

## 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

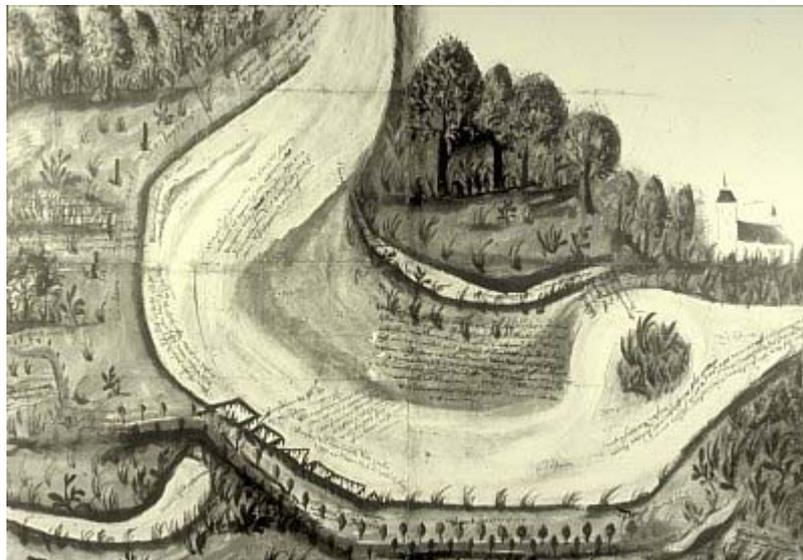


Abbildung 77: Lokale Bildkarte von 1610. Quelle: <http://elise.bafg.server.de/>

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).

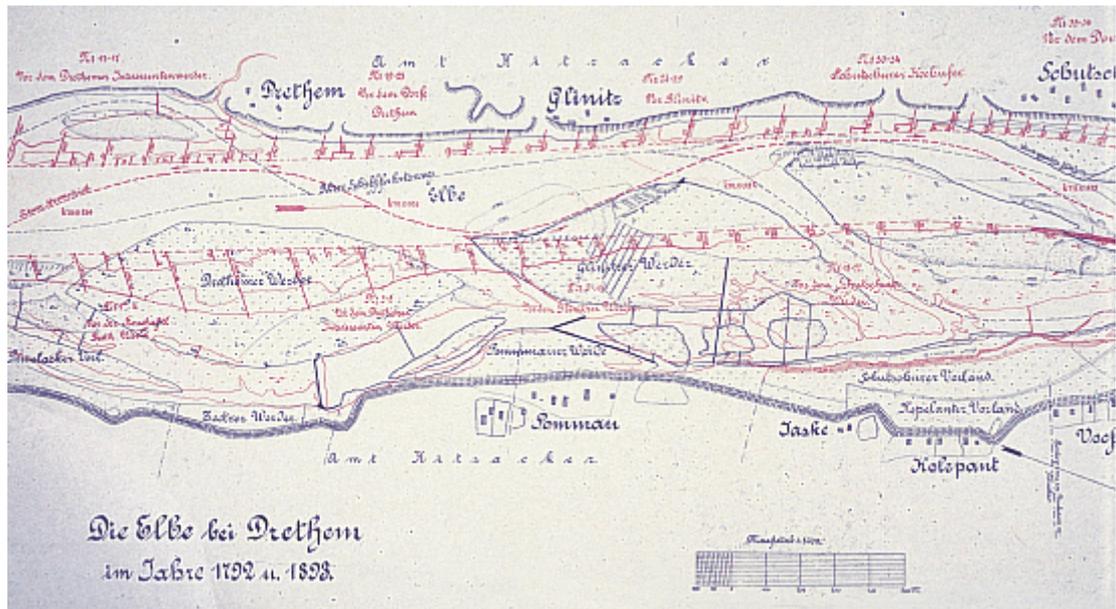


Abbildung 78: Die Elbe bei Drethem im Jahre 1792 u. 1893 Quelle: <http://elise.bafg.server.de/>

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 Fließgewässer 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 Bühnenfeldern und Bühnen geändert werden:

- Der Abstand der Bühnen zueinander kann vergrößert werden. Dies wirkt der Ausbildung der Bühnenfeldwalze entgegen, d.h. der Austausch mit dem Hauptstrom wird verbessert (WEITBRECHT & HINTERBERGER 2001) und es erfolgt eine eher stromabwärts gerichtete Strömung.
- Die Bühnenlänge kann manipuliert werden.
- Die Anstellung der Bühnen zur Strömung ist ebenfalls eine veränderbare Größe. An der Elbe wurden die Bühnen in inklinanter Bauart ausgeführt, d.h. sie weisen der Strömung mit dem Bühnenkopf entgegen. Dies bewirkt eine verstärkte Ausbildung der Bühnenwalze und Sedimentation im Bühnenfeld bei Niedrigwasser, wenn die Bühne nicht überspült ist. Bei Hochwasser, wenn die Bühne überspült ist bewirkt die inklinante Stellung der Bühne eine Ableitung der Strömung vom Ufer. Dies vermindert die Ufererrrosion. Deklinante Bühnen haben im Vergleich zu inklinanten Bühnen 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 Bühnen ist eine weitere Steuerungsmöglichkeit. Ein größere Durchbruch verhindert u.a. die Bildung von Kolken (bei Hochwasser) nach dem Durchbruch .
- Ebenso wie die Höhe der Bühnen und die Tiefe der Durchbrüche über welche gesteuert werden kann bis zu welchem Wasserstand die Bühne durchlässig ist bzw. als undurchlässiger Sperrriegel dient.
- Eine Variante eines Durchbruchs, welche z.B. GAUMERT (1990) propagiert ist die Erstellung eines Durchbruchs durch die Bühne in Form einer Röhre.
- Eine weitere Möglichkeit einer Gestaltung von Bühnen 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“ Bühnenfeldes 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 Bühnenvarianten 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 Bühnen Varianten

Es wurden die Bühnen in drei Elbeabschnitten folgendermaßen im numerischen Modell umgebaut: Bei Elbekilometer 422,5 links wurde jede zweite Bühne entfernt und die Lage der Durchbrüche in jeder Bühne 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.

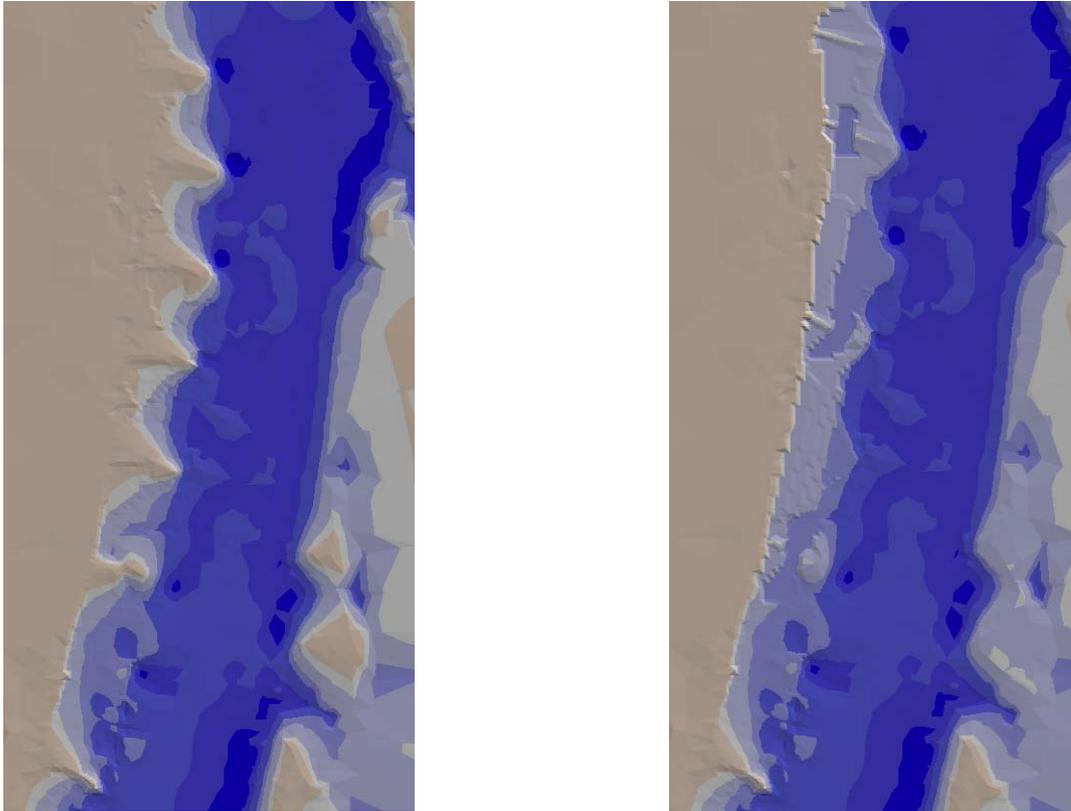


Abbildung 80: Stkm 422, Ausgangszustand links, Relief der Variante rechts

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.

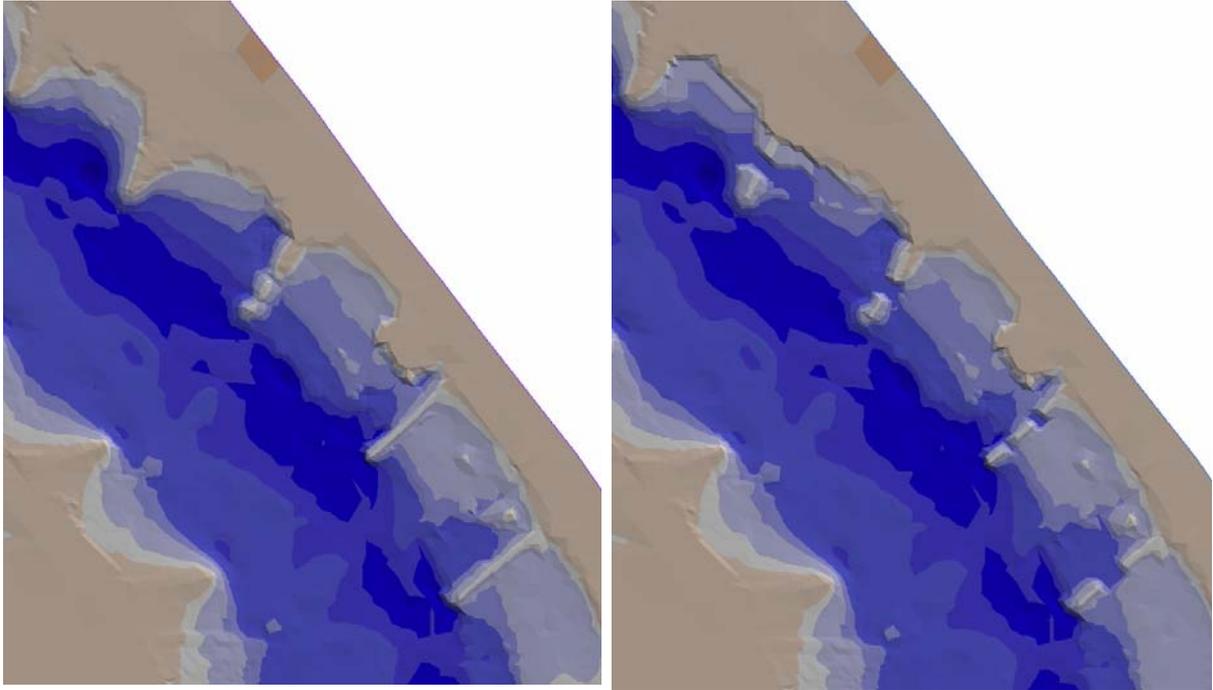


Abbildung 81: Stkm 423, Ausgangszustand links, Relief der Variante rechts

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.

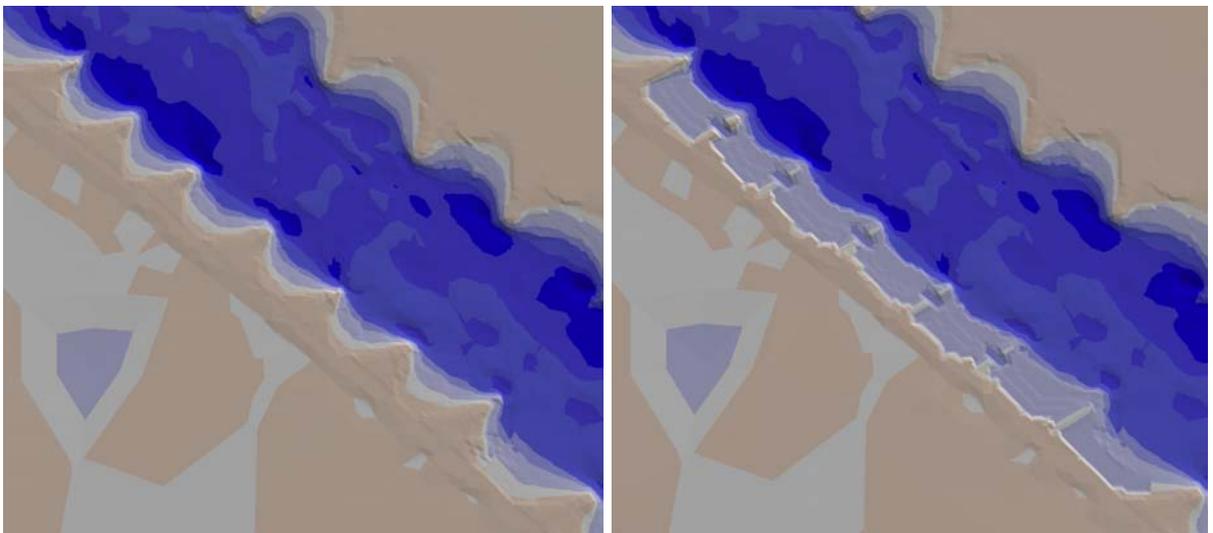


Abbildung 82: Stkm 424 rechts Ausgangszustand, Relief der Variante links

## 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.

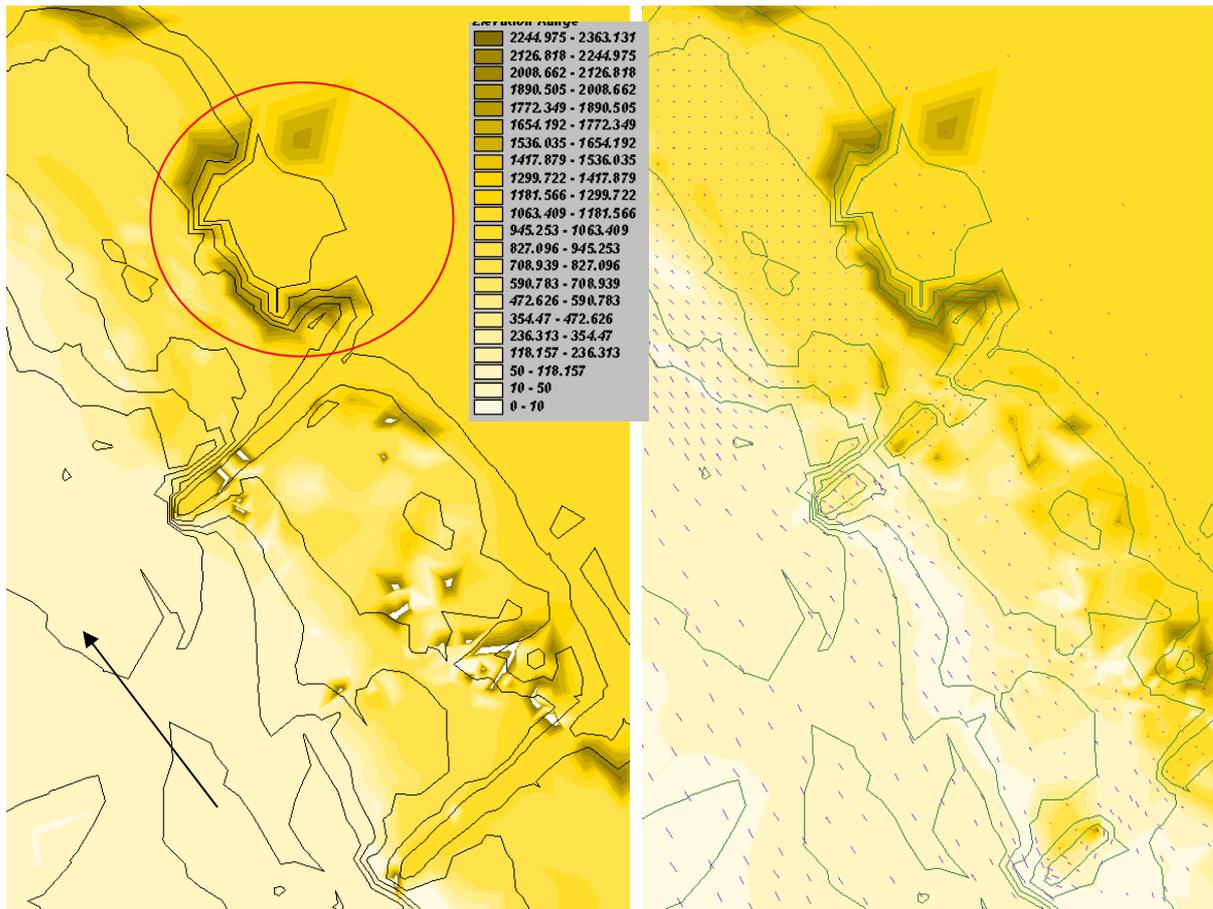


Abbildung 83: Verteilung von *Limnodrilus sp.* vor (links) und nach (rechts) Änderung der Bühnenstruktur. Bühnenfelder im Prallhang bei Stkm 423

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.

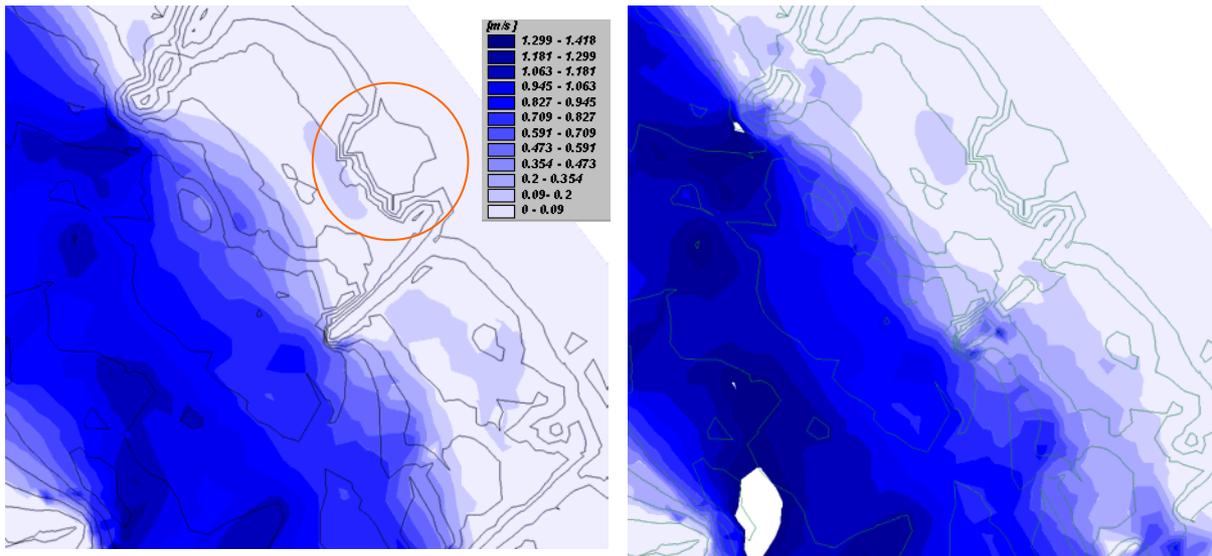


Abbildung 84: Strömung vor (links) und nach ( rechts) Änderung der Bühnenstruktur. Bühnenfelder im Prallhang bei Stkm 423

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.

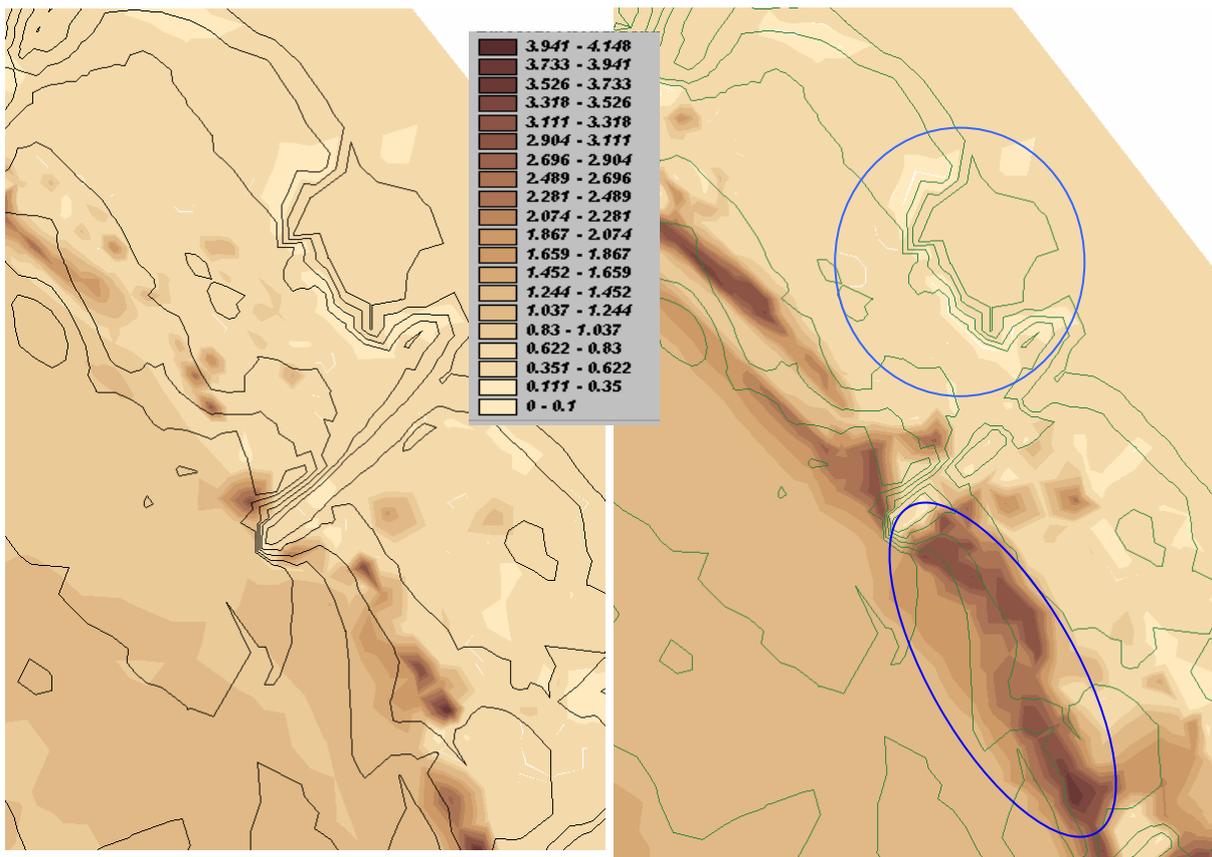


Abbildung 85: Verteilung der Korngrößen nach Änderung der Bühnenstruktur. Bühnenfelder im Prallhang bei Stkm 423

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.

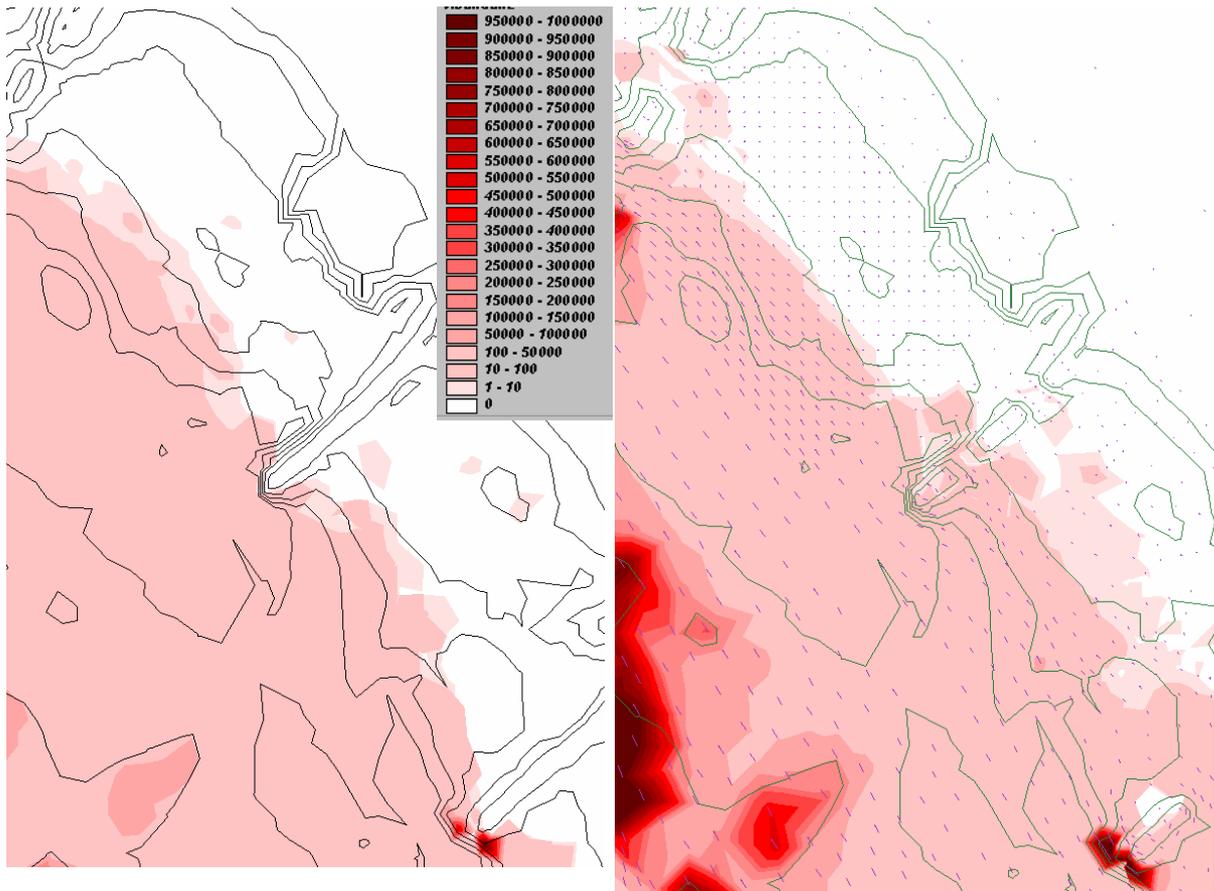


Abbildung 86: Verteilung von *R. demeijerei* vor (links) und nach (rechts) Änderung der Buhnenstruktur. Buhnenfelder im Prallhang bei Stkm 423

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.

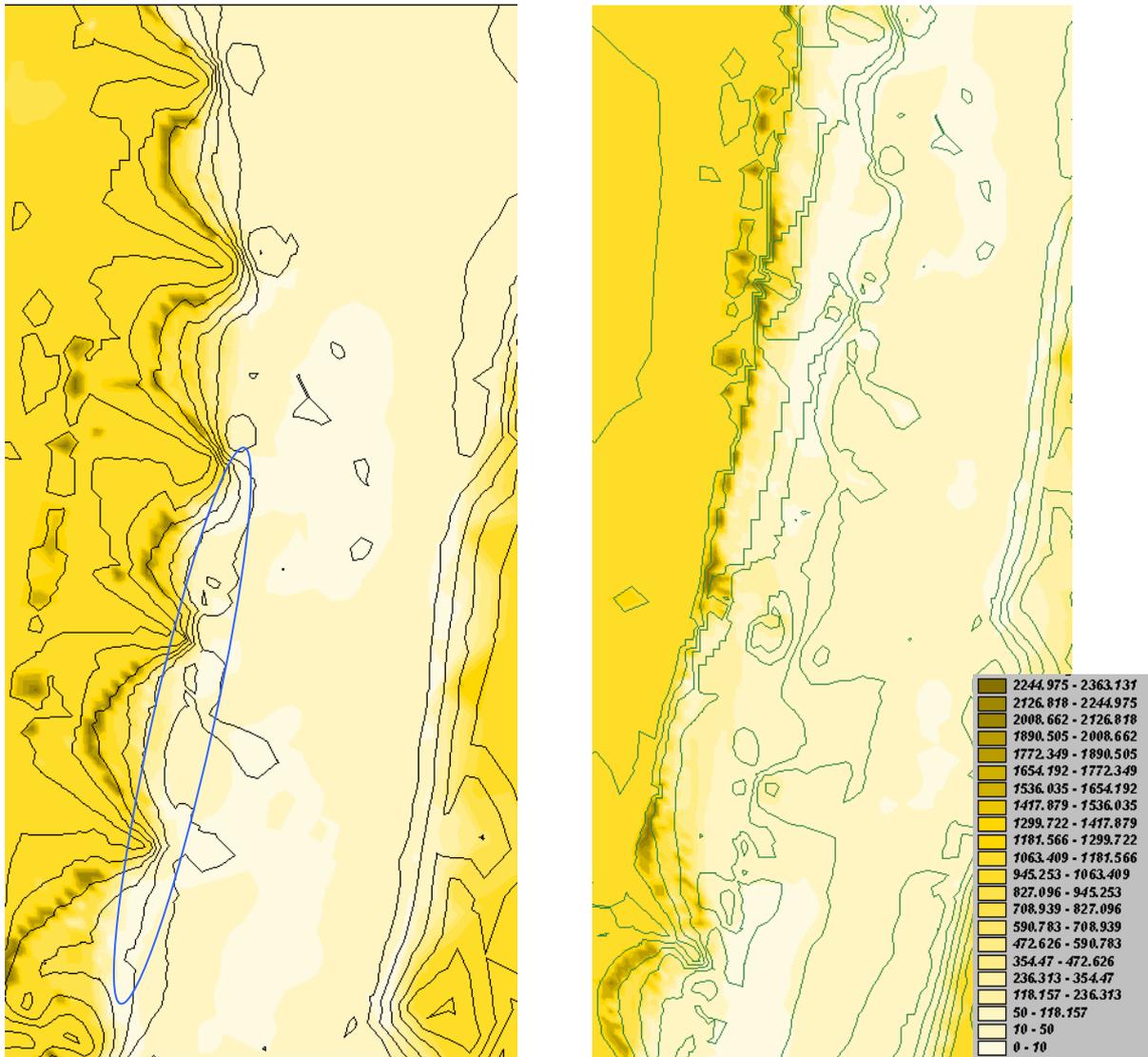


Abbildung 87: Verteilung von *Limnodrilus sp.* vor(links) und nach (rechts) Änderung der Buhnenstruktur Buhnenfelder im Gleithang bei stkm 422 Legende: Abundanz

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.

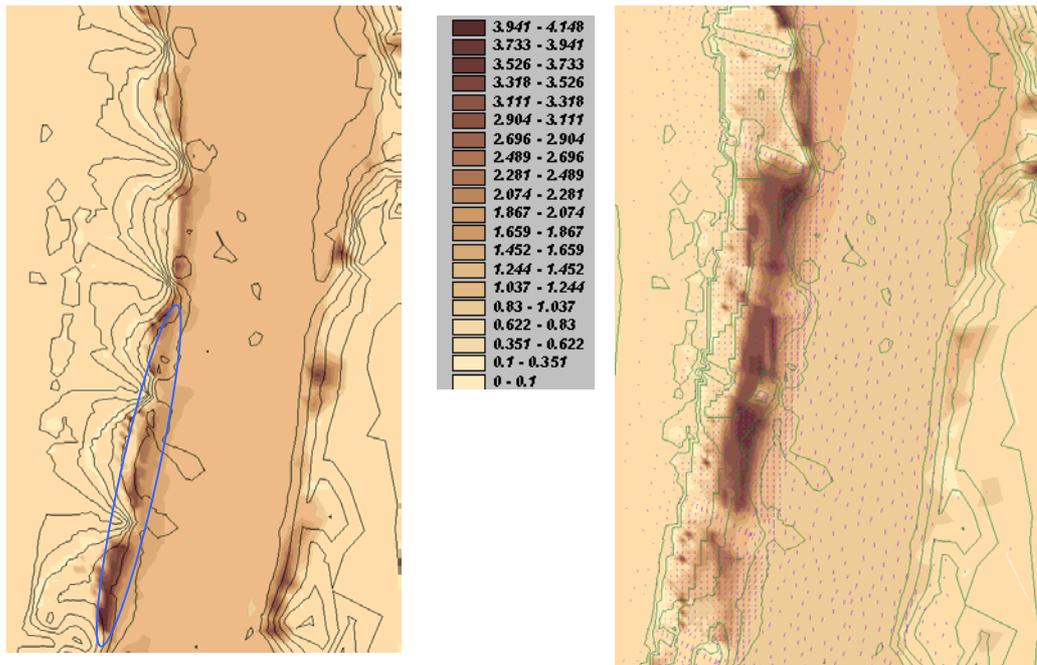


Abbildung 88: Verteilung der Korngrößen in den Bühnenfeldern vor (links) und nach (rechts) Änderung der Bühnenstruktur. Gleithang bei stkm 422 Legende: mittlerer Korndurchmesser nach Fuhrb. [mm]

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.

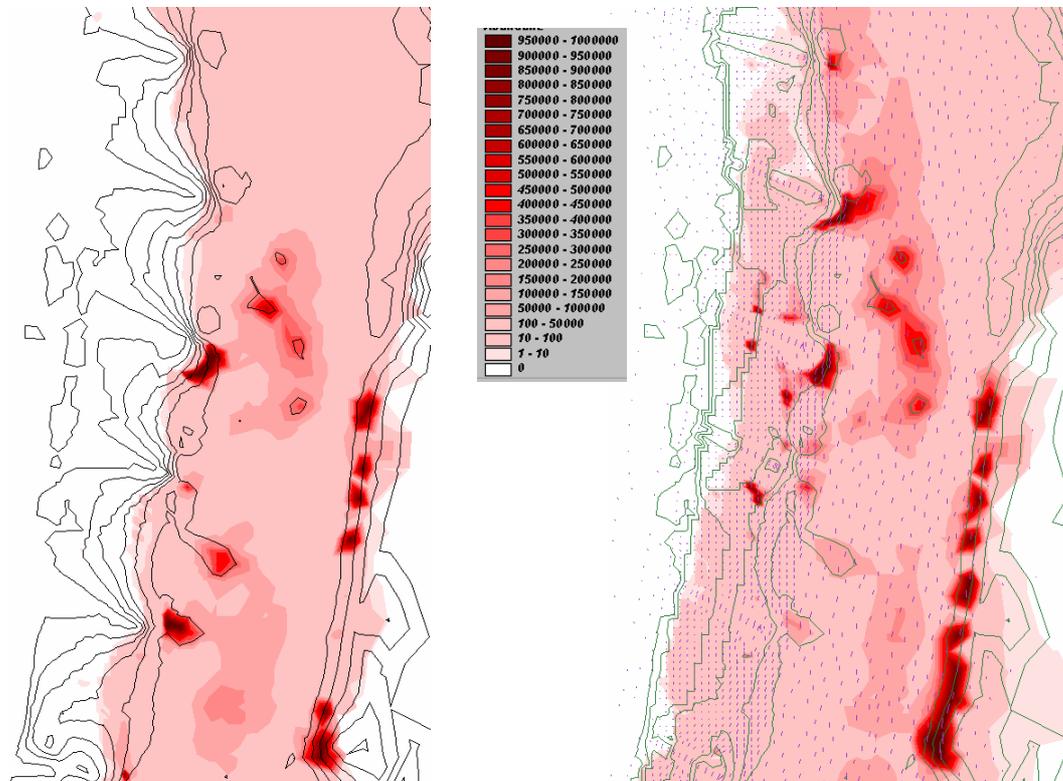


Abbildung 89: Verteilung von *R. demeijerei* vor (links) und nach (rechts) Änderung der Bühnenstruktur

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, Adephega – 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. , Doledec, 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 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 DER BUHNENFELDER- N=160 (DATENSATZ OLIGOCHAETEN, WEICHSUBSTRAT).....	41
TABELLE 16: VERTEILUNG DES DURCHSCHNITTLICHEN KORNDURCHMESSERS (NACH MEIER PETER) AN DEN PROBESTELLEN IM VERGLEICH DER BUHNENFELDER- N=160 (DATENSATZ OLIGOCHAETEN, WEICHSUBSTRAT).....	42
TABELLE 17: VERTEILUNG DES ORGNISCHEN GEHALTS DER SEDIMENTE AN DEN PROBESTELLEN IM VERGLEICH DER BUHNENFELDER- N=160 (DATENSATZ OLIGOCHAETEN, WEICHSUBSTRAT).....	42
TABELLE 18: VERTEILUNG DER PROBENANZAHL IM VERGLEICH DER BEPROBTEN BUHNENFELDER- N=160 (DATENSATZ OLIGOCHAETEN, WEICHSUBSTRAT).....	42
TABELLE 19: VERTEILUNG DER PROBENANZAHL IM VERGLEICH PROBEMONATE- N=160 (DATENSATZ 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 .....	44
TABELLE 22. AUSGEWERTETE PROBEN UND TAXAZAHL NACH UNTERSUCHUNGSJAHREN GETRENNT.....	45
TABELLE 23. ANZAHL AUSGEWERTETER PROBEN UND TAXAZAHL NACH PROBENAHMEMETHODE UND UNTERSUCHUNGSJAHR GETRENNT.....	45
TABELLE 24. TAXAZAHL UND ANZAHL AUSGEWERTETER PROBEN NACH SUBSTRATTYP GETRENNT.....	46
TABELLE 25. TAXALISTE UND DOMINANZCHARAKTERISTIK DER CHIRONOMIDEN IN DEN 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 ACHSEN DER CCA DER AQUARIENAUFZUCHTEN MIT DEN 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 UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG (AQUARIENAUFZUCHTEN).....	59
TABELLE 31. KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN UMGEBUNGSFAKTOR KORNDURCHMESSER (AQUARIENAUFZUCHTEN).....	60
TABELLE 32. KORRELATION DER ACHSEN DER CCA DER EKLEKTORFÄNGE MIT DEN UMWELTFAKTOREN UND VARIANZERKLÄRUNG DES DATENSATZES DURCH DIE UMWELTVARIABLEN.....	61
TABELLE 33. KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG (EKLEKTORFÄNGE).....	64
TABELLE 34 KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN UMGEBUNGSFAKTOR KORNDURCHMESSER(EKLEKTORFÄNGE).....	66
TABELLE 35 KORRELATION DER ACHSEN DER RDA DER CHIRONOMIDENLARVEN MIT DEN 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 UMGEBUNGSFAKTOR STRÖMUNG (CHIRONOMIDENLARVEN).....	71
TABELLE 38. KONSTANTEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEIT DER EINZELNEN TAXA FÜR DEN UMGEBUNGSFAKTOR KORNDURCHMESSER (CHIRONOMIDENLARVEN).....	72

TABELLE 39: KONSTANTEN DER UMWELTVARIABLEN; MULTIPLE REGRESSION SAME GEGEN UMWELTVAR. .....	73
TABELLE 40. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEITEN ZWISCHEN 0 - 0,1 M/SEC NACH EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND STRÖMUNGSPRÄFERENZEN AUS LITERATURDATEN .....	75
TABELLE 41. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEITEN ZWISCHEN 0,1 - 0,4 M/SEC NACH EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND STRÖMUNGSPRÄFERENZEN AUS LITERATURDATEN .....	76
TABELLE 42. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEITEN $\geq 0,6$ M/SEC NACH EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND STRÖMUNGSPRÄFERENZEN AUS LITERATURDATEN.....	76
TABELLE 43. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI EINEM KORNDURCHMESSER VON 0 – 1,5 MM NACH EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND SEDIMENTPRÄFERENZEN NACH LITERATURDATEN .....	78
TABELLE 44. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI EINEM KORNDURCHMESSER VON 1,6 – 5,4 MM NACH EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND SEDIMENTPRÄFERENZEN NACH LITERATURDATEN .....	78
TABELLE 45. ARTEN MIT HÖCHSTEN ABUNDANZEN BEI EINEM KORNDURCHMESSER $\geq 5,5$ MM NACH EIGENEN UNTERSUCHUNGEN UND SEDIMENTPRÄFERENZEN NACH LITERATURDATEN .....	78
TABELLE 46: ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND TAXALISTE DER UNTERSUCHUNGEN DER JAHRE 1998 UND 1999, SOWIE AUTÖKOLOG. EINSTUFUNG, SAPROBIEWERTE UND POTAMON TYPISCHER INDEX (BAYR. LA. AMT 1996, MOOG 1995, BFG 2001 ) DER TAXA .....	82
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).....	83
TABELLE 48: ANALYSE DER LÄNGE DES GRADIENTEN; DCCA KENNWERTE- N=159 .....	86
TABELLE 49: VARIANZERKLÄRUNGEN UND IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEITEN ALLER MÖGLICHEN VARIABLEN.....	87
TABELLE 50: PEARSON´ KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND ORDINATIONSACHSEN. DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,1. ABKÜRZUNGEN S. KAP. 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. 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 VARIABLEN.....	95
TABELLE 56: KORRELATION DER SPECIES AXEN DER ORDINATION MIT DEN UMGEBUNGSVARIABLEN. ....	95
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.....	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. .....	101
TABELLE 61: PEARSON´ KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND ORDINATIONSACHSEN. DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,4.....	103
TABELLE 62: KORRELATIONEN UND SIGNIFIKANZNIVEAUX DER UMWELTPARAMETER MIT DEN AXEN DER ORDINATION. ....	104
TABELLE 63: KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND SPECIES. DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,1.....	107
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).....	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 VARIABLEN.....	122
TABELLE 70: PEARSON´ KORRELATIONSMATRIX UMWELTPARAMETER UND ORDINATIONSACHSEN. DARGESTELLT SIND ALLE KORR. KOEFFIZIENTEN MIT BETRÄGEN GRÖßER 0,4.....	123
TABELLE 71: KORRELATIONEN UND SIGNIFIKANZNIVEAUX DER UMWELTPARAMETER MIT DEN AXEN DER 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 (BEI STANDARDISIERTEN PARAMETERN) .....	28
GLEICHUNG 17: ERMITTLUNG VON AUSREIBERN .....	28
GLEICHUNG 18: LN TRANSFORMATION DER ARTDATEN .....	29
GLEICHUNG 19: BERECHNUNG DES PEARSONSCHEN KORRELATIONS-KOEFFIZIENTEN .....	30
GLEICHUNG 20: BERECHNUNG STANDARDISierter WERTE .....	30
GLEICHUNG 21: BERECHNUNG DER STANDARDABWEICHUNG .....	30
GLEICHUNG 22: VARIANZ INFLATION FACTOR (VIF) .....	32