

# Untersuchungen an Larven und Exuvien der *Cordulegaster bidentata* an einem Bach im Kaufunger Wald und ihre ökologischen und methodischen Konsequenzen (Odonata: Cordulegastridae)

Jochen Tamm

Elgershäuser Straße 12, D-34131 Kassel, jochen.tamm@t-online.de

## Abstract

**Investigations on larvae and exuviae of *Cordulegaster bidentata* at a forest stream in Kaufunger Wald, Germany, and the ecological and methodological consequences (Odonata: Cordulegastridae)** – Between 2016 and 2018, a population of *Cordulegaster bidentata* was studied in a forest stream in Kaufunger Wald. Whereas 40 exuviae were found, using sieves only five larvae could be detected. The highest density of exuviae were found along a short very stony stream section adjoining a spring outflow. Fine-grained sediments were almost absent there and larvae could not be found. It is obvious that the larvae of *C. bidentata* can also live in stream structures other than fine-grained sediments. In the case given the only possible structures were fissures in the rocky stream bottom, where larvae could not be caught with sieves. The consequences for the larval ecology and sampling methods are discussed. Moreover, sampling of exuviae is recommended for evidence and estimation of population sizes of *C. bidentata*, because this method has proven to be effective.

## Zusammenfassung

In den Jahren 2016 bis 2018 wurde eine Population von *Cordulegaster bidentata* an einem Quellbachsystem im Kaufunger Wald untersucht. Dabei wurden insgesamt 40 Exuvien gefunden, aber mit der Siebmethode nur fünf Larven. Die größte Exuviedichte wurde an einem kurzen, steinigen Quellschnitt fast ohne Feinsedimente vorgefunden, wo mit dem Sieb keine Larven festzustellen waren. Damit zeigte es sich, dass die Larven von *C. bidentata* auch in anderen Bachstrukturen leben können als im Feinsediment. Im gegebenen Fall kamen nur Spalten im Gesteinsuntergrund in Frage, wo Siebe nicht einzusetzen sind. Die Konsequenzen für die Ökologie der Larven und die Methoden ihrer Erfassung werden diskutiert. Außerdem wird die Exuviensuche zum Nachweis von *C. bidentata* und zur Abschätzung der Populationsgrößen empfohlen, weil sie sich als effektiv erwiesen hat.

## Einleitung

Die Larven der *Cordulegaster bidentata* entwickeln sich fast ausschließlich in kleinen und kleinsten Bachrinnenalen in Waldhängen und wurden bisher dort gefunden, wo der Bachuntergrund wenigstens teilweise grabfähiges Lockersediment aufweist (FRÄNZEL 1985; DOMBROWSKI 1989; SALOWSKY 1989; BÖCKER 1995; LANG 2000; STERNBERG et al. 2000; TAMM 2017). Zur quantitativen Erfassung der Larvenpopulationen wird daher im Wesentlichen die Siebmethode eingesetzt. Manche Autoren halten diese sogar für die einzige verlässliche Erfassungs methode für *C. bidentata*, während sie die Erfassung von Exuvien und Imagines als weniger geeignet ansehen (HEITZ 2006; PIX 2009; HENHEIK 2011; LIEBELT et al. 2010/2011).

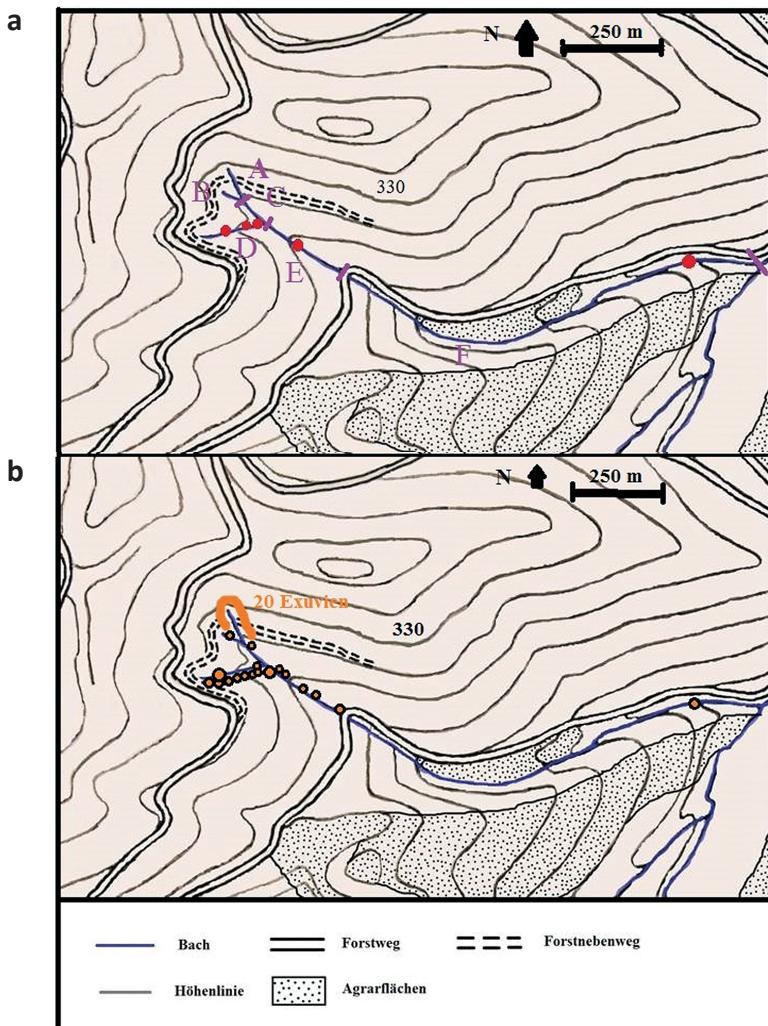
Allerdings wurden bei Untersuchungen an einer Population der *C. bidentata* an einem Quellbach im Kaufunger Wald am Nordrand Hessens zwar zahlreiche Imagines und Exuvien festgestellt, aber mit der Siebmethode nur sehr wenige Larven (TAMM 2018b). Wegen der Bedeutung dieses überraschenden Befundes für die Larvalökologie und Erfassung von *C. bidentata* werden hier die Ergebnisse im Einzelnen dargestellt. Darüber hinaus werden die Fundorte der Larven und Exuvien beschrieben und analysiert. Die Erfahrungen bei der Exuviensuche werden mitgeteilt.

## Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen fanden am Ober- und Mittellauf des „Tiefen Grabens“ bei Hubenrode im nördlichen Kaufunger Wald statt. Das Gebiet liegt im äußersten Norden Hessens, nahe der Grenze zu Niedersachsen, und gehört zur Gemeinde Witzenhausen, Werra-Meißner-Kreis (51°21'14"N, 9°46'35"E).

Der Tiefe Graben entspringt mit drei Quellästen auf 327 m ü. NHN in einem steilen Waldhang und fließt in engen Kerbtälchen mit mäßigem Gefälle gen Südost/Ost. Er fließt dann mit sukzessiver Vereinigung der Quelläste und allmählich auf 3 % abnehmendem Gefälle weiter bis zu seiner Mündung in den Hungershäuser Bach, 2,2 km unterhalb der Quelle. Dieser mündet 1,5 km weiter nordwestlich in die Werra. Abbildung 1 gibt eine Übersicht über das Untersuchungsgebiet am Ober- und Mittellauf.

Der Tiefe Graben befindet sich auf ganzer Länge auf Unterem Buntsandstein. Im Untersuchungszeitraum lag er in einem bodensauren Buchenwald (Luzulo-Fagetum), in welchem die Rot-Buche *Fagus sylvatica* dominierte und kleinflächig Gewöhnliche Fichte *Picea abies*, Europäische Lärche *Larix decidua*, Gewöhnliche Kiefer *Pinus sylvestris*, Hänge-Birke *Betula pendula*, Hainbuche *Carpinus betulus* und Schwarz-Erle *Alnus glutinosa* beigemischt waren. Die Bäume hatten im Untersuchungsabschnitt mittlere Brusthöhen-Durchmesser zwischen 10 und 30 cm. Der Bach passierte an einer Stelle am Mittelabschnitt westseitig eine größere Waldwiese.



**Abbildung 1:** (a) Übersicht über das Untersuchungsgebiet am Tiefen Graben im Kaufunger Wald mit Kennzeichnung der verschiedenen Bachabschnitte A bis F und mit den Fundorten der Larven von *Cordulegaster bidentata* (●). (b) Die Fundorte der Exuvien der *Cordulegaster bidentata*; der Bereich dichter Vorkommen im Abschnitt A mit oranger Farbe eingefasst; ● 1 Exuvie; ○ 2 Exuvien. – **Figure 1.** (a) Overview of the study area at forest stream Tiefer Graben in Kaufunger Wald showing the different stream sections from A to F and the recording sites of the larvae of *Cordulegaster bidentata* (●). (b) Recording sites of the exuviae of *Cordulegaster bidentata* along forest stream Tiefer Graben in Kaufunger Wald; the stream section where the highest density of exuviae occurred is bordered with orange colour; ● 1 exuvia found; ○ 2 exuviae found close together.

Die Uferböschungen des Baches wurden auf etwa 20 % seiner Strecke von lockeren Krautsäumen, vor allem aus Farnen (*Dryopteris filix-mas*, *D. carthusiana*, *Phenopteris connectilis*), Großer Brennnessel *Urtica dioica* und Binsen *Juncus* spec. bewachsen. Das übrige stärker beschattete Bachprofil wurde etwa je zur Hälfte von Kahlflächen mit Falllaubdecke und von trockenen Astabfällen eingenommen (Abb. 2).

Die Astabfälle hatten zwischen Februar 2015 und März 2016 das gesamte Quellbachsystem des Tiefen Grabens von den Quellen bis zur Vereinigung der beiden Hauptquelläste auf einer Gesamtstrecke von 300 m komplett zugedeckt. Sie wurden auf Initiative des Autors vom zuständigen Forstamt Hessisch-Lichtenau vom Bach entfernt (Einzelheiten bei TAMM 2018b).

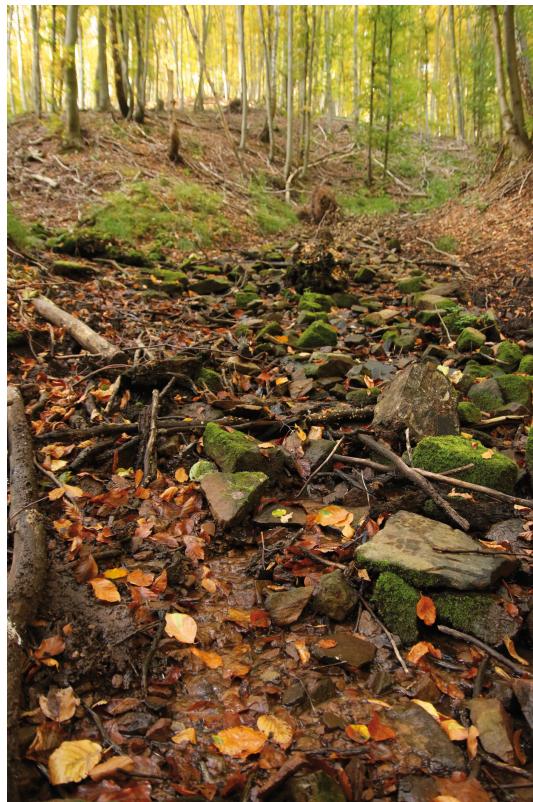
Der Bachuntergrund ist im Oberlauf des Tiefen Grabens, von den Quellen bis hinab zur Querung des unteren Hauptweges, sehr steinig. Etwa 70 % der Fläche war dort von 2 bis 20 cm großen Steinen oder Steinplatten bedeckt. In den obersten Steilstrecken nahm der Steinanteil auf über 90 % zu (Abb. 3). Dazwischen lagerte flachgründig ein helles, schluffig-feinsandiges Substrat, das teils fest, teils grabfähig war. Das anstehende Gestein bot sich aber klüftig und spaltenreich dar.



**Abbildung 2:** Blick auf den Zusammenfluss des nördlichen Hauptquellastes des Tiefen Grabens (Abschnitt A) mit dem Nebenquellast (Abschnitt B). Dort beginnt bachaufwärts der Bachabschnitt mit den meisten Exuvienfunden (08.08.2017). – **Figure 2.** View of the confluence of the northern main stream branch of Tiefer Graben (section A) and its smaller affluent (section B); upstream from there most exuviae were found (08-viii-2017). Photo: JT

An strömungsarmen Stellen des Baches lagerte zumeist Detritus, größtenteils gebildet aus Falllaub oder dünnflüssigem, organischen Schlamm (Fließschlamm). An den Ufern hatten sich streckenweise 20–30 cm breite Säume aus einem zähplastischen, organisch-anorganischen Mischsubstrat gebildet. Im Mittel- und Unterlauf des Baches nahmen der Anteil der Steine ab und derjenige des Detritus zu.

Die Wasserführung und Wasserqualität im Tiefen Graben wurde bei Tamm (2018b) näher beschrieben. Daher sei hier nur angemerkt, dass die oberflächliche Wasserführung im Quellabschnitt zwischen 5 ml/s und 300 ml/s schwankte, aber nach sehr langen Trockenzeiten fast zum Versiegen kam. Im mittleren und unteren Hauptbach konnten keine Zeichen des Trockenfalles beobachtet werden. Das Bachwasser war klar. Die pH-Werte lagen bei den Messungen um 6.



**Abbildung 3:** Das extrem steinige Bachbett des oberen Hauptquellastes des Tiefen Grabens (unteres Ende des Abschnitts A); dort wurden keine Larven, aber quellwärts zahlreiche Exuvien gefunden (16.10.2017). – **Figure 3.** The very stony streambed of the upper main branch of Tiefer Graben (section A seen from its lower end); no larvae have been found there but many exuviae (16-x-2017). Photo: JT

Die Bachabschnitte, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu unterscheiden und in Abbildung 1 (oberer Teil) kartografisch dargestellt sind, sind die folgenden:

#### **A – Der Quellabschnitt des nördlichen Hauptastes**

Von der Quelle her sickerte das Rinnensal nach 10 m über einen Erdweg und durchfloss danach eine sehr steinige Steilstrecke von etwa 30 m Länge (Gefälle zwischen 15 und 25 %) bis zur Einmündung des Nebenquellastes (B) von Süden her (im Folgenden „oberer Zusammenfluss“ genannt). Durch den Lichtzutritt vom Weg her war im oberen Stück eine weitgehend geschlossene Krautvegetation aus Brennnesseln, Farnen und Binsen ausgebildet. An der Quelle und im mittleren Teilstück des Abschnittes wuchsen einige Schwarzerlen.

#### **B – Der Nebenquellast zum nördlichen Hauptast**

Die Quelle dieses 25 m langen Quellrinnens lag am Fuß des Dammes des unter A genannten Erdweges. Danach floss das Rinnensal in einem engen Kerbtälchen bis zur Mündung in den Hauptast (oberer Zusammenfluss). Die Böschungen am Bach waren weitgehend geschlossen mit Farnen und Brennnesseln bewachsen. Eingesprengt waren tote Äste und Reisig, darüber hinweg ragte jüngeres Buchenbaumholz.

#### **C – Der nördliche Hauptast zwischen oberem und unterem Zusammenfluss**

Der Quellbach floss hier gerade und mit deutlichem Gefälle (ca. 8 %) durch ein enges Kerbtälchen, das geschlossen im Schatten des Buchenwaldes lag. Krautvegetation wuchs nur spärlich im unteren Abschnitt kurz vor dem Zusammenfluss mit dem südlichen Hauptast (unterer Zusammenfluss). Das Bachbett war sehr steinig (70 % Steinbedeckung), wies aber schon größere Flecken siebbaren Feinmaterials auf. An den Ufern erstreckten sich 20–30 cm breite Säume aus organisch-anorganischem Mischsubstrat.

#### **D – Der südliche Hauptast**

Dieser Quellast entsprang am Fuß des o.g. Erdweges, floss mit einem Gefälle von ca. 8 % in einem leicht gewundenen Kerbtälchen und mündete nach 150 m in den nördlichen Hauptast (Unterer Zusammenfluss). Der Wald war hier lichter als am nördlichen Hauptast, so dass die Uferböschungen auf etwa 30 % Bachstrecke mit Krautvegetation bewachsen waren. Das Bachbett war ebenfalls steinig, wies aber im unteren Abschnitt häufiger Stellen mit grabfähigem Feinsubstrat auf als der obere Abschnitt und der nördliche Hauptast.

#### **E – Der Oberlauf des Hauptbach bis hinab zum unteren Weg**

Nach der Vereinigung der beiden Hauptäste am unteren Zusammenfluss floss der Hauptbach in einem etwas erweiterten, überwiegend schattigen Kerbtal mit gleichbleibendem Gefälle, aber merklich stärkerer Wasserführung weitere 200 m,

bis er den unteren Hauptweg erreichte. Krautvegetation und Bachuntergrund waren wie im Abschnitt D ausgebildet. Der Wald war hier älter, stärker von Fichten bestimmt und etwas schattiger als über den Quellästen. Vor dem Rohrdurchlass durch den Damm des unteren Hauptweges wurde der Bach zu einem Schlammtümpel aufgestaut.

### **F – Der Mittellauf des Hauptbaches unterhalb des unteren Weges**

Unterhalb des unteren Weges verlor der Hauptbach an Gefälle (noch 3–4 %). Bis hinab zur Waldwiese durchfloss er einen sehr dichten, schattigen Laubmischwald, der kaum Krautsäume zuließ. Beim Passieren der Wiese war der Bach vollkommen von Buschwerk und Brennesselfluren zugewuchert, unzugänglich und konnte nicht untersucht werden. Im letzten Abschnitt, von der Wiese bis zum Ende der Untersuchungsstrecke in 1.400 m Entfernung von den Quellen, floss er wieder in einem engen, schattigen Kerbtal, das auf der Südseite überwiegend von einem Fichtenforst begleitet wurde. Am Bach selbst wuchsen regelmäßig Schwarz-Erlen. Krautsäume waren in diesem Abschnitt rar.

## **Methoden**

Larven der *C. bidentata* wurden am Tiefen Graben an sechs Tagen der Jahre 2016 und 2017 über insgesamt über 22 Personenstunden von A. Pix, P. Masius und dem Autor gesucht (Einzelheiten siehe Tab. 1). Zur Erfassung der Larven kam hauptsächlich die Siebmethode zum Einsatz. Dabei wurde das Weichsubstrat des Baches mit Küchensieben der Maschenweite 1 mm und Durchmessern von 9 und 16 cm durchgesiebt. Die kleineren Küchensiebe dienten der Probeentnahme aus Kleinstgumpen. Die Frequenz der Probeentnahmen betrug durchschnittlich 1,5/min. So mit wurden dem Tiefen Graben insgesamt rund 2.000 Siebproben entnommen.

Darüber hinaus wurden Larven zeitweilig auch unter Steinen und in Gesteinspalten des Bachgrundes gesucht. Dabei wurden eine Handschaufel und ein kleines Brecheisen eingesetzt, um Grobsubstrat und Steine umzudrehen.

Die Exuviensuche fand an drei Tagen des Frühsommers 2018 über insgesamt 18 Personenstunden statt (Einzelheiten in Tab. 1). Der frühe jahreszeitliche Beginn am 21. Mai wurde wegen des anhaltenden warmen Frühjahrs für sinnvoll gehalten. Die Suche erfolgte vom Bach aus etwa 10 m nach beiden Seiten. Dabei wurde ein Fernglas 10×40 mit Nahfokussierung eingesetzt. Die Ufervegetation wurde dabei gründlich durchsucht, z.T. mit den Händen oder einem Stock umgebogen, sowie Reisig, Geäst, Stubben und Bäume bis in etwa 6 m Höhe abgesucht. Stichprobenweise wurde auch weiter landwärts nach Exuvien gesucht, um auch solche zu finden, die eventuell auf der dem Bach abgewandten Seite saßen.

An den Fundstellen der Exuvien wurden jeweils die Art des Sitzplatzes, die genaue Position an der Bachstrecke, die Entfernung vom Bach, die Höhe über dem Bachniveau und die Höhe über dem Boden notiert. Entfernung und Höhen wurden im Gelände mit einem Bergstock mit Meter-Markierung gemessen, kleinere

**Tabelle 1:** Übersicht über den Ablauf der Untersuchungen an Larven und Exuvien der *Cordulegaster bidentata* am Tiefen Graben im Kaufunger Wald. – **Table 1.** Overview of the course of investigations on larvae and exuviae of *Cordulegaster bidentata* on the stream „Tiefer Graben“ in the forest area of Kaufunger Wald. – Abkürzung, abbreviation: t Untersuchungszeiten, time of investigations.

Datum	Bachabschnitte	Methoden	t (h)	Untersucher	Anzahl Individuen
L = Larve E = Exuvie					
28.08.2016	A, C, D, E	Sieben	3	A. Pix	
22.09.2016	D, E	Sieben	2	A. Pix	
22.09.2016	A, B, C, E	Sieben	2	J. Tamm	
30.06.2017	D, E	Sieben	1½	P. Masius	2 L
13.10.2017	D, E	Sieben	4	A. Pix	1 L
13.10.2017	E	Sieben	1	J. Tamm	
16.10.2017	E	Sieben	1	A. Pix	1 L
16.10.2017	A, B, C, E	Sieben	3,5	J. Tamm	
04.11.2017	F	Sieben	5	J. Tamm	1 L
21.05.2018	A, B, C, D, E	Exuviensuche	6,5	J. Tamm	17 E
28.05.2018	A, B, C, D, E, F	Exuviensuche	8	J. Tamm	19 E
05.06.2018	A, B, C, D, E	Exuviensuche	3,5	J. Tamm	4 E
05.06.2018	A, C, E	Exuviensuche	2	A. Pix	

Details mit einem Zollstock. Alle Fundstellen und fast alle Exuvien wurden zur Beweissicherung und Auswertung in situ digital fotografiert und die Positionen der Exuvienfundorte mit einem GPSmap 62s der Fa. Garmin eingemessen. Anschließend wurden die Exuvien abgesammelt und ihr Geschlecht über das Auftreten oder Fehlen der Legescheidenanlage bestimmt.

Der Ablauf der Larven- und Exuvien-Untersuchungen geht aus Tabelle 1 hervor.

Die Daten zur regionalen Wettersituation wurden vom Deutschen Wetterdienst Offenbach, Wetterstation Göttingen, übernommen. Zur Messung der vier abiotischen Parameter Gefälle, Abflussmengen, pH-Wert und Lufttemperaturen, die am Tiefen Graben im Zuge der Gesamtuntersuchung erfasst wurden, wird auf TAMM (2018b) verwiesen.

## Ergebnisse

### Larven

Im Untersuchungsjahr 2016 wurden im Tiefen Graben in sieben Stunden keine Larven gefunden. Im Untersuchungsjahr 2017 wurden in 15 Stunden fünf Larven

**Tabelle 2:** Anzahlen Exuvien von *Cordulegaster bidentata* am Waldbach „Tiefer Graben“ im Jahr 2018, verteilt auf die Sammeltage und Bachabschnitte; Anzahlen der männlichen und weiblichen Exuvien in Klammern. – **Table 2.** Numbers of exuviae of *Cordulegaster bidentata* found along the forest stream Tiefer Graben at different sampling dates and different stream sections in 2018; numbers of male and female exuviae in brackets; **n** nicht untersucht, not surveyed.

Bachabschnitte Stream sections	Anzahl Exuvien im Jahr 2018 Number Exuviae in 2018			
	21.5.	28.5.	5.6.	Total
A	12	7	1	20
B	–	1	–	1
C	–	1	–	1
D	5	4	1	10
E	–	5	2	7
F	n	1	n	1
Summe	17 (8/9)	19 (13/6)	4 (1/3)	40 (22/18)

aus dem Weichsubstrat gesiebt. Es handelte sich um drei größere Larven mit Längen zwischen 35 und 40 mm sowie um zwei mittelgroße Larven (20 und 27 mm).

Drei dieser Larven befanden sich recht nahe beieinander im unteren Teil des südlichen Hauptquellastes (Abschnitt D). Sie saßen dort in kleinsten Ansammungen von Weichsubstrat zwischen Steinen. Je eine weitere Larve befand sich im oberen und unteren Hauptbach (Abschnitte E und F) in strömungsschwachen Kleingumpen, die sich am Bachrand zwischen altem Falllaub gebildet hatten. Die genaue Lage der Larvenfundorte ist der Abbildung 1 zu entnehmen.

Im nördlichen Quellast (Abschnitte A, B und C), an dem viele Männchen patrouillierten und mehrere Eiablagen beobachtet wurden (TAMM 2018b), konnten trotz intensiver Suche mit der eingesetzten Methodik keine Larven gefunden werden.

## Exuvien

### Anzahl und Verteilung der Exuvien auf die Bachabschnitte

Im Jahr 2018 wurden am Tiefen Graben 40 Exuvien der *C. bidentata* gefunden. Das Geschlechterverhältnis war ausgeglichen (55 % männlich). Die Verteilung der Exuvien auf die Sammeltage und die verschiedenen Bachabschnitte ist Tabelle 2 zu entnehmen. Die Lage der Exuvien-Fundstellen zeigt Abbildung 1.

Bei der Verteilung der Exuvien auf die verschiedenen Bachabschnitte sticht ins Auge, dass die meisten Exuvien am sehr steilen, obersten nördlichen Hauptquellast auftraten (Abschnitt A), in dessen extrem steinigen Bachsubstrat zuvor

keinerlei Larven gefunden worden waren. 20 Exuvien (50 % des Gesamtfundes) stammen von diesem nur 35 m langen Teilstück unter der Quelle. Auch der einzige Exuvienfund im unterhalb anschließenden Abschnitt C hat noch unmittelbaren Anschluss zu diesem lokalen Vorkommen.

#### *Lage und Art der Exuvien-Fundorte*

Die Exuvien saßen nicht regellos verteilt um die Bachläufe, sondern bildeten ein bestimmtes Verteilungsmuster. Sie waren generell dort zu finden, wo sich auf geradem Wege quer zum Bachlauf die erste strukturell geeignete Sitzwarthe anbot, die mindestens 20 cm über dem Boden lag (tiefer gab es keine Funde) und eine gewisse Überdachung und einen möglichst freien Abflug bot.

Demzufolge saßen die Exuvien beim Vorhandensein geeigneter ufernaher Strukturen gleich nahe am Bach in Stauden oder totem Astmaterial. Fehlten dagegen solche ufernahen Strukturen, dann saßen die Exuvien auf den nächstbesten, allerdings weiter vom Bach entfernt liegenden Strukturen, meist auf lebenden oder toten Baumstämmen. Dort saßen sie dann deutlich höher (Abb. 4) – von einem Fall auf einem Baumstübben abgesehen. Alle gefundenen Exuvien saßen auf der dem Bach zugewandten Seite oder lateral gegen diesen versetzt, keine auf der dem Bach abgewandten Seite.

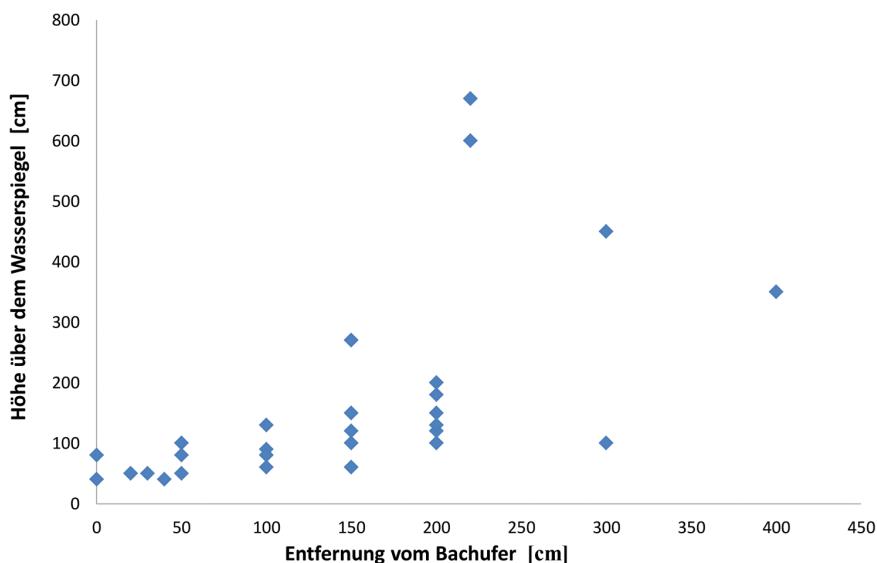


**Abbildung 4:** Exuvie der *Cordulegaster bidentata* an einem Buchenstamm am Tiefen Graben in 2,20 m Stammhöhe; auch an Baumstämmen werden möglichst Schlupfplätze mit Überdachung gewählt (28.05.2018). – **Figure 4.** Exuvia of *Cordulegaster bidentata* found on a tree trunk at the stream Tiefen Graben; emergence sites with roofing are selected for preference (28-v-2018). Photo: JT

**Tabelle 3:** Die Positionen der Exuvien der *Cordulegaster bidentata* am Waldbach „Tiefer Graben“ im Jahr 2018 in Relation zum Bach und zur Bodenoberfläche. – **Table 3.** The positions of exuviae of *Cordulegaster bidentata* found along the forest stream Tiefer Graben in 2018 in relation to the stream and to the forest ground; Abkürzungen, abbreviations: **n** Anzahl der Exuvien, numbers of exuviae; **MW** Mittelwert, average value; **SD** Standardabweichung, standard deviation.

	n	Entfernung vom Bach MW ± SD (cm) Distance to the stream	Höhe über Bachwasserspiegel MW ± SD (cm) Height above stream water level	Höhe über Boden MW ± SD (cm) Height above forest ground
Bachnahe Exuvien	34	122 ± 74	94 ± 41	48 ± 21
Bachferne Exuvien	6	248 ± 81	423 ± 169	243 ± 143
Alle Exuvien	40	141 ± 88	144 ± 140	77 ± 91

Abbildung 5 gibt eine Übersicht über die Position der Exuvien im Verhältnis zum Bach und zum Waldboden, aus der diese beiden verschiedenen Sitzplatztypen deutlich werden.



**Abbildung 5:** Lage der Exuvienfundorte von *Cordulegaster bidentata* (n = 40) am Tiefer Graben im Jahr 2018. – **Figure 5.** The positions of the exuviae of *Cordulegaster bidentata* (n = 40) collected at the forest stream Tiefer Graben in the year 2018.

**Tabelle 4:** Die verschiedenen Schlupfunterlagen der Exuvien von *Cordulegaster bidentata* am Tiefen Graben im Jahr 2018. – **Table 4.** Structures used by larvae of *Cordulegaster bidentata* for emergence along the forest stream Tiefen Graben in 2018.

Exuvienfundorte	Anzahl Exuvien
Stauden, Farne	20
Erlenseitentriebe am Stammfuß	8
Dürres Reisig	4
Totäste, vom Boden aufragend	2
Baumstubben	1
Dürre Baumstämmchen	2
Baumstämme	3

Wegen der zwei Sitzplatztypen sagen die Mittelwerte der Entferungen und Höhen zum Bach und zum Boden wenig aus. Die Positionen der Exuvien werden besser beschrieben, wenn man die Werte für die beiden Sitzplatztypen getrennt angibt (Tab. 3).

Die Unterschiede zwischen den Abständen der Exuvienplätze zum Bachniveau und zum Boden gehen auf die zumeist steilen Böschungsanstiege zurück.

Der höchste Sitzplatz lag auf dem kahlen Stamm einer alten Lärche in 4,20 m über dem Boden und 6,70 m über dem Bachniveau (Abb. 6). Der Baum stand in



**Abbildung 6:** Die beiden höchstgelegenen Fundplätze von Exuvien der *Cordulegaster bidentata* am Tiefen Graben auf einer Lärche in 4,20 m und 3,50 m Stammhöhe (rote Pfeile) (14.06.2018). – **Figure 6.** The two uppermost positions of exuviae of *Cordulegaster bidentata* both found on the same larch trunk at a height of 4,20 m and 3,50 m resp. (see the red pointers) (14-vi-2018). Photo: JT

einer steilen Böschung 2,20 m neben dem Bach nahe des unteren Zusammenflusses. Auf demselben Baumstamm wurde bei der ersten Begehung eine Exuvie 3,50 m über dem Boden und 6,00 m über Bachniveau gefunden. Die gleiche Höhe über dem Boden und 4,50 m über Bachniveau erreichte eine andere Exuvie auf einem dünnen Buchenstamm. Allerdings waren auch diese Sitzwarten in den zu meist steilen, baumbestandenen Uferböschungen nicht weiter vom Bach entfernt als maximal 4 m.

Tabelle 4 zeigt die Verteilung der Exuvien auf die Sitzstrukturen, die am Tiefen Graben insgesamt genutzt wurden. Daraus wird ersichtlich, dass die meisten Exuvien (50 %) in der bachnahen Krautvegetation auf Farnen, Brennnesseln und Binsen saßen.

Ebenfalls stark genutzt (20 % der Fälle) wurden dünne, senkrecht aus dem Stammfuß emporragende Seitentriebe der Schwarz-Erlen, obwohl Schwarz-Erlen am Tiefen Graben nur an wenigen Stellen stehen (Abb. 7). Die höchste Exuviedichte lag im obersten Abschnitt (A) des nördlichen Hauptquellastes, wo Krautvegetation dominiert und die meisten Erlen stehen.

Auf kleinerem Totholz, wie Einzelästen, Reisig und Stubben, wurden weitere 17 % der Exuvien gefunden. Auf lebenden und toten Baumstämmen saßen schließlich 12 % der Exuvien.



**Abbildung 7:** Exuvie der *Cordulegaster bidentata* auf wurzelnahem Seitentrieb der Schwarz-Erle *Alnus glutinosa* am Tiefen Graben (21.05.2018). – **Figure 7.** Exuvia of *Cordulegaster bidentata* found on a low branch shoot of Black Alder *Alnus glutinosa* at the stream Tiefen Graben (21-v-2018).  
Photo: JT

## Diskussion

### Populationsgröße und Larvenökologie

Die Untersuchungen an Larven und Exuvien der *C. bidentata* am Tiefen Graben haben wesentlich dazu beigetragen, die Abschätzung der Populationsgröße abzusichern und das Populationsgeschehen zu verstehen. Bei der Untersuchung der Imagines im Jahr 2017 konnten über individuelle Markierung und simultane Beobachtung weiterer Individuen 19 ♂♂ und ein ♀ sicher unterschieden werden (TAMM 2018b). Daraus lässt sich bei einem festgestellten Geschlechterverhältnis von etwa 1:1 eine Population von mindestens 40 Imagines in jenem Untersuchungsjahr abschätzen.

Ebenfalls 40 Individuen wurden ein Jahr später bei der Exuviensuche gefunden. Damit decken sich die Befunde der Fang-Wiederfang-Untersuchung und der Exuviensuche bezüglich der Populationsgröße weitgehend. Weiterhin konnte der Nachweis einer weitgehenden Bodenständigkeit der Population erbracht werden, was mit den Ergebnissen an den Imagines allein nicht möglich gewesen wäre.

Bei der Interpretation der Exuvienfunde ist allerdings zu beachten, dass mit großer Wahrscheinlichkeit Exuvien übersehen wurden, besonders solche, die auf Astbruch und Reisig saßen; vor allem weil sie dem Totholz farblich glichen. Auch Exuvien auf Baumstämmen dürften z.T. übersehen worden sein, wenn sie in Höhen über 6 m oder auf der bachabgewandten Seite saßen. Man sollte also bei den Exuvienfunden von einer merklichen Dunkelziffer ausgehen.

Die Untersuchung der Larvenpopulation mit der Siebmethode – zeitweise ergänzt durch den Einsatz einer Handschaufel – ergab dagegen mit nur fünf Larvenfunden keine den realen Verhältnissen entsprechenden Erkenntnisse zur Größe der Population. Sie erbrachte zunächst nur den bloßen Nachweis einer larvalen Entwicklung im Tiefen Graben. Das Larven-Ergebnis hinterließ bis zu der Exuvien-Untersuchung sogar erhebliche Zweifel, ob die starke Population der Imagines überhaupt in der Hauptsache aus diesem Bach stammen könne. Jedoch ergab die Untersuchung mit der Siebmethode, dass Larven just in dem Bachabschnitt mit der bei weitem größten Emergenz nicht zu finden waren. Nun ist aus anderen Untersuchungen bekannt, dass Larven von *C. bidentata* nicht immer gefunden wurden, obwohl welche vorhanden gewesen sein mussten. Doch dies ist bisher nur aus den Wintermonaten bekannt (BÖCKER 1993; LANG 2000). Die hier diskutierten Larvenuntersuchungen fanden jedoch von August bis November, Schwerpunkt September und Oktober, statt. Dieses Ergebnis hat einen ökologischen und einen methodischen Aspekt.

Der Lebensraum der Larven der *C. bidentata* wurde bisher allgemein als das grabfähige Feinsediment der Quellbäche beschrieben (FRÄNZEL 1985; DOMBROWSKI 1989; SALOWSKY 1989; BÖCKER 1995; STEPHAN 1998; LANG 2000; STERNBERG et al. 2000; PIX 2009; BAUDERMANN & MARTENS 2011; TAMM 2017). Die Untersuchungen im obersten Quellabschnitt des Tiefen Graben zeigen jedoch, dass diese Larven unter Umständen auch außerhalb solcher Feinsedimente leben. Solche Umstände waren im Untersuchungsgebiet ein steiles, extrem steini-

ges Bachbett, dem Feinsedimentlager nahezu fehlten. Dennoch entstieg diesem kurzen Bachabschnitt die größte Emergenz im gesamten Bachsystem.

Da Alternativen fehlen, können die Larven nur in tieferen Steinspalten und Rissen im Felsuntergrund gelebt haben, wo sie mit Sieb und Schaufel nicht erreicht werden konnten. Offenbar sind die Larven der *C. bidentata* bezüglich der genutzten Habitatstrukturen euryöker als bisher angenommen. Dementsprechend wären die Kartierungsbefunde mit der Siebmethode zumindest an steinigen, sedimentarmen Quellbächen neu zu interpretieren. Es könnte sein, dass wir die Larven vor allem dort und nur auf eine Art suchten und fanden, wo und wie wir sie kannten.

Der einzige Bachabschnitt, in dem weder Larven noch Exuvien gefunden wurden, war das lange Kerbtal des Abschnitts C. Das ist insofern bemerkenswert, als dort wiederholt Eiablagen stattfanden und es sich um die Hauptpatrouillenstrecke der Männchen-Population handelte. Das Fehlen von Larven- und Exuvienfunden an dieser für *C. bidentata* günstig strukturierten Bachstrecke ist bisher nicht schlüssig zu erklären (TAMM 2018b).

Schließlich lassen die Larven- und Exuvienfunde erkennen, dass der Bachmittellauf des Tiefen Grabens nur extrem schwach von Larven der *C. bidentata* besiedelt wurde. Auch dieser Befund ist bemerkenswert, weil die Larven von *C. bidentata* in anderen Regionen durchaus zahlreich bis zu einem Kilometer unterhalb der Quellen gefunden wurden (z.B. FRÄNZEL 1985; BÖCKER 1993).

### **Zur Methode der Larvenerfassung**

Es ist offenkundig, dass die Larvensuche mit der Siebmethode am Tiefen Graben kein realistisches Bild von der Größe der vorhandenen Population der *C. bidentata* zu liefern vermochte. Die Anzahl der gefundenen Larven lag achtmal niedriger als diejenige der Exuvien und der individuell erkannten Imagines.

Nun wird die Erfassung der Larven häufig als beste Methode zum Nachweis von *C. bidentata* empfohlen (RÖHN 1992; STERNBERG et al. 2000; HEITZ 2006; LIEBELT et al. 2010/11; HENHEIK 2011; WEIHRAUCH & KUNZ 2018). Sie wird für verlässlicher und effizienter gehalten als die Erfassung der Imagines. BUCHWALD (1988) erwartet von ihr bessere Aussagen über die Populationsgrößen. PIX (2009) hält die Suche nach Imagines gar für eine Notlösung, denn sie müsse »oft ohne Ergebnis bleiben«.

Zweifellos hat die Larvensuche gegenüber der Suche nach Imagines Vorteile. Sie kann über einen großen Teil des Jahres und wetterunabhängig praktiziert werden. Ihre Ergebnisse erbringen den sicheren Nachweis der Bodenständigkeit eines Vorkommens. Sie kann auch für regionale Kartierungen eingesetzt werden, wie dies HEITZ (2006), HENHEIK (2011), OTT (2013), MALKMUS (2014) oder FROBEL & SCHLUMPRECHT (2015) zeigten.

Die Erfassung der Imagines ist dagegen nur über sechs Wochen im Jahr mit Aussicht auf Erfolg durchzuführen und wird durch Schlechtwetterphasen weiter verkürzt. Doch sie ist keineswegs aufwändiger, wie LIEBELT et al. (2010/11) es

annehmen. Sie ergibt auch in der Regel nicht solche schlechten Ergebnisse, wie sie RÖHN (1992) schildert. Die Suche nach Imagines, vor allem nach patrouillierenden Männchen, gelingt bei gutem Flugwetter in der Regel deutlich schneller als der Larvennachweis. Sie kann sich auf die oberste Quellregion konzentrieren und ist damit in günstigen Sommern vor allem bei großräumigem Kartieren hocheffizient. Bei den neunjährigen Kartierungen des Autors im hessischen Bergland ließen sich damit an 770 Quellbächen 92 neue Vorkommen von *C. bidentata* nachweisen und weitere 44 im Reifungshabitat (TAMM 2017). Dies ist etwa die Hälfte der derzeit 255 bekannten Fundorte in Hessen (TAMM 2018a). Auch der übrige Teil der hessischen Nachweise beruht zum größten Teil auf Beobachtungen von Imagines. In manchen Regionen Hessens konnte die Art an 30–50 % der Bäche nachgewiesen und damit gezeigt werden, wie effizient man Populationen über Imagines nachweisen kann.

Manche Hypothese zur Habitatbindung der *C. bidentata* dürfte zu modifizieren sein, wenn das Verhalten der Imagines stärker berücksichtigt würde; wie z.B. die alleinige Erklärung der Quellbindung über die Driftempfindlichkeit der Larven (LEIPELT 2005). Wer gesehen hat, mit welcher Ausschließlichkeit die reifen Männchen bei ihrer Patrouille sich an die obersten Quellbäche halten, der wird auch in der Strukturwahl der Imagines einen entscheidenden Faktor der Habitatbindung erkennen. Dies vermutete bereits BUCHWALD (1988).

Die Untersuchung am Tiefen Graben zeigt nun, dass vorhandene Populationen auch über die Larven erfassung keineswegs immer sicher erkannt oder gar realistisch quantifiziert werden können. Die hier vorgestellte vitale Population wäre über eine reine Larven erfassung mit der herkömmlichen Siebmethode nicht annähernd realistisch zu ermitteln gewesen. Sie wäre möglicherweise sogar übersehen worden, weil der Suchaufwand für die Larven ohne die Kenntnis der anwesenden Imagines sicherlich nicht in dem Umfang betrieben worden wäre.

Wiederholt waren in Bächen, an denen Imagines auftraten, nur wenige Larven zu finden. LEIPELT (1999) fand bei seinen Untersuchungen in Niedersachsen höchstens sechs Larven pro Stunde. Auch FRÄNZEL (1985), GOLEMBOWSKI (1988), BÖCKER (1995), HEITZ (2006) und FROBEL & SCHLUMPRECHT (2015) trafen an vielen Stellen nur einzelne oder gar keine Larven an. Wenngleich andernorts auch deutlich größere Larvenzahlen gefunden wurden (GOLEMBOWSKI 1988; DOMBROWSKI 1989; SALOWSKY 1989; RÖHN 1992; LANG 2000; HEITZ 2006), so sind kleine Larvenzahlen eher die Regel. Dies dürfte auch ein wichtiger Grund dafür sein, dass LEIPELT (1999) konstatiert, *C. bidentata* werde an ihren kleinen Quellbächen oft übersehen. Nach den Beobachtungen am Tiefen Graben ist nicht mehr auszuschließen, dass diese geringen Larvenzahlen z.T. an Bächen zu Stande kamen, in denen in Wirklichkeit große Populationen der *C. bidentata* lebten.

Somit würde ein alleiniges Propagieren der Larven erfassung zu verkürzten und verzerrten Ergebnissen führen. Die Ergänzung durch das Studium der Imagines und die Exuvien suche ist unerlässlich. Es kann bei der Methodik nicht um ein „Entweder-oder“, sondern nur um ein „Sowohl-als-auch“ gehen. Alle drei Erfas-

sungsmethoden sind gut geeignet, alle haben sie je nach Zielsetzung und Umständen ihre Vorzüge.

### Zur Methode der Exuviensuche

Die Suche nach Exuvien zur Ermittlung der Emergenz von *C. bidentata* wurde von PIX (2009) für unergiebig und ungeeignet gehalten. Diese Auffassung bestimmte offenbar auch die Methodik vieler Untersuchungen an dieser Libellenart, in denen Emergenzstudien nicht oder nur ganz am Rande praktiziert wurden (BLANKE 1984; BUCHWALD 1988; GOLEMBOWSKI 1988; DOMBROWSKI 1989; RÖHN 1992; BÖCKER 1995; LEIPELT 1999; HEITZ 2006; HILL et al. 2009; OTT 2013; MALKMUS 2014; FROBEL & SCHLUMPRECHT 2015). Nur 19 von insgesamt 578 Datensätzen über die Fundorte der *C. bidentata* in Hessen beziehen sich auf Exuvienfunde (TAMM 2018a). Man geht häufig davon aus, dass die Exuvien bei ihrer zumeist geringen Anzahl pro Bach und angesichts der reichen Strukturen an den Waldquellbächen nur schwer und eher zufällig zu finden sind. Somit widmeten sich nur wenige Untersuchungen eingehender dieser Methode (FRÄNZEL 1985; MÜLLER 2000; HENHEIK 2011).

Die Exuviensuche bei *C. bidentata* kann jedoch sehr wohl effektiv durchgeführt werden, wie die Studien von MÜLLER (2000) und die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen und wie auch WEIHRAUCH (2003) von *C. boltonii* berichtet. Dies wird vor allem dadurch ermöglicht, dass die Larven ein leicht durchschaubares Muster der Schlupfplatzsuche zeigen: Sie verlassen die Bäche quer zur Fließrichtung und besetzen die erstbesten, für sie geeigneten Plätze. Das sind zumeist Uferstauden, bodennaher Erlenstockausschlag, Astbruch oder Reisig nahe am Bach. Am Tiefen Graben nutzten 85 % der Larven solche Strukturen. Sie saßen im Durchschnitt 122 cm von Bach entfernt. Auch MÜLLER (2000) ermittelte Werte dieser Größenordnung.

Wo solche bachnahen Strukturen fehlen, wandern die Larven weiter vom Bach weg und klettern auf Baumstämme und Stubben. Dort sitzen sie dann zumeist höher (vgl. MÜLLER 2000), von Bauchhöhe bis hinauf auf über 4 m Stammhöhe, vielleicht auch deutlich höher. WEIHRAUCH (2003) fand eine Exuvie der *C. boltonii* in 4,5 m Stammhöhe. Am Tiefen Graben saß die höchste Exuvie 4,2 m hoch am Stamm. Dennoch sind die hochsitzenden Exuvien mit einem Fernglas vom Bach aus leicht zu finden, weil sie zumeist auf der dem Bach zugewandten Stammseite sitzen und sich zudem gezielt Plätze suchen, die durch abgehende Starkäste oder Stammwölbungen überdacht sind.

Diese Platzwahl der schlupfbereiten Larven erleichtert die Kontrolle der Geländestrukturen stark und ermöglicht eine effektive Exuviensuche. Am Tiefen Graben wurde damit eine große Anzahl von Exuvien gefunden, die die Populationsgröße bestätigte, welche mit der Beobachtung an den Imagines abgeschätzt worden war. Das zeigt, dass die Methode der Exuviensuche zur halbquantitativen Erfassung der Populationsgrößen von *C. bidentata* wichtig und verlässlich ist. Eingedenk der neuen Erkenntnisse über die Grenzen der Siebmethode zur Larvenerfassung sollte die Exuvienfassung bei künftigen Populationsstudien an

*C. bidentata* fest zum Methodenpaket gehören. Um die Populationsgröße annähernd genau zu erfassen, sind drei Erfassungen zum Zeitpunkt der Hauptemergenz der Art erforderlich.

Ungeeignet ist die Exoviensuche jedoch weiterhin für die großräumige, effiziente Kartierung dieser Libelle, schon weil sie nur in einem sehr kurzen Zeitraum des Jahres durchführbar ist (TAMM 2012).

Angesichts der wärmer werdenden Frühsommer ist zudem auf einen rechtzeitigen Beginn der Exoviensuche zu achten. Am Tiefen Graben waren am 21. Mai 2018 bereits 40 % der Imagines geschlüpft und am 5. Juni der Schlupf nahezu abgeschlossen.

## Danksagung

Mein großer Dank gilt Andreas Pix, der an den Suchaktionen nach Larven und Exuvien intensiv mitwirkte und Diskussionsbeiträge lieferte. Ich bedanke mich auch bei Dr. Patrick Masius, der den Nachweis zweier Larven beitrug. Dem Land Hessen danke ich für die erforderlichen Fahr- und Fanggenehmigungen.

## Literatur

- BAUDERMANN S. & A. MARTENS (2011) Orts-treue und tagesrhythmischer Ortswechsel der Larven von *Cordulegaster bidentata* in Quellrinnensälen (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula* 30: 133–144
- BLANKE D. (1984) Zur Lebensweise von *Cordulegaster bidentatus* Selys in Südniedersachsen. *Libellula* 3: 18–22
- BÖCKER L. (1993) Größenspezifische Verteilung der Larven von *Cordulegaster boltonii* (Donovan) und *C. bidentatus* (Selys) über den Bachlauf – Untersuchungen an allo- und sympatrischen Bächen im Gießener Raum. *Libellula* 12: 225–247
- BÖCKER L. (1995) Analyse der Biotopansprüche der Larven von *Cordulegaster boltonii* (Donovan) und *Cordulegaster bidentatus* (Selys) im Gießener Raum. Dissertation, Universität Münster
- BUCHWALD R. (1988) Die Gestreifte Quell-jungfer *Cordulegaster bidentatus* (Odonata) in Südwestdeutschland. *Carolina* 46: 4–64
- DOMBROWSKI A. (1989) Ökologische Untersuchungen an *Cordulegaster bidentatus* Selys, 1843. Diplomarbeit Universität Göttingen
- FRÄNZEL U. (1985) Öko-ethologische Untersuchungen an *Cordulegaster bidentatus* Selys, 1843 (Insecta: Odonata) im Bonner Raum. Diplomarbeit Universität Bonn
- FROBEL K. & H. SCHLUMPRECHT (2015) Untersuchungen zur Substrat- und Habitatwahl von *Cordulegaster bidentata* im Landkreis Nürnberger Land (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula* 34: 3–26
- GOLEMBOWSKI U. (1988) Quellbäche des Kottenforstes als Lebensraum gefährdeter Tierarten am Beispiel von *Cordulegaster bidentatus* Selys. *Decheniana* 141: 204–208
- HEITZ S. (2006) Waldbauliche Maßnahmen zur Förderung der Larvallebensräume der Quelljungferarten (*Cordulegaster bidentata* und *C. boltonii*) am Bodanrück. *Mercuriale* 6: 2–8

- HENHEIK H. (2011) Zum Vorkommen der Quelljungfer-Arten (*Cordulegaster bidentata*, *C. boltonii*) im näheren Umkreis von Tübingen. *Mercuriale* 11: 1–10
- HILL B.T., R. POLIVKA & C. DÜMPELMANN (2009) Hinweise zur Erfassung der Gestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*, Selys 1843) und Fundnachweise im Landkreis Marburg-Biedenkopf. *Libellen in Hessen* 2: 52–57
- LANG C. (2000) Untersuchungen zu *Cordulegaster heros* Theischinger, 1979, und *C. bidentata* Selys, 1843. Teil II: Larven. *Anax* 3: 23–27
- LEIPELT K.G. (1999) *Cordulegaster bidentata* Selys und *Cordulegaster boltonii* (Donovan) (Odonata: Cordulegastridae) im nördlichen Harzvorland. *Braunschweiger naturkundliche Schriften* 5: 849–856
- LEIPELT K.G. (2005) Behavioural differences in response to current: implications for the longitudinal distribution of stream odonates. *Archiv für Hydrobiologie* 163: 81–100
- LIEBELT R., M. LOHR & B. BEINLICH (2010/2011) Zur Verbreitung der Gestreiften und Zweigestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata* und *C. boltonii*) im Kreis Höxter (Insecta, Odonata, Cordulegastridae). *Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser* 22: 3–1
- MALKMUS R. (2014) Verbreitung der Gestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata* Selys 1843) im Spessart. *Nachrichten des Naturwissenschaftlichen Museums der Stadt Aschaffenburg* 110: 57–64
- MÜLLER H. (2000) Untersuchungen zu *Cordulegaster heros* Theischinger, 1979, und *C. bidentata* Selys, 1843. Teil I: Imagines. *Anax* 3: 19–22
- OTT J. (2013) Erfassung der Gestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*) Selys 1843, im Naturpark und Biosphärenreservat Pfälzer Wald (Insecta: Odonata).
- Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz* 12: 1039–1074
- PIX A. (2009) Die *Cordulegastriden* im Reinhardswald. *Libellen in Hessen* 2: 47–51
- RÖHN C. (1992) Beitrag zur Ökologie der beiden Quelljungferarten *Cordulegaster boltoni* (Donovan, 1807) und *C. bidentatus* Selys 1843 unter besonderer Berücksichtigung syntoper Vorkommen (Odonata, Cordulegastridae). *Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg* 147: 299–323
- SALOWSKY A.S. (1989) Untersuchungen zum Larvenbiotop von *Cordulegaster bidentatus* in Waldbächen um Freiburg i.B. (Ein Beitrag zur Biologie von *Cordulegaster bidentatus*). – Diplomarbeit Universität Freiburg
- STEPHAN U. (1998) Untersuchungen zur Habitatbindung der Quelljungferarten *Cordulegaster boltonii* (Donovan 1897) und *Cordulegaster bidentata* (Selys 1843) in Waldbächen des Mittleren Schwarzwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Larvalökologie. Diplomarbeit Universität Freiburg
- STERNBERG K., R. BUCHWALD & U. STEPHAN (2000) *Cordulegaster bidentata* (Selys, 1843). In: STERNBERG K. & R. BUCHWALD (Ed.) Die Libellen Baden-Württembergs. Band 2: 173–190. Ulmer, Stuttgart
- TAMM J. (2012) Effiziente Kartierung der Gestreiften Quelljungfer *Cordulegaster bidentata* (Selys, 1843) im Reifungshabitat am Beispiel des Kellerwaldes. *Libellen in Hessen* 5: 32–38
- TAMM J. (2017) Zur Beeinträchtigung und Gefährdung von *Cordulegaster bidentata* unter Berücksichtigung von Kartierungen der Imagines in einigen deutschen Mittelgebirgen (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula* 36: 1–21
- TAMM J. (2018a) Das Vorkommen der Gestreiften Quelljungfer *Cordulegaster bi-*

dentata in Hessen – der aktuelle Stand.  
*Libellen in Hessen* 11: 75–78

TAMM J. (2018b) Zur Populationsökologie und Ethologie von *Cordulegaster bidentata* an einem Bach im Kaufunger Wald – eine Fallstudie (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula* 37: 23–54

WEIHRAUCH F. (2003) Emergenzstudien an *Cordulegaster b. boltonii* von einem niederbayerischen Waldbach (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula Supplement* 4: 3–18

WEIHRAUCH F. & B. KUNZ (2018) *Cordulegaster bidentata* Selys, 1843. In: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Ed.) Quellschutz in Bayern. Steckbriefe der Fauna bayerischer Quellen: 78–79. [https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_nat\\_00300.htm](https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_nat_00300.htm), letzter Zugriff 20.08.2018

*Manuskripteingang: 19. Juni 2018*