

# Schneller als gedacht: einjährige Larvalentwicklung und 'slow life style' bei *Leucorrhinia caudalis* (Odonata: Libellulidae)

Dirk Johannes Mikolajewski<sup>1</sup>, Klaus Guido Leipelt<sup>2</sup>, Axel Conrad<sup>3</sup>, Sandra Giere<sup>4</sup> und Julia Weyer<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Katholieke Universiteit Leuven, Laboratory for Aquatic Ecology,  
Charles de Bériotstraat 32, B-3000 Leuven, <d.mikolajewski@tu-bs.de>,

<sup>2</sup>TU Braunschweig, Institut für Geoökologie, Langer Kamp 19c, D-38106 Braunschweig,  
<k.leipelt@tu-bs.de>

<sup>3</sup>Jürgenweg 19, D-38640 Goslar, <axelconrad1@gmx.de>

<sup>4</sup>TiHo Hannover, Institut für Tierökologie und Zellbiologie, Bünteweg 17d, D-30559  
Hannover, <sandra.giere@ecolevol.de>

<sup>5</sup>Reichenbergstraße 13, D-38114 Braunschweig, <juliaweyer@web.de>

## Abstract

Faster than expected: univoltine development and slow life style of larval *Leucorrhinia caudalis* (Odonata: Libellulidae) — Few is known about the biology of larval *L. caudalis*. In this study, we present data on the larval development, activity, and habitat selection. We sampled larvae in a lake in Brandenburg, Germany, between spring 2002 and autumn 2004 and recorded their size distribution. Additionally, we measured the activity of 70 larvae in the laboratory in presence and absence of perch, but no significant differences were found. In contrast to former studies, larval *L. caudalis* showed an univoltine life cycle, although possessing a low activity. We discuss our data in relation to the 'slow-fast life style'-concept.

## Zusammenfassung

Über die Biologie der Larven von *Leucorrhinia caudalis* ist nur wenig bekannt. In dieser Arbeit präsentieren wir Daten zu Entwicklungsdauer, Aktivität und Habitatwahl der Larven. Zu mehreren Terminen zwischen Frühjahr 2002 und Herbst 2004 wurden Larven in einem See in Brandenburg gekeschert und die Größenklassenverteilungen aufgenommen. Zusätzlich ermittelten wir im Labor an 70 Larven die Aktivität in An- und Abwesenheit von Flussbarschen, was keine signifikanten Unterschiede erbrachte. Obwohl *L. caudalis* eine niedrige Aktivität aufwies, deuten die gefundenen Größenklassenverteilungen auf eine univoltine Entwicklung hin, was im Gegensatz zu früheren Annahmen steht. Die Ergebnisse werden in Zusammenhang mit dem 'slow-fast life style'-Konzept diskutiert.

## Einleitung

Die Entwicklung vieler poikilothermer Organismen wie z.B. aquatischer Insekten wird durch unterschiedlichste abiotische und biotische Faktoren beeinflusst. Zwei dieser Einflussfaktoren sind die Temperatur und die verfügbare Nahrungsmenge (WERNER & ANHOLT 1993, ANHOLT & WERNER 1998, ATKINSON 1996). Bei Invertebraten führen eine erhöhte Temperatur (z.B. DE BLOCK & STOKS 2004) sowie eine Vergrößerung des Nahrungsangebotes (z.B. BAKER 1982, JOHANSSON et al. 2001, MIKOLAJEWSKI et al. eingereicht) zu erhöhten Wachstumsraten und verkürzten Entwicklungszeiten.

Die Aktivität eines Organismus steht in positivem Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit, Nahrung zu finden (GERRITSEN & STICKLER 1977). Somit hat eine hohe Aktivität eine schnelle Entwicklungs- und Wachstumsrate zur Folge, da bei entsprechendem Angebot mehr Nahrung erbeutet werden kann. Gleichzeitig erhöht sich jedoch die Wahrscheinlichkeit, auf Prädatoren zu treffen oder von diesen wahrgenommen zu werden (LIMA & DILL 1990). Das 'slow-fast life style'-Konzept (SIH 1987) geht davon aus, dass Arten mit 'slow life style' das Prädationsrisiko durch Tarnung oder Verhaltensanpassungen wie eine niedrige Aktivität minimieren. Dies gilt insbesondere für Arten, die immer mit Fischen koexistieren (vgl. MCPEEK 1990) wie z.B. *Leucorrhinia caudalis* (MAUERSBERGER et al. 2003). Arten mit 'fast life style' weisen im Vergleich dazu eine hohe Aktivität auf (JOHANSSON 2000). Sie vermeiden Prädatoren, indem sie in andere Habitats ausweichen (SIH 1987). Deshalb besiedeln Arten mit 'fast life style' oftmals temporäre Gewässer, da diese meist frei von Fischen sind.

Verhaltensanpassungen an Prädatoren stellen eine 'pre-contact'-Verteidigung dar. Des Weiteren gibt es 'post-contact'-Verteidigungen wie z.B. die Ausbildung von Dornen (SIH 1987), die zwar nicht die Attacke durch einen Prädatoren, wohl aber das Gefressenwerden verhindern können. Das Ausbilden und Beibehalten von langen Dornen verursacht Kosten (vgl. LIVELY 1986), ebenso birgt eine niedrige Aktivität auch Nachteile in sich, da sie zu einer geringeren Begegnungswahrscheinlichkeit mit Beutetieren und zu einer Abnahme der Futteraufnahme führen kann (LIMA 1998). *Leucorrhinia caudalis* ist durch ihre Abdominaldornen relativ gut vor Fischfraß geschützt, wie MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON (2004) im Vergleich von Arten der Gattung *Leucorrhinia* zeigen konnten. Somit könnte sich die Art innerhalb des 'slow life style' möglicherweise eine im Vergleich zu weniger stark bedornen Arten höhere Aktivität und die damit verbundene Gefahr, entdeckt zu werden, leisten ('trait compensation', siehe DEWITT et al. 1999), um die entstandenen Kosten der Dornenausbildung auszugleichen. Bei 'trait compensation' geht man von einem negativem Zusammenhang der Verhaltensanpassung an Prädation durch die Aktivität und der morphologischen Ausprägung von

Strukturen wie Abdominaldornen, die der Prädation entgegenwirken, aus (siehe *L. dubia* und *L. rubicunda* in MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON 2004). Allerdings zeigte sich bei *L. albifrons*, deren Larven sehr gut durch ihre Abdominaldornen vor Prädation durch Fische geschützt sind (MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON 2004), dass die Larven neben dem morphologischen Schutz gleichzeitig eine niedrige Aktivität aufweisen ('trait cospecialization', siehe DEWITT et al. 1999). 'Trait cospecialization' beschreibt einen positiven Zusammenhang zwischen Verhaltensanpassungen und morphologischen Ausprägungen gegen Prädatoren.

Für *L. caudalis* liegen so gut wie keine gesicherten Daten zur Biologie der Larven vor. ROBERT (1959: 355) vermutet eine zweijährige Entwicklung, wobei die Larven bis zum Winter vier bis fünf der insgesamt zehn Häutungsstadien durchlaufen sollen. Dies würde für eine zweijährige Entwicklung sprechen. Wie bei *L. dubia* (JOHANSSON 2000) kann man auch bei *L. caudalis* vermuten, dass sie dem 'slow life style' angehört und somit die Larven eine niedrige Aktivität aufweisen. Zum Lebensraum ist lediglich bekannt, dass die Larven sich in submerser Vegetation und mittleren Wassertiefen aufhalten (STERNBERG et al. 2000). Ziel der Untersuchung war es, die Dauer der Larvalentwicklung mit Hilfe von Größenklassenverteilungen im Jahresverlauf zu belegen und nähere Daten über die Biologie der Larven zu gewinnen.

## Methoden

### Larvalentwicklung

Als Untersuchungsgewässer wurde die Anstauffläche des Suckowsees nördlich von Klaushagen, Brandenburg (MTB 2747) ausgewählt, weil dieses Gewässer die größte derzeit bekannte Abundanz von *Leucorrhinia caudalis* in Deutschland aufweist (MAUERSBERGER et al. 2003). Die Beprobung erfolgte an sechs Terminen (19.04.2002, 15.09.2003, 18.10.2003, 20.06.2004, 27.06.2004 und 04.09.2004) zwischen April 2002 und September 2004. Vorherrschende Vegetationsstrukturen im Gewässer waren dichte Tausendblatt-Bestände (*Myriophyllum spicatum*), die bis zur Wasseroberfläche reichten, und eingestreute Rohrkolben-Flächen. Stellenweise waren an der Wasseroberfläche schwimmende Algenwatten vorhanden. Am Ufer befand sich abschnittsweise ein bis 5 m breiter Seggengürtel. Große Teile des Gewässers wiesen eine Tiefe von 1-1,5 m auf. Das Wasser des Sees war so klar, dass der Grund des Sees zu erkennen war. Den Gewässerboden bedeckte ein Detritusgemisch aus abgestorbenen Pflanzenteilen in mehr oder weniger zersetzter Form.

Untere, mittlere und oberflächennahe Tiefenbereiche wurden mit Hilfe eines Wasserkeschers auf Anwesenheit von Larven untersucht. Die Kopfbreite der Larven wurde am Ufer mit Hilfe einer Schieblehre vermessen.

## Aktivität

Zur Messung der Aktivität wurden 70 der im Oktober 2003 gefangenen Larven ins Labor der Technischen Universität Braunschweig gebracht. In einer Klimakammer wurden die Larven langsam an einen Tag/Nacht-Zyklus von 12/12 Stunden und an eine Temperatur von 18°C gewöhnt. Die Aktivität der Larven wurde dann zwischen dem 18. und 21. November 2003 in An- bzw. Abwesenheit von Flussbarschen (*Perca fluviatilis*) aufgenommen (vgl. JOHANSSON 2000, MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON 2004). Die Aktivitätsexperimente fanden in Plastikaquarien statt (30 cm x 20 cm, Höhe: 20 cm), die zehn Liter abgestandenes Wasser enthielten. Als künstliche Vegetation waren flottierende Plastikschnüre (20 cm lang,  $\varnothing$  2,5 mm) in einem Abstand von jeweils 3 cm an einer 30 cm x 20 cm großen Plastikplatte auf dem Boden des Aquariums befestigt. Als Bodensubstrat diente feiner Kies. Jedes Aquarium war mit Hilfe einer Plexiglasscheibe in zwei Kompartimente unterteilt (11 cm x 20 cm und 19 cm x 20 cm). Das große Kompartiment enthielt jeweils eine *L. caudalis*-Larve, das kleine Kompartiment wurde entweder mit einem Fisch bestückt oder es blieb leer. Jede Plexiglasscheibe enthielt ein 10 cm großes Loch, welches mit Gaze verschlossen war. Dies ermöglichte einen Wasseraustausch zwischen beiden Kompartimenten und gab der Larve die Möglichkeit, den Flussbarsch nicht nur optisch, sondern auch über Kairomone wahrzunehmen. Die Position der Larve wurde über die Anordnung der Plastikschnüre und ein auf die Vorderseite der Aquarien gezeichnetes Raster (3 cm x 3 cm) bestimmt. Die Positionsbestimmungen fanden jeweils nach einer einstündigen Eingewöhnungszeit zwischen 10.00 und 12.30 h MEZ in zehnmütigem Abstand statt. Maximal waren 15 Positionswechsel möglich. Die Aktivität stellte also die Ortswechsel der Larve innerhalb der zweieinhalbstündigen Untersuchungsdauer dar.

## Ergebnisse

Im April 2002 wurden lediglich die Seggenbestände am Ufer, nicht jedoch andere Strukturen beprobt. An den anderen Terminen konnten die Larven aller gefundenen Stadien von *Leucorrhinia caudalis* allerdings nur in den *Myriophyllum spicatum*-Beständen in bis zu 50 cm Wassertiefe gefangen werden. In den Mikrohabitaten wurden auch vereinzelt Larven von *Coenagrion puella*, *C. pulchellum*, *Erythromma najas*, *Anax imperator*, *A. parthenope*, *Aeshna grandis*, *A. isocelis*, *Libellula fulva*, *Sympetrum* spec. sowie *Leucorrhinia pectoralis* gefunden. Folgende Fischarten konnten im Gewässer festgestellt werden: Hecht (*Esox lucius*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Schleie (*Tinca tinca*) und Flussbarsch (*Perca fluviatilis*). Während des Kescherns wurden von uns folgende mögliche Beuteorganismen für Larven von *L. caudalis* bestimmt: Kleinlibellenlarven (Zygoptera), Eintagsfliegenlarven (Ephemeroptera), Larven von Schwimmwanzen (*Naucoris* sp.), Flohkrebse (Amphipoda) und Muschelkrebse (Ostracoda).

### Larvalentwicklung

Trotz intensiver Suche in verschiedensten Mikrohabitaten konnten während der beiden Juni-Termine 2004 keine *L. caudalis*-Larven festgestellt werden. Im April 2002 sowie im September und Oktober 2003 konnten lediglich Larven des letzten Stadiums (F-0) gesichert werden (Abb. 1). Anfang September 2004 wurden zwar ebenfalls bereits F-0 Larven gefangen, jedoch befand sich der größte Teil der Larven noch im vorletzten Stadium (F-1) sowie einzelne Exemplare in jüngeren Stadien (Abb. 1).

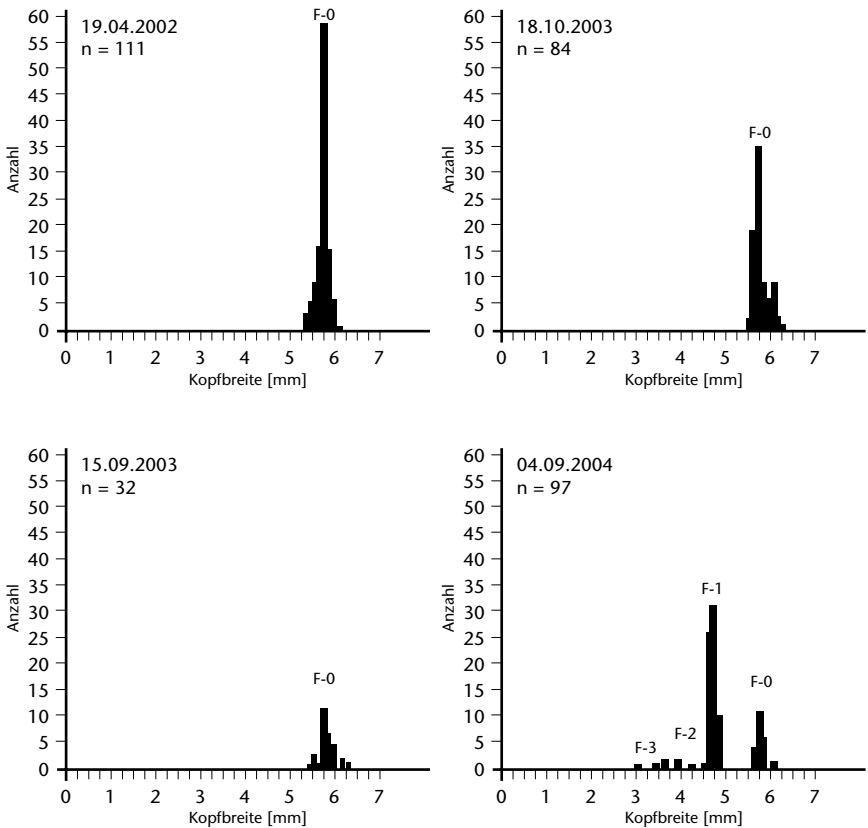


Abbildung 1: Kopfbreiten-Häufigkeitsverteilung von Larven von *Leucorrhinia caudalis* in den Jahren 2002, 2003 und 2004 im Suckowsee, Brandenburg. — Figure 1: Frequencies of head width in larval *Leucorrhinia caudalis* in the years 2002, 2003, and 2004 in lake Suckowsee, Brandenburg, Germany.

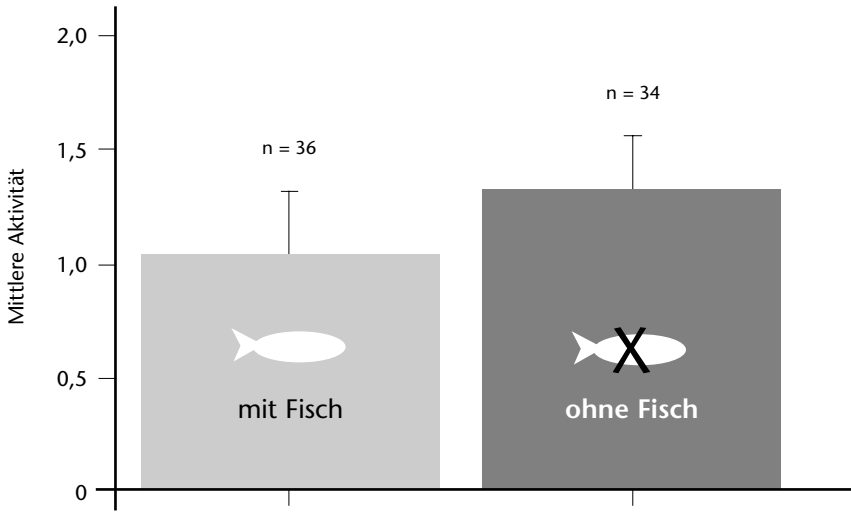


Abbildung 2: Anzahl an Positionswechseln innerhalb von 2,5 Stunden dargestellt als Mittlere Aktivität ( $\pm$ SE) der Larven von *Leucorrhinia caudalis* bei Anwesenheit und Abwesenheit von Fischen (*Perca fluviatilis*). n = Anzahl der Wiederholungen. — Figure 1: Position changes during 2.5 h given as mean activity ( $\pm$ SE) of larval *Leucorrhinia caudalis* in the presence and absence of predatory fish (*Perca fluviatilis*). n = number of replicates.

### Aktivität

Die Aktivität der Larven von *L. caudalis* unterschied sich nicht signifikant zwischen den Ansätzen mit und ohne Fisch (ANOVA:  $F_{1/68} = 0,576$ ;  $p = 0,4503$ ). Allgemein war die Aktivität der Larven gering (Abb. 2).

## Diskussion

Die Emergenz von *Leucorrhinia caudalis* kann nach frühem Frühlingsbeginn schon ab Anfang Mai einsetzen; die Flugzeit endet spätestens Ende Juli, oft aber schon Ende Juni (LANG 1998, MAUERSBERGER 2004). Da Schlupf- und Flugzeit bei dieser Art somit sehr kurz sind, handelt es sich um eine Frühjahrsart ('spring species' sensu CORBET 1999: 245). Bei Frühjahrsarten weisen die Larven eine synchronisierte Entwicklung auf, wobei die Larven den Winter vor der Emergenz im letzten Larvenstadium verbringen und im folgenden Frühjahr synchronisiert schlüpfen. Bei *L. caudalis* ist dies ebenso der Fall: im April 2002, also kurz vor dem Schlupf, befanden sich alle gefundenen Larven im letzten Stadium (F-0). Dies war auch bereits Mitte September 2003 und Mitte Oktober 2003 der Fall. Auffällig ist, dass bei diesen drei Terminen

trotz intensiver Suche keine weiteren Larvenstadien und bei den beiden Juniterminen überhaupt keine Larven gefunden werden konnten. Dies weist auf eine einjährige Entwicklungszeit von *L. caudalis* hin. Würde die Art wie beschrieben zweijährig sein (z.B. ROBERT 1959: 355), müssten in diesem Zeitraum ebenfalls Larven kleinerer Stadien zu finden sein. Dies war z.B. bei *L. pectoralis* im Oktober 2003 in einem anderen Abschnitt desselben Gewässers der Fall, wo wir sowohl F-0-Larven als auch wesentlich kleinere Larvenstadien (wahrscheinlich F-4 bis F-6) finden konnten (unveröffentlichte Daten). Es ist relativ unwahrscheinlich, dass wir kleinere Larvenstadien von *L. caudalis* in bestimmten Mikrohabitaten übersehen haben, da wir sorgsam sämtliche Strukturen abgesucht haben. Trotzdem ist es sicherlich nicht gänzlich auszuschließen. Allerdings legen die adulten Weibchen ihre Eier über den *Myriophyllum spicatum*-Beständen ab (s.u.) und ein Abwandern der kleinen Larvenstadien in ein gänzlich anderes Mikrohabitat erscheint uns unwahrscheinlich. Unser Ergebnis zur Larvalentwicklung ist überraschend, da bis jetzt für alle Arten der Gattung *Leucorrhinia* eine zwei- bis mehrjährige Entwicklungsdauer angenommen wurde (vgl. STERNBERG & BUCHWALD 2000).

Anfang September 2004 war ein Großteil der Larven von *L. caudalis* noch im F-1-Stadium und wenige Tiere im F-2- und F-3-Stadium. Mitte September 2003 dagegen wurden nur F-0-Larven gefunden. Daraus schließen wir, dass die Larven 2004 das letzte Larvenstadium später erreicht haben als im Jahr 2003. Das Sommerhalbjahr 2004 war im Vergleich zu 2003 im Durchschnitt kühler, was zu einer etwas langsameren Entwicklung geführt haben dürfte. Die wenigen Larven, die sich Anfang September 2004 noch im F-2- oder F-3-Stadium befanden, benötigen möglicherweise noch ein weiteres Jahr, um ihre Entwicklung abzuschließen. Ein relativ kleiner Teil der Population könnte folglich - zumindest in kühleren Jahren - eine zweijährige Entwicklungsdauer aufweisen. Bei einem weiteren Keschern am 10. Oktober 2004 (Daten nicht dargestellt) konnten bis auf eine Ausnahme (F-1 Stadium) allerdings nur noch Larven im F-0 Stadium gefangen werden (n = 46).

Aufgrund der Flugzeit dürften die meisten Eier bis Ende Juni abgelegt sein. Inklusive der etwa zwei- bis dreiwöchigen Eientwicklungszeit (SCHIEMENZ 1953) durchlaufen die Larven damit in nur drei bis 4,5 Monaten die Entwicklung bis zum letzten Larvenstadium. Dies ist nur durch eine hohe Konsumrate und/oder durch eine gute Nahrungsverwertung zu erreichen. Eine hohe Konsumrate wird durch hohe Aktivität und/oder hohe Temperaturen bei gleichzeitig hohem Nahrungsangebot möglich. Die Aktivität der Larven von *L. caudalis* ist jedoch relativ niedrig, was typisch für Vertreter dieser Gattung und 'slow life style'-Arten ist (JOHANSSON 2000, MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON 2004). Unsere Messungen fanden nur tagsüber statt, doch zeigen Befunde bei *L. dubia*, dass es keine Unterschiede zwischen der Aktivität am Tag und der in der Nacht gibt (JOHANSSON 1993). Eine niedrige Aktivität bedeutet, dass die Larven kaum aktiv auf Beutesuche gehen, sondern auf vorbeikommende Nahrung warten. Somit müsste man für *L. caudalis* im untersuch-

ten Gewässer eine hohe Beutetierdichte und hohe Temperaturen postulieren. Ebenfalls wäre eine extrem gute Verwertung der Nahrung möglich, wie es bei *Ischnura verticalis* im Vergleich zu *Enallagma*-Arten der Fall ist (MCPEEK 2004). An allen Terminen fielen uns die im Vergleich zu tieferen Wasserschichten hohen Temperaturen an der Wasseroberfläche zwischen den *M. spicatum*-Quirlen auf. Die sich fast über den ganzen Wasserkörper erstreckenden *M. spicatum*-Bestände könnten bewirken, dass die Strahlungsenergie in den oberflächennahen Wasserschichten absorbiert wird und sich die so aufgeheizten Schichten kaum mit den tieferen kühleren Schichten vermischen. Die Bedeutung thermisch begünstigter Larvalhabitate beschreibt auch STERNBERG (1993) am Beispiel der Moorlibellen. Zudem könnten in diesen erwärmten Schichten Beuteorganismen wie Zooplankton in erhöhter Dichte vorkommen. Ob *L. caudalis*-Larven im Vergleich zu anderen Arten eine bessere Nahrungsverwertung besitzen, ist nicht bekannt.

Die Larven von *L. caudalis* hielten sich zu den Spätsommer- und Herbstterminen im oberflächennahen Bereich des Gewässers zwischen den *M. spicatum*-Beständen auf. Im Juni 2004 konnten Eiablagen beobachtet werden, die über diesen Beständen erfolgten. Das ermittelte Mikrohabitat der Larven bestätigt Funde von VALLE (1938) und STERNBERG et al. (2000) zumindest teilweise. Jedoch wurde keine Larve in Wassertiefen unter 0,5 m gefangen (vgl. STERNBERG et al. 2000). STERNBERG et al. (2000) vermuten, dass die Larven im Winter in die Nähe ihres Schlupfhabitates wandern. Für den Oktobertermin können wir dies nicht bestätigen, da die Larven wie im Spätsommer gleichmäßig über ihr Habitat verteilt und noch relativ weit vom Ufer oder senkrechten Schlupfsubstraten im Gewässer entfernt waren. Die Seggenbestände am Ufer des Sees stellen vermutlich ein Schlupfhabitat für *L. caudalis* dar. Die Larvenfunde in diesem Habitat im April 2002 deuten darauf hin, dass sich die Larven jedoch spätestens einige Wochen vor der Emergenz im Schlupfhabitat aufhalten.

Arten mit 'slow life style' kommen vorwiegend in Gewässern mit Fischen vor und zeigen eine niedrige Aktivität, wohingegen Arten mit 'fast life style' nicht an die Anwesenheit von Fischen angepasst sind (MCPEEK 1990). Ein weiteres Merkmal des 'slow life style' ist die Nutzung von Mikrohabitaten mit komplexen Strukturen am Gewässergrund (SIH 1987, JOHANSSON 2000). So ist bekannt, dass Larven von *L. dubia* sich eher in Bodennähe (JOHANSSON 2000) oder dichtem Torfmoos (HENRIKSON 1993) aufhalten. Es ist für Libellenlarven risikoreicher, sich zwischen Wasserpflanzen im oberflächennahen Bereich aufzuhalten, da dort die Prädationsrate durch Fische besonders hoch ist (WOHLFAHRT et al. eingereicht). Larven von *L. caudalis* besiedeln aber gerade diese Bereiche und kommen in allen Gewässern zusammen mit Fischen vor (MAUERSBERGER & HEINRICH 1993, MAUERSBERGER 2004). Dies stellt aber für *L. caudalis* ein geringeres Problem dar, da die Art im Vergleich zu anderen Libellenarten gegenüber Fischattacken durch ihre großen Abdominaldornen gut geschützt ist (MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON 2004).



Es gibt viele nicht gesicherte Erklärungsversuche zur Bedeutung von Abdominaldornen bei Anisopterenlarven (vgl. CORBET 1999: 147, 150 ff.). Empirisch nachgewiesen ist jedoch, dass Abdominaldornen einen sehr wirksamen Prädationsschutz gegen Fische der Größenklassen darstellen, welche als potenzielle Fressfeinde in Frage kommen (JOHANSSON & SAMUELSSON 1994, MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON 2004), nicht aber gegen invertebrate Prädatoren wirksam sind (vgl. REIST 1980). Der Schutz durch Abdominaldornen ist dabei positiv mit der Dornenlänge korreliert (MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON 2004). MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON (2004) untersuchten des Weiteren die Zusammenhänge zwischen Anpassungen im Verhalten und der Ausprägung von Abdominaldornenlängen bei drei *Leucorrhinia*-Arten. Wie *L. albifrons* besitzt *L. caudalis* sehr lange Abdominaldornen und gleichzeitig eine niedrige Aktivität, was auf 'trait cospecialization' hinweist (vgl. DEWITT et al 1999, MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON 2004). Trotz hervorragenden Schutzes durch ihre Dornen zeigen die Larven gleichzeitig eine gute Verhaltensanpassung in Gegenwart von Fischen. Im Gegensatz zu *L. albifrons* (MIKOLAJEWSKI & JOHANSSON 2004) zeigte *L. caudalis* allerdings keine flexible Aktivität bei An- bzw Abwesenheit von Fischen; die Aktivität war immer gering. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Art praktisch immer mit Fischen vorkommt.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse unserer Untersuchung, dass *L. caudalis* eine niedrige Aktivität aufweist. Trotzdem durchlief *L. caudalis* im Gegensatz zu anderen *Leucorrhinia*-Arten und früheren Vermutungen ihre Entwicklung in nur einem Jahr, was durch die Nutzung thermisch begünstigter und/oder nahrungsreicher Mikrohabitate in Wasseroberflächennähe ermöglicht werden könnte.

## Danksagung

Herzlichst gedankt sei R. Mauersberger für Informationen zum Vorkommen von *L. caudalis*, tatkräftige Unterstützung (z.B. Unterkunft) und Anmerkungen zum Manuskript. Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes sei ebenfalls F. Suhling, K. Burbach, F.-J. Schiel und F. Weihrauch gedankt. D. J. Mikolajewski wurde finanziell durch die Konrad-Adenauer-Stiftung unterstützt.

## Literatur

- ANHOLT B.R. & E.E. WERNER (1998) Predictable changes in predation mortality as a consequence of changes in food availability and predation risk. *Evolutionary Ecology* 12: 729-738
- ATKINSON D. (1996) Ectotherm life-history responses to developmental temperature. In: JOHNSTON I.A. & A.F. BENNETT (Hrsg.) *Animals and temperature: phenotypic and evolutionary adaptations*. Cambridge University Press, Cambridge
- BAKER R.L. (1982) Effects of food abundance on growth, survival, and use of space by nymphs of *Coenagrion resolutum* (Zygoptera). *Oikos* 38: 47-51
- CORBET P.S. (1999) *Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata*. Harley, Colchester
- DE BLOCK M. & R. STOKS (2004) Adaptive sex-specific life history plasticity to temperature and photoperiod in a damselfly. *Journal of Evolutionary Biology* 16: 986-995
- DEWITT T.J., A. SIH & J.A. HUCKO (1999) Trait compensation and co-specialisation in a freshwater snail: size, shape and antipredator behaviour. *Animal Behaviour* 58: 397-407
- GERRITSEN J. & J.R. STICKLER (1977) Encounter probability and community structure in zooplankton: a mathematical model. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 73-82.
- HENRIKSON B.-I. (1993) Sphagnum mosses as a microhabitat for invertebrates in acidified lakes and the colour adaptation and substrate preference in *Leucorrhinia dubia* (Odonata, Anisoptera). *Ecography* 16:143-153
- JOHANSSON F. (1993) Diel feeding behavior in larvae of four odonate species. *Journal of Insect Behavior* 6: 253-264
- JOHANSSON F. (2000) The slow-fast life style characteristics in a suite of six species of odonate larvae. *Freshwater Biology* 43: 149-159
- JOHANSSON F. & L. SAMUELSSON (1994) Fish induced variation in abdominal spine length of *Leucorrhinia dubia* (Odonata) larvae. *Oecologia* 100: 74-79
- JOHANSSON F., R. STOKS, L. ROWE & M. DE BLOCK (2001) Life history plasticity in a damselfly: effects of combined time and biotic constraints. *Ecology* 82: 1857-1869
- LANG G. (1998) Zierliche Moosjungfer – *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier 1840). In: KUHN K. & K. BURBACH (Bearb.) *Libellen in Bayern*. Ulmer, Stuttgart: 194-195
- LIMA S.L. & L.M. DILL (1990) Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology* 68: 619-640
- LIMA S.L. (1998) Stress and decision making under the risk of predation: recent developments from behavioral, reproductive, and ecological perspective. *Advances in the Study of Behavior* 27:215-290
- LIVELY C.M. (1986) Competition, comparative life histories, and maintenance of shell dimorphism in a barnacle. *Ecology* 67: 858-864
- MAUERSBERGER R. (2004): *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier 1840). In: PETERSEN B., G. ELLWANGER, G. BIEWALD, U. HAUKE, G. LUDWIG, P. PRETSCHER, E. SCHRÖDER & A. SSMYANK (Bearb.) *Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 1: Pflanzen und Wirbellose*. [Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 69/1] Landwirtschaftsverlag, Münster.
- MAUERSBERGER R. & D. HEINRICH (1993) Zur Habitatpräferenz von *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier) (Anisoptera: Libellulidae). *Libellula* 12: 63-82

- MAUERSBERGER R., F.-J. SCHIEL & K. BURBACH (2003) Zur Verbreitung und aktuellen Bestandssituation von *Leucorrhinia caudalis* in Deutschland (Odonata: Libellulidae). *Libellula* 22: 143-182
- McPEEK M.A. (1990) Behavioral differences between *Enallagma* species (Odonata) influencing differential vulnerability to predators. *Ecology* 71: 1714-1726
- McPEEK M.A. (2004) The growth-predation risk trade-off: So what is the mechanism? *American Naturalist* 163: E88-E111
- MIKOLAJEWSKI D.J. & F. JOHANSSON (2004) Morphological and behavioral defenses in dragonfly larvae: trait compensation and co-specialization. *Behavioral Ecology* 15: 614-620
- MIKOLAJEWSKI D.J., T. BRODIN, F. JOHANSSON & G. JOOP (eingereicht) Phenotypic plasticity in gender specific life-history: effects of food availability and predation
- REIST J.D. (1980) Predation upon pelvic phenotypes of brook stickleback, *Culaea inconstans*, by selected invertebrates. *Canadian Journal of Zoology* 58: 1253-1258
- ROBERT P.-A. (1959) Die Libellen (Odonaten). Kümmerly & Frey, Bern
- SCHIEMENZ H. (1953) Die Libellen unserer Heimat. Urania, Jena
- SIH A. (1987) Predators and prey lifestyles: an evolutionary and ecological overview. In: KERFOOT W.C. & A. SIH (Hrsg.) Predation direct and indirect impacts on aquatic communities. University Press of New England, Hanover: 203-224
- STERNBERG K. (1993) Bedeutung der Temperatur für die (Hoch-)Moorbindung der Moorlibellen (Odonata: Anisoptera). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 8: 521-527
- STERNBERG K. & R. BUCHWALD (2000) Die Libellen Baden-Württembergs, Band 2. Ulmer, Stuttgart
- STERNBERG K., B. HÖPPNER, F.-J. SCHIEL & M. RADEMACHER (2000) *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840) – Zierliche Moosjungfer. In: STERNBERG K. & R. BUCHWALD (Hrsg.) Die Libellen Baden-Württembergs, Band 2. Ulmer, Stuttgart: 391-403
- VALLE K.J. (1938) Zur Ökologie der finnischen Odonaten. *Annales Universitatis Turkuensis* (A) 6 (14): 1-76
- WERNER E.E. & B.R. ANHOLT (1993) Ecological consequences of the trade-off between growth and mortality rates mediated by foraging activity. *American Naturalist* 142: 242-272
- WOHLFAHRT B., D. J. MIKOLAJEWSKI, G. JOOP & F. SUHLING (eingereicht) Avoiding fish predators – does species matter? An approach in larval odonates.

*Manuskripteingang: 30. September 2004*

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Libellula](#)

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Mikolajewski Dirk Johannes, Leipelt Klaus Guido, Conrad Axel, Giere Sandra, Weyer Julia

Artikel/Article: [Schneller als gedacht: einjährige Larvalentwicklung und 'slow life style' bei \*Leucorrhinia caudalis\* \(Odonata: Libellulidae\) 161-171](#)