

Größenspezifische Verteilung der Larven von *Cordulegaster boltoni* (DONOVAN) und *C. bidentatus* (SELYS) über den Bachlauf - Untersuchungen an allo- und sympatrischen Bächen im Gießener Raum

Lothar Böcker

eingegangen: 9 Mai 1993

Summary

Using descriptive and statistical methods, a size-specific distribution of the *Cordulegaster boltoni* (DONOVAN) and the *Cordulegaster bidentatus* (SELYS) could be demonstrated across the respective sections of brooks in the Gießen area (Germany). This distribution pattern - i.e. small larvae near the source vs. larger specimens in the lower parts of the brooks - is, however, limited to an ensemble of brooks embedded in forests with adjacent typical flight range. As a rule, short-term summer migrations of larvae with there habitat do not seem to occur. In brooklets with occurrence of both *Cordulegaster* species, larvae share the same habitat. Thus a strict ecological separation of the two species does not exist.

Zusammenfassung

Mit Hilfe deskriptiver Darstellungen und induktiver Statistiken (Teststatistiken) konnte im Gießener Raum eine größenspezifische Verteilung der Larven von *Cordulegaster boltoni* (DONOVAN) und *Cordulegaster bidentatus* (SELYS) über einzelne Bachläufe nachgewiesen werden. Ein klares Verteilungsmuster mit den kleinen Larven im Bereich der Quelle und den größeren Larven in den unteren Bachabschnitten bestand allerdings nur an Waldbächen, bei denen Strukturen eines gut ausgeprägten Flugwirkungsbereich der Imagines

mit einem daran angrenzenden andersartigen Larvenlebensraum zu erkennen waren. Über die Sommermonate sind im allgemeinen keine kurzfristigen Wanderbewegungen festgestellt worden. In den sympatrischen *Cordulegaster*-Gewässern kommen die Larven beider Arten direkt nebeneinander in ein und demselben Bachabschnitt vor, eine strikte Trennung artspezifischer Larvenhabitate im Längsgradienten dieser Bachsysteme ist daher nicht gegeben.

Einleitung

Die Entwicklung eines Konzeptes im Bereich des Biotopmanagements für stenöke, amphibisch lebende Arten in Quellbächen bedarf umfangreicher Detailuntersuchungen und Analysen. Erst, wenn genaue Kenntnisse über die Ansprüche der einzelnen Arten in ihren unterschiedlichen Entwicklungsstadien bekannt sind, ist es möglich, einen sinnvollen Biotopmanagementplan zum Schutz der Arten zu entwickeln. Mit der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, inwieweit die Larven in ihren unterschiedlichen Altersklassen dieselben oder aber getrennte Habitate einnehmen. Der Lebensraum der Imagines fand dabei ebenfalls Berücksichtigung.

Das Untersuchungsgebiet

Der Untersuchungsraum liegt im Nordwesten der Stadt Gießen, ein Gebiet mit zahlreichen Wald- und Wiesenbächen, in denen beide *Cordulegaster*-Arten in Höhenlagen zwischen 250 und 350 m über NN standorttreu vorkommen (Meßtischblatt-Nr. 5317). Die Untersuchungsbaeche sind gezielt nach den Kriterien Standorttreue, Abundanzstärke, Allo- und Sympatrie der Arten ausgesucht worden. Die unterschiedlichen Bäche wurden der Einfachheit halber mit den Buchstaben A-H gekennzeichnet (Karte 1 und Tab.1).

Die Untersuchungsabschnitte der Bäche A - D liegen im Krofedorfer Forst, die der Bäche E - H im Gladenbacher Bergland, nördlich von Frankenbach (Naturräumliche Einheit 320.05 nach KLAUSING, 1988: südöstlicher Teil des Lahn-Dill-Berglandes, Krofedorf-Königsberger Forst). Untersuchungen zur Libellenfauna in diesem Gebiet wurden bereits von PATRZICH (1990), NOR-GALL et al. (1987), THÖRNER (1988) und STÖCKMANN (1986) durchgeführt.

Die Untersuchungsabschnitte der Bäche A - D, G und H befinden sich in Arealen nährstoffarmer Böden aus Grauwacke, Grauwackeschiefern und Tonschiefern des Unterkarbon (GEOLOGISCHE KARTE VON HESSEN 1971, MTB 5317). Die Untersuchungsabschnitte der Bäche

Tab. 1: Untersuchungsabschnitte der *Cordulegaster*-Gewässer

Bach A	(1050m):	Quellbereich des Gleibaches
Bach B	(750m):	Quellbereich des Fohnbaches
Bach C	(750m):	südwestlicher Quellzulauf zur Vers
Bach D	(200m):	nördlicher Zulauf zur Vers
Bach E	(1200m):	westlicher Zulauf zur Vers
Bach F	(200m):	Quellbereich der Vers
Bach G	(250m):	unterer Abschnitt des nördlichen Zulaufs zur Vers
Bach H	(550m):	oberer Abschnitt des nördlichen Zulaufs zur Vers

E und F befinden sich in morphologisch großräumig ausgeprägten Mulden, die mit Lößlehm gefüllt sind. Die Untersuchungsabschnitte der Bäche A - D, G und H stellen klassische Waldbäche dar. Die Bäche E und F hingegen zählen zu den typischen Wiesenbächen. Die durchschnittlichen Jahresniederschlagswerte beschränken sich im Untersuchungsgebiet auf 600-700 mm/a.

Überwiegende Nutzungsformen in der Umgebung der Bäche sind naturnaher Laubwald (auf Standorten des Luzulo-Fagetum, teilweise des Melico-Fagetum) und Fichten- und Douglasienforste. Die Bachtäler der Untersuchungsabschnitte der Bäche E und F werden extensiv, z.T. als Mähwiesen oder Weiden, genutzt. Die Bachabschnitte sind nur geringen anthropogenen Belastungen ausgesetzt, mit der Einschränkung, daß die Bäche E,F,G und H zur Speisung von Fischteichen genutzt werden.

Material und Methode

Vor der eigentlichen Untersuchungsphase wurden Markierungsversuche im Winter 1987/88 an zwanzig *C. boltoni*-Larven durchgeführt. Jede Larve wurde an der Vorder- bzw. Hintertibie mit verdünntem Nagellack markiert und über den Zeitraum von vierzehn Tagen in einem Aquarium beobachtet. Am Ende der Versuchsreihe konnte festgehalten werden, daß die Larven durch das Markierungsmittel weder in ihrer Bewegungsfreiheit (z.B. beim Eingraben) eingeschränkt, noch bezüglich der Nahrungsaufnahme oder des Häutungsvorganges beeinträchtigt waren.

Larvenuntersuchungen mit "Checklisten"

Die Kartierung der Larven wurde in folgenden Zeitabschnitten durchgeführt: Frühjahr 1988, (04.05. - 24.05.), Herbst 1988 (04.10. - 02.12), Frühjahr 1989 (18.03. - 14.04.) und Sommer 1989 (14.06. - 24.07.). Zur Erfassung der Daten wurden die ge-

Tab. 2: Checkliste

C H E C K L I S T E			
Lfd. Nr:		Datum:	
Art:		Geschlecht:	
Bach:	A/B/C/D/E/F/G/H		
Standort: (Beginn: Bachende in Richtung Quelle)	 [m]		
Körpermaße:	Caputdurchmesser		[mm]
	Mentumdurchmesser		[mm]
	Tibiallänge		[mm]
	Gesamtlänge		[mm]

samen Untersuchungsabschnitte der Bäche in kontinuierlich aufeinanderfolgenden Abständen von 1-2 m systematisch nach Larven abgesucht. Die Larvenuntersuchung erfolgte mit Hilfe eines Keschers¹, der aus einem Drahtkorb (Maschenweite 7.5 mm) und einem 1,2 m langen Holzstiel bestand. Die Larven wurden direkt an ihrem Standort taxonomisch bestimmt (Angaben zu Art und Geschlecht) und vermessen (Habitusmaße: Gesamtlänge, Caput- und Mentumdurchmesser sowie die Länge der Vordertibie) und anschließend wieder ausgesetzt. Der jeweilige Abstand des Standortes der einzelnen Larven vom Bachabschnittsende bis zur Quelle wurde in einer Checkliste (Tab.2) notiert.

Untersuchungen zur Verdriftung der Larven

Untersuchungen zur Verdriftung der Larven mit Hilfe von Larvenmarkierungen

Die Larvenmarkierungen erfolgten am 10.08.88 an 25 *C. boltoni*- und 20 *C. bidentatus*-Larven an Bach A, am 11.08.88 an 20 *C. bidentatus*-Larven an Bach B und am 12.08.88 an 73 *C. boltoni*-Larven an Bach E.

Die Larven wurden nach der in der Voruntersuchung erfolgreich erprobten Methode markiert und jeweils an einem erweiterten Bachabschnitt der o.g. Bäche ausgesetzt. Nach zwei Wochen wurde das Sediment von der Aussetzungsstelle der Larven an 20 m bachauf- und 50 m bachabwärts gründlich nach den markierten Larven durchgekeschert. Der Fundort jeder wiedergefundenen, markierten Larve wurde registriert, um den Aktionsbereich der einzelnen Larven innerhalb eines Zeitraumes von 14 Tagen zu ermitteln.

Untersuchungen zur Verdriftung der Larven mit Hilfe von Fangzäunen

Parallel zu der unter Kap. 3.2.1 beschriebenen Methode wurden zusätzlich mit Hilfe von Fangzäunen Untersuchungen zur Verdriftung der Larven durchgeführt. Dafür wurden an den Bächen A - E und G in geeigneten Bachabschnitten mehrere Fangzaunbarrieren

1) Weiterentwicklung des Keschertyps nach PRODON (1976)

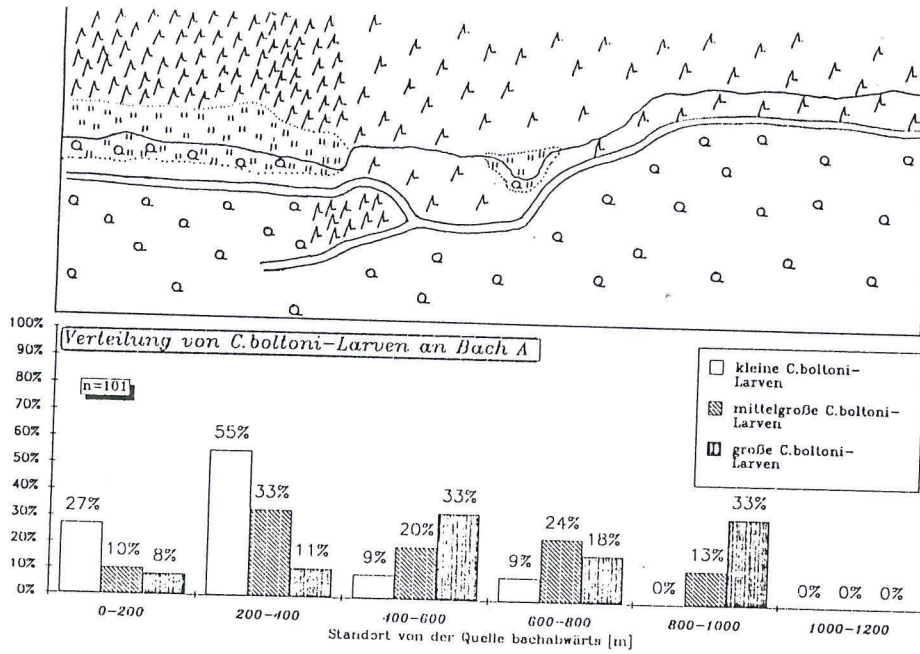


Abb. 1: Verteilung der unterschiedlichen Größenklassen von *C. boltoni* über den Bachlauf (Herbst 1988) - Bach A

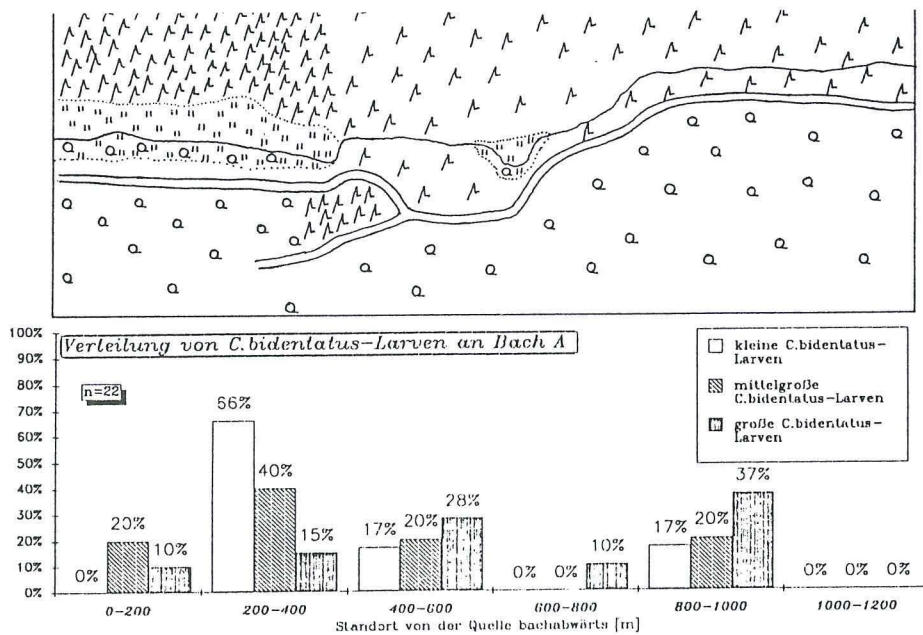


Abb. 2: Verteilung der unterschiedlichen Größenklassen von *C. bidentatus* über den Bachlauf (Herbst 1988) - Bach A

quer zum Bachbett eingebracht. Die Fangzäune wurden am 12.08.88 aufgestellt und bis zum Mai 1989 in 14-tägigen Abständen kontrolliert.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte anhand der mit Hilfe der Checkliste festgehaltenen Datenbasis, die Aufschluß über die zeitliche und räumliche Verteilung der einzelnen Larven im Längsgradienten des jeweiligen Bachabschnittes lieferte. Zur Veranschaulichung der größenspezifischen Verteilungssituation der Larven wurden zunächst die Bäche A, C und E im Herbstaspekt mittels deskriptiver Statistiken genauer untersucht. Die Datenverarbeitung erfolgte mit Hilfe des Programmpaketes SPSS PC⁺ (Statistical Package for Social Science, Version 3.1). Die induktiven Statistiken wurden sowohl mit parameterfreien als auch mit parametrischen Tests durchgeführt (Tab.3).

Ergebnisse

Ergebnisse anhand deskriptiver Statistiken (3 Fallbeispiele)

Waldbach A - Biotop von *C. boltoni* und *C. bidentatus* :

An diesem Bachabschnitt (Abb. 1 und Abb. 2) ist zu erkennen, daß sich das Gros der kleinen (7,5-20 mm Gesamtlänge) *C. boltoni*-Larven (projiziert man die Säulendiagramme aus Abb. 1 bis Abb. 4 in die jeweils darüber dargestellte Skizze) im Flugwirkungsbereich der Imagines befinden. Mittlere (20-30 mm Gesamtlänge) und große (30-43 mm Gesamtlänge) *C. boltoni*-Larven sind hingegen vornehmlich in den mittleren bzw. unteren Bachabschnitten anzutreffen.

Das Verteilungsmuster der *C. bidentatus*-Larven stellt sich an diesem Bachabschnitt ähnlich wie das der Schwesterart dar. Auch hier ist das Gros der kleinen Larven im quellnahen Flugwirkungsbereich der Imagines² anzutreffen, die mittelgroßen und großen Larven sind hingegen bevorzugt in den mittleren und unteren Bereichen des Untersuchungsabschnittes wiederzufinden.

2) Imaginesuntersuchungen 1988 und 1989 (Ergebnisse nicht veröffentlicht)

Tab. 3: Verwandte Teststatistiken

A. Statistische Tests zur Prüfung von Unterschieden:

für 1 Stp:

KOLMOGOROFF-SMIRNOFF-TEST

(Prüfung auf Normalverteilung)

für 2 unabh. Stp:

MANN-WHITNEY-U-TEST

(Ordinalskalenniveau)

NVT wird nicht vorausgesetzt

für > 2 unabh. Stp:

KRUSKAL-WALLIS-H-TEST

(mind. Ordinalskalenniveau)

NVT wird nicht vorausgesetzt

B. Statistische Tests zur Prüfung von Zusammenhängen

für 2 Variablen:

ASSOZIATIONSKOEFFIZIENT τ_{b} nach KENDALL

(mind. Ordinalskalenniveau)

NVT wird nicht vorausgesetzt

KORRELATIONSKOEFFIZIENT r nach PEARSON

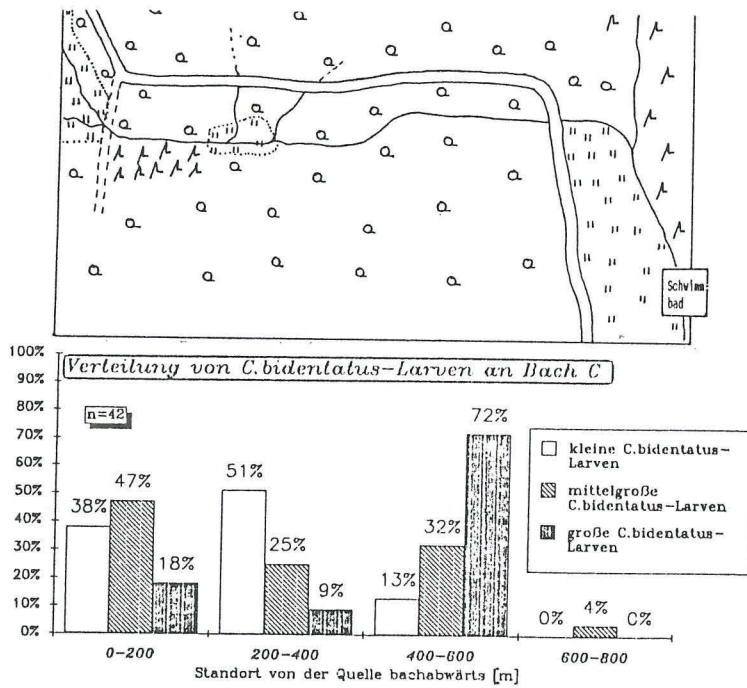
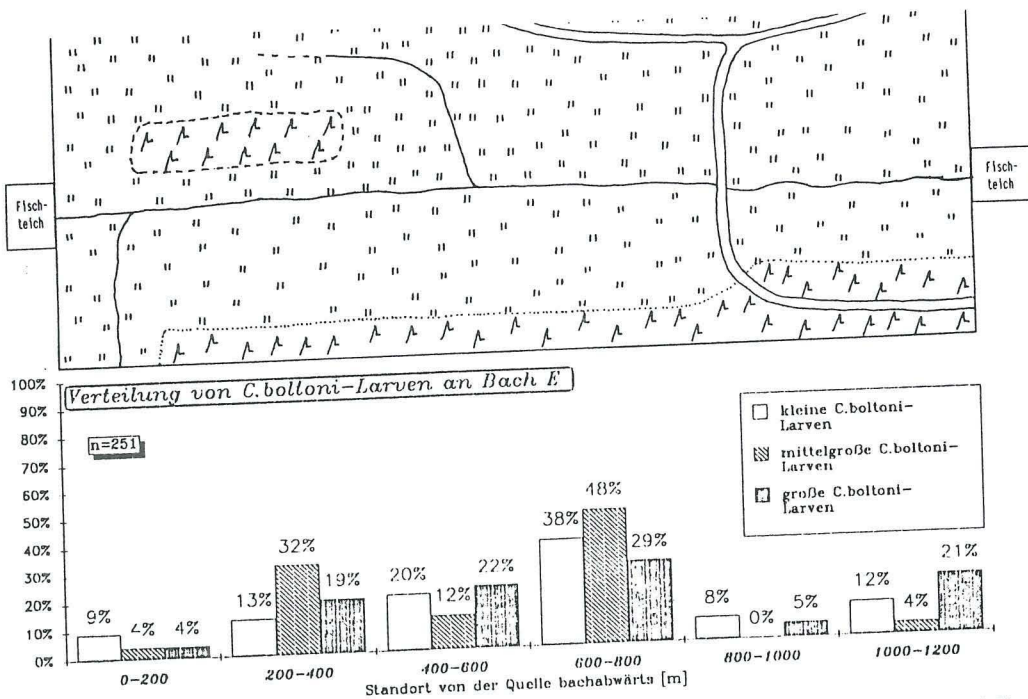
(Intervallskalenniveau)

NVT wird vorausgesetzt

Vergleicht man die Abbildungen 1 und 2 miteinander, so ist zu erkennen, daß beide *Cordulegaster*-Arten im selben Untersuchungsabschnitt direkt nebeneinander vorkommen.

Waldbach C - Biotop von *C. bidentatus* :

In diesem Bachabschnitt (Abb. 3) konnten ausschließlich Larven von *C. bidentatus* nachgewiesen werden und zwar in allen Größenklassen. Auch hier befindet sich das Gros der kleinen Larven im quellnahen, stark lichtdurchfluteten Flugwirkungsbereich der Vollkerfe. Weiter bachabwärts sind vorwiegend die mittelgroßen und im unteren Untersuchungsabschnitt dieses Bachsystems ist das Gros der großen Larven wiederzufinden.

Abb. 3: Verteilung der unterschiedlichen Größenklassen von *C. bidentatus* über den Bachlauf (Herbst 1988) - Bach CAbb. 4: Verteilung der unterschiedlichen Größenklassen von *C. boltoni* über den Bachlauf (Herbst 1988) - Bach E

Wiesenbach E - Biotop von *C. boltoni* :

An diesem Bach (Abb. 4), der sowohl im Ober- als auch im Unterlauf von je einer Fischteichanlage begrenzt ist, kann man keine klassische, größenspezifische Verteilung der Larven von *C. boltoni* erkennen. Dieser Bach unterscheidet sich von den Bächen A und C jedoch dadurch, daß der gesamte Untersuchungsabschnitt sowohl den Vollkerfen als Flug- und Eiablagehabitat als auch den Larven als Lebensraum dient.

Ergebnisse mit Hilfe induktiver Statistiken (Zusammenfassung aller Untersuchungsergebnisse)

Anhand der Bäche A und C konnte aufgezeigt werden, daß bei beiden *Cordulegaster*-Arten größenspezifische Verteilungsmuster auftreten können. Allerdings unterliegen nicht alle untersuchten Bachsysteme des gesamten Untersuchungsraumes diesem klassischen Larvenverteilungsmuster, wie für Bach E bereits aufgezeigt wurde. Um die mit Hilfe der deskriptiven Statistik herausgearbeiteten Befunde statistisch abzusichern, wurden verschiedene induktive Statistiken (Testverfahren) durchgeführt.

Im ersten Schritt wurde gefragt, ob sich die drei Größenklassen der Larven der jeweiligen Art signifikant in der Entfernung ihrer Standorte von der Quelle unterscheiden (Tab. 4.1 u. 4.2). Die H_0 -Hypothese lautet: "ES BESTEHT KEIN UNTERSCHIED ZWISCHEN DEN KLEINEN, MITTELGROSSEN UND GROSSEN LARVEN BZGL. DER ENTFERNUNG IHRER STANDORTE VON DER QUELLE". Geprüft wurde die Hypothese auf dem 5 % Signifikanzniveau.

Der MANN-WHITNEY-U-TEST (Tab. 4.1) lieferte die Testergebnisse für den paarweisen Vergleich der einzelnen Größenklassen der jeweiligen Art pro Bach. Der KRUSKAL-WALLIS-H-TEST (Tab. 4.2) lieferte die Testergebnisse in gemeinsamer Betrachtung aller drei Größenklassen der jeweiligen Art pro Bach.

Aus der Tab. 4.1 ist zu entnehmen, daß an Waldbach A fast alle Testergebnisse für die beiden Arten einen Größenklassenunterschied der Larven hochsignifikant belegen. An dem Wiesenbach E

ist für *C. boltoni* erwartungsgemäß signifikant bis auf 2 Ausnahmen kein Größenklassenunterschied zu erkennen. An Waldbach C wird für *C. bidentatus* ein Größenklassenunterschied der Larven signifikant bestätigt.

In einem zweiten Schritt wurde der Nachweis dafür gesucht, ob sich die kleinen Larven der jeweiligen Art wirklich im Oberlauf und die größeren Larven weiter bachabwärts im unteren Bachabschnitt befinden (Tab.5). Die Hypothese lautete: "ES BESTEHT EIN POSITIVER/NEGATIVER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER GESAMTLÄNGE DER LARVEN UND DEN STANDORTEN DER LARVEN IM LÄNGSGRADIENTEN DES BACHBETTES". Bei gegebener NVT (Normalverteilung) lieferte der Korrelationskoeffizient r nach PEARSON das geeignete Korrelationsmaß auf Intervallskalenniveau. War eine NVT nicht gegeben, wurden die Zusammenhänge mit dem Assoziationskoeffizienten τ_{ab} nach KENDALL auf dem Ordinalskalenniveau berechnet.

In Tab. 5 ist zu erkennen, daß die mit einem negativen Vorzeichen versehenen Korrelationskoeffizienten die o.g. H_0 -Hypothese bestätigen, d.h. die kleinen Larven halten sich nahe der Quelle, die größeren weiter bachabwärts auf³. Nur ein Testergebnis (Pearson $r = -0,612$, $p = 0,000$) zeigt jedoch einen mäßigen signifikanten Zusammenhang zwischen der Gesamtlänge der *C. boltoni*-Larven und dem Standort dieser im Längsgradienten des Bachbettes A an. Alle anderen Korrelationskoeffizienten (Pearson r und τ_{ab} nach Kendall) sind entweder so niedrig ($0,5 > x > -0,5$), daß ein Zusammenhang zwischen der Gesamtlänge der Larven und dem Standort dieser im Längsgradienten des jeweiligen Bachbettes nicht mehr gegeben ist, oder aber die Irrtumswahrscheinlichkeiten der Testergebnisse liegen (auch bei höheren Korrelationskoeffizienten) unter dem 5 % Signifikanzniveau, so daß die H_0 -Hypothese in diesen Fällen verworfen werden muß.

3) Aus keschertechnischen Gründen wurde am Bachabschnittsende mit dem Keschern begonnen, also am Standort '0 m', wobei der letzte Larvenfund im Bereich der Quelle die höchste Standortzahl bekam

Tab. 4.1: Ergebnisse - Prüfung auf Größenklassenunterschiede der Larven

Mann-Whitney-U-Test

n	Zeit	Bach	Art	kl r1	mi r2	p	kl r1	gr r3	p	mi r2	gr r3	p
101	H'88	A	bo	55,2	34,1	0,002	29,9	15,6	0,000	48,8	36,1	0,033
42	F'89	A	bo	20,4	11,3	0,010	19,5	8,0	0,000	20,0	14,3	0,100
71	S'89	A	bo	26,4	16,3	0,011	35,4	18,7	0,000	32,9	29,5	0,459
21	H'88	B	bo							8,0	13,6	0,036
252	H'88	E	bo	79,3	90,8	0,266	117,0	110,0	0,477	66,7	55,7	0,148
34	F'89	E	bo	12,3	16,5	0,169	9,8	16,9	0,020	9,4	9,7	0,891
51	S'89	E	bo	31,6	21,7	0,017	10,1	6,5	0,285	18,1	22,5	0,488
27	H'88	F	bo	11,3	16,5	0,215	11,7	16,1	0,259	3,5	4,4	0,593
32	H'88	A	bi	6,0	6,0	1,000	18,9	12,6	0,085	16,9	12,7	0,269
18	F'89	A	bi							8,9	9,1	0,923
47	S'89	A	bi	10,4	12,1	0,549	26,9	17,0	0,011	22,9	15,4	0,067
57	H'88	B	bi	14,3	7,9	0,044	34,5	21,1	0,073	26,5	27,8	0,774
42	H'88	C	bi	17,2	15,6	0,668	13,6	7,4	0,019	20,3	11,6	0,018
23	H'88	D	bi	6,8	9,9	0,245	5,0	6,8	0,360	9,7	9,2	0,850

p = Irrtumswahrscheinlichkeit auf dem 5% Signifikanzniveau; kl = kleine Larven 7,5-20mm Gesamtlänge; mi = mittelgroße Larven 20-30mm Gesamtlänge; gr = große Larven 30-43mm Gesamtlänge; r1 = Rangwerte der kleinen Larven bzgl. der Bachstandorte; r2 = Rangwerte der mittelgroßen Larven bzgl. der Bachstandorte; r3 = Rangwerte der großen Larven bzgl. der Bachstandorte; n1 = STP-Umfang der kleinen Larven; n2 = STP-Umfang der mittelgroßen Larven; n3 = STP-Umfang der großen Larven; n = STP-Umfang aller Larven; bo = *C. boltoni*, bi = *C. bidentatus*; F'88 = Frühjahr 1988, H'88 = Herbst 1988, F'89 = Frühjahr 1989, S'89 = Sommer 1989

Tab. 4.2: Ergebnisse - Prüfung auf Größenklassenunterschiede der Larven

Kruskal-Wallis-H-Test

q n	Zeit	Bach	Art	kl n1	mi n2	gr n3	p	kl r1	mi r2	gr r3
101	H'88	A	bo	12	67	27	0,000	78,6	51,4	37,7
42	F'89	A	bo	8	19	15	0,000	35,8	21,3	14,3
71	S'89	A	bo	10	27	34	0,003	56,3	35,1	30,7
21	H'88	B	bo	1	11	9	0,042	2,0	8,9	14,6
252	H'88	E	bo	137	24	91	0,332	127,0	145,0	120,0
34	F'89	E	bo	16	11	7	0,083	13,6	19,9	22,6
51	S'89	E	bo	15	33	3	0,050	33,7	22,4	27,0
27	H'88	F	bo	20	3	4	0,298	12,6	18,0	18,0
32	H'88	A	bi	6	5	21	0,176	21,4	19,9	14,3
18	F'89	A	bi	1	8	9	0,446	16,0	9,0	9,2
47	S'89	A	bi	14	7	26	0,019	29,9	31,1	18,9
57	H'88	B	bi	3	14	40	0,153	46,8	26,8	28,4
42	H'88	C	bi	8	23	11	0,026	26,3	23,9	13,1
23	H'88	D	bi	5	12	6	0,480	8,8	13,1	12,5

Legende s. Tab. 4.1

Tab. 5: Testergebnisse - Prüfung auf Zusammenhänge der Parameter "Entfernung von der Bachquelle" und "Gesamtlänge" der Larven

K-S (Normal)	p	n	Zeit	Bach	Art	Pearson r	p	Kendall tau _b	p
Gesamt	0,285	101	H'88	A	bo	-0,396	0,000	-0,305	0,000
Standort	0,482								
Gesamt	0,180	42	F'89	A	bo	-0,612	0,000	-0,413	0,000
Standort	0,041								
Gesamt	0,411	71	S'89	A	bo			-0,186	0,011
Standort	0,003								
Gesamt	0,473	21	H'88	B	bo	0,456	0,003	0,421	0,004
Standort	0,628								
Gesamt	0,897	5	S'89	B	bo	-0,068	0,914	-0,200	
Standort	0,986								
Gesamt	0,000	252	H'88	E	bo			0,037	0,190
Standort	0,019								
Gesamt	0,000	34	F'89	E	bo			0,025	0,022
Standort	0,555								
Gesamt	0,229	51	S'89	E	bo	-0,364	0,009	-0,189	0,029
Standort	0,094								
Gesamt	0,120	27	H'88	F	bo	0,044	0,828	0,057	0,333
Standort	0,044								
Gesamt	0,037	32	H'88	A	bi			-0,198	0,057
Standort	0,609								
Gesamt	0,521	18	F'89	A	bi	-0,304	0,220	-0,109	0,269
Standort	0,621								
Gesamt	0,034	47	S'89	A	bi			-0,161	0,057
Standort	0,174								
Gesamt	0,008	57	H'88	B	bi			-0,070	0,224
Standort	0,281								
Gesamt	0,205	13	S'89	B	bi	-0,240	0,429	-0,196	0,179
Standort	0,971								
Gesamt	0,515	42	H'88	C	bi	-0,441	0,004	-0,258	0,008
Standort	0,383								
Gesamt	0,318	23	H'88	D	bi	0,111	0,615	0,073	0,316
Standort	0,230								

K-S (Normal) = KOLMOGOROFF-SMIRNOFF-TEST (Prüfung auf Normalverteilung); Pearson corr = Pearson'sche Korrelationskoeffizient; Kendall tau_b = Assoziationskoeffizient nach KENDALL

p = Irrtumswahrscheinlichkeit auf dem 5% Signifikanzniveau; n = STP-Umfang
gesamt = Gesamtlänge der Larven; Standort = Fundstellen der Larven in [m] beginnend vom unteren Untersuchungsabschnitt bis zur Quelle

bo = *C. boltoni*, bi = *C. bidentatus*

F'88 = Frühjahr 1988, H'88 = Herbst 1988, F'89 = Frühjahr 1989,

S'89 = Sommer 1989

So konnte zwar ein Verteilungsmuster der Larvenlängen im Längsgradienten der jeweiligen Bäche statistisch nachgewiesen werden, ein enger Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Standort der Larven und ihrer Längen läßt sich jedoch nicht (so leicht) beweisen.

Ergebnisse der Markierungs- und Fangzaununtersuchungen

a) Untersuchungen anhand von Markierungen (Tab. 6):

Anhand der 14-tägigen Beobachtungsphasen wurde nur bei einzelnen Larven eine bachaufwärts- bzw. bachabwärts gerichtete Standortveränderung registriert. Damit wurde deutlich, daß die Larven beider Arten in den Sommermonaten eine hohe Standorttreue besitzen.

b) Fangzaununtersuchungen:

Bei den 14-tägigen Kontrollgängen wurden die Fangzaunbereiche beidseitig intensiv bekeschert. Als Ergebnis konnte festgehalten werden, daß sich zwar vereinzelt Larven im Bereich der Fangzäune aufhielten, aber im großen und ganzen keine eindeutigen Akkumulationen von Larven in Luv- oder Leelage der jeweiligen Fangzäune nachgewiesen werden konnten. Die Ergebnisse der Fangzaununtersuchungen bestätigen die der Markierungsversuche aus dem Sommer für den Herbst, Winter und das Frühjahr.

Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sollte gezeigt werden, ob vom Bachober- zum Bachunterlauf eine altersspezifische Zonierung der Larven der beiden Fließgewässerlibellenarten existiert. Dabei konnte mit der Untersuchung gleichzeitig geklärt werden, ob die Larven vom Ober- in Richtung Unterlauf verdriftet werden.

Eine Möglichkeit, der Verdriftung entgegenzuwirken, besteht im Kompensationsausgleich der Larven oder der Vollkerfe. Nach

Tab. 6: Ergebnisse der Markierungsuntersuchungen an *Cordulegaster* - Larven

Ausgesetzt	Wiederfang (nach 14 Tagen)		
[Anzahl]	unterhalb des Aussetzungsbereichs der markierten Larven	innerhalb	oberhalb
Bach A: 10.08.88 (25 bo) (20 bi)	-	9 bo 8 bi	-
Bach B: 11.08.88 (20 bi)	1 (10m bachabwärts)	8	1 (8m bachaufwärts)
Bach E1*: 12.08.88 (28 bo)	1 (2m bachabwärts)	10	-
E2: (45 bo)	-	22	-

bo = *C. boltoni*, bi = *C. bidentatus*

*) E1 und E2 = zwei verschiedene Aussetzungsstellen am Bach E

NIEMEIER-LÜLLWITZ et al. (1988) gibt es zwei verschiedene Prinzipien der Kompensation bei Wasserorganismen, die ein Abdriften in untere Bachabschnitte verhindern. Erstens: die Körper der Organismen sind so geformt, daß sie den Kräften der Strömung möglichst wenig Angriffsmöglichkeiten bieten; zweitens: Fließgewässerorganismen bemühen sich, den zum Teil verlorenen Boden durch aktive Bachaufwärtsbewegung wiedergutzumachen. MÜLLER (1966), ROOS (1957), LEHMANN (1970) und SCHUHMACHER (1969) erklären den Ausgleich des durch Verdriftung verursachten Territorialverlustes von Fließgewässerlarven so, daß die Imagines diesen durch einen stromaufwärts gerichteten Kompensationsflug zur Eiablage wieder wettmachen.

Anderer Meinung ist SCHWOERBEL (1984), der glaubt, daß die Abdrift von Insektenlarven und anderen verdrifteten Tieren in erster Linie von den Tieren selbst durch eine positive Rheotaxis kompensiert wird. Eine stromaufwärts gerichtete Bewegung, sowie die Einstellung gegen die Strömung, die für viele Fließwassertiere typisch ist, wurde bereits von BISHOP und HEINES (1969) nachgewiesen.

Die beiden Libellenarten *C. boltoni* und *C. bidentatus* sind Strategen beider Lebensformen. Einerseits weichen die Larven den Strömungskräften aus, indem sie sich überwiegend im Sediment vergraben halten (SCHIEMENZ, 1953), andererseits versuchen sie, worauf NIEMEYER-LÜLLWITZ et al. (1988) bereits hinwiesen und wie in der vorliegenden Arbeit, allerdings bei nur einer *C. bidentatus*-Larve, zu beobachten war, aktiv eine bachaufwärts gerichtete Bewegung vorzunehmen.

Kleinräumige Ortsbewegungen der Larven von *C. boltoni* stellte schon PRODON (1976) bei seinen Laborversuchen mit dieser Art fest und SCHORR (1990) weist darauf hin: "es kann nicht ausgeschlossen werden bzw. es ist sogar wahrscheinlich, daß die Tiere, um ein geeignetes Schlüpfsubstrat zu finden, einige Meter vom Bach entfernt an Land gewandert sind". An anderer Stelle bemerkt dieser Autor "um im Falle zu stark absinkender Temperaturen wärmere Bereiche aufsuchen zu können, ist die Larve in der Lage, eine begrenzte Wanderbewegung vorzunehmen, um ein weiches, mulmiges Substrat aufzusuchen". Diese Autoren schließen dabei nicht aus, daß die Larven nicht auch eine bachaufwärts gerichtete Bewegung vorzunehmen vermögen.

Mit Hilfe sowohl der deskriptiven Statistiken als auch die des MANN-WHITNEY-U-TESTS und des KRUSKAL-WALLIS-H-TESTS konnte in der vorliegenden Arbeit herausgearbeitet werden, daß die Größenklassen der Larven nur an den untersuchten Waldbächen nicht gleichmäßig über den Bachlauf verteilt vorliegen. An den Wiesenbächen traten alle Größenklassen mehr oder weniger gleichverteilt über den Untersuchungsabschnitt auf. Anhand der deskriptiven Statistiken wurde zusätzlich deutlich, daß in den Waldbächen die kleinen Larven bevorzugt in den oberen Bachabschnitten

vorkommen, während die mittelgroßen im mittleren bzw. unteren und die großen Larven in dem unteren Bachabschnitt aufhalten. Die Überprüfung der Existenz von Verteilungsmustern mit Hilfe von Korrelationsanalysen zeigte, daß signifikant doch kein direkter Zusammenhang zwischen den Längen der Larven und den Entfernungen der Standorte der Larven von der Quelle besteht. Damit ist es nicht möglich eine konkrete Vorhersage zu treffen, in welcher Entfernung von der Quelle sich die Larven bestimmter Größe aufhalten.

Den Nachweis einer direkten bachauf- oder bachabwärts gerichteten Ortsbewegung im Sommer sollte die Untersuchung mit den markierten Larven liefern. Von den an den Bächen A, B und E an jeweils mindestens einem Ort ausgesetzten markierten *C. boltoni*- bzw. *C. bidentatus*-Larven wurden nach 14 Tagen ein Teil der ausgesetzten Larven nahe ihrer Aussetzungsstelle wiedergefunden. Die Untersuchungsergebnisse machen deutlich, daß von den Larven keine kurzfristigen Ortswechsel (> 10 m in beide Richtungen des Baches), vorgenommen werden.

Das gleiche Ergebnis lieferten die Fangzaununtersuchungen mit 14-tägigen Kontrollgängen, bei denen selbst innerhalb eines halben Jahres (vom Herbst bis zum darauf folgenden Frühjahr) keine erkennbaren Larvenansammlungen, weder an der Luv- noch an der Leeseite der Zäune, auftraten.

Sowohl die Ergebnisse der Fangzaununtersuchungen als auch die Untersuchungen mit Hilfe von Markierungen haben deutlich gemacht, daß die Larven beider Arten zum aktiven Kompensationsausgleich nicht befähigt sind. Kurzfristig gesehen scheinen die Larven keine Ortswechsel vorzunehmen, langfristig gesehen können die Larven beider Arten den Stömungskräften des Wassers kein Paroli bieten, was in einer klassischen Altersstruktur der Larven im Längsgradienten vom Bachober- zum Bachunterlauf an den Wald-bächen zum Ausdruck kommt. Es ist davon auszugehen, daß beide *Cordulegaster*-Taxa zu der von den Autoren ROOS (1957), MÜLLER (1966), SCHUHMACHER (1969) und LEHMANN (1970) erwähnten Insektengruppe gezählt werden können, die den Kompensationsausgleich über die Imagines im Längsgradienten eines

Bachsystems steuern, zumindest trifft dies für die "Waldpopulationen" im Gießener Raum zu.

Bereits SPÄH und BEISENHERZ (1982) wiesen *C. boltoni*-Larvenhabitate am Rötterbach 4,3 bis 8,3 km entfernt von der Quelle nach. Auch FRANZ (1980) fand bei seinen Untersuchungen das Gros der *C. boltoni*-Larven im mittleren Epirhitral. NEUMANN (1981) zeigt auf, daß die Larven von *C. boltoni* im Epirhitral bis ca. 2,2 km entfernt von der Quelle zu finden sind. Obwohl sich keiner dieser Autoren über die Lage der Flugwirkungsbereiche äußert, ist anzunehmen, daß diese oberhalb der von ihnen angegebenen Larvenfundstellen liegen, so daß auch die Untersuchungsergebnisse dieser Autoren wie die in der vorliegenden Arbeit auf eine langzeitliche Verdriftung hinweisen.

Es stellt sich die Frage, wann es zu einer großräumigen Abdrift der Larven kommt. In den Wintermonaten halten die Larven eine "Winterruhe" ein (DONATH, 1988 und ROBERT, 1959). Obwohl in dieser Arbeit die Bachsohlen der untersuchten Bachabschnitte bis zu einer Tiefe von 10 cm intensivst in den Monaten Februar bis März 1988 und 1989 bekeschert wurden, konnten kaum Larven in dieser Jahreszeit gefunden werden. SCHMIDT, Eb. (mündliche Mitteilung) vermutet, daß die Larven während dieser Jahreszeit in tiefere Zonen des Bachsedimentes abwandern. Damit ist eine Abdrift der Larven in der Winterruhezeit auszuschließen. Die Ergebnisse dieser Arbeit mittels Larvenmarkierungen haben deutlich gemacht, daß die Larven beider Arten im Sommer eine hohe Standorttreue besitzen. Ein verstärktes passives Abdriften der Larven kann in dieser Jahreszeit auch ausgeschlossen werden. In den Herbst- bzw. Frühjahrsmonaten ist ebenfalls ein verstärktes Abdriften der Larven auszuschließen, wie anhand der Fangzaununtersuchungen belegt werden konnte. Es scheint den Larven jedoch nicht zu gelingen, dem Bachabschnitt ihrer Geburtsstädte zeitlebens treu zu bleiben, vielmehr werden sie während ihrer mehrjährigen Larvenentwicklungszeit allmählich in bachabwärts gelegene Bachabschnitte abgedrängt.

So bleibt die unbefriedigende Vermutung, daß das Abdriften der Larven auf das Mißgeschick jedes einzelnen Individuums zurückzuführen ist, indem es beim Verlassen des temporären Lauerhabitates

von der Strömung erfaßt und an einer bachabwärts gelegenen Ruhigwasserzone wieder angespült wird.

Mit der vorliegenden Untersuchung wurde das Verteilungsmuster des Alters der Larven der beiden *Cordulegaster*-Arten in ihren jeweiligen Bachsystemen aufgezeigt. Es sollte wohl überlegt sein, ob nicht den Larven der beiden *Cordulegaster*-Arten bei der Beurteilung der Lebensräume eine ebenso gewichtete Aufmerksamkeit geschenkt werden soll wie sie den Vollkerfen zukommt. Die Erkenntnisse aus dieser Untersuchung geben neue Denkanstöße in Bezug auf den Schutz der *Cordulegaster*-Gewässer.

LITERATUR

- BISHOP, J.E. und H.B.N. HEYNES (1969): Upstream movements of the benthic invertebrates in the Speed River, Ontario. *J. Fish. Res.* 26: 279-298
- FRANZ, H.P. (1980): Limnologische Untersuchungen des Gewässersystems Dhron (Hunsrück). *Decheniana* 133: 155-179
- GEOLOGISCHE KARTE VON HESSEN (1971): 1:25000, Blatt 5317 'Rodheim-Bieber'. Hessisches Landesamt für Bodenforschung (Hrsg.), Wiesbaden
- KLAUSING, O. (1988): *Die Naturräume Hessens mit einer Karte der naturräumlichen Gliederung 1:200000*. Schriftenreihe Hess. Landesanstalt für Umwelt 67, Wiesbaden
- LEHMANN, U. (1970): Stromaufwärts gerichteter Flug von *Philopotamus montanus* (Trichoptera). *Oecologia* 4: 163-175
- MÜLLER, K. (1966): Die Tagesperiodik von Fließgewässerorganismen. *Z. Morph. Ökol. Tiere* 56: 93-142
- NEUMANN, A. (1981): Die Invertebratenfauna von Bächen und Quellen des Raumes Eitorf (Sieg). *Decheniana* 134: 244-259
- NIEMEYER-LÜLLWITZ, A. und ZUCCHI, H. (1985): *Fließgewässerkunde: Ökologie fließender Gewässer unter besonderer Berücksichtigung wasserbaulicher Eingriffe*. Diesterweg/Sauerländer, Frankfurt a.M.
- NORGALL, T., M. GRENZ, K. KORN, R. PATRZICH (unveröffentlicht): *Die Libellen des Landkreises Gießen - Bestandserfassung und naturschutzrelevante Auswertung*. 1987, Gießen
- PATRZICH, R. (1990): Zum Vorkommen von *Cordulegaster bidentatus* SELYS (Odonata: Cordulegasteridae) bei Gießen/Hessen. *Hessische Faunistische Briefe* 10 (1): 1-18
- PRODON, R. (1976): *Le substrat, facteur écologique et ethologique de la vie aquatique: Observations et expérience sur les larves de Micropterna testacea et Cordulegaster annulatus*. Dis. L'Université Claude Bernard, Lyon
- ROOS, T. (1957): Studies on upstream migration in adult streamdwelling insects. *Rep. Inst. Freshwat. Res.* 28: 167-193

- SCHIEMENZ, H. (1953): *Die Libellen unserer Heimat*. Franckh., Stuttgart: 141 S.
- SCHORR, M. (1990): *Grundlagen zu einem Artenhilfsprogramm Libellen der Bundesrepublik Deutschland*. Societas Internationalis Odonatologica, Bithoven, The Netherlands: 507 S.
- SCHWOERBEL, J. (1984): *Einführung in die Limnologie*. Fischer, 5. Aufl., Stuttgart: 233 S.
- SCHUHMACHER, H. (1969): Kompensation der Abdrift von Köcherfliegenlarven (Insecta, Trichoptera). *Naturwiss.* 56: 378
- SPÄH, H. und W. BEISENHERZ (1982): Ökologisch-faunistische Untersuchungen der Fischfauna der im Bereich des Truppenübungsplatzes Senne gelegenen Bäche. *Decheniana* 135: 66-87
- THÖRNER, V. (1988): *Ökologische Bewertung von Fließgewässern unter besonderer Berücksichtigung der Odonaten*. Diplomarbeit, Univ. Gießen