

RICHARD MOGEL, NORBERT RIEDER & BERNHARD STATZNER

# Ein Gerät zur Freilandbeobachtung des nächtlichen Verhaltens von benthischen Bachtieren, mit Befunden aus der Gattung *Hydropsyche* (Trichoptera, Insecta)

## Kurzfassung

In einem Bach des Nordschwarzwaldes wurde im Sommer 1981 an *Hydropsyche* (im wesentlichen *H. instabilis*) das Larvalverhalten am Bachgrund und die Drift parallel untersucht. Zur direkten Beobachtung des nächtlichen Verhaltens am Bachgrund wurde ein verhältnismäßig preisgünstiger, in Eigenarbeit aus verschiedenen Komponenten erstellter Restlichtverstärker benutzt. Das Verhalten der Larven beim Bau des Puppengehäuses, bei Wanderungen und bei aggressiven Kontakten untereinander wird beschrieben und zur Interpretation des tageszeitlichen Driftmusters herangezogen.

## Abstract

**A device for field observations of the nocturnal behaviour of benthic stream animals, with results on the genus *Hydropsyche* (Trichoptera, Insecta).**

In summer 1981, the larval ground behaviour and drift of *Hydropsyche*, mainly *H. instabilis*, was studied in a northern Black Forest stream. The direct observation of nocturnal ground behaviour was made possible with a relatively unexpensive self-constructed light intensifier. The larval behaviour during construction of pupal cases, migrations, and mutual aggressive encounters is described and used for a possible interpretation of the diurnal drift pattern.

## Autoren

RICHARD MOGEL, Prof. Dr. NORBERT RIEDER & Dr. BERNHARD STATZNER, Zoologisches Institut I der Universität, Kornblumenstr. 13, Postfach 63 80, D-7500 Karlsruhe (Sonderdruckanforderungen an B. S.).

## 1. Einleitung

Das nächtliche Verhalten von Tieren ohne Störungen durch Licht studieren zu können, ist seit langem Wunsch der Zoologen. Auch in der Fließwasserökologie gibt es eine Reihe von Problemen, die wahrscheinlich nicht ohne direkte Beobachtungen der Tiere bei Nacht geklärt werden können. Hierzu zählt die Frage, ob und wie lange die benthischen Wirbellosen, die sich tagsüber ins Lückensystem des Substrates verkriechen, nachts aus diesem herauswandern, sich also an die Substratoberfläche begeben. Zu diesem Thema sind Freiland- und Laborbeobachtungen mit dem bloßen Auge (bei verhältnismäßig starkem Licht) sowie indirekt gemessene Befunde aus dem Labor verschiedentlich publiziert (vgl. STATZNER & BITTNER 1983). Untersuchungen des nächtlichen Freilandverhaltens ohne Benutzung verhältnismäßig starker Lichtquellen fehlen jedoch bis heute, obwohl sie für eine Reihe von fließwasserökologischen Fragen wichtig sind: Wenn die Tiere im Freiland nachts an die Substratoberfläche wandern, müssen sie in die-

sen Phasen komplizierten Strömungen widerstehen (STATZNER & HOLM 1982). Diese Strömungen können, in Verbindung mit der Körpergröße der Tiere, innerhalb eines Bachabschnittes die Verteilung der Individuen einer Population beeinflussen (STATZNER 1981). Es ist anzunehmen, daß diese Verteilung im wesentlichen durch Verdriften der Tiere erfolgt: Denn es ist eine weit verbreitete Vorstellung, daß die Tiere vorwiegend bei ihrem Aufenthalt an der Substratoberfläche von der Strömung mitgerissen werden und in die Drift gelangen (z. B. SCHWOERBEL 1980). Dann müssen im 24-Stunden-Zyklus schwankende Dichten der Tiere an der Substratoberfläche eine Tagesperiodik der Drift bewirken. Wie zahlreiche Arbeiten zeigen, weist die Drift in der Tat eine Tagesperiodik auf.

Daher lag es nahe, die vorwiegend für militärische Zwecke entwickelten Nachtsichttechniken wie Infrarotsysteme, Radar und Restlichtverstärker, alle seit kurzem auch dem Entomologen zugänglich (BOOGHER & SLUSHER 1978, LINDGREN et al. 1978, HOWELL & GRANOVSKY 1982), auch für fließwasserökologische Fragen einzusetzen. Am geeignetsten erschien in diesem Fall die Technik der „Restlichtverstärkung“, bei der das vorhandene Restlicht elektronenoptisch so weit verstärkt wird, daß es mit dem menschlichen Auge wahrgenommen werden kann.

Es ist ein Ziel dieser Arbeit, einen verhältnismäßig preisgünstigen, im Selbstbau zu erstellenden Restlichtverstärker und seine Möglichkeiten sowie Grenzen zu beschreiben. Als zweites soll an einem Beispiel dargestellt werden, wie Aktivitäten der benthischen Fließwasserwirbellosen an der Substratoberfläche im Freiland ablaufen und wie sie in Beziehung zur Drift stehen. Hierfür werden in der vorliegenden Arbeit Köcherfliegen der Gattung *Hydropsyche* dienen, vorwiegend die Art *H. instabilis*, deren ältere Larven im Sommer Fangnetze bauen (SCHRÖDER 1976 a). Sie wurden im Jahre 1981 im Holzbach (Schwarzwald) untersucht. Vergleichbare Studien an anderen Arten und zum Teil anderen Fließgewässern sind oder werden demnächst an verschiedenen Stellen publiziert (STATZNER & BITTNER 1983; STATZNER & MOGEL 1984, im Druck).

## 2. Aufbau und Leistung des Restlichtverstärkers

Das von uns eingesetzte Gerät verband in einem im Eigenbau erstellten Metallgehäuse drei Elemente: Objektiv, Bildverstärkerröhre und Lupe (Abb. 1). Die Lei-

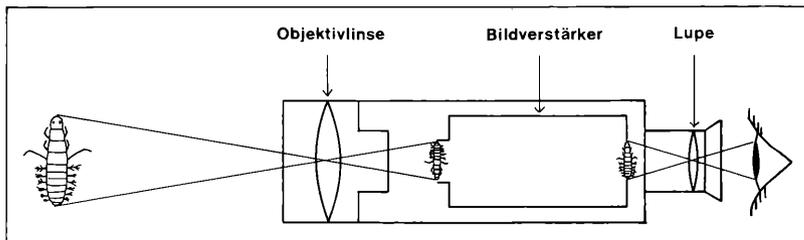


Abbildung 1. Schematischer Aufbau des Restlichtverstärkers.

stungsfähigkeit des Gesamtsystems, aber auch dessen Kosten, sind abhängig von der Wahl der Einzelelemente. Das hier beschriebene System kostet etwa 5000,- DM. Das Kernstück ist eine Bildverstärkerröhre vom Typ XX 1063 Valvo Mullard (VALVO 1978). Diese Röhre enthält einen dreistufigen Kaskadenbildverstärker der 1. Entwicklungsgeneration, der das einfallende Licht bis 50 000fach verstärkt. Die technischen Unterschiede zwischen Verstärkern der 1. und 2. Generation waren für unsere Zwecke unerheblich, um so mehr, als die später entwickelten Geräte wesentlich teurer sind.

Die XX 1063 besitzt einen eingebauten Oszillator, der aus der externen Spannungsversorgung mit 6,5 Volt die für den Verstärker notwendige Hochspannung von 45 kV erzeugt. Dieser Oszillator ist so angelegt, daß er gleichzeitig für eine definierte automatische Helligkeitsregelung des Bildschirms mit schnellem Ansprechen bei Beleuchtungsänderungen sorgt. Die beim Betrieb aus der Röhre emittierten Röntgenstrahlen bleiben unter der maximal zulässigen Dosisleistung. Die Bildverstärkerröhre ist gegen Erschütterungen derart geschützt, daß Fahrzeugvibrationen und Gewehrrückstöße (!) keinen Schaden am Gerät hervorrufen. Weitere technische Details sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Um das Gerät den verschiedenen Anforderungen in Institut (Freilandbeobachtungen von Wirbellosen, Vögeln und Säugern) anzupassen, sind die Objektive auswechselbar. Des günstigen Preises halber wurde auf die weit verbreiteten Wechselobjektive mit M-42-Gewinde zurückgegriffen, wie sie für viele Spiegelreflexkameras üblich sind. Der Abstand von der Objektivfassung am Nachtsichtgerät zum Eingangsfenster der Verstärkerröhre muß dabei dem Anschlagsmaß des gewählten Objektivs entsprechen. Die Lichtstärke des Objektivs entscheidet dabei wesentlich mit über die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems. Vernachlässigbar ist die optische Leistung des Objektivs (Auflösung und Verzeichnung), da auch schlechte Fotooptik die Werte der Verstärkerröhre übertrifft.

Das Ausgangsfenster der Verstärkerröhre wird durch eine Lupe betrachtet. In unserem Fall wurde eine Lupe aus einem Infrarotnachtsichtgerät gewählt, die gegen einen Kameraadapter ausgetauscht werden kann. Das Gesamtgewicht unseres Systems einschließlich externer Stromversorgung (Alkali-Mangan-Stabbatterien) beträgt etwa 2,2 kg.

Die Verwendung eines preiswerten und daher von der

Lichtstärke her nicht optimalen Objektivs erforderte in finsterner Nacht das Einschalten einer kleinen, mit Rot- und Grünfilter versehenen Taschenlampe. In Luft gemessen entsandte diese Lampe über den Arbeitsabstand maximal (frische Batterien) 0,6 Lux. Durch die Reflexion an der Wasseroberfläche und die Extinktion in der zu durchdringenden Wasserschicht wird wesentlich weniger Licht an das Bachsubstrat gelangen. Bei den Beobachtungen genügte es zudem, die Beobachtungsfläche nur mit dem Rand des Lichtkegels auszuleuchten. Somit erreichte nur ein Bruchteil von 0,6 Lux die Substratoberfläche, ein Wert, der nach unseren Beobachtungen sowie beim Übertragen indirekter Labormessungen (BISHOP 1969, CHASTON 1969) auf Freilandverhältnisse das Dunkelverhalten benthischer Wirbelloser nicht beeinträchtigt. Kissenverzeichnung und Auflösung des Systems bieten dem Betrachter ein ungewohntes Bild. Am einfachsten ist das Erkennen eines von der Form und der Bewegung typischen Objektes vor einem optisch ruhigen Hintergrund, sofern das Wasser nicht zu tief und zu trübe ist. Bei schwierigem optischem Hintergrund und schlecht zu erkennenden Tieren ist es unter Umständen erst nach einer gewissen Einarbei-

Tabelle 1. Technische Daten der Bildverstärkerröhre XX 1063 von VALVO MULLARD.

Nutzbarer Durchmesser der Fotokathode (Eingangsfenster)	23 mm
Nutzbarer Durchmesser des Schirmes (Ausgangsfenster)	25 mm
Schirmfluoreszenz	grün
Lichtverstärkung	50 000
Verzeichnung	25 %
Auflösung in Bildmitte	28 Lp/mm
Auflösung am Bildrand	28 Lp/mm
Äquivalente Beleuchtungsstärke des Hintergrundes (Maß für Hintergrundrauschen)	0,2 $\mu$ lx
Betriebsspannung (Gleichspannung)	6,5 V
Leistungsverbrauch	120 mW
Maximale Beleuchtungsstärke auf Fotokathode	10 lx
Umgebungstemperatur für Dauerbetrieb: max.	35°C
	min.

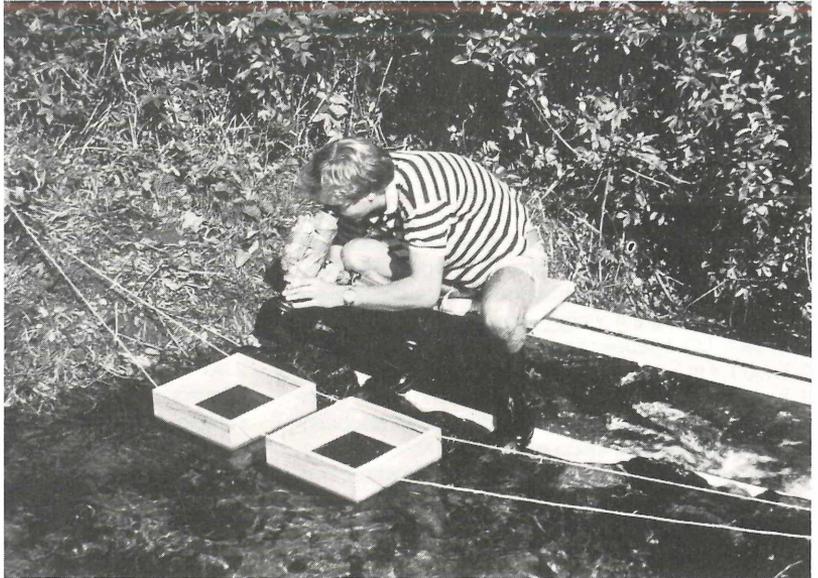


Abbildung 2. Beobachtungsbrücke am Holzbach. Die nur eben ins Wasser eintauchenden Guckkästen beruhigten die bewegte Wasseroberfläche und machten so die Beobachtungen überhaupt erst möglich. Der Restlichtverstärker wird bei quantitativen Erhebungen auch tagsüber benutzt, damit über 24 Stunden unter den gleichen Bedingungen beobachtet wird. Tagsüber ist das Gerät mit einer entsprechenden Zahl von Graufiltern gegen zu hohe Einstrahlung zu schützen.

tung möglich, die Tiere anzusprechen. Treten mehrere ähnliche Arten zusammen auf, ist deren Unterscheidung nicht möglich. Je besser man die Tiere vorher kennt, um so leichter fällt das Wiedererkennen mit dem Restlichtverstärker. Bei einer Demonstration des Gerätes auf dem letzten Limnologentag in Langenargen konnten die Kollegen vier Benthos-Arten (in einem dunklen Kasten) durch das Gerät betrachten. Gesunde Augen und Vorkenntnisse des Benthos vorausgesetzt, wurden Amphipoden der Gattung *Gammarus* fast immer richtig angesprochen. Larven von *Ephemera* (Ephemeroptera) wurden von fast allen als Plecopteren angesehen. Nur P. Z. – zweifelsohne der beste Plecopterenkenner der Runde – erkannte sie als Ephemeropterenlarven. Das Gehäuse einer *Silo* (Trichoptera) und eine *Ancylus* (Gastropoda) waren gegen den dunklen Hintergrund am schwersten zu erkennen und wurden meist nur mit Hilfen erraten.

Alle Nachteile des von uns benutzten Gerätes lassen sich bei entsprechendem finanziellem Aufwand mindern oder beheben. Wie unten gezeigt wird, sind aber schon mit dem Einsatz von etwa 5000,- DM brauchbare Beobachtungen bei Nacht durchführbar.

### 3. Freiland- und Labormethoden

Von einem Beobachtungsgestell konnte die ganze Breite des Baches ohne Betreten des Wassers eingesehen werden (Abb. 2). Um durch die an der Beobachtungsstelle sehr unruhige Wasseroberfläche hindurchsehen zu können, wurden zwei leichte Guckkästen benutzt, die nicht tief ins Wasser eintauchten. Am Morgen des 1. Juli

1981 bzw. des 7. Juli 1981 beginnend wurde, jeweils über 24 Stunden, für 15–20 Minuten pro Beobachtungsperiode die gesamte Bachbreite im Blickfeld durchgemustert und dabei das Verhalten der Tiere protokolliert. Parallel zur direkten Beobachtung der Tiere wurden etwa 150 m bachabwärts Driftproben genommen, wobei das Driftnetz immer an derselben Position stand. Da eine Driftprobe, je nach Tageszeit, 25 Min. oder 55 Min. dauerte, werden die Driftwerte für ein konstantes Zeitintervall berechnet. Das Driftnetz war identisch mit dem von STATZNER & BITTNER (1983) benutzten, nur betrug die Maschenweite der Netze in unserem Fall 0,4 mm. Damit wurden die untersuchten Tiere, die zum Zeitpunkt der Studie groß waren, vollständig zurückgehalten.

Die Registrierung der Beleuchtungsstärke, der Wassertemperatur, des Sauerstoffgehaltes und des Wasserstandes erfolgte mehr oder minder regelmäßig parallel zu den biologischen Erhebungen nach den bei STATZNER & BITTNER (1983) beschriebenen Methoden. Am Ende jeder 24-Stunden-Periode wurde die quantitative Besiedlung durch *Hydropsyche* mit der Methode von SCHRÄDER (1932) abgeschätzt (Maschenweite des Netzes zur Filtration der Proben: 0,4 mm).

Alle Tierproben wurden im Feld mit 70%igem Alkohol konserviert und im Labor aussortiert. Die Bestimmung des Materials erfolgte nach TOBIAS (1972 a, b), STATZNER (1976), MALICKY (1977) und BOON (1978). Die Larvenbestimmung wurde über die larvale Exuvie aus den Kokons von Puppen mit ausgereiften Genitalien anhand von Imaginalschlüsseln kontrolliert. Nach der Bestimmung wurden die Tiere gezählt und, nachdem sie vorsichtig gestreckt worden waren, auf den mm genau vermessen.

#### 4. Die Beobachtungsstelle am Holzbach

Die Beobachtungsstation lag etwa 15 km südlich von Karlsruhe, am Rande des Nordschwarzwaldes. Sie befand sich kurz oberhalb der Maisenmühle, die an der Straße Marxzell-Langenalb liegt. An der Maisenmühle vereinigt sich der Holzbach mit dem Dorfbach zum Maisenbach, der bei Marxzell in die Alb mündet. Die Alb fließt bei Karlsruhe in den Rhein. An der Untersuchungsstelle ist der Holzbach von lockerem Busch- und Baumwerk gesäumt. Die Fläche, die mit dem Restlichtverstärker beobachtet wurde, wies ein steinig-kiesiges Substrat auf. Darauf waren zum Teil Moosinseln gewachsen. Die Fließgeschwindigkeit lag hier zwischen 0,3 und 1,4 m/sec, im Durchschnitt bei 1,0 m/sec (1. Juli) bzw. 0,7 m/sec (7. Juli). Die durchschnittliche Wassertiefe betrug etwa 15 cm. Über die beiden Beobachtungsperioden traten keine merklichen Abflußschwankungen auf, auch die Sauerstoffverhältnisse waren konstant, die Meßwerte lagen nahe den physikalischen Sättigungswerten. Die Wassertemperatur schwankte ebenfalls nur wenig, am 1. Juli zwischen 10° und 12° C, am 7. Juli zwischen 10,5° und 12,5° C. Somit war das Licht der abiotische Faktor, der die deutlichsten Veränderungen zeigte. In beiden Untersuchungsperioden war das Wetter gut, es wurden tagsüber maximal 75 000 Lux gemessen. Ab 15.00 Uhr lag die Beobachtungsstelle im Schatten.

#### 5. Ergebnisse über *Hydropsyche*

Die Besiedlungsdichte von *Hydropsyche* auf Steinsubstraten betrug etwa 613 Ind./qm (2. 7. 1981) bzw. 853 Ind./qm (8. 7. 1981). An der Untersuchungsstelle waren zwei Arten dieser Gattung vertreten: *Hydropsyche instabilis* CURT. und *H. pellucidula* CURT. Von den 316 Individuen der quantitativen Benthosproben gehörten 91 %, von den 513 Individuen der Driftproben sogar 95 % zu *H. instabilis*. Deshalb werden wir unsere Aussagen auf diese viel häufigere *Hydropsyche*-Art beschränken. Bei den direkten Beobachtungen konnten die beiden Arten nicht unterschieden werden. Wegen der hohen Dominanz von *H. instabilis* über *H. pellucidula* gehen wir davon aus, daß die Befunde der direkten Beobachtungen ebenfalls im wesentlichen für *H. instabilis* zutreffen.

##### 5.1 Verhalten am Bachgrund

Der Beobachtungszeitraum lag zu Beginn der Flugzeit von *H. instabilis*. Deshalb waren am 1. Juli in der Beobachtungsfläche neben etwa 70 von Larven gebauten Wohnröhren mit davor gesponnenen Netzen auch etwa 20 verschlossene Puppengehäuse zu erkennen. Tagsüber saßen die Larven in ihren Wohnröhren. Von Zeit zu Zeit kamen sie mit dem Vorderkörper in den Netzbereich heraus, um das Netz abzuweiden oder um kleine Steinchen, die ins Netz hineingedriftet waren, aus dem-

selben herauszubefördern. Dabei schoben sie den Stein mit dem Kopf über den Netzrand heraus, bis er weggeschwemmt wurde. In manchen Fällen mußten die Tiere zwei- bis dreimal neu ansetzen, da die Steinchen wieder ins Netz zurückrollten.

Ab 11.00 Uhr konnte eine Larve beobachtet werden, die mit dem Bau des Puppengehäuses begann. Die Larve kroch frei auf dem Substrat herum, um kleine Steinchen für den Bau zu sammeln. Sie schaffte das Material zur Baustelle, indem sie es zwischen den Kiefern trug oder vor sich herschob. Am Bauplatz angekommen, legte sie die Steinchen mit dem Kopf zurecht und klebte sie fest. Dies geschah bis 23.00 Uhr, dann war das Puppenhaus bis auf eine Öffnung verschlossen. Zwischen 23.00 und 2.00 Uhr kam die Larve nur noch etwa bis zur Hälfte des Körpers aus dem Gehäuse. Was das Tier in dieser Zeitspanne im Puppenhaus tat, war nicht zu erkennen. Gegen 2.30 Uhr verschloß die Larve das Gehäuse ganz mit einem Stein, den sie am Ende der Sammelzeit neben dem Gehäuse abgelegt hatte. Danach wurde das Tier nicht mehr gesehen.

Gegen 24.00 Uhr war eine Larve zu beobachten, die quer zur Strömungsrichtung über größere Kiesel lief. Als sich das Tier von einem Kiesel spannerrauenartig zu einem anderen hinüberstreckte, wurde es von der Strömung erfaßt und weggedriftet. Zwischen 2.00 und 2.30 Uhr lief eine weitere Larve frei auf den Steinen herum, eine Hauptrichtung der Wanderung war nicht festzustellen. Nach etwa 5 Minuten verschwand sie wieder unter den Steinen und konnte nicht weiter beobachtet werden.

Am zweiten Beobachtungstag (7. Juli) waren nur noch 40 larvale Netze zu erkennen, dagegen war die Zahl der Puppengehäuse auf 50 angestiegen.

An diesem Tag konnte vom Beobachtungsbeginn der Bau zweier Puppengehäuse verfolgt werden. Die Larven bauten ihre Gehäuse dicht beieinander, in einer Entfernung von etwa 5 cm. Da direkt am Bauplatz wenige Steinchen lagen, holten die Tiere das Material aus größerer Entfernung heran. Bis 14.30 Uhr war das Gehäuse des einen Tieres zu etwa 50 %, das des anderen Tieres zu etwa 60 % fertig gebaut. Von 14.30 bis 18.00 Uhr sammelten die Larven kaum Material, sie hielten sich vorwiegend in ihren Bauten auf. Ab 18.00 Uhr begannen sie wieder mit ihren Sammelaktivitäten. Um 2.30 Uhr hatten die Tiere ihre Gehäuse verschlossen und konnten nicht mehr beobachtet werden. Während der Sammelphasen kamen die Larven häufiger an oder in das Nachbargehäuse und versuchten, davon Steine wegzuholen. Dies führte in jedem Fall zu einem Angriff des „Bauherrn“. Das gehäusebewohnende Tier kam etwa bis zur Hälfte aus dem Gehäuse heraus und griff kopfvoran an. Die andere Larve floh dann sofort. Eine Verfolgung der Flüchtenden konnte nie beobachtet werden. Diese Zusammenstöße zwischen den Larven in den Sammelphasen waren nachts etwa doppelt so häufig wie tags.

Zwischen 23.30 und 24.00 Uhr wurden in einem kiesi-

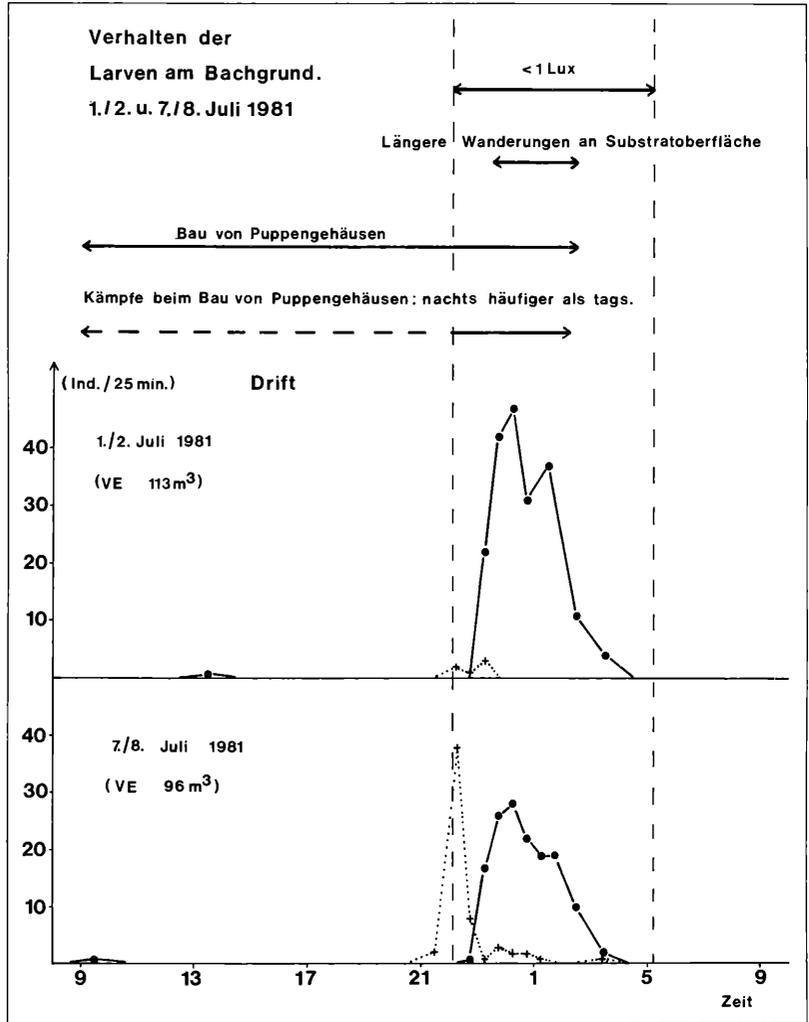


Abbildung 3. Aktivitäten der Larven am Bachgrund (oben) und Driftmuster (unten). ● ..... ●: Larven, + +: pharate Imagines und gerade geschlüpfte Imagines; (VE ist die in 25 Minuten durch das Driftnetz filtrierte Wassermenge).

gen Bereich zwei umherkriechende Larven ausge-macht. Sie bewegten sich zwar nicht geradlinig bach-aufwärts, doch war dies ihre Hauptwander-richtung. Nach 5 Minuten verschwanden sie oberhalb der Kies-bank unter Steinen. In der Zeit von 0.30 bis 1.00 Uhr war eine Larve zu sehen, die auf einem moosbewachsenen Stein umherkroch. Als sie auf ein bewohntes *Hydropsy-che*-Netz stieß, versuchte sie, in die Wohnröhre einzu-zudringen. Sie wurde jedoch von der darin befindlichen Larve vertrieben und verschwand unter den Steinen. Aus diesen Einzelbeobachtungen läßt sich zusammen-fassen, daß frei umherkriechende Larven, sofern sie nicht an einem Puppengehäuse bauten, nachts (hier zwischen 23.30 und 2.30 Uhr) an der Substratoberfläche auftauchten. Bauten die Larven am Puppengehäu-

se, bewegten sie sich auch tagsüber frei an der Sub-stratoberfläche. Wenn Larven frei umherkrochen, kam es unter Umständen zu Auseinandersetzungen mit an-deren Larven. Diese Auseinandersetzungen waren nachts häufiger als am Tage. Wandernde Larven be-wegten sich nicht in jedem Fall gegen die Strömung. In einem Fall wurde beobachtet, wie eine an der Substratoberfläche wandernde Larve von der Strömung erfaßt wurde und verdriftete.

### 5.2 Drift

Tagsüber traten in der Drift nur vereinzelte Individuen von *H. instabilis* auf. Erst in der Abenddämmerung stieg die Driftdichte deutlich (Abb. 3). Dabei lag das Maximum der schlüpfenden Tiere, und zwar der Weibchen ebenso

Tabelle 2. Größenverteilung (Individuenzahl) der Larven von *H. instabilis* in den Benthos- und Driftproben (von beiden Untersuchungsperioden zusammen). Bei einem  $\chi^2 = 13,2$  wird mit hoher Signifikanz ( $P < 0,01$ ; CAVALLI-SFORZA 1972) die Überrepräsentation der mittelgroßen Larven in der Drift angezeigt.

Körperlänge (mm)	9,5–11,5	11,5–13,5	13,5–15,5	15,5–17,5
Benthos	2	4	82	156
Drift	1	15	192	215

wie der Männchen, deutlich vor dem Maximum der Larvendrift (23.00 bis 3.00 Uhr). Die Driftdichte der schlüpfenden Individuen war in der zweiten Untersuchungsperiode höher als in der ersten. Im Vergleich zur Benthospopulation waren in der Drift mittelgroße Larven über- und die großen Larven unterrepräsentiert (Tab. 2).

## 6. Diskussion

Wegen der hohen Dominanz von *H. instabilis* sollte die Mehrzahl der direkten Verhaltensbeobachtungen an dieser Art erfolgt sein, doch ist eine Verwechslung mit der viel selteneren *H. pellucidula* in Einzelfällen nicht auszuschließen. Diese Möglichkeit der Verwechslung ist nicht auf die verzerrte Abbildung durch den Restlichtverstärker, sondern auf die große Ähnlichkeit dieser beiden Arten zurückzuführen. Zur eindeutigen Unterscheidung ist zumindest ein Stereomikroskop notwendig. Da brauchbare Merkmale zur Artdiagnose der Larven erst seit kurzem verfügbar sind, war älteren Studien sogar diese Möglichkeit häufig verschlossen. Insofern sind Vergleiche unserer Freilandbefunde mit den bislang im Labor durchgeführten Verhaltensstudien anderer Autoren nur mit Einschränkungen möglich. Dies wird durch die Tatsache unterstrichen, daß z. B. das Netzbauverhalten von verschiedenen *Hydropsyche*-Arten zu unterschiedlichen Tageszeiten ablaufen kann (KAISER 1965).

Das von uns beschriebene Bauverhalten bei der Verpuppung stimmt, soweit mitgeteilt, mit dem von SATTLER (1958) beschriebenen Laborverhalten überein. Anders als bei den Laborstudien von HALLER (1948) holten die Larven bei unseren Freilandbeobachtungen Material für das Puppengehäuse auch aus größerer Entfernung herbei. Eine andere, im Zusammenhang mit der Verpuppung von *Hydropsyche* immer wieder diskutierte Frage (WESENBERG-LUND 1943, SATTLER 1958, SCHUHMACHER 1970) ist die Bildung von Puppengesellschaften. Nach unseren Beobachtungen dürften solche Anhäufungen von Puppenghäusern wegen der Aggressivität der bauenden Larven weniger die Folge eines zeitgleichen Parallelbaus, sondern vielmehr das Resultat von nacheinander hinzugebauten Puppenghäusern sein. Die Beobachtungen deuten an, daß z. B. die Menge des vorhandenen Baumaterials für die Puppengehäuse in der Nähe eines Bauplatzes Einfluß auf die Zahl der aggressiven Zusammenstöße zwischen den bauen-

den Larven haben kann. Möglicherweise beeinflußt dies auch die Bauzeit insgesamt sowie die Aktivitäts- und Ruhephasen in dieser Periode. Hierauf kommen wir bei den unten diskutierten Ursachen von Driftmustern wieder zurück.

Auch das aus dem Labor bekannte Territorialverhalten der Larven (SCHUHMACHER 1970, JANSSON & VUORISTO 1979) konnten unsere Freilandbeobachtungen bestätigen. Dabei wurde von uns kein Stridulationsverhalten erkannt, das allerdings sowieso nicht bei jedem Kampf gezeigt wird (JOHNSTONE 1964, JANSSON & VUORISTO 1979). Es ist aber auch durchaus möglich, daß dieses Verhalten mit unserem Restlichtverstärker gar nicht zu erkennen war.

Die auf der Substratoberfläche wandernden Larven bewegten sich bei unseren Beobachtungen nicht so eindeutig bachaufwärts, wie man sich das bisher vorstellte (SCHUHMACHER 1970).

Da die von uns durchgeführte Studie am Ende der Entwicklungsperiode von *H. instabilis* lag (vgl. SCHRODER 1976 b), tauchten in der Drift schlüpfende Individuen auf. Die tageszeitliche Synchronisation des Schlüpfens sollte im wesentlichen durch den Hell-Dunkel-Wechsel erfolgt sein (TOBIAS 1967).

Die Driftdichte der Larven hatte gerade in dem Zeitraum ihr Maximum, in dem Larven, die nicht an einem Puppengehäuse bauten, frei an der Substratoberfläche herumkrochen. Wie im Labor (SCHUHMACHER 1970, JANSSON & VUORISTO 1979) kam es in dieser Phase zu gehäuften aggressiven Zusammenstößen, die eine wesentliche Ursache der Verdriftungen gewesen sein dürften. Dies wird auch durch die Überrepräsentation von mittelgroßen Larven in der Drift unterstrichen. Denn die mittelgroßen Larven sollen in Kämpfen den größeren Larven eher unterlegen sein (JANSSON & VUORISTO 1979). Natürlich bedeutet schon das Umherkriechen auf der Substratoberfläche an sich eine erhöhte Strömungsexposition für die Larven. In der Tat wurde ja auch eine Larve bei einer solchen Wanderung verdriftet.

Unsere Befunde an Larven von *Hydropsyche* stützen also die einleitend erläuterte Vorstellung über die Ursachen der Drift im Sinne von SCHWOERBEL (1980). Es ist allerdings zu betonen, daß mit der hier vorgestellten Methodik für andere Arten ganz andere Befunde erarbeitet wurden (STATZNER & BITTNER 1983, STATZNER & MOGEL 1984, im Druck). Daraus ist zu schließen, daß Drift ein sehr komplexes Phänomen ist, das sich nicht generalisierend auf einfache Ursachen zurückführen läßt. Welchen Einfluß mag z. B. die Dichte der an Puppenghäusern bauenden Larven an einem Ort zusammen mit dem vorhandenen Baumaterial auf die Häufigkeit und Periodizität der aggressiven Zusammenstöße zwischen jenen Larven haben? Können dadurch nicht ganz andere Driftmuster entstehen? Hinzu kommt, neben der Beeinflussung des Driftgeschehens durch abiotische Faktoren, noch der Einfluß durch andere Arten, z. B. durch Räuber (vgl. CORKUM & CLIFFORD 1980, WILEY & KOHLER 1981, WILLIAMS & MOORE 1982).

Verhaltensstudien, die über das Messen der Drift hinausgingen, haben in letzter Zeit neue Diskussionsansätze geliefert. Sie können neue, oftmals überraschende Einblicke in das Funktionieren von Fließwasserökosystemen geben. Dabei zeichnet sich ab, daß Räuber-Beute-Kontakte vielleicht nur einen geringen Teil der direkten Interaktionen zwischen Bewohnern des Bachgrundes ausmachen. Viel häufiger scheinen Ortsverluste benthischer Wirbelloser eine Folge aggressiver Kontakte zwischen Individuen zu sein, die bislang eher zu den „friedfertigen“ Arten gerechnet wurden. In welchem Umfang solche Verhaltensweisen die Verteilungsdynamiken von Fließwassertieren beeinflussen, ist noch offen. Denn die Kenntnisse auf diesem Gebiet sind zur Zeit gering (vgl. PECKARSKY 1983, HART 1983, WILEY & KOHLER 1984). Für diese und andere Fragen steht mit dem Restlichtverstärker nun ein Gerät zur Verfügung, das das Studium des nächtlichen Verhaltens im Freiland ermöglicht.

## 7. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hat zwei Anliegen: (1) Ein verhältnismäßig preisgünstiges Gerät zur Beobachtung des nächtlichen Freilandverhaltens von benthischen Bachwirbellosen vorzustellen. (2) An einem Beispiel dieses Verhalten zu beschreiben und in Beziehung zur Drift der Tiere zu setzen.

Als Beispiel dienten uns zwei Arten der Gattung *Hydropsyche*, nämlich die stark dominierende *H. instabilis* und die viel seltenere *H. pellucidula*. Sie wurden im Juli 1981 im Holzbach (Nordschwarzwald) nahe Karlsruhe über zwei 24-Stunden-Perioden untersucht. Zur direkten Beobachtung des nächtlichen Verhaltens der Tiere diente ein Restlichtverstärker, der für etwa 5000,- DM im Eigenbau aus folgenden (wesentlichen) Komponenten zusammengesetzt wurde: Bildverstärkerröhre (verstärkt in unserem Fall Licht um den Faktor 50 000), Objektiv und Beobachtungslupe. Das Gerät ist leicht zu handhaben, seine Möglichkeiten und Grenzen werden durch die Verhaltensbeobachtungen an *Hydropsyche* dokumentiert. Das Verhalten der Larven beim Bau des Puppengehäuses, bei Wanderungen und bei Zusammenstößen untereinander wird beschrieben. Parallel zu den direkten Beobachtungen der Tiere wurden Driftproben gesammelt. Im Vergleich zur Benthospopulation waren in der Drift mittelgroße Larven von *H. instabilis* überrepräsentiert. Die Larven drifteten fast ausschließlich in der Nacht, genau in der Zeit, in der die Tiere an der Substratoberfläche längere Wanderungen unternahmen und aggressive Zusammenstöße zwischen Larven am häufigsten waren. In diesem Fall werden beide Verhaltensweisen als Ursachen der Drift angesehen.

## 8. Summary

This study has two goals: (1) to describe a relatively un-

expensive tool for the observation of the nocturnal behaviour of stream invertebrates in the field. (2) to give one example of this behaviour, and how it is related to the drift of stream animals.

For this purpose two species of the genus *Hydropsyche* were investigated: the very abundant *H. instabilis* and the much rarer *H. pellucidula*. These species were studied in the Holzbach (northern Black Forest) near Karlsruhe in July 1981 for two 24-hour-periods. For direct observations of the nocturnal behaviour of specimens we used a self-constructed light intensifier. Its costs are estimated at about 5000,- DM, its main components being an image intensifier (intensifying the light by the factor 50,000), a photolens, and a magnifier. This system can easily be handled, its capabilities and limits are best documented by our observations on the behaviour of *Hydropsyche*. The larval behaviour during construction of pupal cases, migrations, and mutual aggressive encounters is described. Parallel to these direct observations drift samples were taken. In comparison to the benthic population medium sized larvae of *H. instabilis* were overrepresented in the drift. Larval drift almost exclusively occurred at night, in a time period, when specimens showed long distance migrations at the substrate surface and when mutual aggressive encounters occurred most frequently. In this case both types of behaviour are assumed to be the cause of the drift.

Dank an BEATE KNÖFEL (Schlitz), die diese Untersuchung durch die Demonstration des von ihr benutzten Infrarotsystems anregte, und an Dipl.-Biol. ROLF HOFFMANN (Karlsruhe), der linguistische Tips für Abstract und Summary gab.

## Literatur

- BISHOP, J. E. (1969): Light control of aquatic insect activity and drift. — *Ecology* **50**: 371–380; Brooklyn (usw.).
- BOOGHER, B. & SLUSHER, J. A. (1978): Successful photographic techniques through night vision devices. — *Bull. Ent. Soc. Amer.*, **24**: 203–206; College Park, M. D.
- BOON, P. J. (1978): The use of ventral sclerites in the taxonomy of larval hydroptychids. — *Proc. 2nd Int. Symp. Trichoptera*, 1977: 165–173; The Hague (Junk).
- CHASTON, I. (1969): The light threshold controlling the periodicity of invertebrate drift. — *J. Anim. Ecol.*, **38**: 171–180; Oxford usw.
- CAVALLI-SFORZA, L. (1972): *Biometrie*. 3. Aufl., 212 S.; Stuttgart (Fischer).
- CORKUM, L. D. & CLIFFORD, H. F. (1980): The importance of species association and substrate types to behavioural drift. — *Proc. 3rd Int. Conference Ephemeroptera*, Winnipeg, 1979: 331–341; New York (Plenum Press).
- HALLER, P. H. (1948): Morphologische, biologische und histologische Beiträge zur Kenntnis der Metamorphose der Trichopteren (*Hydropsyche*). — *Mitt. schweiz. entomol. Ges.*, **21**: 301–360; Bern.
- HART, D. D. (1983): The importance of competitive interactions within stream populations and communities. — In: BARNES, J. R. & MINSHALL, G. W. (Edit.): *Stream ecology – application and testing of general ecological theory*: 99–136; New York &

- London (Plenum Press).
- HOWELL, H. N. & GRANOVSKY, T. A. (1982): An infrared viewing system for studying nocturnal insect behaviour. – Southwest Entomol., 7: 36–38; Kerrville, Texas.
- JANSSON, A. & VUORISTO, T. (1979): Significance of stridulation in larval Hydropsychidae (Trichoptera). – Behaviour, 71: 167–186; Leiden.
- JOHNSTONE, G. W. (1964): Stridulation by larval Hydropsychidae (Trichoptera). – Proc. R. ent. Soc. Lond. (A), 39: 146–150; London.
- KAISER, P. (1965): Über Netzbau und Strömungssinn bei den Larven der Gattung *Hydropsyche* Pict. (Ins., Trichoptera). – Int. Revue ges. Hydrobiol., 50: 169–224; Berlin.
- LINDGREN, P. D., SPARKS, A. N. RAULSTONE, J. R. & WOLF, W. W. (1978): Applications for nocturnal studies of insects. – Bull. Ent. Soc. Amer., 24: 206–212; College Park, M. D.
- MALICKY, H. (1977): Ein Beitrag zur Kenntnis der *Hydropsyche guttata*-Gruppe (Trichoptera, Hydropsychidae) – Z. AG Österr. Entomol., 29: 1–28; Wien.
- PECKARSKY, B. L. (1983): Use of behavioral experiments to test ecological theory in streams. – In: BARNES, J. R. & MINSHALL, G. W. (Edit.): Stream ecology – application and testing of general ecological theory: 79–97; New York & London (Plenum Press).
- SATTLER, W. (1958): Beiträge zur Kenntnis von Lebensweise und Körperbau der Larve und Puppe von *Hydropsyche* Pict. (Trichoptera) mit besonderer Berücksichtigung des Netzbaus. – Z. Morph. u. Ökol. Tiere, 47: 115–192; Berlin.
- SCHRADER, T. (1932): Über die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung der Boden- und Uferfernwelt fließender Gewässer. – Z. Fisch., 30: 105–125; Berlin.
- SCHRÖDER, P. (1976 a): Zur Nahrung der Larvenstadien der Köcherfliege *Hydropsyche instabilis* (Trichoptera Hydropsychidae). – Ent. Germ., 3: 260–264; Stuttgart.
- SCHRÖDER, P. (1976 b): Zur Phänologie von *Hydropsyche instabilis* CURTIS (Trichoptera, Köcherfliegen) im Föhrenbach/Schwarzwald, unter besonderer Berücksichtigung der Larvenstadien. – Beitr. naturk. Forsch. SüdwDtl., 35: 137–148; Karlsruhe.
- SCHUHMACHER, H. (1970): Untersuchungen zur Taxonomie, Biologie und Ökologie einiger Köcherfliegenarten der Gattung *Hydropsyche* Pict. (Insecta, Trichoptera). Int. Revue ges. Hydrobiol., 55: 511–557; Berlin.
- SCHWOERBEL, J. (1980): Einführung in die Limnologie – 4. Aufl., 196 S.; Stuttgart, New York (Fischer).
- STATZNER, B. (1976): Zur Unterscheidung der Larven und Puppen der Köcherfliegen-Arten *Hydropsyche angustipennis* und *pellucidula* (Trichoptera Hydropsychidae). – Ent. Germ. 3: 265–268; Stuttgart.
- STATZNER, B. (1981): The relation between „hydraulic stress“ and microdistribution of benthic macroinvertebrates in a lowland running water system, the Schierenseebrooks (North Germany). – Arch. Hydrobiol., 91: 192–218; Stuttgart.
- STATZNER, B. & HOLM, T. F. (1982): Morphological adaptations of benthic invertebrates to stream flow – An old question studied by means of a new technique (Laser Doppler Anemometry). – Oecologia, 53: 290–292; Berlin.
- STATZNER, B. & BITTNER, A. (1983): Nature and causes of migrations of *Gammarus fossarum* Koch (Amphipoda) – A field study using a light intensifier for the detection of nocturnal activities. – Crustaceana, 44: 271–291; Leiden.
- STATZNER, B. & MOGEL, R. (1984): No relationship between the substrate surface densities and drift of the stream caddisfly *Micrasema longulum* (Brachycentridae, Trichoptera). – Proc. 4th Int. Symp. Trichoptera, 1983: 383–389; The Hague (Junk).
- STATZNER, B. & MOGEL, R. (im Druck): An example showing that drift net catches of stream mayflies (*Baetis* spp., Ephemeroptera, Insecta) do not increase during periods of higher substrate surface densities of the larvae. – Verh. Int. Ver. Limnol., 22; Stuttgart.
- TOBIAS, W. (1967): Zur Schlüpfrythmik von Köcherfliegen (Trichoptera). – Oikos, 18: 55–75; Copenhagen.
- TOBIAS, W. (1972 a): Zur Kenntnis europäischer Hydropsychidae. I. – Senckenbergiana biol., 53: 59–89; Frankfurt/Main.
- TOBIAS, W. (1972 b): Zur Kenntnis europäischer Hydropsychidae, II. – Senckenbergiana biol., 53: 245–268; Frankfurt/Main.
- VALVO (1978): Bildverstärkerröhren. Techn. Info. f. d. Industrie, 780626, 17 S.; Hamburg.
- WESENBERG-LUND, C. (1943): Biologie der Süßwasserinsekten. – 682 S.; Berlin, Wien (Springer).
- WILEY, M. J. & KOHLER, S. L. (1981): An assessment of biological interactions in an epilithic stream community using time-lapse cinematography. – Hydrobiologia, 78: 183–188; The Hague.
- WILEY, M. J. & KOHLER, S. L. (1984): Behavioral adaptations of aquatic insects. – In: RESH, V. H. & ROSENBERG, D. M. (Edit.): The ecology of aquatic insects: 101–133; New York (Praeger).
- WILLIAMS, D. D. & MOORE, K. A. (1982): The effect of environmental factors on the activity of *Gammarus pseudolimnaeus* (Amphipoda). – Hydrobiologia, 96: 137–147; The Hague.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carolinea - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Mogel Richard, Rieder Norbert, Statzner Bernhard

Artikel/Article: [Ein Gerät zur Freilandbeobachtung des nächtlichen Verhaltens von benthischen Bachtieren, mit Befunden aus der Gattung Hydropsyche \(Trichoptera, Insecta\) 121-128](#)