

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/320690970>

Untersuchungen zum Gegenstromwanderungsverhalten aquatischer und zum Gegenstromflug merolimnischer Evertabraten im Bereich von Fischeufstiegsanlagen in Mecklenburg-Vorp....

Article in *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* · January 1998

CITATIONS

4

READS

10

4 authors, including:



Volker Thiele

biota - Institut für ökologische Forschung und Planung, Bützow

84 PUBLICATIONS 210 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Dietmar Mehl

biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

222 PUBLICATIONS 266 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Angela Berlin

Institut Biota GmbH

35 PUBLICATIONS 41 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Typology of waters [View project](#)



Landscape ecology [View project](#)

biota – Gesellschaft für ökologische Forschung, Planung und Beratung mbH, Güstrow, Deutschland

Untersuchungen zum Gegenstromwanderungsverhalten aquatischer und zum Gegenstromflug merolimnischer Evertibraten im Bereich von Fischeufstiegsanlagen in Mecklenburg-Vorpommern (Deutschland)¹

Analyses of the Behaviour of Aquatic and Merolimnic Invertebrates in Relation to the Upstream Movement and the Exodus Flight in the Area of Fish Ladders in Mecklenburg-Vorpommern (Germany)

VOLKER THIELE, DIETMAR MEHL, ANGELA BERLIN & LINDA HUIJSOON

Mit 11 Abbildungen und 7 Tabellen

Key words: Lowland, aquatic and merolimnic invertebrates, upstream movement, exodus flight, fish ladders

Abstract

The analysis of the biological and engineering basis for the construction of efficient fish ladders, their possibilities and conditions, are subjects of an BMBF-project. The results are of importance, because a high number of weirs often divide rivers into sectors. Under these conditions, aquatic and merolimnic invertebrates have to perform their upstream migration with the help of fish ladders. The topic of this research work is the analysis of the potential of invertebrates to realize their upstream migration, their migration corridors as well as their substrate specificity under the conditions of different types of streams in the younger glacial landscape of Mecklenburg-Vorpommern (Germany). It was found that typical invertebrates of running water, especially, prefer the scurps. They migrate, depending on the different species, up to one metre per day. However, in rivers flowing in fens the aquatic invertebrates often migrate on slip-off slopes using roots, dead wood and grasses hanging into the water as a substrate. Attention is paid to the fact that merolimnic species have the possibility of realizing the exodus flight. Results are presented, which show the favoured habitat structures and the specific ability of the adults to realize the upstream migration. Caddis-flies are examined especially. Their essential habitat structures are grasses and herbs near the rivers (0–2 metres from banks). They are able to make an exodus flight up to 100 metres per hour at night. All results are discussed under the aspect of ecological rehabilitation of streams and their flood plains.

1. Einleitung

Fließgewässer werden zu Recht als „Lebensadern der Natur“ bezeichnet. Der Mensch hat bereits sehr früh versucht, ihre

¹ Gefördert mit Mitteln des BMBF unter dem Förderkennzeichen 0339535.

Funktionen für sich nutzbar zu machen und formte die Fließgewässer vielfach nach seinen Ansprüchen um. Das brachte den komplexen Ausbau ganzer Flußsysteme mit sich. Da sich dann der natürliche Durchflußverlauf in den Gewässern gravierend veränderte (Vergrößerung der hydrologischen Extreme: Niedrig- und Hochwasser), waren künstliche Regulationsmechanismen notwendig. Besonders häufig wurden Stau- und Sohlstabilisierungsbauwerke (Wehre, Sohl-schwellen etc.) errichtet, die die lineare Durchgängigkeit des Fließgewässers für fast alle Wasserlebewesen unterbrechen. Das traf die Fließgewässerbiozönose an einer besonders empfindlichen Stelle, da viele Arten auf eine kompensatorische Aufwanderung bzw. auf einen Wechsel zwischen Teillebensräumen angewiesen sind (JOHNSON 1969; SÖDERSTRÖM 1987; WARD 1992).

Folgende Mechanismen des Migrationsverhaltens spielen nach heutigem Wissen (WILLIAMS 1976; PANEK 1991) eine besondere Rolle (Abb. 1):

- Drift (aquatischer und terrestrischer Bereich, aktiv und passiv)
- Gegenstromwanderung (innerhalb und oberhalb von Substraten)
- Vertikal- und Lateralwanderung (aquatischer und terrestrischer Bereich)
- Kompensations-, Dispersions- und Motivationsflüge von Imagines merolimnischer Arten (Flüge zum Ausgleich der Drift, zur Neubesiedlung von Habitaten und zur Eiablage, Überwinterung oder Nahrungsaufnahme)

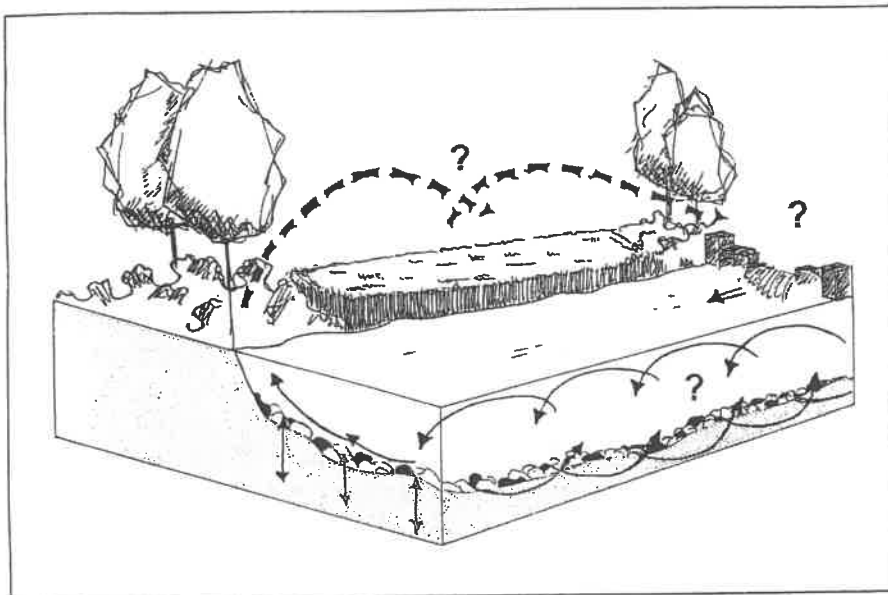


Abb. 1. Schema zum potentiellen Migrationsverhalten aquatischer und merolimnischer Evertibraten im Bereich eines Wehres. Die Pfeile deuten die vorher beschriebenen Mechanismen an. Die Fragezeichen symbolisieren den wissenschaftlichen Erkenntnisbedarf (z.B. Gegenstromwanderung und -flug).

Fig. 1. Scheme of the potential migration behaviour of aquatic and merolimnic invertebrates in the area of the weir. The arrows illustrate the mechanism just described. The question marks symbolize the need of scientific knowledge (upstream movement, exodus flight).

Für Fische, als wirtschaftlich nutzbare Tiergruppe, wurden bereits im letzten Jahrhundert Gesetze erlassen, die die lineare Durchgängigkeit der Fließgewässer vorschrieben (z. B. Preußisches Fischereigesetz). Lange Zeit jedoch wurden die aquatischen Evertibraten, obwohl ihre zentrale Stellung im Nahrungsnetz bekannt war, außer acht gelassen. PECHLANER (1986) wies als einer der ersten explizit darauf hin, daß Aufstiegsanlagen an Wehren bisher fast ausschließlich auf die Ansprüche der Ichthyofauna ausgerichtet seien, die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit von Fließgewässern doch aber für die gesamte Fließgewässerbiozönose gelten müsse. Diese Erkenntnis hatte weitreichende Konsequenzen für die biologische Grundlagenforschung, denn es war wenig zur Gegenstromwanderung aquatischer Evertibraten bekannt. Seit MÜLLER (1954) weiß man zwar, daß die Gegenstromwanderung existiert, die Frage nach dem „wie im Bereich von Fischaufstiegsanlagen“ warf jedoch mehr Probleme auf, als Antworten vorhanden waren. Zu den Hauptfragestellungen zählen demnach:

- Welche Wanderungsleistungen vollbringen standorttypische Arten pro Zeiteinheit?
- Welche Substrate sind in nachhaltig wirksamen Aufstiegsanlagen einzubauen, um einen maximalen Aufstiegserfolg zu gewährleisten?
- Gibt es präferierte Wanderungskorridore im Bereich von Aufstiegsanlagen, und wie sind diese bei der Standortfindung des Einstieges in Aufstiegsanlagen zu berücksichtigen?
- Wie verhalten sich die aquatischen Evertibraten in Aufstiegsanlagen?
- Sind bei der Konstruktion spezielle technische Prinzipien zu beachten?
- Welche Rolle spielt der Kompensationsflug der Imagines merolimnischer Arten bei der Überwindung von Wanderungshindernissen?

- Welche präferentiellen Habitatstrukturen und mikroklimatischen Verhältnisse sind für den Kompensationsflug notwendig?

1994 wurde vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) auf Antrag des Zentrums für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg (ZALF) ein Forschungsprojekt initiiert, das unter anderem diese Fragestellungen klären helfen sollte. Das Projekt „Biologische und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen für nachhaltig wirksame Fischaufstiegsanlagen“ (Leitung: Prof. Dr. habil. QUAST) gliedert sich in einen hydraulischen, einen ichthyologischen und einen zoobenthalen Part. Alle Untersuchungen werden mit vergleichbarer Methodik an den Fließgewässern Stöbber (Brandenburg), Nebel (Mecklenburg-Vorpommern) und Dill (Hessen) durchgeführt.

Nachfolgend sollen die Ergebnisse zum Gegenstromwanderungsverhalten und zum Kompensationsflug aquatischer Evertibraten im Bereich von Fischaufstiegsanlagen an dem für die jungglaziale Landschaft Mecklenburg-Vorpommerns typischen Fluß Nebel dargestellt und diskutiert werden.

2. Untersuchungsgebiet

Die Nebel ist der größte Nebenfluß der Warnow und durchfließt das mittlere Mecklenburg. Sie hat eine Fließlänge von 70 Kilometern und tangiert alle Stadien der glazialen Serie (Abb. 2). Teilweise tiefgründige Niedermoore im Uferbereich wechseln sich mit mittelgebirgsartigen Durchbruchstätern ab. Insgesamt 6 größere Seen werden durchflossen und beeinflussen das Fließgewässer besonders im Quellgebiet nachhaltig. Die Nebel weist folgende Charakteristika

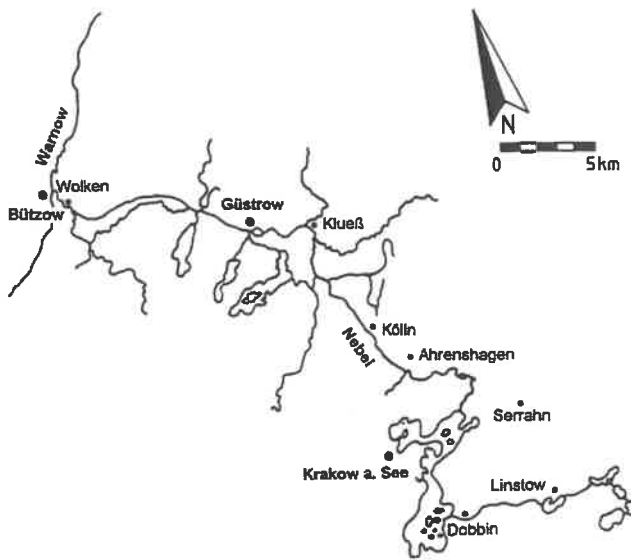


Abb. 2. Lage des Untersuchungsgebietes.

Fig. 2. Location of the investigation area.

eines typischen Tieflandflusses Mecklenburg-Vorpommerns auf (MEHL et al. 1994):

- (1) Niedermoorbereiche des organischen Typus (tiefgründige, gewässerbegleitende Niedermoore, Sohle und Ufer bestehen aus Torf)
- (2) Niedermoorbereiche des teilmineralischen Typus (flache, gewässerbegleitende Niedermoore, die Sohle besteht aus mineralischem, das Ufer aus organischem Substrat)
- (3) Natürlich rückgestaute Fließgewässerbereiche (Seenausflüsse mit einer intensiven Durchmischung lotischer und lenitischer Elemente, organischer Gewässertypus)
- (4) Durchbruchstäler (mittelgebirgsartig anmutende kerb- oder wannenförmige Täler, in denen der mineralische Fließgewässertypus vorherrscht)

Ausgedehnte Fließstrecken der Nebel sind naturnah, so daß heute noch das standorttypische Artenspektrum nachweisbar ist (THIELE et al. 1993, 1995; THIELE 1994; BÖRNER et al. 1994; BERLIN 1994). Andererseits sind aber Teilstrecken der Nebel ausgebaut worden, um eine landwirtschaftliche Nutzung in den angrenzenden Niederungsbereichen zu gewährleisten. Stauhaltungen, besonders an den Seenausflüssen, dienen der Durchflußregulierung. Die dazu benutzten Wehre wurden vornehmlich in den sechziger und siebziger Jahren gebaut. Als Resultat dieses Prozesses existieren heute direkt neben den sehr naturnahen Abschnitten ausgebaut und ökologisch degradierte Bereiche (darunter auch 9 Wehre) von meist nur geringer Ausdehnung. Das prädestiniert die Nebel als Objekt für Untersuchungen zum Gegenstromwanderungsverhalten von aquatischen Evertabraten. Einerseits können damit die natürlichen Reaktions-

normen standorttypischer Arten in den naturnahen Abschnitten unbeeinflusst abgetestet werden, andererseits ist es wenige Meter daneben möglich, ihr Verhalten an wasserwirtschaftlichen Bauwerken zu beurteilen.

Zu Beginn des BMBF-Projektes wurde zunächst ein Wehr mit einer Fischaufstiegsanlage versehen (wehrintegrierter Beckenpaß), an einem anderen ist ein existierender Bypass optimiert worden. Somit war als eine weitere wichtige Voraussetzung die Möglichkeit gegeben, das Anwanderungsverhalten der Wirbellosen auf Fischaufstiegsanlagen zu untersuchen.

Nachfolgend sollen die Untersuchungsabschnitte kurz charakterisiert werden.

• Durchbruchstal zwischen Kuchelmiß und Serrahn

Die Nebel bricht in diesem Abschnitt durch den Krakower Endmoränen-Lobus. Das Fließgewässer weist eine hohe Strömungsgeschwindigkeit und -diversität auf (Abb. 3). Die Sohle besteht vorwiegend aus grobem Flußschotter, der vielfach nur sehr flach überströmt wird. Der Fluß wechselt zwischen 15 und 35 m Breite, wohingegen die Niederung nur sehr schmal ist. Sie wird vorwiegend durch Hainbuchen-Stiel-Eichen-Wald bestanden. Niedermoorbildungen sind eher die Ausnahme. Der Abschnitt wurde wegen der mittelgebirgsartigen Fließcharakteristika mit in die Betrachtungen einbezogen, ähneln doch Strömungsverhältnisse und Dynamik denen auf einer Fischaufstiegsanlage. Damit können unter natürlichen Bedingungen beispielsweise Ergebnisse zu Wanderungsleistungen von aquatischen Evertabraten erhalten werden, die Rückschlüsse zum Verhalten in der Fischaufstiegsanlage geben können.

• Niedermoorbereich bei Dobbin

Kurz vor Einlauf in den Krakower See durchfließt die Nebel ein naturnahes Durchströmungsmoor. Uferbegleitend treten Erlenbrüche sowie Schilf- und Großseggenrieder auf. Die Zusammensetzung der benthalen Biozönose, die vorwiegend ubiquitäre Arten integriert, ist eine Folge der hohen Konzentration an freien oder gebundenen Huminsäuren. In diesem Fließgewässerabschnitt galt deshalb das besondere Interesse dem Gegenstromwanderungsverhalten sowie den -korridoren, die aquatische Evertabraten in solch extremen Lebensräumen benutzen.

• Niedermoorbereich bei Kirch-Rosin

Dieser Nebelabschnitt läßt sich dem teilmineralischen Typus zuordnen. Naturnah mäandrierend, weist die Nebel hier eine Sandsohle auf. Die Niederung besteht aus einem auf flachem Niedermoor aufgewachsenem Vegetationsstrukturmosaik (Erlenbruch, Feuchtwiese, Schilfgebiet, Seggenrieder etc.). Insbesondere die Gegenstromflüge der merolimnischen Evertabraten lassen sich hier gut beobachten und untersuchen.



Abb. 3. Durchbruchstal zwischen Serrahn und Kuchelmiß.

Fig. 3. V-shaped valley between Serrahn and Kuchelmiß.

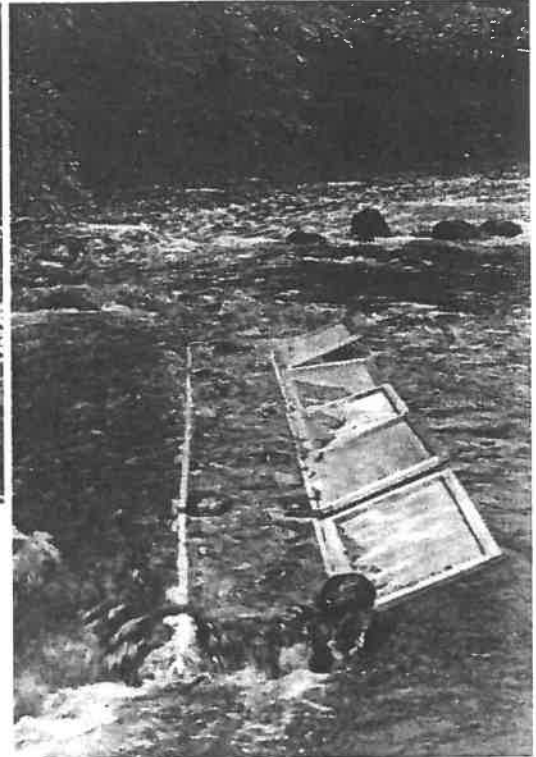


Abb. 4. Eruiierung der Gegenstromwanderungsleistungen aquatischer Evertebraten – 5 m lange Kistenreihe in der Nebel.

Fig. 4. Reconnaissance of the specific potential of aquatic invertebrates to realize the upstream migration – 5 m long row of boxes in the river Nebel.

3. Zielstellungen, Material und Methoden

3.1. Untersuchungen im aquatischen Bereich

Prinzipiell ist bekannt, daß verschiedene aquatische Evertebratenarten Fischeaufstiegsanlagen passieren können. (HALLE 1993; RAWER-JOST 1994; DVWK 1996). Sie nutzen diese teilweise sogar als sekundäre Lebensräume (rheophile Arten). Weitestgehend unbekannt sind hingegen die Bedingungen, unter denen das Gros der Arten den Aufstieg vollziehen kann, wie lange sie dafür benötigen und in welchen Korridoren sie auf die Anlage anwandern. Zur Klärung dieser Problematik sind alle nachfolgend aufgeführten Versuche unternommen worden:

3.1.1. Analyse der Gegenstromwanderungsleistungen

Untersuchungen zu Gegenstromwanderungsleistungen wurden vorwiegend im Durchbruchstal der Nebel zwischen Kuchelmiß und Serrahn vorgenommen. Dazu wurden Kisten (unbehandeltes Holz) mit einer definierten Größe von 100 cm×50 cm×15 cm mit standorttypischem Sohlsubstrat gefüllt. Dieses Substrat stammte aus einer benachbarten Kiesgrube, war also unbesiedelt. Nach vorn und oben wurde die Kiste mit Gaze bespannt (Abschirmung gegen Drift). Die Seiten bestanden aus Holz. Die hintere Seite wurde nur mit einem wenige Millimeter hohem Brett nach unten hin abgegrenzt. Dieses sollte später ein eventuelles Herausschwemmen von Tieren in Bodennähe verhindern. Ansonsten war diese Seite offen, so daß ein nahtloser Sohlsubstratanschluß möglich war.

Zur Untersuchung der Wanderungsleistungen wurden 5 Kisten in Längsrichtung aneinandergeschlossen (Abb. 4). Die mittleren

Kisten mußten dazu umgebaut werden, so daß ein nahtloser Sohlübergang zwischen ihnen gegeben war. Die Expositionszeit betrug 5–7 Tage.

Nach Versuchsende wurden die Kisten einzeln und sehr vorsichtig dem Gewässer entnommen. Das komplette Substrat wurde 20 cm-weise in Schalen überführt, abgesammelt, gesiebt und gewaschen und nochmals ausgesammelt. Die Tiere sind in 96%igem Ethanol konserviert und im Labor determiniert worden.

Die Bestimmung erfolgte u. a. nach EDINGTON & HILDREW (1981), TOBIAS & TOBIAS (1981), ELLIOTT & HUMPECH (1983), MALICKY (1984), DREYER (1986) ELLIOTT et al. (1988), LILLEHAMMER (1988), WALLACE et al. (1990), SCHMEDTJE & KOHMANN (1992), HEIDEMANN & SEIDENBUSCH (1993) und HYNES (1993). Die Nomenklatur folgt ILLIES (1978).

3.1.2. Analyse von Substratpräferenzen und Wanderungskorridoren

Die unter Punkt 3.1.1. beschriebenen Kisten wurden auch für diese Versuche im Bereich des Durchbruchstaes eingesetzt. Sie wurden vor der Fischeaufstiegsanlage Serrahn im Halbkreis ausgebracht. Ziel der Untersuchungen war es, Aufschlüsse über den Anwanderungskorridor auf das Wehr bzw. auf die darin integrierte Aufstiegsanlage zu erhalten.

Um Wanderungskorridore im Gewässer eruieren zu können, wurden bis zu 4 Kisten im Querprofil des Flusses positioniert (Prall- und Gleithang mit den unterschiedlichsten Strömungsverhältnissen von stark strömend bis fast stehend, schießendes Wasser, strömendes bis langsam fließendes Wasser). Die Kisten wurden so tief in das Sohlsubstrat des Flusses eingegraben, daß kein relevanter Übergang

zum Sohlsubstrat der Kiste existierte. Die Strömungsgeschwindigkeit war durch die Abschirmung in den Kisten um etwa ein Drittel niedriger. Die Expositionszeit betrug 3–5 Tage.

In einer zweiten Versuchsserie wurden die Kisten mit unterschiedlichem Sohlsubstrat gefüllt. Dazu wurde Flußschotter, Muschelschill (vorwiegend *Dreissena polymorpha*), Torf und Holz verwendet. Sie wurden direkt in die untersten Becken der Fischaufstiegsanlage eingegraben, bis der Sohlanschluß gegeben war. Die Expositionszeit lag einheitlich bei 3 Tagen (Entnahmemethodik siehe oben). Die Versuche sollten Auskunft über präferierte Sohlsubstrate in Fischaufstiegsanlagen geben.

Ähnliche Versuche wurden auch unter den geschilderten Niedermoorbedingungen (Niedermoor Dobbin) durchgeführt. Allerdings lassen sich hier, aufgrund des wenig Widerstand bietenden Torfkörpers, keine Kisten einbringen. Deshalb wurde mit Gazebeuteln von etwa 20 l Volumen gearbeitet, die mit Torf gefüllt und in verschiedenen Bereichen des Flußquerschnittes exponiert waren (Erlenwurzeln, flutende Gräser, Ufertorf, ins Wasser hängende Äste, Totholz, Sohlsubstrat). Da der Torf durch die feinen Poren (2 mm Maschenweite) der Gaze dringt, wird diese nicht zu einem attraktiven Hartsubstrat, so daß keine unerwünschten Sekundäreffekte zu erwarten waren.

In einer zweiten Serie wurden diese Beutel mit verschiedenen Substraten gefüllt (Torf, Steine, Holz, Feinsand). Mit dieser Versuchsanstellung sollten die optimalen Substrate für solche Fischaufstiegsanlagen ermittelt werden, die in Niedermoorgewässern gebaut werden müssen und auch den Evertebratenaufstieg sichern sollen.

Substratbezogene Handaufsammlungen (Substratsiebungen, Pfahlkratzer, Siebfänge) ergänzten die Untersuchungsmethodiken.

3.2. Untersuchungen im terrestrischen Bereich

Merolimnische Evertebratenarten haben als Imago grundsätzlich die Möglichkeit, Querverbauungen auch fliegend zu überwinden. Vielfach ist die Existenz von Wehren allerdings mit degradierten Niederungsabschnitten (z. B. Intensivgrünland) gekoppelt, so daß sich die Frage stellt, ob und unter welchen Bedingungen ein gerichteter Gegenstromflug realisiert werden kann. Zur Eruiierung dieser Fragestellung wurden folgende Versuche vorgenommen:

3.2.1. Analyse präferierter Habitatstrukturen

Die Untersuchungen sollten ein Bild von den Habitatstrukturen liefern, die durch die Imagines der Köcherfliegen, Eintagsfliegen und Libellen präferiert werden. Um den Untersuchungsumfang in realisierbaren Grenzen zu halten, wurden folgende Randbedingungen definiert:

- Es sollen keine Analysen auf Artniveau durchgeführt werden. Den Autoren ist bekannt, daß die einzelnen Arten dieser großen Gruppen mehr oder weniger stark abweichende autökologische Ansprüche haben. Unter praxisrelevanten Gesichtspunkten wurde davon ausgegangen, daß es im ersten Schritt nur darum gehen kann, wesentliche Habitatstrukturen in ihrer Zusammensetzung herauszukristallisieren.
- Es sollen vorwiegend Sitzwarten und Ruheräume untersucht werden. Insekten zeigen teilweise relativ komplexe circadiane bzw. circaannuelle Verhaltensmuster. Diese sind bei den merolimnischen Arten in der terrestrischen Phase insbesondere durch Phasen der

Ruhe, Nahrungsaufnahme (soweit noch möglich und nötig), Schwärmen, Paarung und Eiablage gekennzeichnet (JOHNSON 1969). Bei den Libellen kommt noch ein ausgeprägtes Jagdverhalten hinzu. Die hier durchgeführten Untersuchungen beschränken sich auf die für viele Insekten kritische Ruhephase.

Der Bereich um Kirch-Rosin erwies sich aufgrund seiner vielgestaltigen Habitatstrukturen als besonders geeignet für das Untersuchungsprogramm. Es wurde davon ausgegangen, daß die Insekten die Möglichkeit haben mußten, möglichst unbeeinflusst ihre Ansprüche zu realisieren. Deshalb wurden im Zeitraum von Mai bis August 1995 und 1996 umfangreiche Beobachtungen im Gelände durchgeführt. Folgende Angaben wurden protokolliert:

- Artengruppe (wenn fangbar, auch die Art)
- Zeitpunkt der Beobachtung
- Meteorologische Situation
- Habitatstruktur
- Höhe des Ruheraumes über dem Erdboden
- Abstand des Ruheraumes vom Gewässer
- Temperatur und relative Luftfeuchte direkt im Ruheraum

Die aus diesen Untersuchungen resultierenden ökologischen Datenreihen erlaubten die Einteilung der Parameter in einzelne Häufigkeitsklassen. Dadurch wurde eine Bestimmung der horizontalen und vertikalen Verteilung der einzelnen Artengruppen im Raum möglich. Der Stichprobenumfang betrug wenigstens 350 Beobachtungen pro Artengruppe und Jahr.

Damit wurden hinreichende Anhaltspunkte gewonnen, um ökologische Sanierungen im Niederungsbereich von Fließgewässern zu lenken zu können, daß auch im terrestrischen Bereich die lineare Durchgängigkeit gesichert werden kann.

3.2.2. Analyse des Ausbreitungsverhaltens

Diese Untersuchungen wurden im Durchbruchstal zwischen Kuchelmeiß und Serrahn vorgenommen. Dazu wurden Imagines von Köcher- und Eintagsfliegen in einer automatischen Lichtfalle (Hängemodell, 15 Watt superaktinische Leuchtstoffröhre) gefangen und zwischengehältet. Am folgenden Abend sind sie dann mit verschiedenen Methoden auf Thorax oder Flügel markiert worden (Tab. 1). Dabei wurde darauf geachtet, daß

- keine Stigmen verstopft,
- die Flugfähigkeit nicht beeinträchtigt und
- nicht mit giftigen Substanzen gearbeitet wurde.

Unter anderem wurde Lumilux Grün N verwendet, ein Tageslichtsammler, der das akkumulierte Tageslicht in der Nacht abstrahlt. Dadurch sind die Insekten auch in der Dunkelheit sichtbar, ohne daß die Fluoreszenz erst angeregt werden muß. Problematisch ist die Applikation des Pulvers. Es wurde mit lösungsmittelfreiem Klebstoff gemischt und dann auf den Thorax des jeweiligen Tieres aufgebracht.

In einer Flußbiegung wurden die markierten Tiere in der Abenddämmerung oder Nacht freigesetzt und hatten die Möglichkeit flußaufwärts oder flußabwärts zu fliegen. Durch das starke Relief des Abschnittes konnte eine Ausbreitung der Imagines senkrecht zum Gewässer weitestgehend ausgeschlossen werden. In beiden Richtungen standen, für die Tiere am Ort der Freisetzung unsichtbar, Lichtfallen, in die sie hineinfliegen mußten, soweit wie sie nicht vorher durch Räuber dezimiert wurden (Abb. 5). Die Versuchsdauer betrug 1 Stunde, und die Lichtfallen waren 50–100 m vom Freisetzungsort entfernt.

Tabelle 1. Auszug aus Protokollen zu verschiedenen Varianten der Wiederfangversuche mit unterschiedlich markierten Imagines.

Table 1. Excerpt from the records of different variants of recatching trials with different marked adults.

	Datum	Markierte Imagines	Art der Markierung	Dauer [h]	Entfernung [m]
1	03. 07. 95	15	Lumilux Grün N	1	50
2	03. 07. 95	50	lösungsmittelfreier Farbstift	1	50
3	10. 07. 95	30	lösungsmittelfreier Farbstift	1	50
4	10. 07. 95	40	lösungsmittelfreier Farbstift	1	100
5	19. 07. 95	20	Lumilux Grün N	1	50
6	19. 07. 95	60	lösungsmittelfreier Farbstift	1	50

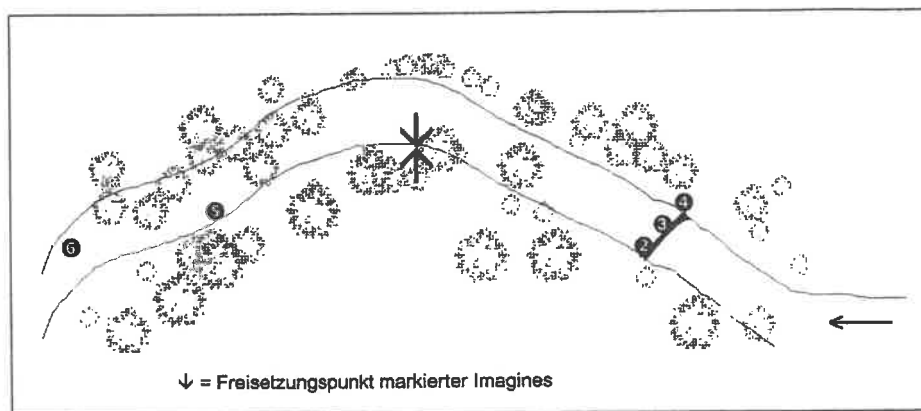


Abb. 5. Versuchsanordnung bei den Wiederfangversuchen mit markierten Insekten im Durchbruchstal. 2–6 = Standorte der Lichtfallen.

Fig. 5. Experimental arrangement of the recatching trials with marked insects in the v-shaped valley. 2–6 = locations of light-traps.

Tabelle 2. Artenspektrum und Abundanzen (semiquantitativ) aquatischer Evertrebraten im Bereich des Durchbruchstals Kuchelmiß/ Serrahn.

Häufigkeit: e – sehr selten (Einzelfund); s – selten; v – verbreitet; h – häufig; g – gemein.

Table 2. The spectrum of species and abundances (semiquantitative) of aquatic invertebrates in the area of the v-shaped valley Kuchelmiß/Serrahn.

Frequency: e – very rare (single finds only); s – rare; v – spread; h – frequent; g – common.

Artname	Häufigkeit
<i>Acroloxus lacustris</i>	v
<i>Ancylus fluviatilis</i>	v
<i>Bithynia tentaculata</i>	s
<i>Galba truncatula</i>	s
<i>Planorbis planorbis</i>	s
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	v
<i>Radix ovata</i>	s
<i>Stagnicola palustris</i>	s
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	h
<i>Dreissena polymorpha</i>	v
<i>Erpobdella octoculata</i>	s
<i>Asellus aquaticus</i>	s
<i>Gammarus pulex</i>	h
<i>Baetis</i> spec. (min. 2 Arten)	g
<i>Caenis</i> spec.	v
<i>Ephemerella ignita</i>	h
<i>Heptagenia sulphurea</i>	h
<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	v

Artname	Häufigkeit
<i>Isoperla grammatica</i>	h
<i>Leuctra digitata</i>	h
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	v
<i>Anabolia nervosa</i>	s
<i>Athripsodes albifrons</i>	s
<i>Athripsodes cinereus</i>	v
<i>Brachycentrus subnubilus</i>	v
<i>Ceraclea alboguttata</i>	v
<i>Ceraclea dissimilis</i>	v
<i>Ceraclea nigronervosa</i>	v
<i>Chaetopteryx villosa</i>	v
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	h
<i>Chimarra marginata</i>	v
<i>Halesus</i> spec.	v
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	e
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	v
<i>Hydropsyche siltalai</i>	g
<i>Hydroptila sparsa</i>	v
<i>Lepidostoma hirtum</i>	v
<i>Limnephilus lunatus</i>	s
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	v
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	v
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	s
<i>Polycentropus irroratus</i>	v
<i>Potamophylax</i> spec.	g
<i>Rhyacophila fasciata</i>	v
<i>Rhyacophila nubila</i>	h
<i>Sericostoma personatum</i>	h
<i>Silo nigricornis</i>	v

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1. Verteilung des Artenspektrums aquatischer Evertibraten innerhalb des Fließgewässerquerschnittes, potentielle Wanderungskorridore und Substratspezifitäten

Die Untersuchungen des Evertibratenaufstiegs in Fischaufliegsanlagen müssen in Gewässerbereichen durchgeführt werden, in denen möglichst das gesamte potentiell unter naturnahen Bedingungen vorhandene Artenspektrum eines Fließgewässers noch vorhanden ist. Die Modellabschnitte sollten dabei wesentliche Fließgewässertypen repräsentieren, da zu vermuten steht, daß ein grundsätzlich unterschiedlich leistungsfähiges Artenspektrum den Aufstieg vollziehen muß. Die Untersuchungen erstreckten sich deshalb auf drei Fließgewässertypen und zielten insbesondere auf die Eruiierung des Artenspektrums und der Wanderungskorridore ab.

Fließgewässer der Durchbruchstäler

Durchbruchstäler bieten einer artenreichen Evertibratenfauna eine Lebensgrundlage. Ein gut strukturiertes Interstitial, eine hohe Strömungsdiversität, unterschiedlichste Mikrohabitate und klares, sauerstoffreiches, aber an Nahrung reiches Wasser sind die Basis dafür. Aus der Fülle der nachgewiesenen Arten seien nur die folgenden, zumeist an diese Verhältnisse gut angepaßten Charakterarten angeführt:

Ancylus fluviatilis, *Aphelocheirus aestivalis*, *Athripsodes albifrons*, *Brachycentrus subnubilis*, *Cheumatopsyche lepida*, *Dugesia gonocephala*, *Ephemera danica*, *Ephemerella ignita*, *Heptagenia sulphurea*, *Isoperla grammica*, *Lepidostoma hirtum*, *Leuctra digitata*, *Paraleptophlebia submarginata*.

In Tab. 2 wurden das Artenspektrum (mind. 49 Arten) und die Abundanzen jeder Art (semiquantitativ) für den gesamten Untersuchungsbereich des Durchbruchstaales aufgelistet. Tab. 3 und Abb. 6 weisen die Verteilung der Arten innerhalb eines speziellen Transektes aus. Man kann sehr deutlich aus der Verteilung ablesen, daß am Prallhang präferentielle Lebensräume für die typischen Fließgewässerarten vorhanden sind. Bis auf den Bereich der flach überströmten Sandbank wurden sowohl am Prall- als auch am Gleithang vorwiegend rheophile Arten nachgewiesen.

Die Aussagen zu präferentiellen Wanderungskorridoren werden auch durch Versuche gestützt, in denen „Kisten“ mit unbesiedeltem, naturraumtypischem Substrat halbkreisförmig vor einer Aufstiegsanlage (etwa 100 m Abstand) positioniert worden sind. Die am stärksten besiedelten „Kisten“ wurden im Uferbereich des Prallhanges nachgewiesen, so daß sich dort auch der Hauptanwanderungskorridor befinden muß.

Weitere Versuchsanstellungen, die nur kurz beleuchtet werden sollen, waren auf die Untersuchung der Substratspezifitäten der Arten in diesem spezifischen Lebensraum ausgerichtet. Hintergrund der Fragestellung war das Problem des Einbaues von fast ausschließlich großen Steinen in Fischtreppe. Ist vielleicht Feinsand zur Ausprägung eines Interstitials in solchen Anlagen vonnöten? Umfangreiche

Tabelle 3. Verteilung des Artenspektrums in einem repräsentativen Transekt des Nebeldurchbruchstaales. Abkürzungen wie in Tab. 2.

Table 3. Distribution of the spectrum of species in a representative sector of the v-shaped valley Nebel. For abbreviations see Table 2.

Artnamen	Prallhang	Stromstrich	Sandbank	Verlandungs- bereich	Gleithang
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	v	h			
<i>Asellus aquaticus</i>			s	v	v
<i>Gammarus pulex</i>	v	v		h	h
<i>Bueris spec.</i> (mind. 3 Arten)	v	h	s	s	v
<i>Ephemera danica</i>			v	v	
<i>Heptagenia sulphurea</i>	s	v		s	s
<i>Calopteryx splendens</i>				s	v
<i>Isoperla grammica</i>	v	h			v
<i>Gyrinus spec.</i>	s	s			v
<i>Chimarra marginata</i>	s	v			
<i>Halesus spec.</i>	v	s	s	v	v
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	s	v		v	v
<i>Hydropsyche siltalai</i>	s	g	s	s	s
<i>Polycentropus irroratus</i>				v	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	s			s	
<i>Rhyacophila fasciata</i>	s	v			
<i>Rhyacophila nubila</i>	s	v		s	v
<i>Simulium spec.</i> (mind. 3 Arten)		v	v	g	v
<i>Tabanidae</i>		s			

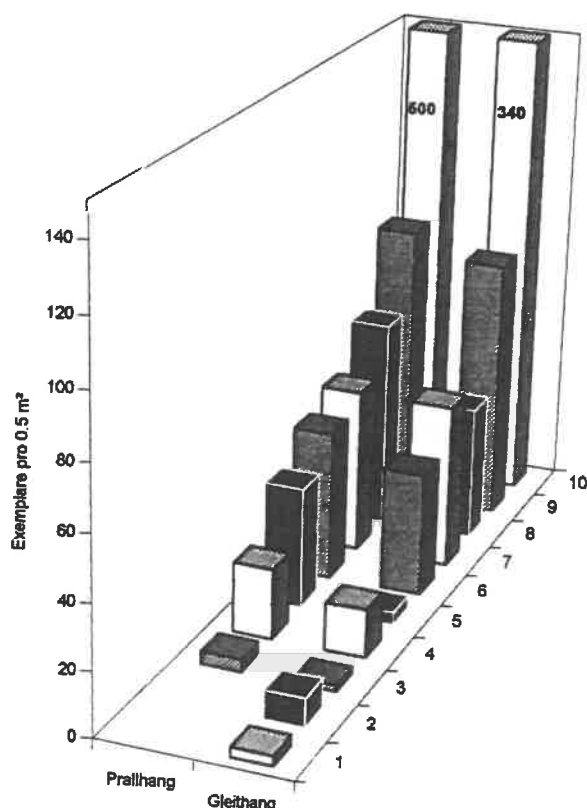


Abb. 6. Verteilung der Arten innerhalb eines repräsentativen Transektes im Durchbruchstal der Nebel (1: *Sericostoma personatum*, 2: *Aphelocheirus aestivalis*, 3: *Rhyacophilidae*, 4: *Theodoxus fluviatilis*, 5: *Ephemerella ignita*, 6: *Heptagenia sulphurea*, 7: *Baetis spec.*, 8: *Hydropsychidae*, 9: *Gammarus pulex*, 10: *Leuctra digitata*).

Fig. 6. Distribution of the species in a representative sector in the v-shaped valley of the river Nebel (1: *Sericostoma personatum*, 2: *Aphelocheirus aestivalis*, 3: *Rhyacophilidae*, 4: *Theodoxus fluviatilis*, 5: *Ephemerella ignita*, 6: *Heptagenia sulphurea*, 7: *Baetis spec.*, 8: *Hydropsychidae*, 9: *Gammarus pulex*, 10: *Leuctra digitata*).

Versuche mit verschiedenen Substraten haben ergeben, daß die meisten Arten auch unter den Bedingungen einer Fischaufstiegsanlage, in der ausschließlich große Steine verbaut worden sind, den Aufstieg vollziehen können. Die Steine müssen jedoch hydraulisch rauh sein, damit ein Lückensystem entsteht, in dem sich mit der Zeit auch Feinsand und Laub absetzen können. Eine Aufwanderung der Arten blieb nur dann weitestgehend aus, wenn Substrate angeboten wurden, die bereits natürlicherweise schon relativ besiedlungsfeindlich sind (z. B. Torf, Muschelschill).

Fließgewässer im Bereich von Seeausflüssen

Durchflossene Seen sind ein wesentliches Charakteristikum der Fließgewässer in Mecklenburg-Vorpommern. Im Zuge

des Fließgewässerausbaus sind sie vielfach mit Seeausfluß-Wehren versehen worden, die die gezielte Bewirtschaftung dieser Seen erlaubten. Heute bilden diese Standorte Schwerpunkte für den Bau von Fischaufstiegsanlagen, sind also von besonderer Bedeutung bei der Untersuchung des Evertebratenaufstieges. Vielfach werden die Abschnitte mehr oder weniger vollständig von den abiotischen und biotischen Verhältnissen der Seen bestimmt (physiko-chemische Parameter, Planktonaustrag etc.). Hier bildet sich eine spezielle Seeausflußbiozönose aus, die von STATZNER (1978) als Vergesellschaftung lotischer und lenitischer Faunenelemente beschrieben worden ist.

Im untersuchten Nebelabschnitt bei Serrahn treten als charakteristische Arten *Dreissena polymorpha*, *Neureclipsis bimaculata* und verschiedene Hydropsychearten auf. Als Filtrierer finden diese Arten im planktonreichen Seeausfluß nahezu ideale Lebensbedingungen. Tab. 4 widerspiegelt das oberhalb und unterhalb des Seeaustrittswehres Serrahn vor dem Bau der Fischaufstiegsanlage nachgewiesene Artenspektrum (Aufsammlungen über mehr als 2 Jahre mit Standardmethoden) und die nach dem Bau dieser Anlage einsetzende Besiedlung und Durchwanderung. Bereits nach einem Dreivierteljahr gleicht das Artenspektrum in der Anlage dem unterhalb nachgewiesenen (Sörensen-Index). Damit kann die Anlage auch für Evertebraten als vollständig durchgängig angesehen werden.

Die Besiedlungsverteilung des Gewässerabschnittes gleicht in etwa der des Durchbruchstales. Auch hier werden die Prallhänge besonders stark besiedelt. Bei sehr langsam fließenden Gewässern ist demgegenüber eine in etwa gleiche Besiedlung über den Fließgewässerquerschnitt hinweg vorhanden. Ausgenommen davon können Uferbereiche mit spezifischen Mikrohabitaten (z. B. flutende Gräser), Totholz und Hartsubstraten oder besonders nährstoffreiche Habitate werden.

Fließgewässer in Niedermooren

Durchströmungs- und Verlandungsmoore sind vielfach als fließbegleitende Bildungsformen an Fließgewässern in Mecklenburg-Vorpommern sehr häufig. Die Moore weisen eine unterschiedliche Mächtigkeit auf und können somit entweder Flußsohle und Ufer prägen oder auch nur das Ufer (flache Niedermoore). Damit liegt entweder der teilmineralische oder der organische Typus eines Fließgewässers vor. Beide Typen werden unterschiedlich besiedelt, wie nachfolgend dargestellt werden soll:

Organischer Typus: Die Untersuchungen zum organischen Typus fanden im naturnahen Durchströmungsmoor von Dobbin statt. Aufgrund der relativen Unzugänglichkeit des Moores wurden sowohl substratbezogene Handaufsammlungen durchgeführt als auch die unter Punkt 3.1.2. beschriebenen, mit Torf gefüllten Substratbeutel eingesetzt. Das nachgewiesene Artenspektrum ist in Tab. 5 dargestellt. Die wenigen aufgesammelten Mollusken wiesen starke Kor-

Tabelle 4. Artenspektrum der aquatischen Evertibraten im Bereich des Seeaustrittswehres Serrahn (Gesamtartenspektrum unterhalb und oberhalb des Wehres) und Besiedlungsabfolge auf der eingebauten Fischtreppe. Abkürzungen wie in Tab. 2.

Table 4. The spectrum of species of the aquatic invertebrates in the area of the lake's weir Serrahn (total species below and above the weir) and the sequence of the colonization on the installed fish ladder. For abbreviations see Table 2.

	Ober- halb Wehr	Aufstiegsanlage						Unter- halb Wehr	
		1994					1995		1996
		März	April	Mai	Juni	Juli	Juli		Juli
<i>Bithynia tentaculata</i>	h		s		v	v	v	v	v
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	h			v	v	h	h	h	h
<i>Radix ovata</i>	h								
<i>Theodoxus fluviatilis</i>					v	v	v	v	v
<i>Dreissena polymorpha</i>	v			v	v	v	v	g	g
<i>Erpobdella octoculata</i>	h				s	v	v	v	v
<i>Helobdella stagnalis</i>							v	v	v
<i>Theromyzon tessolatum</i>	s						v	v	v
<i>Asellus aquaticus</i>	h						s	v	v
<i>Gammarus pulex</i>	h				s	v	v	v	v
<i>Plactynemis pennipes</i>	v						s	s	s
<i>Baetis spec. (min. 2 Arten)</i>	h			s	s	v	h	v	v
<i>Ephemera vulgata</i>	v								
<i>Paraleptophlebia submarg.</i>								s	s
<i>Anabolia nervosa</i>	h								
<i>Athripsodes cinereus</i>							v	v	v
<i>Halesus spec.</i>			s	v	v	v	v	v	v
<i>Hydropsyche angustipennis</i>					s	h	h	h	v
<i>Hydropsyche pellucidula</i>						s	s	s	s
<i>Limnephilus lunatus</i>	v								
<i>Neureclipsis bimaculata</i>					v	v	v	v	v
<i>Notodobia ciliaris</i>	v								
<i>Plectrocnemia conspersa</i>					s	h	h	h	v
<i>Polycentropus flavomac.</i>						s	s	s	s
<i>Polycentropus irroratus</i>						s	v	s	v
<i>Potamophylax spec.</i>			s		v	v	v	v	h
Sörensen-Index	100	–	11	31	44	41	52	51	51
	51	–	12	32	73	83	98	99	100

rosionserscheinungen an den Schalen bis hin zur fast vollständigen Auflösung auf.

Teilmineralischer Typus: Die Erhebungen wurden in einem naturnahen Abschnitt der Nebel bei Kirch-Rosin vorgenommen. Das nachgewiesene Artenspektrum ist ebenfalls in Tab. 5 aufgeführt. Häufigste Arten waren *Gammarus pulex* und *Halesus*-Arten. Das Artenspektrum bei den Mollusken ist hier eingeschränkter als im Niedermoor Dobbin, allerdings sind die Abundanzen der verbliebenen Arten wesentlich höher. Die Schalen wiesen nur wenige Korrosionen

auf, was auf eine geringere Konzentration freier Huminsäuren hinweist.

Die Besiedelung der untersuchten niedermoorgeprägten Bereiche ist sehr unterschiedlich. Im teilmineralischen Typus wurden dazu Handaufsammlungen über ein Transekt hinweg ausgewertet. Es zeigte sich, daß zum einen wieder der Prallhang selbst relativ stark besiedelt, der Sohlbereich des Prallhanges aber fast steril war. Das ändert sich nur, wenn Wasserpflanzen oder Torfbrocken angetrieben werden und Hartsubstrate bilden, die das lebensfeindliche Sandtreiben im Sohlbereich verhindern. Auch spärlich aufwachsende

Tabelle 5. Artenspektrum und Abundanzen aquatischer Evertebraten in niedermoorgeprägten Fließgewässern verschiedenen Typus. Abkürzungen wie in Tab. 2.

Table 5. The spectrum of species and abundances of aquatic invertebrates in streams of different types, influenced by fens. For abbreviations see Table 2.

Artnamen	Niedermoor Dobbin (organischer Typus)	Niedermoor Kirch-Rosin (teilmineralischer Typus)
<i>Erpobdella octoctulata</i>	s	
<i>Glossiphonia complanata</i>	s	
<i>Helobdella stagnalis</i>	s	
<i>Bathymophalus contortus</i>	s	
<i>Bithynia tentaculata</i>		v
<i>Lymnea stagnalis</i>	s	
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	s	v
<i>Radix ovata</i>	e	
<i>Segmentina nitida</i>	s	
<i>Stagnicola palustris</i>	s	
<i>Valvata pulchella</i>		s
<i>Pisidium spec.</i>	s	v
<i>Gammarus pulex</i>	s	h
<i>Gammarus roeseli</i>		v
<i>Asellus aquaticus</i>	s	v
<i>Agabus sturmi</i>	s	
<i>Chironomus spec.</i>	v	s
<i>Simulium spec.</i>		v
<i>Ephemerella ignita</i>		v
<i>Heptagenia fluva</i>		s
<i>Sialis lutaria</i>	v	s
<i>Isoperla grammatica</i>		s
<i>Leuctra digitata</i>		s
<i>Nemoura dubitans</i>	s	
<i>Anabolia nervosa</i>	s	v
<i>Beraeodes minutus</i>	s	
<i>Glyptotendipes pellucidus</i>	s	v
<i>Grammotaulius nigropunctatus</i>		v
<i>Halesus spec.</i>	v	h
<i>Hydropsyche pellucidula</i>		v
<i>Isonychia dubia</i>		s
<i>Limnephilus spec.</i>	s	v
<i>Polycentropus irroratus</i>	e	
<i>Potamophyllax spec.</i>	e	v
<i>Rhyacophila fasciata</i>	e	
<i>Trichostegia minor</i>	s	

Wasserpflanzen bieten den Evertebraten Schutz und Siedlungsfläche. Ganz anders verhält sich dieses im Uferbereich. Erlenwurzeln, flutende Gräser und ins Wasser hängende Weidenzweige lassen eine reichere Besiedlung des oberen Bereiches des Ufers zu.

Organischer Typus: Der organische Typus des Niedermoorgewässers wurde mit einer speziellen Versuchsanordnung im Gewässerabschnitt bei Dobbin beprobt. Ein 10 m langer, mit standorttypischen Substraten gefüllter Schlauch wurde durch unterschiedliche Habitatelemente des Flußquerschnittes verlegt und 7 Tage exponiert. Dann wurde er entnommen und abgesammelt. Ergänzend dazu wurden substratbezogene Handaufsammlungen in typischen Habitaten durchgeführt.

Das Makrozoobenthosbesiedlungsmuster des untersuchten Flußprofils war sehr uneinheitlich. Es richtet sich augenscheinlich nach bestimmten Habitatstrukturen aus. Abb. 7 zeigt das beprobte Transekt im Querschnitt und stellt das Besiedlungsmosaik (Arten und Abundanzen) dar. Hohe Abundanzen der Makrozoobenthos waren am Gleithang nachweisbar. Dort ragen Erlenwurzeln und flutende Gräser über das Ufer hinaus in das Wasser, Weiden hängen mit ihren Zweigen hinein und schaffen so Hartsubstrate. Gleiches trifft für Teile der Flußmitte zu, wo Äste und Treibsel antreiben. Offensichtlich bietet der Torf ein ungünstigeres Milieu, so daß Hartsubstrate eindeutig präferiert werden.

Überraschenderweise wurden in der Nebel bei Dobbin auch Einzelexemplare der Arten *Rhyacophila fasciata* und *Polcentropus irroratus* nachgewiesen. Diese Arten haben höhere Ansprüche an die Strömungsverhältnisse und die Sauerstoffversorgung und bevorzugen demgemäß eigentlich andere Gewässertypen. Mikroskopische Untersuchungen der Kiemen haben allerdings gezeigt, daß die bei Dobbin gefundenen Exemplare stark in ihrer Vitalität eingeschränkt waren (geschwärzte Kiemenfäden). Sie wurden offensichtlich aus einem Nebenbach der Nebel (teilmineralischer Typus) verdriftet und konnten nur noch geringe Zeit überleben, was einmal mehr den Unterschied in der Besiedlung beider Niedermoorgewässertypen unterlegt.

Als Fazit dieser Untersuchungen ergibt sich, daß Fischauftiegsanlagen für den Evertebratenaufstieg dem Fließgewässertypus entsprechend unterschiedliche Einlaufbereiche haben sollten. Uferbereiche von Prallhängen und reich strukturierte Uferhabitate sind dabei von besonderer Bedeutung. In ihnen vollzieht sich augenscheinlich auch die Hauptgegenstromwanderung. Sind Fließgewässer des organischen Typus vorhanden, so spielen Hartsubstrate im Uferbereich eine besondere Rolle. Diese werden relativ unspezifisch von den Arten angenommen.

4.2. Gegenstromwanderungsleistungen

Untersuchungen zu Gegenstromwanderungsleistungen wurden insbesondere unter Durchbruchstälverhältnissen durch-

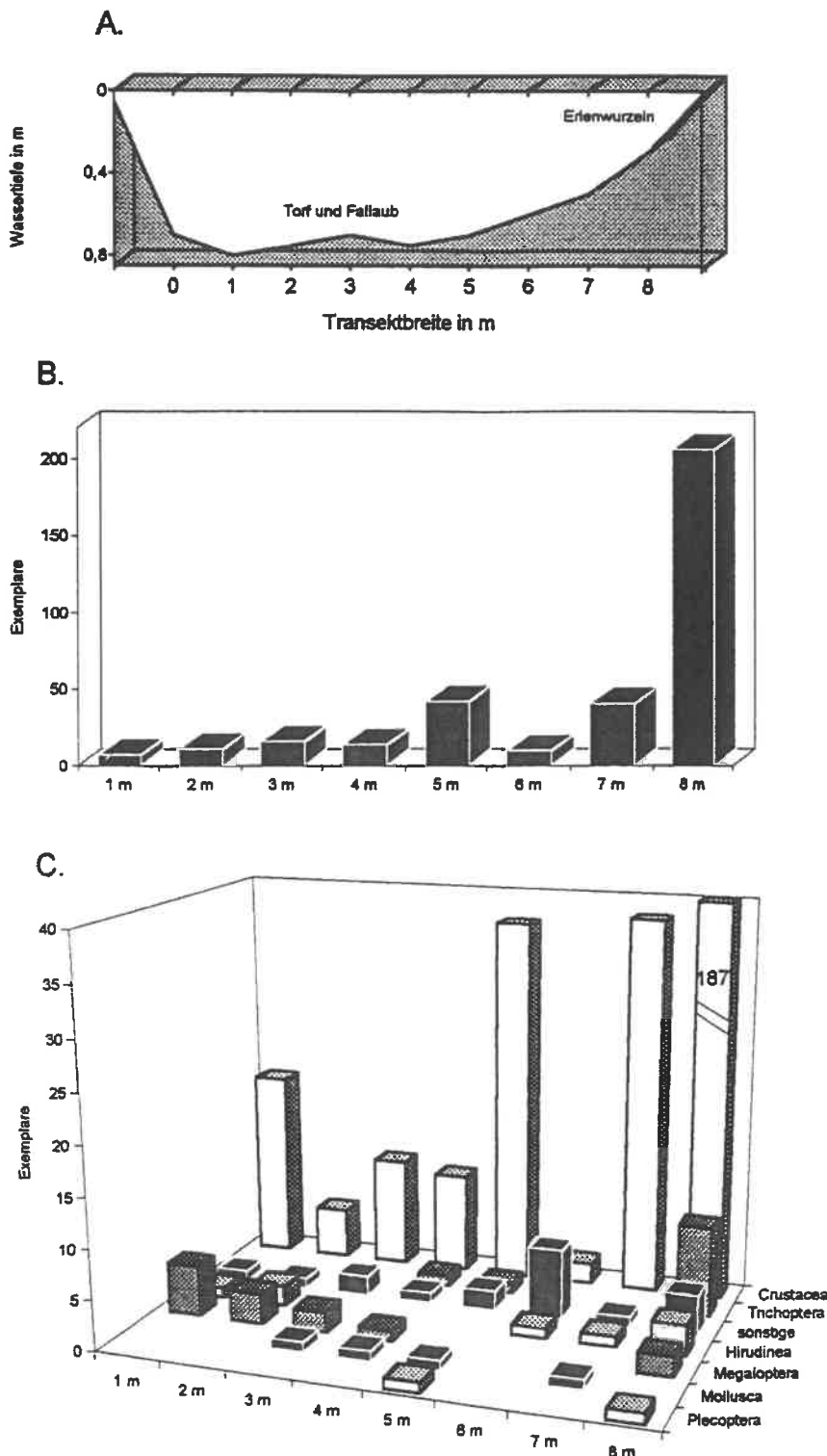


Abb. 7. Habitatstruktur (A), Abundanzen (B) und Besiedlungsmuster (C) innerhalb eines Bachtransektes des organischen Typus von Fließgewässern (Niedermoorgewässer).

Fig. 7. The structure of the habitat (A), abundances (B) and pattern of colonization (C) in a part of a stream course (organic type of stream, influenced by fen).

geführt. Dahinter steht der Gedanke, daß die Verhältnisse im Durchbruchstal am besten die Bedingungen auf einer Fischaufstiegsanlage widerspiegeln (starke Strömung und Diversität, Sohlsubstrat, Steine etc.). Zur Eruiierung dieser Parameter kamen vor allem die im Kapitel „Material und Methoden“ beschriebenen „Kistenversuche“ zum Einsatz.

Die 5 m lange Kistenreihe wurde in Vorversuchen 14 Tage in der Nebel exponiert und dann in 20 cm Abständen ausgesammelt. Dabei zeigte sich überraschenderweise, daß die Wanderungsleistungen trotz der immer noch 0,5–0,7 m/s Strömungsgeschwindigkeit in den Kisten so hoch waren, daß sich beispielsweise zahlreiche Individuen der Arten *Aphelocheirus aestivalis*, *Cheumatopsyche lepida* und *Isoperla grammatica* bereits am Ende der Kistenreihe vor der Abschirmungsgaze stauten. *Polycentropus irroratus* und *Ephemerella ignita* legten im gleichen Zeitraum eine Strecke von etwa 2,50 m zurück, wohingegen *Theodoxus fluviatilis* erwartungsgemäß wenig mobil war.

Aus den Erfahrungen der Vorversuche heraus wurde die Versuchsdauer erst auf 7 Tage und dann auf 5 Tage gesenkt. Mit der verkürzten Expositionszeit konnten genaue Verteilungsmuster, und damit Wanderungsstrecken, für die einzelnen Arten reproduziert werden. Noch kürzere Expositionszeiten von 3 Tagen brachten unbefriedigende Ergebnisse, da nur etwa die Hälfte der Kistenreihe besiedelt war. Damit kann auch weitestgehend ausgeschlossen werden, daß nach 5 Tagen Expositionszeit bereits eine Rückdrift von vollständig aufgewanderten Organismen eingetreten war. Abb. 8 stellt die Wanderungsstrecken bezogen auf die Artengruppen und die Abundanzen pro 0,5 m² dar.

Die höchsten Wanderungsleistungen wurden abermals von den Arten *Isoperla grammatica* und *Aphelocheirus aestivalis* erbracht (1 m/Tag). Nicht weniger beeindruckende Leistungen konnten bei Köcherfliegen der Familie Hydropsychidae und bei der Eintagsfliege *Heptagenia sulphurea* ermittelt

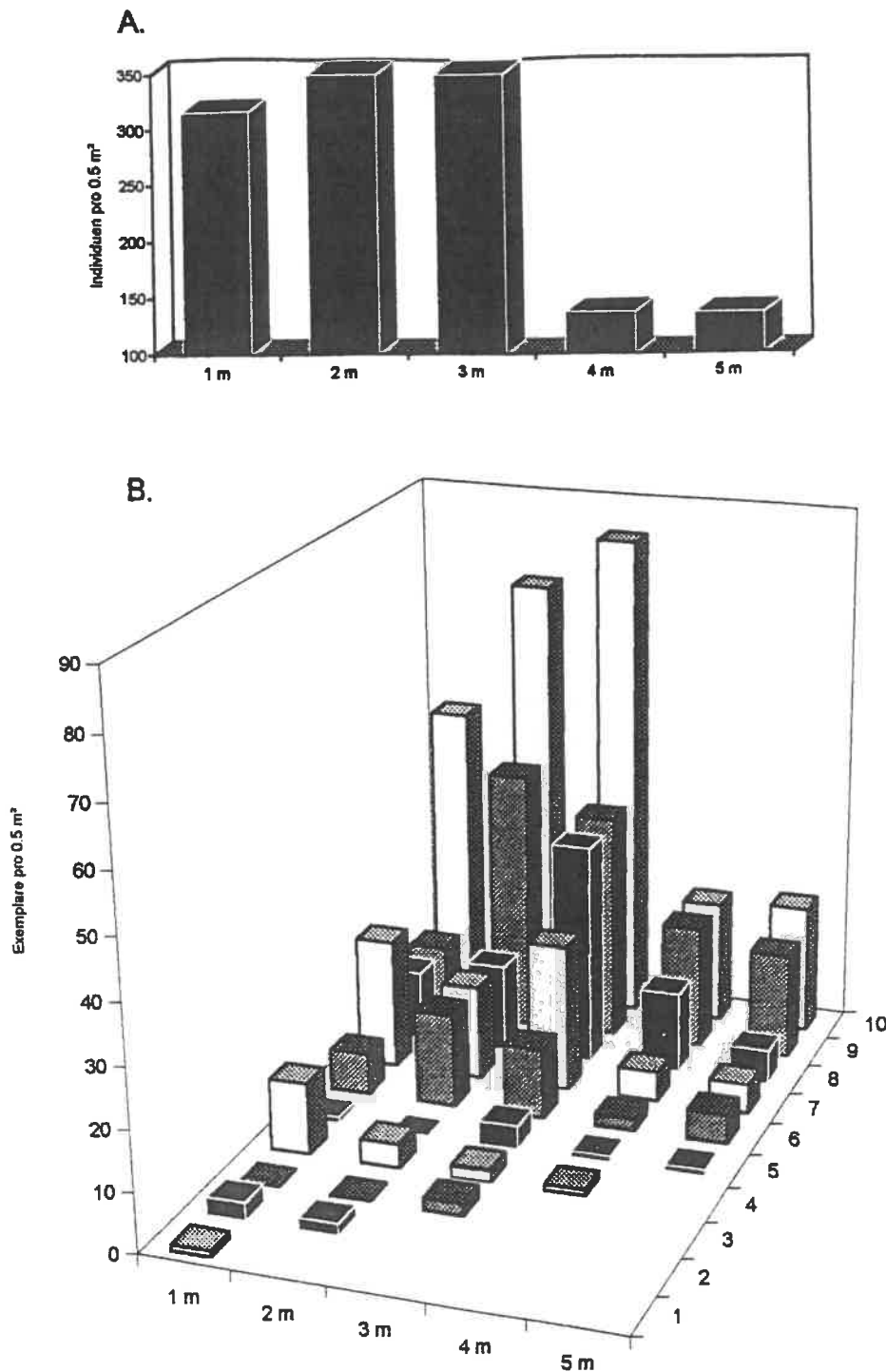


Abb. 8. Wanderungsleistungen von aquatischen Evertrebraten auf natürlichem Substrat (5 Tage Expositionszeit, „Kistenversuche“). **A:** Abundanzen/0,5 m²; **B:** Artengruppenzusammensetzung/0,5 m² (1: *Ancyclus fluvialis*, 2: *Theodoxus fluvialis*, 3: *Chimarra marginata*, 4: *Limnephilidae*, 5: *Aphelocheirus aestivalis*, 6: *Rhyacophilidae*, 7: *Heptagenia sulphurea*, 8: *Cheumatopsyche lepida*, 9: *Hydropsyche spec.* [z. B. *H. siltalai*], 10: *Isoperla grammatica*).

Fig. 8. Potential of upstream movement of aquatic invertebrates on natural substrat (time of exposition of 5 days experimental test-boxes). **A:** Abundances/0,5 m²; **B:** Composition of the species/0,5 m² (1: *Ancyclus fluvialis*, 2: *Theodoxus fluvialis*, 3: *Chimarra marginata*, 4: *Limnephilidae*, 5: *Aphelocheirus aestivalis*, 6: *Rhyacophilidae*, 7: *Heptagenia sulphurea*, 8: *Cheumatopsyche lepida*, 9: *Hydropsyche spec.* [z. B. *H. siltalai*], 10: *Isoperla grammatica*).

werden (0,8–1,0 m/Tag). Mittlere Werte um 0,5–0,7 m/Tag wurden bei den Arten der Familien Rhyacophilidae und Limnephilidae registriert, wohingegen zum Beispiel die seltene Art *Chimarra marginata* ungefähr 0,4 m/Tag wanderte. Wie nicht anders zu erwarten, waren die Wanderungsleistungen der Gastropodenarten nur sehr gering (um 10 cm/Tag). Für den untersuchten Abschnitt des Durchbruchstals wird das aufwanderungsfähige Potential auf etwa 700 Indiv./m² geschätzt. Die Arten führen eine aktive Gegenstromwanderung durch, bei der sie Leistungen von bis zu 1 m/Tag vollbringen können.

4.3. Flugleistungen und präferierte Habitatstrukturen beim Gegenstromflug der Imagines merolimnischer Evertrebraten

In den Sommerhalbjahren 1995 und 1996 wurden zur Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse über den Gegenstromflug merolimnischer Evertrebraten mehrere Versuchskomplexe durchgeführt. Der erste diente der Untersuchung von präferentiellen Habitatstrukturen für die Realisierung der Ansprüche von Libellen, Eintags- und Köcherfliegen, der zweite hatte die Bestimmung von Wanderungsleistungen bei diesen Artengruppen zum Inhalt. Die gewonnenen Ergebnisse sollen unter praxisrelevantem Gesichtspunkt dazu genutzt werden, um in degradierten Niederungsabschnitten solche Bedingungen zu etablieren, die einen Gegenstromflug merolimnischer Evertrebraten zulassen.

4.3.1. Präferierte Habitatstrukturen

Erkenntnisse zu präferierten Habitatstrukturen wurden über zwei Methoden gewonnen. Zum einen wurden die sich frei in ihrer natürlichen Umwelt bewegend Tiere beobachtet und ihr Verhalten protokolliert. Dabei war es in den wenigsten Fällen möglich, die Arten zu bestimmen, so daß die Aussagen meist nur auf Familienniveau getroffen werden können. Zum anderen wurden die Trichopteren und Ephemeropteren mittels einer Lichtfalle gefangen, zwischengehältet und wieder freigelassen. Dabei hatten sie in jedem Fall die Möglichkeit, verschiedenste Habitatstrukturen anzufliegen.

Die von den einzelnen Insektengruppen bevorzugten Habitatstrukturen sind in Tab. 6 dargestellt.

Tabelle 6. Präferierte Habitatstrukturen merolimnischer Insektengruppen (ad 100%, gewichtetes Mittel von etwa 50 Beobachtungstagen; Zeitraum: Juli, August von 8.00–14.00 Uhr MESZ).

Table 6. Preferred habitat structures of merolimnic species (ad 100%, analysis as a result of about 50 observation days; period: July, August, 8.00a.m.–2.00p.m. MESZ).

Insektengruppe	Präferierte Habitatstruktur (in Prozent)			
	Gräser/ Kräuter	Bäume/ Sträucher	Wasser- oberfläche	Tot- holz
Odonata	68	16	15	1
Trichoptera	67	31	2	—
Ephemeroptera	22	69	9	—

Bereits bei der Betrachtung der Einzelwerte von Tab. 6 fällt auf, daß sich darin grundsätzliche und spezifische Aktivitätsmuster der Artengruppen widerspiegeln. Diese Ergebnisse sollen nachfolgend diskutiert werden.

Odonaten: Hauptuntersuchungsobjekt stellte die Kleinlibelle *Calopteryx splendens* dar, die im Gebiet von Kirch-Rosin hohe Abundanzen erreicht, während *Calopteryx virgo* nur vereinzelt auftrat. Von den Großlibellen ist die Fließgewässerart *Gomphus vulgatissimus* besonders zu erwähnen, die mit einer Häufigkeit bis zu 10 Exemplaren nachweisbar war.

Über 50 Prozent der Odonaten präferierten im Zeitraum von 8.00–14.00 Uhr MESZ Kräuter und Gräser. Darin inbegriffen sind Hochstauden. Aber auch niedrig hängende Äste von Bäumen und Sträuchern werden angenommen. Die Höhe der Vegetation, auf der sie saßen, betrug bis zu 1 m. Die Entfernung vom Gewässer lag bis zu 15 m (Abb. 9). Aus diesen Werten kann eindeutig interpretiert werden, daß es sich um Ruheplätze bzw. Sitzwarten jagender Imagines handelt. Gegen Morgen können damit noch Schlaf- und Auf-

wärmplätze angesprochen werden. Die über der Wasseroberfläche fliegenden Imagines jagten bzw. waren in Kopula. Der Prozentsatz der auf Totholz im Gewässer sitzenden Odonaten kann vernachlässigt werden und dürfte in das Jagdaktivitätsschema einzuordnen sein.

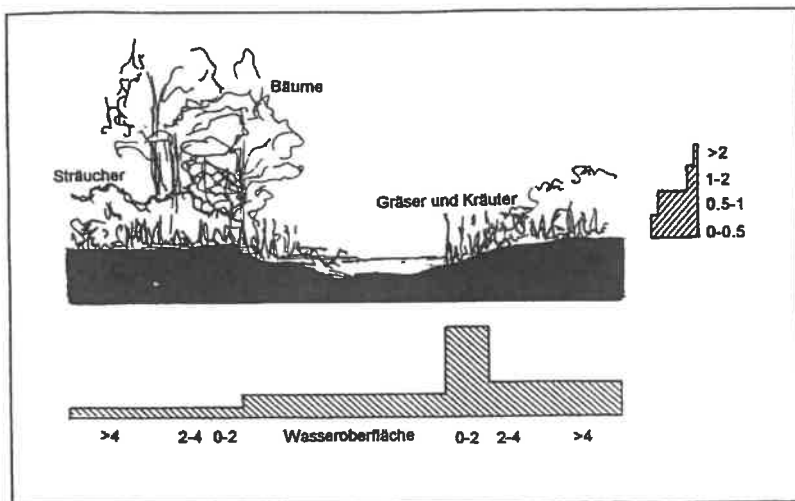
Für ökologische Sanierungen degradierter Fließgewässerabschnitte ist aus der Sicht dieser Artengruppe ein vielgestaltiger, bis 1 m hoher, aus Gräsern und Kräutern bestehender, möglichst breiter Niederungssaum (effektiv ab mind. 10 m) mit standorttypischen Bäumen und Sträuchern (kein „dunkler Forst“) vonnöten. Besonders herauszuheben ist die Notwendigkeit der Schaffung eines breiten Bereiches mit möglichst vielfältigen amphibischen Pflanzen.

Trichopteren: Auch bei den Trichopteren ist das Gros der Individuen (67%) an Gräsern und Kräutern zu finden (Abb. 10). Im Unterschied zu den Libellen präferieren sie jedoch den unmittelbaren Uferbereich (0–2 m Entfernung vom Gewässer). Hier liegen aber zwei grundverschiedene Verhaltensschemata zugrunde. Zum einen bevorzugen viele Arten feuchtere, wohltemperierte und dunklere Ruheräume, in denen sie tagsüber vor ihren Feinden sicher sind. Diese Verhaltensstrategie wird von der Mehrzahl der Arten (z. B. *Hydropsyche pellucidula*, *Phryganea bipunctata*, *Limnephilus flavicornis*, *Anabolia nervosa*) gewählt. Damit sind diese Habitatstrukturen von besonderer Wichtigkeit, da die Trichopteren die meiste Zeit des Tages darin zubringen (Wanderung und Schwärmen meist in der Dämmerung). Einige tagaktive Arten, wie z. B. *Chimarra marginata*, nutzen aber bereits am Tage die Krautschicht, um zu wandern bzw. zu schwärmen. Die 2% über der Wasseroberfläche befindlichen Individuen repräsentieren u.a. diese Gruppe. Von besonderer Bedeutung sind auch noch die niedrigeren Kronenbereiche der Bäume und Sträucher bis etwa 3 m Höhe. Hier ruhen zahlreiche Arten gut getarnt an den Zweigen, seltener auf der Blattunterseite.

Essentielle Habitatstrukturen für die Trichopteren sind damit die kurze und dichte niedrige Vegetation direkt am Gewässer (ausgeprägter amphibischer Bereich) und die aufgelockerte Gehölzvegetation im Uferbereich.

Ephemeropteren: Ephemeropteren lassen sich, wie die Trichopteren auch, zumeist direkt am Ufer nachweisen (0–2 m Entfernung). Die verschiedenen Arten wie z. B. *Baetis rhodani* und *Ephemerella danica* bevorzugen häufig die Gehölzvegetation (69%) und sitzen dann 2 m hoch und höher (Abb. 11). Präferentiell ruhen sie, im Gegensatz zu den Trichopteren, an der Blattunterseite. Ein geringer Prozentsatz bevorzugt als Ruheraum auch die Krautschicht (z. B. *Heptagenia flava*), 9% der Tiere schwärmen am Tage über die Wasseroberfläche. Diese Beobachtungen bestätigen die Untersuchungen von SAVOLAINEN (1978).

Die im lockeren Verband stehenden Ufergehölze sind im Verein mit der amphibischen Vegetation als essentielle Habitatstrukturen für die Ephemeropteren zu nennen.



Querschnitt: 1 : 200

Abb. 9. Graphische Darstellung der präferierten Habitatstrukturen der Odonaten (Balken geben Mengenverhältnisse an).

Fig. 9. Graphic description of the preferred habitat structures of the Odonata (dragon flies), (stripes show quantities)

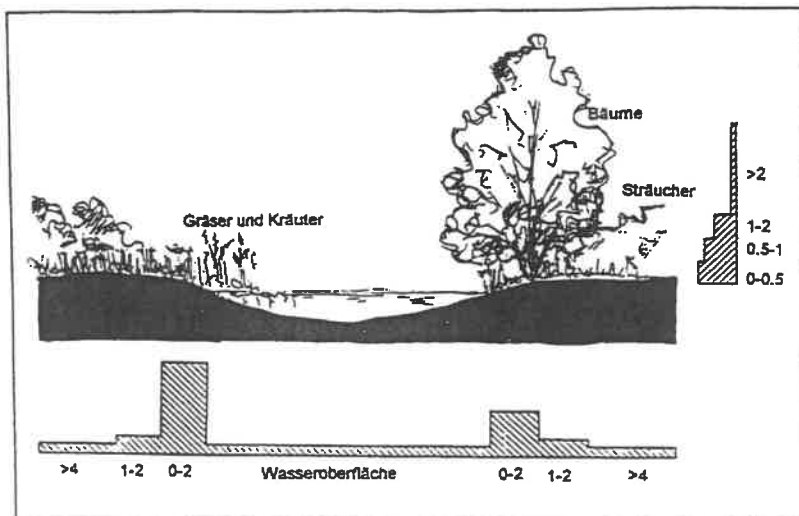


Abb. 10. Graphische Darstellung der präferierten Habitatstrukturen der Trichopteren (Balken geben Mengenverhältnisse an).

Fig. 10. Graphic description of the preferred habitats structures of the Trichoptera (caddis flies), (stripes show quantities).

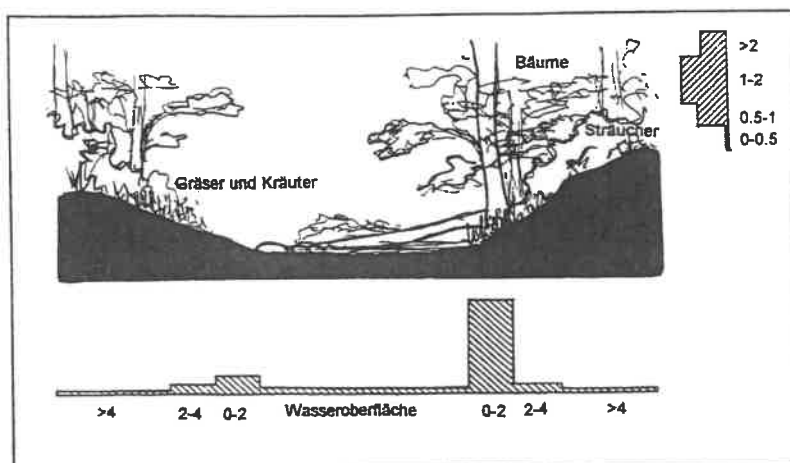


Abb. 11. Graphische Darstellung der präferierten Habitatstrukturen der Ephemeropteren (Balken geben Mengenverhältnisse an).

Fig. 11. Graphic description of the preferred habitat structures of the Ephemeroptera (stripes show quantities).

4.3.2. Nachweis des Gegenstromfluges und Flugleistungen merolimnischer Insektenarten

Die ausgesprochen guten Flugleistungen der Odonaten sind hinreichend bekannt und sollen deshalb nicht behandelt werden. Trotz eines ausgeprägten Revierverhaltens zeigen sie vor allem Dispersionswanderungen (ASKEW 1988; DREYER 1986) und können in kurzer Zeit große Strecken zurücklegen.

Zu den Flugleistungen der Trichopteren und Ephemeropteren ist relativ wenig bekannt (BADCOCK 1953; SCHUHMACHER 1969; BENZ 1975; DEUTSCH 1984; ENGELS & NEUMANN 1995). Deshalb wurde versucht, mit verschiedenen Markie-

Tabelle 7. Artenspektrum der Trichopteren, Ephemeropteren und Plecopteren über einem 15 m breiten Fließgewässerabschnitt im Durchbruchstal der Nebel (repräsentative Beobachtung Ende Juli 1995 in der Dämmerung). Das Transekt wurde getrennt nach Prall- und Gleithang sowie Strommitte befangen.

Table 7. Spectrum of species of the Trichoptera, Ephemeroptera and Plecoptera over a 15 m wide stream section in the v-shaped valley of the river Nebel (representative observation at the end of July 1995 in the dusk). The sector was divided into scarp, slip-off slope and the middle of the river. The insects were caught in each sector separately.

		Lichtfallen		
		Gleit- hang	Strom- mitte	Prall- hang
Trichopteren				
• Nachtaktiv				
<i>Rhyacophilus</i> spec.	Σ	11	35	8
(<i>R. fasciata</i> ; <i>R. nubila</i>)	♂	1	2	–
	♀	10	33	8
<i>Hydropsyche</i> spec.	Σ	67	201	56
(überwiegend <i>H. siltalai</i>)	♂	33	117	39
	♀	34	84	17
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	Σ	70	247	149
	♂	1	2	1
	♀	69	245	148
Leptoceridae	Σ	58	196	74
(überwiegend	♂	27	90	30
<i>Ceraclea alboguttata</i>)	♀	31	106	44
• Tagaktiv				
<i>Chimarra marginata</i>	Σ		2	
Ephemeropteren				
<i>Heptagenia sulphurea</i>	Σ	53	54	13
	Imago	26	30	9
	Subimago	27	24	4
<i>Ephemerella ignita</i>	Σ	3	9	2
Plecopteren				
<i>Isoperla grammica</i>	Σ	4	5	3

rungen der Imagines den vorwiegend in der Dämmerung stattfindenden Kompensations- und Dispersionsflug zu beobachten. Diese Versuche sind schwierig, da die markierten Imagines nicht einfach wieder zu lokalisieren sind. Der im Kapitel „Material und Methoden“ beschriebene Markierungsversuch mußte deshalb häufiger wiederholt werden, um zu eindeutigen Ergebnissen zu kommen. Es wurden vorwiegend Trichopterenarten der Hydropsychidae (vorrangig *Hydropsyche siltalai*) und Rhyacophilidae markiert. Erwartungsgemäß war die Wiederfangrate gering (etwa 5 Exemplare).

Die Versuche geben Hinweise darauf, daß es zumindest bei den untersuchten Arten einen gerichteten Gegenstromflug gibt. Die Wanderungsleistung liegt etwa bei 100 m pro Stunde. Die hohen Ausfälle sind durch Prädatoren, Ruheverhalten nach einer Streßsituation (Fang und Markierung) sowie einem ggf. auftretenden Dispersionsflug zu erklären.

Zusätzlich zu diesen Markierungen wurden über einen 50 m breiten Fließgewässerabschnitt im Durchbruchstal der Nebel drei zueinander abgeschirmte Lichtfallen (Schwarzlicht) aufgestellt. Ziel der Beobachtungen war es, das migrierende Spektrum der Imagines, bezogen auf die Uferbereiche und die Strommitte, zu ermitteln. Ausgewählte repräsentative Ergebnisse sind in Tab. 7 dargestellt.

Es zeigt sich zwischen den Artengruppen ein sehr unterschiedliches Verhalten. Bei den Trichopteren differieren die Werte für Prall- und Gleithang kaum, liegen aber wesentlich tiefer als die der Strommitte. Das heißt, das Gros der Trichopteren führt die Gegenstromwanderung in der Dämmerung direkt über der Strommitte durch. Im wesentlichen wandern dabei die Weibchen. Bei den Ephemeropteren wurde der Prallhang gemieden, wohingegen bei den Plecopteren kaum Unterschiede zwischen den drei Zonen des Transektes festzustellen waren. Damit sind neben den Wanderungsleistungen nunmehr auch Erkenntnisse zu den Wanderungskorridoren bekannt. Diese bedürfen aber weiterer Verifizierungen.

5. Zusammenfassung

In einem BMBF-Forschungsprojekt zu biologischen und ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen für die Konstruktion nachhaltiger Fischauflastungsanlagen wird unter anderem auch nach Möglichkeiten und Randbedingungen gesucht, den Evertebratenaufstieg über solche Anlagen zu vollziehen. Dazu werden Grundlagenforschungen zu Gegenstromwanderungsleistungen und -korridoren sowie zur Substratspezifität von Makrozoobenthern unter den Verhältnissen der unterschiedlichen Fließgewässertypen in der jungglazialen Landschaft Mecklenburg-Vorpommerns vorgenommen. Unter den Verhältnissen von Durchbruchstälen präferieren typische Fließgewässerarten vor allem den Prallhang und vollziehen artenabhängig eine Gegenstromwanderung von bis zu 1 m pro Tag. In Niedermoorgewässern hingegen konnten die höchsten Artenzahlen am Gleithang im Bereich von Wurzeln, Totholz und flutenden Gräsern nachgewiesen werden. Dabei findet auch Beachtung, daß die merolimnischen Arten die Möglichkeit haben, als Imago einen Kompensationsflug durchzuführen. Es werden Ergebnisse zu präferentiellen Habitatstrukturen und zu Gegenstromwanderungsleistungen der Imagines präsentiert.

Imagines merolimnischer Taxa haben sehr unterschiedliche Habitatpräferenzen. So liegen die essentiellen Ruhehabitate von Köcherfliegen in der Gras- und Krautschicht nahe des Gewässers (0–2 m vom Ufer). Diese Artengruppe vollbringt in der Dämmerung und/oder Nacht Gegenstromflüge von bis zu 100 m pro Stunde. Alle Resultate werden unter dem praxisrelevanten Aspekt der ökologischen Sanierung von Fließgewässern und deren Niederungen diskutiert.

6. Literatur

- ASKEW, R. R. (1988): The Dragonflies of Europe. Martins, Great Horkesley, Colchester, Essex.
- BADCOCK, R. M. (1953): Observation of Oviposition under Water of the Aerial Insect *Hydropsyche angustipennis* CURTIS (Trichoptera). *Hydrobiologia* 5: 222–225.
- BENZ, G. (1975): Über die Tanzschwärme der Köcherfliege *Hydropsyche pellucidula* CURTIS (Trichoptera: Hydropsychidae). *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 48 (1–2): 147–157.
- BERLIN, A. (1994): Trichopterennachweise aus den Durchbruchstätern der Nebel (Krs. Güstrow, Mecklenburg-Vorpommern). *Entomol. Ber. Nachr.* 39 (2): 133–134.
- BÖRNER, R., BÖNSCH, R., FADSCHILD, K., GOSSELCK, F. und 10 weitere Autoren (1994): Ein Beitrag zur Biologie der Warnow, eines norddeutschen nacheiszeitlichen Tieflandflusses. *Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern* 2: 56–92.
- DEUTSCH, W. G. (1984): Oviposition of Hydropsychidae (Trichoptera) in a Large River. *Can. J. Zool.* 62: 1988–1993.
- DREYER, W. (1986): Die Libellen. Hildesheim.
- DVWK (1996): Fischaufstiegsanlagen: Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. DVWK-Merkblätter 232, 110 S.
- EDINGTON, J. M. & HILDREW, A. (1981): Caseless Caddis Larvae of the British Isles. *Freshw. Biol. Ass., Sci. Publ. No.* 43, 92 S.
- ELLIOTT, J. M. & HUMPHESCH, U. H. (1983): A Key to the Adults of the Ephemeroptera. – A Key with Ecological Notes. *Freshw. Biol. Ass., Sci. Publ. No.* 47, 101 S.
- & MACAN, T. T. (1988): Larvae of the British Ephemeroptera. – A Key with Ecological Notes. *Freshw. Biol. Ass., Sci. Publ. No.* 49, 145 S.
- ENGELS, S. & NEUMANN, D. (1995): Limnologie auf dem Trockenen: Schwarmverhalten der Imagines dreier Hydropsychearten (Trichoptera). *DGL, Deutsche Gesellschaft für Limnologie e. V. Mitteilungen* 1/95: 25–28.
- HALLE, M. (1993): Beeinträchtigung von Drift und Gegenstromwanderungen des Makrozoobenthos durch wasserbauliche Anlagen – Studie zur Bewertung technischer Ein- und Ausbauten von Fließgewässern bezüglich ihrer Längsdurchgängigkeit. – Unveröffentlichte Studie im Auftrag des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen.
- HEIDEMANN, H. & SEIDENBUSCH, R. (1993): Die Libellenlarven Deutschlands und Frankreichs. – Ein Handbuch für Exuvien-sammler. Keltern.
- HYNES, H. B. N. (1993): Adults and Nymphs of British Stoneflies (Plecoptera). *Freshw. Biol. Ass., Sci. Publ. No.* 17, 92 S.
- ILLIES, J. (1978): *Limnofauna Europaea*. Stuttgart, New York & Amsterdam.
- JOHNSON C. G. (1969): Migration and Dispersal of Insect by Flight. London.
- LILLEHAMMER, A. (1988): Stoneflies (Plecoptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomologica Scandinavica* Vol. 21, 125 S.
- MALICKY, H. (1983): Atlas der Europäischen Köcherfliegen. Den Haag, Boston, London.
- MEHL, D., THIELE, V. & BERLIN, A. (1994): Das Warnowgebiet – ein physiographischer und landschaftshistorischer Abriß. *Schriftenr. LAUN M-V* 2: 3–32.
- MÜLLER, K. (1954): Investigations on the Organic Drift in North Swedish Streams. Report Institute of Freshwater Research, Drottningholm 35: 133–148.
- PANEK, K. L. J. (1991): Migrations of the Macrozoobenthos within the Bed Sediments of a Gravet Stream (Ritrodät –unz study area, Austria). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24: 1944–47.
- PECHLANER, R. (1986): „Driftfallen“ und Hindernisse für die Aufwärtswanderung von wirbellosen Tieren in rhithralen Fließgewässern. *Wasser und Abwasser* 30: 431–463.
- RAWER-JOST, C., MÜLLER, A., BÖHMER, J., KAPPUS, B., JANSEN, W. & RAHMANN, H. (1994): Untersuchungen zur Durchgängigkeit von Aufstiegshilfen für Wirbellose und Fische (Erste Ergebnisse). *DGL, Deutsche Gesellschaft für Limnologie: Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung 1994 in Hamburg, Band 2: 45* 7–461.
- SAVOLAINEN, E. (1987): Swarming in Ephemeroptera: The Mechanism of Swarming and the Effects of Illumination and Weather. *Annls. Zool. Fenn.* 15: 17–52.
- SCHMEDTJE, U. & KOHMANN, F. (1992): Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen). *Informationsberichte des Bayrischen Landesamtes für Wasserwirtschaft* 2/88: 185–229.
- SCHUHMACHER, H. (1969): Das Schwarmverhalten von *Hydropsyche borealis* MARTYNOV (Insecta, Trichoptera). *Zool. Anz. Suppl.* 33: 555–558.
- SÖDERSTRÖM, O. (1987): Upstream Movements of Invertebrates in Running Waters. A Review. *Arch. Hydrobiol.* 111: 197–208.
- STATZNER, B. (1978): Factors that determine the benthic secondary production in two lake outflows – a cybernetic model. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20: 1517–1522.
- THIELE, V. (1994): Ein Verfahren für die ökologische Bewertung nordostdeutscher Fließgewässer und deren Niederungsbereiche unter besonderer Berücksichtigung der Entomofauna. *Tagungsband: Auenkonzepte und Fließgewässerrenaturierung in Europa. Bad Blankenburg, 23.–25. März 1994.*
- MEHL, D. & BERLIN, A. (1995): Ansätze für ein Bewertungsverfahren für die Fließgewässer und Niederungen im Einzugsgebiet der Warnow unter besonderer Berücksichtigung der Entomofauna. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 101, *Large Rivers* 9(3/4): 599–614.
- TOBIAS, W. & TOBIAS D. (1981): Trichoptera Germanica. Teil 1: Imagines. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg* 49.
- WALLACE, I. D., WALLACE, B. & PHILIPSON, G. N. (1990): A key to the casebearing caddis larvae of Britain and Ireland. *Freshw. Biol. Ass. Sci. Publ. No.* 51, 1435 S.
- WARD, J. V. (1992): *Aquatic Insect Ecology*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapur.
- WILLIAMS, D. D. (1976): The Recolonization Mechanisms of Stream Benthos. *OIKOS* 27: 265–2.

Eingang: 8. 11. 1996

Anschrift der Verfasser: Dr. VOLKER THIELE, Dipl.-Hydrol. DIETMAR MEHL, Dipl.- Biol. ANGELA BERLIN, Dipl.-Ing. LINDA HUIJSSON, biota – Gesellschaft für ökologische Forschung, Planung und Beratung mbH, Am Aufraben 2, D - 18273 Güstrow, Deutschland.