modellierten Geschwindigkeiten entsprechen einer Strömungsgeschwindigkeit in 0,37 m über der Stromsohle. Die modellierten Substratparameter entsprachen einem Durchschnittswert bis in eine Sohltiefe von 15cm.

Von den oben genannten Parametern konnten andere Parameter als Strömungsgeschwindigkeit und Korngröße, (wie pH und Sauerstoffgehalt) nicht modelliert werden. Parameter für die sich Korrelationen mit der Fauna ergeben, werden daher für die Modellierung als Konstanten vorgegeben. Die Konstanten der physikalische Parameter des Flußwassers, werden aus einer Trendanalyse der Meßdaten der Meßstationen Cumlosen (Landes Umweltamt Brandenburg) und Magdeburg (STAU Magdeburg) ermittelt. Der Pegel wird als Eingangsgröße vorgegeben.

| Vorhanden in:          | Kategorie der Parameter                  | Kürzel des Parameters                          | Parameter   | Einheit   | Messzeitraum und Erläuterung  |  |
|------------------------|--|--|---|---|---|--|
| 98 und 99              | modell. hydrodyn. Parameter              | v_Mod  | modellierte mittlere Strömungsgeschwindigkeit in y Richtung   | [m/s]   | Errechnet für eine Höhe die 0,37 *Wassertiefe entspricht                                      |  |
|                        |  | h_Mod  | modellierte Wassertiefe   | [m]   |   |  |
|                        |  | Vx_Mod   | modellierte mittlere Strömungsgeschwindigkeit in x Richtung   | [m/s]   | Errechnet für eine Höhe die 0,37 *Wassertiefe entspricht                                      |  |
|                        |  | Vy_Mod   | modellierte mittlere Strömungsgeschwindigkeit in y Richtung   | [m/s]   | Errechnet für eine Höhe die 0,37 *Wassertiefe entspricht                                      |  |
| modell. Substratdaten  | Subs_mod                                 | mittlere Korngröße nach Meyer Peter            | [mm]  |   |   |  |
|                        | Gesamt Codierung                         | Name der Probestelle                           |   |   |   |  |
| 98 und 99              | Probenvariablen                          | PartCode                                       | Art der Probenahme  |   | Code siehe untenstehende Erläuterung  |  |
|                        |  | 1  | Sampler   |   | Dummyvariablen (0= trifft zu ;1 = trifft nicht zu)  |  |
|                        |  | 2  | Stechrohr   |   |   |  |
|                        |  | 3  | Holzexp   |   |   |  |
|                        |  | 4  | Steinexp  |   |   |  |
|                        |  | 5  | Buhnenst schlacke   |   |   |  |
|                        |  | 6  | Buhnenst Natur  |   |   |  |
|                        |  | 7  | Ekkektor alt  |   |   |  |
|                        |  | 8  | Ekkektor neu  |   |   |  |
|                        |  | 9  | aufgefundenes Holz  |   |   |  |
|                        |  | 10   | Driffalle   |   |   |  |
|                        |  | 0  | BuhnenSteine gemischt   |   |   |  |
|                        |  | 22   | Stechrohr 2x  |   |   |  |
|                        |  | 31   | Holzexp Colakasten  |   |   |  |
|                        |  | 23   | Handaufsammlung   |   |   |  |
|                        |  | 80   | Aquarienaufzucht Stein  |   |   |  |
|                        |  | 81   | Aquar.- Weich.- Sampler   |   |   |  |
|                        |  | 82   | Aquar.- Weich.- Stech   |   |   |  |
|                        |  | 83   | Aquar.- Weich.- Stech 2x  |   |   |  |
|                        |  | SubsChID                                       | Substrat-Charakteristik (0=Hart; Weich=1)   | 0-1   |   | Substratparameter für die Unterscheidung in Hart und Weichsubstrat |
|                        |  | MonatZ   | Jahresmonat von 1-12  | 1-12  |   |  |
|                        |  | Monatzz  | Jahreszeit (Januar=1;Febr=2;Mrz=3;Apr.=4; Mai=5; Jun.=6; Jul=6; Aug=5; Sept=4; Okt.=3; Nov=2;Dez.=1)  | 1-6   |   |  |
|                        |  | Fruh   | Die Monate März April Mai   |   |   | Dummyvariable (0= trifft zu ;1 = trifft nicht zu)                  |
|                        |  | Sommer   | Die Monate Juni Juli August   |   |   | Dummyvariable (0= trifft zu ;1 = trifft nicht zu)                  |
|                        |  | Herbst   | Die Monate September Oktober November   |   |   | Dummyvariable (0= trifft zu ;1 = trifft nicht zu)                  |
|                        |  | Jahr   | Jahr der Probenahme (1998 =1; 1999 =2)  | 1-2   |   |  |
|                        |  | Monat  | Nummer des Probenmonats   | 1-24  |   | codiert von 1=Jan 98 bis 24=Dez. 99                                |
|                        |  | Stand_t  | Standzeit der Besiedlungskörper   | [d]   |   |  |
| ProbenID               | fortlaufende Nummer der Probe            |  |   |   |   |  |
| LFMna2                 | Leitfähigkeits Maxima                    | µS/cm  | Werte aus fortlaufenden 10 minütliche Messwerten der Stationen Magdeburg und Cumlosen (ARGE Elbe) für die 2 Wochen vor der Probenahme (Minutengenau ermittelt). Da die Probestellen zwischen den Stationen Magdeburg und Cumlosen liegen wurde interpoliert zwischen den Stationen Cumlosen und Magdeburg. Es wurde angenommen, daß sich die Wert linear und stetig zwischen Magdeburg und Cumlosen ändern. Der Standort wurde mit dem Stromkm des Bühnenfeldes errechnet |   |   |  |
| LFMxa2                 | Leitfähigkeits Minima                    | µS/cm  |   |   |   |  |
| LF_a2                  | Leitfähigkeit                            | µS/cm  |   |   |   |  |
| O2GeMna2               | Sauerstoff Gehalts Minima                | [mg/l]   |   |   |   |  |
| O2GEH_a2               | Sauerstoff Gehalt des Wassers            | [mg/l]   |   |   |   |  |
| O2GeMxa2               | Sauerstoff Gehalts Maxima                | [mg/l]   |   |   |   |  |
| O2Sät_a2               | Sauerstoff Sättigung des Wassers         | [%]  |   |   |   |  |
| O2SäMna2               | Sauerstoff Sättigungs Minima des Wassers | [%]  |   |   |   |  |
| O2SäMxa2               | Sauerstoff Sättigungs Maxima des Wassers | [%]  |   |   |   |  |
| Minutl Werte ARGE ELBE | GstrMxa2                                 | Globalstrahlungs Maxima                        |   |   |   |  |
|                        | Gstra_a2                                 | Globalstrahlungs                               |   |   |   |  |
|                        | GstrMna2                                 | Globalstrahlungs Minima                        |   |   |   |  |
|                        | LFTpMxa2                                 | Lufttemperatur Maximum                         |   | [°C]  |   |  |
|                        | LFTpMna2                                 | Lufttemperatur Minima                          |   | [°C]  |   |  |
|                        | LFTpa2                                   | Lufttemperatur                                 | [°C]  |   |   |  |
|                        | TrüMna2                                  | Minima der Trübung des Wassers                 |   |   |   |  |
|                        | Trü_a2                                   | Trübung des Wassers                            |   |   |   |  |
|                        | TrüMxa2                                  | Trübungs Maximum des Wassers                   |   |   |   |  |
|                        | Temp_a2                                  | Wassertemperatur                               | [°C]  |   |   |  |
|                        | TmpMna2                                  | Wassertemperatur Minima                        | [°C]  |   |   |  |
|                        | TmpMxa2                                  | Wassertemperatur Maxima                        | [°C]  |   |   |  |
|                        | pHMxa2                                   | pH Maxima                                      |   |   |   |  |
|                        | pHMna2                                   | pH Minima                                      |   |   |   |  |
| pH_a2                  | pH                                       |  |   |   |   |  |
| Organik                | orgGehal                                 | Organischer Gehalt                             | %   | gemessen als Glühverlust in %   |   |  |
| PegelDaten             | HvBg_Mw                                  | Mittelwerte Pegel Havelberg                    | [cm]  | Die Weerte wurden für die 2 Wochen vor der jeweiligen Probenahme minutengenau ermittelt |   |  |
|                        | Neuw_Mw                                  | Mittelwerte Pegel Neuwerben                    | [cm]  |   |   |  |
|                        | Gnev_Mw                                  | Mittelwerte Pegel Gnevsdorf                    | [cm]  |   |   |  |
|                        | HvBg_Min                                 | Minima Pegel Havelberg                         | [cm]  |   |   |  |
|                        | Neuw_Min                                 | Minima Pegel Neuwerben                         | [cm]  |   |   |  |
|                        | Gnev_Min                                 | Minima Pegel Gnevsdorf                         | [cm]  |   |   |  |
|                        | HvBg_Max                                 | Maxima Pegel Havelberg                         | [cm]  |   |   |  |
|                        | Neuw_Max                                 | Maxima Pegel Neuwerben                         | [cm]  |   |   |  |
|                        | Gnev_Max                                 | Maxima Pegel Gnevsdorf                         | [cm]  |   |   |  |
|                        | mitKrnMP                                 | mittlere Korngröße nach Meyer Peter            | [mm]  |   |   |  |
| mitKrnFu               | mittlere Korngröße nach Fuhrböter        | [mm]   |   |   |   |  |
| d10                    | Korngröße bei 10% Siebdurchgang          | [mm]   |   |   |   |  |
| d20                    | Korngröße bei 20% Siebdurchgang          | [mm]   |   |   |   |  |
| d30                    | Korngröße bei 30% Siebdurchgang          | [mm]   |   |   |   |  |
| d40                    | Korngröße bei 40% Siebdurchgang          | [mm]   |   |   |   |  |
| d50                    | Korngröße bei 50% Siebdurchgang          | [mm]   |   |   |   |  |
| d60                    | Korngröße bei 60% Siebdurchgang          | [mm]   |   |   |   |  |
| d70                    | Korngröße bei 70% Siebdurchgang          | [mm]   |   |   |   |  |
| d80                    | Korngröße bei 80% Siebdurchgang          | [mm]   |   |   |   |  |
| d90                    | Korngröße bei 90% Siebdurchgang          | [mm]   |   |   |   |  |
| Substrat gemessen      | Mess_t                                   | Messzeit                                       | [s]   |   |   |  |
|                        | ADV                                      | mit_x  | Durchschnitt der Strömungsgeschw. (x- Komponente)   | [m/s]   | Werte jeweils für den angegebenen Messteilraum; xyz Komponenten durch Vektoraddition erhalten |  |
|                        |  | mit_y  | Durchschnitt der Strömungsgeschw. (y- Komponente)   | [m/s]   |   |  |
|                        |  | mit_z  | Durchschnitt der Strömungsgeschw. (z- Komponente)   | [m/s]   |   |  |
|                        |  | Max_x  | Maximum der Strömungsgeschw. (x- Komponente)  | [m/s]   |   |  |
|                        |  | Max_y  | Maximum der Strömungsgeschw. (y- Komponente)  | [m/s]   |   |  |
|                        |  | Max_z  | Maximum der Strömungsgeschw. (z- Komponente)  | [m/s]   |   |  |
|                        |  | Min_x  | Minimum der Strömungsgeschw. (x- Komponente)  | [m/s]   |   |  |
|                        |  | Min_y  | Minimum der Strömungsgeschw. (y- Komponente)  | [m/s]   |   |  |
|                        |  | Min_z  | Minimum der Strömungsgeschw. (z- Komponente)  | [m/s]   |   |  |
|                        |  | Stabw_x  | Standardabweichung der Strömungsgeschw. (x- Komponente)   |   |   |  |
|                        |  | Stabw_y  | Standardabweichung der Strömungsgeschw. (y- Komponente)   |   |   |  |
|                        |  | Stabw_z  | Standardabweichung der Strömungsgeschw. (z- Komponente)   |   |   |  |
|                        |  | Max_vGes                                       | Maximum der Strömungsgeschw. (xyz Komponenten)  | [m/s]   |   |  |
| Min_vGes               |  | Minimum der Strömungsgeschw. (xyz Komponenten) | [m/s]   |   |   |  |

|  |                                  |  |   |   |
|--|----------------------------------|--|---|---|
|  | Mit_vGes                         | Durchschnitt der Strömungsgeschw. (xyz Komponente)       | [m/s]   |   |
|  | StabvGes                         | Standardabweichung der Strömungsgeschw. (xyz Komponente) |   |   |
|  | Tief_ADV                         | Wassertiefe bei ADV Messung                              | [m]   |   |
|  | t_phy                            | Messzeit   | [s]   |   |
| Physikalischer Parameter gemessen an Probestelle | Tief_phy                         | Wassertiefe bei Messung Physikalischer Parameter         | [m]   | Messwerte aus eigenen Messungen im Substrat, durch Absaugen des Interstitial Wassers gewonnen. Die Werte wurden gemittelt für eine angenommene Tiefe zwischen 6 und 15cm. Die Tiefe wurde berechnet anhand der Pumpemfördermenge und der Pumpzeit, sowie eines angenommenen Fördervolumens unter dem Saugrohr |
|  | pH_phy                           | Ph   |   |   |
|  | Datu_phy                         | Messdatum  |   |   |
|  | O2Ge_phy                         | Sauerstoffgehalt   | [mg/l]  |   |
|  | O2Sa_phy                         | Sauerstoffsättigung                                      | %   |   |
|  | Temp_phy                         | Temperatur   | [°C]  |   |
|  | v / ADV Ges. MW/ modelliert/ Ott | v_GesNeu   | Strömungsgeschwindigkeit                                  |   |
| h / ADV/ modelliert                              | h_neu                            | Wassertiefe  | [m]   | gemischte Werte aus verschiedenen Messungen. Falls bei der jeweiligen Probe ein Wert fehlt, wird jeweils der Wert mit der höchsten Priorität (In Spalte B ganz links stehend) bevorzugt   |
|  | KrMP_neu                         | mittlere Korngröße nach Meyer Peter                      | [mm]  |   |
|  | KrFu_neu                         | mittlere Korngröße nach Fuhrböter                        | [mm]  |   |
|  | d10_neu                          | Korngröße bei 10% Siebdurchgang                          | [mm]  |   |
|  | d20_neu                          | Korngröße bei 20% Siebdurchgang                          | [mm]  |   |
|  | d30_neu                          | Korngröße bei 30% Siebdurchgang                          | [mm]  |   |
|  | d40_neu                          | Korngröße bei 40% Siebdurchgang                          | [mm]  |   |
|  | d50_neu                          | Korngröße bei 50% Siebdurchgang                          | [mm]  |   |
|  | d60_neu                          | Korngröße bei 60% Siebdurchgang                          | [mm]  |   |
|  | d70_neu                          | Korngröße bei 70% Siebdurchgang                          | [mm]  |   |
| Substrat: Gemessen/ Modell/ interpoliert         | d80_neu                          | Korngröße bei 80% Siebdurchgang                          | [mm]  |   |
|  | d90_neu                          | Korngröße bei 90% Siebdurchgang                          | [mm]  |   |
|  | Org gemessen/ interpoliert       | Org_neu  | Organischer Gehalt  | [%]   |
| Parameter gemischt 98/99                         | vx / Modell / ADV                | vy_neu   | gemischte mittlere Strömungsgeschwindigkeit in y Richtung | [m/s]   |
|  | vy / Modell / ADV                | vx_neu   | gemischte mittlere Strömungsgeschwindigkeit in x Richtung | [m/s]   |

Tabelle 5: Parameter und ihre Kürzel die zur Analyse zur Verfügung standen

Aufgrund der degradierten Fauna der Elbe erwies sich es sich als notwendig, für einzelne ausgewählte Proben eine genauere Determinierung der Species durchzuführen, welche daher gesondert statistisch betrachtet werden mußten.

Da nur für sehr wenige biologische Proben die abiotischen Daten komplett vorlagen, da z.B. das Strömungsmeßgerät durch den Projektteil Wasserbau erst im 2. Projektjahr angeschafft wurde, mußte weiterhin eine Aufspaltung in folgende Daten-Subsets durchgeführt werden:

|  | Benthosproben Ohne genauer determinierte Chironomidae und Oligochaeta, ohne Meiobenthos |                | Mit determinierten Oligochaeta 226 Proben |                | Mit determinierten Chironomidae (Larven) |                |
|--|---|----------------|---|----------------|--|----------------|
| verschieden Determinationstiefen         | 244 Proben  |                | 226 Proben                                |                | 204 Proben                               |                |
| Subset substrattyp                       | Weich: 174  | Hart: 70       | Weich: 161                                | Hart: 65       | Weich:                                   | Hart:          |
| Subset: physikalische Parameter im Boden | 29 Proben   | Nicht sinnvoll | 29 Proben                                 | Nicht sinnvoll |  | Nicht sinnvoll |
| Subset: per ADV gemessene Strömung       | 64  | 37             | 57  | 34             |  |                |

Tabelle 6: Proben subsets in Abhängigkeit der Umweltparameter (Benthosproben)

Dies hatte zur Folge, daß manche Kombinationen nicht mit der ausreichenden statistischen Sicherheit bearbeitet werden konnten.

## 4.2 Probemethodik des Projektteils Terrestrik

### 4.2.1 Bodenfallen und Kodierung der Proben

Die Proben der terrestrischen Fauna wurden mittels Bodenfallen mit einem Öffnungsdruchmesser von 7,5 cm genommen. Als Fangfüssigkeit diente Elbewasser mit Detergenz. Von Konservierungsstoffen wurde abgesehen, da die Fallen in der Regel nach zwei Tagen geleert wurden. Innerhalb eines Probennahmezeitraums, der meist eine Woche dauert, wurden somit

mehrere Wiederholungen durchgeführt. Während der Sommermonate fand eine Probenahme innerhalb eines Monats statt.

| Probennahme-Zeitraum |           |      |            | Fallenbezeichnung<br>(Kuerzel, 4. Stelle<br>des Fallencodes) |
|----------------------|-----------|------|------------|--|
| Anfang               | Ende      | Jahr | Monatscode | Kuerzel  |
| 16-Mrz-98            | 21-Mrz-98 | 98   | 03         | a  |
| 27-Apr-98            | 03-Mai-98 | 98   | 04         | b  |
| 03-Mai-98            | 01-Jun-98 | 98   | 05         | c  |
| 22-Jun-98            | 28-Jun-98 | 98   | 06         | d  |
| 20-Jul-98            | 27-Jul-98 | 98   | 07         | e  |
| 17-Aug-98            | 21-Aug-98 | 98   | 08         | f  |
| 14-Sep-98            | 18-Sep-98 | 98   | 09         | g  |
| 12-Okt-98            | 16-Okt-98 | 98   | 10         | h  |
| 17-Mai-99            | 23-Mai-99 | 99   | 05         | v  |
| 14-Jun-99            | 20-Jun-99 | 99   | 06         | w  |
| 12-Jul-99            | 18-Jul-99 | 99   | 07         | x  |
| 05-Aug-99            | 09-Aug-99 | 99   | 08         | y  |
| 14-Sep-99            | 18-Sep-99 | 99   | 09         | z  |
| 02-Jul-01            | 04-Jul-01 | 01   | 07         | –  |

Tabelle 7: Codierung Probennahmezeitraum (terrestrische Proben)

Die Fallen wurden in Transekten (vergl. Abbildung 6) senkrecht zur Wasserlinie angeordnet eingegraben. Dabei kann ein Bühnenfeld mehrere Transekte enthalten. Der Fallenabstand richtet sich in etwa nach der Kleinräumigkeit der Mikrohabitate. Ausserdem wurde Fallendichte an besonders gefährdeten Bereichen (wie z.B. in der Nähe der Wasserlinie) erhöht.

| Bühnenfeld | Transektnamen   | Probennahmezeitraum | TransektKuerzel (1. u. 2.<br>Stelle des Fallencodes) |
|------------|-----------------|---------------------|--|
| 418        | _418,43 Bühne   | 99: 9               | 1l   |
| 418        | _418,43 re      | 99: 6               | 1f   |
| 418        | _418,431 re     | 99: 8               | 1j   |
| 418        | _418,44 re      | 99: 5,6,7,8         | 1k   |
| 418        | _418,45 re      | 99: 5,6,7,8,9       | 1h   |
| 419        | _419,96 l li    | 99: 5,6,7,9         | 2a   |
| 423        | _423,1 ob ob re | 99: 9               | 3a   |
| 423        | _423,1 oben re  | 99: 6               | 3b   |
| 423        | _423,1 re       | 99: 5,6,7,9         | 3c   |
| 425        | _425,2 re       | 99: 5,6,,9          | 4a   |
| 425        | _425,2b re      | 99: 7               | 4b   |
| 427        | _427 l li       | 99: 5,6,9           | 5a   |
| 418        | 418,2 re        | 98: 3, 4            | 1a   |
| 418        | 418,33 oben re  | 98: 4,5,6           | 1o   |
| 418        | 418,33 re       | 98: 5               | 1b   |
| 418        | 418,34 re       | 98: 5               | 1c   |
| 418        | 418,35 re       | 98: 5               | 1d   |
| 418        | 418,40 re       | 98: 5               | 1e   |

|     |                    |                    |    |
|-----|--------------------|--------------------|----|
| 418 | 418,43 re          | 98: 7,8,9          | 1f |
| 418 | 418,43 re hinten   | 98: 10             | 1g |
| 418 | 418,45 re          | 98: 4,5,6,7,8,9,10 | 1h |
| 419 | 419,96 I li        | 98: 4,5,6,7,8,9,10 | 2a |
| 419 | 419,96 II Buhne li | 98: 7,8,9          | 2w |
| 419 | 419,96 II li       | 98: 5              | 2b |
| 419 | 419,96 II mitte li | 98: 6              | 2y |
| 419 | 419,96 II oben li  | 98: 6,7,8,9        | 2x |
| 419 | 419,96 II unten li | 98: 6,7,8,9        | 2z |
| 423 | 423,1 ob. oben re  | 98: 7,8,9          | 3a |
| 423 | 423,1 oben re      | 98: 6,7,8,9        | 3b |
| 423 | 423,1 re           | 98: 3,4,5,6,7,8,9  | 3c |
| 423 | 423,1 unten re     | 98: 6,7,8,9        | 3d |
| 423 | -423,1a re         | 01: 7              | 3b |
| 423 | -423,1b re         | 01: 7              | 3c |
| 425 | 425,2 re           | 98: 4,5,6,7,8,9,10 | 4a |
| 427 | 427 I li           | 98: 4,5,6,7,8,9,10 | 5a |
| 427 | 427 II li          | 98: 4,6,7,8,10     | 5b |

Tabelle 8: Codierung Transekt (terrestrische Proben)

Da die Anzahl der Fallen insbesondere stark vom Wasserstand abhängt, wurde folgende Nomenklatur innerhalb eines Transekts gewählt:

Es gibt einen höchstgelegenen Fallenstandplatz auf Position „0“. Die Namen der weiter zur Wasserlinie gelegenen Fallen ergeben sich aus der Entfernung in Meter von diesem Nullpunkt. Die Falle 0 stand in der Regel im Ruderalstreifen (Auenv egetation), um eine Außengruppe zu den typischen Rohbodenstandorten im eigentlichen Uferbereich zu repräsentieren.

Für die Benennung der Fallen war es insbesondere wegen der Einschränkung auf maximal 8 Zeichen bei dem Programm „Canoco“ notwendig folgende Codierung zu benutzen.

| Erste Stelle   | zweite Stelle         | ab dritter Stelle                   | vorletzte Stelle   | letzte Stelle   |
|--|-----------------------|-------------------------------------|--|---|
| Buhnenfeld<br>[1-5]  | Teiltransekt<br>[a-z] | Position<br>[0-9],[([0-9]),([0-9])] | Probennahmezeitraum<br>[a-z]   | Wiederholung<br>innerhalb<br>Probennahmezeitraum<br>[1-9]               |
| 1 Ziffer<br>1= 418<br>2= 419<br>3= 423<br>4= 425<br>5= 427 | 1 Buchstabe           | 1-3 Ziffern                         | 1 Buchstabe<br>siehe Tabelle 7: Codierung<br>Probennahmezeitraum<br>(terrestrische Proben) | 1 Ziffer<br>1 = erste Leerung<br>2 = zweite Leerung<br>n = n-te Leerung |

Tabelle 9: Nomenklatur der Proben

#### 4.2.2 Berechnung der Abundanzen

Die Angabe der Häufigkeiten der Fauna erfolgte als Abundanz pro Falle. Sie wird entweder direkt als Anzahl der Individuen oder (insbesondere für die statistischen Auswertungen) als auf 24 Stunden standardisierte Werte angegeben.

### 4.2.3 Parameter zur Korrelationsanalyse und deren Kopplung an das morpho- hydrodynamische Modell

Für die Korrelationsanalyse mit der Fauna wurde ein Datensatz ausgewählt, der alle verfügbaren Umweltparameter (environmental variables) enthält, um daraus die wichtigsten herausfiltern zu können.

Dieser Teildatensatz enthält 386 Proben mit 88 Arten (incl. Pseudoarten) und wird im folgenden Teildatensatz 1 genannt.

Nicht berücksichtigt wurden die Parameter, die sich aus den pflanzensoziologischen Analysen und den Wetterdaten ableiten lassen, da diese nicht modelliert werden können.

| Kürzel   | Umweltparameter   | Einheit / Werte | Erläuterung   | Herkunft der Daten   | Kopplung an Modell   | Mittelwert | Varianz | Kopplung an Modell   |
|----------|---|-----------------|---|----------------------|--|------------|---------|--|
| dist_WL  | Entfernung der Falle zur Wasserlinie  | [m]             | gemessen  | TP Marburg           | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    | 35,45      | 29,69   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    |
| dist_FG  | Entfernung der Falle zur Grenze zwischen oberflächlich geschlossenem/offenem Kapillarsaum | [m]             | gemessen  | TP Marburg           | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt, da sehr aufwendig | 9,38       | 34,02   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt, da sehr aufwendig |
| Feucht   | Falle im oberflächlich geschlossenem/offenem Kapillarsaum                                 | boolean (1/0)   | aus dist_FG abgeleitet  | TP Marburg           |  | 0,47       | 0,50    | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt, da sehr aufwendig |
| d_Spiegl | Flurabstand   | [m]             | errechnet aus korrigierten topographischen Daten, Pegeldaten und Pegeloffsets | TP Marburg/Darmstadt | durchgeführt   | 1,12       | 0,67    | durchgeführt   |
| T_emers  | Emerszeit: Zeit bis zur letzten Überflutung der Falle                                     | [d] (Tage)      | errechnet aus korrigierten topographischen Daten, Pegeldaten und Pegeloffsets | TP Marburg/Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt, da sehr aufwendig | 95,63      | 104,77  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt, da sehr aufwendig |
| Jahr     | Beprobungsjahr  | [98,99,01]      |   |                      |  | 98,00      | 0,00    |  |
| envzeit  | Beprobungsmonat   | [1-12]          |   |                      | als Konstante vorzugeben                                   | 6,42       | 1,98    | als Konstante vorzugeben                                   |
| sommer   | Sommerigkeit  | [1-6]           | \$envzeit, falls \$envzeit < 7; 13 - \$envzeit, falls \$envzeit > 6           |                      |  | 5,28       | 0,71    |  |
| Ekm      | Elbkilometer  | [km]            | Gruppierungskriterium   |                      |  |            |         |  |
| Buhne    | Buhnenfeld  |                 | Gruppierungskriterium   |                      |  |            |         |  |
| 418      |   | (0/1)           | Buhnenfeld (Dummyvariable)  |                      |  |            |         |  |
| 419      |   | (0/1)           | Buhnenfeld (Dummyvariable)  |                      |  |            |         |  |
| 423      |   | (0/1)           | Buhnenfeld (Dummyvariable)  |                      |  |            |         |  |
| 425      |   | (0/1)           | Buhnenfeld (Dummyvariable)  |                      |  |            |         |  |
| 427      |   | (0/1)           | Buhnenfeld (Dummyvariable)  |                      |  |            |         |  |
| Schluf_f | Feinschluffanteil   | [%]             | gemessen  | TP Darmstadt         | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    | 1,20       | 0,95    | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    |
| Schluf_m | Mittelschluffanteil   | [%]             | gemessen  | TP Darmstadt         | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    | 3,09       | 1,67    | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    |
| Schluf_g | Grobschluffanteil   | [%]             | gemessen  | TP Darmstadt         | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    | 26,58      | 14,22   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    |
| Sand_f   | Feinsandanteil  | [%]             | gemessen  | TP Darmstadt         | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    | 43,45      | 16,67   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    |
| Sand_m   | Mitelsandanteil   | [%]             | gemessen  | TP Darmstadt         | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    | 20,19      | 14,52   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt                    |

|            |                                     |      |           |              |   |       |       |   |
|------------|-------------------------------------|------|-----------|--------------|---|-------|-------|---|
| Sand_g     | Grobsandanteil                      | [%]  | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 4,79  | 9,68  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| Kies_f     | Feinkiesanteil                      | [%]  | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,00  | 0,00  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| Kies_m     | Mittelkiesanteil                    | [%]  | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,00  | 0,00  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| Kies_g     | Grobkiesanteil                      | [%]  | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,00  | 0,00  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| Ton        | Tonanteil                           | [%]  | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,71  | 1,51  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| Schluff    | Schluffanteil                       | [%]  | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 30,86 | 15,60 | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| Sand       | Sandanteil                          | [%]  | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 68,43 | 16,36 | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| Kies       | Kiesanteil                          | [%]  | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,00  | 0,00  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| mKorn_MP   | mittlere Korngröße nach Meyer Peter | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | durchgeführt                            | 1,00  | 0,75  | durchgeführt                            |
| mKorn_Fu   | mittlere Korngröße nach Fuhrböter   | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | durchgeführt                            | 0,64  | 0,46  | durchgeführt                            |
| K          | Kiesanteil                          | [%]  | geschätzt | TP Marburg   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 39,82 | 11,49 | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| Km         | Mittelkiesanteil                    | [%]  | geschätzt | TP Marburg   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 15,30 | 5,22  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| Kf         | Feinkiesanteil                      | [%]  | geschätzt | TP Marburg   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 24,52 | 6,36  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| S          | Sandanteil                          | [%]  | geschätzt | TP Marburg   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 68,64 | 25,48 | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| U          | Schluffanteil                       | [%]  | geschätzt | TP Marburg   | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 57,59 | 21,86 | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| OL_Auflage | Organische Auflage                  | [%]  | geschätzt | TP Marburg   | nicht möglich                           | 1,00  | 0,00  | nicht möglich                           |
| De_Streu   | Deckung Streu                       | [%]  | geschätzt | TP Marburg   | nicht möglich                           | 21,89 | 34,30 | nicht möglich                           |
| De_Baum    | Deckung durch Bäume                 | [%]  | geschätzt | TP Marburg   | nicht möglich                           | 28,24 | 25,83 | nicht möglich                           |
| d10        | Korngröße bei 10% Siebdurchgang     | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,14  | 0,05  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| d20        | Korngröße bei 20% Siebdurchgang     | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,20  | 0,08  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| d30        | Korngröße bei 30% Siebdurchgang     | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,30  | 0,35  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| d40        | Korngröße bei 40% Siebdurchgang     | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,37  | 0,25  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| d50        | Korngröße bei 50% Siebdurchgang     | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,48  | 0,33  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| d60        | Korngröße bei 60% Siebdurchgang     | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,62  | 0,46  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| d70        | Korngröße bei 70% Siebdurchgang     | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 0,82  | 0,68  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| d80        | Korngröße bei 80% Siebdurchgang     | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 1,09  | 0,92  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |
| d90        | Korngröße bei 90% Siebdurchgang     | [mm] | gemessen  | TP Darmstadt | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt | 1,70  | 1,41  | prinzipiell möglich, nicht durchgeführt |

Tabelle 10: Parameter für die Korrelationsanalyse (gesamt)

Anmerkung: In den vorliegenden Proben von 1998 aus denen sich der Datensatz für die Korrelationsanalyse rekrutiert, konnte für die gemessenen Korngrößen nirgends die Kiesfraktion nachgewiesen werden, obwohl diese nach Augenschein hätte vorhanden sein müssen. Hier liegt unter Umständen ein Messfehler vor.

### 4.3 Qualitative Deskription der Fauna im Untersuchungsgebiet

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

Nach Mühlenberg (1993) ist die Dominanz, „die relative Häufigkeit einer Art im Vergleich zu den übrigen Arten bezogen auf eine bestimmte Lebensraumgröße“. Die Lebensraumgröße stellte den untersuchten Elbeabschnitt dar.

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

Gleichung 1: Gleichung zur Dominanzberechnung

Bei der Berechnung der Dominanz werden also die Abundanzen der Arten aller Proben addiert, um dann gegen die Gesamtabundanz in allen Proben in Relation gesetzt zu werden.

Eine andere Möglichkeit, mit leicht anderen Ergebnissen besteht darin, die Dominanzen für jede Probe getrennt zu berechnen um dann durch Mittelwertbildung den Durchschnitt für die gesamte Artengemeinschaft zu berechnen: Die durchschnittliche Gesamtdominanz  $\emptyset D_x$  einer Art x der Proben von 1-j errechnet sich damit als

$$\emptyset D_x = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{A_x \text{ (in Probe}_i\text{)} \times 100}{s_i} \right); i = 1, \dots, n}{n}$$

Gleichung 2: Gleichung zur Berechnung der durchschnittlichen Gesamtdominanz

Es gelten:

$A_x$ : Individuenzahl der Art<sub>x</sub>

$n$ : Anzahl der Proben

$s_i$ : Gesamtzahl der Individuen in Probe<sub>i</sub>

Bei der Berechnung fanden lediglich jene Proben Berücksichtigung, bei welchen die Oligochaeten- bzw. Chironomidenfauna differenziert bestimmt wurde.

Es wurde die logarithmische Einteilung nach Engelmann (1978) gewählt, um die Dominanzen zu klassifizieren.

| Klassifizierung | % Anteil der Art an Gesamtabundanz | Bewertung  |
|-----------------|------------------------------------|------------|
| Eudomin.        | 32,0-100%                          | Hauptart   |
| Domin.          | 10,0-31,9%                         | Hauptart   |
| Subdomin.       | 3,2-9,9%                           | Hauptart   |
| Rezed.          | 1,0-3,1%                           | Begleitart |
| Subrezed.       | 0,32-0,99%                         | Begleitart |
| sporadisch      | unter 0,32%                        | Begleitart |

Tabelle 11: Einteilung in Dominanzklassen (Engelmann 1978)

## 4.4 Statistische Methoden

Es wurden die statistischen Methoden multiple Regression, Generalized linear models (GLM), PCA (Hauptkomponentenanalyse), CCA (canonische Correspondenzanalyse) und RDA (Redundanzanalyse) verwendet um die Proben darzustellen und Beziehungen zwischen Arten und Umweltfaktoren zu analysieren. Die zu analysierenden Datensätze werden zunächst in Excel und Access transformiert, um dann mittels des Programmpakets CANOCO analysiert und als Scatter-Plots dargestellt zu werden. Eine weitergehende Analyse erfolgte mittels GLM in Canodraw, sowie multipler Regression mit dem Programmpaket SPSS und in Excel.

### 4.4.1 Multivariate Methoden; die Ordinationstechniken RDA und PCA

Die zur Analyse der Beziehungen verwendeten Methoden RDA und PCA sind multivariate Ordinationstechniken. Es wird versucht, Proben aufgrund ihrer Artenzusammensetzung als räumliche Punktwolken abzubilden, um Beziehungen zwischen Artenzusammensetzung der Proben und zugehörigem Umweltparametersatz erkennen zu können. Für die Punktwolke werden Achsen konstruiert, die hypothetischen Umweltgradienten entsprechen, welche die Varianz im Datensatz bestmöglich erklären und unabhängig voneinander sind.

Es wird unterschieden nach Methoden, welche die Umweltparameter in die Abbildung mit einbeziehen (direkte Gradientenanalysen (CCA, RDA)) und solche ohne die Umweltparameter. D.h. eine Hypothesenbildung wird über die zugrundeliegende Verteilung der Species allein versucht. (PCA, CA)

Im Projekt wurde für die Analyse des Benthos die Methoden RDA und PCA verwendet, welche daher im weiteren auch beschrieben werden. Bei RDA und PCA wird von einem linearen Modell ausgegangen, d.h. die Reaktion der Art auf den Umweltfaktor soll stetig linear sein. Dies kann insbesondere bei der Betrachtung eines kleinen Ausschnitts des Umweltparameters der Fall sein, wenn das ökologische Optimum der Art nicht im gemessenen Ausschnitt des Umweltparameters liegt.

Die Geradengleichung beschreibt diesen linearen Zusammenhang.

$$y = a + b \times V$$

Gleichung 3: Geradengleichung

Im folgenden werden Regression und Calibration kurz beschrieben (siehe auch Ter Braak 1993). Diese Methoden sind selbst keine multivariaten Ordinationstechniken, da hier nur die Beziehung zwischen einem Faktor (Art) und mehreren Umweltfaktoren gleichzeitig analysiert und betrachtet werden kann. Sie sind aber ebenso wie die ihnen zugrundeliegenden Annahmen und Voraussetzungen Grundlage für die Ordination, da mit ihrer Hilfe die Punktwolken der Ordination errechnet werden.

#### 4.4.1.1 Regression

Es stellt sich das Problem "wie ändert sich die Abundanz der Arten mit einer Änderung der Umweltfaktoren", bzw. wie kann von der Änderung von Umweltfaktoren auf **Abundanzen** geschlossen werden (unter der Voraussetzung das das Antwortverhalten einem linearem Modell folgt s.o.).

Werden die Daten zentriert (s.o. unter Vektortransformation), so entfällt "a", bzw. wird zu einer Fehlerkomponente "e" mit dem Mittelwert 0 und einer Varianz abhängig von  $i$  und  $\Phi$ :  $V_{\phi_i}$ . Es kann also vereinfacht werden zu:

$$y_{\phi_i} = b_{\phi} \times V_i (+e_{\phi_i})$$

Gleichung 4: Geradengleichung, Daten zentriert

Mit

$y_{\phi i}$  der zentrierten Abundanz der Art "  $\phi$  " der i-ten Probestelle  
 $V_i$  dem zentrierten Wert des Umweltfaktors zugehörig zu dieser Probestelle  
 $b_{\phi}$  der Steigung (der Art "  $\phi$  ")  
 $e_{\phi i}$  der Fehler der Schätzung von Art "  $\phi$  " der i-ten Probestelle

Der Regressionskoeffizient  $b_{\phi}$  kann nach der Methode der kleinsten (Abweichungs-) Quadrate aus einer Anzahl Proben - in welchen die Abundanz  $y_{\phi i}$  für  $m$  Spezies und der Umweltparameter  $V_i$  (z.B. pH) bekannt ist - bestimmt werden mit (s. z.B. Plate 1993):

$$\tilde{b}_{\phi} = \sum_{i=1}^m \frac{y_{\phi i} V_i}{s_V^2} \quad \text{Gleichung 5: Bestimmung des Regressionskoeffizienten}$$

Mit:

$$s_V^2 = \sum_{i=1}^m V_i^2 \quad \text{Gleichung 6: Schätzer für die kleinsten Quadrate}$$

Gleichung 6 beschreibt den Schätzer der kleinsten Quadrate. Dies ist der beste lineare, nicht gewichtete Schätzer unter der Voraussetzung, daß die Fehler unkorreliert und gleichmäßig (über die Proben) verteilt sind ( $v_{\phi i} = v_{\phi}$ ). Bei einer Normalverteilung der Fehler ist dies ebenfalls der Schätzer für die größte Wahrscheinlichkeit (ML= maximum likelihood estimator) (s. Ter Braak 1993).

Ist der Koeffizient bekannt, kann ein „optimaler“ Wert gefunden werden, für welchen das Modell am besten passt. Nach diesem Prinzip werden die site scores ( $K_i$ ) der PCA berechnet.

#### 4.4.1.2 Calibration

Ein ähnliches Problem wie unter 4.4.1.1 oben stellt sich, wenn die Beziehungen zwischen den Abundanz der Arten und den Umgebungsvariablen bekannt sind und aus der Abundanz auf die **Umweltvariablen** an einem neuen "hypothetischen" Standort geschlossen werden soll. Jetzt ist der Regressionskoeff.  $b_{\phi}$  bekannt und  $V_i$  die Umgebungsvariable die Gesuchte. Gleichung 5 ändert sich damit zu:

$$\tilde{V}_{\phi} = \sum_{\phi=1}^m \frac{y_{\phi i} \times b_i}{s_b^2} \quad \text{Gleichung 7: Bestimmung einer Umweltvariablen}$$

Mit:

$m$ : der Anzahl der Arten

$$\text{Und } s_b^2 = \sum_{\phi=1}^m b_{\phi}^2 \quad \text{Gleichung 8: Schätzer für die kleinsten Quadrate}$$

Analog zu Gleichung 6 beschreibt Gleichung 6 den Schätzer der kleinsten Quadrate und den ML unter der Voraussetzung, daß die Fehler der Abundanz einer Normalverteilung folgen, unabhängig sind und homogen verteilt sind ( $v_{\phi i} = v_i$ ). Diese Voraussetzungen sind in der Realität häufig nicht gegeben, da sich Korrelationen zwischen dem Vorhandensein verschiedener Species ergeben. Weiterhin ist die Restvarianz für verschiedene Arten unterschiedlich. Die Bestimmung der größten Wahrscheinlichkeit (ML) und Lösung dieses Problems erfolgt auf der Basis von Standardalgorithmen (Brown 1979 und Brown 1982 in Ter Braak 1993) .

#### 4.4.1.3 Ordination

Zur Errechnung der Koordinaten der Punktwolken der Proben (site scores ) und Arten (species scores), bzw. deren Achsen, haben sich verschiedene Methoden etabliert.

Eine Methode welche die Vorgehensweise gut veranschaulicht, ist eine Kombination aus Regression und Calibration (Eichung) mit iterativem Ansatz (Gourlay and Watson 1973):

1. Zum Beginn der Iteration werden Site scores  $\{K_i\}$  generiert deren (zufälliger) Wert im Mittel Null ist
2. Mittels linearer Regression werden nach Gleichung 5 neue Species scores errechnet s.o.
3. nach Gleichung 7 werden neue Site scores errechnet
4. die site scores werden standardisiert mit:  $K'_i = K_i \sqrt{n/s_k}$  mit  $s_k$  wie in Gleichung 6
5. Die Operation kann abgebrochen werden, wenn die neuen site Scores ähnlich der site scores des vorhergehenden Zyklus sind. Sonst wird wieder bei Punkt 2 begonnen.

Man erhält die Koordinaten für eine Dimension, welche unabhängig von den Eingangs - "Koordinaten" sind. Um die Darstellung auf mehrere Dimensionen zu erweitern, wird der gleiche Algorithmus angewendet, aber um einen Schritt (nach 3.) erweitert, in welchem die erhaltenen Scores (für die erste Achse) mit den neuen unkorreliert gemacht werden:

3a es wird 
$$\int = \sum_i \frac{K_i K_{i1}}{n}$$
 berechnet

und "neue"  $K_i$  (des nächsten Iterationsschritts) werden berechnet als:

$$K'_i = K_i - \int K_{i1}$$

Weitere Dimensionen, d.h. hypothetische Umweltgradienten bzw. Achsen der PCA werden analog berechnet.

#### 4.4.1.4 Erweiterung des indirekten Ansatzes der PCA zu einer direkten Gradientenanalyse (RDA) „Constrained Ordination“

Die Achsen der PCA werden so in die Punktwolke konstruiert, daß sie die größte Varianz im Datensatz markieren. In der RDA dagegen wird nach den gewichteten Mittelwerten (weightetd Sums ) der **Umweltvariablen** gesucht, die die Artaufnahme am besten erklären, bzw. fiten. Die Achsen der RDA werden also so konstruiert, daß sie eine Linearkombination der Umweltvariablen darstellen, welche die maximale Gesamtsumme der Quadrate (maximum total regression sum of Squares) ist.

Dies wird erreicht, indem der iterative Algorithmus, welcher oben skizziert wurde, um einen Schritt erweitert wird, welcher nach Punkt 3 durchgeführt wird. (JONGMANN et al 1987)

3a durch eine multiple Regression der site scores auf die Umgebungsvariablen nach Gleichung 9 werden neue Site scores errechnet

$$K_{i/1.Achse} = a_{1.Achse} + \sum_{j=1}^n \beta_j \times V_{ji} \quad \text{Gleichung 9: Regression zur Berechnung von K}$$

Es gelten:

|                 |   |
|-----------------|---|
| $K_{i/1.Achse}$ | SamE scores Achse 1 für Probe i                               |
| $\beta_j$       | Regressionskoeffizient der Umweltvariable $V_j$ (auf Achse 1) |
| $V_{ji}$        | (standardisierter) Wert der Umweltvariable j in Probe i       |
| $a_{1.Achse}$   | Steigungskonstante (Fehler Term)                              |

D.h. die Regression wird innerhalb des iterativen Prozesses durchgeführt. Bei Konvergenz, d.h. wenn die neuen site Scores ähnlich der site scores des vorhergehenden Zyklus sind, werden die Koeffizienten  $\beta$  „canonische Koeffizienten“ genannt und der multiple Korrelationskoeffizient „R“ ist die Korrelation von Arten zu Umweltvariablen. Durch Einsetzen von Gleichung 9 in Gleichung 4 kann gezeigt werden, daß der „Regressions Koeffizient“ einer Art  $\Phi$  zu einer Umweltvariablen  $V_j$  die Form  $b_{\Phi} \cdot c_j$  annimmt. D.h. z.B. für 2 Achsen :  $b_{\Phi 1} \cdot c_{j1} + b_{\Phi 2} \cdot c_{j2}$  Das Verfahren zur Bestimmung der Koeffizienten wird unter 4.4.3 unten beschrieben.

#### 4.4.2 Ermittlung der Korrelationen von Umweltparametern und Abundanzen mittels GLM

Zur Vorhersage der Abundanzen wurde ein „fixed regression model“ zweiter Ordnung benutzt. Im eindimensionalen Fall (die vorherzusagende (abhängige) Variable (y) wird gegen eine Ordinationsachse oder eine andere (Umwelt-)Variable aufgetragen), wird der Zusammenhang zwischen Abundanz und Umweltparameter durch folgenden Term beschrieben:

$$Y = b_0 + (b_1 \times V) + (b_2 \times V^2) \quad \text{Gleichung 10: Polynom 2. Grades zur Bestimmung von y}$$

In der GLM-Terminologie (generalized linear models) stellt dieser lineare Predictor einen Spezialfall dar, in dem die vorherzusagende Variable normalverteilt ist. Da eine Normalverteilungsannahme in diesem Fall jedoch ungeeignet ist, wird der lineare Predictor um die sogenannte link function erweitert.

Die link funktion g lautet für E(Y), dem Erwartungswert von Y, im allgemeinen Fall:

$g(E(Y))=n$  und ist abhängig von der Verteilung der vorherzusagenden Variablen.

Für eine normalverteilte vorherzusagende Variable ergibt sich daraus  $g(V)=V$  (identity link) und ist somit identisch mit dem linearen Predictor. Für die Poisson-Verteilung heisst die link function:  $g(V)=\ln(V)$  (log link). Dieser Zufallsverteilung folgen (theoretisch) unabhängige, gemessene Anzahlen, wie z.B. die Anzahl von Tieren, die in eine Falle fallen, und wird hier implizit angenommen. Die tatsächlich gegebenen Verteilungsfunktionen werden erst nach Vorliegen des kompletten Datensatzes bestimmt.

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

$$Y = \exp \left[ b_0 + (b_1 \times V) + (b_2 \times V^2) \right] \quad \text{Gleichung 11: link Funktion}$$

#### 4.4.3 Multiple Regression

Mittels der oben beschriebenen Ableitung sind lediglich Zusammenhänge zwischen einer Umweltvariablen und einer Species darzustellen. D.h. weitere Umweltfaktoren müssen, ebenso wie die Interaktionen zwischen den Arten, als konstant bei der Betrachtung des Umweltfaktors angenommen werden. Die Teil- Regressionskoeffizienten, welche mittels multipler Regression erhalten werden, sind nur unter der Voraussetzung jenen gleichzusetzen welche mittels einer Regression von Abundanz gegen jeweils einen Umweltfaktor erhalten werden, daß die Umgebungsvariablen unkorreliert sind. Da dies in der Natur nur für wenige Variablen zutrifft, ist eine multiple Regression das Mittel der Wahl zur Analyse der Beziehungen zwischen Arten und Umgebungs-faktoren.

Mittels der RDA wird ein Artenraum – Umweltfaktoren Raum aufgespannt. D.h. die Lage jeder Probe (Koordinaten im Arten/Umweltfaktorenraum) definiert sich aus der hier vorgefundenen Fauna (Artenzusammensetzung) und/bzw oder den hier herrschen Umweltparametersatz (s.o.)

Die Vorhersage der Fauna einer Probe i kann also über die Umweltparameter erfolgen, genauso wie die Vorhersage der Umweltparameter über die Fauna erfolgen kann, falls die Koordinaten

dieser Probe  $i$  mit dem hypothetischen Umweltparametersatz bestimmt wurden. Für eine Bestimmung der Koordinaten der Probe  $i$  müssen zunächst die Koeffizienten des linearen Modells der RDA (s.o.) bestimmt werden. Dies erfolgt durch 4 multiple Regressionen (siehe Gleichung 8) von Umweltfaktoren als unabhängiger Variable über die Koordinaten der aufgenommenen Proben (SamE scores). Man erhält für die Umweltvariablen pro Achse einen Satz Regressionskoeffizienten (d.h. bei 4 Achsen 4 Koeffizienten-Sätze).

$$K_{i/1.Achse} = a_{1.Achse} + (\beta_{Env\_1/1.Achse} * V_{Env\_1/1.Achse}) + \dots + (\beta_{Env\_n/1.Achse} * V_{Env\_n/1.Achse})$$

$$K_{i/2.Achse} = a_{2.Achse} + (\beta_{Env\_1/2.Achse} * V_{Env\_1/2.Achse}) + \dots + (\beta_{Env\_n/2.Achse} * V_{Env\_n/2.Achse})$$

$$K_{i/3.Achse} = a_{3.Achse} + (\beta_{Env\_1/3.Achse} * V_{Env\_1/3.Achse}) + \dots + (\beta_{Env\_n/3.Achse} * V_{Env\_n/3.Achse})$$

$$K_{i/4.Achse} = a_{4.Achse} + (\beta_{Env\_1/4.Achse} * V_{Env\_1/4.Achse}) + \dots + (\beta_{Env\_n/4.Achse} * V_{Env\_n/4.Achse})$$

Gleichung 12: Bestimmung der SamE scores (Koordinaten) der Proben der RDA

es gelten:

- $K_{i/1..4.Achse}$ : SamE scores Achsen 1-4 für Probe  $i$
- $\beta_{Env\_1-n/1..4.Achse}$ : Koeffizient der Umweltvariable  $V_{1-n}$  auf Achse 1-4
- $V_{Env\_1-n/1..4.Achse}$ : (standardisierter) Wert der Umweltvariable in Probe  $i$
- $a_{1..4.Achse}$ : Steigungskonstante auf Achse 1-4

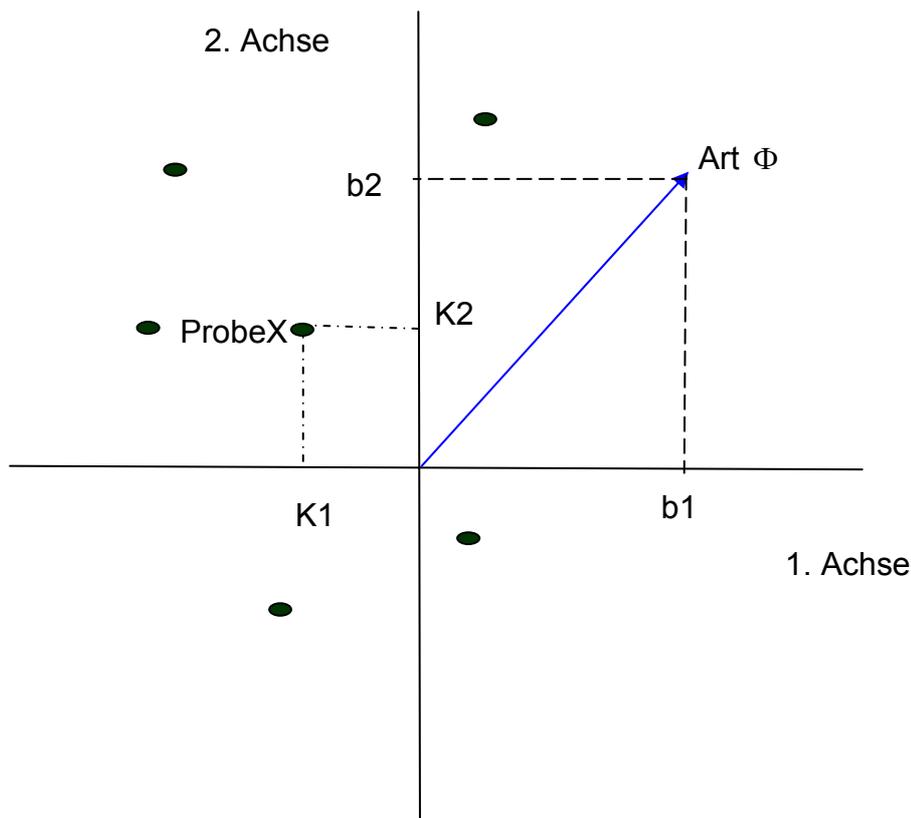


Abbildung 7: Modell der RDA

Die Bestimmung der Abundanz in dieser Probe erfolgt dann über eine weitere multiple Regression der Koordinaten (SamE scores) der Proben als unabhängiger Variable, über die Abundanzen der zu berechnenden Species der aufgenommenen Proben. Man erhält für jede Species für die die Regression durchgeführt wurde, die Funktion zur Berechnung der Abundanz für eine Probe bei bekannten Koordinaten. Anders ausgedrückt: Die Abundanz einer Species in einer Probe wird in Verhältnis gesetzt, von der Lage der Probe zu der Spitze des Arten Vektors (Species score),

welcher das Ergebnis der Regression der Abundanz Art über die SamE Scores aller Proben darstellt.

$$y_{\Phi\_inProbe\_i} = \bar{\Phi} + b_1 * K_1 + b_2 * K_2 + b_3 * K_3 + b_4 * K_4 \quad \text{Gleichung 13: Bestimmung der Species scores (RDA)}$$

Es gelten:

$y_{\Phi\_inProbe\_i}$ : Abundanz der Art  $\Phi$  in Probe  $i$

$\bar{\Phi}$ : Mittelwert der Abundanz der Art  $\Phi$  (centrierte RDA)

$K_{i/1..4.Achse}$ : SamE score Achsen 1-4 der Probe  $i$

$b_{1-4}$ : Koeffizienten Achsen 1-4 der Art  $\Phi \approx$  Spec. score (wenn gilt Interset korrelation =1)

Bei einer Transformation der Abundanzen  $Y' = \ln(A * Y + B)$  mit  $A=10$  und  $B=1$  wie sie für die Taxa Datensätze durchgeführt wurde ändert sich die Gleichung 11 zu:

$$y_{\Phi\_inProbe\_i} = [(e^{(\bar{\Phi} + b_1 * K_1 + b_2 * K_2 + b_3 * K_3 + b_4 * K_4)} - 1) / 10] \quad \text{Gleichung 14: Bestimmung der Species scores (RDA) bei ln transformierten Daten}$$

Damit ergibt sich folgender Term zur Berechnung der Abundanz eines Taxons in Abhängigkeit der Umweltparameter:

$$y_{\Phi\_inProbe\_i} = \left[ \left[ e^{\left[ \bar{y}_{\Phi} + \left[ b_1 * \left( a_{1.Achse} + \left[ (\beta_{Env\_1/1.Achse} * V_{Env1}) + \dots + (\beta_{Env\_n/1.Achse} * V_{Env\_n}) \right] \right) + \dots + b_4 * \left( a_{4.Achse} + \left[ (\beta_{Env\_1/4.Achse} * V_{Env1}) + \dots + (\beta_{Env\_n/4.Achse} * V_{Env\_n}) \right] \right) \right] \right] - 1 \right] / 10$$

Gleichung 15: Berechnung der Abundanz eines Taxons in Abhängigkeit der Umweltparameter

Die Umweltfaktoren werden vor der Ordination standardisiert um sie vergleichbar zu machen. Das gleiche Verfahren muß daher auch für hypothetische Umweltfaktoren angewandt werden. Diese können aber nicht mit den anderen Faktoren standardisiert werden, da sie sonst das Ergebnis der Standardisierung und jeden standardisierten Wert verändern. Daher wird eine lineare Regression durchgeführt, um den Wert des hypothetischen Umweltfaktors im Wertebereich und auf der Skala der standardisierten Umweltfaktoren einordnen zu können. Obige Funktion erweitert sich daher für jeden Umweltfaktor um einen weiteren Term der Form

$$V'_{env1 \rightarrow n} = c_{env1 \rightarrow n} + \gamma_{env1 \rightarrow n} \times V_{env1 \rightarrow n}$$

Es gelten:

$V_{env}$  Wert des Umweltfaktors 1 bzw bis  $n$

$c$  Konstante

$\gamma$  Konstante

Da der Mittelwert der standardisierten Umweltfaktoren 0 ist, entfällt die Steigungskonstante

$a_{1..4.Achse}$ . Damit ändert sich die Gleichung zur Berechnung der Abundanz zu

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

Gleichung 16: Berechnung der Abundanz eines Taxons in Abhängigkeit der Umweltparameter (bei standardisierten Parametern)

Zur Absicherung der Aussagen der Korrelationen von Achsen und Umgebungsvariablen mittels des multiplen Korrelationskoeffizienten R und Prüfung auf Signifikanz, wird der f-Test verwendet. Die einzelnen Teilregressionskoeffizienten werden mittels t-Test auf Signifikanz geprüft.

Hier stellt sich die Frage warum nicht eine multiple Regression einer Species direkt über die Umweltfaktoren durchgeführt wird, bzw. warum die Analyse der Beziehung Spezies Umweltfaktor mit multivariaten Methoden nachgegangen wird. LEPS (1998) bemerkt hierzu, daß die Gefahr einem Type I Error zu begehen (Die Nullhypothese wird abgelehnt, obwohl sie richtig ist, d.h. die Korrelation besteht auf gegebenem Signifikanzniveau tatsächlich nicht.) bei jedem univariaten Test gleich groß ist (bei  $\alpha=0,05$  in einem von 20 Fällen) und sich mit der Anzahl der Tests addiert. D.h. bei 20 untersuchten Species ist statistisch gesehen eine Art deren Beziehung fälschlicherweise als signifikant angesehen wird. Dieser Fehler wird minimiert, indem eine Vorauswahl der durch die multivariaten Methode als signifikant dargestellten Arten getroffen wird und hiernach die univariate Methode angewendet wird.

Das Ergebnis der Berechnung der Abundanz der Spezies oder Taxa durch ein solches Polynom wie oben abgebildet kann auch negativ sein, da das Ergebnis der Geradengleichung auch negativ sein kann. Dies stellt gewissermaßen suboptimale Bedingungen für das Taxon dar. Da negative Abundanzen aber nicht möglich sind, wurde dann das Ergebnis als 0 = kein Vorkommen bezeichnet.

#### 4.4.4 Voranalyse der Daten

Viele statistische Tests erfordern Annahmen über Art und Verteilung der Daten. Daher müssen die Daten vor der Anwendung der Tests auf Erfüllung dieser Kriterien geprüft werden. Daten die die Kriterien nicht erfüllen, können transformiert werden (s. folgendes Kapitel), bzw. Proben die die Aussagen verfälschen, können nach Prüfung eliminiert werden (Ausreißer).

**Ausreißer** tragen zur Asymmetrie einer Verteilung bei. Zudem haben die Extremwerte der erklärenden Variablen einen stärkeren Einfluß auf das Ergebnis der Ordination als Werte der „normalen“ Proben. Ausreißer sollten daher erkannt und von der Analyse ausgeschlossen werden oder der Einfluß der Probe auf die Ordination ermittelt werden. Nach Sachs (1992) ist eine mögliche Methode um Ausreißer bestimmen folgende:

$$Q_{25} - k(Q_{75} - Q_{25}) \leq \text{keine Ausreisser} \leq Q_{75} + k(Q_{75} - Q_{25}) \quad \text{Gleichung 17: Ermittlung von Ausreißern}$$

mit:

k: =1,5

Q<sub>25</sub>: das untere Quartil (25% Quantil)

Q<sub>75</sub>: das obere Quartil (75% Quantil)

D.h. Werte die um das 1,5fache (k) des Interquartilbereichs unterhalb des Q<sub>25</sub> und um das 1,5 fache des Interquartilbereichs oberhalb des Q<sub>75</sub> liegen gelten als keine Ausreißer.

In Canoco wird die „Leverage“ als Maß für den Einfluß eines Werts auf das Ergebnis einer linearen Regression berechnet. Diese ist ein Maß dafür, wie extrem die Position der Probe im Umweltvariablenraum ist. Proben die mehr als das 5 fache der Leverage von der durchschnittlichen Leverage abweichen, werden als Ausreißer detektiert. Dies sind Werte, die um das 3fache der Standardabweichung vom Mittelwert abweichen.

Nur Tiere, die in für eine hinreichende Signifikanz **ausreichender Stichprobenanzahl** geprobt wurden, gingen in die Analyse ein. D.h. Tiere deren Vorkommen im Datensatz n=7 unterschritten, wurden nicht in die nähere Betrachtung (Regression, multiple Regression) einbezogen, gingen aber dennoch in die Analyse mittels RDA ein, da ihr Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eine wichtige Zusatzinformation darstellen kann.

#### 4.4.5 Transformation (Aufbereitung) der Daten

Die Transformation der Daten für CCA, RDA und PCA erfolgt in mehreren Arbeitsschritten:

##### 1. Transformation der Abundanzen

Vektortransformation: Um die Unterschiede zwischen den einzelnen Aufnahmen zu verdeutlichen, wird nach Arten zentriert. Dabei wird der Wert jeder Variablen durch die Abweichung vom Mittelwert aller Werte der jeweiligen Variablen ersetzt. Geometrisch wird der Nullpunkt des Koordinatensystems in den Schwerpunkt der Punktwolke verschoben.

Presence Absence Transformation: Eine Presence Absence Transformation kann durchgeführt werden, um den starken Einfluß eudominanter Arten zu eliminieren. Vorkommen egal welcher Abundanz erhalten den Wert 1, das Nicht-Vorkommen einer Art wird mit dem Wert 0 belegt. Diese Transformation bedeutet aber auch einen Verlust an Information.

Standardisierung der Abundanzen: Multivariate Analysen mit standardisierten Proben zeigen lediglich Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen den Proben, aber nicht Unterschiede welche durch absolute Abundanzen indiziert werden.

Skalartransformation: Da eudomin.e bzw. domin.e Arten die quantitativen Strukturen einer Artengemeinschaft häufig überdecken, subdomin.e Arten dagegen eine Veränderung von ökologischen Faktoren besser indizieren, können die Abundanzen logarithmiert werden. Zudem verschiebt die Logarithmierung die in Biozönosen auftretende linksschiefe Verteilung in Richtung Normalverteilung.

Es wurde die folgende Transformation benutzt:

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

Gleichung 18: In Transformation der Artdaten

es gelten:

Y: zu transformierende Variable

Y': transformierte Variable

A: =10

B: =1

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

Eine weitere Möglichkeit der Skalartransformation ist die Wurzeltransformation:

$$Y' = \sqrt{Y}$$

es gelten:

Y: zu transformierende Variable

Y': transformierte Variable

##### 2. Transformation der Umweltparameter

Auch die Verteilung der Daten der Umweltparameter kann mittels log oder Wurzel Transformationen korrigiert werden.

Standardisierung der Umweltparameter: Multivariate Analysen mit standardisierten Proben zeigen lediglich Unterschiede zwischen den Proben, aber nicht Unterschiede welche durch absolute Differenzen indiziert werden.

### 3. Test auf Informationszugewinn durch Transformation der Variablen

Es wurde empirisch mithilfe des pearsonschen (Produkt-Moment-) Korrelationskoeffizienten ermittelt, ob eine Transformation einen Zugewinn an Informationen erbringt.

Der pearsonsche Korrelationskoeffizient ist ein dimensionsloser Index mit dem Wertebereich  $-1,0 \leq r \leq 1,0$  und ist ein Maß dafür, inwieweit zwischen zwei Datensätzen eine lineare Abhängigkeit besteht.

Das Vorzeichen der Korrelation sagt nichts über die Enge des Zusammenhangs, sondern nur etwas über die Richtung des Zusammenhangs aus. Ein fehlender Zusammenhang drückt sich durch eine Korrelation nahe Null aus. Gewöhnlich werden Korrelationen wie folgt interpretiert - diese Werte stellen allerdings nur ungefähre Richtgrößen und keine exakten Grenzwerte dar-:

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

Tabelle 12: nach Mario Jacobs & Rolf Schulmeister <http://vs.fernuni-hagen.de/Lernstats/LS/>

Der Korrelationskoeffizient errechnet sich nach:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Gleichung 19: Berechnung des pearsonschen Korrelationskoeffizienten

Es gelten:

- n: Anzahl der Proben
- X: Umweltfaktor
- Y: Spezies

Die Umweltvariablen wurden standardisiert um die Koeffizienten untereinander vergleichbar zu machen.

Die standardisierten Werte wurden gemäß folgender Gleichung berechnet:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Gleichung 20: Berechnung standardisierter Werte

es gelten:

- Z: standardisierter Wert
- X: zu standardisierender Wert
- $\mu$ : Mittelwert
- $\sigma$ : Standardabweichung der Verteilung einer Stichprobe

Die Standardabweichung der Verteilung einer Stichprobe wurde errechnet nach:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

Gleichung 21: Berechnung der Standardabweichung

es gelten:

n: Anzahl der Elemente in der Stichprobe

Der Koeffizient wurde errechnet für die verschiedenen möglichen Kombinationen von (nicht-) transformierten Umweltvariablen und (nicht-) transformierten Species (siehe Tabelle unten). Da sich die Koeffizienten mit einer Änderung der Anzahl der Proben ändern, wurden diese jeweils für einen Datensatz, in welchem Proben aufgrund der Eliminierung von Ausreißern ommitted wurden, neu errechnet.

| Spezies               | Umweltvariable        |
|-----------------------|-----------------------|
| nicht transformiert   | nicht transformiert   |
| nicht transformiert   | $Y' = \ln(A * Y + B)$ |
| nicht transformiert   | $Y' = \sqrt{Y}$       |
| $Y' = \ln(A * Y + B)$ | nicht transformiert   |
| $Y' = \ln(A * Y + B)$ | $Y' = \ln(A * Y + B)$ |
| $Y' = \ln(A * Y + B)$ | $Y' = \sqrt{Y}$       |

Tabelle 13: Kombinationsmöglichkeiten der verschieden transformierten Daten, für welche der pears. Korrelationskoeffizient berechnet wird.

Eine Transformation der Variablen wurde nicht vorgenommen, wenn die Erhöhung des Koeffizienten unter 0,1 lag.

#### 4.4.6 Wahl der adäquaten multivariaten Analyse Methode

Eine Entscheidung, welche der multivariaten Methoden für die Analyse Daten zur Extraktion der gewünschten Information am geeignetsten erscheint, wird anhand folgender Gesichtspunkte und Entscheidungshilfen gefällt:

Es wird eine DCA oder DCCA durchgeführt (detrended by segments) um die „length of gradient“ zu errechnen. Die Länge des Gradienten wird errechnet indem die Größe des Bereichs der Sample scores durch die durchschnittliche Standardabweichung der Abundanzen geteilt wird. Liegt dieser Wert über 4 so gibt es Arten im Datensatz die stark unimodales Antwortverhalten auf den Gradienten zeigen. Dies wird durch die Methoden CA und CCA besser beschrieben (s. auch 6.6.3.) Unter 3 SD ist lineares Antwortverhalten der Arten auf den Gradienten (zumindest im untersuchten Ausschnitt) anzunehmen. Die Methoden PCA und RDA sind dann adäquat.

Die Methode PCA ist eine indirekte Gradientenanalyse, es gehen also keine Umweltparameter ein. Eine PCA eignet sich gut zur Hypothesenbildung, welche dann anhand einer direkten Gradientenanalyse, unter Einbeziehung der Umweltparameter, überprüft werden können. RDA /CCA verzerren den Artenraum, da der Artenraum in weiteren interativen Schritten an den Umweltparameterraum angepasst wird.

#### 4.4.7 Selektion der Umweltfaktoren

Die Ergebnisse von CCA oder RDA sind instabil, wenn covariante Umweltfaktoren in die Analyse eingehen. Daher werden Faktoren die stark covariieren und in ihrer Aussage für den Datensatz daher ausgetauscht werden können, nach mehreren Kriterien selektiert:

Der **Varianz Inflation Factor (VIF)** zeigt (multi) Kolinearitäten im Datensatz zwischen einer Variable „j“ und den anderen Umweltfaktoren an:

$$VIF = \frac{1}{(1 - R_j^2)}$$

Gleichung 22: Varianz Inflation Factor (VIF)

es gelten:

VIF: Varianz Inflation Factor

$R_j$  (Teil- (im Falle der Einbeziehung von Covariablen)) multipler Korrelationskoeffizient zwischen Umweltvariable „j“ und den anderen Umweltfaktoren

Als Faustregel kann gelten, daß Variablen mit einem VIF über 20 nicht in die Analyse eingeschlossen werden sollten, da die Variable stark mit anderen Faktoren korreliert (CANOCO manual).

2. Die **Covarianz** zwischen den einzelnen Umweltvariablen wird als Korrelationsmatrix zwischen den Umweltvariablen dargestellt. In linearen Methoden (RDA) sind die Korrelationen die Produkt Moment Korrelationskoeffizienten nach Pearson/ BRAVAIS. Wenn Covariablen benutzt werden, dann werden die Koeffizienten nach den Covariablen justiert (d.h. sie sind Teilkorrelationen) Diese werden errechnet, indem eine Regression von jeder der Umgebungsvariablen auf die Covariablen durchgeführt wird und die Korrelationen zwischen den Residuen dieser Regressionen berechnet werden.

Ein weiteres Kriterium für die Selektion eines Umweltfaktors ist die **Varianzerklärung** durch den Umweltfaktor. Umweltfaktoren die eine niedrige Varianzerklärung bieten, werden ausselektiert.

Ein viertes Kriterium ist die **Irrtumswahrscheinlichkeit** der Erklärung durch den Umweltfaktor, ermittelt durch den Monte Carlo Permutationstest (s. 4.4.3 )

Das Programm Canoco bietet eine Zusammenstellung einiger dieser Entscheidungskriterien in Form der „Forward Selektion“. Es werden ausgegeben:

lambda-1: Die Varianzerklärung durch die Variable allein - korrespondiert mit dem Eigenvalue der einzigen Ordinationsachse in einer solchen Analyse

lambda-A: Die zusätzliche Varianzerklärung durch die Variable nach Einschluß in das Modell

P-value: Die Signifikanz der Variable bei Einschluß in das Modell

F-value: F- Wert der Variable

#### 4.4.8 Selektion der Species

In die Analyse mittels RDA/PCA geht der gesamte Datensatz der Arten ein, soweit für diesen die notwendigen Umweltparameter aufgenommen wurden.

In die weiteren Analysen mittels logit Regression und multipler Regression gingen aber nur Arten ein, welche

- in ausreichender Anzahl in den Proben gefunden wurden
- in  $n > 7$  Proben ermittelt wurden
- deren Antwortverhalten auf den jeweiligen Umweltfaktor auf mindestens 10% Niveau signifikant war
- Arten die eine hohe Korrelation ( $> 0,4$ ) mit dem Umweltfaktor aufwiesen (ermittelt mittels Pearson).

#### 4.4.9 Monte Carlo Permutationstest

Die statistische Signifikanz der Aussagen über die Beziehung der Taxa zu den Umweltfaktoren kann mit Hilfe des Monte Carlo Permutations Tests überprüft werden

Der Test in Canoco ist der sog. "partial F Ratio". Null Hypothese ist, daß die Proben zufällig gegeneinander austauschbar sind, also keine Abhängigkeit zwischen Taxa und Umweltfaktoren besteht. Zu diesem Test werden daher die Proben zufällig gegeneinander ausgetauscht und der F

Wert kalkuliert. Wenn der resultierende Wert der ursprünglichen Probenkombination unter den 5% Größten ist, dann wird die Hypothese auf dem 5% Niveau abgelehnt. D.h. es kann mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß die Aussagen signifikant sind.

Vorteil dieses Tests ist, daß keine Annahme über die Verteilung gemacht wird, wie bei vielen anderen statistischen Verfahren, welche Normalverteilung fordern, die Daten aber häufig nicht normalverteilt sind.

#### 4.4.10 Interpretationsansatz der Scatter und Biplots der RDA

Die CCA und RDA sind multivariate Methoden, die die Lage von Objekten (Probenahmen) im faunistischen Raum abbilden. Die einzelnen Probenahmen werden als n-dimensionale (n= Anzahl der Probenahmen) Punktwolke berechnet, in deren Hauptausbreitung (Hauptkomponenten) die Hauptachsen liegen. Die vieldimensionale Punktwolke wird zur Betrachtung vereinfacht und in die Papierebene auf zwei Dimensionen projiziert. Die Abstände der Objekte werden dabei weitgehend möglichst unverzerrt wiedergegeben (s. a. WILDI 1986, JONGMAN et. al 1987, TER BRAAK 1987). Meist geben die ersten drei Achsen die Hauptausbreitung der Punktwolke hinreichend genau wieder, so daß es ausreicht, die Wolke als dreidimensionales Gebilde zu betrachten.

Die (Haupt-) Achsen stellen für die Zusammensetzung der Biozönose imaginäre (daher ohne Einheit) Umwelt-Gradienten dar. Die Abstände der Punkte sind proportional der Unähnlichkeit der Fallen in Bezug auf deren Artenzusammensetzung: Proben (bzw. die Zusammensetzung der Arten in dieser Probe), die nahe beieinander liegen, sind ähnlich, während Proben, die weiter entfernt voneinander liegen, unähnlich sind.

Eine Korrelation zwischen Umweltfaktoren und Arten läßt sich aus dem Cosinus des Winkels zwischen Vektor des Umweltfaktors und Vektor der Art ablesen: ist der Cosinus 1 ( $0^\circ$ ), bzw.  $-1$  ( $90^\circ$ ) sind Umweltfaktor und Art hoch (bzw. hochnegativ) -korreliert, ist der Cosinus 0 ( $270^\circ$ ,  $180^\circ$ ) sind Umweltfaktor und Art nicht korreliert. Aussagen gelten mit größerer Sicherheit für längere Vektoren, da Arten die in der Mitte des Diagramms angesiedelt sind, oft nicht korrekt dargestellt werden und Schlussfolgerungen über Korrelationen und Abundanzen daher unpräzise sind (s.a. JONGMANN ET AL. 1988).

Eine Abschätzung welchen Anteil eine Art für die Clusterung einer Probe hat, kann durch das Fällen des Lots von dem Punkt der Probe auf den Art-Vektor erfolgen. Analog gilt dies für die Einschätzung der Ausprägung eines Umweltparameters an einem Probeort.

Einige Parameter charakterisieren die Ordination (VERDONSCHOT 2001; TER BRAAK & SMILAUER 1998):

Die **Eigenvalues** sind ein Maß für die relative Bedeutung der Achsen. Meist beschreiben die ersten beiden Achsen die Hauptvarianz im Datensatz, sodaß es ausreicht lediglich diese zu betrachten, um den Datensatz hinreichend erklären zu können. Eine graphische Darstellung der Eigenvalues über die Achsen zeigt dann meist einen Knick im Graphen, nach welchem den Achsen weniger Bedeutung zuzumessen ist.

Die **Gesamt Inertia** (Varianz) beschreibt die Gesamt Varianz im Datensatz. Sie ist in PCA und RDA immer 1, da die Species Daten in dieser Weise skaliert werden.

Die **Sum of all unconstrained Eigenvalues** ist gleich der Gesamt-Inertia, falls keine Covariablen in die Analyse einbezogen wurden. In diesem Fall ist die „Sum of all unconstrained Eigenvalues“ die Restvarianz nach Abzug derjenigen Varianz, welche durch die Covariablen erklärt wurde. Ohne Covariablen ist dieser Wert die durch die Variablen erklärte Varianz.

Dieser Wert wird kumulativ und prozentual für jede Achse angegeben als „**Cumulative percentage Variance of species environment relation**“

Die „**Sum of all canonical Eigenvalues**“ ist die dann verbleibenden Restvarianzerklärung durch die Variablen in der Analyse.

Die **Species environment correlation** zeigt die Größe der Korrelation zwischen Arten und Umgebungsvariablen für eine bestimmte Achse an.

**Cumulative percentage Variance of species environment relation** und **Cumulative percentage Variance of species data** erreichen nie 100%, da in Proben immer ein gewisses Grundrauschen ist (VERDONSCHOT 1999) und insbesondere Ordinationen mit Abundanzen über einen weiten Bereich streuen.

# 5 Ergebnisse und deren Diskussion und Bewertung

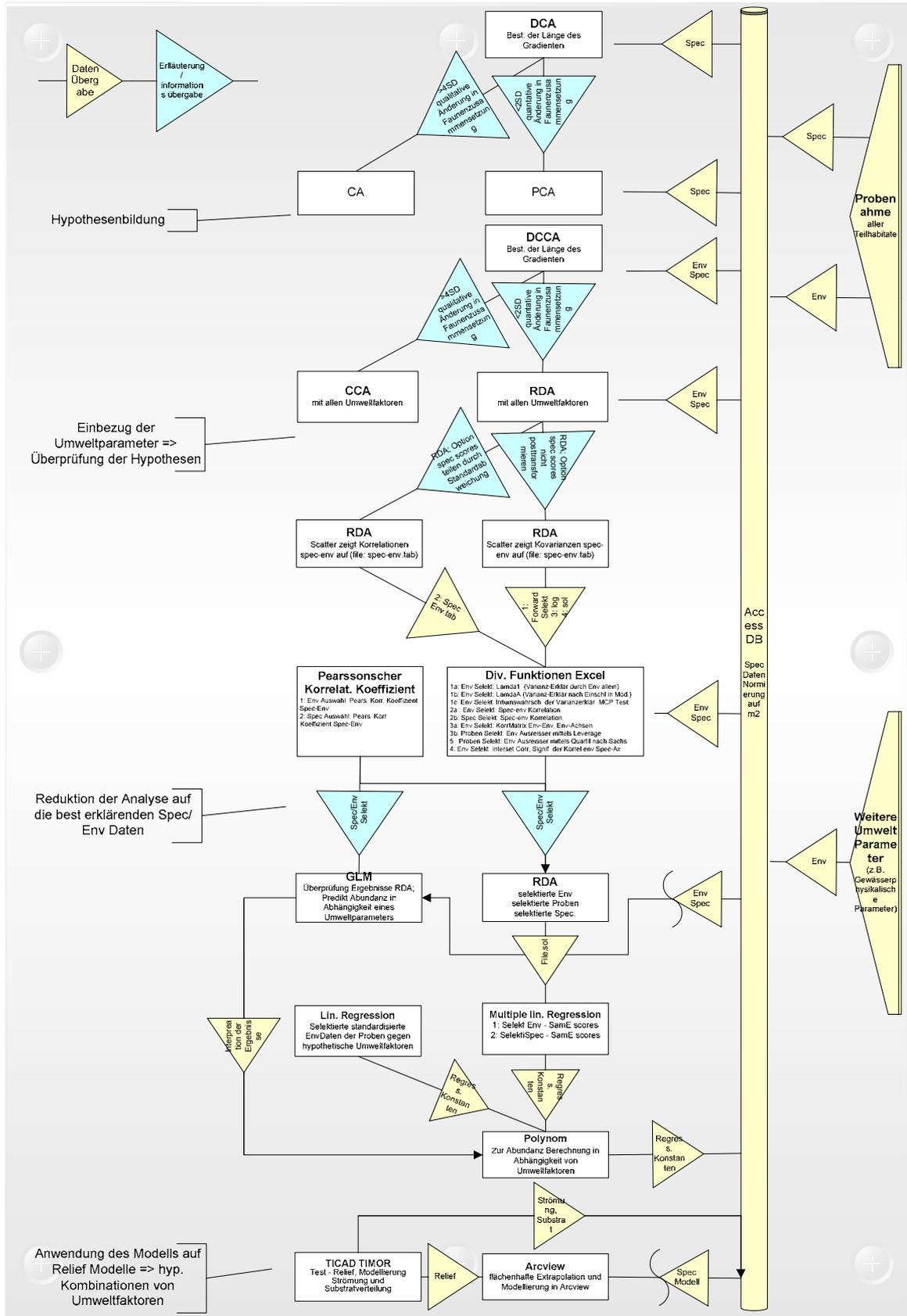


Abbildung 8: Übersicht über Daten- und Informationsfluß und den Ablauf der Untersuchung (Env: Umgebungsvariablen; Spec: Spezies;

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

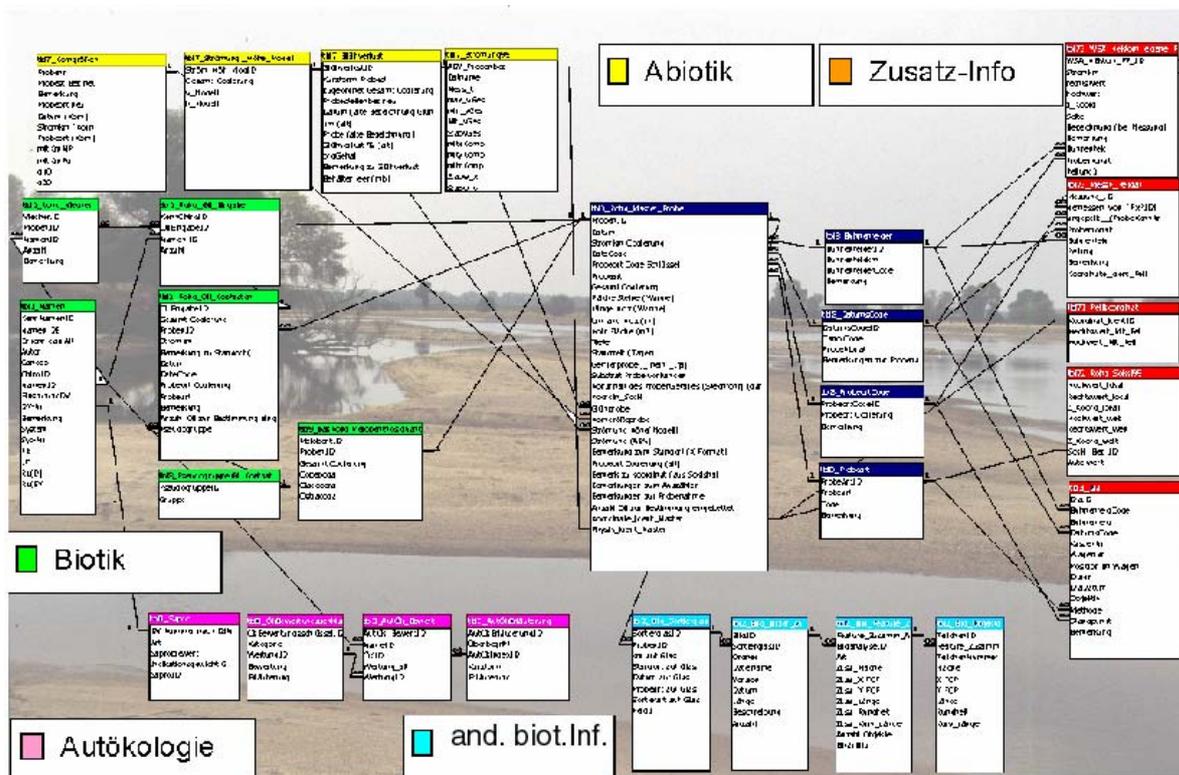


Abbildung 9: Teil-Organigramm der Projektdatenbank Aquatik

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.



“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

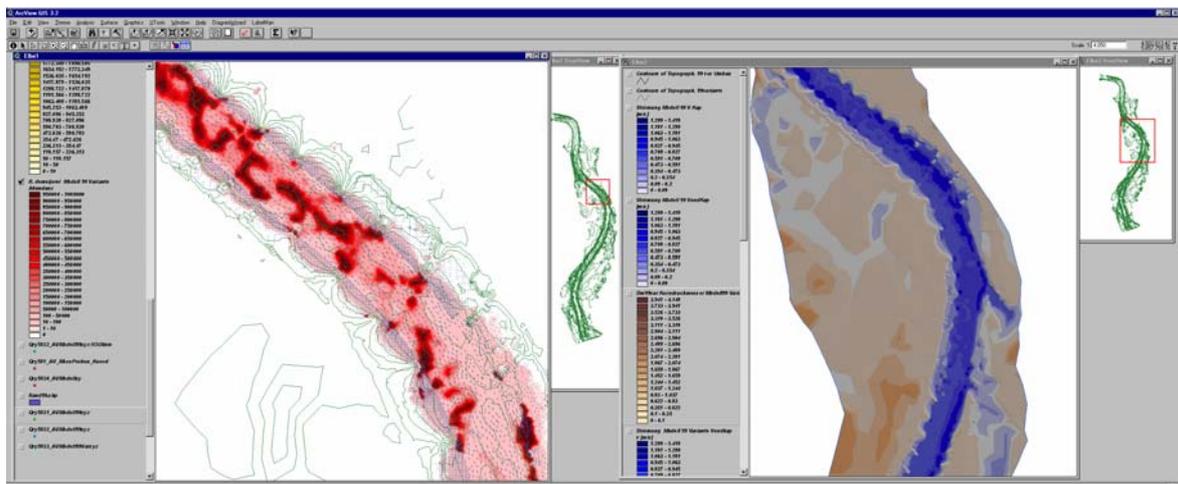


Abbildung 11: Ansicht des GIS. Links View elbe1 mit Modellierung einer Chironomidae, rechts Relief  
Das Arcview (AV) Projekt erhält Daten aus der Datenbank über die ODBC Schnittstelle. Diese müssen bei jedem Öffnen des AV Projekts aktualisiert werden. Aufgrund der Menge der ausgetauschten Datensätze 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

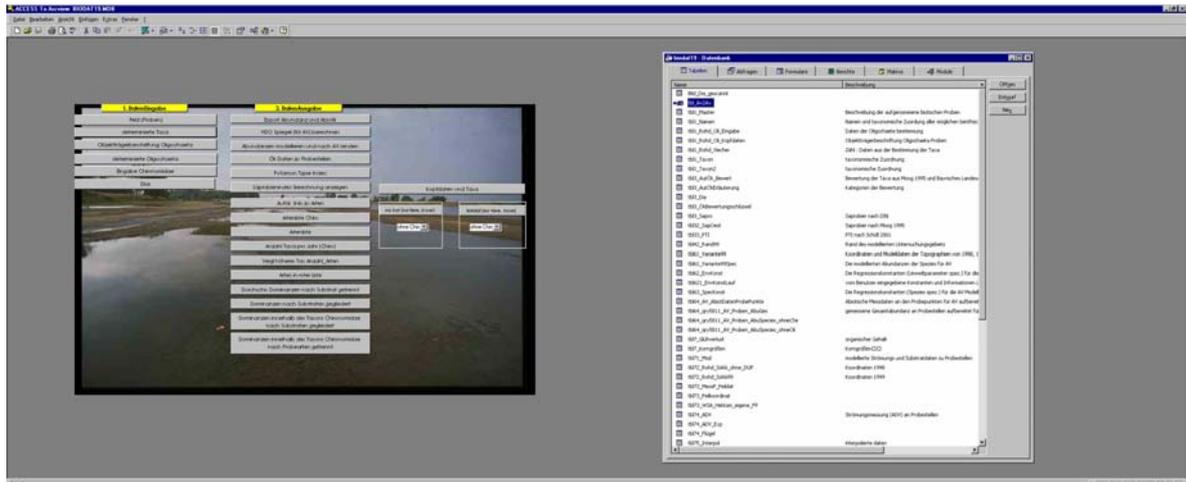


Abbildung 12: Ansicht der Projektdatenbank mit Startformular

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.

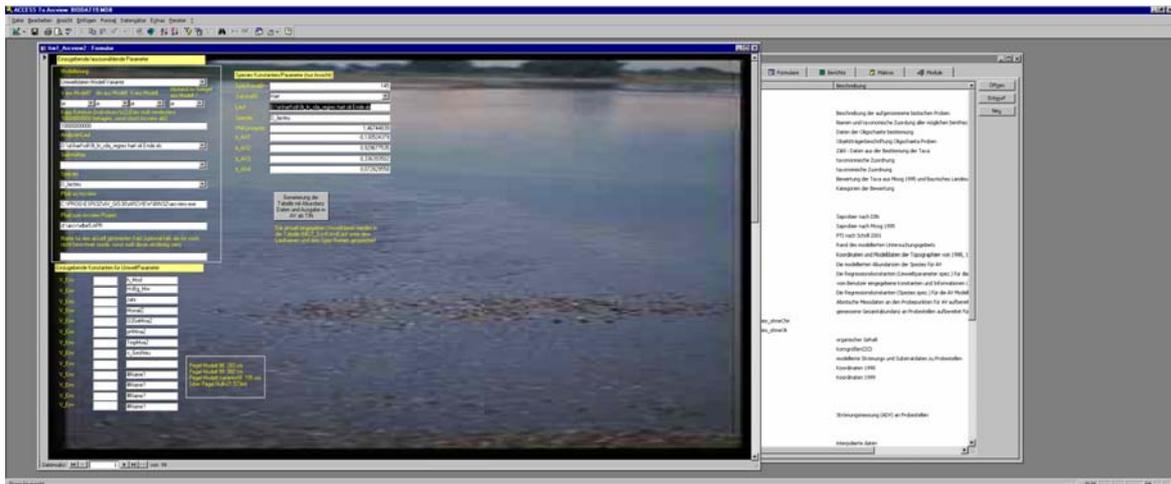


Abbildung 13: Formular frm1\_Arcview2 zur Abundanz Modellierung und Übergabe der Daten an Arcview

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 Abundanz 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 Abundanz 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        |             |
|-------------------------|-------------|-------------|
| Buhne                   | 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 angebondenen 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)

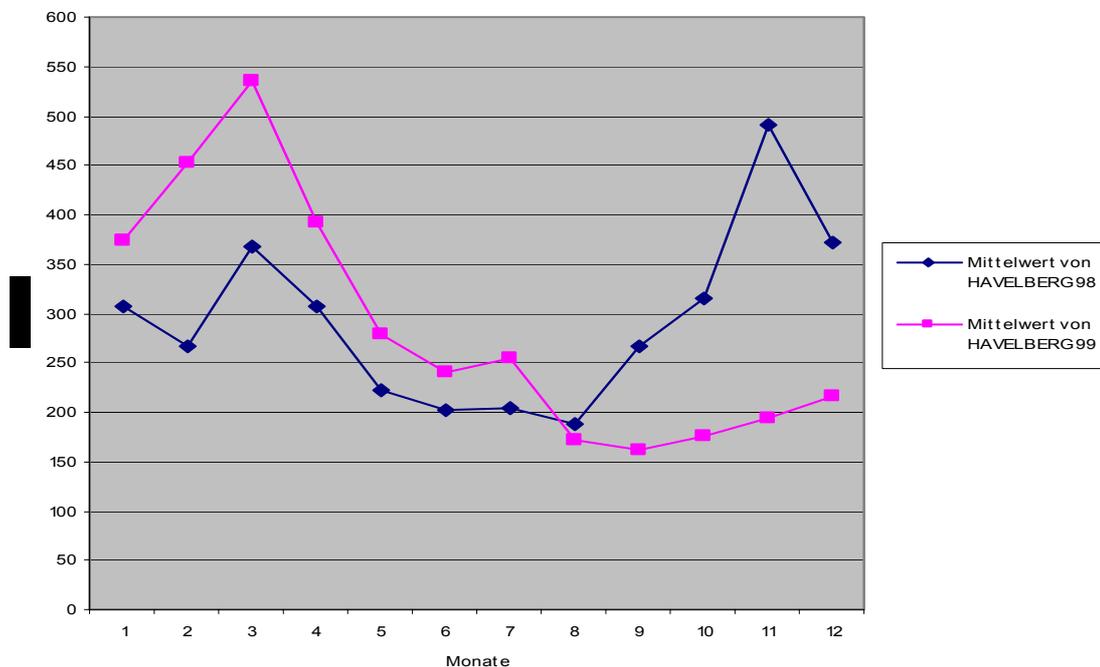


Abbildung 14: Durchschnittliche Pegelwerte der Monate der Jahre 1998 und 1999

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.

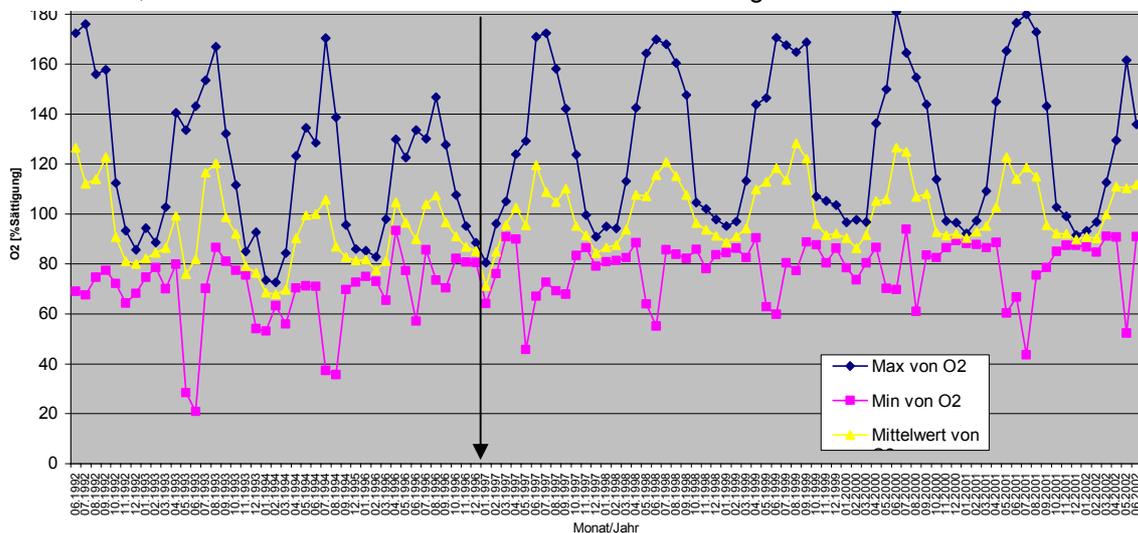


Abbildung 15: Minima Maxima und Mittelwerte der Sauerstoffsättigung des Elbwassers der Monate der Jahre 1992 bis 2002  
Die in den Tabellen angegebenen Werte sind natürlich nur als Richtwerte zu sehen. Für die Regression kann jeder Wert eingegeben werden, den der Benutzer für sinnvoll erachtet.

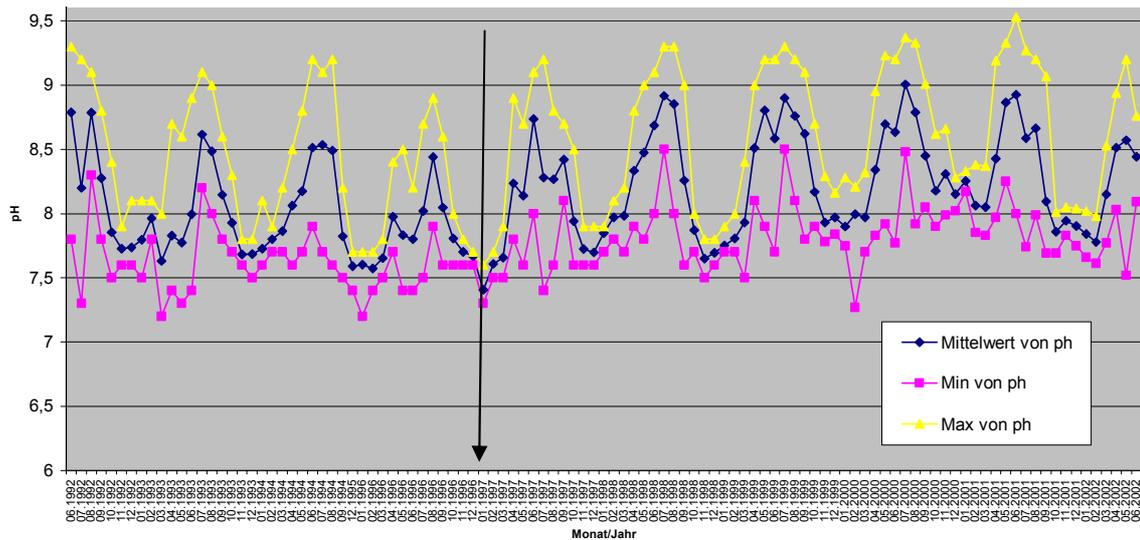


Abbildung 16: Minima, Maxima und Mittelwerte des pH - Werts des Elbwassers der Monate der Jahre 1992 bis 2002

## 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 *Orthocladus* und die Art *Nanocladus 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 | Orthocladus (O) sp.              | dominant         | Hauptart         |
| Hartssubstrat | <i>Nanocladus 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>Synorthocladus 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 (I.) 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 (I.) 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 | Synorthocladus 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.

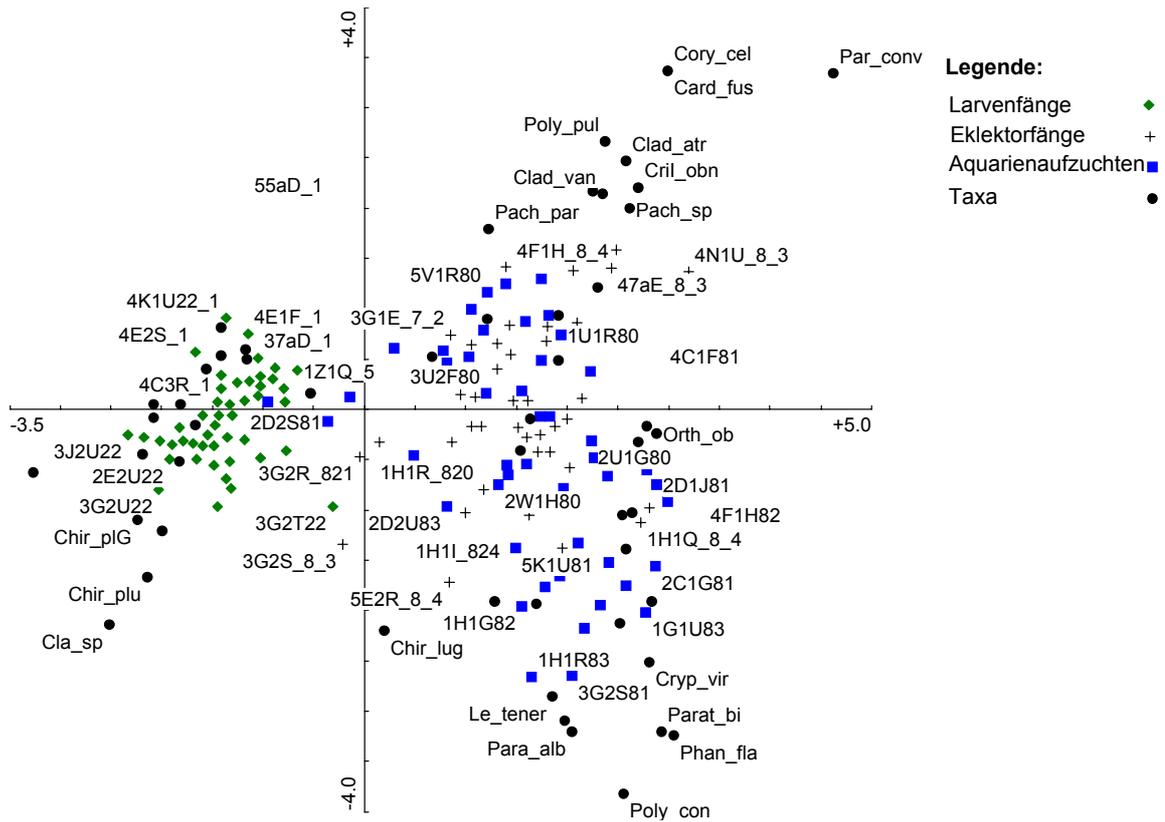


Abb. 17. CA (1.2. HA) Vergleich der Fangmethoden



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.

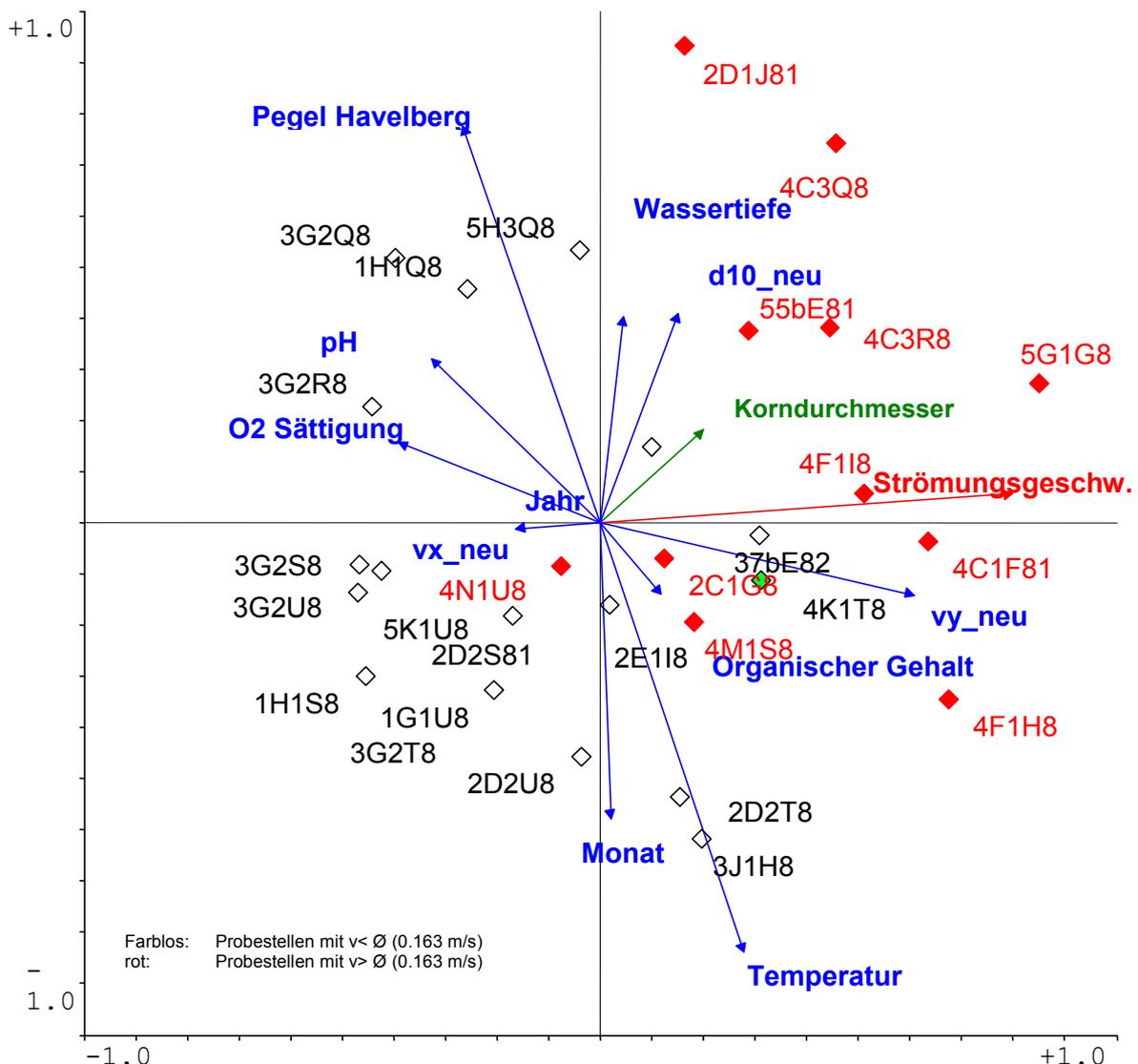


Abb. 19. CCA (1.2. HA) der Aquarienaufzuchten (Umgebungsfaktoren und Proben)

| Umweltvariablen                        | Achse 1         | Achse 2         | Achse 3   | Achse 4  | Signifikanz<br>niveau (P) | Varianzerklärung<br>durch die<br>Umweltvariablen<br>alleine<br>(lambda 1) | Varianzerklärung<br>nach<br>Einschluss ins<br>Modell<br>(lambda A) |
|--|-----------------|-----------------|-----------|----------|---------------------------|---|--|
| Strömungsgeschwindigkeit<br>(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<br>Artendaten   | 15,8    | 24,1    | 30,1    | 35,4    |
| Kumulative prozentuale Varianz der<br>Beziehung zwischen Artendaten und<br>Umweltvariablen | 28,3    | 43,2    | 53,9    | 63,3    |
| Summe aller uneingeschränkten<br>Eigenwerte  | 2,967   |         |         |         |
| Summe aller kanonischen<br>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).

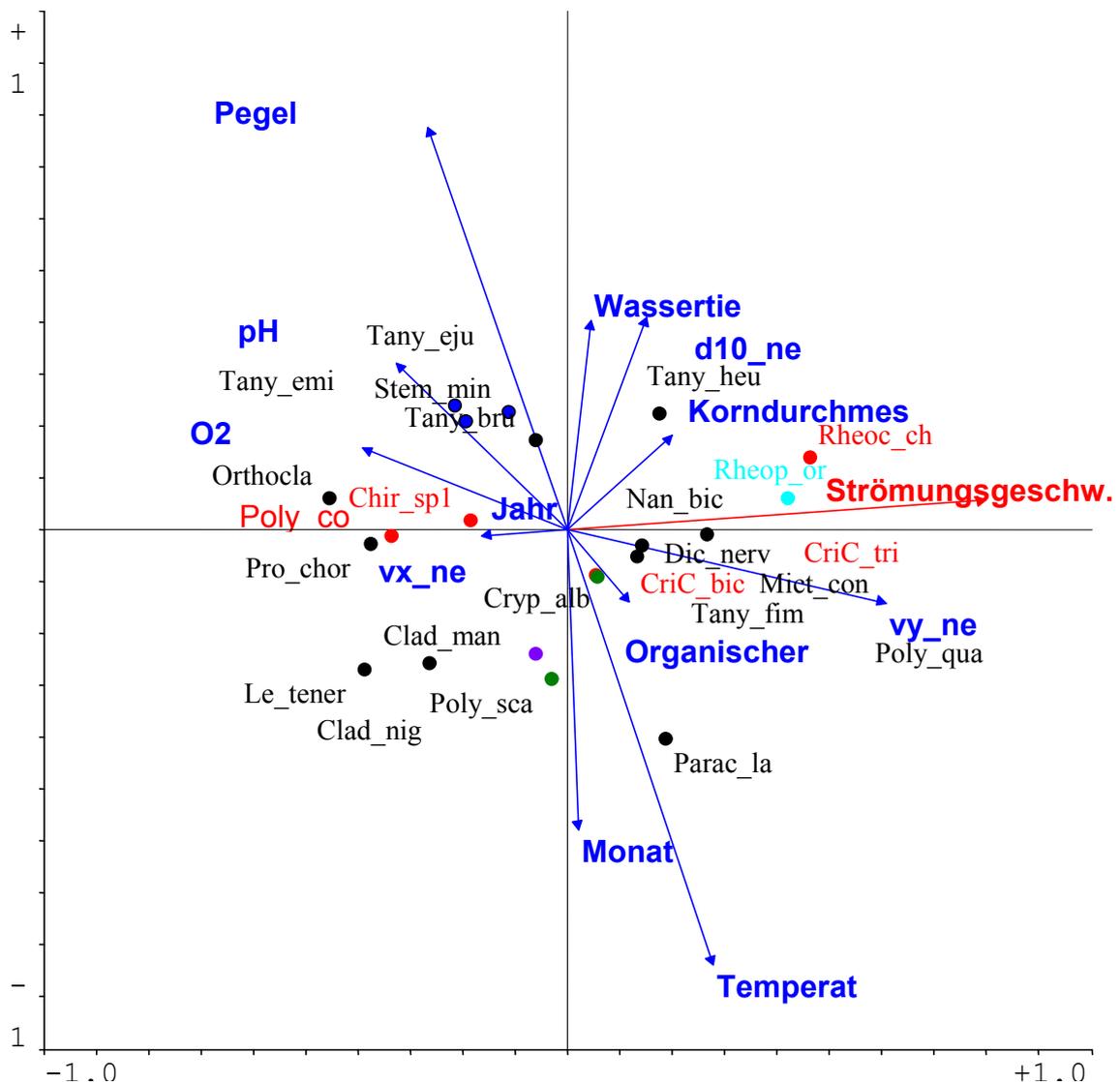


Abb. 20. CCA (1.2. HA) der Aquarienaufzuchten (Umgebungsfaktoren und Taxa / Strömungsgeschw. hervorgehoben)

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.

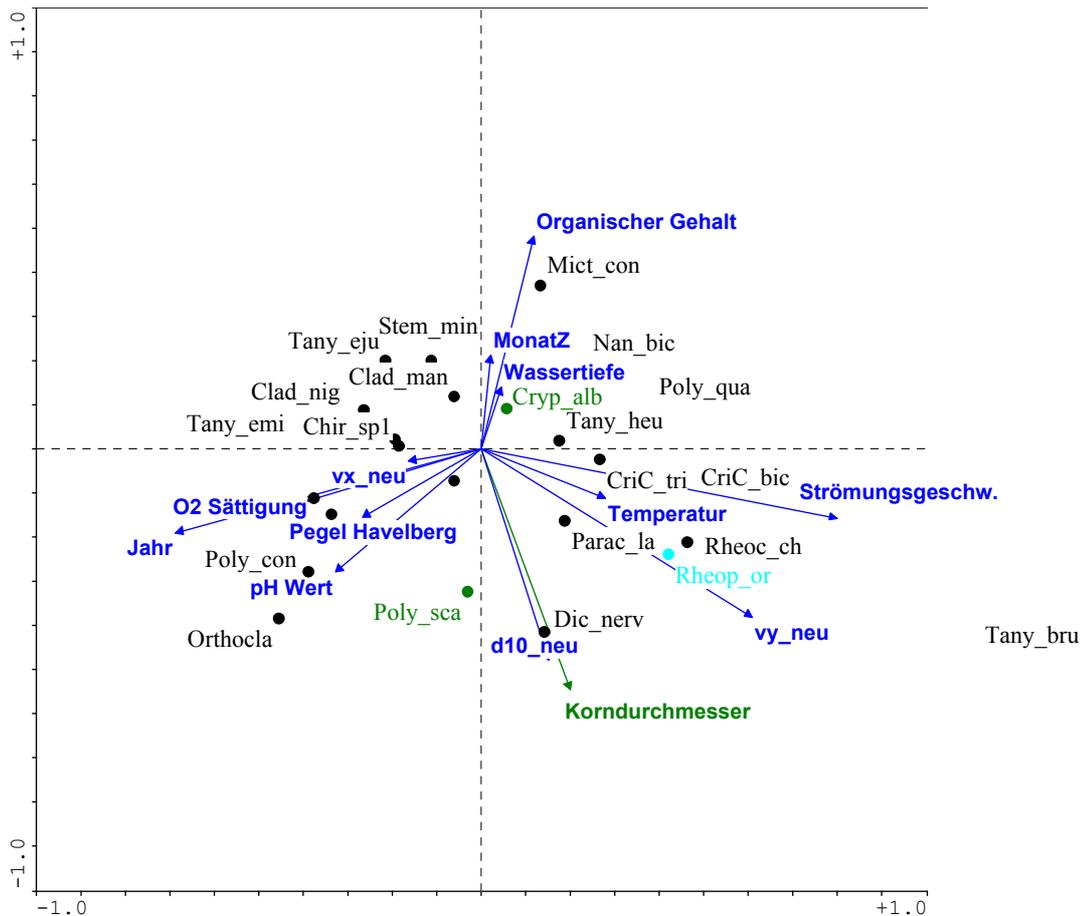


Abb. 21. CCA (1.4. HA) der Aquarienaufzuchten (Umgebungsfaktoren und Taxa / Korndurchmesser hervorgehoben)

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 Strömungsgeschwindigkeit 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.

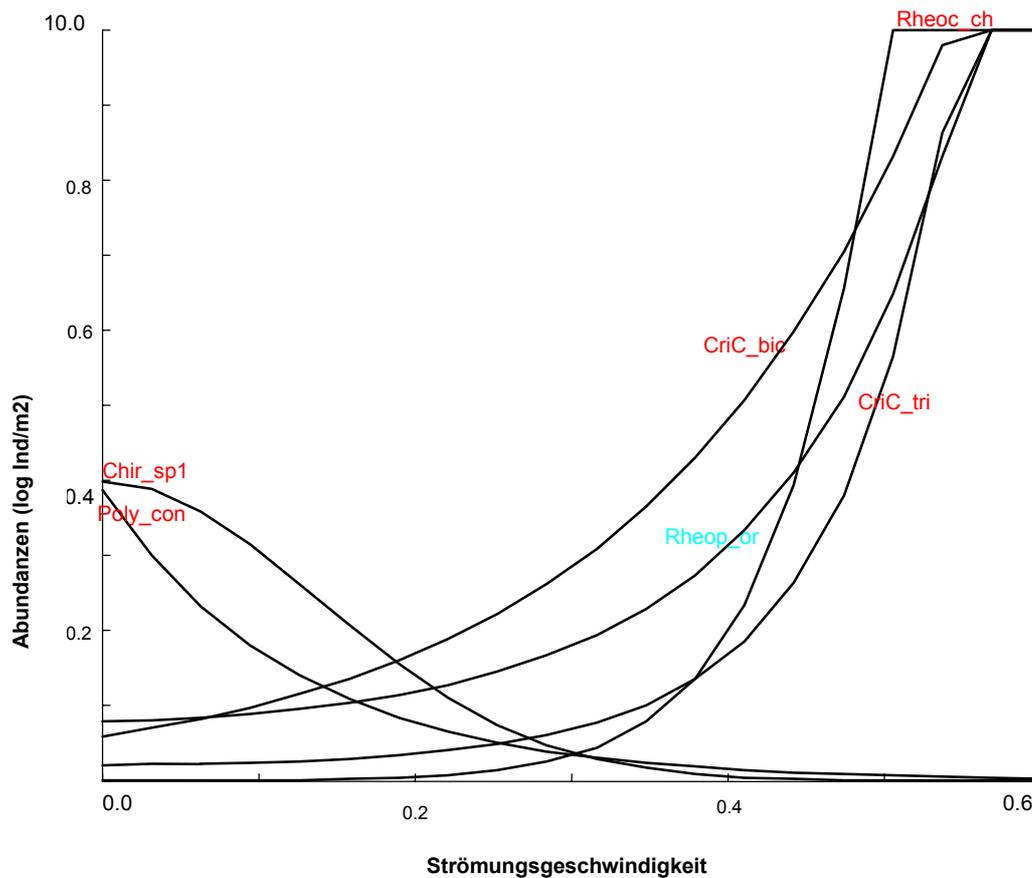


Abb. 22. Model responses Aquarienaufzuchten; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>),  $p \leq 0.05$ , Probenanzahl: 30

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<br>deviance = 6,072 DF = 27<br>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<br>deviance = 68,22 DF = 28<br>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<br>deviance = 117,8 DF = 28<br>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<br>deviance = 120,9 DF = 28<br>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<br>deviance = 124,7 DF = 27<br>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.

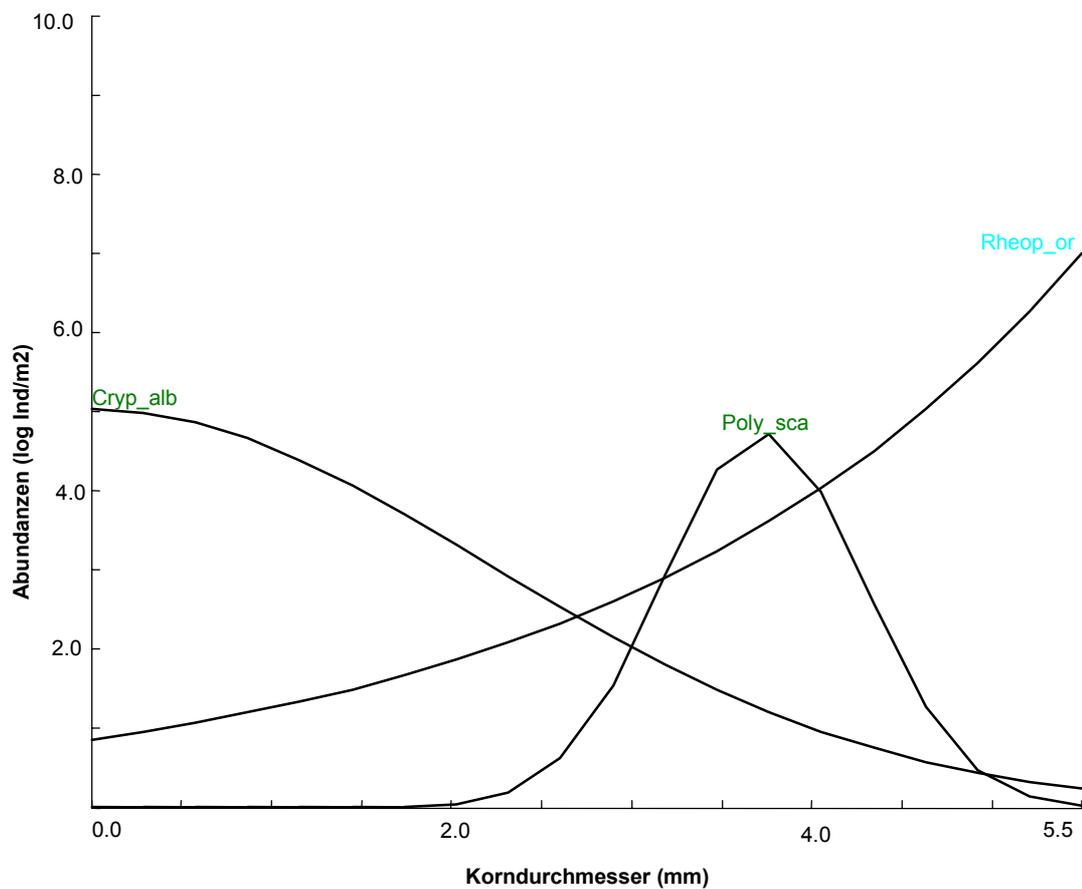


Abb. 23. Model responses Aquarienaufzuchten; Umgebungsfaktor Korndurchmesser (mm) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>), p <= 0.05, Probenanzahl: 30

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<br>deviance = 136,8 DF = 28<br>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   |



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 |

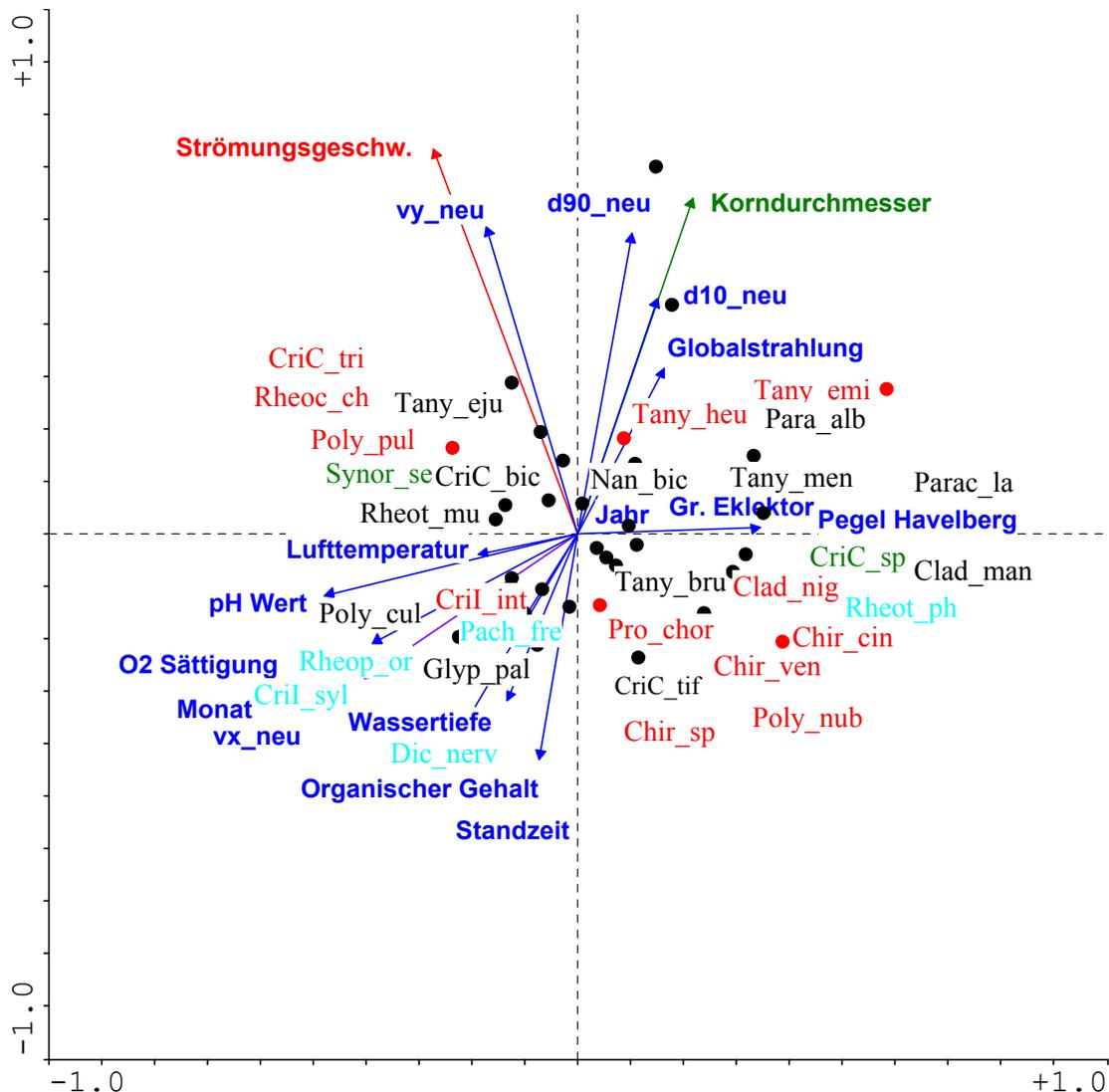


Abb. 25. CCA (1.2. HA) der Eklektorfänge (Umgebungsfaktoren und Taxa / Strömungsgeschwindigkeit und Korndurchmesser hervorgehoben)

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.

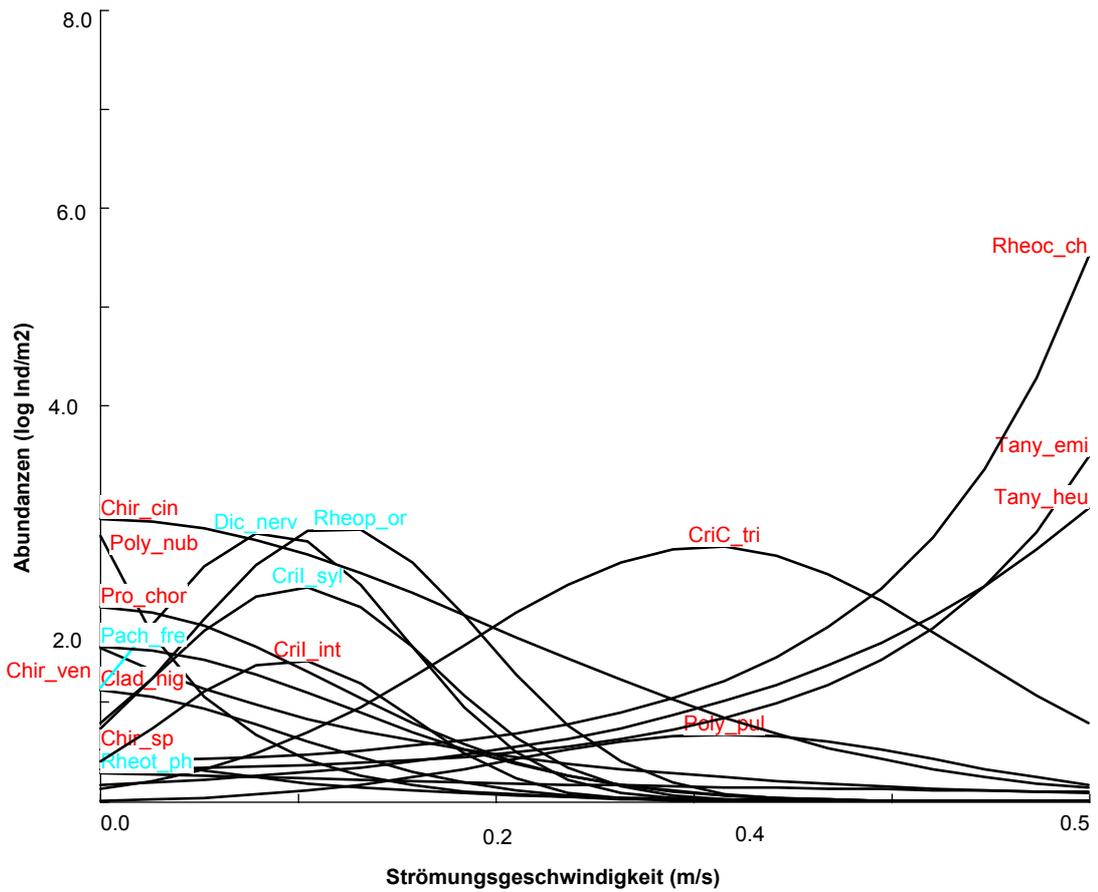


Abb. 26. Model responses Eklektorfänge; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>),  $p \leq 0.05$ , Probenanzahl: 38

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<br>deviance = 89,25 DF = 36<br>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<br>deviance = 48,58 DF = 35<br>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<br>deviance = 37,9 DF = 35<br>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<br>deviance = 60,09 DF = 35<br>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<br>deviance = 70,44 DF = 36<br>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<br>deviance = 87,37 DF = 35<br>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<br>deviance = 96,2 DF = 35<br>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<br>deviance = 68,64 DF = 35<br>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<br>deviance = 73,92 DF = 36<br>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<br>deviance = 86,13 DF = 36<br>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<br>deviance = 86,48 DF = 35<br>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<br>deviance = 33,18 DF = 36<br>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<br>deviance = 27,34 DF = 35<br>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<br>deviance = 86,34 DF = 35<br>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<br>deviance = 71,34 DF = 36<br>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<br>deviance = 95,92 DF = 35<br>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<br>deviance = 122,2 DF = 36<br>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.

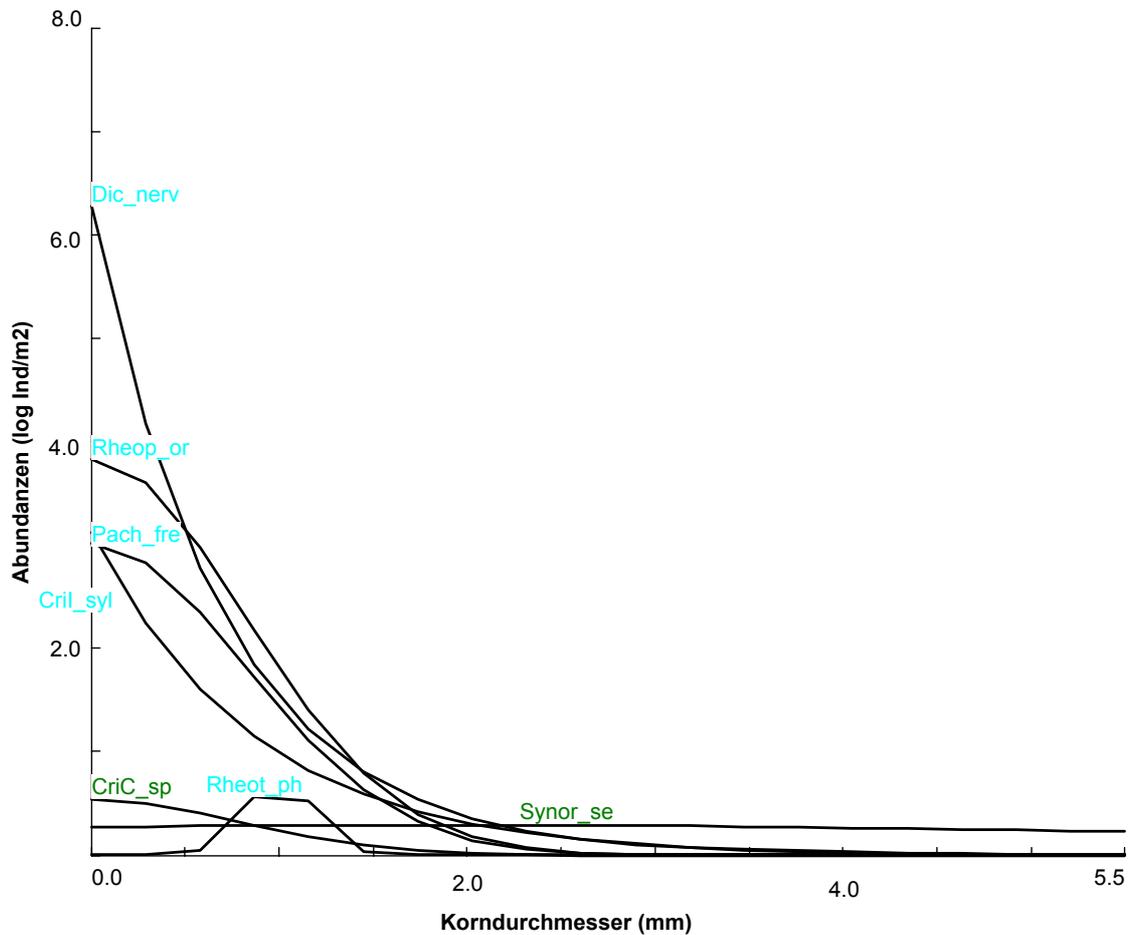


Abb 27. Model responses Eklektorfänge; Umgebungsfaktor Korndurchmesser (mm) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>),  $p \leq 0.05$ , Probenanzahl: 38

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<br>deviance = 35,1 DF = 36<br>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<br>deviance = 49,64 DF = 35<br>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<br>deviance = 87,8 DF = 36<br>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<br>deviance = 20,62 DF = 35<br>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<br>deviance = 76,72 DF = 36<br>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<br>deviance = 88,84 DF = 36<br>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<br>deviance = 88,1 DF = 36<br>Modell signif. P= 0,0039  |                |         |         |
| <b>Model Summary</b>   | Const          |         |         |
|  | X              |         |         |
|  | x <sub>2</sub> |         |         |
| link function: log<br>deviance = DF =<br>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.

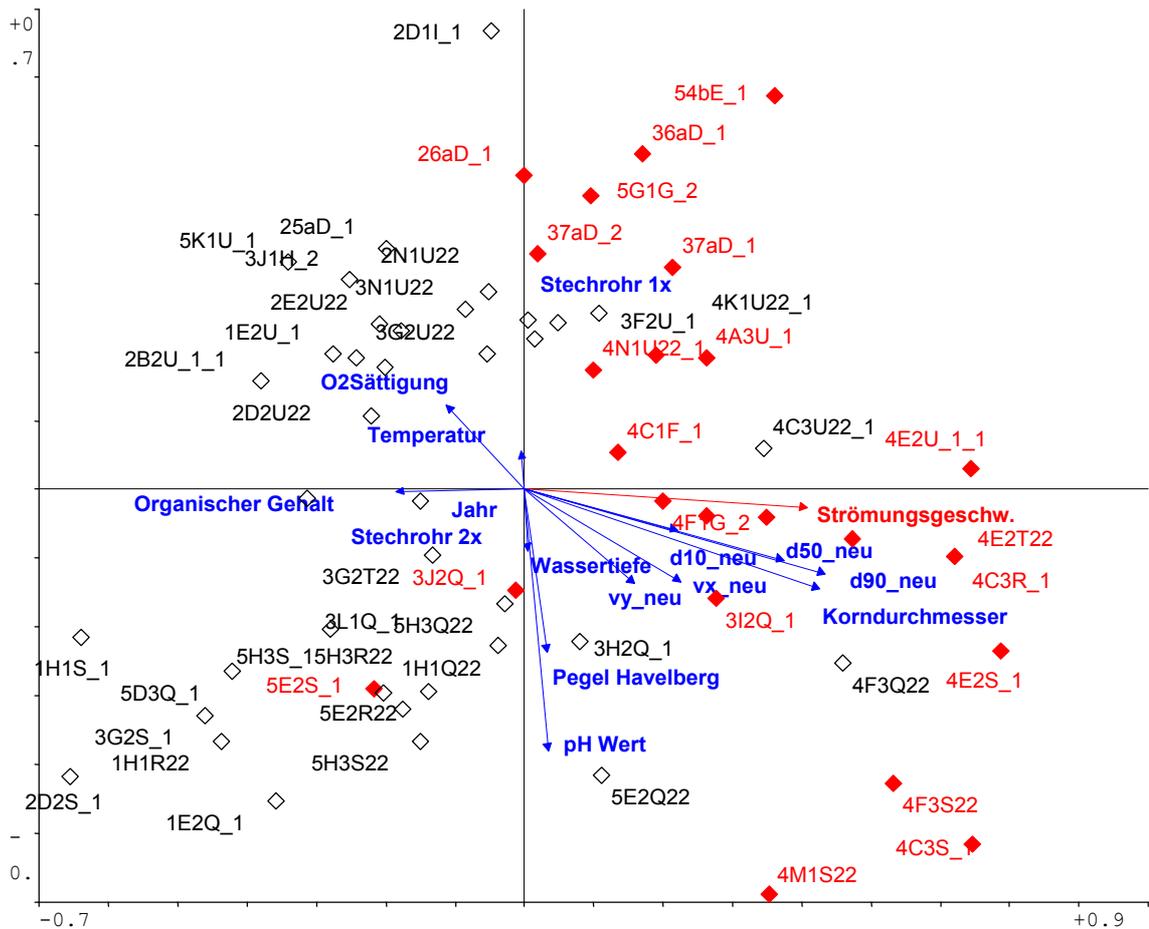


Abb. 28. RDA (1.2. HA) der Chironomidenlarven (Umgebungsfaktoren und Proben)

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 Varianzklärung des Datensatzes durch die Umweltvariablen

| Umweltfaktoren                      | Achse 1         | Achse 2        | Achse 3         | Achse 4 | Signifikanzniveau (P) | Varianzklärung durch die Umweltvariable alleine (lambda 1) | Varianzklärung 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.

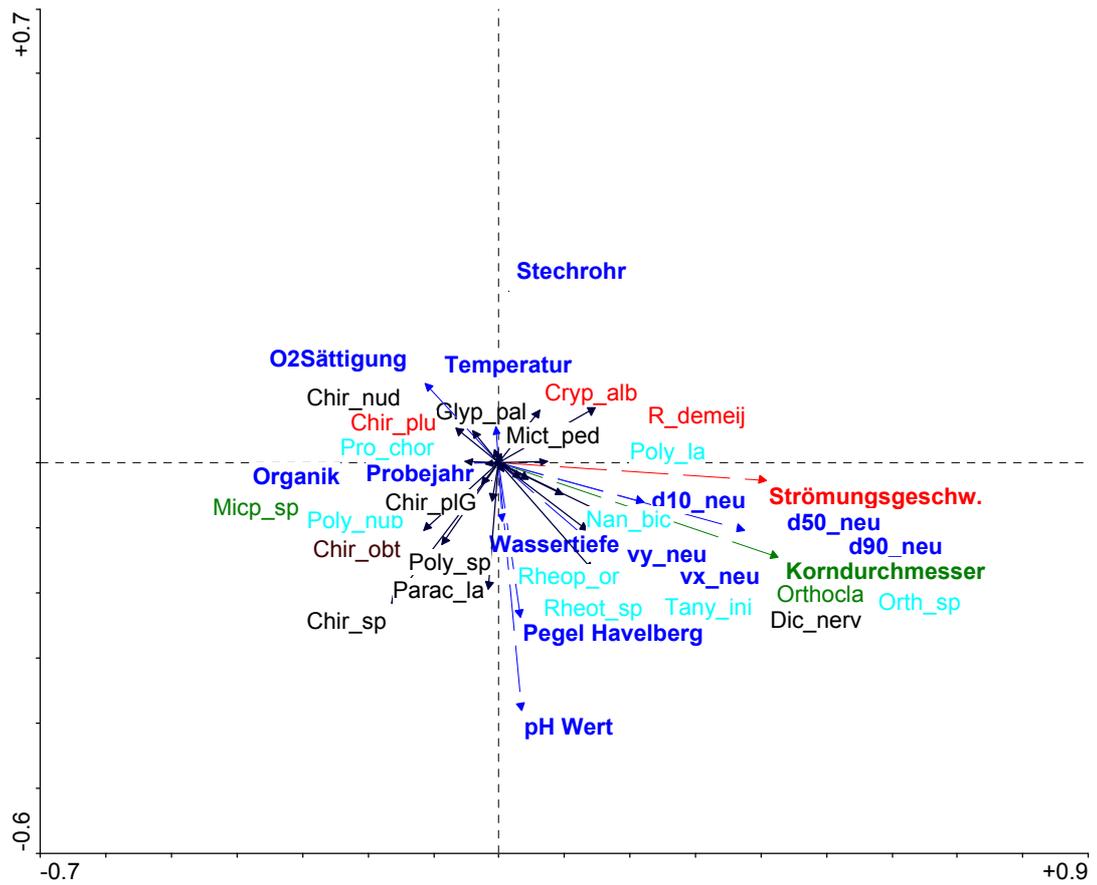


Abb. 29. RDA (1.2. HA) der Chironomidenlarven (Umgebungsfaktoren und Taxa)

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

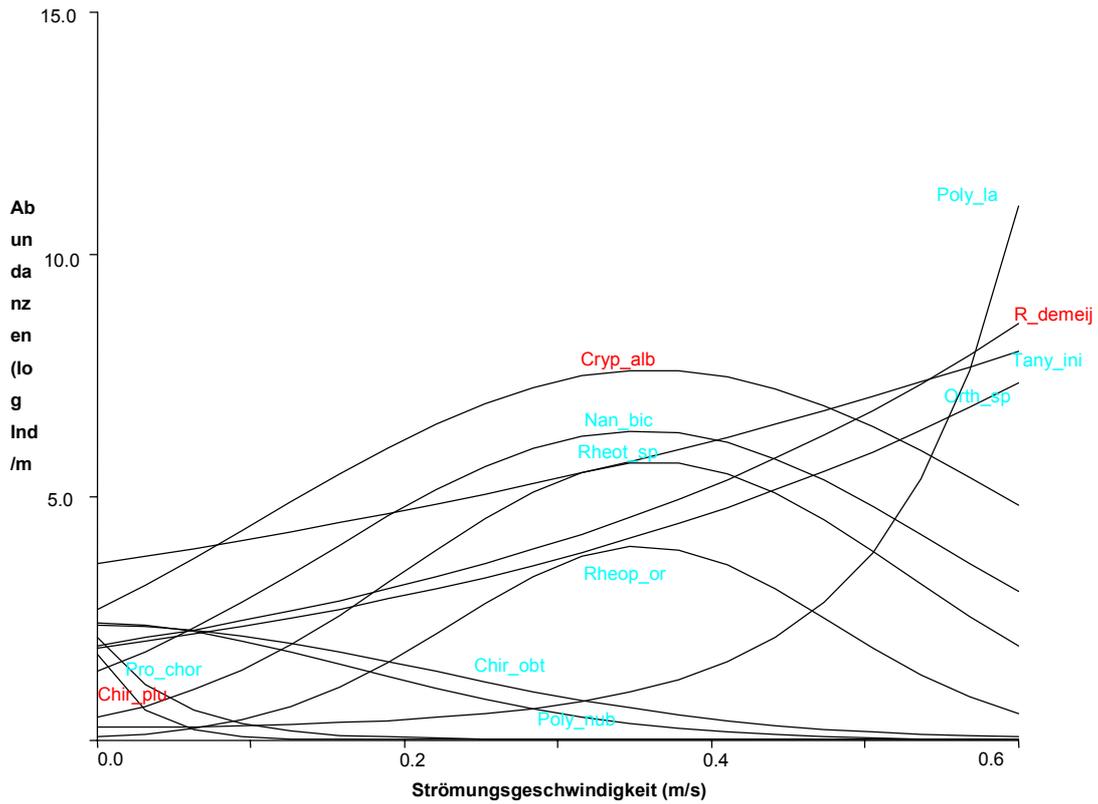


Abb. 30. Model responses Chironomidenlarven; Umgebungsfaktor Strömung (m/s) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>),  $p \leq 0.05$ , Probenanzahl:68

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<br>deviance = 369,9 DF = 66<br>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<br>deviance = 329,7 DF = 66<br>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<br>deviance = 392,4 DF = 66<br>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<br>deviance = 309,3 DF = 65<br>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<br>deviance = 309,1 DF = 66<br>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<br>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<br>deviance = 311,4 DF = 65<br>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<br>deviance = 159,2 DF = 66<br>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<br>deviance = 111,6 DF = 66<br>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<br>deviance = 337,2 DF = 65<br>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<br>deviance = 204,9 DF = 65<br>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<br>deviance = 323,9 DF = 65<br>Modell signif. P= 0,0001 |                |         |         |

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

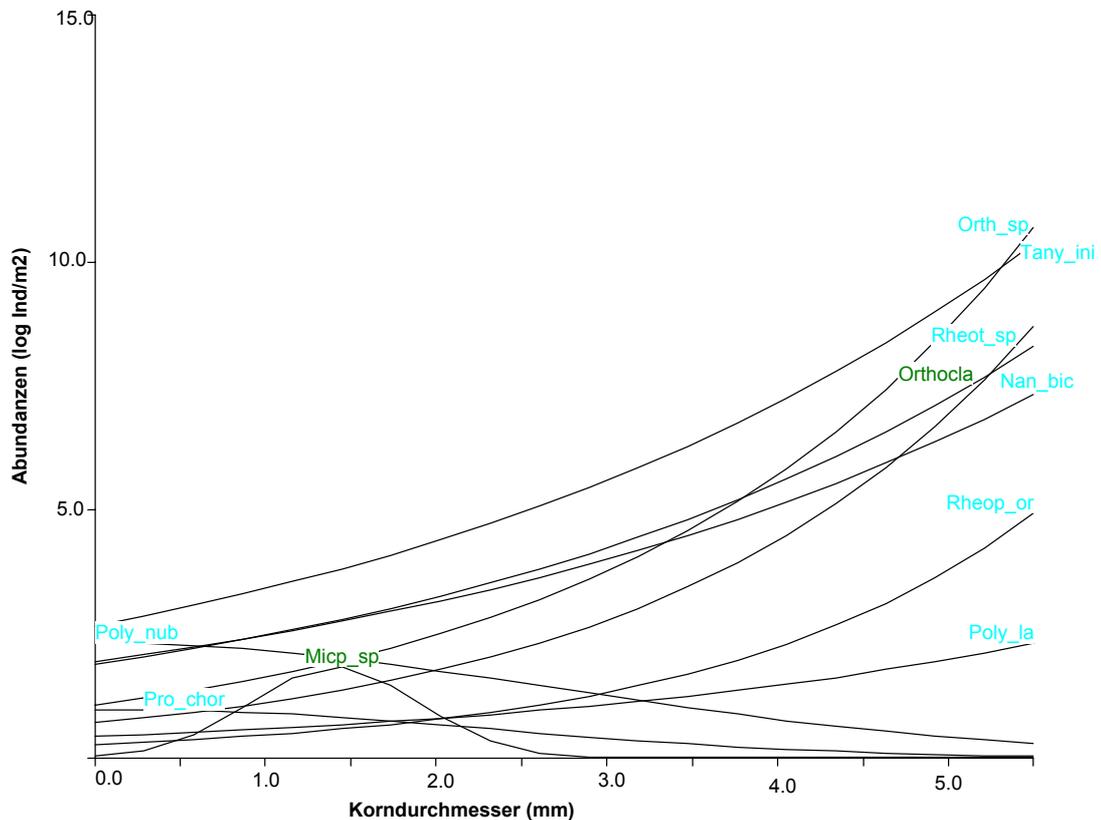


Abb. 31 Model responses Chironomidenlarven; Umgebungsfaktor Korndurchmesser (mm) gegen Abundanzen (log Individuen/m<sup>2</sup>), p <= 0.05, Probenanzahl:68

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<br>deviance = 320,9 DF = 66<br>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<br>deviance = 366,3 DF = 66<br>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<br>deviance = 368,8 DF = 66<br>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<br>deviance = 319,1 DF = 66<br>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<br>deviance = 360,2 DF = 66<br>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<br>deviance = 237,9 DF = 66<br>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<br>deviance = 323,9 DF = 66<br>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<br>deviance = 239,1 DF = 66<br>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<br>deviance = 209,5 DF = 65<br>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<br>deviance = 158,7 DF = 65<br>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, Rhitral 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<br>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<br>(Chironominae) |                            | LP | KA         | LI         |
|                            |                            | Chir_plu<br>(Chironominae) | IN | KA         | PR         |
|                            | Chir_cin<br>(Chironominae) |                            | KA | KA         | KA         |
|                            | Clad_nig<br>(Chironominae) |                            | KA | KA         | LI         |
| Poly_con<br>(Chironominae) |                            |                            | RP | KA         | RI         |
|                            | Poly_nub<br>(Chironominae) |                            | IN | Grst, lstr | PO         |
|                            | Pach_fre<br>(Chironominae) |                            | KA | KA         | EP, MP, HP |
|                            | Rheot_ph<br>(Chironominae) |                            | RP | KA         | PO         |
|                            | Pro_chor<br>(Tanypodinae)  | Pro_chor<br>(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<br>BAYERISCHES<br>LANDESAMT FÜR<br>WASSERWIRTSCHAFT (1996) | Strömungspräferenzen MOLLER<br>PILLOT &<br>BUSKENS (1990) | Biozönotische Region<br>BAYERISCHES LANDESAMT<br>FÜR WASSERWIRTSCHAFT<br>(1996) und MOOG (1995) |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------|---|---|---|
|                    |                               | Rheot_sp<br>(Chironominae)   | RP  | KA  | PO, RI  |
|                    |                               | Cryp_alb<br>(Chironominae)   | KA  | KA  | LI  |
|                    |                               | Poly_nub<br>(Chironominae)   | IN  | Grst, lstr  | PO  |
|                    | Poly_pul<br>(Chironominae)    |                              | IN  | KA  | PR  |
|                    | Dic_nerv<br>(Chironominae)    |                              | KA  | Riv   | LI  |
|                    | CriI_syl<br>(Orthoclaadiinae) |                              | KA  | Klst, grst, lstr, riv                                     | LI  |
|                    | CriI_int<br>(Orthoclaadiinae) |                              | KA  | riv   | KA  |
|                    | CriC_tri<br>(Orthoclaadiinae) |                              | RL  | riv   | PO  |
|                    |                               | Nan_bic<br>(Orthoclaadiinae) | KA  | riv   | LI  |
|                    | Rheop_or<br>(Tanypodinae)     | Rheop_or<br>(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<br>BAYERISCHES<br>LANDESAMT FÜR<br>WASSERWIRTSCHAFT<br>(1996) | Strömungspräferenzen MOLLER<br>PILLOT &<br>BUSKENS (1990) | Biozönotische Region<br>BAYERISCHES LANDESAMT<br>FÜR WASSERWIRTSCHAFT<br>(1996) und MOOG (1995) |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|---|---|
|                               | Tany_emi<br>(Chironominae)    |                              | KA   | KA  | RI  |
|                               |                               | Tany_ini<br>(Chironominae)   | KA   | KA  | KA  |
|                               | Tany_heu<br>(Chironominae)    |                              | KA   | KA  | EK  |
|                               |                               | R_demeij                     | KA   | KA  | KA  |
|                               |                               | Poly_la<br>(Chironominae)    | KA   | KA  | KA  |
| Rheoc_ch<br>(Orthoclaadiinae) | Rheoc_ch<br>(Orthoclaadiinae) |                              | RP   | lstr, riv   | PO  |
| CriC_bic<br>(Orthoclaadiinae) |                               |                              | KA   | lstr, sstr, riv   | EP  |
| CriC_tri<br>(Orthoclaadiinae) |                               |                              | RL   | riv   | PO  |
|                               |                               | Orth_sp<br>(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<br>BAYERISCHES LANDESAMT FÜR<br>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<br>WASSERWIRTSCHAFT (1996) |
|--------------------------|---------------|-------------|--|
| Poly_sca* (Chironominae) |               |             | KA   |

Tabelle 45. Arten mit höchsten Abundanzen bei einem Korndurchmesser  $\geq 5,5$  mm nach eigenen Untersuchungen und Sedimentpräferenzen nach Literaturdaten

| Aquarienaufzuchten     | Eklektorfänge | Larvenfänge              | Sedimentpräferenzen BAYERISCHES<br>LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT<br>(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)









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 Gesamtartenzahl 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.

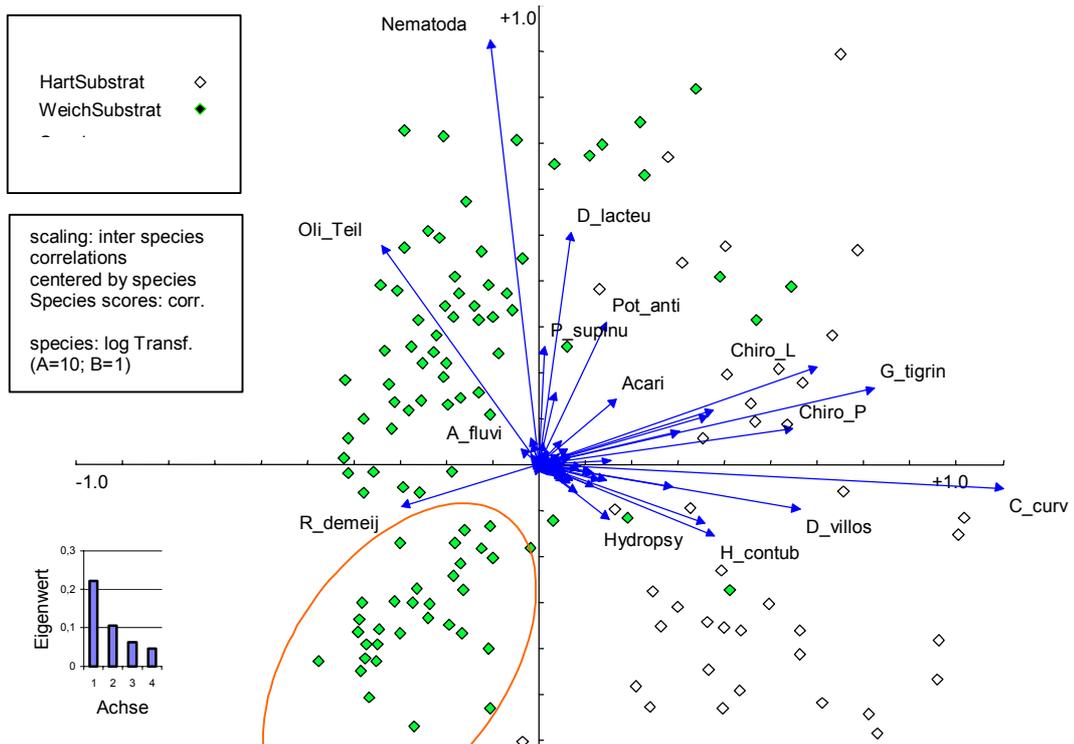


Abbildung 33: Ausschnitt eines Scatterplots der PCA. Achsen 1/2. Klass. in Substrattypen n=244.

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.

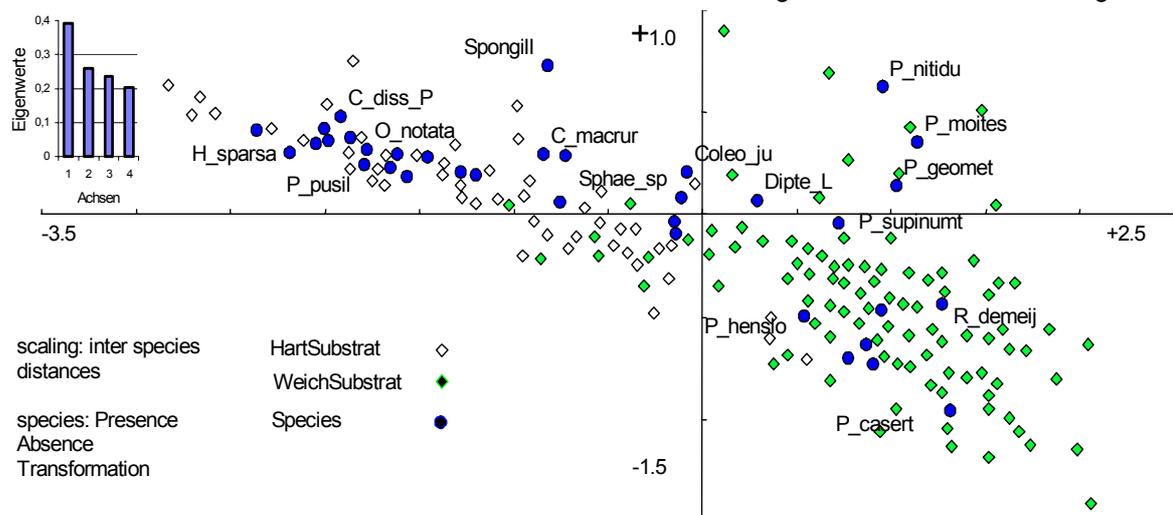


Abbildung 34: Ausschnitt eines Scatterplots der CA. Achsen 1/2. klassif. in Substrattypen; n=244.

### 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



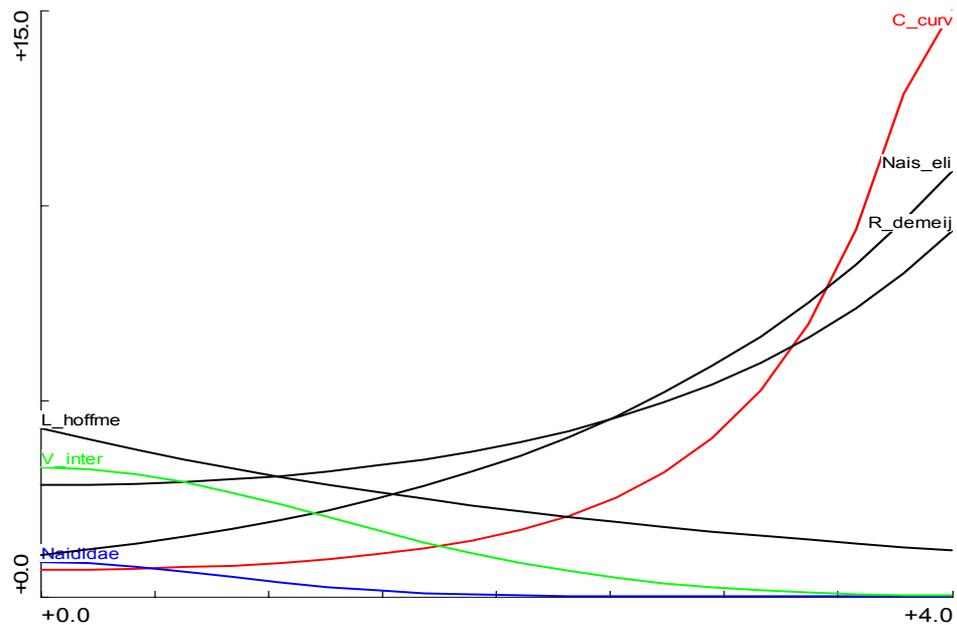


Abbildung 35: Modell responses; Umgebungsfaktor gemess mittl. Korndurchmesser nach Fuhrböter gegen  $\ln$  Individuen /m<sup>2</sup>;  $\alpha=0,1$ .

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).

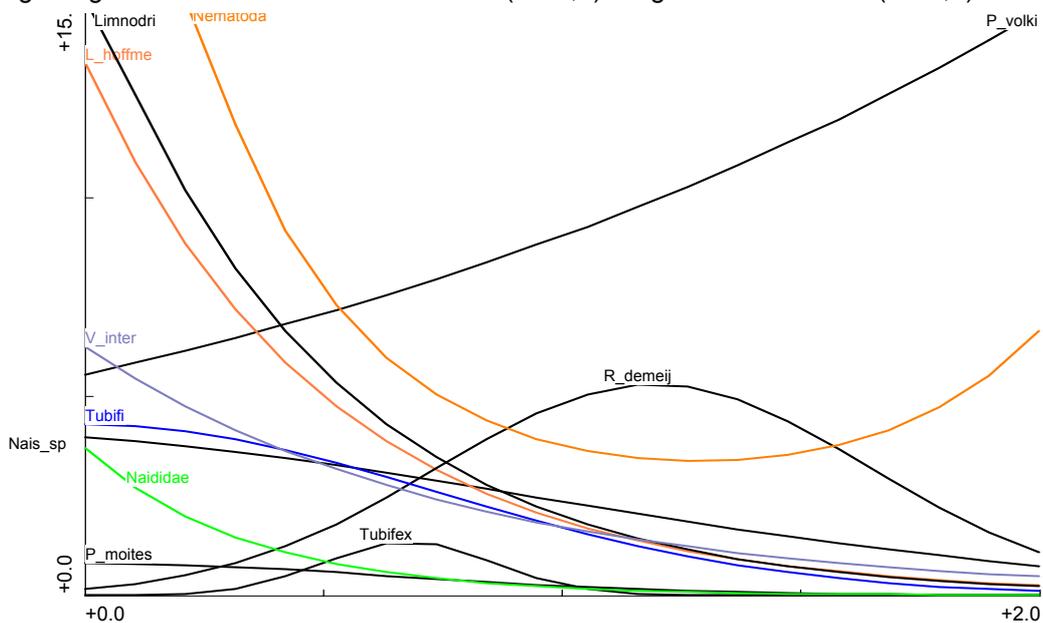


Abbildung 36: Modell responses; Umgebungsfaktor modell. mittl. Korndurchmesser nach Meyer Peter gegen  $\ln$  Individuen /m<sup>2</sup>;  $\alpha=0,1$ .

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 | Varianzerklärung durch die Variable allein (Lambda1) | Variable | Varianzerklärung 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.



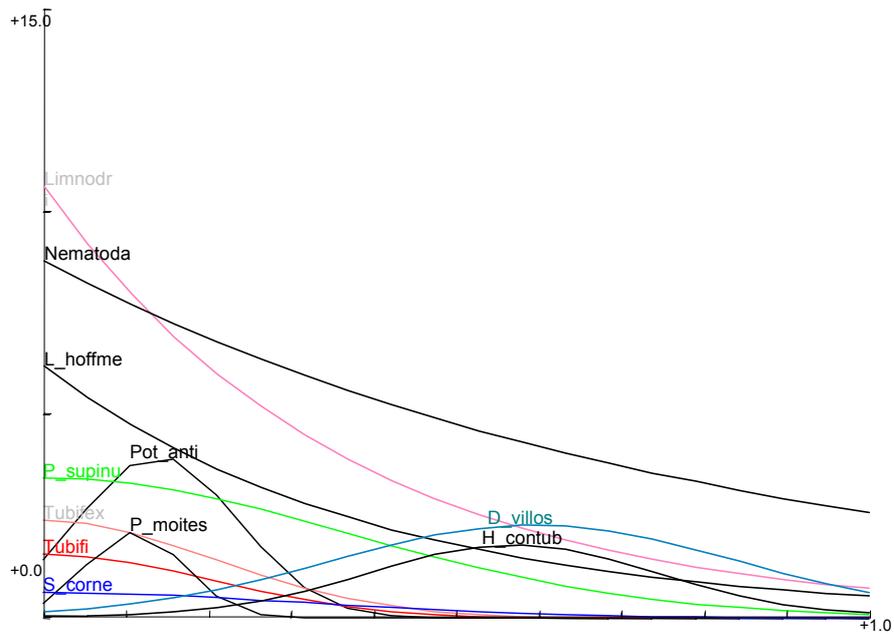


Abbildung 37: Modell responses; Umgebungsfaktor modell. mittl. Strömungsgeschwindigkeit gegen  $\ln$  Individuen /m<sup>2</sup>;  $\alpha=0,05$ .

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.

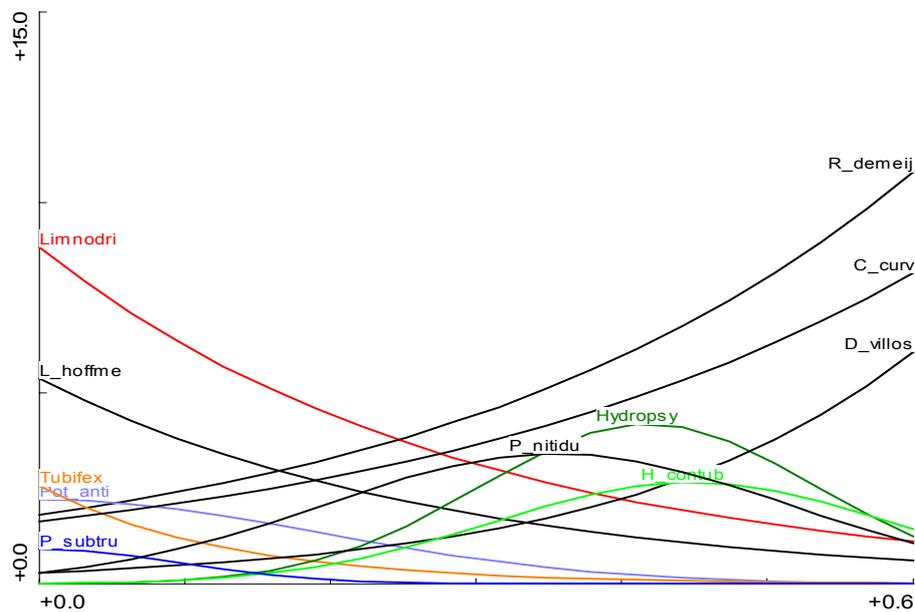


Abbildung 38: Modell responses; Umgebungsfaktor gemess. mittl. Strömungsgeschwindigkeit gegen  $\ln$  Individuen /m<sup>2</sup>;  $\alpha=0,05$ .

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 | Varianzerklärung durch die Variable allein (Lamda1) | Variable | Varianzerklärung 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  | Bivalva   | Bryozo    | C_beskid  | C_caspia  | C_curv    | C_diastr  | C_dis_P   | C_dissim  | C_horari  | C_lan gl  | C_luctuo | C_macrur | C_rivulo | C_robust  | Caensp    | Ceracsp   | Cerato    | Chaetoga  | Chiroad   | Chiro_L   | Chiro_P   | Coleoad   | Coleo_Ju  | Corixida | D_lacteu | D_lugpol | D_olymos  | D_villos  | Dipte_L   | E_igni ta | E_oco    | E_tene    |           |   |  |
| 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      |           |           | -0,14     | 0,22      |           | 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_tigrina | Gammasp | Gastrapo  | H_bulgar  | H_con P   | H_con tub | H_flav a  | H_lon 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         | 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_torv a  | 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 x  | V_inte r | 0        | 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     | 0,23      | 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      |           |           |           | -0,32     |           | 0,26      |           |          |          |          |           |           |           | 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

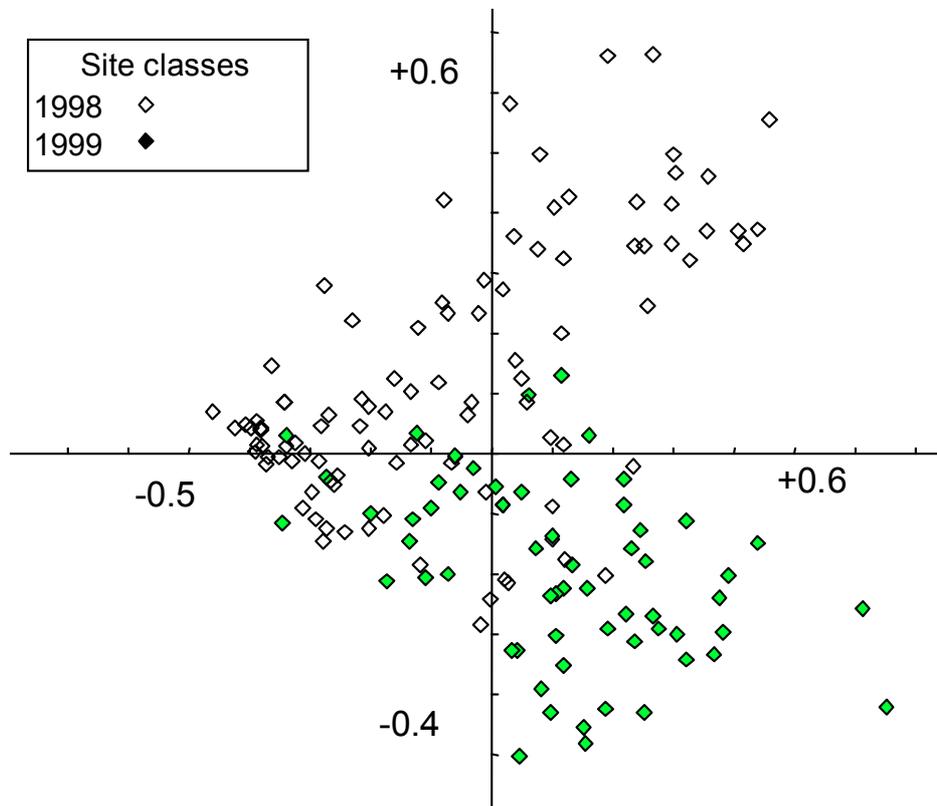


Abbildung 39: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Probenahmejahre n=161.

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 Punktelcke. 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.

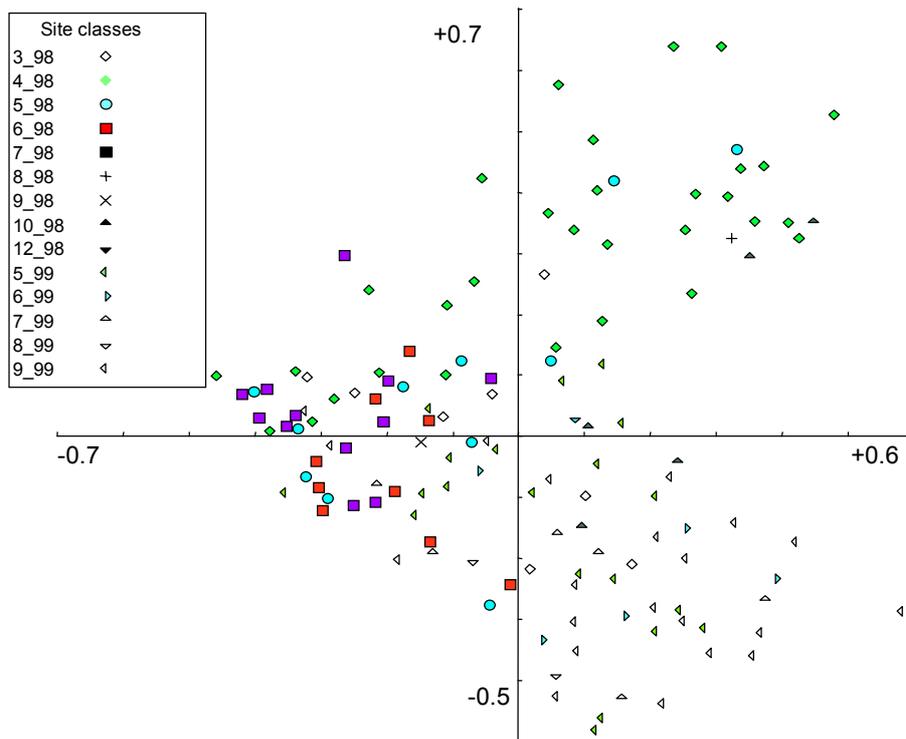


Abbildung 40: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Probemonate n=173.

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.

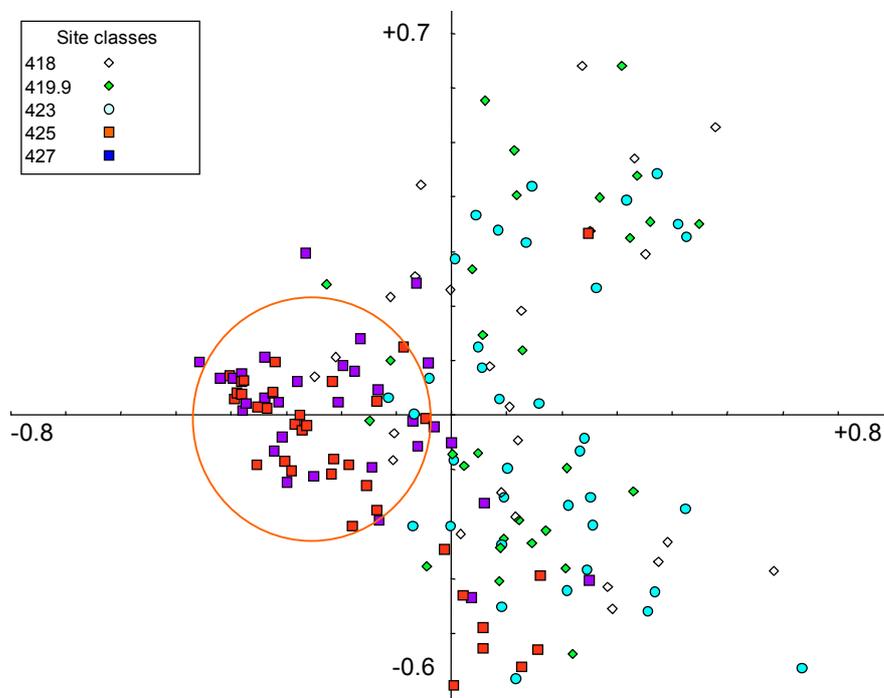


Abbildung 41: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Bühnenfelder n=173.

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.

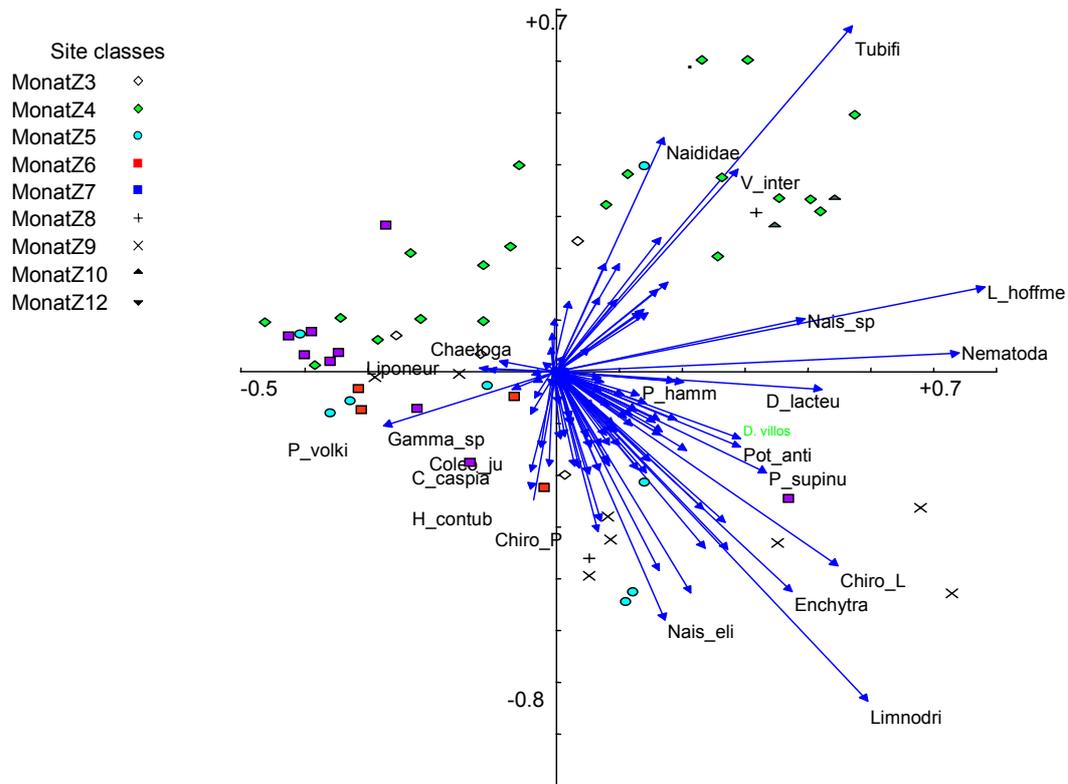


Abbildung 42: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die „Jahres“ Monate.

#### 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 | O2SaMna2 | 0.01                 | 0.290                              | 1.13  |
| O2SaMna2 | 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 | O2SaMxa2 | 0.00                 | 0.571                              | 0.92  |
| pH_a2    | 0.02 | O2GEH_a2 | 0.00                 | 0.488                              | 0.98  |
| pHMna2   | 0.02 | O2Sat_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  |
| O2SaMxa2 | 0.02 | Fruh     | 0.01                 | 0.233                              | 1.18  |
| O2Sat_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 Probenmonat 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 Covarianz 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.

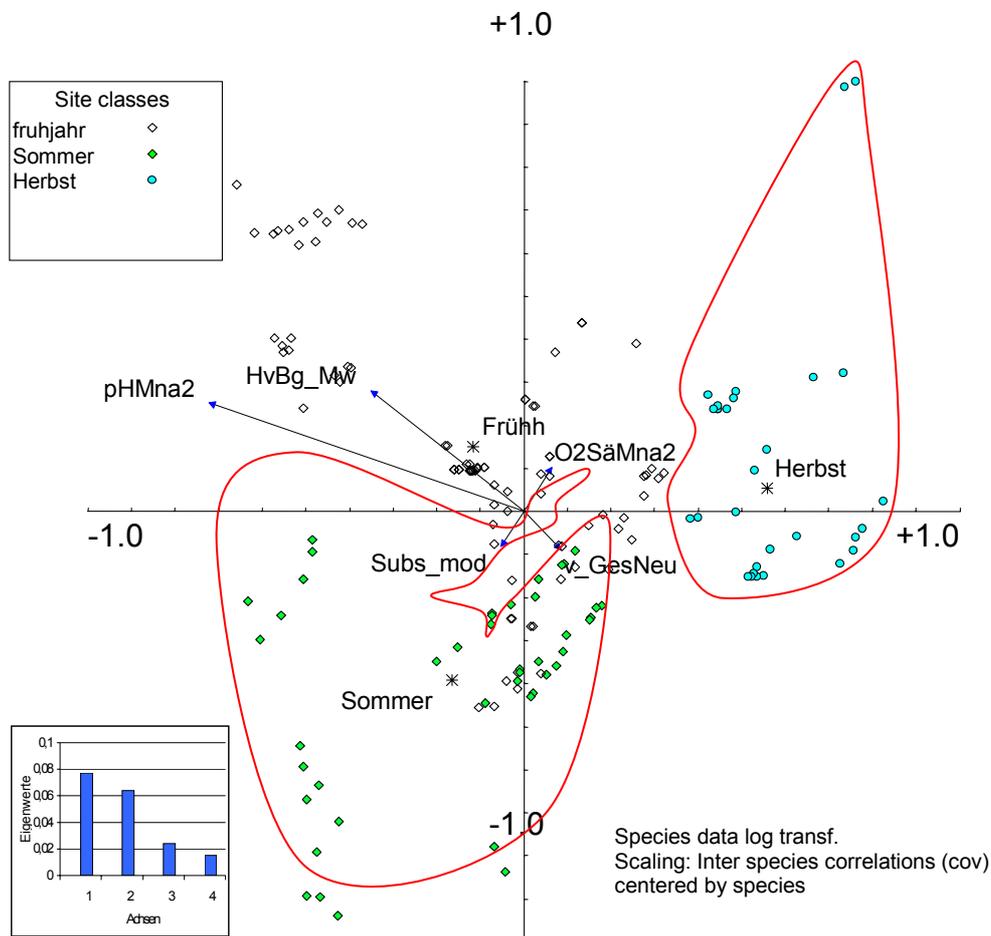


Abbildung 43: Scatter Achsen 3/4 RDA klassifiziert nach Jahreszeiten- markiert, n=159.

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.

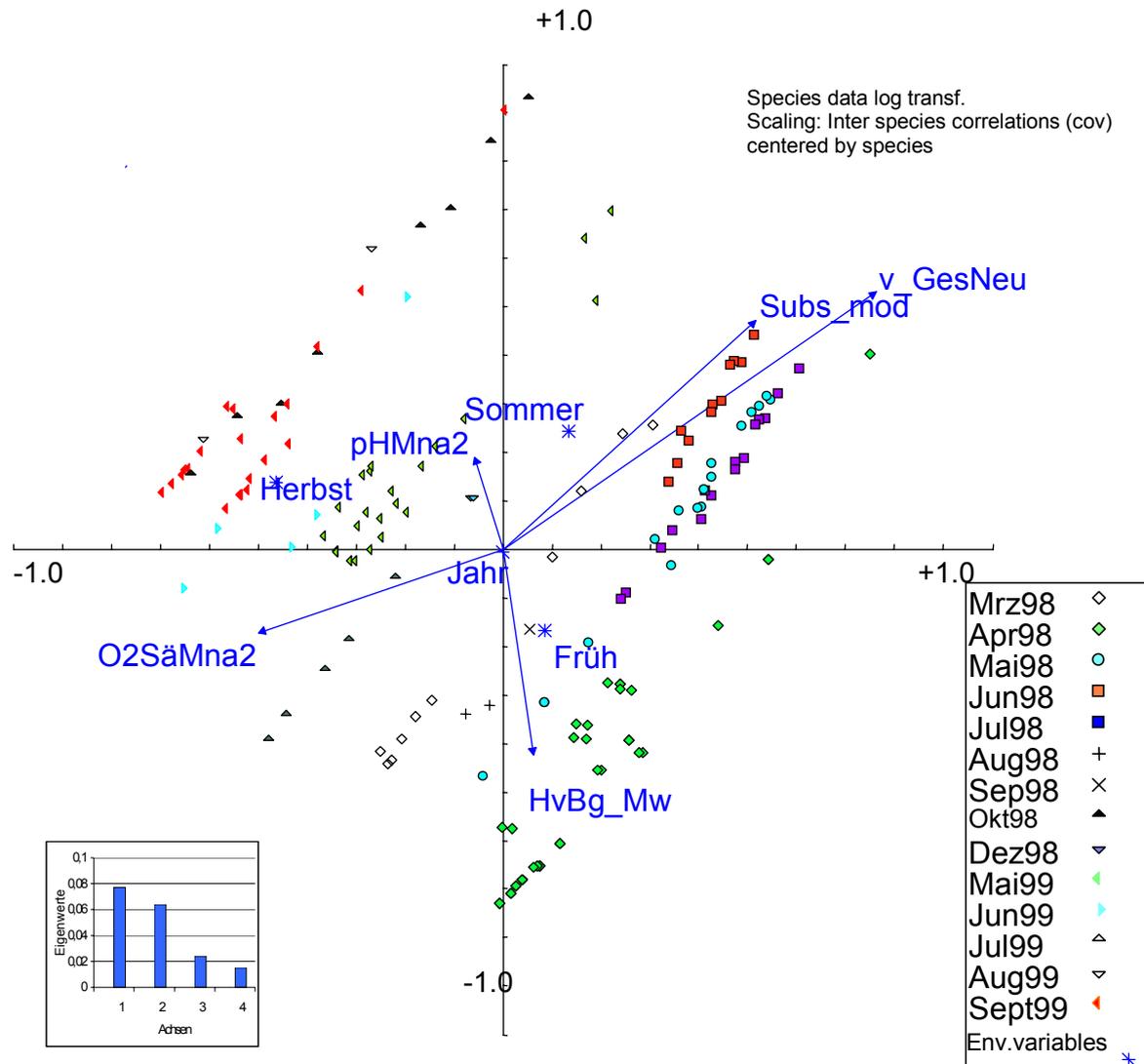


Abbildung 44: Scatter Achsen 1/2. RDA, Klassifiziert in die Probenahmemonate n=159.

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 entsprechend 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).

- 
-

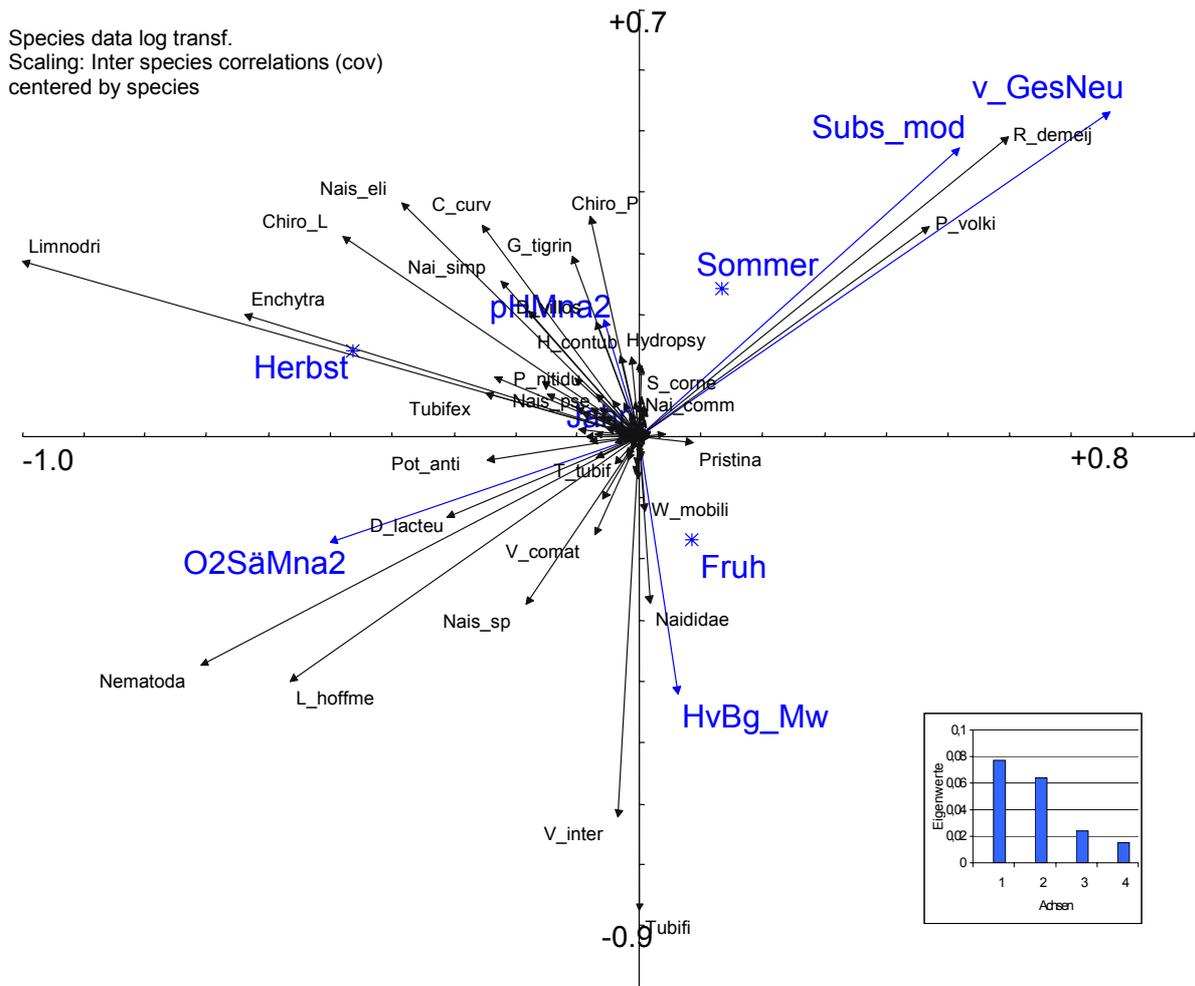


Abbildung 45: Scatter Achsen 1/2. RDA, n=159.

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<br>ti | A_fluvi<br>t | A_lacus<br>t | Acari        | An_spir<br>o | Baeti_s<br>p  | Bit_tent     | Bryozo       | C_beski<br>d | C_caspi<br>a | C_curv       | C_diap<br>h  | C_diastr     | C_horar<br>i | C_luctu<br>o | C_macr<br>ur | Caen_s<br>p  | Chaeto<br>ga | Chaobo<br>_P | Chiro_a<br>d | Chiro_L     | Chiro_P      | Coleo<br>ad  | Coleo_J<br>u | Corixid<br>a | D_lacte<br>u | D_poly<br>mo | D_villos     | Dipte_L      | Dipte_P     | Dytiscid     | Enchytr<br>a | G_pulc<br>he | G_tigrin | Gamma<br>_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<br>ub | H_inae<br>qu | Hydrop<br>hi | Hydrop<br>sy | L_clapa<br>r  | L_hoffm<br>e | Leptoce<br>r | Lim_ud<br>ek | Limnodr      | Liponeu<br>r | Lum_va<br>u  | Lumbric      | N_brets      | Nai_co<br>mm | Nai_par<br>d | Nai_sim<br>p | Naidida<br>e | Nais_eli     | Nais_ps<br>e | Nais_sp     | Nemato<br>_P | Nemato<br>da | Nepa_c<br>in | Oil_gan<br>z | P_barb<br>a  | P_cas<br>po  | P_case<br>rt | P_geo<br>met | P_ham<br>m  | P_hensl<br>o | P_miliu<br>m | P_moit<br>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         |              |              |              |              | -0,19        |              |             |              |              | -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        |              |              |             |              |              |              | -0,11        |              |              |              | 0,1          |             |              |              | -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<br>sa | P_subtr<br>u | P_supin<br>u | P_volki      | Pelo_sp      | Plisidiu<br>m | Planorb<br>i | Pluma<br>sp  | Pot_ant<br>i | Pot_vej<br>d | Pri_fore     | Pri_ion<br>g | Pri_osb<br>o | Pri_sp       | Pristina     | R_dem<br>ej  | S_com<br>e   | S_rivico     | Simuli<br>L  | Simuli<br>P  | Sphae<br>sp | Spongill     | Stagn<br>co  | Stagnic<br>o | Styl_lac     | T_tubif      | Tub_ign      | Tubifex      | Tubifi       | V_com<br>at | V_inter      | W_mob<br>ili |              |          |              |  |
| HvBg_Mw    |              |              | -0,1         |              | -0,12        |               |              |              |              | -0,12        | -0,12        | -0,21        | -0,12        | -0,13        |              |              |              |              |              | -0,12        | -0,17       | -0,12        |              |              |              |              |              | -0,18        | 0,25         | 0,11        | 0,27         | 0,1          |              |          |              |  |
| 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        |              |             |              | -0,12        |              |          |              |  |
| 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

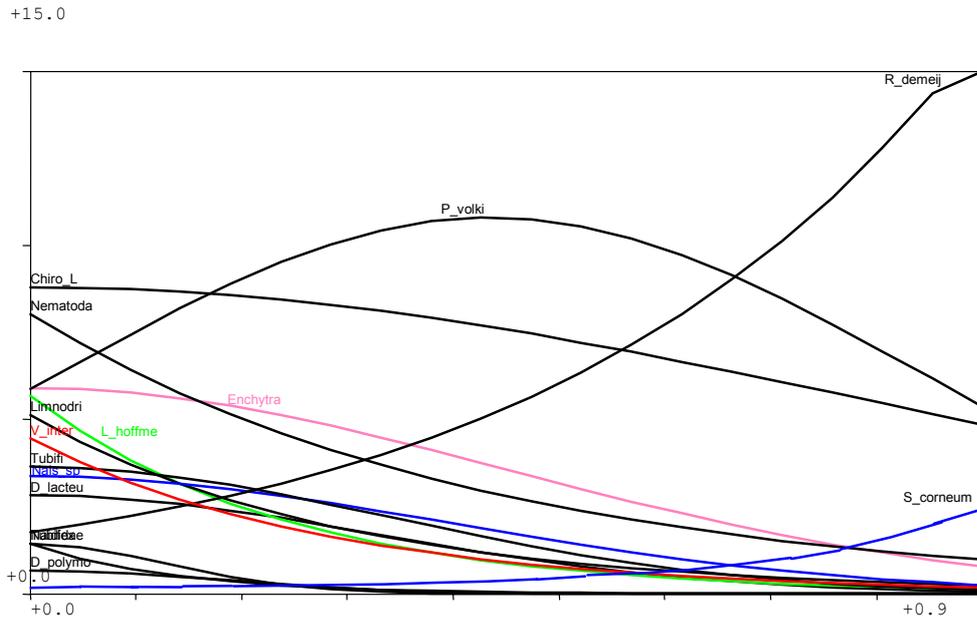


Abbildung 46: Modell responses; Umgebungsfaktor Strömung gegen ln Individuen /m<sup>2</sup>; alpha=0,05

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%.

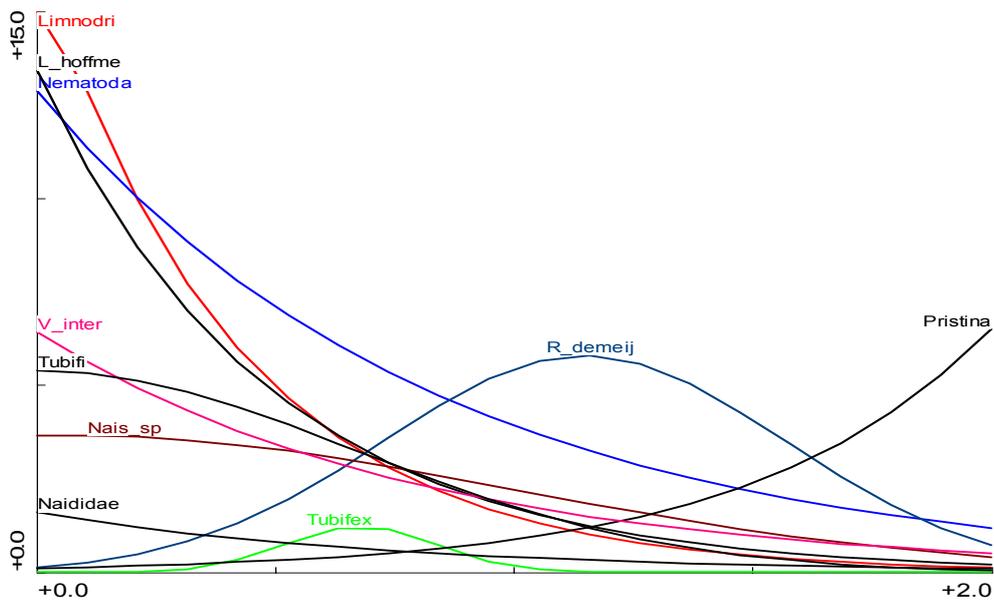


Abbildung 47: Modell responses; Umgebungsfaktor mittl. Korndurchmesser nach Fuhrböter gegen ln Individuen /m<sup>2</sup>; alpha=0,05

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).

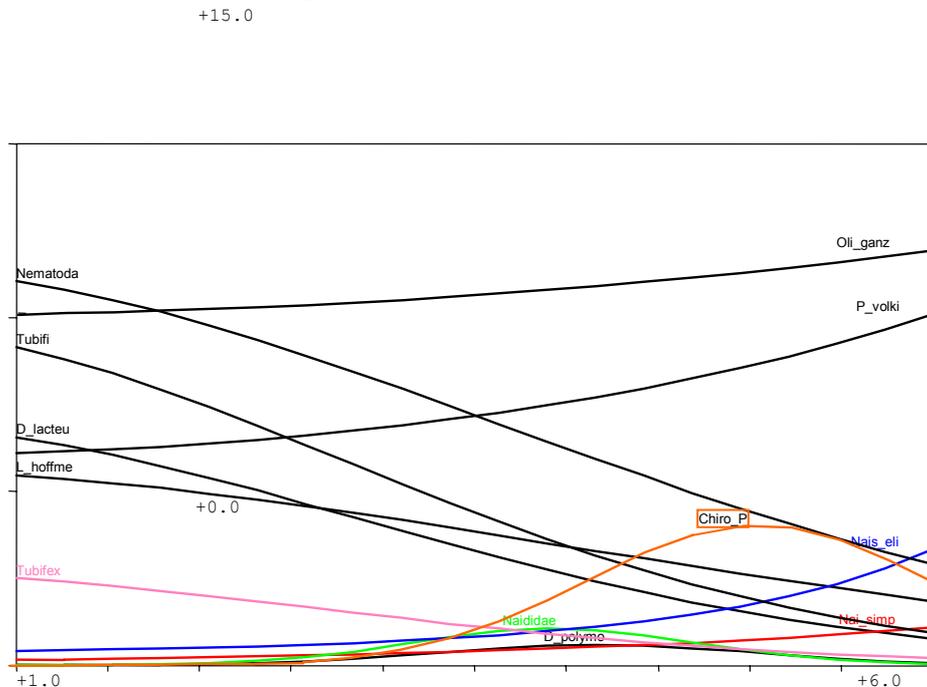


Abbildung 48: Modell responses; Umgebungsfaktor Jahresverlauf gegen  $\ln$  Individuen /  $m^2$ ;  $\alpha=0,05$

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   |                         |           | --               | --        |
| I>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   |                  |           |
| I>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   |                         |           |                  |           |
| I>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%.

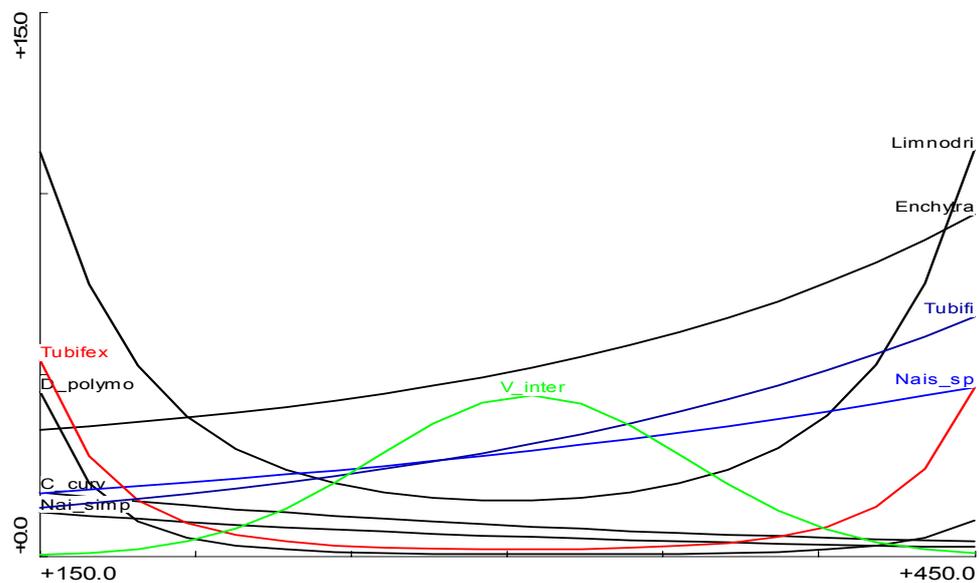


Abbildung 49: Modell responses; Umgebungsfaktor Abfluß (Pegel Havelberg) gegen ln Individuen /m² alpha 0,1

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 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 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 Kovarianz 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 Kovarianz 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 Afoxidation 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.

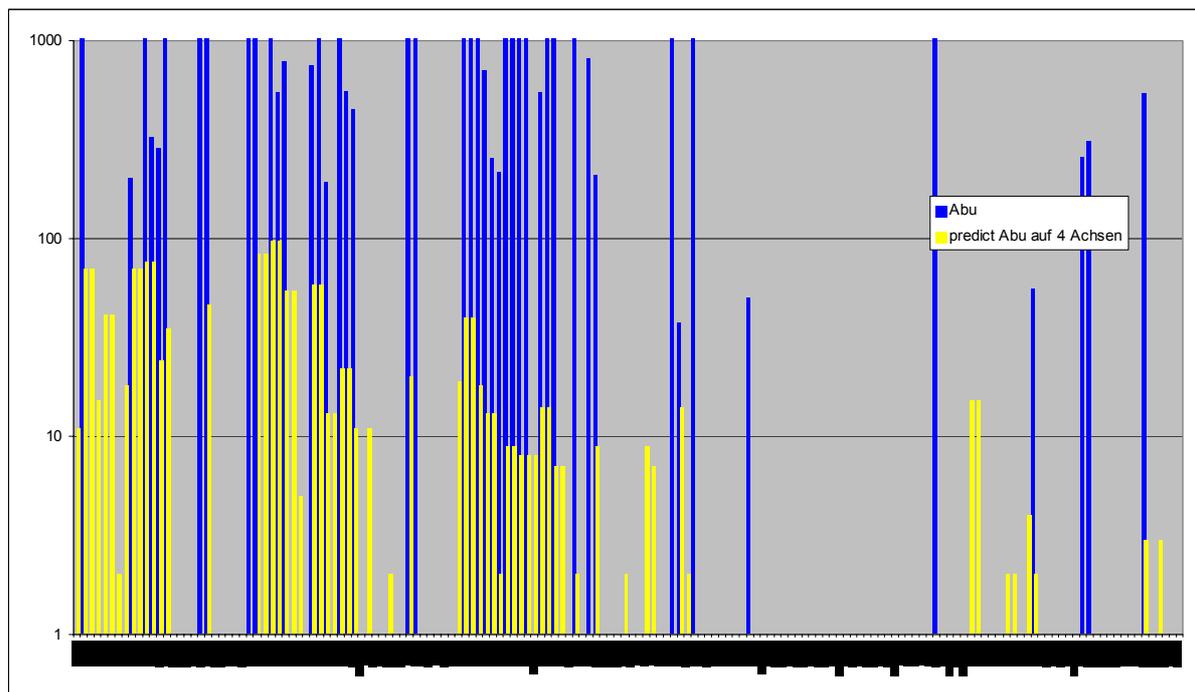


Abbildung 50: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen Tubificidae

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.

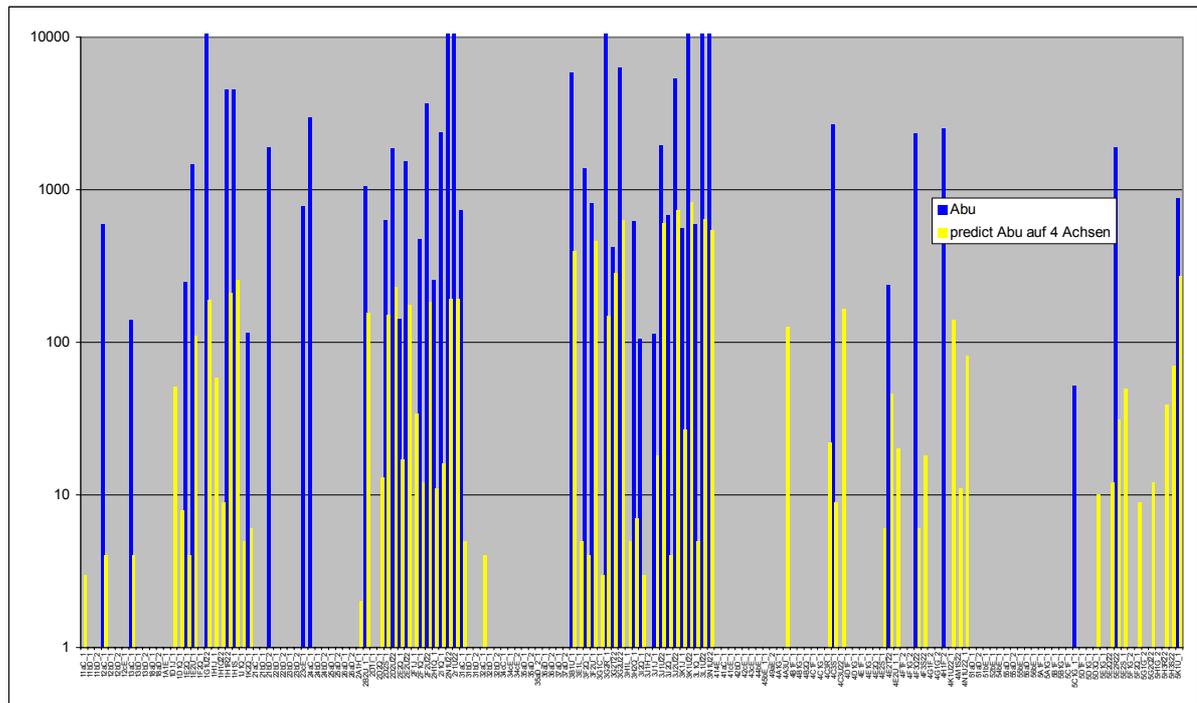


Abbildung 51: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen von *Limnodrilus sp.*

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.

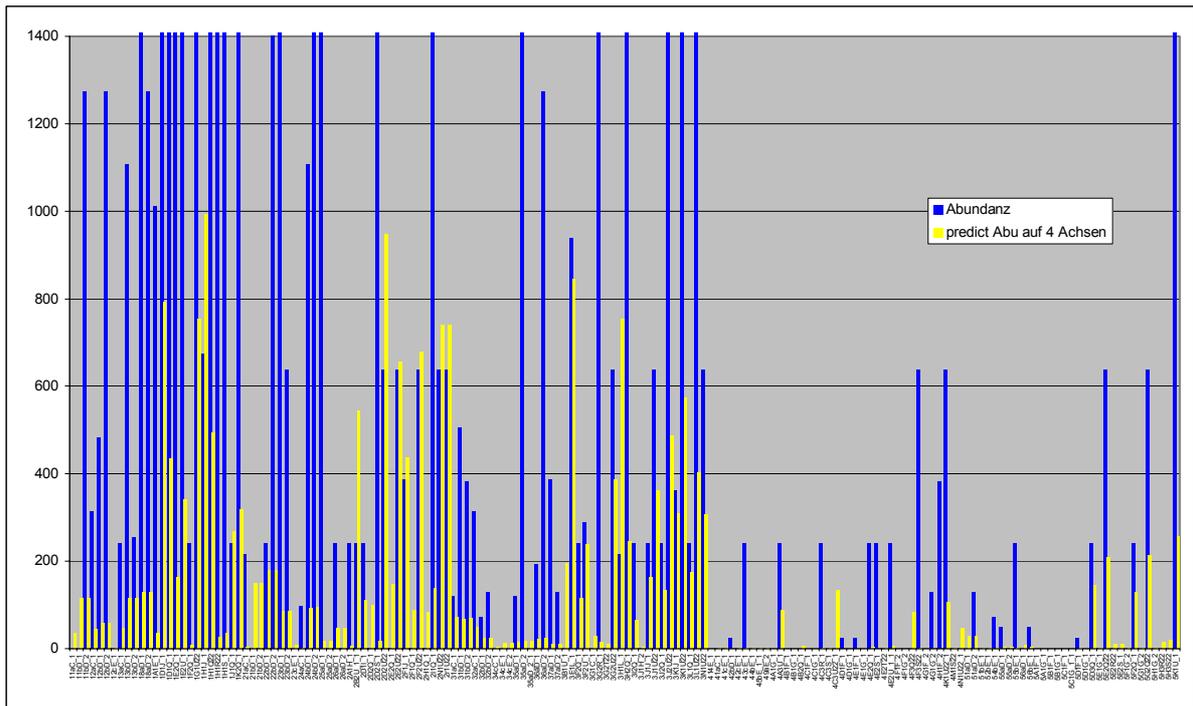


Abbildung 52: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen von *Nematoda*

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.

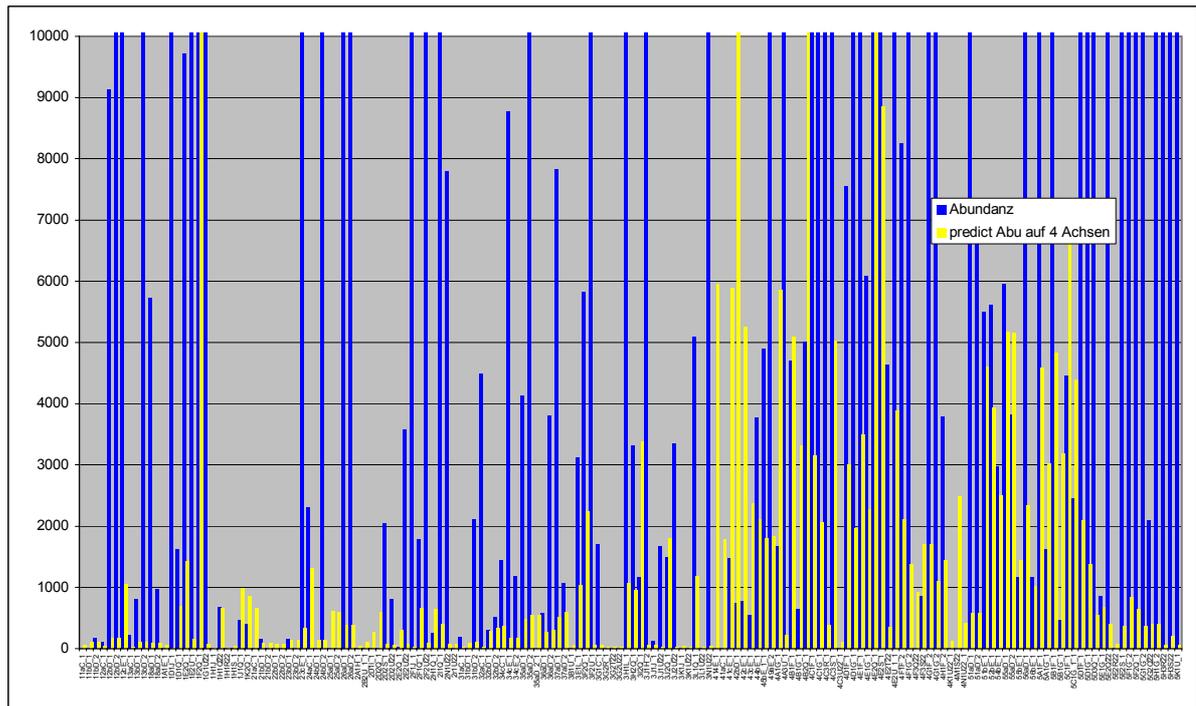


Abbildung 53: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen von *P. volki*.

**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.

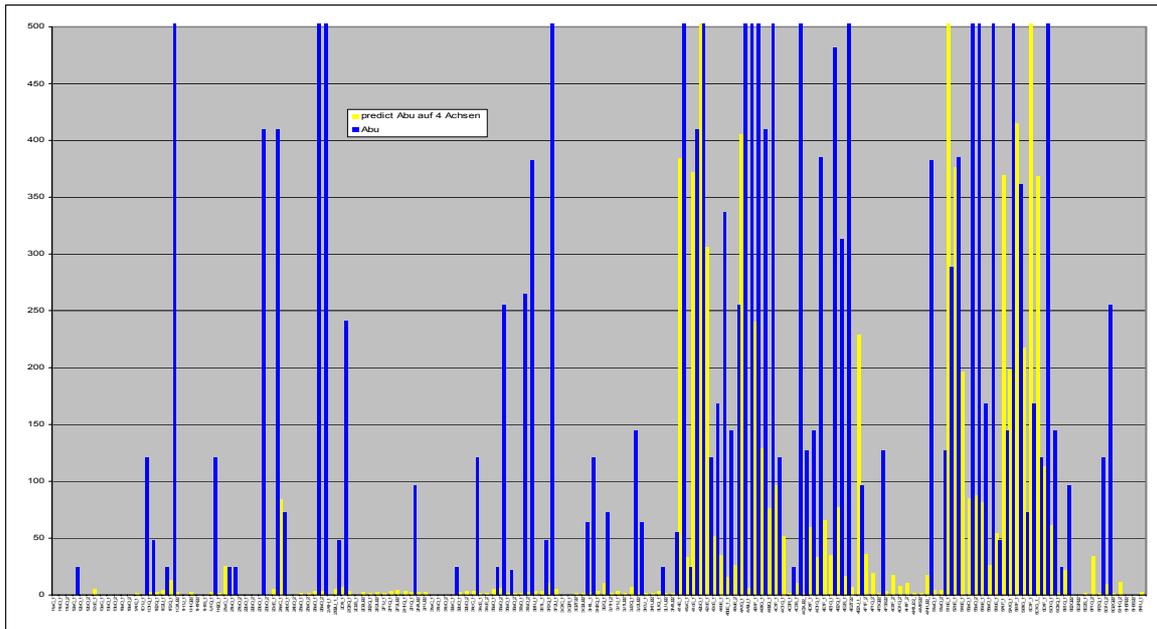


Abbildung 54: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen von *R. demeijerei*

***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 In transformierten **Taxadaten**. Lediglich *Vejdovskjella intermedia* zeigt höhere Korrelationen mit nicht In 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 In Transformation. Daher wird die Analyse mit In transformierten Werten für die **Taxa** durchgeführt. Die In 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.

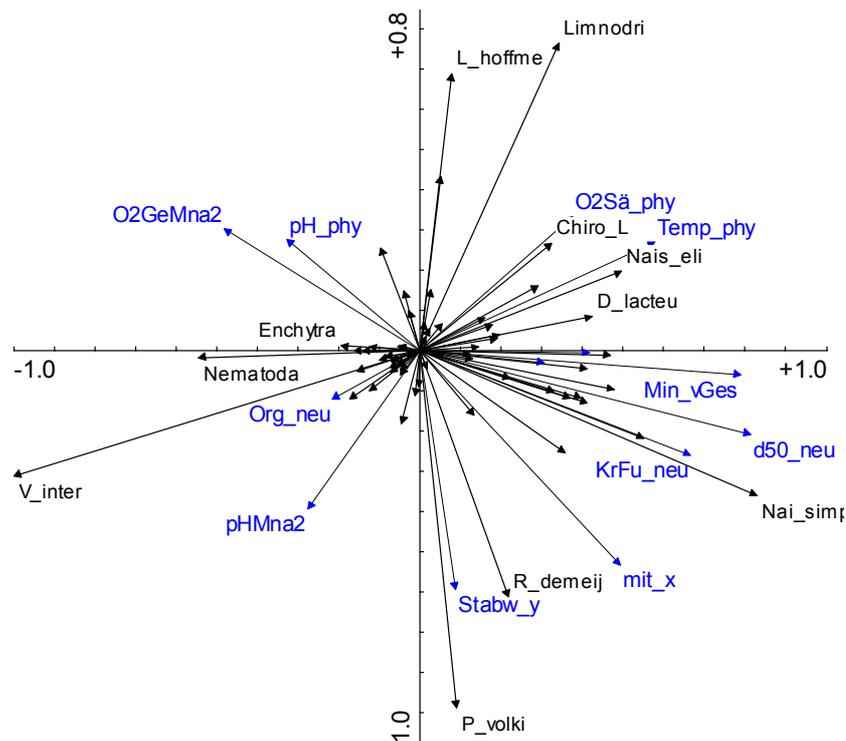


Abbildung 55: Scatter Achsen1/2 RDA, n=29.

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 Faunerverteilung 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

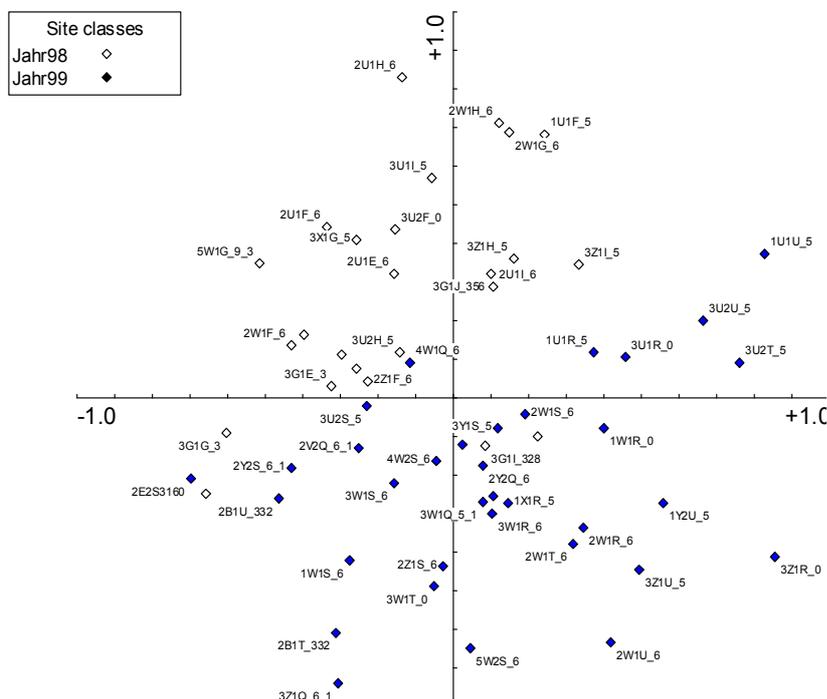


Abbildung 56: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Probenahmejahre n=64.

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.

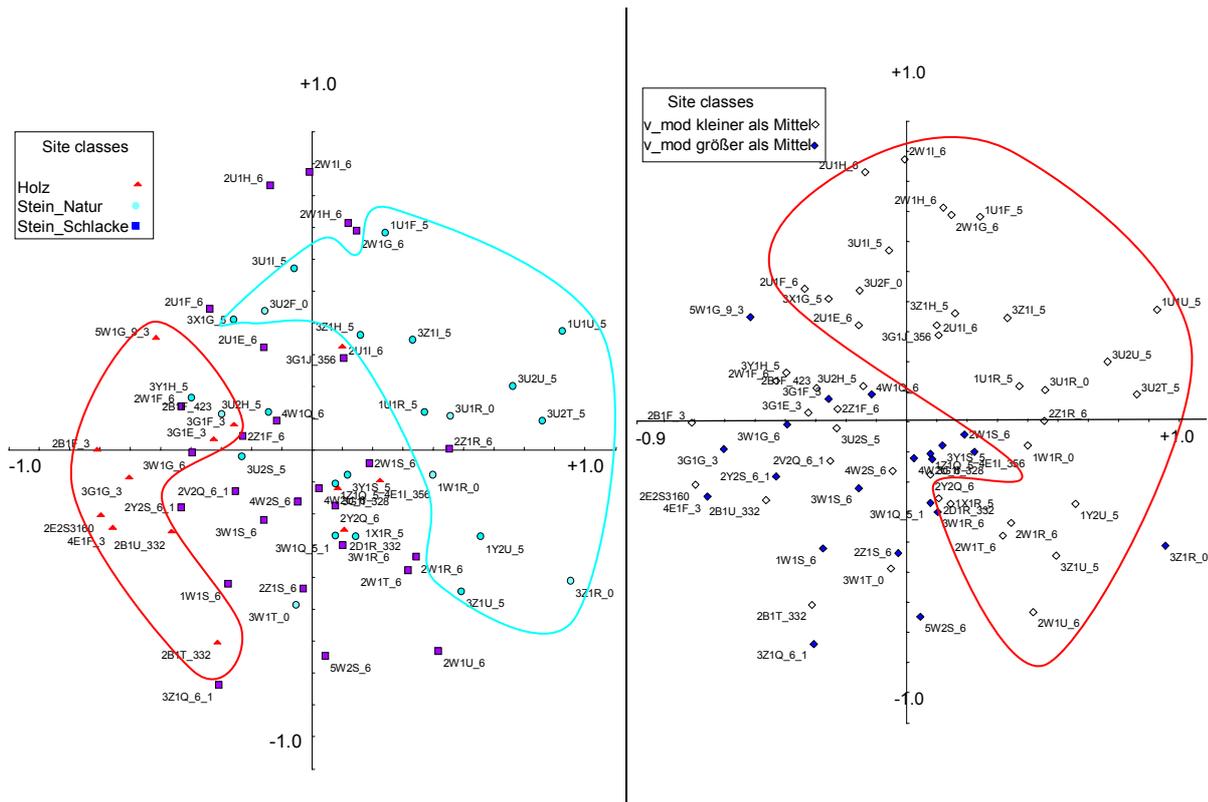


Abbildung 57: Scatter Achsen 1/2. PCA, Klassifiziert in die Substrattypen (links); PCA, klassifiziert in Strömungsklassen (rechts) n=64.

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 | Varianzerklärung nur durch die Variable | Conditional Effects | zusätzliche Varianzerklärung 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: Varianzerklärungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten aller möglichen Variablen.

Die Variablen mit der größten Varianzerklärung (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 Varianzerklärungen und bis auf den mittleren Korndurchmesser nach Fuhrböter auch hohe Irrtumswahrscheinlichkeiten auf.

Nach einer Selektion der Parameter auf Varianzerklärung, 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 Varianzerklärung bietet und geringe Irrtumswahrscheinlichkeit aufweist. Die anderen Parameter wurden ausgeschlossen, da sie eine hohe Irrtumswahrscheinlichkeit und niedrigere Varianzerklärung 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.

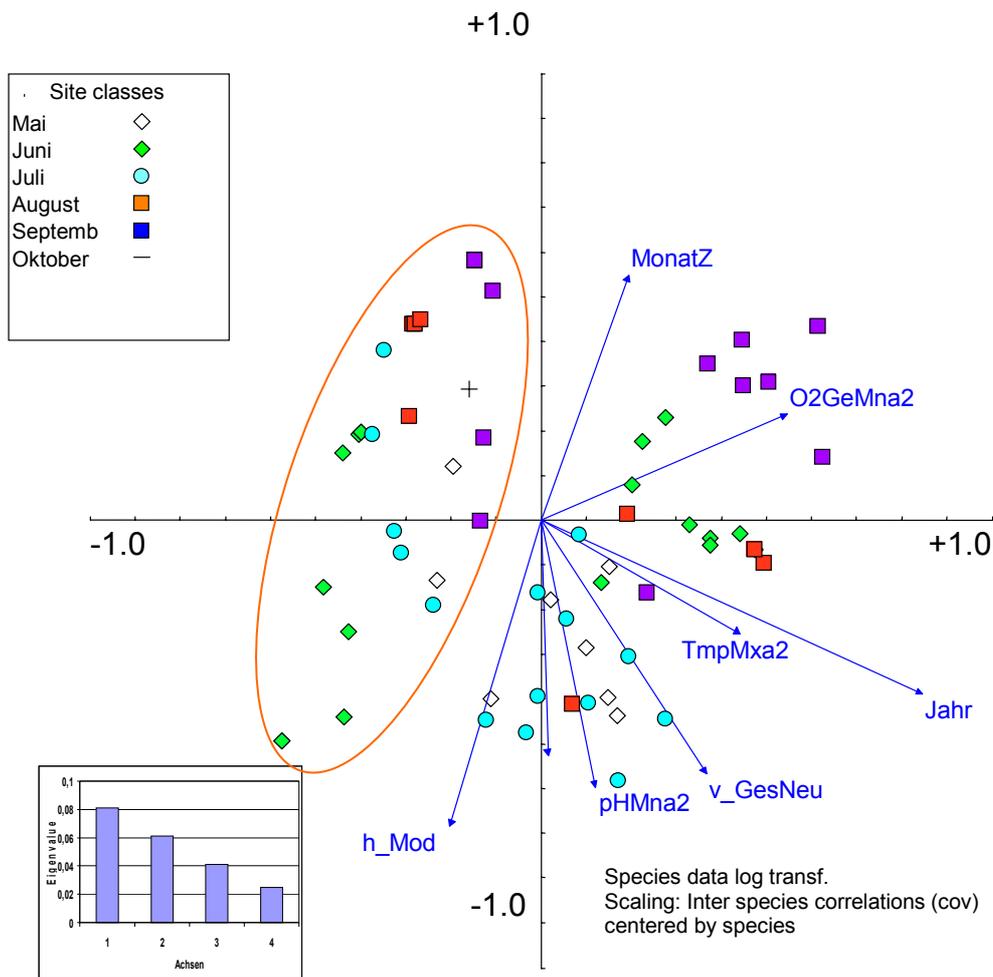


Abbildung 58: Scatter Achsen 1/2 RDA klassifiziert nach Jahresverlauf (rot markiert 1998), n=159.

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),

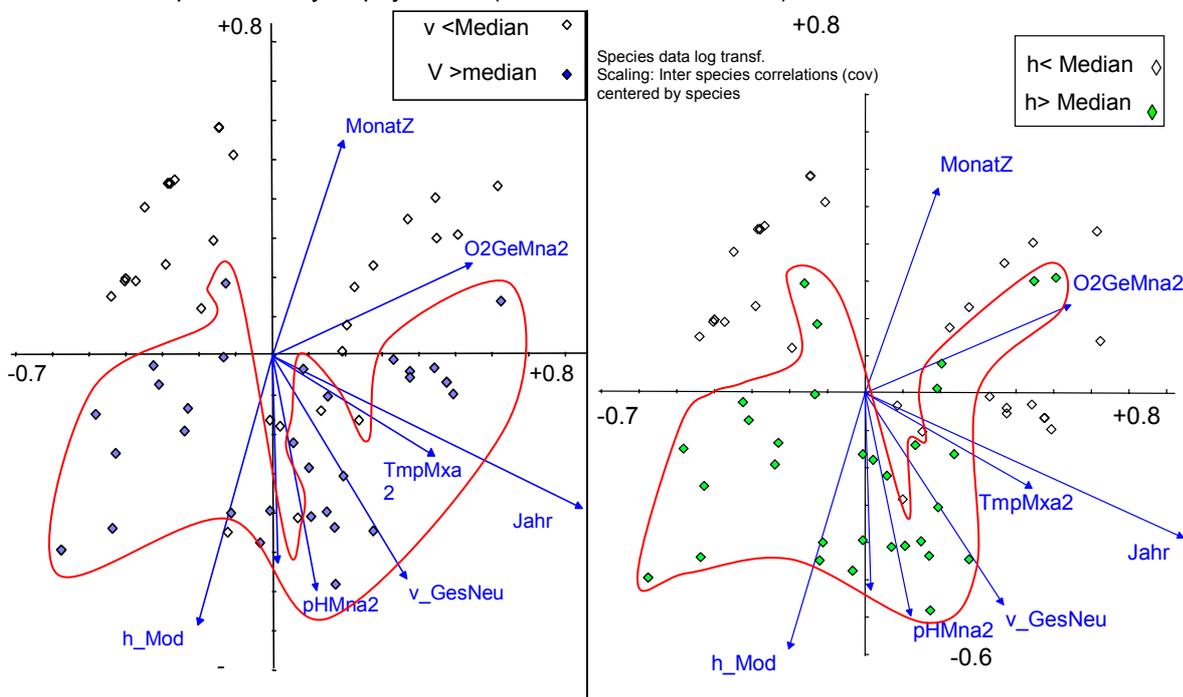


Abbildung 59: Scatter Achsen ½. RDA, Klassifiziert in Strömungsgeschwindigkeit größer Median (0,14cm/s) und kleiner und modellierte Wasserstandshöhe größer Median (0,45m) und kleiner.

*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.

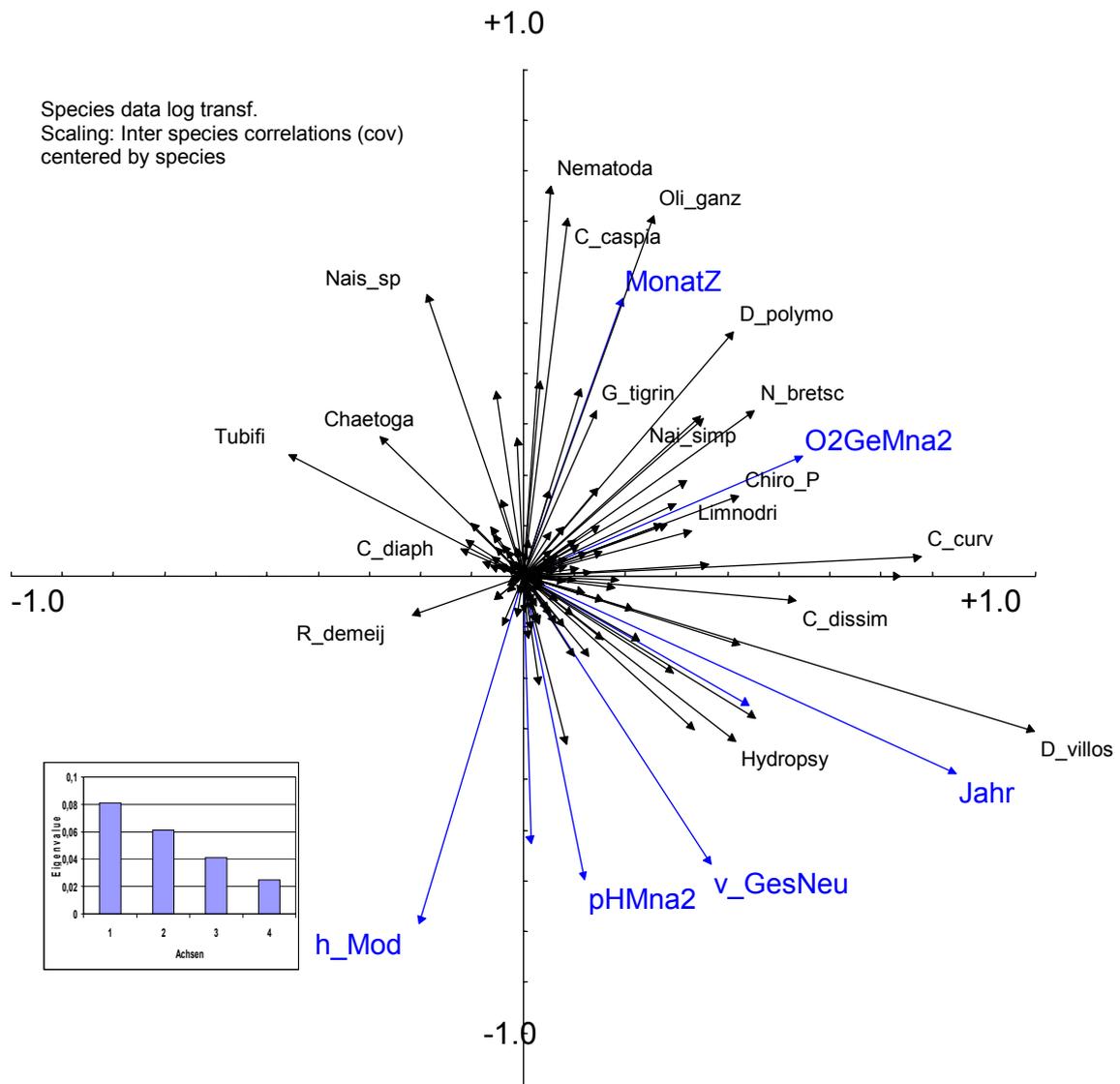


Abbildung 60: Scatter Hartsubstrat Species-Umgebungsvariabeln; Achsen 1/2. RDA, n=159.

|          | 16       | 1        | 1         | 1        | 4        | 4        | 4        | 1        | 4        | 11       | 15       | 30        | 59       | 3       | 13       | 2         | 26       | 1        | 8        | 1         | 33       | 6        | 1        | 2        | 1        | 1        | 9        | 12       | 1      | 10       | 1        | 64       | 49       | 4       | 12      | 3        | 1       | 1       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|---|---|---|---|---|--|--|
|          | A_aquati | A_coxali | A_foliaci | A_meridi | B_rhodan | Baet_fus | Baeti_s  | Bit_leer | Bit_tent | Bryozo   | C_beskid | C_caspia  | C_curv   | C_diap  | C_diastr | C_diss_P  | C_dissim | C_fulva  | C_horari | C_jangi   | C_jucto  | C_macrur | C_rivulo | C_robust | C_senili | C_splend | Caen_sp  | Cerac_sp | Cerato | Chaetoga | Chiroad  | ChiroL   | Chiro_P  | Coleoad | Coleoju | Corixida | Culexsp | D_hae   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| h_Mod    |          |          | 0,29      |          |          |          |          | 0,28     |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| HvBg_Mw  |          |          |           |          | 0,22     |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| Jahr     |          |          |           |          | 0,23     |          |          |          | 0,22     | -0,22    | 0,42     |           |          | 0,47    | -0,25    |           |          |          |          |           | 0,5      |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| MonatZ   |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| O2GeMna2 |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| pHMna2   |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| TmpMxa2  |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| v_GesNeu |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
|          | 17       | 1        | 30        | 39       | 15       | 1        | 1        | 8        | 5        | 28       | 2        | 61        | 1        | 9       | 3        | 2         | 9        | 4        | 29       | 5         | 2        | 1        | 2        | 6        | 14       | 1        | 6        | 2        | 7      | 1        | 6        | 5        | 1        | 6       | 1       | 28       | 6       | 8       | 2       | 1       | 12      |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
|          | D_lacteu | D_lugpol | D_poly    | D_villos | Dipte_L  | Dipte_P  | E_ignita | E_octocu | E_teneli | Enchytra | Ephemero | G_tigrina | G_trunca | Gammasp | Gas_leer | Gastro    | H_bulgar | H_contub | H_contub | H_flava   | H_longi  | H_marjin | H_sarsa  | H_stagna | H_sulphu | H_tineto | Heptasp  | Heptagen | Hetero | Hirudine | Hydrasp  | Hydrasp  | Hydrasp  | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P  | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P | Hydro_P |   |   |   |   |   |   |  |  |
| h_Mod    |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| HvBg_Mw  |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| Jahr     |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| MonatZ   | 0,33     |          | 0,53      |          | 0,78     |          |          |          |          | 0,21     |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| O2GeMna2 |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| pHMna2   |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| TmpMxa2  |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| v_GesNeu | -0,26    |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
|          | 1        | 15       | 2         | 2        | 32       | 1        | 4        | 5        | 12       | 1        | 25       | 13        | 24       | 2       | 34       | 1         | 9        | 1        | 3        | 52        | 2        | 9        | 1        | 1        | 1        | 2        | 2        | 2        | 1      | 1        | 7        | 6        | 6        | 2       | 12      | 5        | 13      | 1       | 21      | 1       | 6       |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
|          | Lim_lud  | Lim_dor  | Lum_v     | Lymnae   | N_bretsc | Nai_ban  | Nai_ban  | Nai_pard | Nai_simp | Naidida  | Nais_ei  | Nais_pse  | Nais_sip | Nematop | Nematoda | Notonecta | O_notata | O_ochr   | Oecetis  | Oli_garnz | Ore_vill | P_barba  | P_bav    | P_caspo  | P_geomet | P_harm   | P_henslo | P_miliu  | P_moit | P_mold   | P_nitidu | P_pusill | P_supinu | P_torva | P_volki | Pisidiu  | Pleco   | Pluma   | Polyce  | Potanti | Potbe   |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| h_Mod    |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| HvBg_Mw  |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| Jahr     |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| MonatZ   |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| O2GeMna2 |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| pHMna2   |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| TmpMxa2  |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| v_GesNeu |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
|          | 15       | 4        | 1         | 13       | 4        | 2        | 3        | 2        | 18       | 3        | 3        | 4         | 6        | 2       | 9        | 4         | 1        | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0       | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |  |  |
|          | Pri_lon  | R_dem    | S_corn    | Simulsp  | SimulL   | SimulP   | Sphae    | Spongil  | Stagn    | Styl_lac | T_tubif  | Tric_ko   | Trichop  | Trichot | Tubifex  | Tubifi    | V_inter  | W_mobili | 0        | 0         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0       | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |
| h_Mod    |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| HvBg_Mw  |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| Jahr     |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| MonatZ   |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| O2GeMna2 | 0,24     | -0,31    |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| pHMna2   |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| TmpMxa2  |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |
| v_GesNeu |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |         |          |           |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |        |          |          |          |          |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |  |  |

Tabelle 78: Korrelationsmatrix Harts substrat Umweltparameter und Species. Dargestellt sind alle Korr. Koeffizienten mit Beträgen größer 0,2

..

•  
•

### 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)

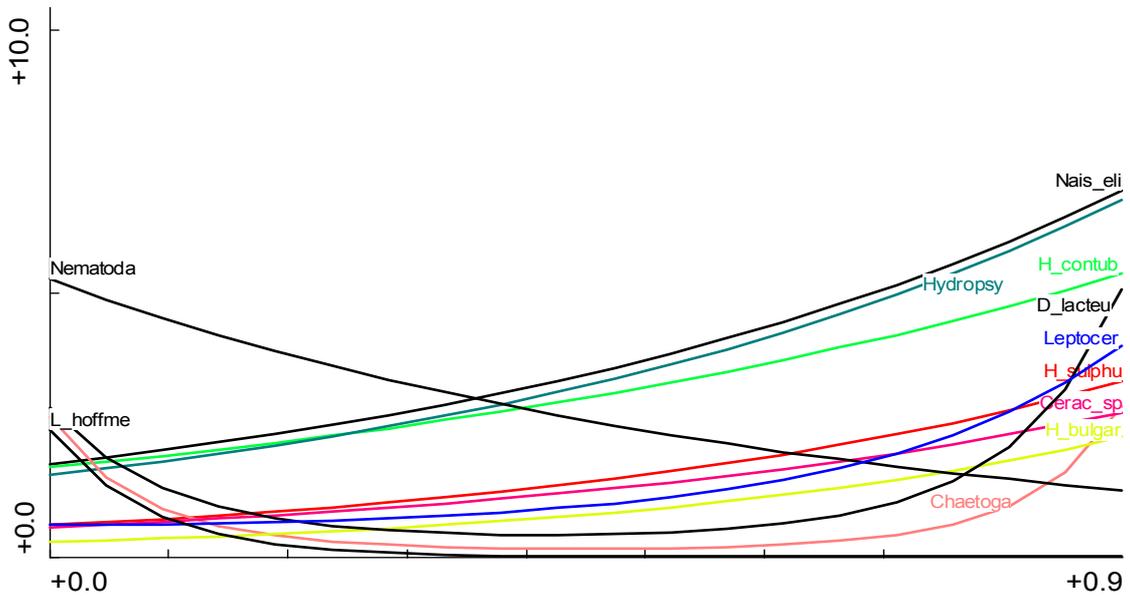


Abbildung 61: Modell responses; Umgebungsfaktor Strömung gegen ln Individuen /m<sup>2</sup>; alpha=0,05

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.

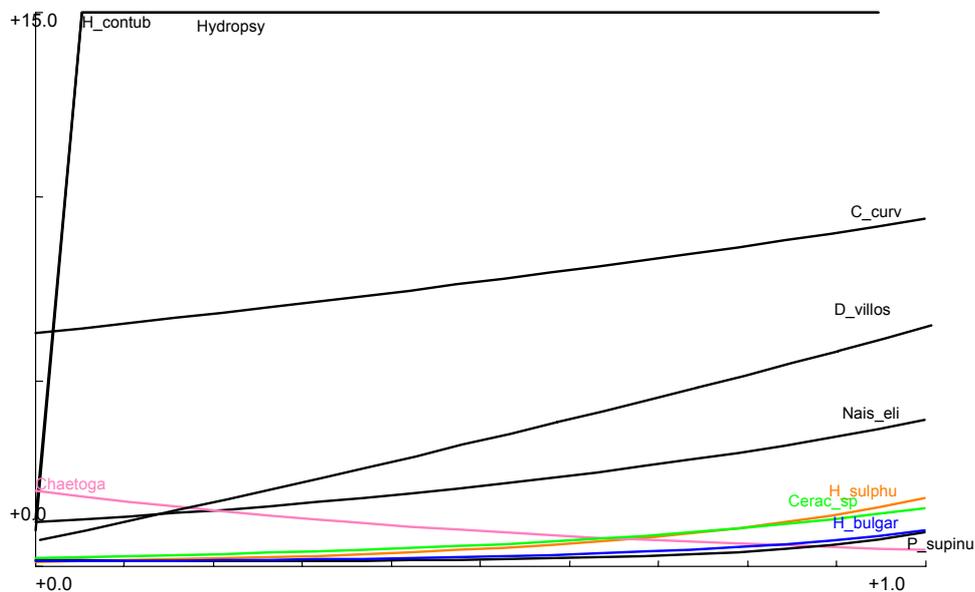


Abbildung 62: Modell responses; Parameter Probenahmejahr gegen ln Individuen /m<sup>2</sup>; alpha=0,05

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 | 3 .Achse       | b3              | 0,696520867   | 0,002166674 |
| 8,080649165 | 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 | 3 .Achse       | b3              | 0,032749494   | 0,771711081 |
| 8,040938899 | 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.

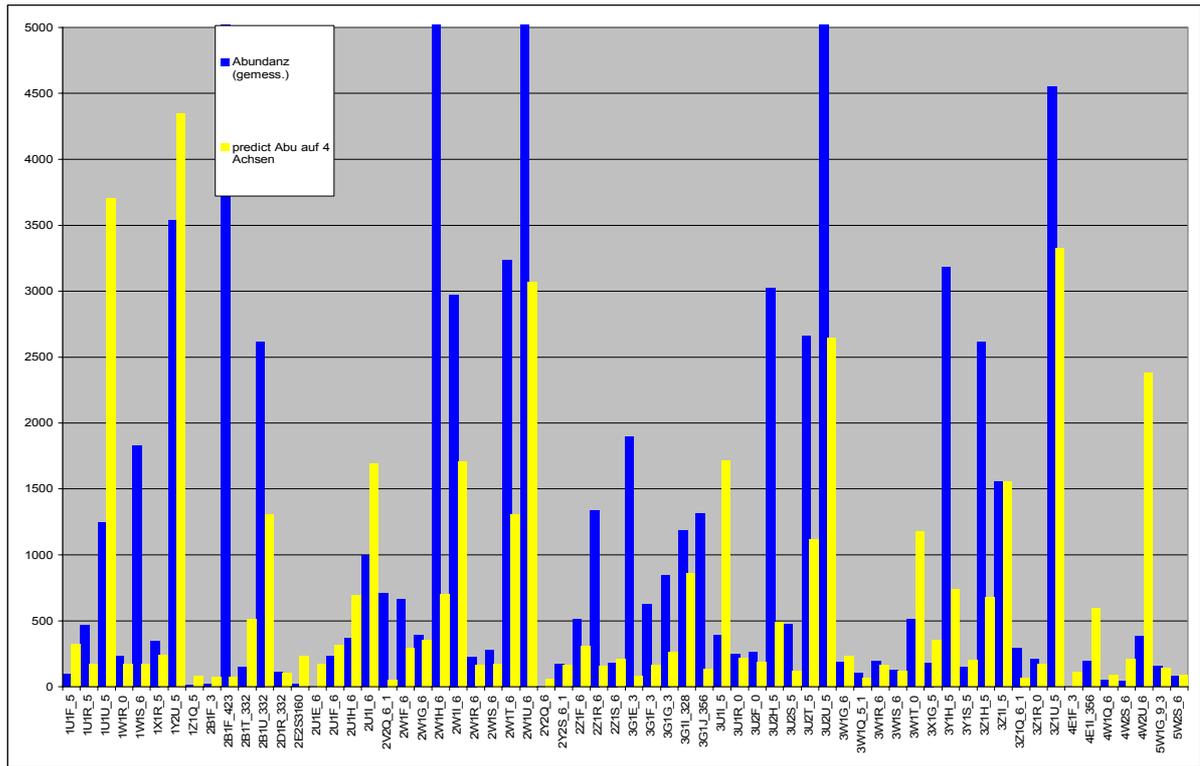


Abbildung 63: Gegenüberstellung gemessene Abundanzen und modellierte Abundanzen *G. tigrinus*

$R^2$  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.

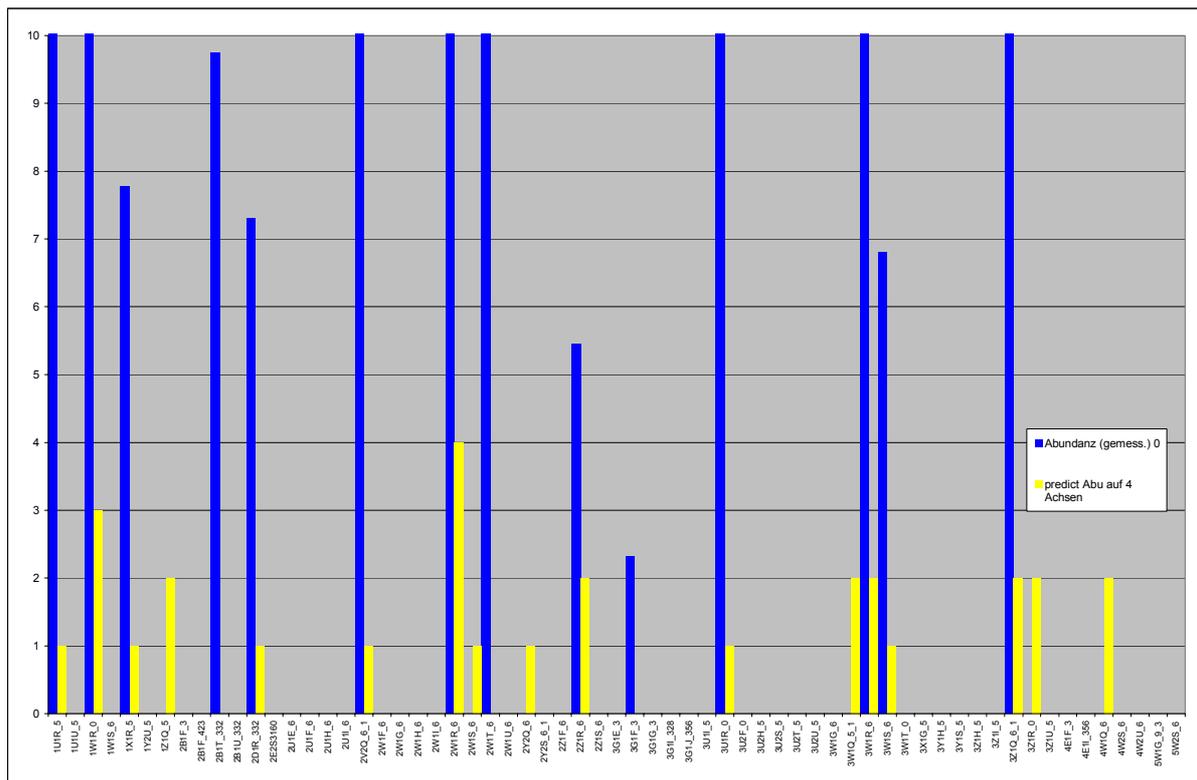


Abbildung 64: Gegenüberstellung gemessene und modellierte Abundanzen von *H. sulphurea*

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  $R^2$



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 (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.

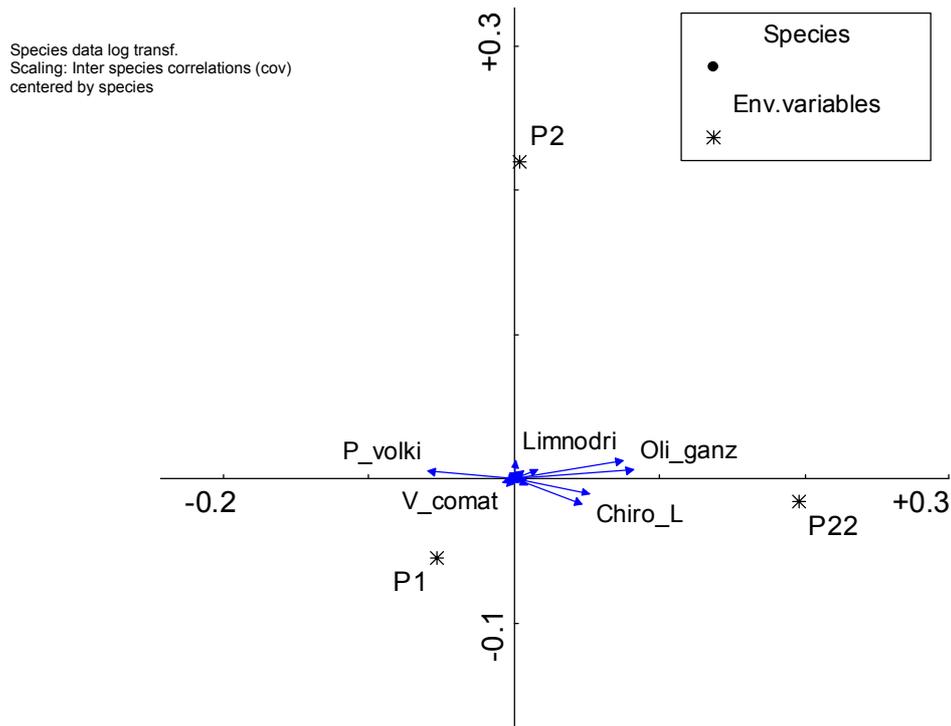


Abbildung 66: partielle RDA zum Vergleich der Probenahmemethoden

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 weiblichen, 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      | angustatus    | (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, Gesamtbandanz: 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     |
| Pseudophonus | 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     |
| Omopron      | 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     |
| d_Spiegl            | 4     | 0,09    | 0,002 |
| Schluff             | 26    | 0,03    | 0,002 |
| mKorn_MP            | 29    | 0,03    | 0,002 |
| envzeit             | 7     | 0,02    | 0,002 |
| feucht              | 3     | 0,02    | 0,002 |
| OL_Aufla            | 36    | 0,01    | 0,002 |
| dist_WL             | 1     | 0,02    | 0,002 |
| Ton                 | 25    | 0,01    | 0,002 |
| De_Streu            | 37    | 0,01    | 0,002 |
| dist_FG             | 2     | 0       | 0,002 |
| T_emers             | 5     | 0,01    | 0,005 |
| De_Baum             | 38    | 0       | 0,264 |
|                     |       |         | F     |
|                     |       |         | 40,22 |
|                     |       |         | 12,06 |
|                     |       |         | 12,68 |
|                     |       |         | 10,52 |
|                     |       |         | 8,23  |
|                     |       |         | 6,12  |
|                     |       |         | 5,89  |
|                     |       |         | 5,99  |
|                     |       |         | 4,44  |
|                     |       |         | 3,79  |
|                     |       |         | 2,88  |
|                     |       |         | 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.

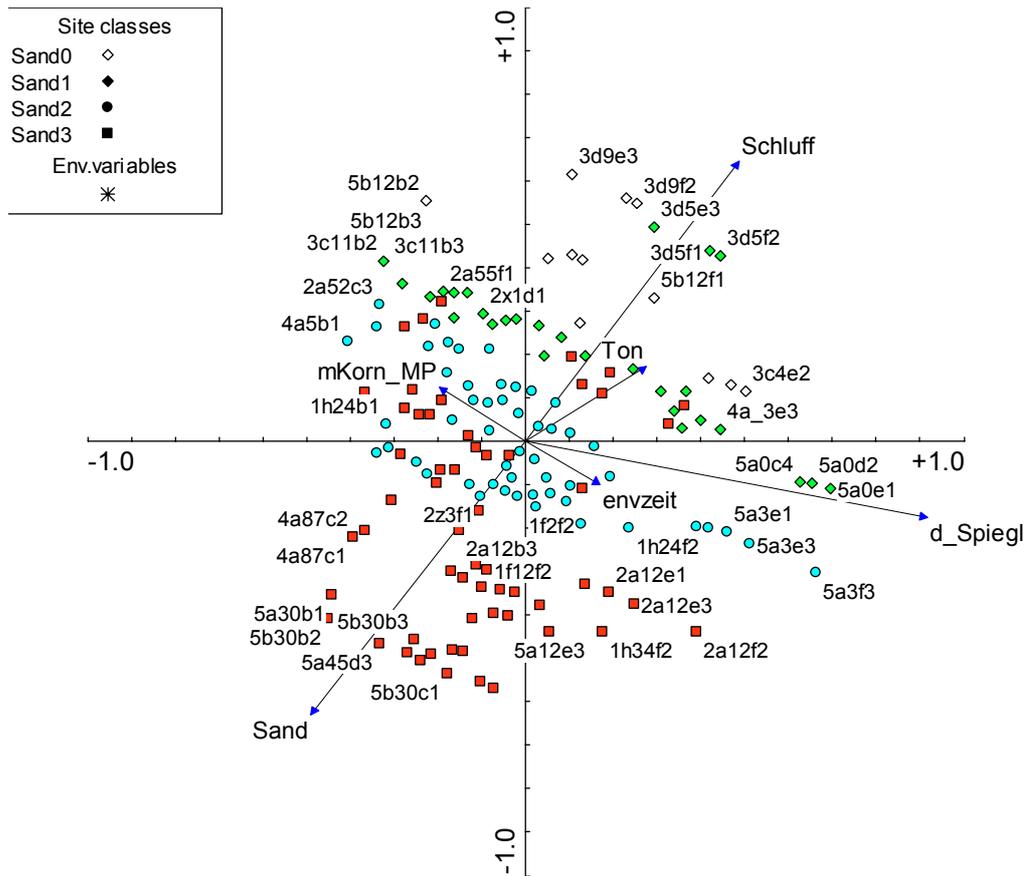


Abbildung 68: Biplot Sites und Umweltparameter, Achsen 1/2, RDA mit Teildatensatz 1, n=386, Farbcodierung nach zunehmendem Sandanteil

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.

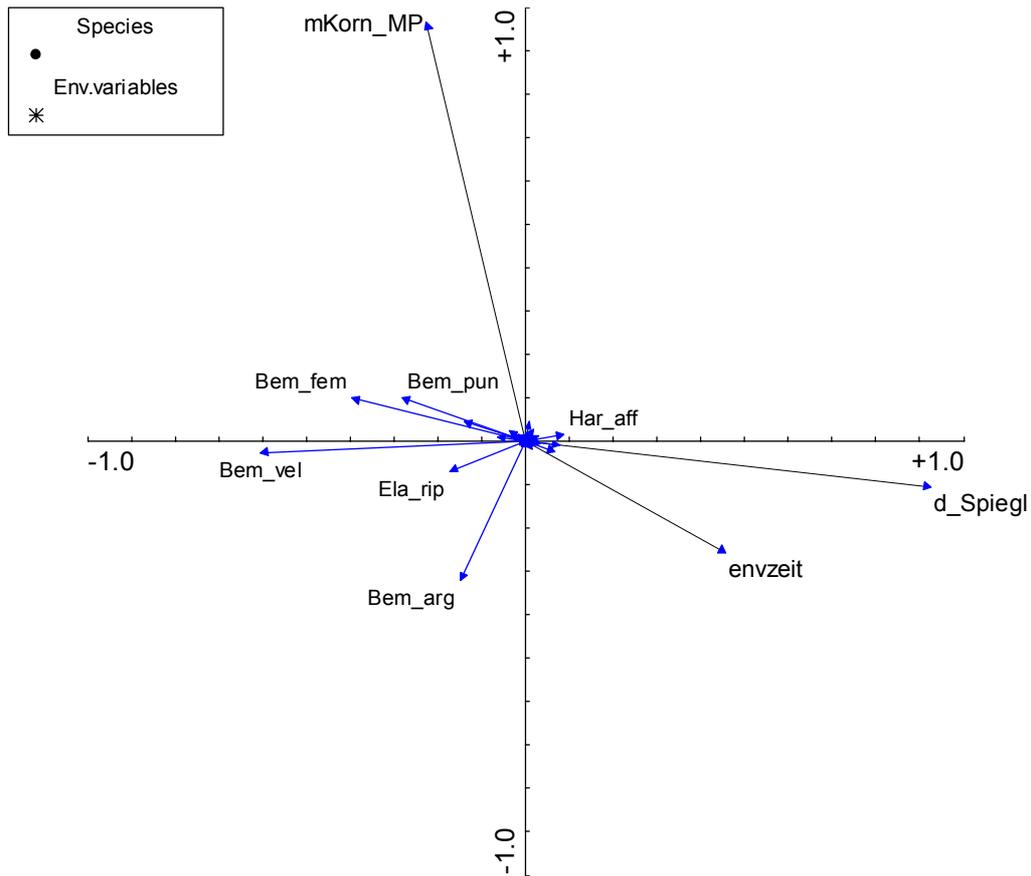


Abbildung 69: Biplot Arten und Umweltparameter, Achsen 1/2, RDA mit Teildatensatz 2

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 Abundanz. Die Signifikanzen für die Koeffizienten sind sehr hoch, die Korrelation allerdings mäßig. Die beste Korrelation erreicht Bembidion velox mit einem Korrelationskoeffizient von 0,25. Für Abundanz 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.

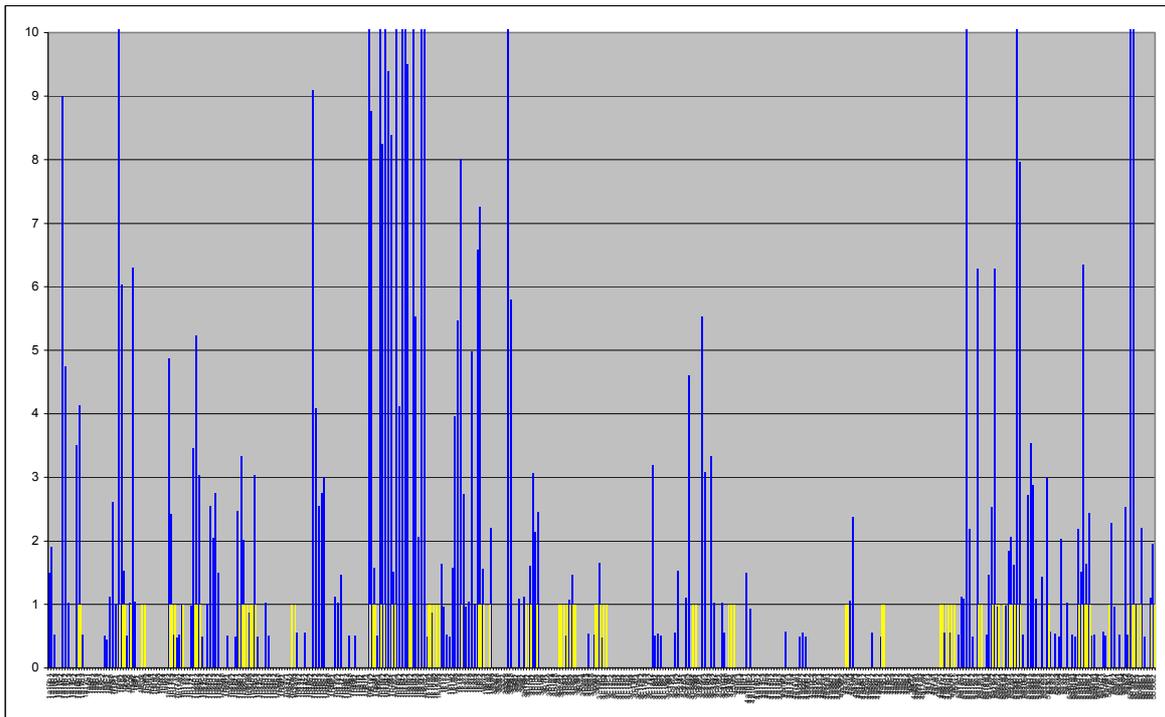


Abbildung 70: *Bembidion argenteolum* (gemessene[blau] / vorhergesagte[gelb] Abundanz)

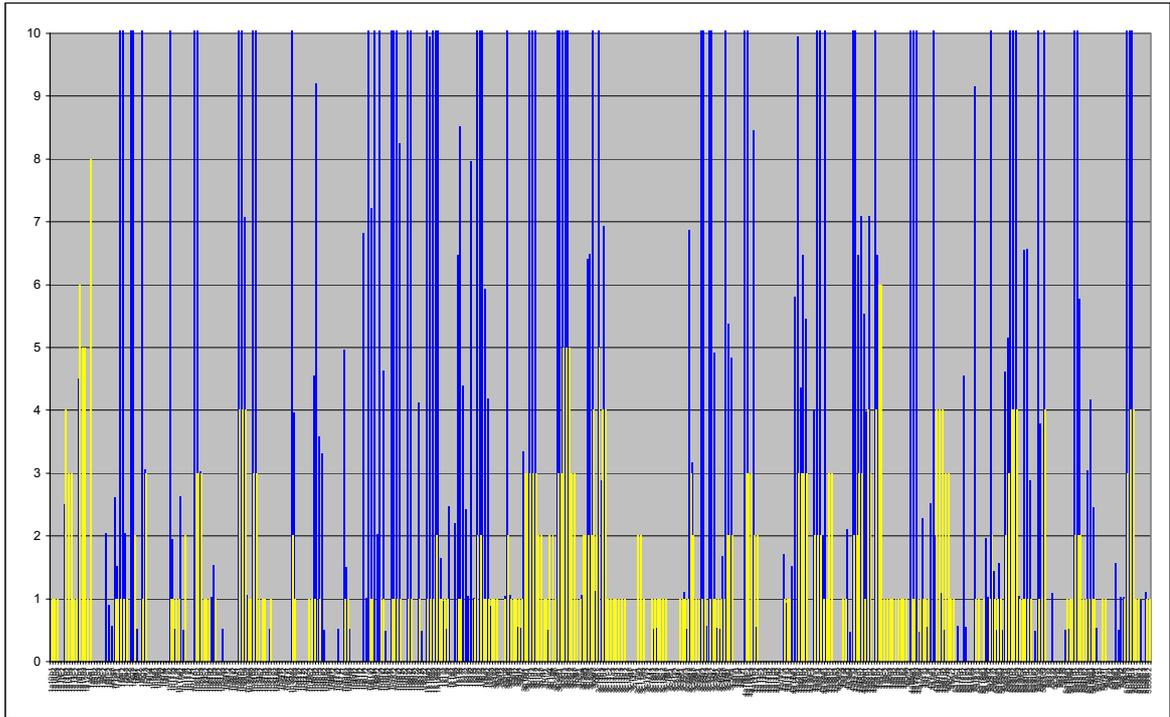


Abbildung 71: Bembidion velox (gemessene[blau] / vorhergesagte[gelb] Abundanz)

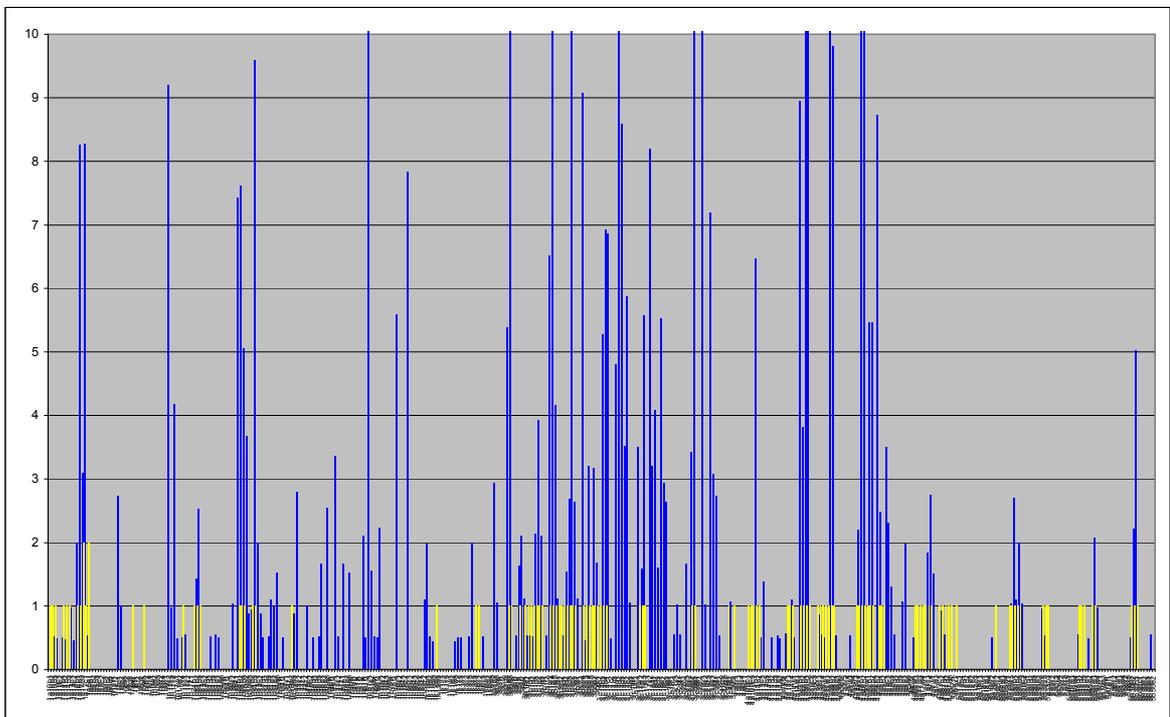


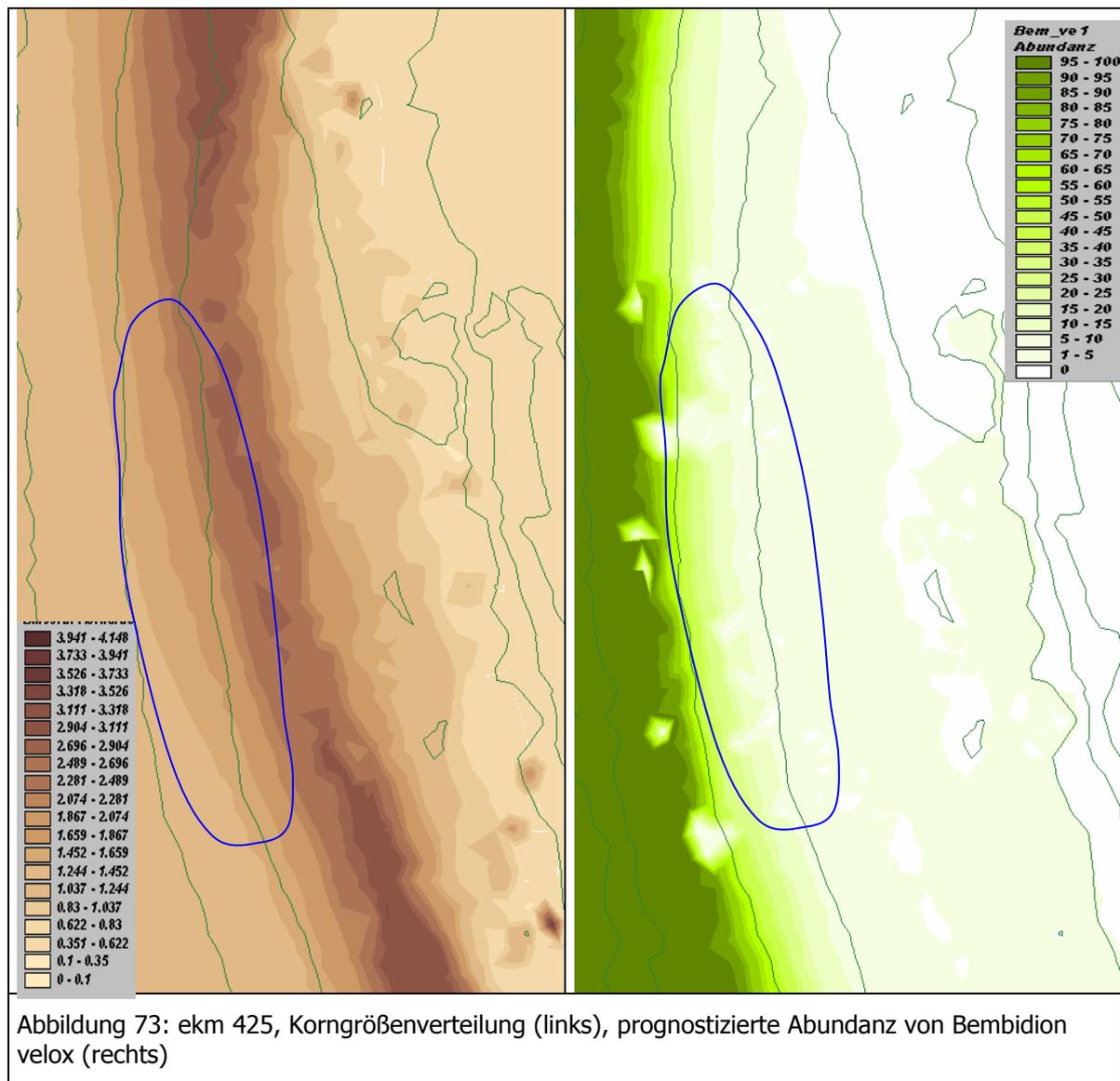
Abbildung 72: Bembidion femoratum (gemessene[blau] / vorhergesagte[gelb] Abundanz)

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.

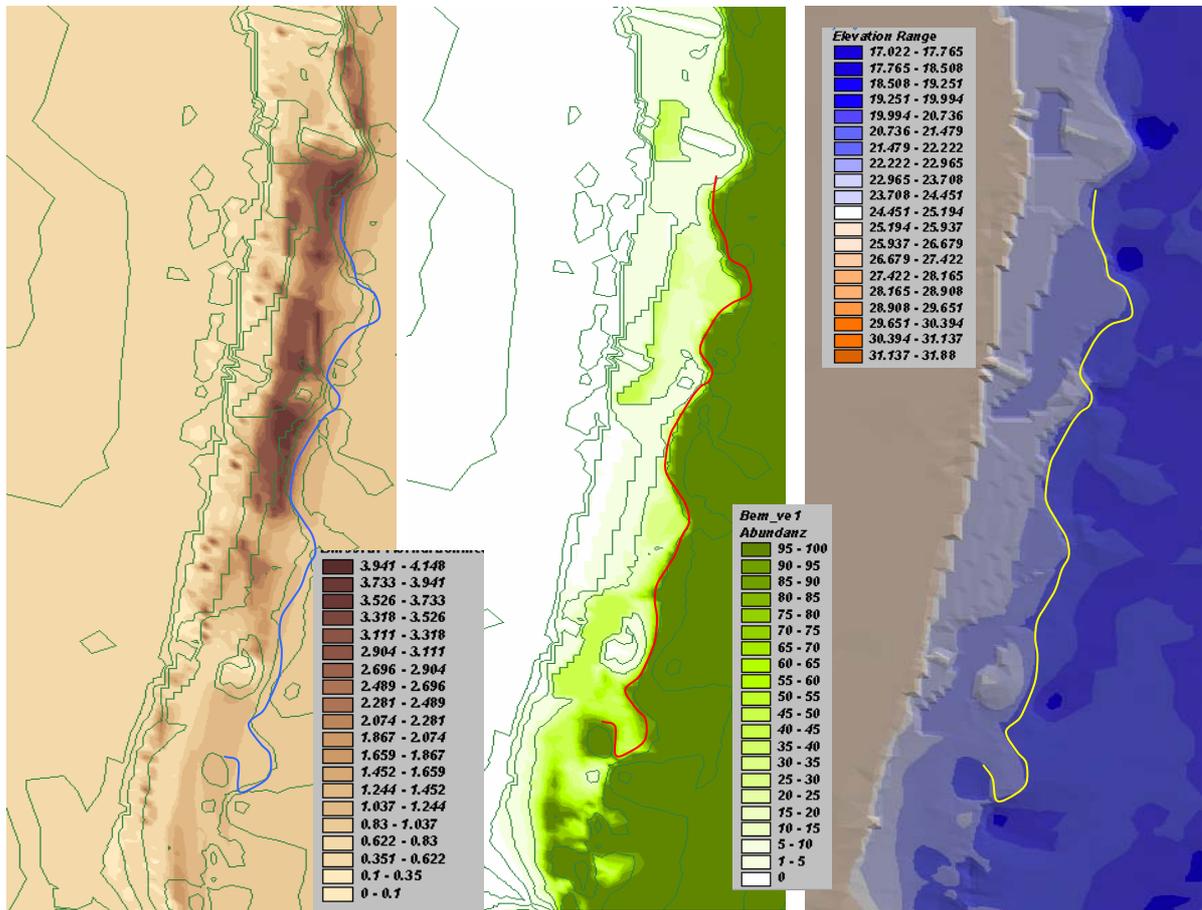


Abbildung 74: Variante 422, Korngrößenverteilung (links), prognostizierte Abundanz von *Bembidion velox* (mitte) und Topographie (rechts)

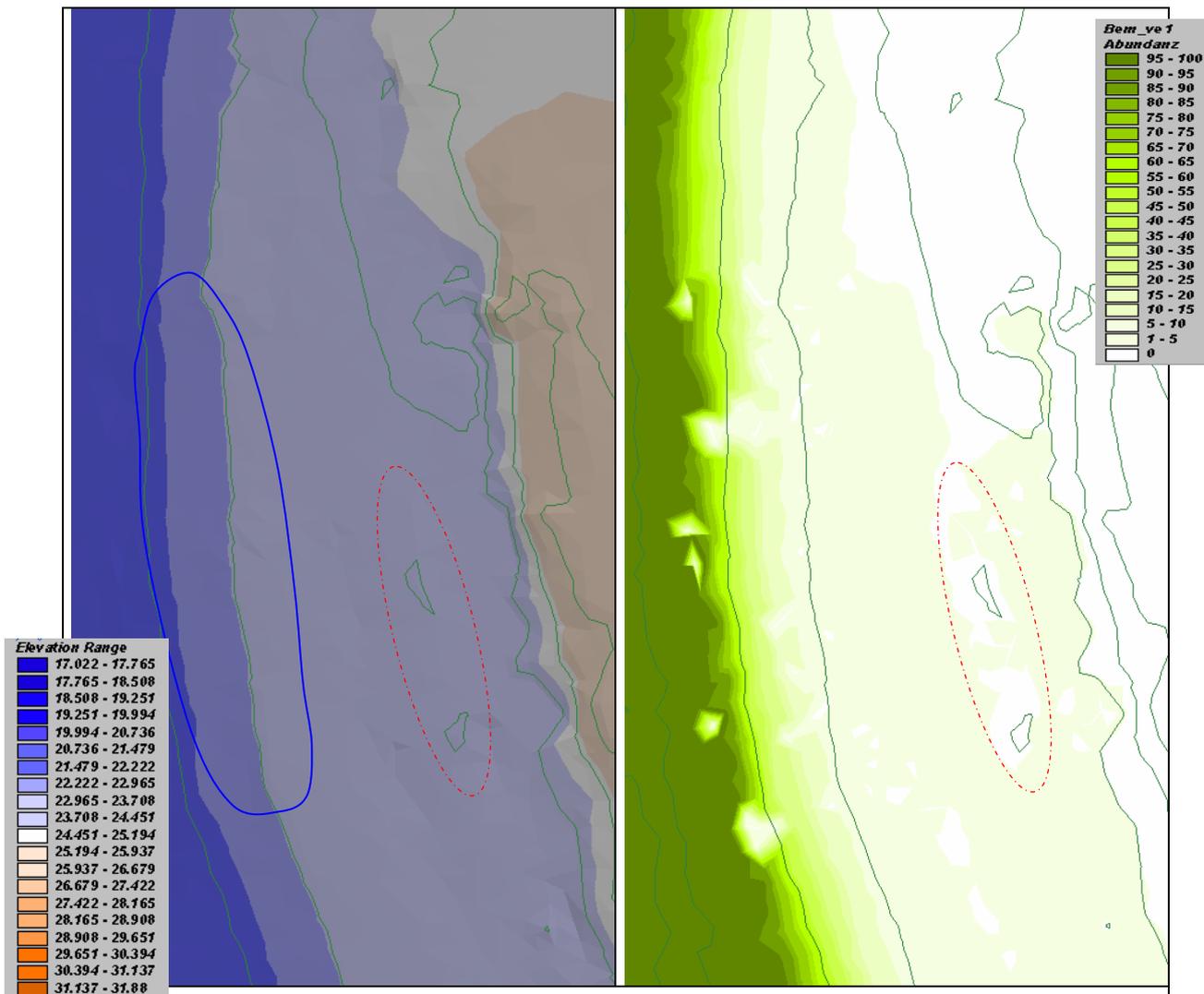
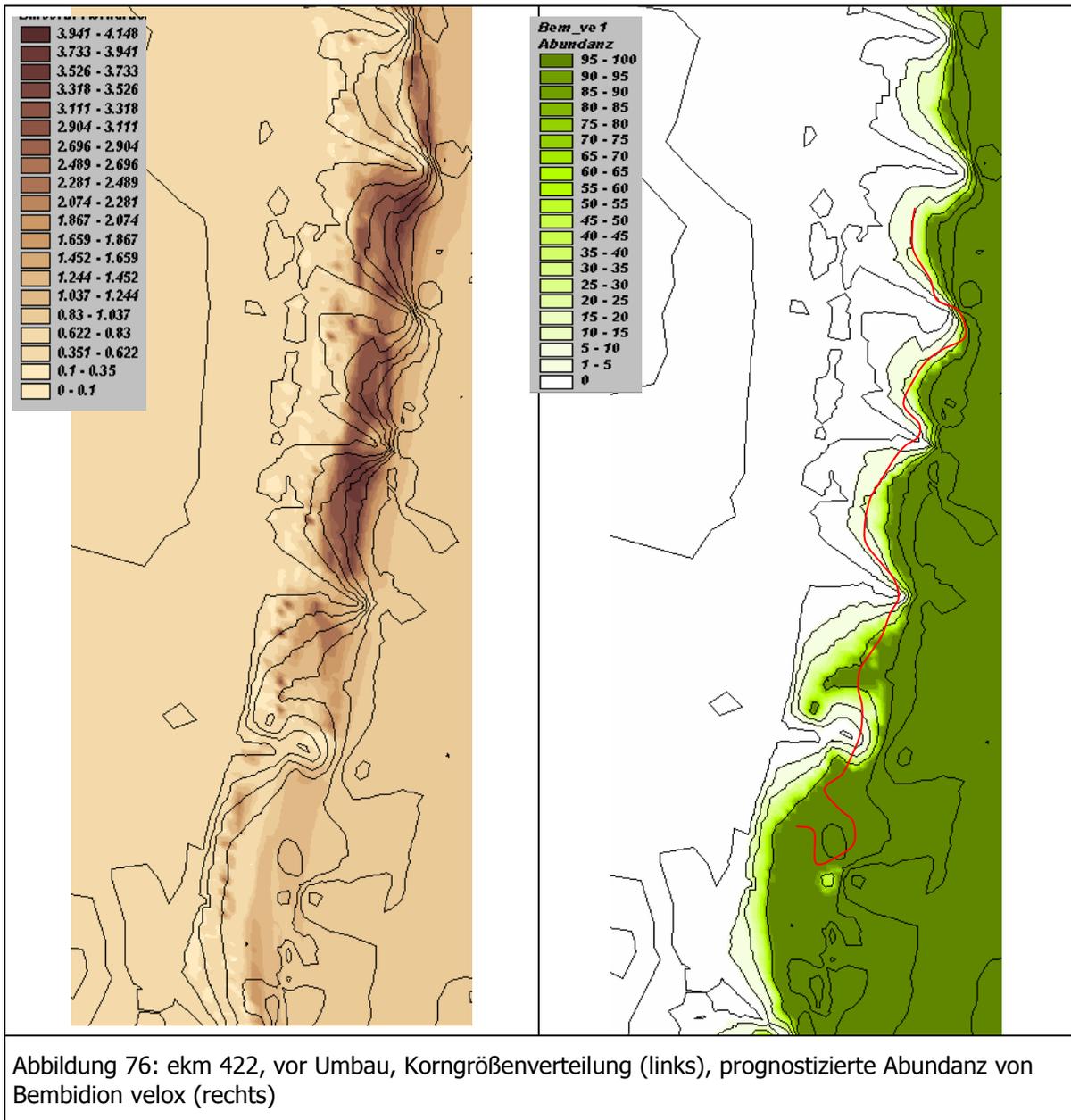


Abbildung 75: ekm 425, Topographie (links), prognostizierte Abundanz von Bembidion velox (rechts)

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.

## 6 Anwendung der Modellierung zur Überprüfung der Gestaltung von Buhnen/Buhnenfelder

Die Gestaltung von Buhnenfeldern muß im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie, d.h. unter der Berücksichtigung der Belange der Schifffahrt und der Anforderungen der Ökologie an eine Leitbildgerechte Gestaltung der Uferbereiche erfolgen. Die Anforderungen beider Bereiche sollen im Folgenden beschrieben werden und die Modellierung einer möglichen Buhnenvariante mit einer Abschätzung der en Auswirkungen auf die Fauna.

### 6.1 Ökomorphologische Kriterien (Leitbild) für die Struktur der Elbe im Untersuchungsabschnitt

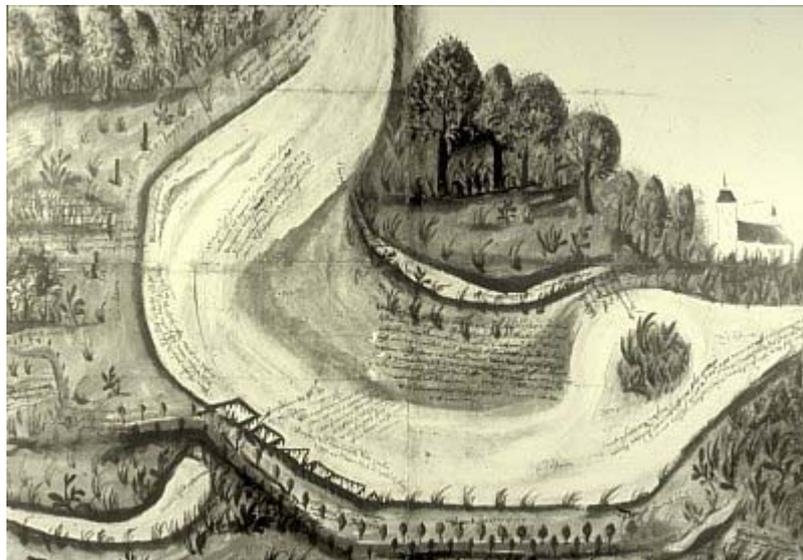


Abbildung 77: Lokale Bildkarte von 1610. Quelle: <http://elise.bafg.server.de/>

Leitbild für ein Fließgewässer und damit der Elbe sollten viele Teilbiotope mit unterschiedlichen Strukturen sein, die von verschiedenen Organismengesellschaften besiedelt werden. So entstehen beispielsweise durch unterschiedliche Strömungsverhältnisse Teilbiotope mit verschiedenen dominierenden Substraten, in denen sich jeweils spezielle Gesellschaften ansiedeln.

Im Zuge der wasserbaulicher Massnahmen gingen viele dieser Strukturdiversitäten an der Elbe verloren (Tabelle 90).

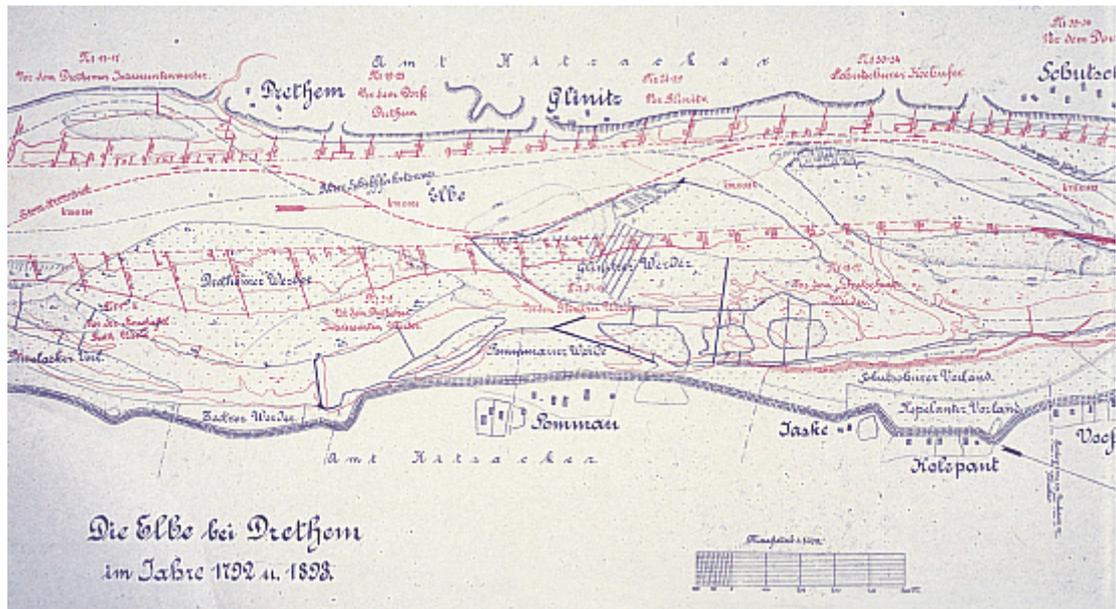


Abbildung 78: Die Elbe bei Drethem im Jahre 1792 u. 1893 Quelle: <http://elise.bafg.server.de/>

|   |   |
|---|---|
| typische Strukturelemente bis Anfang des 19. Jahrhunderts | wasserbauliche Veränderungen                    |
| extreme Strombreiten, große Flachwasserbereiche           | vereinheitlichte, verengte Strombreite          |
| zahlreiche weidenbestandene Sandbänke                     | festgelegte Abbrüche                            |
| Stromteilungen durch Mittelsänder                         | Beseitigung der Sandbänke und Stromteilungen    |
| rechtwinklige Übergänge des Stromstrichs zum anderen Ufer | Abrundung der Kurven                            |
| im Strom befindliche Baumstämme                           | Beseitigung von Baumstämmen und Felsen          |
| vielfältig strukturierte Seitengewässer                   | Verlandung und Abschneidung von Seitengewässern |

Tabelle 109: Veränderungen in der gewässermorphologischen Struktur der Mittel-Elbe (Jährling 1992)

Anhand historischer Karten der Elbe (Abb. 70 und Abb. 71) kann man wichtige Strukturelemente erkennen, die heute nicht mehr vorhanden sind und als Leitbild angesehen werden können:

- Hohe Breitenvarianz
- Stabile Inseln und Sandbänke mit Baumbestand
- Starke Mäandrierung des Flusses
- Durchgängige Nebenflüsse
- Flache Ufer
- Auenwald im Uferbereich

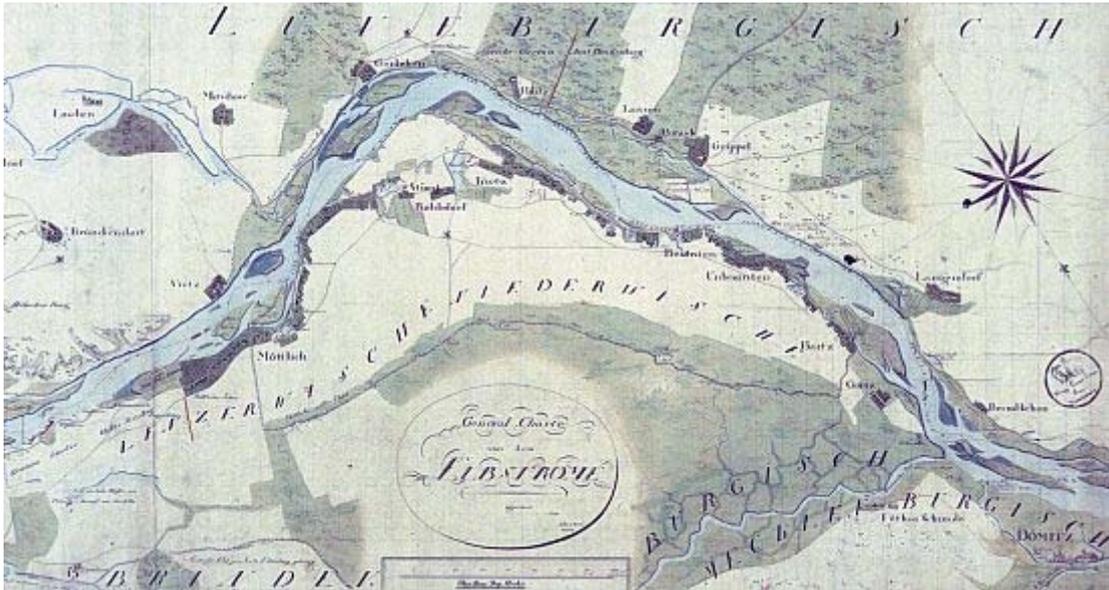


Abbildung 79: Gebietskarte von 1724. Sehr differenzierte Darstellung der Inseln und Sandbänke. Breitenvarianz der Elbe um das 4 bis 5-fache. Links oben mündet die Seege, rechts unten die Löcknitz. Zahlreiche Siedlungen im Schutz durchgängiger Elbdeiche; Gorleben oben, Dömitz rechts unten. Quelle: <http://elise.bafg.server.de/>

## 6.2 Leitbild für die Biozönose der Elbe im Untersuchungsabschnitt

Das Leitbild der Biozönose der Elbe kann neben einem Vergleich mit relativ naturbelassenen europäischen Flachlandflüssen (Loire, Weichsel) durch historisches Datenmaterial rekonstruiert werden. Da einschneidende Veränderungen der Gewässergüte und der Flussmorphologie schon vor Beginn der benthosbiologischen Untersuchungen ab Mitte des 18. Jh. einsetzen ist es nur bedingt möglich das ursprüngliche Arteninventar aus der Literatur nachzuvollziehen (PETERMEIER & SCHÖLL 1994). „ Die Fauna der europäischen Flüsse wurde zerstört, bevor es möglich war, sie komplett zu untersuchen“ (FITTKAU & REISS 1983 in: PETERMEIER & SCHÖLL 1994).

Ein historischer Vergleich der Artenlisten wird ausserdem durch folgende Aspekte erschwert (PETERMEIER & SCHÖLL 1994):

- In älteren Arbeiten wurde oft eine andere **Taxonomie** verwendet als sie heute gebräuchlich ist. So gab es häufig eine Vielzahl von Artbeschreibungen, die heute unter einem Taxon zusammengefasst werden.
- Die **Artenkenntnisse** der Bearbeiter waren oft nicht ausreichend. Da viele Benthosuntersuchungen zu fischereibiologischen Zwecken durchgeführt wurden war eine genauere Bestimmung oft auch gar nicht notwendig.
- Unterschiedliche **Probenahmetechniken und -frequenzen** führen oft zu verschiedenen Ergebnissen. So ergeben intensive Untersuchungen möglichst aller Habitate ein vollständigeres Bild als einmalige Bestandsaufnahmen.

Allgemein ist als faunistisches Leitbild die Erhöhung der Diversität durch **stenöke, elbetypische** Arten anzusehen. Für die Elbe typische Arten werden in PETERMEIER & SCHÖLL 1994 beschrieben. Für die Erfolgskontrolle ökologischer Sanierungsmassnahmen werden Arten aus der Gruppe der Mollusca, Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera und Odonata genannt. Die dort genannten Zeigerarten wurden im Untersuchungsabschnitt, bis auf wenige Ausnahmen nicht gefunden oder lagen in für die statistische Auswertung zu geringen Anzahlen vor. Zudem sind die genannten Arten oft lithophile Arten die im vorherrschenden Weichsubstrat nicht auftreten.

### 6.3 Allgemeine biologische Zielvorstellungen an die Gestaltung von Buhnen

Die aus dem Leitbild resultierenden biologischen Anforderungen an Ort und Gestaltung von Buhnen lassen sich wie folgt beschreiben:

1. Die Elbe ist einer der wenigen Flüsse Mitteleuropas, deren typische Stromtalbiotope noch weitgehend im Verbund erhalten sind (IKSE 1995a). Das galt auch für die Biotope der semiterrestrischen Zone vor 1990. Nach dem Wiederausbau der Elbe und dem Neubau vieler Buhnen ist die Qualität der Biotope zwar deutlich reduziert aber immer noch, verglichen mit anderen Flüssen (Rhein, Neckar..) relativ gut. Diese Durchgängigkeit ist für die Fauna von besonderer Bedeutung, da Fische und Benthos während ihrer Lebensphasen unterschiedliche Biotopansprüche entwickeln und zur Artenerhaltung Wandermöglichkeiten innerhalb des Fließgewässers benötigen. Ein Ziel einer möglichst umweltverträglichen Anlage von Buhnen und Buhnenfeldern sollte es also sein, die longitudinale Durchgängigkeit zu sichern, um die Wandermöglichkeiten und damit den genetischen Austausch zwischen den einzelnen Populationen zu erhalten und zu fördern..

⇒ Von besonderer Wichtigkeit ist ein Verbund der Ufer-Biotope: Die longitudinale Migrationfähigkeit der Fauna sollte durch Buhnen und Buhnenfelder nicht eingeschränkt, sondern durch ein Mosaik unterschiedlicher Habitats gefördert werden.

2. In diesem Zusammenhang ist auch der in weiten Bereichen vorhandene Anschluß der weitgehend naturnahen Auen an den Strom Elbe zu sehen (AG DER LANDESANSTALTEN UND -ÄMTER FÜR NATURSCHUTZ UND BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1994). Die Auen, ebenso wie Altarme, Altgewässer und Stillgewässer, dienen bei Hochwasser, insbesondere auch bei Eistrieb, als Refugialräume. Bei einer weiteren Verbesserung der Wasserqualität der Elbe stellen sie Potentiale für die Wiederbesiedlung dar. Weitere Funktionen erfüllen sie als Reproduktionsräume für viele Faunenelemente. Insbesondere im Potamal ist der Strom nicht als isoliertes Gebilde zu betrachten, das lediglich aus der Stromrinne besteht, sondern als komplexes vernetztes Gebilde, das in Interaktion mit dem Umland steht (WETZEL 1990).

⇒ Buhnen und Buhnenfelder dürfen keinen Abschluß des Stroms darstellen, sondern müssen die laterale Vernetzung mit der Aue durch entsprechende Habitatstrukturen und Abflußdynamik mindestens erhalten, möglichst auch fördern.

3. Aufgrund der Festlegung des Flußbettes des sog. "Sandstroms" Elbe ergeben sich höhere Strömungsgeschwindigkeiten, die Sedimente sind ständigen Umlagerungen unterworfen und daher nur für Habitatspezialisten geeignet aber dennoch nicht „lebensfeindlich“ wie CASPERS (1952) statuierte. Dennoch wird der lenitische Bereich durch einen andere Biozönose charakterisiert. Kommt den semiterrestrischen Flächen in Rhitralen in Bezug auf Produktion (das Verhältnis von den umgebenden Flächen zu Fläche des Strombetts und Retentionszeit des Wasserkörper ist größer) eine größere Bedeutung zu als in Potamalen, so ist anzunehmen, daß aufgrund der besonderen Bedingungen in der Stromrinne die semiterrestrischen Flächen im Potamal der Elbe eine zentrale Rolle spielen. Hier könnten sich, an den Ufern und den daran

anschließenden Gewässerstrukturen, autotypische Wasserpflanzen- und Röhrichtbestände mit einer typischen diversen Fauna entwickeln. Die Gesellschaften von Chironomiden und Oligochaeten in den langsam durchströmten Wasserwechselbereichen stellen eine produktive Fauna dar. Die Sekundärproduktion dieses Teilbiotops ist als Nahrungsgrundlage sowohl für die Jungfischbrut als auch für adulte Fische wichtig. Ein weiterer Aspekt ist die Funktion der semiterrestrischen Flächen als Laichhabitat. Als Ursache für das Ausbleiben bzw. Aussterben heimischer Fischarten in der Elbe wird der intensive Ausbau der Elbe am Anfang dieses Jahrhunderts verantwortlich gemacht, der durch das Verschwinden der Kiesbänke und Sänder wichtige Laichplätze lithophiler Fischarten vernichtete. Ebenso wie die Gewässer der Aue erlangen damit die semi-terrestrischen Flächen als hoch differenzierter Lebensraum einer diversen Biozönose eine besondere Bedeutung.

⇒ Das große Flächenangebot und insbesondere die Strukturvielfalt, und daraus folgend auch die hohe Diversität der Fauna ist zu erhalten bzw. zu fördern.

4. Die Austauschprozesse zwischen Wasserkörper und Interstitial prägen das Ökosystem Fluß. Das Interstitial spielt eine große Rolle als Aufenthaltsraum der Fauna aber auch als Refugialraum, insbesondere im Winter bei Eisgang.

⇒ Eine Forderung an eine ökologisch "günstige" Bühne wäre also, diese Verbindung nicht zu unterbrechen wie dies z.B. durch die Verwendung von Geotextilien geschieht.

5. Die Fließgewässerbiozönose ist nicht auf Wellenschlag evolutioniert. D.h. viele Fließgewässertiere haben Übergangsstadien, die etwas über der Wasserlinie durchlaufen werden (u.a. Großlibellen wie z.B. *Gomphus vulgatissimus*). Wellenschlag, wie er von Schiffsverkehr ausgeht, verursacht bei Tieren, die sich im Schlupfstadium befinden und ins Wasser zurückgerissen werden, eine sehr hohe Sterblichkeit.

⇒ Aus verkehrswasserbaulicher Sicht notwendige Bauwerke sollten so ausgeführt bzw. saniert werden, daß sie die Uferlinie vor zu starkem Wellenschlag schützen.

6. Die Bühne klassischer Bauart verursacht im Bühnenfeld, bei Niedrigwasser wenn die Bühnen nicht überströmt sind, eine kreisförmige Strömung häufig auch als Bühnenfeldwalze bezeichnet. Diese Walze wird angetrieben von der Strömung im Hauptstrom und ist sehr stabil, d.h. es kommt zu wenig Turbulenzen und nur geringen Austausch des Wassers im Bühnenfeld mit dem des Hauptstroms. Die geringe Strömungsgeschwindigkeit ohne Turbulenzen hat zur Folge, daß im Bühnenfeld Detritus und Feinstsedimente sedimentieren und an vielen Stellen Stillwassercharakteristik und Sauerstoffarmut (im Sommer) auftritt.

⇒ Um der Fließgewässerbiozönose geeignete Bedingungen zu schaffen, sollte die Strömung geradliniger gerichtet sein und ein stärkerer Austausch des Bühnenfeldwassers mit dem Hauptstrom erfolgen.

7. Die Sedimentation in der Bühnenfeldwalze bei Niedrigwasser bedingt ein Verlanden der Bühnenfelder und Reduktion der aquatischen Biotope auf die Hauptrinne, welche als Bundeswasserstraße relativ uniform ist. Die terrestrischen Flächen werden damit, insbesondere während der Hauptproduktionsphase ebenfalls stark eingeschränkt. Insbesondere Habitate die

permanent mit dem Hauptstrom verbunden sind zeichnen sich durch eine besonders hohe Diversität aus wie JUGET et al (1994) für Oligochaeten der Rhone und MARMONIER et al. (1994) für Ostracoden ermittelten.

⇒ Die Bühnenfelder sollten so durchströmt werden, daß ein Zusedimentieren verhindert wird und die großen und flachen Flächen der aquatischen Biotope erhalten werden. Ein Abschluß der Nebengewässer ist zu verhindern.

Zusammenfassend sollten folgende Elemente bei der Strukturierung der Bühnenfelder stärker gewichtet werden, bzw. auf die Ausbildung folgender Strukturen geachtet werden (siehe auch SCHÖLL (2002) S.33-S.34):

- Strömungs- Substrat-, ⇒ Habitat-Diversität
- Vielfältiges Relief mit z.T. flachem Anstieg, damit zu möglichst jedem Wasserstand die besonders bioaktiven, benetzten Flächen groß sind, insbesondere während der Hauptproduktionsphase
- Die Zusedimentation der Bühnenfelder und damit die Reduktion des Flusses auf den Hauptstrom ist zu verhindern
- großflächige Kolke (z.B. als Retentionsflächen für Fische)
- Geradlininige gerichtete Strömung und Austausch mit dem Wasserkörper des Hauptstroms
- Die Strömungsgeschwindigkeit und Durchströmung der ufernahen Bereiche, insbesondere bei Niedrigwasser in der Hauptproduktionsperiode der Spezies ist zu verstärken.

Die genannten Elemente können nicht in einem Bühnenfeld verwirklicht werden, sondern sollten in einem Verbund von Bühnenfeldern berücksichtigt werden, sodaß sich ein **großräumiges Mosaik** unterschiedlichster (lenitischer und lotischer) Habitats ergibt. Dies führt zu einer maximalen Diversität der Fauna die als Gesamtziel anzustreben ist. Die Habitattypen und Mosaiktypen, welche in der Elbe im heutigen Ausbauszustand fehlen, müssen durch die oben genannten Maßnahmen gefördert werden. Diese Maßnahmen führen zu erhöhter Diversität und einer Potamal-typischeren und elbetypischeren Biozönose.

## 6.4 Allgemeine Anforderungen an Bühnen/Bühnenfelder aus Sicht des Verkehrswasserbaus

Große Ströme werden in Mitteleuropa meist als Verkehrswege genutzt. Zur Sicherung einer ganzjährigen Binnenschifffahrt werden Flußbauwerke (Buhnen, Leit- und Deckwerke) eingebaut, die grundlegend in die hydraulischen und morphodynamischen Prozesse des Fließgewässers eingreifen. Die Anforderungen des Verkehrswasserbaus an Bühnenbauwerke und die resultierenden Auswirkungen auf die Ökologie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Bühnen werden in Fließgewässern eingebaut, um die Wassertiefe zu erhöhen, indem die Durchflußbreite verringert wird. Der nach dem Bühnenbau zunächst ansteigende Wasserspiegel bewirkt eine größere Schleppspannung, so daß die Flußsohle stärker angegriffen und soweit vertieft wird, bis sich ein Gleichgewichtszustand zwischen der vergrößerten Schleppspannung und der mittleren Korngröße des Flußbettmaterials einstellt. Im neuen Beharrungszustand liegen alle Wasserstände, auch die der Hochwasserstände, tiefer als vor der Regelung. Außerdem dienen Bühnen dem Erosionsschutz der Uferbereiche, da durch die Ausbildung der Bühnenfeldwalze die Ufer zwischen den Bühnen vor direktem Angriff der Strömung geschützt wird.

- ⇒ Im Gegensatz zu natürlichen Fließgewässern, für die Sedimentumlagerungen ein typisches Merkmal ist, wird bei anthropogen genutzten Fließgewässern versucht, die Morphodynamik weitgehend zu unterbinden. Dies geschieht durch die Verhinderung der Seitenerosion und die Festlegung einer bestimmten Tiefenerosion bei bestimmten Ausbauzuständen. Bei der Sanierung, bzw. baulichen Veränderung derzeitiger Buhnen in der Elbe (Ziel des Bundesministeriums für Verkehr ist die Wiederherstellung des Ausbauzustandes von 1936) kann sich die z.T. zum Stillstand gekommene (im Raum Wittenberge) oder zurückgegangene (Magdeburg Niegripper Raum) Tiefenerosion wieder verstärken (IKSE 1995b, Nestmann 1994, 1996). Die Eingriffsfolgen werden relativ schnell sichtbar werden, da aufgrund der feinkörnigen Sohlstruktur der Elbe die Erosionsprozesse beschleunigt ablaufen (NESTMANN 1996). Die Tiefenerosion im Strom zieht die Grundwasserspiegelabsenkung in den Vorländern nach sich und hat weitreichende Folgen für Fauna und Flora der Feuchtbiopte und Auenwälder (IKSE 1995b). Auch wäre mit gravierenden ökonomischen Schäden zu rechnen, da in den Elbauen Trinkwasser für 14 Millionen Menschen gewonnen wird und diese außerdem als Erholungslandschaft dienen (AG der Landesanstalten und -ämter für Naturschutz und BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1994). Daher muß vorsichtig agiert werden und durch sorgfältige Untersuchungen sowie behutsame Maßnahmen einer extremen Tiefenerosion entgegengewirkt werden.
2. Im Sinne der Anforderungen der Schifffahrt (insbesondere gleichmäßig große Wassertiefen) greifen Flußbauwerke maßgebend in die Abfluß- und Geschiebedynamik eines Fließgewässers ein.
- ⇒ Eine weitgehend naturnahe Abfluß- und Geschiebedynamik, wie sie von Seiten der Ökologie gefordert wird, steht in einem Zielkonflikt mit den Anforderungen der Schifffahrt an die Buhnen, die gleichmäßige Wassertiefen anstrebt.
3. Einer teilweisen Verlandung der Buhnenfelder steht aus verkehrswasserbaulicher Sicht nichts entgegen, da dadurch der Fluß in seinem Bett festgelegt wird..
- ⇒ Die Hydro- und Morphodynamik in den Buhnenfeldern muß aus biologischer Sicht erhalten bzw. gefördert werden, damit sich eine Fließgewässerbiozönose etablieren kann. Auch hier ist ein Kompromiß zu finden.

## 6.5 Möglichkeiten der Gestaltung und Veränderung von Buhnen/Buhnenfeldern

Der Istzustand der Buhnen an der Elbe wird im folgenden beschrieben: „Die Buhngeometrie der Elbe wurde um die Jahrhundertwende nach Gesichtspunkten festgelegt, die im wesentlichen als empirisch begründet bezeichnet werden kann. Interessant ist auch der Vergleich mit anderen deutschen Strömen. Es zeigt sich, daß der Buhnenbau von Fluß zu Fluß individuell verschieden ist und den jeweiligen Verhältnissen (z.B. Strömung, Abflußcharakteristik, Baumaterial,...) Rechnung trägt. An der mittleren Elbe können die geometrischen Parameter wie die Lage zum Stromstrich: 72° (inklinante Anordnung), Längsgefälle der Krone: 1 : 100 - 200, oberstromseitige Böschung: 1 : 3, unterstromseitige Böschung: 1 : 2, Kopfneigung 1 : 5 sowie eine Buhnenlänge von 50 - 70 m als

typisch angesehen werden. Weiterhin werden die Gebietsparameter wie mittlere Sohlneigung der Elbe von 0,02 % und die Neigung des Ufers gegen die "Fahrrinne von 1 : 20 sowie eine Fahrrinnenbreite von 50 m und eine Gesamtbreite des Gerinnes von 170 m für das Modellgebiet angenommen.“ (aus <http://wabau.kww.bauing.tu-darmstadt.de/~krebs/www/Webpage/buhnen.htm> Krebs 2000)

Folgende Parameter können bei der Gestaltung von Buhnenfeldern und Buhnen geändert werden:

- Der Abstand der Buhnen zueinander kann vergrößert werden. Dies wirkt der Ausbildung der Buhnenfeldwalze entgegen, d.h. der Austausch mit dem Hauptstrom wird verbessert (WEITBRECHT & HINTERBERGER 2001) und es erfolgt eine eher stromabwärts gerichtete Strömung.
- Die Buhnenlänge kann manipuliert werden.
- Die Anstellung der Buhnen zur Strömung ist ebenfalls eine veränderbare Größe. An der Elbe wurden die Buhnen in inklinanter Bauart ausgeführt, d.h. sie weisen der Strömung mit dem Buhnenkopf entgegen. Dies bewirkt eine verstärkte Ausbildung der Buhnenwalze und Sedimentation im Buhnenfeld bei Niedrigwasser, wenn die Buhne nicht überspült ist. Bei Hochwasser, wenn die Buhne überspült ist bewirkt die inklinante Stellung der Buhne eine Ableitung der Strömung vom Ufer. Dies vermindert die Ufererrrosion. Deklinante Buhnen haben im Vergleich zu inklinanten Buhnen einen geringeren Massenaustausch mit dem Hauptstrom (WEITBRECHT & HINTERBERGER 2001), eine Eigenschaft welche einer Fließgewässertypischeren Biozönose der semiterrestischen nicht gerecht wird.
- Zahl und Größe der Durchbrüche in den Buhnen ist eine weitere Steuerungsmöglichkeit. Ein größere Durchbruch verhindert u.a. die Bildung von Kolken (bei Hochwasser) nach dem Durchbruch .
- Ebenso wie die Höhe der Buhnen und die Tiefe der Durchbrüche über welche gesteuert werden kann bis zu welchem Wasserstand die Buhne durchlässig ist bzw. als undurchlässiger Sperrriegel dient.
- Eine Variante eines Durchbruchs, welche z.B. GAUMERT (1990) propagiert ist die Erstellung eines Durchbruchs durch die Buhne in Form einer Röhre.
- Eine weitere Möglichkeit einer Gestaltung von Buhnen ist der Bau von Leitwerken. Diese haben den Vorteil daß sie die Ufer vor Wellenschlag durch Schiffsverkehr schützen, die hinter den Leitwerken liegenden Habitate sedimentieren aber oft zu oder es entwickeln sich Beriche mit starken Sauerstoffdefiziten.

Konkrete Empfehlungen für den Bau eines einzigen „best geeigneten“ Buhnenfeldes und -Typs können aber nicht gegeben werden, da die hydraulischen und morphologischen Bedingungen jedes Flußabschnitts zu sehr differieren und daher vor dem Bau dem jeweiligen Flussabschnitt individuell anzupassen sind. Zu diesem Zweck wurde das in diesem Projekt vorgestellte Modellierungswerkzeug geschaffen. In den modellierten Elbeabschnitt wurden daher einige vom TP Biologie vorgeschlagene Buhnenvarianten in das vom TP Wasserbau erstellte numerische Modell „eingebaut“ und die Auswirkungen der Umbaumaßnahme auf die Fauna und Morpho- und Hydrodynamik beurteilt .

## 6.6 geteste Buhnen Varianten

Es wurden die Buhnen in drei Elbeabschnitten folgendermaßen im numerischen Modell umgebaut: Bei Elbekilometer 422,5 links wurde jede zweite Buhne entfernt und die Lage der Durchbrüche in jeder Buhne variiert (s. Abbildung 80 links). Dies sollte eine vielfältige Morphologie der

Buhnenfelder verursachen und wechselnde Strömungsbedingungen schaffen. Da die Buhnenfelder in einem Gleithang liegen konnte davon ausgegangen werden, daß die 2. Buhne für einen Uferschutz nicht notwendig ist. Das Entfernen der 2. Buhne sollte bewirken, daß die Strömung bei Niedrigwasser mehr am Ufer liegt und damit bessere Bedingungen für rheophile, Potamal typische Taxa geschaffen werden.

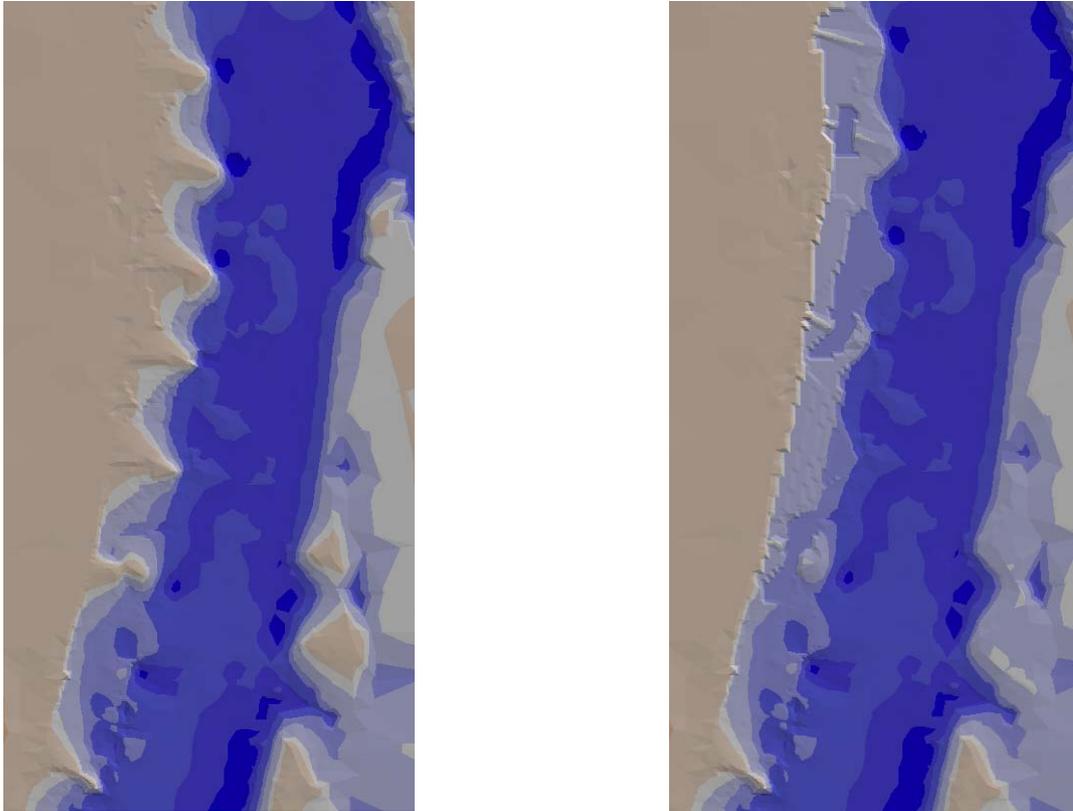


Abbildung 80: Stkm 422, Ausgangszustand links, Relief der Variante rechts

Bei Stkm 423,4 rechts im Prallhang der Elbe wurden keine Buhnen entfernt, die Buhnen wurden aber mit Durchbrüchen versehen (s. Abbildung 80 rechts). Es wurden abwechselnd zwei und ein Durchbruch in die Buhne eingebaut. Es war zu erwarten, daß sich die vorher deutlich ausgeprägte Buhnenfeldwalze abschwächt, bzw. auflöst, um so einen größeren Austausch des Buhnenwassers mit dem Wasserkörper des Hauptstroms zu ermöglichen.

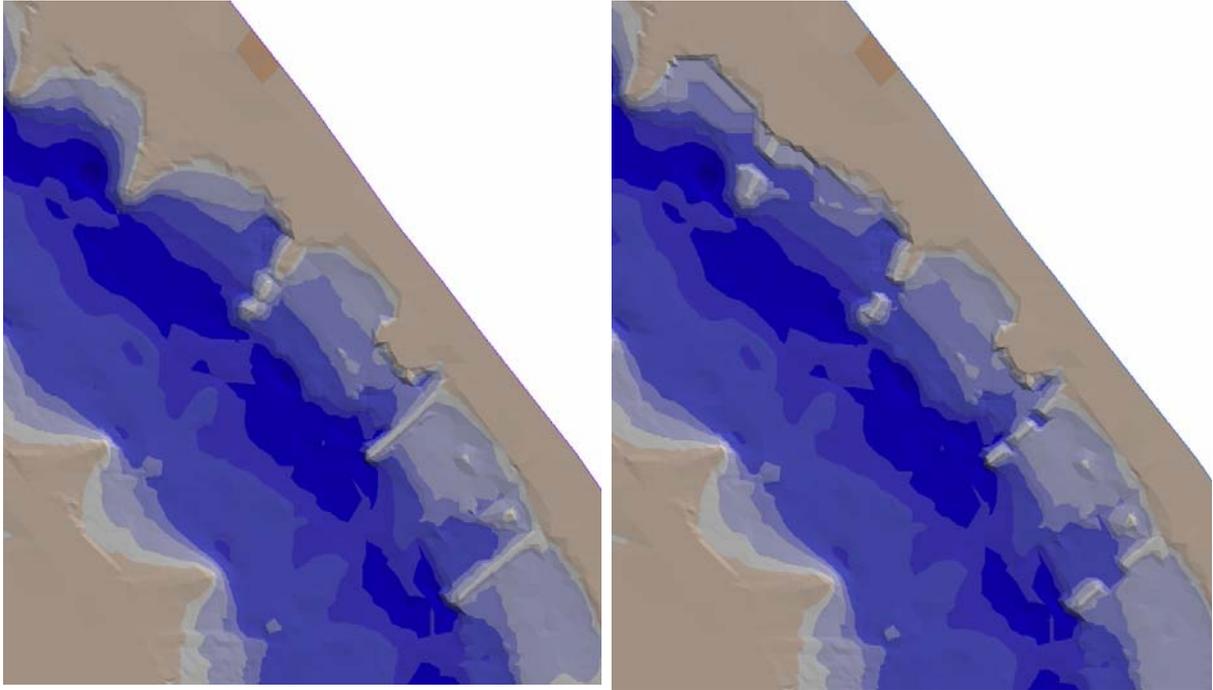


Abbildung 81: Stkm 423, Ausgangszustand links, Relief der Variante rechts

Bei Stkm 424 links (Prallhang) wurden insgesamt 5 Bühnen mit einem Durchbruch versehen, um zu testen ob diese hintereinander geschalteten Durchbrüche evtl einen „Kanalisierungseffekt“ nach sich ziehen würden.

Insgesamt sollten die Bühnenfelder auf die unter Kap. 1 oben genannten Zielvorstellungen für biologische Bühnen/Bühnenfelder geprüft werden. Zu den Ergebnissen und der konkreten Durchführung in Bezug auf die Morpho- und Hydrodynamik siehe TP Wasserbau.

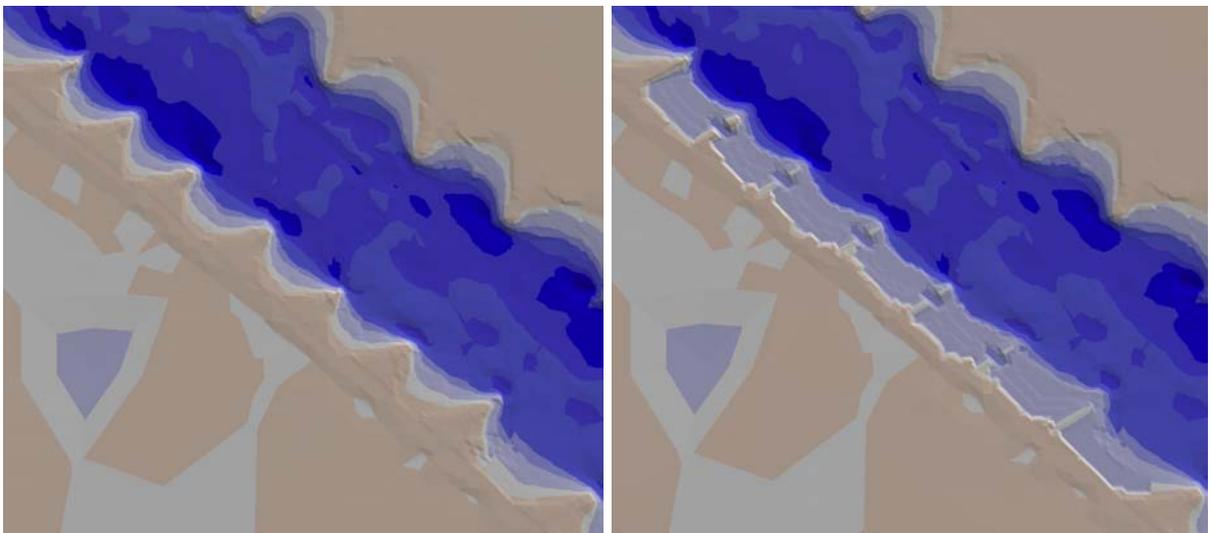


Abbildung 82: Stkm 424 rechts Ausgangszustand, Relief der Variante links

## 6.7 Ergebnisse der getesteten Bühnenfeldvarianten

Im Folgenden werden exemplarisch die Modellierungsergebnisse (dargestellt in dem Arcview GIS) von der Chironomide *R. demeijerei* und dem Oligochaeten *Limnodrilus sp.* für 2 Bühnenvarianten beschrieben.

- 
-

### 6.7.1 Bühnenfelder bei Stromkilometer 423

Die Modellierung in Abbildung 83 zeigt die Verteilung von *Limnodrilus sp.* vor dem virtuellen Umbau der Bühnen. Die Abundanz wurde modelliert für die Jahreszeit Herbst, ein pH Minimum von 7,5 und ein Sauerstoffsättigungsminimum von 67%, welche aus der Trendanalyse als typisch für diese Jahreszeit ermittelt wurden.

Die Modellierung von *Limnodrilus sp.* zeigt die Reaktion von *Limnodrilus sp.* sowohl auf die Strömung als auch auf die Korngröße. *Limnodrilus sp.* ist stagnophil, wie in 5.5.2.2.5 dargelegt. Daher ist die Abundanz in der Strommitte am kleinsten und in den strömungsberuhigten Bereichen, insbesondere an der Bühnenwurzel der stromauf gelegenen Bühne am größten.

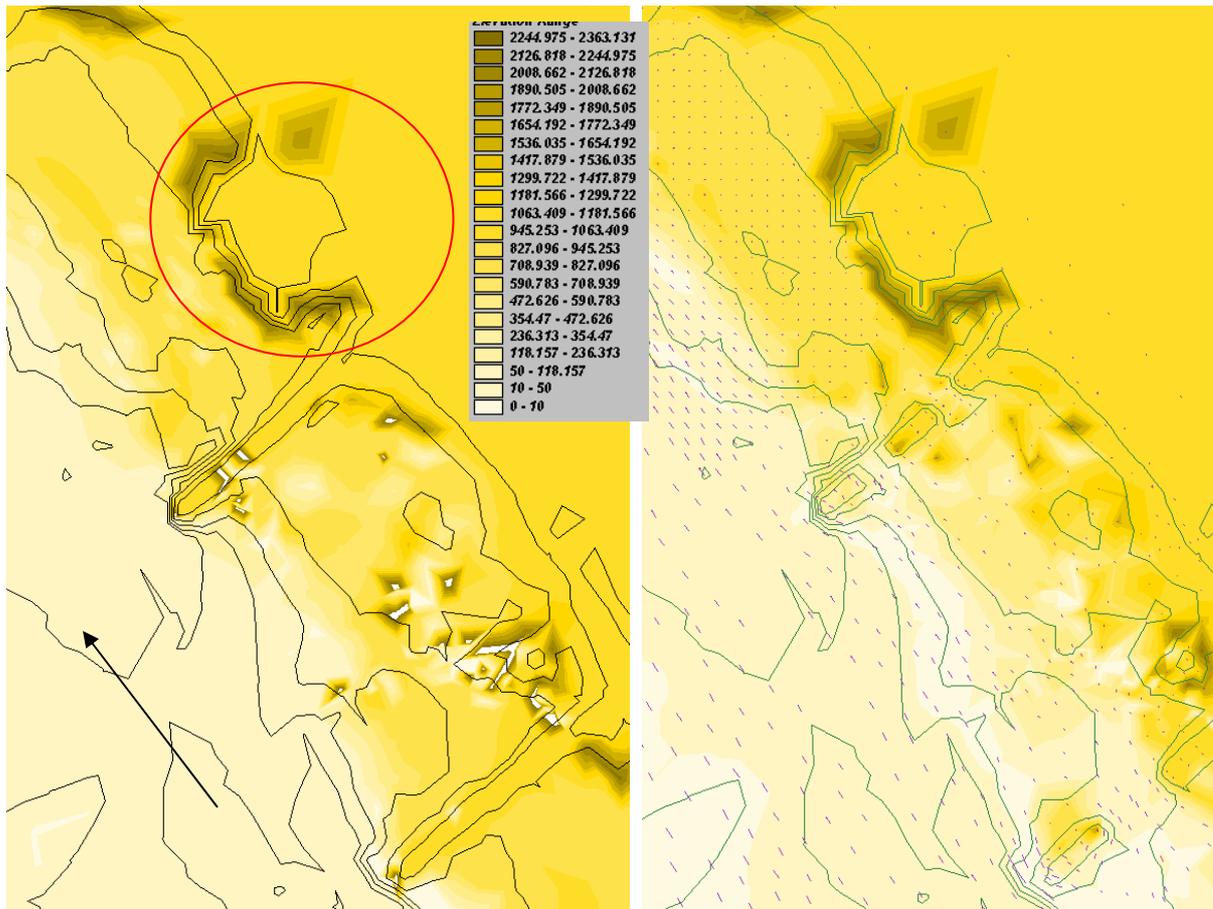


Abbildung 83: Verteilung von *Limnodrilus sp.* vor (links) und nach (rechts) Änderung der Bühnenstruktur. Bühnenfelder im Prallhang bei Stkm 423

Die Abundanzhöhung von *Limnodrilus sp.* als Reaktion auf eine Veränderung der Korngröße kann in dem kreisförmig markierten Bereich beobachtet werden: die Strömung ist uniform gering in diesem Areal, daher kann die Abundanzänderung nicht auf diese zurückgeführt werden. Es wird aber in einer kreisförmigen Struktur eine besonders geringe mittlere Korngröße angezeigt, welche mit dem Muster der höchsten Abundanz von *Limnodrilus sp.* übereinstimmt.

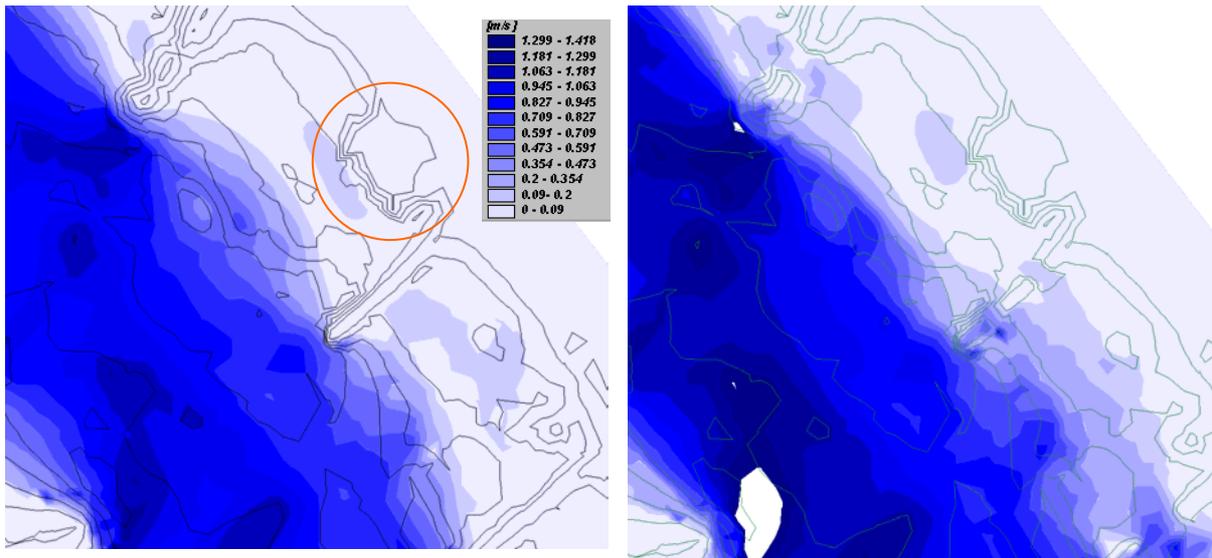


Abbildung 84: Strömung vor (links) und nach ( rechts) Änderung der Bühnenstruktur. Bühnenfelder im Prallhang bei Stkm 423

Der Vergleich der Modellierung vor und nach Änderung der Bühnenstruktur zeigt, daß eine größere „Fleckenhaftigkeit“ der Besiedlung durch *Limnodrilus sp.* nach Änderung der Bühnenstruktur erreicht wurde.

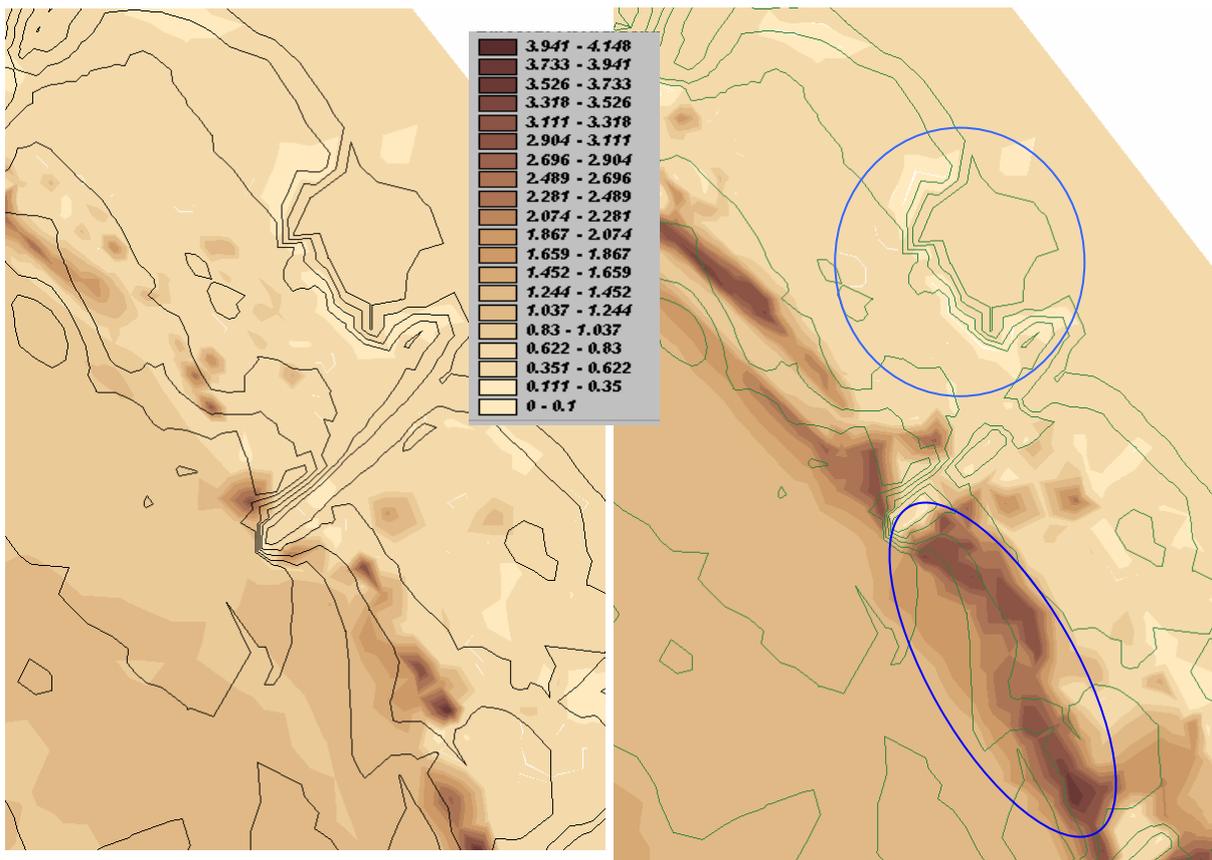


Abbildung 85: Verteilung der Korngrößen nach Änderung der Bühnenstruktur. Bühnenfelder im Prallhang bei Stkm 423

Die Verteilung von *R. demeijerei* einer typischen Potamalart und Spezialistin für Bereiche mit hoher Geschiebeführung (SCHÖLL 2002) ist in der folgenden Abbildung modelliert. Die Abundanz der Chironomide nimmt zur Flußmitte, den Bereichen mit größerer Strömung zu.

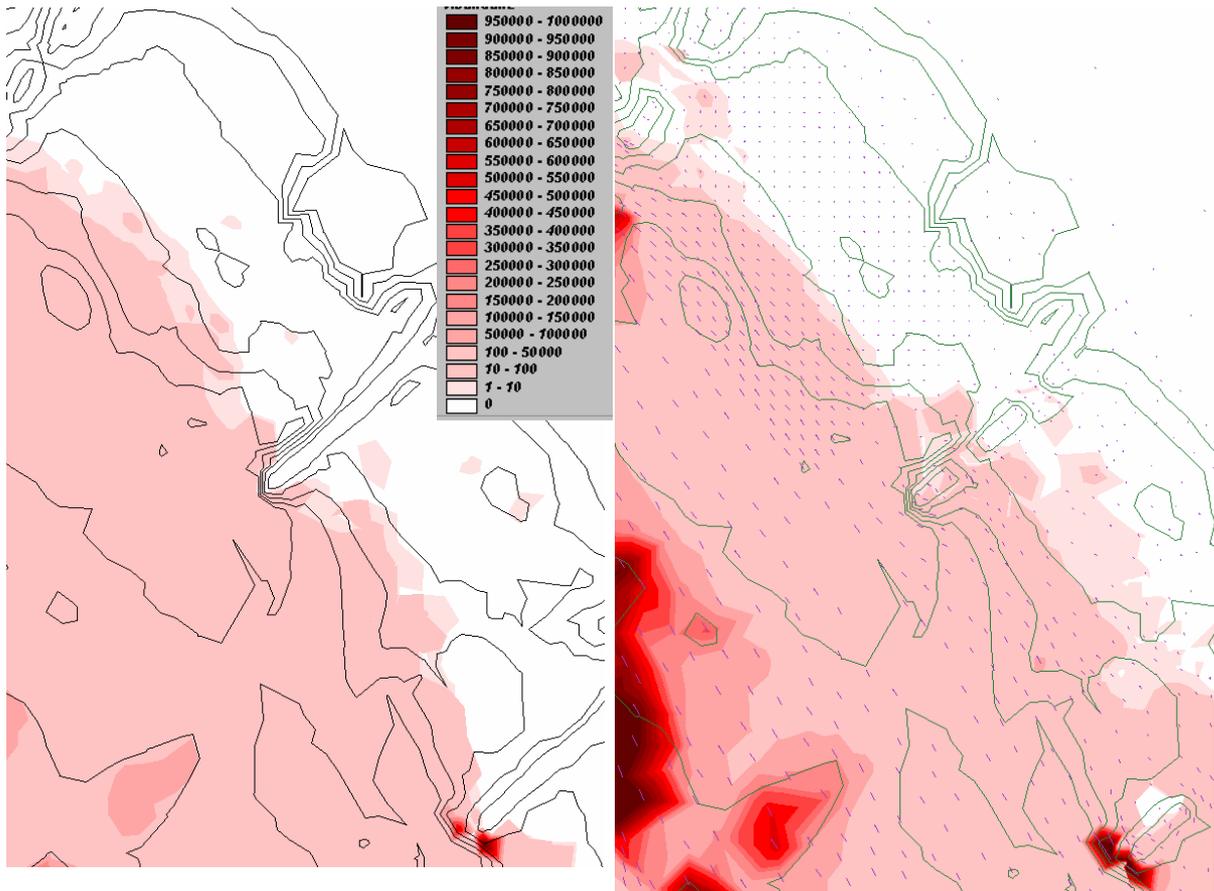


Abbildung 86: Verteilung von *R. demeijerei* vor (links) und nach (rechts) Änderung der Buhnenstruktur. Buhnenfelder im Prallhang bei Stkm 423

Wie in der Diskussion der Ergebnisse des Weichsubstrats dargestellt (5.5.2.2.5), zeigt *R. demeijerei* aber keine signifikante Präferenz für gröbere Substrate, daher ist bei den besonders groben Sedimenten (dunkelblaues Oval in Abbildung 85) keine Änderung der Abundanz zu verzeichnen.

Die Strömungsverteilung vor und nach Umbau der Buhnenstruktur ist in Abbildung 84 dargestellt. Es wird deutlich, daß in den Buhnenfeldern der Anteil der schneller strömenden Bereiche zwar nur wenig aber dennoch deutlich zugenommen hat (s. auch Bericht TP Wasserbau). Daher reagiert *R. demeijerei* mit einer Arealvergrößerung und insgesamt mit einer Abundanzzunahme. Die Buhnenfeldwalze ist ebenfalls aufgelöst, d.h. der Massenaustausch mit dem Hauptstrom hat deutlich zugenommen.

### 6.7.2 Buhnenfelder bei Stromkilometer 422

Die Modellierung in Abbildung 87 zeigt die Verteilung von *Limnodrilus sp.* vor dem virtuellen Umbau der Buhnen. Die Abundanz wurde modelliert für die Jahreszeit Herbst, ein pH Minimum von 7,5 und ein Sauerstoffsättigungsminium von 67%, welche aus der Trendanalyse als typisch für diese Jahreszeit ermittelt wurden.

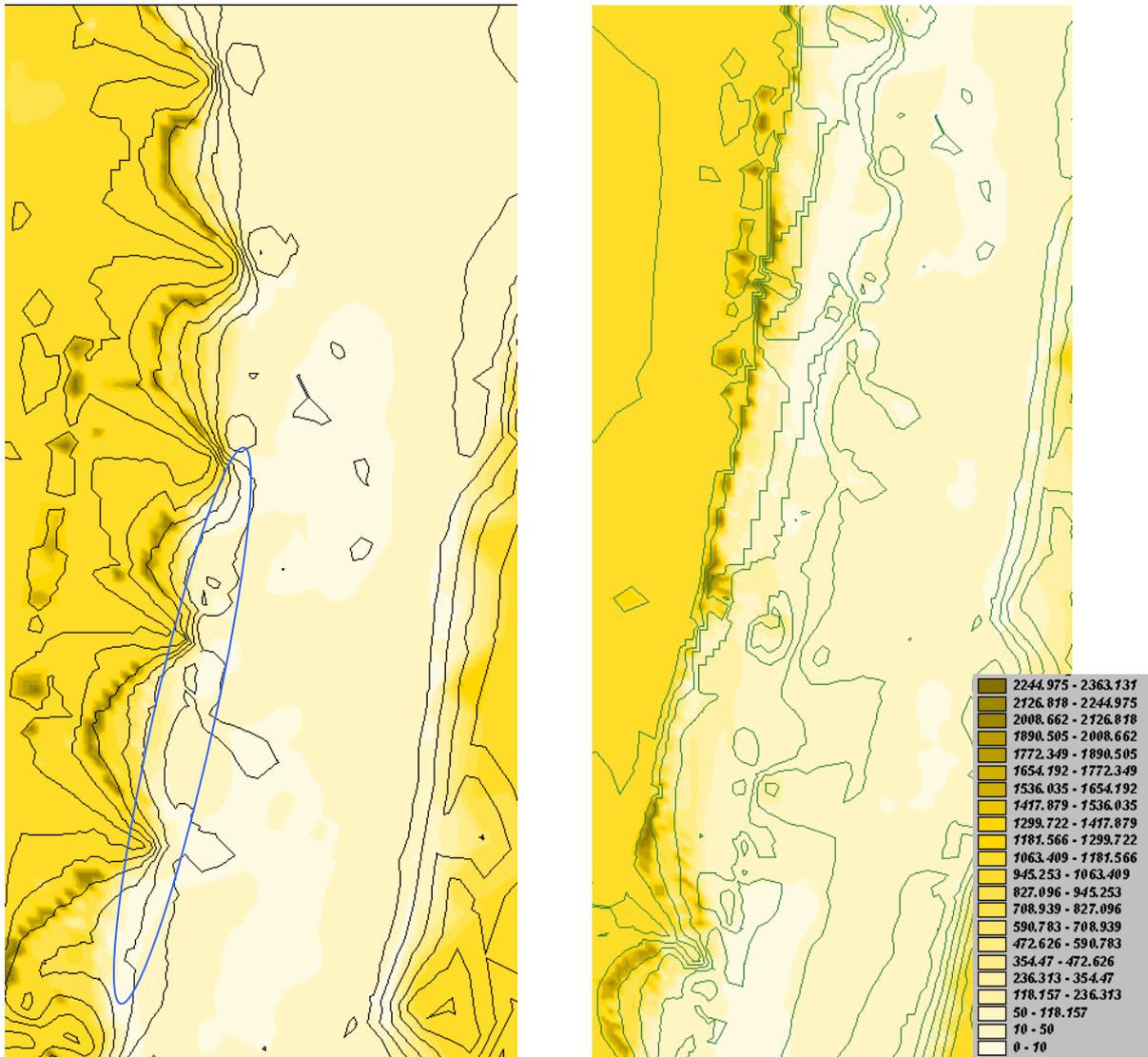


Abbildung 87: Verteilung von *Limnodrilus sp.* vor(links) und nach (rechts) Änderung der Buhnenstruktur Buhnenfelder im Gleithang bei stkm 422 Legende: Abundanz

Die Modellierung zeigt, wie schon in der Modellierung des Buhnenfeldes bei Stkm 423, die Präferenz von *Limnodrilus sp.* für lenitische Bereiche: der Tubificide dominiert in den sehr ufernahen strömungsberuhigten Bereichen, welche durch die (z.T. zugesandeten) Buhnen gebildet werden. Ufernah befindet sich ein Bereich mit sehr grobem Substrat (blauer Kreis), welches dazu führt, daß für diesen Bereich kein Vorkommen für *Limnodrilus sp.* modelliert wird.

Die Modellierung der Buhnen – Variante zeigt ein sehr ähnliches Abundanzmuster. Da der Bereich mit großem Korndurchmesser aber erweitert ist, werden hier größere Bereiche als nicht für *Limnodrilus sp.* geeignet gekennzeichnet. Allerdings ergibt sich, aufgrund der „Ausbaggerung“ insgesamt eine Arealvergrößerung.

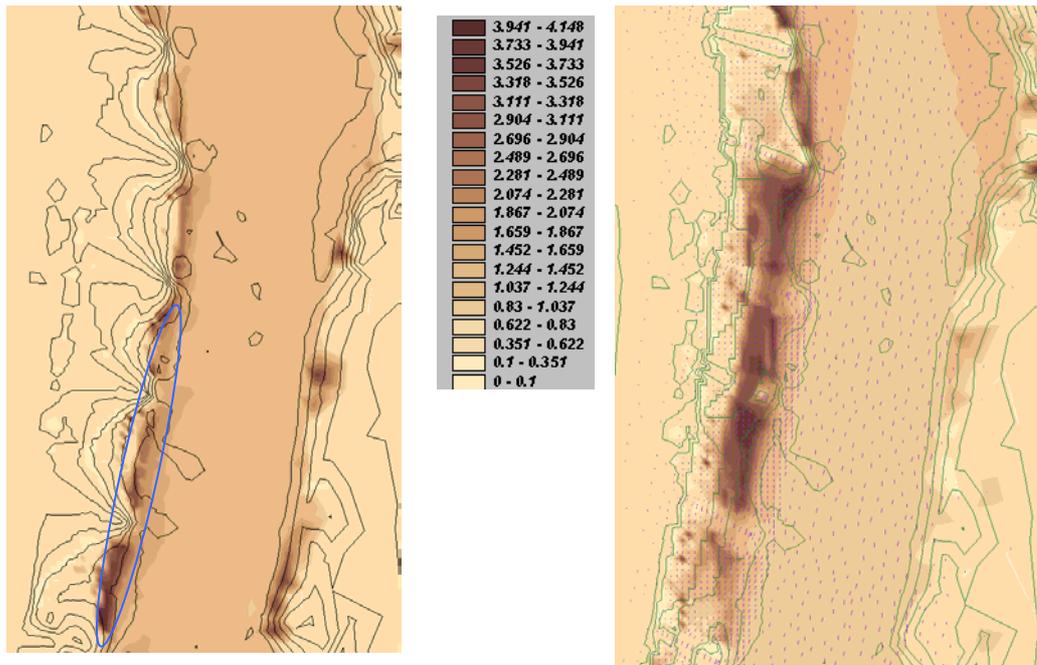


Abbildung 88: Verteilung der Korngrößen in den Bühnenfeldern vor (links) und nach (rechts) Änderung der Bühnenstruktur. Gleithang bei stkm 422 Legende: mittlerer Korndurchmesser nach Fuhrb. [mm]

Für die rheophile *R. demeijerei* wird in der Strommitte eine größere Abundanz ermittelt, als für die Seitenbereiche. Die Unterschiede zwischen Hauptstrom und Bühnenfeld sind aber weniger differenziert und ausgeprägt als in der bei Stkm 423 beschriebenen Variante der Bühnenfelder (6.7.1), da der Fluss in diesem Bereich ein sehr uniformes Bett aufweist.

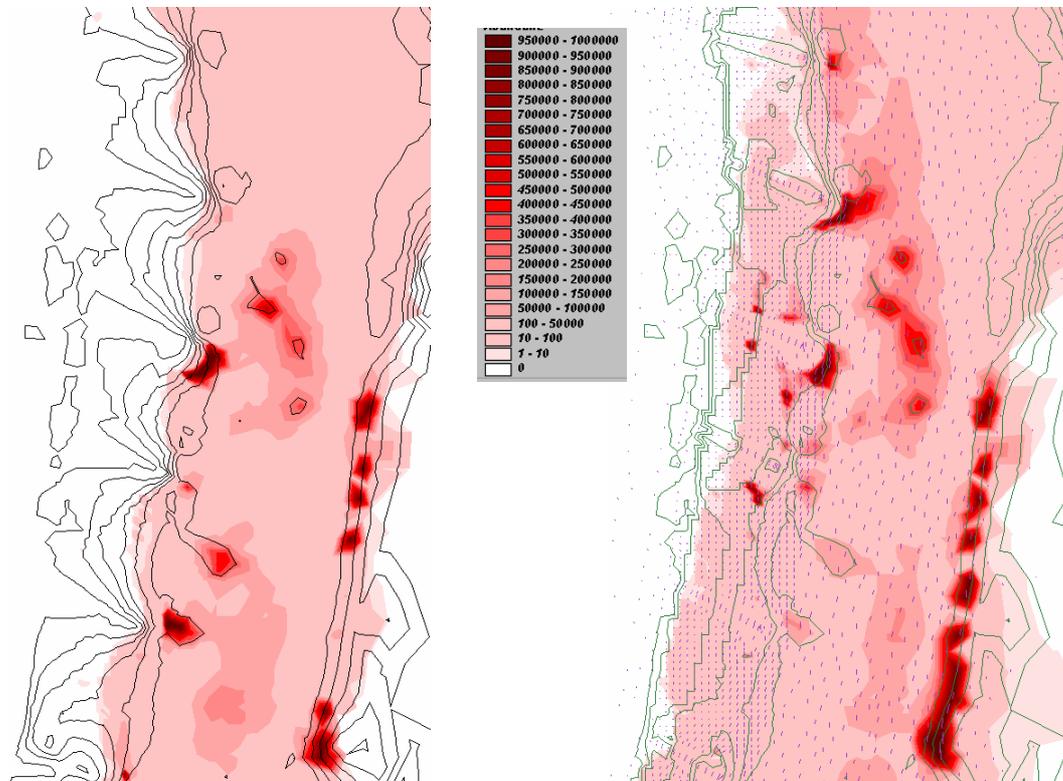


Abbildung 89: Verteilung von *R. demeijerei* vor (links) und nach (rechts) Änderung der Bühnenstruktur

Die modellierte Patchiness ist daher geringer und die zu erwartende Diversität ebenfalls. Die

- 
-

„Ausbaggerung“ verbessert diese Situation etwas. Die Modellierung der Verteilung von *R. demeijerei* wird auf der rechten Seite von Abbildung 89 nach Umbau der Bühnenfelder dargestellt. Es ergibt sich, ebenfalls aufgrund der Ausbaggerung der Bühnenfelder, eine Arealvergrößerung.

## 6.8 Diskussion der Modellierungsergebnisse

Die Modellierung extrapoliert den Response der Species, welcher aus der statistischen Analyse punktueller Mess- Ereignisse gewonnen wurde auf den gesamten Fluß, bzw. auf das begrenzte Messgebiet an der Elbe zwischen Stromkilometer 412 und 427. Hier stellt sich die Frage nach der **räumlichen Übertragbarkeit** der Ergebnisse: Die Messpunkte decken das abiotische Größen-Spektrum der Elbe in Bezug auf Strömungsgeschwindigkeit, Substratzusammensetzung organischen Gehalt und physikalische Parameter ab. Für diese Größen, welche durch die statistische Analyse als die für die Biozönose entscheidenden herausgestellt wurden, bewegt sich die Prognose im gemessenen Skalen –Bereich. Für die Parameter „Gewässertiefe“, welche in der Strommitte größer ist als im gemessenen Bereich und direkter „Einfluß des Schiffsverkehrs“, welcher nicht gemessen wurde kann keine direkte Aussage getroffen werden. Bei den in der Hauptvegetationsperiode sehr geringen Wasserständen der Elbe ist der Einfluß eines Schiffes z.B. durch Turbulenzen welche durch die Schiffsschrauben in unmittelbarer Nähe der Stromsohle verursacht werden, sicherlich erheblich. Da die Schifffahrt auf der Elbe während des Niedrigwassers mit maximal 5 Schiffen pro Tag aber ohnehin fast zum Erliegen kommt (eigene Beobachtungen über 2 Jahre), kann diesem Faktor nur lokale Bedeutung zugemessen werden. Die von uns in schnellströmenden Bereichen nahe der Ufer nachgewiesenen rheophilen Arten *R. demeijerei* und *P. volkii* wurden auch in anderen Untersuchungen in der Strommitte der Elbe nachgewiesen. (PETERMEIER & SCHÖLL 1996; SCHÖLL & BALZER 1998). Die Gewässertiefe eine Faktor der sich in der statistische Analyse als unbedeutet erwies, scheint keine Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Fauna zu haben. Es ist daher von der Übertragbarkeit auf den gesamten Strom auszugehen. Von einer weiteren räumlichen Übertragbarkeit der Modellierung auf andere Stromkilometer der Elbe kann ausgegangen werden, soweit sich die gewässerphysikalischen Parameter im Messbereich bewegen.

Die Plausibilität der **Übertragbarkeit** des Modells **in der Zeit**, d.h. auf andere Jahre ist durch die große Dynamik der benthischen Biozönose und durch die Tatsache, daß sich die Elbe durch weitere Verbesserung der Wasserqualität in einem Wandel zu einer anderen diverseren Biozönose befindet, mit Unsicherheiten behaftet. Da das Modell aber keine Prognosen auf Ebene der Biozönose, sondern auf Art, bzw. Taxa Ebene macht und diese durch Vergleiche mit den autökologischen Ergebnissen anderer Untersuchungen gut abgesichert erscheinen, ist die Übertragbarkeit ebenfalls gegeben, soweit sich die gewässerphysikalischen Parameter im Messbereich bewegen.

Die Modellierung der veränderten Bühnenfelder zeigte insgesamt eine leichte Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit (s. TP Wasserbau). Dies war ein Ziel der baulichen Veränderungen. Die Erhöhung war, insbesondere bei dem Prallhang bei Stromkilometer 423, aber wesentlich weniger deutlich als dies erwartet wurde. Dies muß auf örtliche Gegebenheiten zurückgeführt werden, die eine pauschale Vorhersage der Ergebnisse verhindern. Eine Modellierung der Gegebenheiten vor Ort erweist sich daher als notwendig, um die Ergebnisse von Umbaumaßnahmen besser vorhersagen zu können.

Ein Manko der Modellierung von Arten ist, daß zu der Veränderung der Diversität keine direkte Aussage gemacht werden, da ins Modell nur jene Arten aufgenommen werden können, welche im Gebiet vorgefunden wurden und für die signifikante Modelle erstellt werden konnten. Das Modell sollte daher weiterentwickelt werden, um nicht nur Arten (Zeigerarten) prognostizieren zu können

sondern auch Gilden, die es zu definieren gilt.

## 7 Zusammenfassung

Elbe weist in den Untersuchungsabschnitten eine artenarme **Benthozönose** auf. Das Weichsubstrat ist in hohen Abundanzen bis 600.000 Individuen/m<sup>2</sup> mit Oligochaeten (Wenigborster, Gürtelwürmer) und Chironomiden besiedelt. Die Arten- und Individuenzahlen der übrigen Taxa sind dagegen gering. 1999 ist allerdings eine deutliche Zunahme der Gesamt - Abundanz im Vergleich zum Vorjahr (1998) messbar. Das Hartssubstrat ist ebenfalls nur schwach besiedelt, hier sind Chironomiden (Zuckmücken) das dominierende Taxon.

Ein Vergleich der Korrelationen von Taxa des Weichsubstrats mit gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten und modellierten Strömungsgeschwindigkeiten zeigt, daß das Antwortverhalten der Taxa, insbesondere im unteren Geschwindigkeitsbereich der Strömung von der modellierten Geschwindigkeit differenzierter Ergebnisse beschrieben wird. 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. Aus diesem Grund korreliert auch die Fauna des Hartssubstrats besser mit Daten der ADV Messungen als mit den Daten der Modellierung.

Die modellierten Substratdaten dagegen korrelieren besser mit dem Makrozoobenthos des Weichsubstrats als die gemessenen Daten. **Insgesamt beschreiben die modellierten Parameter Strömungsgeschwindigkeit und mittlerer Korndurchmesser die Varianz im Datensatz relativ gut** und es ergeben sich daher mit den Taxa des Weichsubstrats auf hohem Signifikanzniveau Korrelationen. Die Biozönose des Hartssubstrats wird dagegen weniger gut beschrieben. Keine Zusammenhänge konnten auch zwischen den physikalischen Parametern, welche durch Absaugen des Interstitialwassers gewonnen wurden und der Weichsubstratbiozönose ermittelt werden; wahrscheinlich aufgrund zu geringer Probenanzahl.

Die multivariate Analyse von Fauna und Umweltdaten mittels RDA und CCA ermittelt die Abhängigkeit der Besiedlung von den bestimmenden Umweltfaktoren Zeit, Strömung und Substrat (in abnehmender Bedeutung). Das Antwortverhalten einzelner Spezies (u.a. *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Propappus volki* und *Robackia demeijerei*) erwies sich als besonders ausgeprägt und konnte auf diese Faktoren zurückgeführt werden. Die Aussagen sind auf hohem Signifikanzniveau abgesichert und werden durch Literaturangaben bestätigt.

Die gesonderte Analyse der **Chironomidenfauna** in den Bühnenfeldern der Elbe ergaben folgende Ergebnisse: Es konnten in den Untersuchungsjahren 1998 und 1999 in 230 ausgewerteten Proben 88 Taxa ermittelt werden, wobei im Jahr 1999 mehr Taxa gefunden wurden als im Vorjahr. Die Besiedlung auf Hart- und Weichsubstrat und die Ergebnisse der drei Fangmethoden (Aquarienaufzuchten, Eklektorfänge, Larvenfänge) unterschieden sich deutlich, so daß sie getrennt analysiert wurden. Direkte Gradientenanalysen der Proben mit den gemessenen Umweltparametern ergaben, daß die Strömungsgeschwindigkeit den wichtigsten Umweltfaktor für die Verteilung der Chironomidenarten in den Bühnenfeldern darstellt. Um die Abundanzen statistisch signifikanter Arten bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten und Korndurchmessern vorherzusagen, wurden Regressionsanalysen durchgeführt. Ein Literaturvergleich mit den Ergebnissen der Regressionsanalysen ergab hohe Übereinstimmungen in Bezug auf den Faktor Strömung und bestätigte somit die eigenen Analysen. Besonders hoch war diese Übereinstimmung bei der grössten gemessenen Strömungsgeschwindigkeit. Ein Vergleich des Korndurchmessers (Sedimentbeschaffenheit) ergab ebenfalls hohe Übereinstimmung, jedoch lagen für einen abgesicherten Vergleich zu wenig Literaturdaten vor.

Für die Modellierung wurden 2 Ansätze der Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Abundanzentwicklung und Umweltfaktoren benutzt und entwickelt: Ein GLM basiertes Modell, zur

Beschreibung der Abhängigkeit einer Spezies von einem Umweltfaktors und ein auf der RDA basierendes Polynom zur Beschreibung der Abundanzentwicklung der Spezies von mehreren Umweltfaktoren.

Das auf der RDA basierende Polynom zur Beschreibung der Fauna in Abhängigkeit mehrerer Umweltfaktoren, beschreibt die Abundanzentwicklung einzelner Spezies relativ gut und wurde zur Modellierung der Abundanz verschiedener Buhnenfeldvarianten eingesetzt, welche auf die Qualität der Veränderung beurteilt wurden. In die erarbeitete zentrale **Projektdatenbank** wurden die vom Projektteil "Wasserbau" gestellten abiotischen Daten integriert und mit den biologischen Proben verknüpft. Die Visualisierung der Modellierungsergebnisse mittels **Arcview**, welche eine einfache benutzergesteuerte Möglichkeit der Darstellung und Analyse der Daten bietet, wurde erarbeitet. Auf diese Weise wurde ein Werkzeug geschaffen, um Veränderungen der Fauna, als Folge geänderter hydraulischer und morphologische Randbedingungen der Elbe zu prognostizieren. Die Prognose erwies sich als plausibel. Es konnten Buhnenvarianten erarbeitet und getestet werden, welche eine größere Habitatdiversität bewirkten, welche sich in einer größeren Fleckenhaftigkeit der Besiedlung durch die getesteten Species widerspiegelte. Es zeigte sich aber, daß jeder Flussabschnitt individuell getestet werden muß, da die hydro- und morphodynamischen Bedingungen nur bedingt vergleichbar sind.

## 8 Literatur

- Armitage, P.D., Cranston, P.S., Pinder L.C.V.: The chironomidae. Biology and ecology of non-biting midges (1995) 572 S., London.
- Aschemeier, C., Kaschek, N., Meyer, E. (1997): Ist die "Fauna Aquatica Austriaca" (MOOG 1995) im nordwestdeutschen Tiefland anwendbar?. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 1997 (Frankfurt) : 743-747. Krefeld
- Abßmuth, T. (1992): Uferbewohnende Laufkäfer (Carabidae) und Blütenkäfer (Anthicidae) in Abhängigkeit vom Wassergang des Rheins. Diplomarbeit, TU-Darmstadt, unveröffentlicht.
- Bäthe, J. (1998): Makrozoobenthos. In: Folgen der Reduktion der Salzbelastung in Werra und Weser für das Fließgewässer als Ökosystem. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK). 108 – 116
- BÄTHE, J. , PREUß, K. ( 1993 ): Bericht zum DVWK-F&E Vorhaben; Folgen der Reduktion der Salzbelastung in Werra und Weser für das Fließgewässer als Ökosystem für den Zeitraum vom 31.12.1992 bis zum 31.07.1993 . Niedersächsisches Landesamt für Ökologie : S.. Hildesheim .
- BÄTHE, J. , PREUß, K. ( 1994 ): Bericht zum DVWK-F&E Vorhaben; Folgen der Reduktion der Salzbelastung in Werra und Weser für das Fließgewässer als Ökosystem für den Zeitraum vom 01.08.1993 bis zum 01.02.1994 . Niedersächsisches Landesamt für Ökologie : S.. Hildesheim .
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (BLFW) (1996): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. - Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 4/1996: 543 S., München.
- Birtwell, I.K. , Arthur, D.R. , 1980: The ecology of Tubificis in the Thames estuary with particular reference to *T. costatus* (Claparede) Brinkhurst, R.O.; Cook, D.G. In: Aquatic Oligochaete Biology, Plenum Press 175 184 New York
- BLAB, J., NOWAK, E., TRAUTMANN, W. (1984): Rote liste der gefährdeten Pflanzen und Tiere in der Bundesrepublik Deutschland. Sukopp, H. Kilda Verlag 1984.
- Bohle, H. W. (1995): Springer Verlag Spezielle Ökologie- Limnische Systeme : 1-265. Berlin Heidelberg New York.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. - Springer-Verlag Wien, New York.
- Brinkhurst, R.O. , , 1980: Pollution biology- the North American experience. Brinkhurst, R.O.; Cook, D.G. In: Aquatic Oligochaete Biology, Plenum Press 205 209 New York
- Brinkhurst, R.O. , Gelder, S. , 1991: Annelida: Oligochaeta and Branchiobdellida. Thorp, U.H. & Covich, A.P., Academic Press In: Ecology and classification of Nort American freshwater Invertebrates. 401 435 San Diego
- Brunke, M. , Gonser, T. ( 1997 ): The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwaters . Freshwater biology 37 : 1 - 33 .
- Caspers, H. (1952): Bodengreiferuntersuchungen über die Tierwelt in der Fahrinne der Unterelbe und im Vormündungsgebiet der Nordsee. Verh. Dt. Zool. Ges. Wilhelmshaven.
- Cellot, B. , Juget, J ( 1998 ): Oligochaete Drift in a large river (French upper Rhone): the effect of life cycke and discharge . Hydrobiologia 389 : 183 - 191 .
- Coates, K. A., 1986. Redescription of the oligochaete genus *Propappus*, and diagnosis of the new Family Propappidae (Annelida: Oligochaeta). Proc. biol. Soc. Wash. 99: 417–428.

- Cummins, K. W. (1962): Evaluation of some techniques of the collection of benthic samples and analysis with special emphasize on lotic waters. - Am. Midl. Nat. 67: 477-504.
- Cummins, K. W., Lauff, G.H. (1969): The influence of substrate particle size on the micordistribution of stream benthos. Hydrobiologie 34: 145-181.
- Die Elbe bei Drethem im Jahre 1792 u. 1893 Archiv: Staatsbibliothek zu Berlin PK, Kartenabteilung  
Signatur: Kart. L 15999/12 (Die Elbe bei Drethem 1792/1893)
- Dierschke, H. (1994): Pflanzensoziologie. - Ulmer Verlag Stuttgart.
- Dirksen, M. ( 1995 ): Biomassen des salzgestreßten Makrozoobenthos von Werra und Weser. standing crop und trophische Betrach . Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 1995 (Berlin) : 642 - 646 . Krefeld .
- Dirksen, M.T. (1998): "Standing crop and trophic consideration of the Macrozoobenthos of Werra and Weser and test of the valuation method Abundance Biomass Comparison" Limnologica 28(2): 157 – 166.
- Dirksen, M.T. (1998): Biomassen des Makrozoobenthos von Werra und Weser. In: Folgen der Reduktion der Salzbelastung in Werra und Weser für das Fließgewässer als Ökosystem. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK). 108 – 116
- DOWNING, J. A. (1979): Aggregation transformation and the design of benthos sampling programs. J. Fish. Res. Bd. Canada 36: 1454-1463.
- Drake, C.M., Elliot, J.M. (1982): A comparative study of three air-lift samplers used for sampling benthic macro-invertebrates in rivers. Freshwater biology 12: 511-533.
- Drake, C.M., Elliot, J.M. (1983): A new quantitative air-lift sampler for sampler for collecting macroinvertebrates on stony bottoms in deep rivers. Freshwater biology 13: 545-559.
- DRAKE, C.M., WINSTANLEY, B., OHNSTAD, F.R., ELLIOT, J.M. (1983): The Freshwater Biological Association Air Lift Sampler, User Manual. Freshwater Biological Association Occasional Publication 22: S.Ambleside.
- EDINGTON, J. L. , HILDREW, A. G. ( 1981 ): A key to the caseless caddis larvae of the british isles with notes on their ecology . Freshwater Biological Association scientific publication 43 : 91 S.
- Elliott, J. M. , Humpesch, U. H. , Macan, T. T. ( 1988 ): Larvae of the British Ephemeroptera: a key with ecological notes . Freshw. Biol. Assoc. Scientific Publication 49 : 1 - 143 .
- Freude, H. et al. (1976) Die Käfer Mitteleuropas, 2.
- GAUMERT, T. ( 1990 ): Gestaltung von Bühnenfeldern nach gewässerökologischen Gesichtspunkten . Wasserwirtschaft Wassertechnik 7 : 177 - 180 .
- General Charte von dem Elbstrome" Archiv: Geheimes Staatsarchiv PK Berlin, XI. HA Karten, Allgemeine Kartensammlung Signatur: D 50.178 (Elbe von Lütkenwische bis Dömitz) Repro: Nur mit Erlaubnis des Archives - hier: Scan vom erworbenen Dia, Ausschnitt
- Greenwood, K. S. , Thorp, J.H. ( 2001 ): Aspects of ecology and conservation of sympatric, prosobranch snails in a large river . Hydrobiologia 455 : 229 - 236 .
- Grumiaux, F., Leprêtre, A., Dhainaut-Courtois, N. (1998): "Effect of sediment quality on benthic macroinvertebrate communities in streams in the north of France". Hydrobiologia 385: 33-46.
- Hastrich, A. (1994): Makrozoobenthos in der mittleren und unteren Oder im Herbst 1992 und im historischen Vergleich. Gustav Fischer Verlag Jena, Limnologica 24 (4): 369-388.
- Horion, A. (1941) Faunistik der deutschen Käfer, 1, Adephaga – Caraboidea.

- Jährling, K.-H. (1996): Die flußmorphologischen Veränderungen an der Mittel-Elbe seit dem Jahr 1989 aus der Sicht der Ökologie. Prange, A. et al. Ökosystem Elbe- Zustand, Entwicklung und Nutzung- 7. Magdeburger Gewässerschutzseminar/Internationale Fachtagung in Budweis, Oktober 1996, Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart-Leipzig 77-83.
- Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.F.J., Van Tongeren, O.F.R. (1987): Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc Wageningen, pp. 299.
- Juget, J. , Lafont, M. ( 1994 ): Theoretical habitat templates, species richness: aquatic oligochaetes in the Upper Rhone River and its floodplain . *Freshwater biology* 31 : 327 - 340 .
- Kempf, L. 1992: Rote Liste der Laufkäfer (Carabidae). - In: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (Hrsg.): Rote Liste - Gefährdete Tiere im Land Brandenburg. -Potsdam S. 143-147.
- Klapp, E, Opitz von Boberfeld, W. (1990): Taschenbuch der Gräser. - Paul Parey Verlag Berlin, Hamburg.
- Koch, K. (1989): Ökologie 1-3. - Die Käfer Mitteleuropas.
- KOTHÉ, P. (1961): Hydrobiologie der Oberelbe. Natürliche, industrielle und wasserwirtschaftliche Faktoren in ihrer Auswirkung auf das Benthos des Stromgebiets oberhalb Hamburgs. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 26: 221-343.
- La Point, T. W., Melancin, S.M., Morris, M. K. (1984): Relations among observed metal concentrations, criteria and benthic community structural responses in 15 streams.. *J Wat Pollut. Contr. Fed.* 56: 1030-1038.
- Lafont, M. (2001): Oligochaete communities in the hyporheic zone of a glacial river, the Roseg River, Switzerland. *Hydrobiologia* 463 (1-3): 75-81.
- Lang, C. , , 1984: Eutrophication of Lakes Lemán and Nechatel (Switzerland) indicated by Oligochaete community *Hydrobiologia* 115 131 138
- Legendre & Gallagher (2001): Ecologically meaningful transformation for ordination of species data. *Oecologia* 129: 271-280.
- Leps, Jan: ~1998?: Evaluation of experiments in randomized complete blocks using canoco
- Macan, T. T. (1958): Methods of sampling the bottom fauna in stony streams. - *Verh. Internat. Ver. Limnol, Mitt.* 8: 1-21.
- Mario Jacobs & Rolf Schulmeister (2002): <http://vs.fernuni-hagen.de/Lernstats/LS/>
- Marmonier, P. , Bodergat, A.-M. , Doledéc, S. ( 1994 ): Theoretical habitat templates, species richness: ostracods in the Upper Rhone River and its floodplain . *Freshwater biology* 31 : 341 - 355 .
- MartinezAnsemil, E., Collado, R. (1996): Distribution patterns of aquatic oligochaetes inhabiting watercourses in the Northwestern Iberian peninsula. *HYDROBIOLOGIA* 334 (1-3): 73-83.
- McCall, P.L., Fisher, J.B. , 1980: Effects of tubificid Oligochaetes on physical and chemical properties of Lake Erie sediments Brinkhurst, R.O.; Cook, D.G. In: *Aquatic Oligochaete Biology*, Plenum Press 253 317 New York
- MEIRE PM, SEYS J, BUIJS J, COOSEN J. (1994 ) SPATIAL AND TEMPORAL PATTERNS OF INTERTIDAL MACROBENTHIC POPULATIONS IN THE OOSTERSCHELDE - ARE THEY INFLUENCED BY THE CONSTRUCTION OF THE STORM-SURGE BARRIER *HYDROBIOLOGIA* 283: 157-182.
- Milbrink , G. , , 1980: Oligochaete communities in pollution biology: the european situation with special reference to lake sin Scandinavia Brinkhurst, R.O.; Cook, D.G. In: *Aquatic Oligochaete Biology*, Plenum Press 433 455 New York

- Moller Pillot, H.K.M. & R.F.M. Buskens (1990): De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). Deel C: Autoökologie en verspreiding. – Nederlandse Faunistische mededelingen 1 C: 1-85.
- Moog (1995): Fauna Aquatica Austriaca, Lieferung Mai/95. - Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Oberdorfer, E (1993b): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil III. - G. Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York..
- Oberdorfer, E (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. - Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- PECKARSKY, B. L. , HORN, S. C. , STATZNER, B. ( 1989 ): Stonefly predation along a hydraulic gradient: a field test of the harsh - benign hypothesis . Freshwater Biology 24 : 181 - 191 .
- Petermeier, A., Schöll, F. (1996): Das hyporheische Interstitial der Elbe - Methodenrecherche -. Bundesanstalt für Gewässerkunde BfB - 1038 : 633-637. Krefeld.
- Pott, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. - Ulmer Verlag Stuttgart.
- Redaktion Fachgebiet "Binnengewässer" (Umweltbundesamt) (2001): WASSERWIRTSCHAFT IN DEUTSCHLAND. TEIL 2 – GEWÄSSERGÜTE OBERIRDISCHER BINNENGEWÄSSER – Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- rote Listen des Bundesamt für Naturschutz; Christian Köppel, Norbert Hirneisen, Erwin Rennwald (Hrsg., 2002)
- Rothmaler, W. (1994): Exkursionsflora von Deutschland: Gefäßpflanzen Atlasband. - G. Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
- Rothmaler, W. (1995): Exkursionsflora von Deutschland: Gefäßpflanzen Kritischer Band. - G. Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
- Saether, O.A., 1977: Taxonomic studies on Chironomidae: Nanocladius, Pseudochironomus and the Harnischia complex. – Bull. Fish. Res. Bd Can., 196: 1-143
- SCHLOESSER, D. W., REYNOLDSON, T.B., MANNY, B.A. (1995): OLIGOCHAETE FAUNA OF WESTERN LAKE-ERIE 1961 AND 1982 - SIGNS OF SEDIMENT QUALITY RECOVERY. JOURNAL OF GREAT LAKES RESEARCH 21 (3): 294-306.
- Schmedtje, U. ( 1993 ): Die Ermittlung von Strömungspräferenzen von Makroinvertebraten - eine methodenkritische Auseinandersetzung . Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 1993 (Coburg) : 327 - 331 . Krefeld .
- Schmedtje, U. ( 1995 ): Beziehungen zwischen der sohnahen Strömung, dem Gewässerbett und dem Makrozoobenthos in Fließgewässern - Ökologische Grundlagen für die Beurteilung von Ausleitungsstrecken . Institut für Zoologie und Limnologie Uni Innsbruck : S.. München .
- Schmeil, O., Fitschen, J. (1993): Flora von Deutschland. – Quelle & Meyer Verlag Heidelberg, Wiesbaden.
- Schmedtje, U. , Dittrich, A. ( 1994 ): Auswirkungen von Sohlrauhheit und Wassertiefe auf FST-Halbkugelmessungen . Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 1994 (Hamburg) : 754 - 758 . Krefeld .
- Schmedtje, U. , Dittrich, A. ( 1994 ): Auswirkungen von Sohlrauhheit und Wassertiefe auf FST-Halbkugelmessungen . Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 1994 (Hamburg) : 754 - 758 . Krefeld .
- Schöll, F. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins Das Makrozoobenthos des Rheins 2000 68. Plenarsitzung – 2./3. Juli 2002 – Luxemburg Bericht Nr. 128-d.doc
- Schöll, F., Balzer, I. (1998): Das Makrozoobenthos der deutschen Elbe 1992 - 1997. Lauterbornia 32: 101-112. Dinkelscherben.

- Schöll, F., Balzer, I. (1998): Das Makrozoobenthos der deutschen Elbe 1992- 1997. *Lauterbornia* 32: 101-112. Dinkelscherben.
- Schönborn, W. ( 1992 ): G. Fischer, Jena Fließgewässerbiologie : 1 - 504 . Jena .
- Schönborn, W. (1987): Secondary production and energy transfer in the polluted River Saale (Thuringia, Southern GDR). - *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 72: 539-557.
- Schwerdtfeger, F. (1975b): *Ökologie der Tiere 3. Synökologie.* - Parey, Hamburg-Berlin.
- Schwoerbel, J. (1986): *Methoden der Hydrobiologie.* - 3. Aufl., Gustav Fischer Verlag: 301 S.
- Seys, J. , Vincx, M. , Meire, P. ( 1999 ): Spatial distribution of oligochaetes in the tidal freshwater and brackish parts of the Schelde estuary (Belgium) . *Hydrobiologia* 406 : 119 - 132 .
- STATZNER, B. , MÜLLER, R. ( 1989 ): Standard hemispheres as indicators of flow characteristics in lotic benthos research . *Freshwater Biology* 21 : 445 - 459 .
- Statzner, B. Higler, B. (1986): Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. *Freshwater Biology* 16: 127-139.
- Tachet, H. , Pierrot, J. P. , Roux, C. , Bournoud, M. ( 1992 ): Net building behaviour of six Hydropsyche Species (Trichoptera) in relation to current velocity and distribution along Rhine River . *J. N. Am. Bethol Soc.* 11 ( 4 ) : 350 - 365 .
- Ter Braak, C.J.F., Verdonschot, P.F.M. (1994): An experimental manipulation of oligochaete communities in mesocosms treated with chlorpyrifod or nutrient additions: multivariate analysis with Monte Carlo permutation Tests. *Hydrobiologia*
- Timm, T., 1994. Propappidae and aquatic Enchytraeidae (Oligochaeta) from the farthest southeast of Russia. *Hydrobiologia* 278: 67–78.
- Timm, T., C. Erséus & S. Lundberg, 1996. New and unusual records of freshwater Oligochaeta from the Scandinavian Peninsula. *Nord. J. Freshwat. Res.* 72: 15–29.
- Trautner, J. Müller-Motzfeld, G., Nräunicke, M, (1998): In: Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands: Rote Liste der Sandlaufkäfer und Laufkäfer (Coleoptera: Cicindelidae et Carabidae) (Bearbeitungsstand 1996) , Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55
- Verdonschot, P.F.M. (1999): Micro-distribution of oligochaetes in a soft-bottomed lowland stream (Elsbeek; The Netherlands). *Hydrobiologia* 406: 149-163.
- Verdonschot, P.F.M. (2001): "Hydrology and substrates: determinants of oligochaete distribution in lowland streams (The Netherlands)". *Hydrobiologia* 463: 249-362.
- Wiederholm, T.(Ed.) 1989: The adult males of Chironomidae (Diptera) of the Holarctic region . – Keys and diagnoses. – *Ent. Scand. Suppl.*34: 1 – 532.
- Wildi, O. (1986): Analyse vegetationskundlicher Daten. Geobotanisches Institut der ETH Zürich, Heft 90, 272 S.
- Wilmanns, O. (1989): *Ökologische Pflanzensoziologie.* – Quelle & Meyer Verlag Heidelberg, Wiesbaden.
- Wisskirchen, R. (1995): Verbreitung und Ökologie von Flußufer-Pioniergesellschaften (*Chenopodium rubri*) im mittleren und westlichen Europa. - *Dissertationes Botanicae* Bd. 236, J. Cramer Verlag Berlin, Stuttgart.

## V Verzeichnis der Tabellen

|   |    |
|---|----|
| TABELLE 1: ÜBERSICHT UNTERSUCHUNGSGBIET. (QUELLE TP WASSERBAU).....   | 4  |
| TABELLE 2: PROBETECHNIKEN UND FLÄCHEN-UMRECHNUNGSFAKTOREN.....  | 12 |
| TABELLE 3: VERFÜGBARKEIT DER UMWELTPARAMETER DATEN UND DEREN KOPPLUNG AN MODELL.....  | 13 |
| TABELLE 4: ANGENOMMENE PEGELSTÄNDE FÜR DIE MODELLIERUNG.....  | 14 |
| TABELLE 5: PARAMETER UND IHRE KÜRZEL DIE ZUR ANALYSE ZUR VERFÜGUNG STANDEN.....   | 16 |
| TABELLE 6: PROBEN SUBSETS IN ABHÄNGIGKEIT DER UMWELTPARAMETER (BENTHOSPROBEN).....  | 16 |
| TABELLE 7: CODIERUNG PROBENNAHMEZEITRAUM (TERRESTRISCHE PROBEN).....  | 17 |
| TABELLE 8: CODIERUNG TRANSEKT (TERRESTRISCHE PROBEN).....   | 18 |
| TABELLE 9: NOMENKLATUR DER PROBEN.....  | 18 |
| TABELLE 10: PARAMETER FÜR DIE KORRELATIONSANALYSE (GESAMT).....   | 20 |
| TABELLE 11: EINTEILUNG IN DOMINANZKLASSEN (ENGELMANN 1978).....   | 21 |
| TABELLE 12: NACH MARIO JACOBS & ROLF SCHULMEISTER <a href="http://vs.fernuni-hagen.de/LERNSTATS/LS/">HTTP://VS.FERNUNI-HAGEN.DE/LERNSTATS/LS/</a> .....                                       | 30 |
| TABELLE 13: KOMBINATIONSMÖGLICHKEITEN DER VERSCHIEDEN TRANSFORMIERTEN DATEN, FÜR WELCHE<br>DER PEARS. KORRELATIONSKOEFFIZIENT BERECHNET WIRD. ....  | 31 |
| TABELLE 14: BESCHREIBUNG DER WICHTIGSTEN TABELLEN IN DER BENTHOS PROJEKTDATENBANK.....  | 41 |
| TABELLE 15: VERTEILUNG DER Ø STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEITEN AN DEN PROBESTELLEN IM VERGLEICH<br>DER BUHNENFELDER- N=160 (DATENSATZ OLIGOCHAETEN, WEICHSUBSTRAT).....                              | 41 |
| TABELLE 16: VERTEILUNG DES DURCHSCHNITTLICHEN KORNDURCHMESSERS (NACH MEIER PETER) AN DEN<br>PROBESTELLEN IM VERGLEICH DER BUHNENFELDER- N=160 (DATENSATZ OLIGOCHAETEN,<br>WEICHSUBSTRAT)..... | 42 |
| TABELLE 17: VERTEILUNG DES ORGNISCHEN GEHALTS DER SEDIMENTE AN DEN PROBESTELLEN IM VERGLEICH<br>DER BUHNENFELDER- N=160 (DATENSATZ OLIGOCHAETEN, WEICHSUBSTRAT).....                          | 42 |
| TABELLE 18: VERTEILUNG DER PROBENANZAHL IM VERGLEICH DER BEPROBTEN BUHNENFELDER- N=160<br>(DATENSATZ OLIGOCHAETEN, WEICHSUBSTRAT).....  | 42 |
| TABELLE 19: VERTEILUNG DER PROBENANZAHL IM VERGLEICH PROBEMONATE- N=160 (DATENSATZ<br>OLIGOCHAETEN, WEICHSUBSTRAT).....   | 43 |
| TABELLE 20: MONATS WERTE FÜR DIE „VARIABLEN“ ZUR BERECHNUNG DER MODELLIERTEN ABUNDANZ... ..   | 44 |
| TABELLE 21: JAHRESZEITS WERTE FÜR DIE „VARIABLEN“ ZUR BERECHNUNG DER MODELLIERTEN ABUNDANZ<br>.....   | 44 |
| TABELLE 22. AUSGEWERTETE PROBEN UND TAXAZAHL NACH UNTERSUCHUNGSJAHREN GETRENNT.....   | 45 |
| TABELLE 23. ANZAHL AUSGEWERTETER PROBEN UND TAXAZAHL NACH PROBENAHMEMETHODE UND<br>UNTERSUCHUNGSJAHR GETRENNT.....  | 45 |
| TABELLE 24. TAXAZAHL UND ANZAHL AUSGEWERTETER PROBEN NACH SUBSTRATTYP GETRENNT.....   | 46 |
| TABELLE 25. TAXALISTE UND DOMINANZCHARAKTERISTIK DER CHIRONOMIDEN IN DEN<br>UNTERSUCHUNGSJAHREN 1998 UND 1999 NACH SUBSTRATTYPEN GETRENNT. ....   | 46 |
| TABELLE 26. TAXAZAHL UND ANZAHL AUSGEWERTETER PROBEN NACH PROBENAHMEMETHODE GETRENNT.....   | 49 |
| TABELLE 27. CANOCOKÜRZEL DER TAXANAMEN.....   | 50 |
| TABELLE 28. KORRELATION DER AXSEN DER CCA DER AQUARIENAUFZUCHTEN MIT DEN<br>UMWELTVARIABLEN UND VARIANZERKLÄRUNG DES DATENSATZES DURCH DIE UMWELTFAKTOREN ....                                | 55 |
| TABELLE 29. KENNGRÖSSEN DER CCA DER AQUARIENAUFZUCHTEN.....   | 55 |
| TABELLE 30. KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN<br>UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG (AQUARIENAUFZUCHTEN).....   | 59 |
| TABELLE 31. KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN<br>UMGEBUNGSFAKTOR KORNDURCHMESSER (AQUARIENAUFZUCHTEN).....  | 60 |
| TABELLE 32. KORRELATION DER AXSEN DER CCA DER EKLEKTORFÄNGE MIT DEN UMWELTFAKTOREN UND<br>VARIANZERKLÄRUNG DES DATENSATZES DURCH DIE UMWELTVARIABLEN.....                                     | 61 |
| TABELLE 33. KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN<br>UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG (EKLEKTORFÄNGE).....  | 64 |
| TABELLE 34 KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN<br>UMGEBUNGSFAKTOR KORNDURCHMESSER(EKLEKTORFÄNGE).....   | 66 |
| TABELLE 35 KORRELATION DER AXSEN DER RDA DER CHIRONOMIDENLARVEN MIT DEN<br>UMWELTFAKTOREN UND VARIANZERKLÄRUNG DES DATENSATZES DURCH DIE UMWELTVARIABLEN ...                                  | 67 |
| TABELLE 36. KENNGRÖSSEN DER RDA DER CHIRONOMIDENLARVEN.....   | 68 |
| TABELLE 37. KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN<br>UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG (CHIRONOMIDENLARVEN).....   | 71 |
| TABELLE 38. KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN<br>UMGEBUNGSFAKTOR KORNDURCHMESSER (CHIRONOMIDENLARVEN).....  | 72 |

|  |     |
|--|-----|
| TABELLE 39: KONSTANTEN DER UMWELTVARIABLEN; MULTIPLE REGRESSION SAME GEGEN UMWELTVAR.<br>.....   | 73  |
| TABELLE 40. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEITEN ZWISCHEN 0 - 0,1<br>M/SEC NACH EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND STRÖMUNGSPRÄFERENZEN AUS LITERATURDATEN .....   | 75  |
| TABELLE 41. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEITEN ZWISCHEN 0,1 - 0,4<br>M/SEC NACH EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND STRÖMUNGSPRÄFERENZEN AUS LITERATURDATEN .....   | 76  |
| TABELLE 42. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEITEN $\geq 0,6$ M/SEC NACH<br>EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND STRÖMUNGSPRÄFERENZEN AUS LITERATURDATEN.....  | 76  |
| TABELLE 43. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI EINEM KORNDURCHMESSER VON 0 – 1,5 MM NACH<br>EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND SEDIMENTPRÄFERENZEN NACH LITERATURDATEN .....  | 78  |
| TABELLE 44. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI EINEM KORNDURCHMESSER VON 1,6 – 5,4 MM NACH<br>EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND SEDIMENTPRÄFERENZEN NACH LITERATURDATEN .....  | 78  |
| TABELLE 45. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI EINEM KORNDURCHMESSER $\geq 5,5$ MM NACH EIGENEN<br>UNTERSUCHUNGEN UND SEDIMENTPRÄFERENZEN NACH LITERATURDATEN .....   | 78  |
| TABELLE 46: ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND TAXALISTE DER UNTERSUCHUNGEN DER JAHRE 1998 UND 1999,<br>SOWIE AUTÖKOLOG. EINSTUFUNG, SAPROBIEWERTE UND POTAMON TYPISCHER INDEX (BAYR. LA. AMT 1996,<br>MOOG 1995, BFG 2001 ) DER TAXA .....   | 82  |
| TABELLE 47: "ROTE LISTE" ARTEN DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS (1: „VOM AUSSTERBEN BEDROHT“; 2:<br>„STARK GEFÄHRDET“; 3: „GEFÄHRDET“; 4: „POTENTIELL GEFÄHRDET“; V: VORWARNLISTE; S:<br>SONDERKATEGORIE) QUELLE: ROTE LISTEN DES BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ; CHRISTIAN KÖPPEL,<br>NORBERT HIRNEISEN, ERWIN RENNWALD (HRSG., 2002)..... | 83  |
| TABELLE 48: ANALYSE DER LÄNGE DES GRADIENTEN; DCCA KENNWERTE- N=159 .....  | 86  |
| TABELLE 49: VARIANZERKLÄRUNGEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEITEN ALLER MÖGLICHEN<br>VARIABLEN.....   | 87  |
| TABELLE 50: PEARSON´ KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND ORDINATIONSACHSEN.<br>DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,1. ABKÜRZUNGEN S. KAP.<br>4.1.5.....   | 88  |
| TABELLE 51: ANALYSE DER LÄNGE DES GRADIENTEN; DCCA KENNWERTE- N=59 .....   | 90  |
| TABELLE 52: VARIANZERKLÄRUNGEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEITEN ALLER VARIABLEN. ....   | 91  |
| TABELLE 53: PEARSON´ KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND ORDINATIONSACHSEN.<br>DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,1.....   | 92  |
| TABELLE 54: ANALYSE ZUR GRADIENTENLÄNGE; DCCA KENNWERTE- N=35 .....  | 94  |
| TABELLE 55: VARIANZERKLÄRUNGEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEITEN ALLER STRÖMUNGS<br>VARIABLEN.....   | 95  |
| TABELLE 56: KORRELATION DER SPECIES AXEN DER ORDINATION MIT DEN UMGEBUNGSVARIABLEN. ....   | 95  |
| TABELLE 57: KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND SPECIES FÜR DEN DATENSATZ STRÖMUNG<br>MODELLIERT/STRÖMUNG GEMESSEN AUF HARTSUBSTRAT. DARGESTELLT SIND ALLE KORR.<br>KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,1.....  | 96  |
| TABELLE 58: ANALYSE DER LÄNGE DES GRADIENTEN; DCA KENNWERTE- N=159 .....   | 98  |
| TABELLE 59: DCCA KENNWERTE- N=159 .....  | 100 |
| TABELLE 60: VARIANZERKLÄRUNGEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEITEN ALLER MÖGLICHEN VARIABLEN.<br>.....   | 101 |
| TABELLE 61: PEARSON´ KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND ORDINATIONSACHSEN.<br>DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,4.....   | 103 |
| TABELLE 62: KORRELATIONEN UND SIGNIFIKANZNIVEAUX DER UMWELTPARAMETER MIT DEN AXEN DER<br>ORDINATION. ....  | 104 |
| TABELLE 63: KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND SPECIES. DARGESTELLT SIND ALLE KORR.<br>KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,1.....  | 107 |
| TABELLE 64: KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEITEN FÜR DIE LINK FUNKTION. ABUNDANZ<br>$Y = \exp[b_0 + (b_1 \times X) + (b_2 \times X^2)]$ (** ALPHA =0,05; * ALPHA =0,1).....  | 111 |
| TABELLE 65: KONSTANTEN DER UMWELTVARIABLEN; MULTIPLE REGRESSION SAME GEGEN UMWELTVAR. ....   | 112 |
| TABELLE 66: REGRESSION DER SAME SCORES VON AXEN 1-4 GEGEN LN ABUNDANZEN.....   | 113 |
| TABELLE 67: KENNWERTE DER RDA WEICHSUBSTRAT .....  | 115 |
| TABELLE 68: TEST AUF LÄNGE DES GRADIENTEN DCA KENNWERTE- N=159 .....   | 121 |
| TABELLE 69: VARIANZERKLÄRUNGEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEITEN ALLER MÖGLICHEN<br>VARIABLEN.....   | 122 |
| TABELLE 70: PEARSON´ KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND ORDINATIONSACHSEN.<br>DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,4.....   | 123 |
| TABELLE 71: KORRELATIONEN UND SIGNIFIKANZNIVEAUX DER UMWELTPARAMETER MIT DEN AXEN DER<br>ORDINATION. ....  | 124 |

|   |     |
|---|-----|
| TABELLE 72: KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND SPECIES. DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,2 .....   | 127 |
| TABELLE 73: TEST AUF GRADIENTENLÄNGE; DCA KENNWERTE- N=64 .....   | 128 |
| TABELLE 74: TEST AUF LÄNGE DES GRADIENTEN; DCCA KENNWERTE- N=64 .....   | 129 |
| TABELLE 75: VARIANZERKLÄRUNGEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEITEN ALLER MÖGLICHEN VARIABLEN. ....  | 130 |
| TABELLE 76: PEARSON' KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND ORDINATIONSACHSEN. DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,3 .....                                    | 132 |
| TABELLE 77: KORRELATIONEN UND SIGNIFIKANZNIVEAUX DER UMWELTPARAMETER MIT DEN ACHSEN DER ORDINATION.....   | 133 |
| TABELLE 78: KORRELATIONSMATRIX HARTSUBSTRAT UMWELTPARAMETER UND SPECIES. DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,2 .....  | 136 |
| 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).....            | 138 |
| TABELLE 80: : KONSTANTEN DER UMWELTVARIABLEN; MULTIPLE REGRESSION SAME GEGEN UMWELTVARIABLEN .....  | 139 |
| TABELLE 81: KONSTANTEN DER TAXAN; MULTIPLE REGRESSION SAME GEGEN ABUNDANZ TAXON .....   | 141 |
| TABELLE 82: KENNWERTE DER RDA WEICHSUBSTRAT .....   | 142 |
| TABELLE 83: ARTENZAHLEN PRO HÖHERES TAXON DER JAHRE 1998 UND 1999 IM VERGLEICH.....   | 146 |
| TABELLE 84: DURCHSCHNITTLICHE ABUNDANZEN DER JAHRE 1998 UND 1998 IM VERGLEICH .....   | 146 |
| TABELLE 85: VERGLEICH DER TAXAZAHL VERSCHIEDENER GROBER FLÜSSE .....  | 147 |
| TABELLE 86: SAPROBINDICES ERSTELLT MIT ARTENLISTE NACH DIN UND MIT ARTENLISTE NACH MOOG (1995). JEWEILS GETRENNT BERECHNET FÜR PROBEN DER JAHRE 1998 UND 1999 .....                       | 147 |
| 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 ..... | 148 |
| TABELLE 88: PTI FÜR ALLE PROBEN EINES BUHNENFELDES GEPOOLT KALKULIERT. ....   | 148 |
| TABELLE 89: ANZAHL ARTEN IN DEN ÖKOKLASSEN; ALLE PROBEN EINES BUHNENFELDES GEPOOLT .....  | 148 |
| TABELLE 90: PTI FÜR ALLE PROBEN EINES JAHRES GEPOOLT KALKULIERT. ....   | 148 |
| TABELLE 91: ANZAHL ARTEN IN DEN ÖKOKLASSEN; ALLE PROBEN EINES JAHRES GEPOOLT KALKULIERT ...   | 148 |
| TABELLE 92: KENNWERTE DER PARTIELLEN RDA (RDA MIT COVARIABLEN) .....  | 150 |
| TABELLE 93. DOMINANZTABELLE (CARABIDAE, GESAMT FALLENANZAHL: 1569, ARTENZAHL: 123, GESAMTABUNDANZ: 29307) .....   | 154 |
| TABELLE 94. DOMINANZTABELLE (CARABIDAE, BUHNENFELD KM 418, GESAMTABUNDANZ: 11357).....  | 154 |
| TABELLE 95. DOMINANZTABELLE (CARABIDAE, BUHNENFELD KM 419, GESAMTABUNDANZ: 4337).....   | 155 |
| TABELLE 96. DOMINANZTABELLE (CARABIDAE, BUHNENFELD KM 423, GESAMTABUNDANZ: 5229).....   | 155 |
| TABELLE 97. DOMINANZTABELLE (CARABIDAE, BUHNENFELD KM 425, GESAMTABUNDANZ: 2601).....   | 156 |
| TABELLE 98. DOMINANZTABELLE (CARABIDAE, BUHNENFELD KM 427, GESAMTABUNDANZ: 5783).....   | 156 |
| TABELLE 99. DOMINANZTABELLE (CARABIDAE, 1998, FALLENANZAHL: 1001, ARTENZAHL: 113, GESAMTABUNDANZ: 22011) .....  | 158 |
| TABELLE 100. DOMINANZTABELLE (CARABIDAE, 1999, FALLENANZAHL: 564, ARTENZAHL: 85, GESAMTABUNDANZ: 7233) .....  | 160 |
| TABELLE 101. ARTEN DER ROTEN LISTE DEUTSCHLAND.....   | 161 |
| TABELLE 102. ARTEN DER ROTEN LISTE BRANDENBURG .....  | 162 |
| TABELLE 103. GEFÄHRDUNGSGRAD ROTEN LISTE BRANDENBURG .....  | 162 |
| TABELLE 104: UMWELTPARAMETERSATZ 1 .....  | 164 |
| TABELLE 105: ERGEBNIS DES MONTE CARLO PERMUTATION TEST AUF UMWELTPARAMETERSATZ 1 .....  | 164 |
| TABELLE 106: ERGEBNIS DES MONTE CARLO PERMUTATION TEST AUF UMWELTPARAMETERSATZ „ENV_MORPH 0“ .....  | 166 |
| TABELLE 107: KONSTANTEN DER UMWELTVARIABLEN; MULTIPLE REGRESSION SAME GEGEN UMWELTVARIABLE. ....  | 173 |
| TABELLE 108: REGRESSION DER SAME SCORES VON ACHSEN 1-3 GEGEN LN ABUNDANZEN .....  | 173 |
| TABELLE 109: VERÄNDERUNGEN IN DER GEWÄSSERMORPHOLOGISCHEN STRUKTUR DER MITTELELBE (JÄHRLING 1992).....  | 182 |

## 9 Verzeichnis der Abbildungen

|  |    |
|--|----|
| ABBILDUNG 1: BUHNENFELD 1: ELBE-KM 418,1; RECHTS. BLICKRICHTUNG VON FLUBAUFWÄRTS GELEGENER BUHNE FLUBABWÄRTS, EKLEKTORSTANDORT RECHTS UNTEN; NIEDRIGWASSER.....                          | 5  |
| ABBILDUNG 2: BUHNENFELD 2: ELBE-KM 419,9 LINKS. BLICKRICHTUNG VON FLUBAUFWÄRTS GELEGENER BUHNENWURZEL ZUR FLUBABWÄRTS GELEGENEN BUHNE; EKLEKTORSTANDORT LINKS MITTE; NIEDRIGWASSER ..... | 5  |
| ABBILDUNG 3: BUHNENFELD 3: ELBE-KM 423,1 RECHTS BLICKRICHTUNG AUF FLUBAUFWÄRTS GELEGENE BUHNE, EKLEKTORSTANDORT MITTE; NIEDRIGWASSER.....  | 6  |
| ABBILDUNG 4: BUHNENFELD 4: BEI ELBE-KM 425 RECHTS BLICKRICHTUNG AUF FLUBABWÄRTS GELEGENE BUHNE, EKLEKTORSTANDORT MITTE; NIEDRIGWASSER.....   | 6  |
| ABBILDUNG 5: BUHNENFELD 5: ELBE-KM 427,2 LINKS BLICKRICHTUNG AUF FLUBABWÄRTS GELEGENE BUHNE, MITTEL-NIEDRIGWASSER.....   | 7  |
| ABBILDUNG 6: SCHEMATISIERTE ANSICHT EINES „STANDARD“-PROBENFELDES.....   | 8  |
| ABBILDUNG 7: MODELL DER RDA .....  | 26 |
| ABBILDUNG 8: ÜBERSICHT ÜBER DATEN- UND INFORMATIONENFLUSS UND DEN ABLAUF DER UNTERSUCHUNG (ENV: UMGEBUNGSVARIABLEN; SPEC: SPEZIES; .....   | 35 |
| ABBILDUNG 9: TEIL-ORGANIGRAMM DER PROJEKTDATENBANK AQUATIK.....  | 36 |
| ABBILDUNG 10: BSP. EINER VISUALISIERUNG EINES BUHNENFELDES (VERTEILUNG DER ORGANIK UND PROBEN).....  | 37 |
| ABBILDUNG 11: ANSICHT DES GIS. LINKS VIEW ELBE1 MIT MODELLIERUNG EINER CHIRONOMIDAE, RECHTS RELIEF.....  | 38 |
| ABBILDUNG 12: ANSICHT DER PROJEKTDATENBANK MIT STARTFORMULAR.....  | 39 |
| ABBILDUNG 13: FORMULAR FRM1_ARCVIEW2 ZUR ABUNDANZ MODELLIERUNG UND ÜBERGABE DER DATEN AN ARCVIEW .....   | 40 |
| ABBILDUNG 14: DURCHSCHNITTLICHE PEGELWERTE DER MONATE DER JAHRE 1998 UND 1999.....   | 43 |
| ABBILDUNG 15: MINIMA MAXIMA UND MITTELWERTE DER SAUERSTOFFSÄTTIGUNG DES ELBWASSERS DER MONATE DER JAHRE 1992 BIS 2002 .....  | 44 |
| ABBILDUNG 16: MINIMA, MAXIMA UND MITTELWERTE DES pH - WERTS DES ELBWASSERS DER MONATE DER JAHRE 1992 BIS 2002 .....  | 45 |
| ABB. 17. CA (1.2. HA) VERGLEICH DER FANGMETHODEN .....   | 52 |
| ABB. 18. CA (1.2. HA) BESIEDLUNG DER CHIRONOMIDEN VON HART-UND WEICHSUBSTRAT.....  | 53 |
| ABB. 19. CCA (1.2. HA) DER AQUARIENAUFZUCHTEN (UMGEBUNGSFAKTOREN UND PROBEN).....  | 55 |
| ABB. 20. CCA (1.2. HA) DER AQUARIENAUFZUCHTEN (UMGEBUNGSFAKTOREN UND TAXA / STRÖMUNGSGESCHW. HERVORGEHOBEN).....   | 56 |
| ABB. 21. CCA (1.4. HA) DER AQUARIENAUFZUCHTEN (UMGEBUNGSFAKTOREN UND TAXA / KORNDURCHMESSER HERVORGEHOBEN).....  | 57 |
| ABB. 22. MODEL RESPONSES AQUARIENAUFZUCHTEN; UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG (M/S) GEGEN ABUNDANZEN (LOG INDIVIDUEN/M <sup>2</sup> ), P<=0.05, PROBENANZAHL: 30.....                            | 58 |
| ABB. 23. MODEL RESPONSES AQUARIENAUFZUCHTEN; UMGEBUNGSFAKTOR KORNDURCHMESSER (MM) GEGEN ABUNDANZEN (LOG INDIVIDUEN/M <sup>2</sup> ), P <= 0.05, PROBENANZAHL: 30.....                    | 59 |
| ABB. 24. CCA (1.2. HA) DER EKLEKTORFÄNGE (UMGEBUNGSFAKTOREN UND PROBEN) .....  | 61 |
| ABB. 25. CCA (1.2. HA) DER EKLEKTORFÄNGE (UMGEBUNGSFAKTOREN UND TAXA / STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT UND KORNDURCHMESSER HERVORGEHOBEN) .....   | 62 |
| ABB. 26. MODEL RESPONSES EKLEKTORFÄNGE; UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG (M/S) GEGEN ABUNDANZEN (LOG INDIVIDUEN/M <sup>2</sup> ), P <= 0.05, PROBENANZAHL: 38 .....                              | 63 |
| ABB 27. MODEL RESPONSES EKLEKTORFÄNGE; UMGEBUNGSFAKTOR KORNDURCHMESSER (MM) GEGEN ABUNDANZEN (LOG INDIVIDUEN/M <sup>2</sup> ), P <= 0.05, PROBENANZAHL: 38 .....                         | 65 |
| ABB. 28. RDA (1.2. HA) DER CHIRONOMIDENLARVEN (UMGEBUNGSFAKTOREN UND PROBEN).....  | 67 |
| ABB. 29. RDA (1.2. HA) DER CHIRONOMIDENLARVEN (UMGEBUNGSFAKTOREN UND TAXA) .....   | 69 |
| ABB. 30. MODEL RESPONSES CHIRONOMIDENLARVEN; UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG (M/S) GEGEN ABUNDANZEN (LOG INDIVIDUEN/M <sup>2</sup> ), P <= 0.05, PROBENANZAHL:68.....                           | 70 |
| ABB. 31 MODEL RESPONSES CHIRONOMIDENLARVEN; UMGEBUNGSFAKTOR KORNDURCHMESSER (MM) GEGEN ABUNDANZEN (LOG INDIVIDUEN/M <sup>2</sup> ), P <= 0.05, PROBENANZAHL:68.....                      | 72 |
| ABBILDUNG 32: <i>DIKEROGAMMARUS VILLOSUS</i> (SOV.) A. MARTINOV 1894.....  | 84 |
| ABBILDUNG 33: AUSSCHNITT EINES SCATTERPLOTS DER PCA. ACHSEN ½. KLASS. IN SUBSTRATTYPEN N=244. ....   | 85 |
| ABBILDUNG 34: AUSSCHNITT EINES SCATTERPLOTS DER CA. ACHSEN ½. KLASSIF. IN SUBSTRATTYPEN; N=244. ....   | 85 |
| ABBILDUNG 35: MODELL RESPONSES; UMGEBUNGSFAKTOR GEMESS MITTL. KORNDURCHMESSER NACH FUHRBÖTER GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> ; ALPHA=0,1. ....                                       | 89 |

|  |     |
|--|-----|
| ABBILDUNG 36: MODELL RESPONSES; UMGEBUNGSFAKTOR MODELL. MITTL. KORNDURCHMESSER NACH MEYER PETER GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> ; ALPHA=0,1 .....  | 89  |
| ABBILDUNG 37: MODELL RESPONSES; UMGEBUNGSFAKTOR MODELL. MITTL. STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> ; ALPHA=0,05 .....   | 93  |
| ABBILDUNG 38: MODELL RESPONSES; UMGEBUNGSFAKTOR GEMESS. MITTL. STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> ; ALPHA=0,05 .....   | 93  |
| ABBILDUNG 39: SCATTER ACHSEN ½. PCA, KLASSIFIZIERT IN DIE PROBENAHMEJAHRE N=161 .....  | 98  |
| ABBILDUNG 40: SCATTER ACHSEN ½. PCA, KLASSIFIZIERT IN DIE PROBEMONATE N=173 .....  | 99  |
| ABBILDUNG 41: SCATTER ACHSEN ½. PCA, KLASSIFIZIERT IN DIE BUHNENFELDER N=173 .....   | 99  |
| ABBILDUNG 42: SCATTER ACHSEN ½. PCA, KLASSIFIZIERT IN DIE „JAHRES“ MONATE .....  | 100 |
| ABBILDUNG 43: SCATTER ACHSEN 3/4 RDA KLASSIFIZIERT NACH JAHRESZEITEN- MARKIERT, N=159 .....  | 104 |
| ABBILDUNG 44: SCATTER ACHSEN ½. RDA, KLASSIFIZIERT IN DIE PROBENAHMEMONATE N=159 .....   | 105 |
| ABBILDUNG 45: SCATTER ACHSEN ½. RDA, N=159 .....   | 106 |
| ABBILDUNG 46: MODELL RESPONSES; UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> ; ALPA=0,05 .....   | 108 |
| ABBILDUNG 47: MODELL RESPONSES; UMGEBUNGSFAKTOR MITTL. KORNDURCHMESSER NACH FUHRBÖTER GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> ; ALPHA=0,05 .....   | 108 |
| ABBILDUNG 48: MODELL RESPONSES; UMGEBUNGSFAKTORJAHRESVERLAUF GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> ; ALPHA=0,05 .....  | 109 |
| ABBILDUNG 49: MODELL RESPONSES; UMGEBUNGSFAKTOR ABFLUB (PEGEL HAVELBERG) GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> APLHA 0,1 .....   | 111 |
| ABBILDUNG 50: GEGENÜBERSTELLUNG GEMESSENE ABUNDANZEN UND MODELLIERTE ABUNDANZEN TUBIFICIDAE .....  | 116 |
| ABBILDUNG 51: GEGENÜBERSTELLUNG GEMESSENE ABUNDANZEN UND MODELLIERTE ABUNDANZEN VON <i>LIMNODRILUS SP.</i> .....   | 117 |
| ABBILDUNG 52: GEGENÜBERSTELLUNG GEMESSENE ABUNDANZEN UND MODELLIERTE ABUNDANZEN VON <i>NEMATODA</i> .....  | 118 |
| ABBILDUNG 53: GEGENÜBERSTELLUNG GEMESSENE ABUNDANZEN UND MODELLIERTE ABUNDANZEN VON <i>P. VOLKI</i> .....  | 119 |
| ABBILDUNG 54: GEGENÜBERSTELLUNG GEMESSENE ABUNDANZEN UND MODELLIERTE ABUNDANZEN VON <i>R. DEMEIJEREI</i> .....   | 120 |
| ABBILDUNG 55: SCATTER ACHSEN 1/2 RDA, N=29 .....   | 125 |
| ABBILDUNG 56: SCATTER ACHSEN ½. PCA, KLASSIFIZIERT IN DIE PROBENAHMEJAHRE N=64 .....   | 128 |
| ABBILDUNG 57: SCATTER ACHSEN ½. PCA, KLASSIFIZIERT IN DIE SUBSTRATTYPEN (LINKS); PCA, KLASSIFIZIERT IN STRÖMUNGSKLASSEN (RECHTS) N=64 .....  | 129 |
| ABBILDUNG 58: SCATTER ACHSEN 1/2 RDA KLASSIFIZIERT NACH JAHRESVERLAUF (ROT MARKIERT 1998), N=159 .....   | 133 |
| 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 ..... | 134 |
| ABBILDUNG 60: SCATTER HARTSUBSTRAT SPECIES-UMGEBUNGSVARIABLEN; ACHSEN ½. RDA, N=159 .....  | 135 |
| ABBILDUNG 61: MODELL RESPONSES; UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> ; ALPA=0,05 .....   | 138 |
| ABBILDUNG 62: MODELL RESPONSES; PARAMETER PROBENAHMEJAHR GEGEN LN INDIVIDUEN /M <sup>2</sup> ; ALPA=0,05 .....   | 138 |
| ABBILDUNG 63: GEGENÜBERSTELLUNG GEMESSENE ABUNDANZEN UND MODELLIERTE ABUNDANZEN G. TIGRINUS .....  | 143 |
| ABBILDUNG 64: GEGENÜBERSTELLUNG GEMESSENE UND MODELLIERTE ABUNDANZEN VON <i>H. SULPHUREA</i> .....   | 144 |
| ABBILDUNG 65: GEGENÜBERSTELLUNG GEMESSENE ABUNDANZEN UND MODELLIERTE ABUNDANZEN H. CONTUBERNALIS .....   | 145 |
| ABBILDUNG 66: PARTIELLE RDA ZUM VERGLEICH DER PROBENAHMEMETHODEN .....   | 150 |
| ABBILDUNG 67: <i>CHLAENIUS SPOLIATUS</i> (ROSSI) 1790 .....  | 163 |
| ABBILDUNG 68: BILOT SITES UND UMWELTPARAMETER, ACHSEN 1/2, RDA MIT TEILDATENSATZ 1, N=386, FARBCODIERUNG NACH ZUNEHMENDEM SANDANTEIL .....   | 171 |
| ABBILDUNG 69: BILOT ARTEN UND UMWELTPARAMETER, ACHSEN 1/2, RDA MIT TEILDATENSATZ 2 .....   | 172 |
| ABBILDUNG 70: BEMBIIDION ARGENTEOLUM (GEMESSENE[BLAU] / VORHERGESAGTE[GELB] ABUNDANZ) .....  | 174 |
| ABBILDUNG 71: BEMBIIDION VELOX (GEMESSENE[BLAU] / VORHERGESAGTE[GELB] ABUNDANZ) .....  | 175 |
| ABBILDUNG 72: BEMBIIDION FEMORATUM (GEMESSENE[BLAU] / VORHERGESAGTE[GELB] ABUNDANZ) .....  | 175 |
| ABBILDUNG 73: EKM 425, KORNGRÖßENVERTEILUNG (LINKS), PROGNOTIZIERTE ABUNDANZ VON BEMBIIDION VELOX (RECHTS) .....   | 176 |

|   |     |
|---|-----|
| ABBILDUNG 74: VARIANTE 422, KORNGRÖßENVERTEILUNG (LINKS), PROGNOSTIZIERTE ABUNDANZ VON BEMBIDION VELOX (MITTE) UND TOPOGRAPHIE (RECHTS) .....   | 177 |
| ABBILDUNG 75: EKM 425, TOPOGRAPHIE (LINKS), PROGNOSTIZIERTE ABUNDANZ VON BEMBIDION VELOX (RECHTS) .....   | 178 |
| ABBILDUNG 76: EKM 422, VOR UMBAU, KORNGRÖßENVERTEILUNG (LINKS), PROGNOSTIZIERTE ABUNDANZ VON BEMBIDION VELOX (RECHTS) .....   | 179 |
| ABBILDUNG 77: LOKALE BILDKARTE VON 1610. QUELLE: <a href="http://elise.bafg.server.de/">HTTP://ELISE.BAFG.SERVER.DE/</a> .....  | 181 |
| ABBILDUNG 78: DIE ELBE BEI DRETHEM IM JAHRE 1792 U. 1893 QUELLE: <a href="http://elise.bafg.server.de/">HTTP://ELISE.BAFG.SERVER.DE/</a> .  | 182 |
| ABBILDUNG 79: GEBIETSKARTE VON 1724. SEHR DIFFERENZIERTE DARSTELLUNG DER INSELN UND SANDBÄNKE. BREITENVARIANZ DER ELBE UM DAS 4 BIS 5-FACHE. LINKS OBEN MÜNDET DIE SEEGE, RECHTS UNTEN DIE LÖCKNITZ. ZAHLREICHE SIEDLUNGEN IM SCHUTZ DURCHGÄNGIGER ELBDEICHE; GORLEBEN OBEN, DÖMITZ RECHTS UNTEN. QUELLE: <a href="http://elise.bafg.server.de/">HTTP://ELISE.BAFG.SERVER.DE/</a> ..... | 183 |
| ABBILDUNG 80: STKM 422, AUSGANGSZUSTAND LINKS, RELIEF DER VARIANTE RECHTS .....   | 189 |
| ABBILDUNG 81: STKM 423, AUSGANGSZUSTAND LINKS, RELIEF DER VARIANTE RECHTS .....   | 190 |
| ABBILDUNG 82: STKM 424 RECHTS AUSGANGSZUSTAND, RELIEF DER VARIANTE LINKS .....  | 190 |
| ABBILDUNG 83: VERTEILUNG VON <i>LIMNODRILUS SP.</i> VOR (LINKS) UND NACH (RECHTS) ÄNDERUNG DER BUHNENSTRUKTUR. BUHNENFELDER IM PRALLHANG BEI STKM 423 .....   | 191 |
| ABBILDUNG 84: STRÖMUNG VOR (LINKS) UND NACH (RECHTS) ÄNDERUNG DER BUHNENSTRUKTUR. BUHNENFELDER IM PRALLHANG BEI STKM 423 .....  | 192 |
| ABBILDUNG 85: VERTEILUNG DER KORNGRÖßEN NACH ÄNDERUNG DER BUHNENSTRUKTUR. BUHNENFELDER IM PRALLHANG BEI STKM 423 .....  | 192 |
| ABBILDUNG 86: VERTEILUNG VON R. DEMEIJEREI VOR (LINKS) UND NACH (RECHTS) ÄNDERUNG DER BUHNENSTRUKTUR. BUHNENFELDER IM PRALLHANG BEI STKM 423 .....  | 193 |
| ABBILDUNG 87: VERTEILUNG VON <i>LIMNODRILUS SP.</i> VOR(LINKS) UND NACH (RECHTS) ÄNDERUNG DER BUHNENSTRUKTUR BUHNENFELDER IM GLEITHANG BEI STKM 422 LEGENDE: ABUNDANZ .....   | 194 |
| ABBILDUNG 88: VERTEILUNG DER KORNGRÖßEN IN DEN BUHNENFELDERN VOR (LINKS) UND NACH (RECHTS) ÄNDERUNG DER BUHNENSTRUKTUR. GLEITHANG BEI STKM 422 LEGENDE: MITTLERER KORNDURCHMESSER NACH FUHRB. [MM] .....  | 195 |
| ABBILDUNG 89: VERTEILUNG VON R. DEMEIJEREI VOR (LINKS) UND NACH (RECHTS) ÄNDERUNG DER BUHNENSTRUKTUR .....  | 195 |

## 10 Funktionsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| GLEICHUNG 1: GLEICHUNG ZUR DOMINANZBERECHNUNG .....   | 21 |
| GLEICHUNG 2: GLEICHUNG ZUR BERECHNUNG DER DURCHSCHNITTLICHEN GESAMTDOMINANZ .....   | 21 |
| GLEICHUNG 3: GERADENGLEICHUNG .....   | 22 |
| GLEICHUNG 4: GERADENGLEICHUNG, DATEN ZENTRIERT .....  | 22 |
| GLEICHUNG 5: BESTIMMUNG DES REGRESSIONSKOEFFIZIENTEN .....  | 23 |
| GLEICHUNG 6: SCHÄTZER FÜR DIE KLEINSTEN QUADRATE .....  | 23 |
| GLEICHUNG 7: BESTIMMUNG EINER UMWELTVARIABLEN .....   | 23 |
| GLEICHUNG 8: SCHÄTZER FÜR DIE KLEINSTEN QUADRATE .....  | 23 |
| GLEICHUNG 9: REGRESSION ZUR BERECHNUNG VON K .....  | 24 |
| GLEICHUNG 10: POLYNOM 2. GRADES ZUR BESTIMMUNG VON Y .....  | 25 |
| GLEICHUNG 11: LINK FUNKTION .....   | 25 |
| GLEICHUNG 12: BESTIMMUNG DER SAME SCORES (KOORDINATEN) DER PROBEN DER RDA .....   | 26 |
| GLEICHUNG 13: BESTIMMUNG DER SPECIES SCORES (RDA) .....   | 27 |
| GLEICHUNG 14: BESTIMMUNG DER SPECIES SCORES (RDA) BEI LN TRANSFORMIERTEN DATEN .....  | 27 |
| GLEICHUNG 15: BERECHNUNG DER ABUNDANZ EINES TAXONS IN ABHÄNGIGKEIT DER UMWELTPARAMETER .....                                      | 27 |
| GLEICHUNG 16: BERECHNUNG DER ABUNDANZ EINES TAXONS IN ABHÄNGIGKEIT DER UMWELTPARAMETER<br>(BEI STANDARDISIERTEN PARAMETERN) ..... | 28 |
| GLEICHUNG 17: ERMITTLUNG VON AUSREIBERN .....   | 28 |
| GLEICHUNG 18: LN TRANSFORMATION DER ARTDATEN .....  | 29 |
| GLEICHUNG 19: BERECHNUNG DES PEARSONSCHEN KORRELATIONSKOEFFIZIENTEN .....   | 30 |
| GLEICHUNG 20: BERECHNUNG STANDARDISierter WERTE .....   | 30 |
| GLEICHUNG 21: BERECHNUNG DER STANDARDABWEICHUNG .....   | 30 |
| GLEICHUNG 22: VARIANZ INFLATION FACTOR (VIF) .....  | 32 |

# Inhaltsverzeichnis

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>EINLEITUNG</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>2</b>  | <b>ARBEITSHYPOTHESEN UND ZIELSTELLUNG DES FORSCHUNGSVORHABENS DER UNIVERSITÄT MARBURG IM KONTEXT DES GESAMTPROJEKTS</b> ..... | <b>3</b>  |
| <b>3</b>  | <b>QUALITATIVE DESKRIPTION UND CHARAKTERISTIK DER BEPROBTEN BUHNENFELDER</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>4</b>  | <b>METHODIK</b> .....   | <b>8</b>  |
| 4.1       | PROBEMETHODIK DES PROJEKTTTEILS AQUATIK .....   | 8         |
| 4.1.1     | <i>Probenaufarbeitung und Bestimmung</i> .....  | 9         |
| 4.1.2     | <i>Nomenklatur der Probestellen</i> .....   | 11        |
| 4.1.3     | <i>Zeitraum der Probenahme</i> .....  | 11        |
| 4.1.4     | <i>Berechnung der Abundanzen</i> .....  | 11        |
| 4.1.5     | <i>Parameter zur Korrelationsanalyse und deren Kopplung an das morpho- hydrodynamische Modell</i> 12                          |           |
| 4.2       | PROBEMETHODIK DES PROJEKTTTEILS TERRESTRIK .....  | 16        |
| 4.2.1     | <i>Bodenfallen und Kodierung der Proben</i> .....   | 16        |
| 4.2.2     | <i>Berechnung der Abundanzen</i> .....  | 18        |
| 4.2.3     | <i>Parameter zur Korrelationsanalyse und deren Kopplung an das morpho- hydrodynamische Modell</i> 19                          |           |
| 4.3       | QUALITATIVE DESKRIPTION DER FAUNA IM UNTERSUCHUNGSGEBIET .....  | 21        |
| 4.4       | STATISTISCHE METHODEN .....   | 22        |
| 4.4.1     | <i>Multivariate Methoden; die Ordinationstechniken RDA und PCA</i> .....  | 22        |
| 4.4.1.1   | Regression .....  | 22        |
| 4.4.1.2   | Calibration.....  | 23        |
| 4.4.1.3   | Ordination .....  | 23        |
| 4.4.1.4   | Erweiterung des indirekten Ansatzes der PCA zu einer direkten Gradientenanalyse (RDA) „Constrained Ordination“ .....          | 24        |
| 4.4.2     | <i>Ermittlung der Korrelationen von Umweltparametern und Abundanzen mittels GLM</i> .....                                     | 25        |
| 4.4.3     | <i>Multiple Regression</i> .....  | 25        |
| 4.4.4     | <i>Voranalyse der Daten</i> .....   | 28        |
| 4.4.5     | <i>Transformation (Aufbereitung) der Daten</i> .....  | 29        |
| 4.4.6     | <i>Wahl der adäquaten multivariaten Analyse Methode</i> .....   | 31        |
| 4.4.7     | <i>Selektion der Umweltfaktoren</i> .....   | 31        |
| 4.4.8     | <i>Selektion der Species</i> .....  | 32        |
| 4.4.9     | <i>Monte Carlo Permutationstest</i> .....   | 32        |
| 4.4.10    | <i>Interpretationsansatz der Scatter und Biplots der RDA</i> .....  | 33        |
| <b>5</b>  | <b>ERGEBNISSE UND DEREN DISKUSSION UND BEWERTUNG</b> .....  | <b>35</b> |
| 5.1       | PROJEKTDATENBANK UND GIS .....  | 36        |
| 5.1.1     | <i>Systemvoraussetzungen</i> .....  | 37        |
| 5.1.2     | <i>Installation der Benthosdatenbank und des GIS</i> .....  | 37        |
| 5.1.3     | <i>Beschreibung des GIS</i> .....   | 38        |
| 5.1.4     | <i>Beschreibung der Projektdatenbank</i> .....  | 39        |
| 5.2       | ZUSAMMENFASSENDE CHARAKTERISIERUNG DES BEPROBTEN HABITATS .....   | 41        |
| 5.3       | TRENDANALYSE DER PHYSIKALISCHEN PARAMETER .....   | 43        |
| 5.4       | CHIRONOMIDAE .....  | 45        |
| 5.4.1     | <i>ARTINVENTAR UND DOMINANZCHARAKTERISTIK</i> .....   | 45        |
| 5.4.1.1   | Vergleich beider Untersuchungsjahre .....   | 45        |
| 5.4.1.2   | Vergleich der Besiedlung der Substrattypen .....  | 46        |
| 5.4.1.3   | Vergleich der drei Fangmethoden .....   | 49        |
| 5.4.2     | <i>ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN ANALYSE</i> .....   | 49        |
| 5.4.2.1   | Die drei Fangmethoden im Vergleich (indirekte Gradientenanalyse) .....  | 51        |
| 5.4.2.2   | Die beiden Substrattypen im Vergleich (indirekte Gradientenanalyse).....  | 53        |
| 7.3.2.3   | Einfluss der Umweltfaktoren auf das Artenspektrum (direkte Gradientenanalyse).....  | 53        |
| 7.3.2.3.1 | Aquarienaufzuchten Weichsubstrat.....   | 54        |
| 5.4.2.2.1 | Eklektorfänge.....  | 60        |
| 5.4.2.2.2 | Larvenfänge Weichsubstrat.....  | 66        |
| 5.4.2.3   | multiple Regressionsanalyse Chironomidae Larvenbestimmungen im Weichsubstrat.....   | 73        |

|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| 5.4.3       | <i>Diskussion</i> .....   | 74         |
| 5.4.3.1     | Strömungsgeschwindigkeit.....   | 75         |
| 5.4.3.2     | Sedimentbeschaffenheit.....   | 77         |
| 5.5         | MAKROZOOBENTHOS (OHNE SPEZIELL DET. CHIRONOMIDAE) .....   | 79         |
| 5.5.1       | <i>Artinventar und Dominanzcharakteristik</i> .....   | 79         |
| 5.5.2       | <i>Ergebnisse der statistischen Analyse</i> .....   | 84         |
| 5.5.2.1     | Voranalyse zur Selektion der Datensätze und Umweltparameter .....                                       | 84         |
| 5.5.2.1.1   | Korrelationsanalyse Umweltparameter zu Fauna -gesamter Datensatz.....                                   | 84         |
| 5.5.2.1.2   | Vergleich der gemessenen Substrat- Daten mit modellierten Substrat-Daten – Datensatz Weichsubstrat..... | 86         |
| 5.5.2.1.3   | Vergleich der gemessenen mit modellierten Strömungsgeschwindigkeiten - Datensatz Weichsubstrat.....     | 90         |
| 5.5.2.1.4   | Vergleich der gemessenen mit modellierten Strömungsgeschwindigkeiten - Datensatz Hartsubstrat .....     | 94         |
| 5.5.2.1.5   | Diskussion Voranalyse.....  | 97         |
| 5.5.2.2     | Korrelationsanalyse Umweltparameter - Fauna Weichsubstrat .....   | 97         |
| 5.5.2.2.1   | indirekte Gradientenanalyse .....   | 97         |
| 5.5.2.2.2   | direkte Gradientenanalyse .....   | 100        |
| 5.5.2.2.2.1 | Transformation und Selektion von Daten/-sätzen und Species .....  | 100        |
| 5.5.2.2.2.2 | RDA.....  | 104        |
| 5.5.2.2.3   | link funktions .....  | 108        |
| 5.5.2.2.4   | multiple Regression.....  | 111        |
| 5.5.2.2.5   | Diskussion Ergebnisse Weichsubstrat .....   | 114        |
| 5.5.2.3     | Korrelationsanalyse physikalische Parameter im Substrat gemessen – Fauna Weichsubstrat .....            | 120        |
| 5.5.2.3.1   | direkte Gradientenanalyse .....   | 121        |
| 5.5.2.3.1.1 | Transformation und Selektion von Daten/-sätzen und Species .....  | 121        |
| 5.5.2.3.1.2 | RDA.....  | 124        |
| 5.5.2.3.2   | Diskussion physikalische Parameter im Substrat gemessen.....  | 125        |
| 5.5.2.4     | Korrelationsanalyse Umweltparameter - Fauna Hartsubstrat .....  | 128        |
| 5.5.2.4.1   | indirekte Gradientenanalyse .....   | 128        |
| 5.5.2.4.2   | direkte Gradientenanalyse .....   | 129        |
| 5.5.2.4.2.1 | Transformation und Selektion von Daten/-sätzen und Species .....  | 129        |
| 5.5.2.4.2.2 | RDA.....  | 133        |
| 5.5.2.4.3   | link funktions .....  | 137        |
| 5.5.2.4.4   | multiple Regression.....  | 139        |
| 5.5.2.4.5   | Diskussion der Ergebnisse des Hartsubstrats .....   | 141        |
| 5.6         | ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....   | 145        |
| 5.6.1       | <i>Struktur der Biozönose</i> .....   | 145        |
| 5.6.2       | <i>Bewertung der Biozönose</i> .....  | 147        |
| 5.6.3       | <i>Fehlerbetrachtung der Probenahme</i> .....   | 149        |
| 5.7         | CARABIDAE .....   | 151        |
| 5.7.1       | <i>Artinventar und Dominanzcharakteristik</i> .....   | 151        |
| 5.7.1.1     | Dominante Arten der einzelnen Bühnenfelder .....  | 154        |
| 5.7.1.2     | Dominante Arten der Untersuchungsjahre 1998 und 1999.....   | 156        |
| 5.7.1.3     | Rote Liste Arten .....  | 160        |
| 5.7.1.4     | Wiederfund von <i>Chlaenius spoliatus</i> (Rossi) 1790 in Deutschland: .....                            | 162        |
| 5.7.2       | <i>Ergebnisse der Statistischen Analyse</i> .....   | 163        |
| 5.7.2.1     | Voranalyse der Umweltparameter .....  | 163        |
| 5.7.2.1.1   | Parameterreduktion für Kopplung an das hydrologisch/morphodynamischen Modell.....                       | 163        |
| 5.7.2.1.2   | Parameter mit Korngrößenfraktionen.....   | 166        |
| 5.7.2.1.3   | Parameter ohne Korngrößenfraktionen .....   | 167        |
| 5.7.2.1.4   | Teildatensatz 2 für multiple Regression .....   | 168        |
| 5.7.2.1.5   | Diskussion Voranalyse .....   | 169        |
| 5.7.2.2     | Korrelation Carabidenfauna auf Umweltparameter.....   | 170        |
| 5.7.2.2.1   | RDA.....  | 170        |
| 5.7.2.2.1.1 | Kopplungsfunktion .....   | 172        |
| 5.7.2.2.1.2 | Vergleich gemessene / prognostizierte Tiere .....   | 174        |
| 5.7.2.2.2   | Darstellung GIS.....  | 176        |
| 5.7.2.3     | Zusammenfassung der Ergebnisse.....   | 179        |
| <b>6</b>    | <b>ANWENDUNG DER MODELLIERUNG ZUR ÜBERPRÜFUNG DER GESTALTUNG VON BUHNEN/BUHNENFELDER .....</b>          | <b>181</b> |
| 6.1         | ÖKOMORPHOLOGISCHE KRITERIEN (LEITBILD) FÜR DIE STRUKTUR DER ELBE IM UNTERSUCHUNGSABSCHNITT.....         | 181        |
| 6.2         | LEITBILD FÜR DIE BIOZÖNOSE DER ELBE IM UNTERSUCHUNGSABSCHNITT .....                                     | 183        |
| 6.3         | ALLGEMEINE BIOLOGISCHE ZIELVORSTELLUNGEN AN DIE GESTALTUNG VON BUHNEN.....                              | 184        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.4      | ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN AN BUHNEN/BUHNENFELDER AUS SICHT DES VERKEHRSWASSERBAUS ..... | 186        |
| 6.5      | MÖGLICHKEITEN DER GESTALTUNG UND VERÄNDERUNG VON BUHNEN/BUHNENFELDERN .....            | 187        |
| 6.6      | GETESTE BUHNEN VARIANTEN.....  | 188        |
| 6.7      | ERGEBNISSE DER GETESTEN BUHNENFELDVARIANTEN .....                                      | 190        |
| 6.7.1    | <i>Buhnenfelder bei Stromkilometer 423</i> .....                                       | 191        |
| 6.7.2    | <i>Buhnenfelder bei Stromkilometer 422</i> .....                                       | 193        |
| 6.8      | DISKUSSION DER MODELLIERUNGSERGEBNISSE.....  | 196        |
| <b>7</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>   | <b>198</b> |
| <b>8</b> | <b>LITERATUR.....</b>  | <b>200</b> |