

Zur Populationsökologie und Ethologie von *Cordulegaster bidentata* an einem Bach im Kaufunger Wald – eine Fallstudie (Odonata: Cordulegastridae)

Jochen Tamm

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

Abstract

About population ecology and ethology of *Cordulegaster bidentata* living on a forest stream in Kaufunger Wald, Germany (Odonata: Cordulegastridae) – A small forest stream in Kaufunger Wald, Central Germany, on Bunter Sandstone substrate was populated by imagines of *Cordulegaster bidentata* four months after removing a long solid layer of branch waste. One year after this removal 17 males were colour marked and both marked and unmarked individuals were counted during several days when passing the counting station. Moreover, two unmarked males were observed simultaneously. Females were present too. Forty exuviae found in 2018 verified that the indigenous population is on this scale. In contrast to this result, only five larvae of *C. bidentata* could be found in this stream. In the surrounding forests no streams were found where other large populations occurred. Individual flight behaviour of marked males was recorded both during season and days. One half of males could not be observed after marking any more. Among the other males few individuals dominated, others only occurred sporadically. One male belonging to the sporadic group occurred twice, in both cases just when a female was present along the stream. It happened to copulate in both cases. These copulations have been the only ones observed during this counting season.

Zusammenfassung

An einem Quellbach im Kaufunger Wald (Buntsandstein) wurden nach Entfernung einer massiven Astabdeckung Imagines der *Cordulegaster bidentata* angetroffen. Im Folgejahr wurden dort 17 ♂♂ farbmarkiert und die Anzahl der patrouillierenden markierten und unmarkierten Individuen an mehreren Zähltagen registriert. Noch mindestens zwei weitere unmarkierte Männchen wurden gleichzeitig beobachtet. Auch Weibchen waren anwesend. Die Bodenständigkeit der Population in dieser Größenordnung wurde durch die Funde von 40 Exuvien im Jahr 2018 bestätigt. Im Kontrast dazu wurden nur fünf Larven der *C. bidentata* gefunden. Die Suche nach weiteren großen Populationen an Bächen der Umgebung blieb ohne Erfolg. Das individuelle Flugverhalten der ♂♂ wurde saisonal und

circadian verfolgt. Die Hälfte der ♂♂ erschien nach der Markierung nicht mehr. Unter den übrigen ♂♂ konnten dominant agierende und nur sporadisch auftauchende unterschieden werden. Ein sporadisch auftauchendes ♂ erschien zweimal, als ein ♀ am Bach war, und gelangte jeweils zur Kopulation. Es führte beide Kopulationen durch, die im Jahr der Zählungen beobachtet wurden.

Einleitung

Zur Verbreitung und Biologie der *Cordulegaster bidentata* wurde in neuerer Zeit ein beträchtliches Wissen erarbeitet (BOUDOT & KALKMANN 2015; MEY et al. 2015; WILDERMUTH & MARTENS 2018). Dennoch sind viele Fragen zur Ökologie und Ethologie dieser spezialisierten Quellbachlibelle offen geblieben. Die Habitatansprüche sowohl der Larven als auch der Imagines sind noch nicht ausreichend quantitativ beschrieben. Populationsgrößen und Populationsdynamik von Jahr zu Jahr sind ebenso unzureichend bekannt wie die Mobilität und Raumnutzung der Populationen über die Herkunftsbäche hinaus. Außerdem wissen wir noch wenig über die räumliche und zeitliche Verteilung der adulten Männchen an den Quellbächen zur Zeit der Patrouille. Daher erscheint es sinnvoll, alle Gelegenheiten zu nutzen, die zu diesen Fragen neue Informationen liefern können.

Eine solche Gelegenheit bot sich, als der Autor bei seinen Kartierungen der *C. bidentata* in Nord- und Mittelhessen (TAMM 2015, 2017a) am Nordhang des Kaufunger Waldes im Juli 2015 auf einen Quellbach stieß, der strukturell hervorragend für diese Libelle geeignet schien, aber nicht beflogen war. Die drei Quellläste dieses Baches namens „Tiefer Graben“ waren auf einer Länge von über 300 m von forstlichen Astabfällen komplett zugedeckt worden. Es folgte eine Initiative zur Beseitigung des Astmaterials mit dem Ergebnis, dass das Quellbachsystem im März 2016 unter der Regie des zuständigen Forstamtes wieder freigeräumt wurde.

Schon Ende August desselben Jahres waren am Quellabschnitt des Tiefen Grabens wieder fünf Männchen und ein Eier legendes Weibchen anwesend. Diesem Erfolg der Räumungsaktion stand ein rätselhafter Befund von A. Pix gegenüber: Er fand bei ausgiebigem Sieben keinerlei Larven von *C. bidentata* in diesem Bach.

Dieser Befund war der Anlass, die Population der *C. bidentata* am Tiefen Graben genauer zu untersuchen. Dazu wurden Imagines beobachtet, individuell markiert und gezählt sowie Larven und Exuvien gesucht. Um die Möglichkeit des Individuenaustauschs mit benachbarten Populationen zu prüfen, wurden auch die Bäche der Umgebung in die Studien mit eingeschlossen.

Untersuchungsgebiet und Methode

Der untersuchte Großraum

Der untersuchte Raum liegt am Nordabhang des Kaufunger Waldes um Ziegenhagen, Gemeinde Witzenhausen, Werra-Meißner-Kreis, Nordhessen, und er-

streckt sich im Nordwesten auf das angrenzende Niedersachsen bei Hedemünden, Landkreis Göttingen. Das Gebiet fällt von den Hochlagen (zwischen 580 und 430 m ü. NHN) nach Norden hin ab zum unteren Werra-Tal (130 m ü. NHN). Abb. 1 gibt eine Lageübersicht.

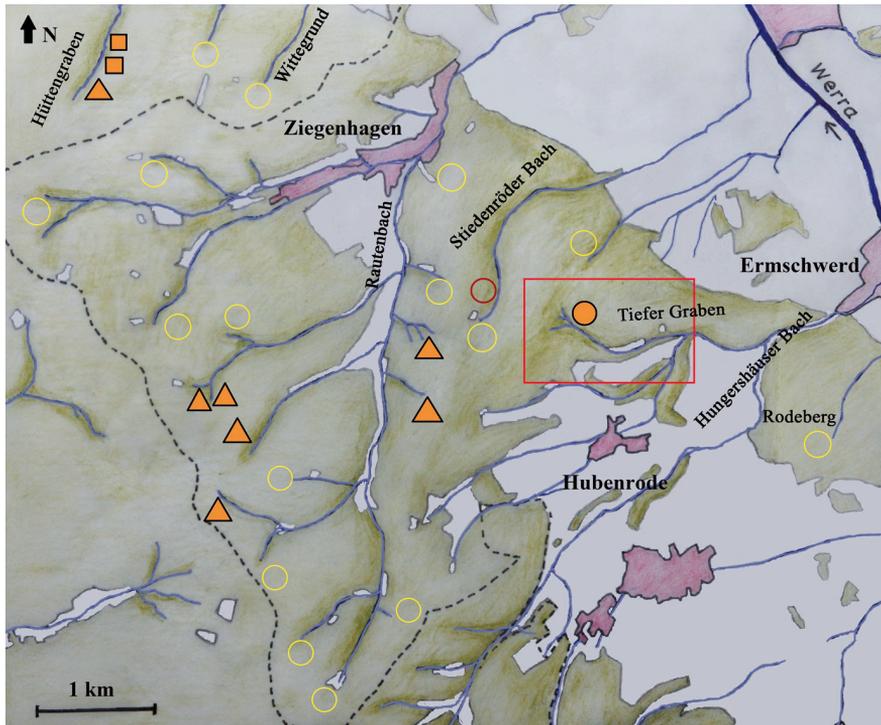


Abbildung 1: Die Lage der untersuchten Quellbäche und der Fundorte von *Cordulegaster bidentata* im Raum Ziegenhagen/Hubenrode, Kaufunger Wald, in den Jahren 2015 bis 2017. – Figure 1. The location of the streams investigated and of the recording sites of *Cordulegaster bidentata* in the region of Ziegenhagen/Hubenrode, Kaufunger Wald, in the years 2015 to 2017. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: ▲ 1 ♂ Imago; ■ 1 ♀ Imago; ● Hauptuntersuchungsstelle am Tiefer Graben mit zahlreichen Imagines, main study station at the forest stream Tiefer Graben with numerous imagines occurring; ○ abgesuchter Quellbach ohne Funde von Imagines, stream where no imagines have been found; ○ abgesuchter Quellbach ohne Funde von Larven, stream where no larvae have been found; blaue Linie, blue line: Fließgewässer, running water; schwarze, gestrichelte Linie, dashed black line: Landesgrenze zwischen Hessen und Niedersachsen, border between Hesse and Lower Saxony; der rote Rahmen umgrenzt den Bereich, der auf Abb. 2 näher dargestellt ist; the red frame surrounds the area shown in figure 2 in more detail.

Im Untersuchungsraum herrscht Unterer Buntsandstein vor. Im kleinen niedersächsischen Teilgebiet steht Mittlerer Buntsandstein an. Nur der Rodeberg am Ostrand des Untersuchungsraums besteht aus Muschelkalk. Das Gebiet ist weitgehend bewaldet. Es dominieren bodensaure Buchenwälder (Luzulo-Fageten) mit Beimischungen von Fichte *Picea abies* und Waldkiefer *Pinus sylvestris*.

Die meisten Bäche des Untersuchungsgebiets entwässern beidseitig in den Rautenbach, der am Hauptkamm des Kaufunger Waldes entspringt und in einem langen Waldwiesental nordwärts durch Ziegenhagen der Werra zufließt. Die übrigen Bäche entwässern auf kurzem Weg direkt in die Werra. Nur der „Tiefe Graben“ fließt von seinem Quellgebiet her nach Osten und mündet nach 2,2 km in den Hungershäuser Bach, der seinerseits 1,5 km weiter nordwestlich die Werra in Ermschwerd erreicht.

Der Tiefe Graben bei Hubenrode

Der Tiefe Graben (51°21'14"N, 9°46'35"E) entspringt mit drei Quellen auf 327 m ü. NHN in einem abschüssigen Buchenwaldhang auf Unterem Buntsandstein (Abb. 2, 3, 4). Die beiden Hauptquellläste sind jeweils 150 m lang. Der nördliche von ihnen gabelt sich auf den obersten 30 m noch einmal. Alle drei Quellläste queren und überrieseln 10 m unterhalb der Hangquellen einen forstlichen Erdweg.

Unterhalb des Weges schließen sich kurze Steilstrecken an (Länge 20 m, Gefälle 25 %). Danach treten die Quellbäche in Kerbtälchen ein und verlieren an Gefälle (7–9 %). Sie vereinigen sich sukzessiv zum Hauptbach, der bis zum Verlassen der 1,4 km langen Untersuchungsstrecke in einem Kerbtal verbleibt und dabei geringfügig an Gefälle verliert (bis auf 3 %).

Der Hauptbach trifft 350 m unterhalb der Quellen auf einen Wegedamm, von dem er zunächst zu einem Schlammtümpel von ca. 20 m² Größe und 0,5 m Tiefe aufgestaut wird und den er dann durch ein Rohr quert.

Die Wasserführung schwankt in Abhängigkeit von den Niederschlagsmengen. Sie dürfte in langen Trockenzeiten zu einem Versiegen der oberen Quellläste führen. Am Ende der langen Trockenperiode des Frühsommers 2017 lag sie quellnahe bei 5 ml/s und nach schweren Regen zur Juli-August-Wende 2017 bei ca. 300 ml/s. Im Hauptbach an der Vereinigung der Hauptquellläste lagen die Extremwerte bei ca. 100 und 1500 ml/s.

Im oberen Abschnitt bis hinab zum Wegedamm ist das Bachbett sehr steinig. Etwa 70 % der Fläche ist von 2 bis 20 cm großen Steinen bedeckt. In den obersten Steilstrecken wächst der Steinanteil auf über 90 % (Abb. 5). Zwischen den Steinen befindet sich helles, schluffig-feinsandiges Substrat, das teils fest, teils grabfähig ist. An strömungsarmen Stellen lagert zumeist Detritus. Dieser besteht teils aus schwarzem Fließschlamm, teils aus Falllaub. An den Ufern haben sich streckenweise schwarze Morastsäume aus einem formbaren, organisch-anorganischen Mischsubstrat gebildet. Unterhalb des Wegedammes nimmt der Anteil der Steine ab und derjenige des Detritus zu.

Der Tiefe Graben liegt im Wald. Nur in seinem Mittelabschnitt, zwischen 500 bis 800 m unterhalb der Quellen, fließt er an einer Waldwiese vorbei. Der Wald besteht im Gebiet größtenteils aus Rotbuche *Fagus sylvatica* mit Stammdurchmessern in Brusthöhe zwischen 10 und 30 cm. Stellenweise stehen auch Gruppen von stärkeren Altbuchen, Fichten *Picea abies* und Lärchen *Larix decidua* am Bach.

Der Bach erhält nur an wenigen Stellen und kurzzeitig direktes Sonnenlicht. Der vorherrschende Waldschatten bewirkt ein überwiegend freies Bachprofil. Nur streckenweise erhält der Bach so viel Licht, dass sich dort Krautsäume bilden konnten.

Das Bachwasser war im Untersuchungszeitraum klar und unbelastet. Die pH-Werte lagen bei den Messungen um 6.

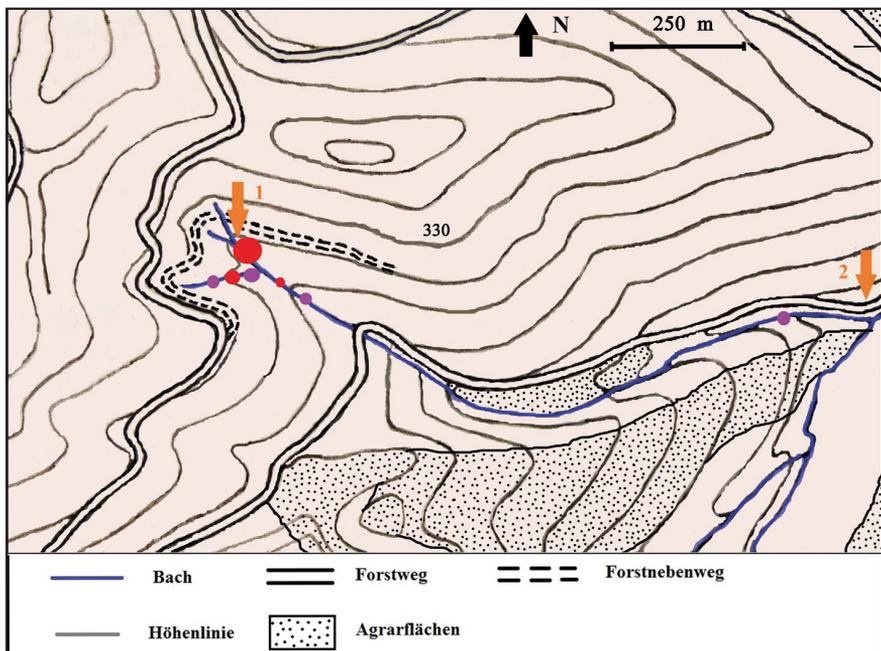


Abbildung 2: Die Fundstellen der *Cordulegaster bidentata* am Tiefen Graben. – Figure 2. Recording sites of *Cordulegaster bidentata* along the stream Tiefen Graben. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: ● Hauptpatrouillenstrecke mit bis zu 20 ♂♂ pro Tag, main patrol stretch with up to 20 males flying per day; ● 2–5 Imagines pro Tag, per day; ● 0–2 Imagines pro Tag, per day; ● 2 Larven gefunden, 2 larvae found; ● 1 Larve gefunden, 1 larva found; Pfeil 1 zeigt auf die Markierungs- und Zählstelle, Pfeil 2 auf das untere Ende der Bachstrecke, die nach Larven abgesucht wurde; arrow 1 indicates the marking and counting station, arrow 2 the lowest point of larval investigation.



Abbildung 3: Die Gabelung des nördlichen Quellastes des Tiefen Grabens mit der Zählstelle links am Rande der Gabel (07.08.2017). – Figure 3. The fork of northern branch of the stream Tiefer Graben showing the counting station on the left side of the fork (07-viii-2017). Photo: JT



Abbildung 4: Der südliche Quellast des Tiefen Grabens im unteren Abschnitt, Fundort von zwei Larven der *Cordulegaster bidentata* (16.10.2017). – Figure 4. Low section of southern branch of the stream Tiefer Graben, where two larvae of *Cordulegaster bidentata* have been found (16-x-2017). Photo: JT

Ablauf und Methodik der Untersuchungen

1. Die regionalen Quellbachuntersuchungen in den Jahren 2015 und 2017

Im Zuge seiner mehrjährigen Kartierungen von Imagines der *C. bidentata* in Nord- und Mittelhessen untersuchte der Autor am 20. Juli 2015 fast alle Quellbäche, die dem Rautenbach bei Ziegenhagen zufließen (Näheres zur Methodik der Kartierung bei TAMM 2017a). Außerdem untersuchte der Autor an diesem Tag die Quellbäche, die auf der Abbildung 1 östlich des Rautenbachsystems dargestellt sind und direkt oder über den Hungershäuser Bach in die Werra entwässern. Nicht untersucht wurde dort der Kalkbach am Rodeberg.

Nachdem im Jahr 2016 die Frage nach der Herkunft der Imagines der *C. bidentata* am Tiefen Graben aufgetaucht war, wurden im Jahr 2017 alle Bäche im Darstellungsbereich der Abbildung 1 abermals oder erstmals nach Imagines abgesehen, und zwar wie folgt:

3. Juli 2017, R. Horn: Kalkbach Rodeberg und Stiedenröder Bach; leicht bewölkerter Himmel, Temperaturen um 25°C.

5. und 6. Juli 2017, J. Tamm: Bäche, die schon im Jahr 2015 kartiert worden waren, und Bäche im niedersächsischen Teilgebiet; sonniges Sommerwetter, Temperaturen 26–29°C.

29. Juli 2017, A. Pix: Quellläste des Rautenbaches und alle dessen westlichen Nebenbäche; sonniges Wetter.



Abbildung 5: Das steinige Bachbett im nördlichen Quellast des Tiefen Grabens (16.10.2017). – Figure 5. The stony streambed of the northern branch of Tiefer Graben. (16-x-2017). Photo: JT

Darüber hinaus wurde der Stiedenröder Bach von der Quelle bis 800 m unterhalb derselben nach Larven der *C. bidentata* abgesucht. Dazu wurde das Weichsubstrat des Baches mit Küchensieben (Durchmesser 16 cm, Maschenweite 1 mm) durchsiebt. Die Siebuntersuchungen fanden am 13. Oktober 2017 (J. Tamm über 2,5 h) und am 16. Oktober 2017 (A. Pix über 2,0 h) statt. Die Frequenz der Probenentnahmen betrug etwa 1,5/min.

2. Die Untersuchungen am Tiefen Graben

a) Voruntersuchungen und Sanierungsarbeiten am Bach

Bei der Erstkartierung im Untersuchungsraum am 20. Juli 2015 wurde der gesamte Quellbereich des Tiefen Grabens bis hinab zum Zusammenfluss der beiden Hauptquellläste nach Imagines der *C. bidentata* abgesucht.

Die Quellläste und die oberen 50 m des vereinigten Hauptbaches waren zu dieser Zeit auf einer Länge von ca. 350 m Länge massiv mit Astabfällen aus einem Holzeinschlag im Februar und März 2015 abgedeckt. Nur an wenigen kleinen Stellen trat noch Bachwasser offen zu Tage. Außerdem standen die drei Quellen durch die starke Zerfahrung des direkt darunter vorbeiführenden Erdweges durch forstliche Großmaschinen nicht mehr in direkter Fließverbindung mit den anschließenden Quellabflüssen. Stattdessen waren sie durch tiefe Fahrspuren, gefüllt mit stagnierendem Wasser, von diesen getrennt.

Wegen der ansonsten sehr günstig erscheinenden Bachstruktur bat der Autor zusammen mit dem von ihm verständigten Arbeitskreis Werra-Meißner der Hessischen Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz (HGON) das zuständige Forstamt Hessisch Lichtenau um Beseitigung der Astabdeckung und Wiederanbindung der Quellen an die Quellabflüsse.

Im März 2016 ließ das Forstamt Hessisch Lichtenau die gesamten Astabfälle vom Quellbach abräumen und in die umliegenden Waldflächen ziehen. Außerdem wurden die Quellen mittels eines Baggers mit Profilschaufel wieder an die Quellabflüsse angeschlossen und die Wegüberläufe naturnah modelliert. Näheres zu diesen Maßnahmen wird bei MEUSEL & TAMM (2016) mitgeteilt.

b) Die Untersuchungen im Jahr 2016

Am 19. August 2016 besichtigte J. Tamm den freigeräumten Quellbach und kontrollierte ihn auf Wiederbesiedlung durch *C. bidentata*. Die anwesenden Imagines wurden von 13 bis 17 h MESZ (alle weiteren Uhrzeiten in MESZ) unter Verwendung eines Feldstechers 10×40 mit Möglichkeit zur Nahadaptation beobachtet, gezählt und z.T. fotografiert.

Um die Anzahl der am Bach anwesenden Imagines präziser zu ermitteln, bezogen J. Tamm und A. Pix am 23. August 2016 zwischen 10:30 und 17:30 h bei sonnigem Wetter die künftige Markier- und Zählstelle am Zusammenfluss des nördlichen Hauptquellastes und seines Nebenastes. Dort lag die Hauptaktivität der adulten Männchen (Abb. 2, 3).

Die Männchen, die über dem Quellbach vorbeipatrouillierten, wurden mit einem über den Bach gelegten Bügelnetz gefangen (Bügeldurchmesser 40 cm, grüner Netzbeutel, Stiellänge 130 cm). Dann wurden sie dem Netz entnommen, fotografiert und jeweils auf einem Flügel schwarz und wasserfest mit einem Filzstift markiert. Diese arbeitsteilig eingespielte Prozedur dauerte jeweils rund eine Minute. Sofort danach wurden die Tiere wieder freigelassen. Schon markierte Individuen, die nochmals gefangen wurden, wurden nur identifiziert und sogleich freigelassen.

Die anwesenden Weibchen wurden nicht gefangen, weil diese wenigen reproduktiven Tiere keinen Störungen oder Beeinträchtigungen ausgesetzt werden sollten.

Am 28. August 2016 durchsuchte A. Pix die Quellbäche und den anschließenden Hauptbach über drei Stunden mit der Siebmethode. Wiederum wurde dazu das Weichsubstrat des Baches mit einem Küchensieb (Durchmesser 16 cm, Maschenweite 1 mm) nach Larven durchsiebt. Gleichzeitig beobachtete er die anwesenden Imagines. Auf Grund dieser Beobachtungen wurde im Untersuchungsjahr 2016 auf weitere Zählungen verzichtet und beschlossen, die Markierungsexperimente im folgenden Jahr in größerem Umfang fortzusetzen.

Am 22. September 2016 durchsiebten A. Pix und J. Tamm abermals den Quellbereich des Tiefen Grabens über zwei Stunden.

c) Die Untersuchungen im Jahr 2017

Am 24. Juni 2017 zwischen 10:30 und 18:00 h markierten und fotografierten J. Tamm und A. Pix wiederum an der o.g. Markier- und Zählstelle des Tiefen Grabens die patrouillierenden ♂♂ der *C. bidentata*. Von der oben beschriebenen Methodik wurde nur insofern abgewichen, als nun die Flügel mit schnell trocknendem Nagellack in unterschiedlichen Farbkombinationen markiert wurden. Zur Anwendung kamen das Rot „Orange Attack“ (Nr. 341) und das Gelb „Electric Yellow“ (Nr. 749) der Firma Maybeline, New York, sowie das Hellblau „Feelin'Fly“ (Nr. 855) der Firma Manhattan, Paris. Die Markierungen wurden quer über die Vorderflügel ein- oder beidseitig, einfach oder doppelt aufgetragen. Hierdurch konnten die markierten Libellen ohne Wiederfang über die gesamte Flugzeit individuell wiedererkannt werden.

Es folgten bis zum 23. August 2017 neun Zähltage, an denen die markierten und unmarkierten ♂♂, die an der o.g. Markier- und Zählstelle vorbeiflogen, gezählt wurden (Tab. 1). Dabei wurden jeweils die Uhrzeiten und die Flugrichtungen bachaufwärts oder bachabwärts notiert.

Die markierten ♂♂ wurden möglichst individuell registriert, um Einblicke in das individuelle Verhalten zu ermöglichen. Das gelang in über 90 % der Passagen. Männchen, die sich abseits der Zählstelle zeigten, wurden nicht mitgezählt, doch wurde ihr Verhalten ebenso beobachtet und registriert, wie dasjenige der ♂♂, die die Zählstelle passierten. Die ♀♀ wurden generell weder gefangen noch markiert.

Die Imagines wurden nicht nur an der Zählstelle erfasst, sondern stichprobenartig auch am südlichen Quellbach, der von der Zählstelle her nicht eingesehen werden kann. Dazu wurde dieser Abschnitt jeweils ein- bis zweimal pro Zähltag 10–15 min lang abgesucht. Diese Zählergebnisse gingen jedoch nicht in die quantitative Auswertung des Patrouille-Verhaltens der ♂♂ mit ein.

Da ab dem 14. August keine Imagines mehr beobachtet wurden, wurden die Zählensätze am 23. August 2017 beendet.

Mit der Siebmethode wurden im Jahr 2017 an drei Untersuchungstagen Larven gesucht. Einzelheiten über die die Bearbeitungsstage, die untersuchten Bachabschnitte, die Bearbeiter und die jeweilige Dauer der Arbeitseinsätze sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

d) Exuviensuche im Jahr 2018

Exuvien wurden im Jahr 2018 an drei Tagen jeweils vom späten Vormittag bis zum Abend gesucht:

Am 21. Mai über 6,5 h; abgesucht wurde die gesamte Bachstrecke mit Nebenästen oberhalb des unteren Hauptweges (siehe Abb. 2).

Am 28. Mai über 8,0 h; Suchstrecke wie zuvor, doch zusätzlich noch der Bachlauf unterhalb des unteren Hauptweges bis um unteren Ende der insgesamt untersuchten Bachstrecke (Abb. 2), ausgenommen der überwucherte Bachabschnitt neben der großen Waldwiese.

Am 5. Juni über 3,5 h; Suchstrecke wie am 21. Mai; zusätzlich untersuchte auch A. Pix.

Die Suche erfolgte vom Bach aus etwa 10 m nach beiden Seiten unter Verwendung eines Fernglases 10×40 mit Nahfokussierung. Es wurde die Ufervegetation durchsucht sowie Reisig, Geäst, Stubben und Bäume bis in etwa 6 m Höhe abgesucht. An den Fundstellen der Exuvien jeweils notiert wurden 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. Die Exuvien wurden abgesammelt, als Belegstücke mitgenommen und ihr Geschlecht bestimmt. Einzelheiten über die Methodik der Exuviensuche werden bei TAMM (in prep.) mitgeteilt.

e) Begleitmessungen zur abiotischen Situation

Die folgenden vier abiotischen Parameter wurden am Tiefen Graben gemessen:

Das Gefälle: ermittelt an repräsentativen Abschnitten des Bachlaufes mit einem auflegbaren Neigungsmesser, der aus einer gegeneinander klappbaren Halterung eines Außenbordmotors mit Winkelskala bestand.

Die Abflussmengen: gemessen am 18. Juli 2017 (Niedrigwasser) und am 14. August 2017 (Hochwasser) im nördlichen Quellast 10 m oberhalb seiner Vereinigung mit dem südlichen Quellast. Dazu wurde der gesamte Durchfluss durch eine Kerbe geleitet und mehrmals 5 s lang mit einem Küchen-Messbecher aufgefangen. Danach wurden die Werte gemittelt.

Tabelle 1: Übersicht über den Ablauf der Untersuchungen an *Cordulegaster bidentata* am Tiefer Graben im Kaufunger Wald im Jahr 2017. – Table 1. Overview of the course of investigations on *Cordulegaster bidentata* on the stream “Tiefer Graben” in the forest area of Kaufunger Wald in 2017.

Datum	Zeitraum (MESZ)	Witterung	Ort	Methode	Bearbeiter
24.06.	10:30–18:00	Sonnig, um 24°C	Zählstelle	Markieren ♂♂, Zählen	A. Pix, J. Tamm
30.06.	12:30–16:45	Bewölkt, um 20°C	Zählstelle	Zählen	A. Pix, J. Tamm
30.06.	13:30–14:45	–	Hauptbach, Quellast S	Sieben	P. Masius
03.07.	10:00–18:00	Leicht bewölkt, um 25°C	Zählstelle	Zählen	A. Pix, J. Tamm
06.07.	17:00–18:30	Sonnig, um 28°C	Zählstelle	Zählen	J. Tamm
18.07.	15:40–18:35	Sonnig, um 28°C	Zählstelle	Zählen	J. Tamm
21.07.	11:20–18:00	Sonnig, um 26°C	Zählstelle	Zählen	A. Pix, J. Tamm
04.08.	11:00–16:00	Bewölkt, um 21°C	Zählstelle	Zählen	A. Pix, R. Horn
07.08.	14:35–17:20	Sonnig, um 26°C	Zählstelle	Zählen	A. Pix, J. Tamm
08.08.	10:30–13:30	Leicht bewölkt, um 25°C	Zählstelle	Zählen	J. Tamm
14.08.	13:40–14:15	Anfangs sonnig, dann Wolkendecke, von 24 auf 18°C abkühlend	Zählstelle	Zählen; Abbruch wg. Regenaussicht	J. Tamm
23.08.	13:00–14:45	Leicht bewölkt, um 23°C	Zählstelle	Zählen	J. Tamm
13.10.	11:15–15:30	Bewölkt, um 16°C	Hauptbach, Quellast S	Sieben (Dauer 4 h)	A. Pix
13.10.	11:15–12:00	–	Hauptbach	Sieben (Dauer 1 h)	J. Tamm
16.10.	11:00–12:00	Leicht bewölkt, um 19°C	Hauptbach	Sieben (Dauer 1 h)	A. Pix
16.10.	11:00–15:30	–	Hauptbach	Sieben, Graben (Dauer 3,5 h)	J. Tamm
04.11.	11:00–16:00	Bewölkt, um 10°C	Hauptbach, Mittellauf	Sieben (Dauer 5 h)	J. Tamm

Der pH-Wert im Bachwasser: gemessen monatlich einmal mit Universal-Indikatorpapier pH 1–14 der Fa. Machery-Nagel, Düren.

Die Lufttemperaturen: gemessen an jedem Untersuchungstag an der Zählstelle, 2 m neben dem Bach und 0,50 m über dem Boden, mit einem analogen Außen-thermometer der Firma Lantelme.

Die Daten zur regionalen Wettersituation wurden vom Deutschen Wetterdienst Offenbach, Wetterstation Göttingen, übernommen.

Ergebnisse

Die Population der *Cordulegaster bidentata*

1. Die Vorkommen im Gesamtgebiet

Im gesamten Untersuchungsraum wurde *C. bidentata* an sieben der 21 untersuchten Quellbäche gefunden. Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die Lage der Fundstellen. Die Art trat aber nur am Tiefen Graben mit zahlreichen Imagines und Exuvien sowie mit wenigen Larven auf (siehe das folgende Unterkapitel). An den übrigen Fundstellen wurde sie nur vereinzelt als Imago gefunden. Die Larvensuche im Stiedenröder Bach blieb erfolglos. Die Imagines traten jeweils immer nur an einem der Beobachtungstage auf, und zwar in vier der sechs Fälle als einzeln patrouillierende ♂♂. Nur am Quellbach im Dragonerloch patrouillierten 2 ♂♂ (am 05. Juli 2017), und am Quellabschnitt des Hüttengrabens im niedersächsischen Teilgebiet waren neben einem patrouillierenden ♂ auch 2 ♀♀ bei der Eiablage (am 06. Juli 2017).

Markierte ♂♂ wurden ausschließlich am Tiefen Graben gefunden, trotz gründlicher Suche an den übrigen Bächen des Gebietes.

2. Das Hauptvorkommen am Tiefen Graben

a) Entdeckung und erste Ergebnisse in den Jahren 2015 und 2016

Im ersten Untersuchungsjahr 2015, als die Quellläste des Tiefen Grabens bis unterhalb ihrer untersten Vereinigung massiv von Astmaterial überdeckt waren, wurden dort am 20. Juli, also zur Hauptflugzeit, trotz intensiver Suche keine Imagines der *C. bidentata* angetroffen.

Am 19. August 2016, vier Monate nach der Beseitigung der Astüberdeckung, konnten am nördlichen Quellast 5 ♂♂ und ein Eier legendes ♀ festgestellt werden. Die ♂♂ waren durch günstige Umstände gleichzeitig zu sehen: zwei von ihnen kämpften über der oberen Quellastgabel, zwei weitere patrouillierten kurz hintereinander weiter bachabwärts und eines sonnte sich auf einem dünnen Ast in einer Buchenkrone. Das ♀ wurde bei der Eiablage nahe der nördlichen Hauptquelle von einem ♂ ergriffen und zur Kopula in die Baumkronen gezogen.

Am 23. August 2016 wurden 5 ♂♂ an der Zählstelle in Zeitabständen von etwa 30 min gefangen und individuell markiert. Von diesen fünf Individuen wurden im

Tabelle 2: Die Anzahlen der Passagen der ♂♂ von *Cordulegaster bidentata* an der Zählstelle des Tiefen Grabens während der drei Hauptzähltag(e) (**n**), die Anzahlen der Passagen der markierten ♂♂ (**m**); hinzu der Anteil der markierten ♂♂ an der Gesamtzahl der ♂♂ (%). – Table 2. Numbers of males of *Cordulegaster bidentata* passing the stream counting station during the three main counting days (**n**), numbers of marked males passing this station (**m**); additionally the proportion of marked males in the total amount of males (%).

Datum	n	m	Anteil m an n (%)
03.07.	155	92	59
18.07.	71	55	77
21.07.	125	64	51
total	351	211	60

weiteren Tagesverlauf vier jeweils einmal wiedergefangen. Nur das ♂ Nr. 4 wurde kein zweites Mal gefangen.

Der Zeitraum zwischen Erst- und Zweitfang betrug 2–2,5 Stunden. Nur das ♂ Nr. 5 erschien bereits nach einer halben Stunde erneut im Netz. Nach dem Wiedergefang dieses letzten Individuums gegen 17:00 h erschienen keine ♂♂ mehr.

Zwischenzeitlich hielt sich zudem ein Eier legendes ♀ am Bach nahe der Zählstelle auf.

Andererseits verlief die gründliche Suche nach Larven der *C. bidentata* in den Quellbachästen des Tiefen Grabens im Herbst 2016 erfolglos. Dabei fiel auf, dass das Angebot an Beutetieren für die Larven sehr gut war. Im organischen Substrat befanden sich 30 bis 150 Ex. des *Gammarus* spec. pro Siebfüllung sowie häufig Larven der Köcherfliege *Sericostoma* spec.

b) Die Ergebnisse der Hauptuntersuchungen im Jahr 2017

Am 24. Juni 2017 zwischen 10:35 und 17:45 h wurden an derselben Zählstelle des Vorjahres 17 patrouillierende ♂♂ gefangen und individuell farbmakriert. Bei Beendigung der Fang- und Markierungsarbeiten flogen noch zwei unmarkierte ♂♂ an der Zählstelle. Außerdem erschien dort 1 ♀ und legte etwa 10 min lang Eier ab. Somit waren an diesem Tag mindestens 20 Imagines zugegen.

Am 30. Juni 2017 wurden die an der Zählstelle vorbeifliegenden ♂♂ im Zeitraum von 12:30 bis 16:45 h gezählt. An diesem Tag wurden jedoch nur 20 Vorbeiflüge festgestellt. Diese beschränkten sich zudem auf wenige, kurze Aktivitätsphasen offenbar einzelner ♂♂. Ein markiertes ♂ flog um 13:02 h nur einmal vorbei, ein zweites patrouillierte im Zeitraum von 16:08 bis 16:41 h neunmal vorbei und blieb dabei alleine. Ansonsten gab es nur noch zwei weitere enge Aktivitätsphasen unmarkierter ♂♂ im Zeitraum von 14:55 bis 15:38 h (7 Passagen) und um 16:45 h (3 Passagen).

Tabelle 2 gibt die Zählergebnisse von den drei Zähltag(en) mit starkem Flugtrieb für alle gezählten ♂♂ und die markierten ♂♂ einzeln und als Gesamtsumme

Tabelle 3: Die Ergebnisse der Suche nach Larven der *Cordulegaster bidentata* im Ober- und Mittellauf des Tiefen Grabens mit der Siebmethode. – Table 3. The results of search for larvae of *Cordulegaster bidentata* by sieving in the upper and middle sections of the forest stream Tiefer Graben. – Abkürzung, abbreviation: t Untersuchungszeiten, time of investigations.

Datum der Untersuchung	Anzahl Larven	Längen (mm)	Bearbeiteter Bachabschnitt	Sieber	t (h)
28.08. 2016	–	–	Quellläste, Hauptbach oben	A. Pix	3
22.09. 2016	–	–	Quellläste, Hauptbach oben	A. Pix	2
22.09. 2016	–	–	Quellläste, Hauptbach oben	J. Tamm	2
30.06.2017	2	27, 20	Quellast Süd, Hauptbach oben	P. Masius	1¼
13.10. 2017	1	35	Quellast Süd, Hauptbach oben	A. Pix	4
13.10. 2017	–	–	Quellast Nord, Hauptbach oben	J. Tamm	1
16.10. 2017	1	40	Hauptbach oben	A. Pix	1
16.10. 2017	–	–	Hauptbach oben, Quellläste	J. Tamm	3½
04.11. 2017	1	35	Hauptbach Mitte	J. Tamm	5

wieder. Außerdem beziffert sie den Anteil der markierten ♂♂ an der jeweiligen Gesamtzahl der vorbeigeflogenen ♂♂.

Darüber hinaus wurden am südlichen Quellbach des Tiefen Grabens ein patrouillierendes ♂ (24. Juni) und ein Eier legendes ♀ (18. Juli) angetroffen.

Im Gegensatz zu dieser beträchtlichen Präsenz der Imagines blieb die Zahl der Larven im Tiefen Graben gering. Nachdem dort im Vorjahr gar keine Larven gefunden wurden, waren es im Jahr 2017 fünf Larven (Tab. 3). Die Fundstellen sind in Abb. 2 dargestellt. Dabei handelte es sich ausschließlich um mittelalte bis alte Larven.

c) Die Ergebnisse der Exuvien-Untersuchungen im Jahr 2018

Im Jahr 2018 wurden am Tiefen Graben 40 Exuvien der *C. bidentata* gefunden. Davon stammten 22 von männlichen und 18 von weiblichen Individuen. Die Ergebnisse dieser Exuvien-Untersuchung mit Strukturanalyse der Fundstellen und Schlussfolgerungen für die Erfassungsmethodik bei *C. bidentata*, werden in einem gesonderten Beitrag publiziert (TAMM in prep.).

Beobachtungen zum Verhalten der Imagines

1. Die allgemeinen Flugaktivitäten

Neun der 17 farbmarkierten ♂♂ wurden am Tiefen Graben im Laufe des Sommers 2017 wiederbeobachtet. Die individuelle Erkennbarkeit ohne die Notwendigkeit eines Wiederfanges erlaubte es, ihre ungestörten Flugaktivitäten zu verfolgen. Dies geschah vor allem durch die Aufzeichnung der Anzahl und Richtung der Patrouillenflüge an der Zählstelle.

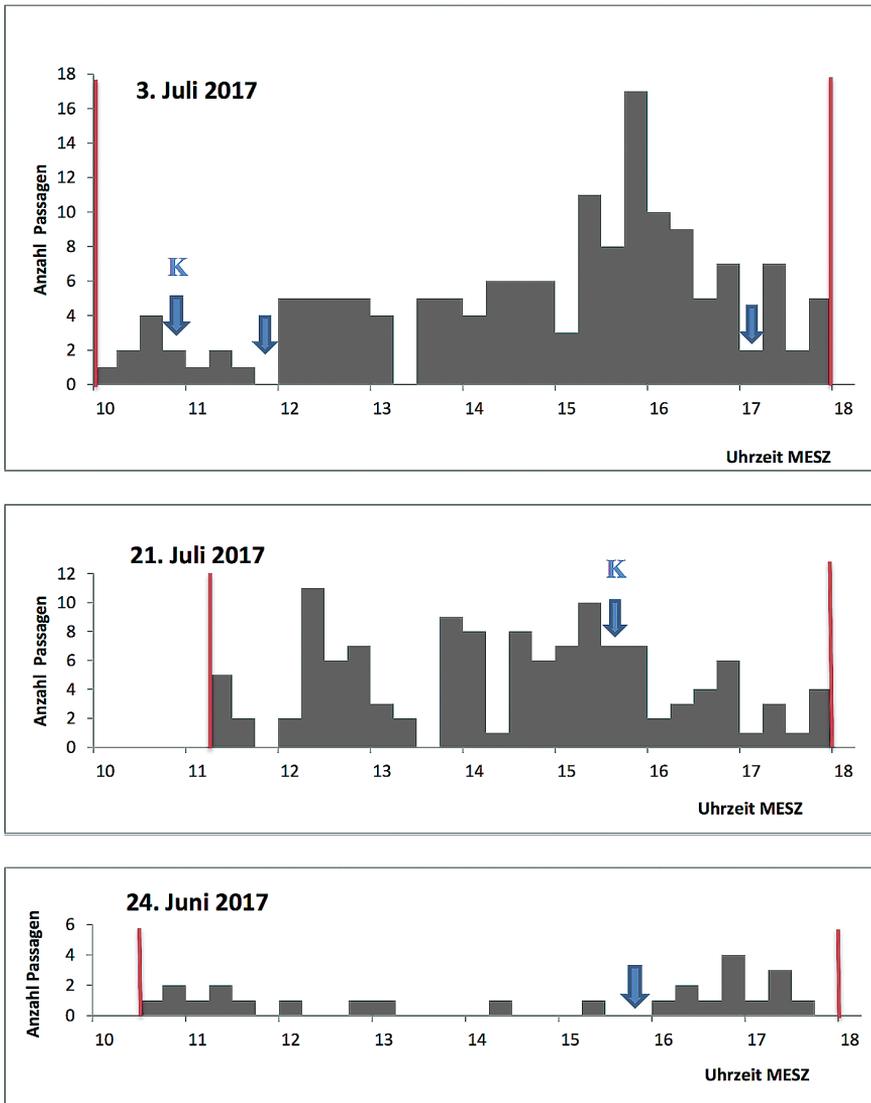


Abbildung 6: Die Anzahlen der Vorbeiflüge aller Männchen von *Cordulegaster bidentata* im Verlauf der drei Hauptbeobachtungstage am Tiefen Graben im Jahr 2017. – Figure 6. Numbers of passing flights of males of *Cordulegaster bidentata* at the stream Tiefer Graben during the three main counting days. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: Senkrechte rote Linien, vertical red lines: Beginn und Ende der Untersuchungszeit, beginn and end of counting period ; blauer Pfeil, blue arrow: Auftreten eines Weibchens, arrival of a female; K Koptula eingeleitet, initiated.

Tabelle 4: Die Anzahl der Passagen der markierten Männchen von *Cordulegaster bidentata*, die an der Zählstelle am Tiefen Graben beobachtet wurden, insgesamt sowie getrennt nach den verschiedenen Zähltagen und nach den Passagen, die bachaufwärts und bachabwärts führten. – Table 4. Numbers of flights of the marked males of *Cordulegaster bidentata* passing the stream counting station during the counting days; additionally the numbers of upstream and downstream flights. – Abkürzungen zu den farbmarkierten Männchen, abbreviations on colour signed males: **B** blau markiert, signed blue; **G** gelb, yellow; **R** rot, red.

Individuell markierte ♂♂	Anzahl der Passagen der markierten ♂♂							aufw.	abw.
	total	24.06.	30.06.	03.07.	06.07.	18.07.	21.07.		
B/O	68	1	9	17	2	10	29	49	18
B/B	48	1	1	28	–	18	–	30	17
O/B	46	1	–	5	4	13	23	30	15
G/B	25	–	–	18	3	2	2	20	5
O/G	20	1	–	6	6	7	–	15	4
G/G	15	2	–	2	2	3	6	10	3
R/B	14	–	–	9	–	2	3	7	7
R/O	9	–	–	8	–	–	1	7	2
2G/2G	1	–	–	–	1	–	–	1	–
Σ	246	6	10	93	18	55	64	169	71

Tabelle 4 fasst die Daten der Tage zusammen, an denen markierte ♂♂ beobachtet wurden. Insgesamt wurden 246 Passagen markierter ♂♂ erfasst. Davon führten 70 % bachaufwärts.

Am 24. Juni 2017, dem Markierungstag, war der Flugbetrieb in Folge langer Abwesenheiten der ♂♂ nach ihrem Fang deutlich reduziert. Am 6. Juli wurde nur am Spätnachmittag gezählt, so dass die Anzahl der gezählten Passagen gering war. An den übrigen drei Zähltagen im Juli fanden jeweils zwischen 55 und 93 Passagen statt. An den Zähltagen im August wurden keine markierten Individuen mehr beobachtet, sondern nur noch insgesamt 15 Passagen unmarkierter ♂♂. Ab dem 14. August 2017 wurden gar keine Imagines mehr festgestellt.

Der Tagesverlauf der Flugaktivitäten während der drei Zähltag, an denen ganztags Patrouillen stattfanden, wird in Abbildung 6 dargestellt. Auch hier zeigt es sich, dass der Patrouillenbetrieb am Markierungstag stark reduziert war.

An den beiden langen, ungestörten Zähltagen mit Flugbetrieb deuten sich eine Aktivitätsphase am späten Vormittag, eine leichte Mittagsdepression und eine Hauptaktivitätsphase am späten Nachmittag an. Die starke Flugaktivität am Spätnachmittag wurde auch an den verkürzten Zähltagen des 6. und 18. Juli beobachtet (hier nicht dargestellt), während die Ergebnisse des 30. Juni wegen des weitgehend fehlenden Patrouillenbetriebs keine diesbezügliche Aussage zulassen.

Die Anzahl der ♀♀, die allesamt zur Eiablage an den Bach kamen, war zu gering, um zeitliche Aktivitätsmuster erkennen zu lassen. Allerdings erschienen von den acht beobachteten ♀♀ (2 im Jahr 2016, 6 im Jahr 2017) sechs erst am Nachmittag, in der Zeit zwischen 15:00 und 18:00 h. Nur 2 ♀♀ zeigten sich bereits um 10:50 und zwischen 11:18 und 11:47 h (am 3. Juli). Das erste Individuum wurde nach 6 min nach seinem Erscheinen zur Kopula ergriffen, ebenso 1 ♀ am 21. Juli um 15:52 h (siehe auch Abb. 6 und das folgende Unterkapitel).

2. Die individuellen Flugaktivitäten

Die Analyse des individuellen Flugverhaltens offenbart ausgeprägte Unterschiede zwischen den patrouillierenden ♂♂, sowohl im saisonalen als auch im circadianen Aspekt.

Zunächst fällt auf, dass 66 % der Passagen von nur drei sehr aktiven ♂♂ durchgeführt wurden (Tab. 4). Von diesen war jedoch nur das ♂ B/0 durchgängig an allen drei Hauptzähltagen dominant. Das ♂ 0/B trat dagegen anfangs, am 3. Juli 2017, kaum in Erscheinung, wurde aber an den beiden folgenden Hauptzähltagen dominant. Umgekehrt verhielt sich ♂ B/B, das an den beiden ersten Hauptzähltagen das häufigste Individuum, aber am letzten Hauptzähltag nicht mehr anwesend war.

Drei weitere ♂♂ patrouillierten zwar regelmäßig, aber zumeist nur wenige Male pro Tag. Eine Ausnahme machte das ♂ G/B, das am 3. Juli einmal zu den dominanten Individuen gehörte. Das ♂ 0/G fehlte ebenfalls schon am 21. Juli. Zwei weitere ♂♂ erschienen nur selten, wobei der Spezialfall des ♂ R/0 in einem gesonderten Unterkapitel behandelt wird (s.u.).

Alle patrouillierenden ♂♂ zeigten Gemeinsamkeiten und individuelle Unterschiede im circadianen Aktivitätsmuster (Abb. 7–13). Allen ♂♂ gemeinsam waren die regelmäßigen Wechsel zwischen Flug- und Ruhephasen. Beide Phasen konnten jeweils zwischen 15 und 200 min dauern. Die meisten ♂♂ zeigten eine kurze Spätmittags- und eine intensivere Nachmittagsaktivität.

Die individuellen Unterschiede im circadianen Aktivitätsmuster seien am Beispiel der fünf flugaktivsten ♂♂ aufgezeigt:

- Die dominanten ♂♂ B/0 und B/B legten nach einer mäßigen Vormittagsaktivität eine mehr oder weniger ausgeprägte Mittagspause ein (Abb. 11–12). Am Nachmittag patrouillierten sie lange und intensiv, nur selten unterbrochen von kurzen Pausen. Ihr fast synchrones Verhalten an den beiden gemeinsamen Flugtagen machte den Eindruck einer festen Flugpartnerschaft. Am letzten Flugtag war B/B allerdings nicht mehr anwesend.
- Das dominante ♂ 0/B setzte hingegen seine mäßige Vormittagsaktivität über den Mittag hinaus fort; das Nachmittagsmaximum konnte bei ihm entfallen oder auf den frühen Nachmittag vorgezogen sein.
- Das ♂ G/B zeigte nur eine schwache Vormittags- und Spätnachmittagsaktivität. Dafür legte es am 3. Juli ein ausgeprägtes Aktivitätsmaximum auf den frühen Nachmittag, als kein anderes ♂ flog. Außerdem patrouillierte es nochmals am Abend, als die anderen ♂♂, mit Ausnahme von 0/G, bereits ihre Patrouillen

beendet hatten. Es entstand der Eindruck, dass dieses ♂ die Ruhepausen der anderen dominanten ♂♂ für seine Flüge ausnutzte.

- Das ♂ 0/G erschien an zwei der vier Zähltag seiner Anwesenheit kurzzeitig gegen Mittag, fehlte ansonsten den ganzen Tag über und patrouillierte dann erst gegen Abend, als die dominierenden ♂♂ schon verschwunden waren. Nur das ♂ G/B flog dann noch mit ihm (s.o.). Am letzten Zähltag, dem 21. Juli, trat 0/G jedoch nicht mehr an.

Auch die übrigen vier subdominanten ♂♂ ließen trotz der geringen Anzahl von Flügen ein individuelles Verhaltensmuster erkennen:

- Das ♂ G/G erschien an allen Zähltagen (und sogar am Markierungstag als einziges ♂ zweimal). Es verzichtete gänzlich auf Vormittagspatrouillen, flog aber nachmittags zu verschiedenen Zeiten einige wenige Patrouillen.
- Das ♂ R/B hatte nur einen markanten Auftritt am 3. Juli, als es zwischen 15:00 und 16:00 h neunmal passierte. Ansonsten erschien es nur noch einmal am letzten Zähltag, muss also in der gesamten Zeit zwar vorhanden, aber an der Zählstelle inaktiv gewesen sein.
- Das ♂ R/0 erschien ebenfalls nur wenige Male an der Zählstelle. Sein Verhalten war aber so ungewöhnlich, dass ihm das folgende Unterkapitel gewidmet wird.

3. Das Männchen R/0 – extreme Individualität bei Libellen

Das Männchen R/0 wurde am 24. Juni 2017 um 10:50 h als zweites Männchen des Tages markiert und erschien an diesem Tage nicht mehr an der Zählstelle. Danach konnte es überhaupt nur noch einmal im regulären Patrouillengeschehen beobachtet werden, als es am 3. Juli zwischen 15:00 und 16:00 h siebenmal in kurzer Folge die Zählstelle passierte.

Jedoch trat R/0 noch zwei weitere Male auf, am 3. Juli um 10:55 h und am 21. Juli um 15:52 h. In beiden Fällen erschien es auf die gleiche, aber völlig aus der Norm fallende Weise: Als sich gerade ein ♀ von *C. bidentata* am Bach eingefunden hatte und Eier legte, tauchte R/0 plötzlich in sehr niedrigem, zügigem Flug von unten her über dem Quellbach auf. Der Flug unterschied sich deutlich von den weniger zielgerichteten, weniger raschen Patrouillenflügen. R/0 ergriff das ♀ jeweils sicher und verschwand mit ihm im Paarungsrad in den Baumkronen.

Besonders im zweiten Fall, der sich nur 8 m von der Zählstelle entfernt abspielte, ging R/0 sehr geschickt vor: Es schoss extrem tief, fast das Wasser berührend, bis auf 50 cm an das ♀ heran und nutzte dabei die Deckung von Steinen aus. Vor einem größeren Stein, hinter dem das ♀ Eier ablegte, nahm R/0, für einige Sekunden auf der Stelle rüttelnd, Deckung. Als das ♀ für einen Augenblick höher über den Stein hinauswippte, schoss R/0 vor und ergriff es. Beide stiegen im Tandem sofort auf in die Baumkronen.

Es war R/0 gelungen, die beiden einzigen Kopulationen durchzuführen, die während der Untersuchung im Sommer 2017 beobachtet wurden. Und das gelang ihm trotz der Anwesenheit mehrerer intensiv patrouillierender, dominanter ♂♂

und mit seiner minimalen Patrouillenaktivität. Da dieses ♂ seine zweite Kopula am letzten Zähltag durchführte, an dem noch markierte ♂♂ auftraten, hielt es sich wahrscheinlich auch an den vorherigen Zähltagen im Gebiet auf.

Sonstige Beobachtungen

Sonnenplätze

Die Quellläste des Tiefen Grabens sind als Kerbtäler ausgebildet und liegen im Hochwald. Direktes Sonnenlicht erhalten sie nur als flüchtige Lichtflecken. Dort wurden daher im Untersuchungszeitraum nur zweimal je 1 ♂ sitzend in solch einem Sonnenfleck beobachtet. Ansonsten erschienen die ♂♂ nur zur Patrouille und Kopula am Bach, die ♀♀ zur Eiablage/Kopula.

Dennoch standen den Imagines dieser Lokalpopulation viele besonnte Ruheplätze zur Verfügung. Diese lagen zum einen entlang des Erdweges, der die drei Quellläste kurz unterhalb der Quellaustritte schneidet (vgl. Abb. 2). Die Hangböschung dieses Weges war über einen großen Teil des Tages sonnenexponiert und bot zahlreiche Sitzwarten in Form kahlen Geästs und Stauden des Roten Fingerhuts *Digitalis purpurea*. Dort wurden im Laufe der Untersuchung etwa zehnmals ♂♂ ruhend beim Sonnenbad angetroffen. Andreas Pix beobachtete und dokumentierte unter diesen am 3. Juli 2017 auch zweimal je ein markiertes ♂, und zwar B/B um 11:18 h und G/B um 13:20 h.

Zum anderen wurden die Baumkronen als Ruheplätze genutzt. Am 19. August 2016 um 16:30 h wurde beobachtet, wie 1 ♂ aus einer Patrouille neben der Zählstelle abdrehte und hinaufflog in die Krone einer Rotbuche *Fagus sylvatica*. Dort hängte es sich in etwa 10 m Höhe an einen Totast und blieb dort noch mindestens 10 min sitzen bis zum Ende der Beobachtungszeit.

Diskussion

Die Habitatstruktur

Die Population der *C. bidentata* am Tiefen Graben erlaubt einige Einblicke in ihre Biologie. Zunächst zeigte sie mit dem Auftreten mehrerer Imagines am Quellbachsystem nur wenige Monate nach dessen Freiräumung von einer massiven Astdecke, dass die dort vorhandenen Habitatstrukturen zu Recht als gut geeignet eingeschätzt wurden und dass die Räumungsaktion daher für die Art erfolgreich verlaufen konnte. Des Weiteren zeigte das Vorhandensein einiger Altlarven im Jahr 2017 und zahlreicher Exuvien im Jahr 2018, dass diese Individuen die einjährige massive Astabdeckung des gesamten Bachoberlaufes vom März 2015 bis März 2016 überlebt hatten.

Die Habitatstrukturen entsprachen im Wesentlichen den Kriterien, die in anderen deutschen Mittelgebirgen für *C. bidentata* festgestellt wurden (FRÄNZEL 1985; BUCHWALD 1988; DOMBROWSKI 1989; STÜMPPEL et al. 1998; STERNBERG et al. 2000; OTT 2013; LANG 2000; MÜLLER 2000; FROBEL & SCHLUMPRECHT 2015;

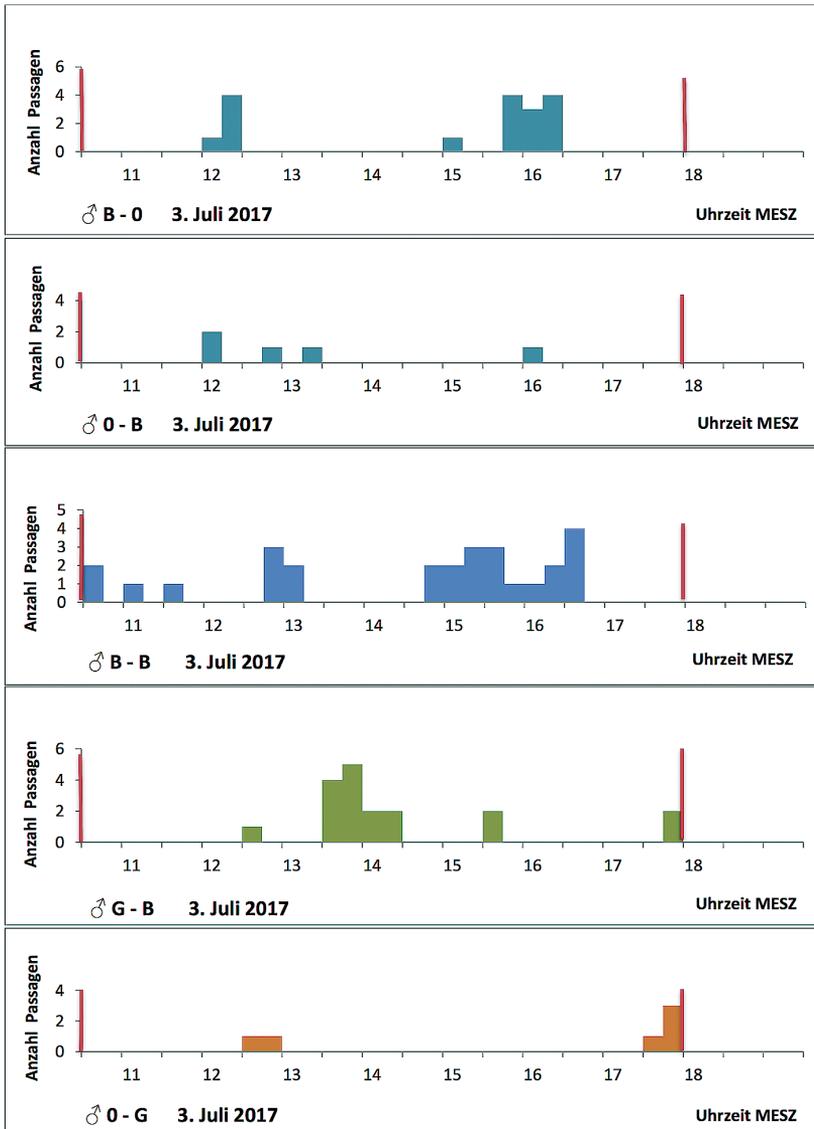


Abbildung 7: Die Anzahlen der Vorbeiflüge individuell farbmarkierter Männchen von *Cordulegaster bidentata* am Tiefer Graben im Verlauf des 03.07.2017. – Figure 7. Numbers of passing flights of individually color marked males of *Cordulegaster bidentata* at the stream Tiefer Graben during 03-vii-2017. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: Senkrechte, rote Linien, vertical red lines: Beginn und Ende der Untersuchungszeit, beginn and end of counting period.

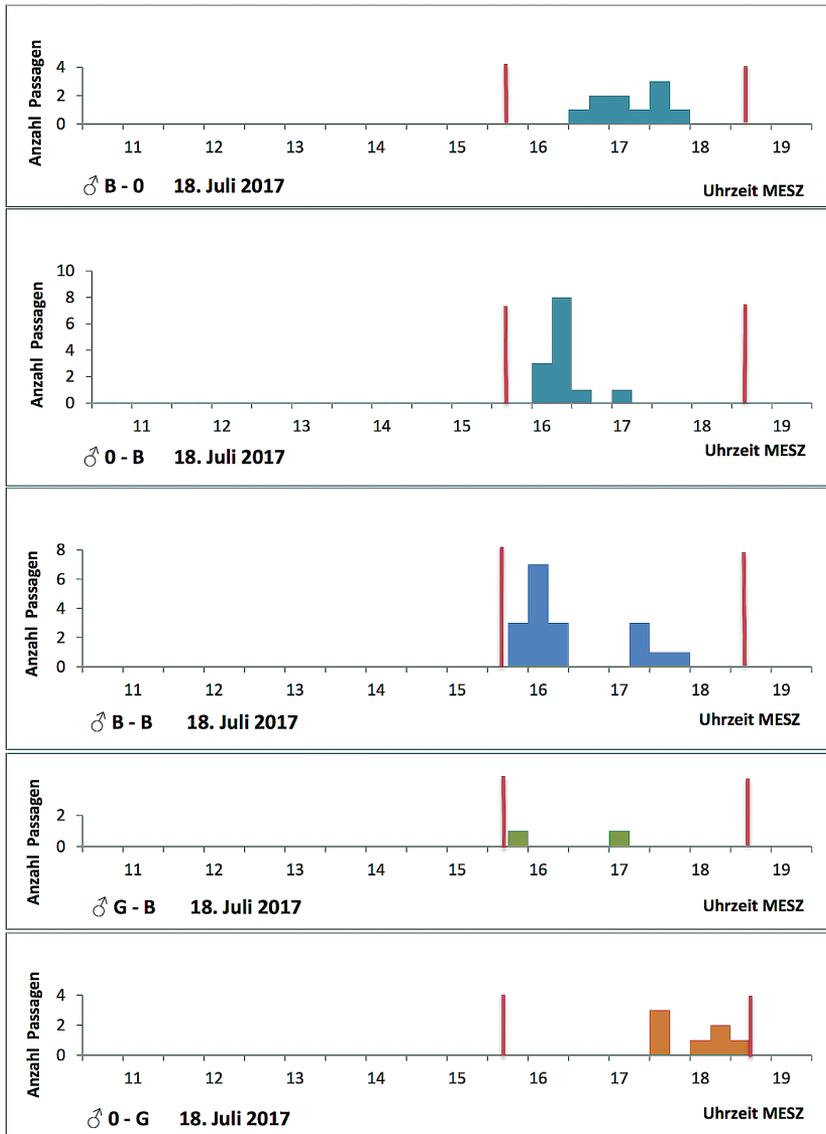


Abbildung 8: Die Anzahlen der Vorbeiflüge individuell farbmarkierter Männchen von *Cordulegaster bidentata* am Tiefen Graben im Verlauf des 18.07.2017. – Figure 8. Numbers of passing flights of individually color marked males of *Cordulegaster bidentata* at the stream Tiefer Graben during 18-vii-2017. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: Senkrechte, rote Linien, vertical red lines: Beginn und Ende der Untersuchungszeit, beginn and end of counting period.

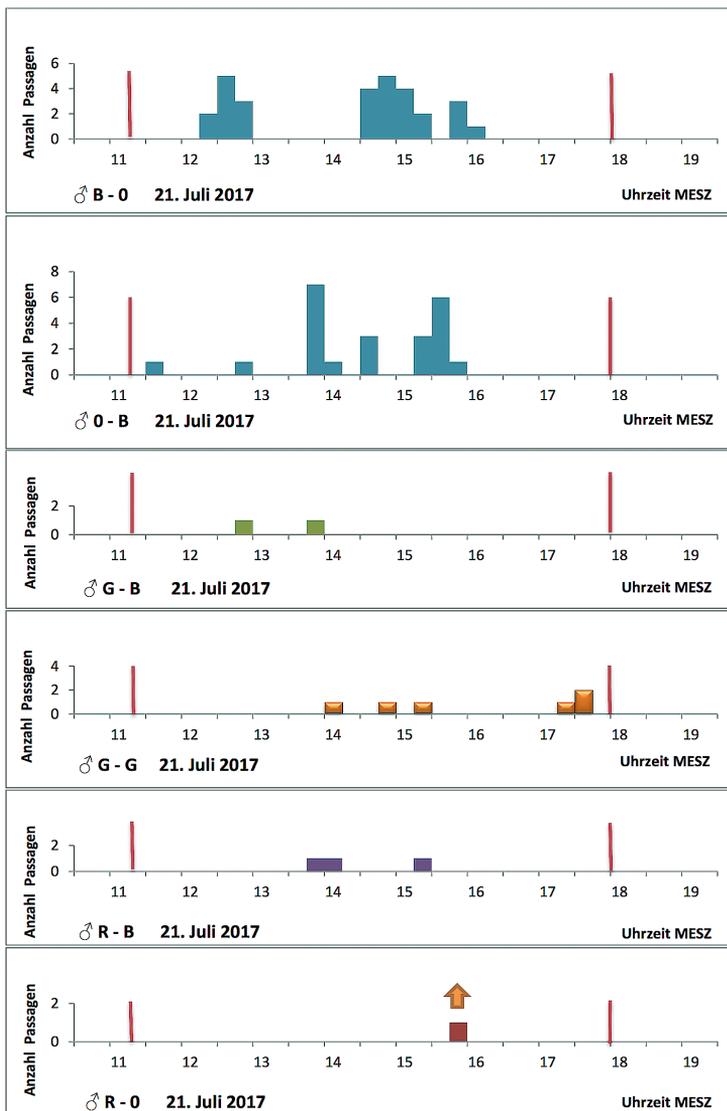


Abbildung 9: Die Anzahlen der Vorbeiflüge individuell farbmarkierter Männchen von *Cordulegaster bidentata* am Tiefen Graben im Verlauf des 21.07.2017. – Figure 9. Numbers of passing flights of individually color marked males of *Cordulegaster bidentata* at the stream Tiefer Graben during 21-vii-2017. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: Senkrechte, rote Linien, vertical red lines: Beginn und Ende der Untersuchungszeit, beginn and end of counting period; gelber Pfeil, yellow arrow: Abflug im Paarungsrad, departure of a mating wheel.

TAMM 2017a). Gegeben waren Laubwaldbedeckung, deutliche Hangneigung, zumeist grabfähiger Untergrund, keine volle Sonnenexposition, überwiegend freier Flugraum im Bachprofil, Quellbachverästelung, kein langes Trockenfallen, kein extrem saures Wasser, ein reiches Nahrungsangebot (Gammariden). Anthropogene Beeinträchtigungen beschränkten sich auf die Astabdeckung, die zwar massiv war, aber nur ein Jahr lang bestand, sowie auf die quellnahe Wegeführung, die aber durch weitgehenden Rückbau gemildert wurde.

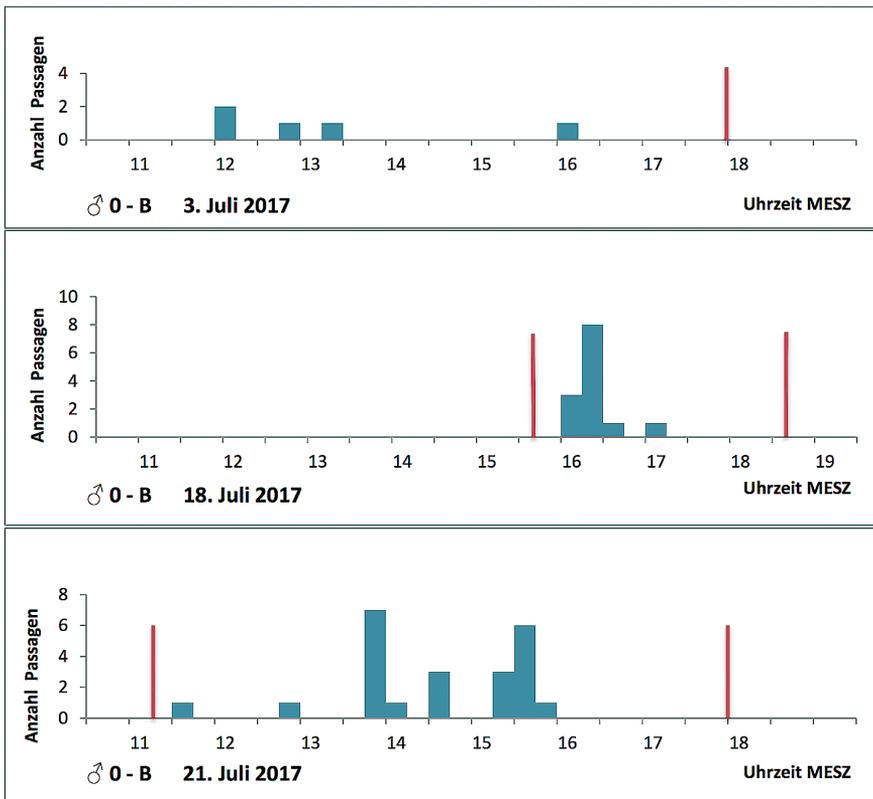


Abbildung 10: Die Anzahlen der Vorbeiflüge des markierten dominanten Männchens O/B am Tiefen Graben im Verlauf der drei Hauptflugtage des Juli 2017. – Figure 10. Numbers of passing flights of the marked male O/B at the stream Tiefer Graben during the three main counting days in July 2017. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: Senkrechte, rote Linien, vertical red lines: Beginn und Ende der Untersuchungszeit, beginn and end of counting period.

Die Population der Larven

Der Untergrund des Tiefen Grabens erschien als Habitat für die Larven der *C. bi-dentata* zunächst suboptimal, denn er ist gerade im Oberlauf sehr grobsteinig. Damit bietet er nur stellenweise und sehr kleinflächig die feinkörnigen, grabfähigen Weichsubstrate, die für das Vorkommen der Larven für erforderlich gehalten werden (FRÄNZEL 1985; SALOWSKY 1989; BÖCKER 1995; STEPHAN 1998; STERNBERG et al. 2000; BAUDERMANN & MARTENS 2011; FROBEL & SCHLUMPRECHT 2015; TAMM 2017a). Dies schienen die Ergebnisse der intensiven Suche nach Larven zu bestätigen: in 22 Mannstunden wurden mit der Siebmethode, zeitweilig ergänzt durch das Wenden von Steinen, nur fünf Larven gefunden.

Doch zeigte das Auftreten zahlreicher Exuvien in den meisten Bachabschnitten des Oberlaufs des Tiefen Grabens, dass dort durchaus zahlreiche Larven der *C. bi-*

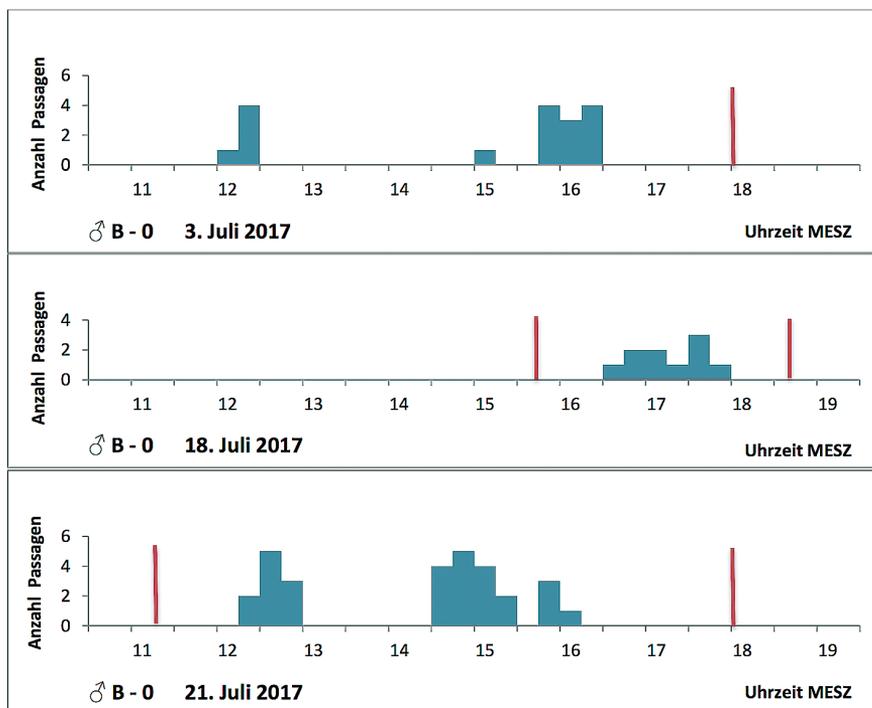


Abbildung 11: Die Anzahlen der Vorbeiflüge des markierten dominanten Männchens B/0 am Tiefen Graben im Verlauf der drei Hauptflugtage des Juli 2017. – Figure 11. Numbers of passing flights of the marked male B/0 at the stream Tiefer Graben during the three main counting days in July 2017. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: Senkrechte, rote Linien, vertical red lines: Beginn und Ende der Untersuchungszeit, beginn and end of counting period.

dentata lebten und leben. Dabei ist es überraschend, dass just dort die weitaus meisten Exuvien gefunden wurden, wo zuvor keine Larven nachzuweisen waren: im steilen, extrem steinigen obersten Quellabschnitt des nördlichen Hauptquellastes, wo dieser nur noch sehr geringe Mengen seichten Sickerwassers führt. Da dort intensiv nach Larven gesiebt wurde und auch Steine gewendet wurden, ist kein anderer Schluss möglich, als dass die Larven in Strukturen sitzen, die von der Siebmethode nicht erreicht werden. Dies wirft ein neues Licht auf die Habitatnutzung der Larven. Einzelheiten und methodische Konsequenzen werden gesondert publiziert (TAMM in prep.).

Es fällt zudem auf, dass es sich im Tiefen Graben nur um ältere Larven handelte. Dieses Phänomen wurde allerdings schon andernorts beobachtet (HEITZ 2006). Allerdings werden gewöhnlich auch zahlreiche Junglarven gefunden, und häufig sind diese sogar deutlich in der Mehrheit (FRÄNZEL 1985). STERNBERG et al. (2000) berichten vom weitgehenden Verschwinden der Junglarven ab September/Oktobre. Da der Großteil der Larvenuntersuchung am Tiefen Graben erst im Herbst stattfand, könnte dies dort eine Rolle gespielt haben. Jedoch erklärt es nicht den völligen Ausfall der jungen Altersklassen, denn es fanden ja auch Larvenuntersuchungen im Sommer statt.

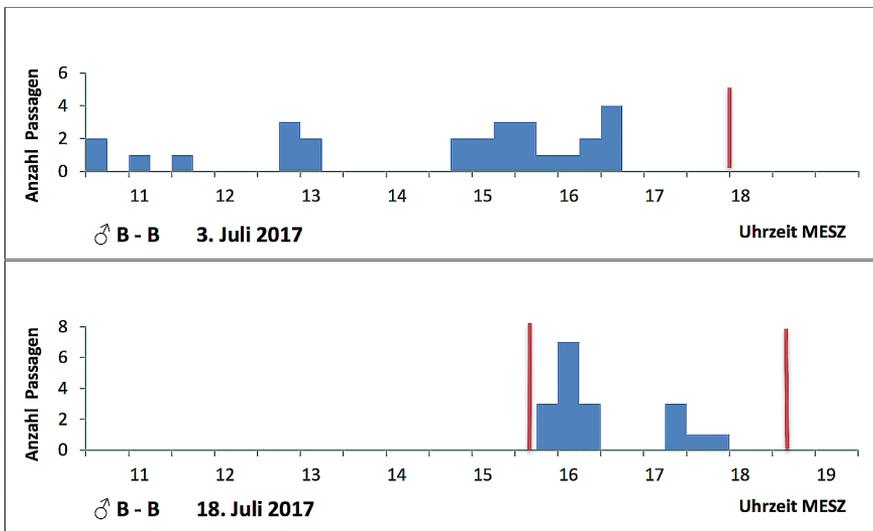


Abbildung 12: Die Anzahlen der Vorbeiflüge des markierten dominanten Männchens B/B am Tiefen Graben im Verlauf seiner zwei Hauptflugtage des Juli 2017. – Figure 12. Numbers of passing flights of the marked male B/B at the stream Tiefer Graben during its two main counting days in July 2017. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: Senkrechte, rote Linien, vertical red lines: Beginn und Ende der Untersuchungszeit, beginn and end of counting period.

Eine Ursache für das völlige Fehlen junger Larven könnte darin bestehen, dass diese das Jahr der Astabdeckung nicht überlebt hatten und/oder dass in dieser Zeit keine Eier mehr abgelegt worden waren. Die Altlarven dagegen lebten schon vor der Zeit der Astabdeckung, hatten diese also überlebt. Zumindest ist ein Einfluss der massiven Astbedeckung nicht ganz auszuschließen.

Die Population der Imagines

1. Aufbau und Größe

Im Tiefen Graben lebt eine starke, autochthone Population der Imagines von *C. bidentata*, wie die Imaginal- und Exuvienuntersuchungen gezeigt haben. Während der Zeit der Astbedeckung waren Imagines nicht anzutreffen, aber schon ein halbes Jahr nach der Räumung des Astmaterials, und zwar Ende August mit fünf patrouillierenden ♂♂ und einem Eier legenden ♀. Es ist anzunehmen, dass es im Juli zur Hauptflugzeit noch deutlich mehr Imagines waren. Im folgenden Jahr 2017 wurden am Markierungstag bereits 20 ♂♂ und mindestens ein ♀ festgestellt.

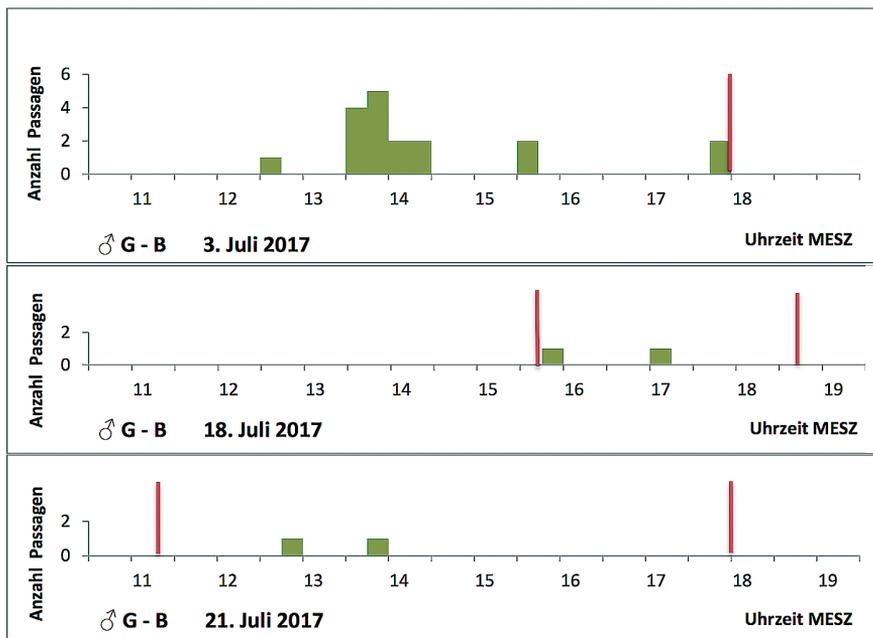


Abbildung 13: Die Anzahlen der Vorbeiflüge des markierten dominanten Männchens G/B am Tiefen Graben im Verlauf der drei Hauptflugtage des Juli 2017. – Figure 13. Numbers of passing flights of the marked male G/B at the stream Tiefer Graben during the three main counting days in July 2017. – Zeichenerklärungen, signs and symbols: Senkrechte, rote Linien, vertical red lines: Beginn und Ende der Untersuchungszeit, beginn and end of counting period.

Diese Größenordnung der jährlichen Population der Imagines wird von den Exuvienfunden bestätigt (Näheres hierzu bei TAMM in prep.). Populationsgrößen dieser Größenordnung und darüber hinaus wurden auch von FRÄNZEL (1985) bei quantitativen Erfassungen markierter Imagines von *C. bidentata* beobachtet. Sie scheinen also bei der Art nicht ungewöhnlich zu sein. Dem scheint zu widersprechen, dass zumeist nur wenige Imagines von den einzelnen Bächen gemeldet wurden (DOMBROWSKI 1989; LEIPELT 1999; HENHEIK 2011; TAMM 2011, 2016, 2017b). Das dürfte jedoch im Wesentlichen daran liegen, dass diese Libellen zumeist nur bei kurzen Bachbegehungen, rein optisch und ohne individuelle Unterscheidbarkeit beobachtet wurden.

Doch sogar dann, wenn man sich darauf beschränkte, nur die Anzahlen der optisch direkt beobachteten Imagines verschiedener Bäche miteinander zu vergleichen, wäre die Population am Tiefen Graben als stark einzustufen. Mit maximal sechs gleichzeitig beobachteten Imagines nähert sie sich den stärksten Populationen, die im hessischen Bergland mit optischer Kurzerfassung beobachtet wurden. Die größte Anzahl wurde mit 8 ♂♂ und 1 ♀ an einem Quellbach im Nationalpark Kellerwald beobachtet (TAMM 2011).

Dabei ist beachtlich, dass es sich im Kellerwald um ein Vorkommen auf paläozoischer Grauwacke handelt, am Tiefen Graben dagegen um ein Vorkommen auf Buntsandstein. Nach den bisherigen Beobachtungen in Hessen sind die Populationen der *C. bidentata* auf Buntsandstein generell individuenärmer als auf paläozoischen Grauwacken und Schiefen (TAMM 2012, 2015). Dies vermutete auch PIX (2009). Er kennt im Buntsandsteingebiet des Reinhardswaldes in 30 Jahren intensiver Beobachtung nur einen Bach, an dem *C. bidentata* eine vergleichbare Populationsstärke erreichte wie am Tiefen Graben: mit 40 individuell identifizierten Imagines. (A. Pix pers. Mitt.) Der Reinhardswald liegt dem Kaufunger Wald benachbart. Nach bisherigem Kenntnisstand handelt es sich am Tiefen Graben um die stärkste Buntsandstein-Population von Imagines der *C. bidentata* im Hessen.

2. Zur Phänologie

Die Flugphänologie der Imagines der *C. bidentata* im Untersuchungszeitraum wies Besonderheiten auf. Zum einen überraschte der starke Flugbetrieb bei der Entdeckung der ersten Imagines zu Ende August 2016. Das war für diese Spezies sehr spät. An anderen bekannten *bidentata*-Bächen der Region flogen keine Imagines mehr, wie A. Pix (pers. Mitt.) im benachbarten Reinhardswald feststellte. Diese späte Aktivität könnte auf eine noch stärkere Population der Imagines am Tiefen Graben zur Hauptflugzeit im Juli hindeuten. Sie könnte aber auch die Folge eines verspäteten Larvenschlupfes im Sommer nach der Astabdeckung gewesen sein.

Im Sommer 2017 verschwanden dagegen die Imagines der *C. bidentata* ungewöhnlich früh. Das letzte reguläre Patrouillengeschehen wurde am 7. August beobachtet, an welchem nur noch unmarkierte ♂♂ teilnahmen. Markierte Männchen waren dagegen schon nach dem 21. Juli verschwunden. Das letzte beobachtete Individuum war ein unmarkiertes Männchen, das am 8. August in der Stunde

um Mittag fünf Mal vorbeipatrouillierte. Dieses frühe Verschwinden der Imagines dürfte auf die extremen, anhaltenden Starkregen zurückzuführen sein, die vom 24. bis 26. Juli sowie am 10. und 11. August in der Region niedergingen. Es ist offensichtlich, dass die am 21. Juli noch vollzählige Patrouillengesellschaft am Tiefen Graben durch das erste Unwetter vollständig erlosch. Nur wenige (unmarkierte) Männchen überlebten. Sie scheinen dann Opfer des zweiten Unwetters geworden zu sein.

Durch das vorzeitige Absterben der Imagines im Sommer 2017 war es nicht möglich, das Höchstalter der markierten Individuen zu ermitteln. Jedoch lagen zwischen dem Markieren der reifen, patrouillierenden ♂♂ und dem letzten Beobachtungstag 25 Tage. Bei einer anzunehmenden Reifungszeit von rund 20 Tagen und einem erst frischen Erscheinen am Bach wären sie als Imagines bis zum großen Regen etwa 50 Tage alt geworden. LIEBELT et al. (2010/11) gehen bei den Imagines der *C. bidentata* von einer Lebenserwartung von rund 55 Tagen aus.

Verhalten der Imagines

1. Zeitliche und räumliche Aktivitätsmuster

Die insgesamt 246 registrierten Passagen farbmarkierter ♂♂ der *C. bidentata* am Tiefen Graben erlauben Einblicke in die individuelle Zusammensetzung der Patrouillengemeinschaft und in den circadianen Ablauf der individuellen Patrouillen. Von den 17 farbmarkierten ♂♂ erschienen acht (47 %) nach der Markierung nicht mehr am Bach. Das liegt in der Größenordnung anderer Felduntersuchungen mit individueller Identifikation bei *Cordulegaster*-Arten (FRÄNZEL 1985; LAISTER 2012). Auch A. Pix konnte im Zuge seiner Langzeituntersuchungen im Reinhardswald etwa die Hälfte der an körperlichen Merkmalen individuell erkennbaren ♂♂ nicht mehr wiederbeobachten.

Die anderen neun farbmarkierten ♂♂ nahmen weiterhin am Patrouillengeschehen teil. Dabei ließen sich drei Typen unterscheiden:

- 1) Häufige Flieger mit Aktivitätsmaxima am späten Vormittag und Nachmittag;
- 2) Häufige Flieger mit teilweise gegenläufigem Verhalten (Mittags- und Abendflieger)
- 3) Unregelmäßige und sporadische Flieger.

Das Vorhandensein regelrechter Patrouillenkollektive, die gemeinsam fliegen, lässt sich nicht bestätigen, auch wenn die beiden dominanten ♂♂ zumeist gemeinsam patrouillierten. Von wenigen dominanten ♂♂, die länger und öfter am Bach patrouillierten als die anderen, sowie von anderen ♂♂, die nur sporadisch patrouillieren, berichteten auch FRÄNZEL (1985), STERNBERG et al. (2000) und – bei *C. boltonii* – LAISTER (2012).

Die am Tiefen Graben angedeutete Neigung zu einer reduzierten Flugaktivität am frühen Nachmittag beobachtete auch STERNBERG et al. (2000). Allerdings war bei ihm – anders als am Tiefen Graben – das Aktivitätsmaximum am Nachmittag

kleiner als dasjenige am Vormittag. Auch BLANKE (1984) und FRÄNZEL (1985) stellten die stärksten Flugaktivitäten der ♂♂ am Nachmittag fest. Dagegen berichteten DOMBROWSKI (1989) und STEPHAN (1998) von einem Aktivitätsmaximum um Mittag. Diese circadianen Flugaktivitäten verschieben sich sicherlich wetterabhängig und könnten mit der Empfindlichkeit der Imagines gegen Hitze zusammenhängen (TAMM 2016).

Die Patrouillen am Tiefen Graben führten doppelt so oft bachaufwärts als bachabwärts. Das untermauert bisherige Beobachtungen, nach denen ein erheblicher Teil der bachaufwärts gerichteten Patrouillen nicht in Rückpatrouillen übergehen, sondern in rasche, geradlinige Direktflüge einige Meter neben dem Bach (MÜLLER 2000; STERNBERG et al. 2000; WILDERMUTH & MARTENS 2018).

Ein bisher nicht zu erklärendes Phänomen ist das fast ausschließliche Auftreten der ♂♂ am nördlichen Quellast des Tiefen Grabens einschließlich seines Nebenastes. Dagegen wurden am südlichen Quellast mit seiner nahezu identischen Bachstruktur nur ein ♂ angetroffen; trotz wiederholter Begehungen, auch bei laufendem Patrouillenbetrieb im Nordast. Dies ist umso verwunderlicher, als im Südast ein ♀ bei der Eiablage und zwei Larven gefunden wurden. Eine mögliche Erklärung wäre, dass vom laufenden Patrouillenbetrieb eine hohe Attraktion auf die ♂♂ ausgeht, die zu einer engeren räumlichen Beschränkung führt.

2. Die verschwundenen markierten Männchen und das Männchen R/0

Über die Gründe für das Verhalten der ♂♂, die nach der Farbmarkierung nicht mehr am Bach auftraten, kann zunächst nur spekuliert werden.

Ein früher Tod durch die Farbmarkierungen ist in dieser Anzahl sehr unwahrscheinlich, zumal der verwendete Nagellack sehr schnell trocknet und keines der wiedererschienenen Individuen irgendein Anzeichen einer Flügelverklebung zeigte.

Ein reguläres Abwandern wäre denkbar und dürfte z.T. auch stattgefunden haben. Doch erscheint es bei acht von 17 Tieren, die im Unterschied zu den anderen allesamt schon am Markierungstag nicht mehr auftraten, sehr plötzlich.

Eine teilweise weiträumige Flucht nach der Markierungsprozedur würde dieses Phänomen besser erklären. Das deutlich reduzierte Flugaufkommen nach den Markierungen über den größten Teil des Tages hinweg zeigt, dass nicht alle Individuen diese Prozedur gut tolerierten.

Allerdings gab das Verhalten des Männchens R/0 einen Hinweis auf eine weitere Möglichkeit: den weitgehenden Verzicht auf eigene Patrouillen, das stille, aber aufmerksame Abwarten im Hintergrund des Geschehens bis zum Erscheinen eines Weibchens und das plötzliche Vorschießen zur Kopula. Es wäre dies eine energiesparende Verhaltensalternative.

R/0 führte dieses Verhalten vor. Es patrouillierte nach dem Markierungstag und während der folgenden Zählungen nur einmal regulär. Ansonsten tauchte es nur noch zweimal plötzlich aus dem Hintergrund auf und kam jeweils zielgerichtet zur Kopulation. Seine Anpirschflüge auf die Weibchen glichen dabei im Übrigen völlig denjenigen, die WEIHRAUCH (2003) bei *C. boltonii* beschrieb.

Dieses völlig andere Verhalten überrascht, denn eine solche ausgeprägte Individualität im Verhalten einer Libellenart erscheint ungewöhnlich. Ähnliche Hinweise auf solche Individualität in der Lebensstrategie sind dem Autor nicht bekannt. Wäre dieses Verhalten bei *C. bidentata* weiter verbreitet, dann würde dies den Verbleib eines Teils der Männchen erklären, die nach Markierungsaktionen generell verschwinden.

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Andreas Pix, der an den Felduntersuchungen intensiv mitwirkte. Er arbeitete an beiden Markierungstagen und mehreren Zähltagen sowie den Suchaktionen nach Larven und Exuvien mit. Außerdem suchte er im Rautenbachtal nach imaginalen Vorkommen und lieferte wertvolle Daten, Bilddokumentationen und Diskussionsbeiträge. Ein großer Dank geht auch an Reinhard Horn, der mehrere Bäche nach Imagines absuchte und an einer Zählung teilnahm, sowie an Dr. Patrick Masius, der zwei Larven ersiebt. Ralf Meusel, Hessen-Forst, gebührt ein besonderer Dank für die Durchführung der Asträumung am Tiefen Graben. Ulrich Wagener, Hessen-Forst, fand dankenswerter Weise den kaum mehr bekannten Namen des Tiefen Grabens heraus. 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 Quellrinnsalen (Odonata: Cordulegastri-*dae*). *Libellula* 30: 133–144
- BLANKE D. (1984) Zur Lebensweise von *Cordulegaster bidentatus* Selys in Südniedersachsen. *Libellula* 3: 18–22
- BÖCKER L. (1995) Analyse der Biotopansprüche der Larven von *Cordulegaster boltonii* (Donovan) und *Cordulegaster bidentatus* (Selys) im Gießener Raum. Dissertation, Univ. Münster, 163 S.
- BOUDOT J.-P. & V.J. KALKMAN (Ed.) (2015) Atlas of the European dragonflies and damselflies. KNNV publishing, Zeist
- BUCHWALD R. (1988) Die Gestreifte Quelljungfer *Cordulegaster bidentatus* (Odonata) in Südwestdeutschland. *Carolinea* 46: 49–64
- DOMBROWSKI A. (1989) Ökologische Untersuchungen an *Cordulegaster bidentatus* Selys, 1843. Diplomarbeit Univ. Göttingen
- FRÄNZEL U. (1985) Öko-ethologische Untersuchungen an *Cordulegaster bidentatus* Selys, 1843 (Insecta: Odonata) im Bonner Raum. Diplomarbeit Univ. Bonn
- FROBEL K. & H. SCHLUMPRECHT (2015) Untersuchungen zur Substrat- und Habitatwahl von *Cordulegaster bidentata* im Landkreis Nürnberger Land (Odonata: Cordulegastri-*dae*). *Libellula* 34: 3–26
- 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 biden-*

- tata, C. boltonii) im näheren Umkreis von Tübingen. *Mercuriale* 11: 1–10
- LAISTER G. (2012) Ortstreue und Gewässerwechsel von *Cordulegaster boltonii* (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula* 31: 113–130
- 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
- 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: 3–18
- MEUSEL R. & J. TAMM (2016) Teamwork vieler Akteure – Waldlibelle kehrt zurück. *Im Dialog – die Hessen-Forst-Zeitung* 4: 7
- MEY D., B. KUNZ & K.G. LEIPELT (2015): *Cordulegaster bidentata* Selys, 1843, Gestreifte Quelljungfer. In: BROCKHAUS, T., H.-J. ROLAND, T. BENKEN, K.-J. CONZE, A. GÜNTHER, K.G. LEIPELT, M. LOHR, A. MARTENS, R. MAUERSBERGER, J. OTT, F. SUHLING, F. WEIHRACH & C. WILLIGALLA (Ed.): *Atlas der Libellen Deutschlands* (Odonata). *Libellula Supplement* 14: 214–217
- 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 Flora Rheinland-Pfalz* 12: 1039–1074
- PIX A. (2009) Die *Cordulegastriden* im Reinhardswald. *Libellen in Hessen* 2: 47–51
- SALOWSKY A.S. (1989) Untersuchungen zum Larvenbiotop von *Cordulegaster bidentatus* in Waldbächen um Freiburg i.B. Ein Beitrag zur Biologie von *Cordulegaster bidentatus*. – Diplomarbeit, Institut Biologie I (Zoologie), Univ. Freiburg, 91 S. + 15 Tabellen
- 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 Univ. Freiburg
- STERNBERG K., R. BUCHWALD & U. STEPHAN (2000) *Cordulegaster bidentata* (Sélys, 1843). In: STERNBERG, K. & R. BUCHWALD (Ed.): *Die Libellen Baden-Württembergs*, Band 2: 173–190. Ulmer, Stuttgart
- STÜMPPEL, P., H. STADELMANN & G. BURK (1998) Gestreifte Quelljungfer *Cordulegaster bidentata* Sélys 1843. In: KUHN, K. & K. BURBACH (Ed.): *Libellen in Bayern*. Ulmer, Stuttgart
- TAMM J. (2011) Zur Verbreitung und Biologie der Quelljungfern *Cordulegaster bidentata* und *C. boltonii* im Nationalpark Kellerwald-Edersee. *Libellen in Hessen* 4: 39–47
- TAMM J. (2012) *Cordulegaster bidentata* in Hessen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Bindung an den geologischen Untergrund (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula* 31: 131–154
- TAMM J. (2015) Zur Verbreitung und Ökologie von *Cordulegaster bidentata* in Nordhessen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Vorkommen auf Buntsandstein (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula* 34: 27–58
- TAMM J. (2016) Die Gestreifte Quelljungfer *Cordulegaster bidentata* im Lahn-Dill-Bergland: ihre Verbreitung und Anmerkungen zu Ökologie und Verhalten (Odonata: Cordulegastidae). *Libellen in Hessen* 9: 55–74

- TAMM J. (2017a) 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. (2017b) Zum Vorkommen der Gestreiften Quelljungfer *Cordulegaster bidentata* im östlichen Taunus. *Libellen in Hessen* 10: 57–67
- TAMM J. (2018) Das Vorkommen der Gestreiften Quelljungfer *Cordulegaster bidentata* in Hessen – der aktuelle Stand (Odonata: Cordulegastridae). *Libellen in Hessen* 11: 75–78
- TAMM J. (in prep.) Untersuchungen an Larven und Exuvien der *Cordulegaster bidentata* an einem Bach im Kaufunger Wald und ihre ökologischen und methodischen Konsequenzen (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula*
- WEIHRAUCH F. (2003) Emergenzstudien an *Cordulegaster b. boltonii* von einem niederbayerischen Waldbach (Odonata: Cordulegastridae). *Libellula Supplement* 4: 3–18
- WILDERMUTH H. & A. MARTENS (2018) Taschenlexikon der Libellen Europas. 2. Aufl. Quelle & Meyer, Wiebelsheim, XX S.

Manuskripteingang: 18. Januar 2018