

Untersuchungen zur Substrat- und Habitatwahl von *Cordulegaster bidentata* im Landkreis Nürnberger Land (Odonata: Cordulegastridae)

Kai Frobels¹ und Helmut Schlumprecht²

¹BUND Naturschutz in Bayern e.V., Bauernfeindstr. 23, D-90471 Nürnberg,
kai.frobels@bund-naturschutz.de

²Büro für ökologische Studien, Oberkonnersreuther Str. 6a, D-95448 Bayreuth,
Helmut.Schlumprecht@bfoes.de

Abstract

Investigations regarding substrate and habitat choice of *Cordulegaster bidentata* in the Nürnberger Land district, Bavaria (Odonata: Cordulegastridae) – In a survey of 486 forest streams within an area of 400 km² in the east of the rural district “Nürnberger Land”, Bavaria, larvae and/or imagines of *Cordulegaster bidentata* were recorded at 148 single springs. The occurrence of *Cordulegaster bidentata* concentrated in the beech forests at the spring rich slopes of the Frankonian Alb (“Albrauf”) on calciferous springs in White Jurassic or in a transitional layer between White Jurassic and Dogger (“Ornatenton”). The district turned out to be one of the most important areas of *Cordulegaster bidentata* within Bavaria. Semiquantitative surveys (mainly in potholes) from all springs revealed only one very large occurrence, five large occurrences, five of middle scale, and many low (n = 47) to very low (n = 55) scaled occurrences of larvae. A statistical analysis of substrate and habitat factors as well as the calculation of probability of occurrence at colonized springs reveals the relative importance of habitat factors. Thus, *C. bidentata* prefers springs with high coverage of the curled hook-moss *Palustriella commutata* or other mosses, chalky detritus (spherical chalk concretions) and deadwood. Furthermore, springs with sinter and small deadwood are preferred as well as springs with little human impact, complex spring systems with several neighbouring springs and springs with moderate flow velocity and medium flow rate. Rivulet stretches of 200 to 300 m are significantly preferred whereas stretches shorter than 50 m are avoided. Deadwood plays an essential role in larval occurrence by building stepping structures causing the formation of potholes with detritus coverage and reducing flow velocity within the rivulets. Only about half of the springs located in forests within the survey area are in semi-natural conditions. Only a very small part of the springs is located in strictly protected areas. High land use pressure and frequent drying processes caused by climate change severely endanger near-natural springs nowadays and in the near future. Hence, it is strongly recommended to keep *C. bidentata* under its current red list status.

Zusammenfassung

In einer flächendeckenden Untersuchung von 486 Waldquellen im Osten des Landkreises Nürnberger Land (Bayern) wurden auf einer Fläche von 400 km² an 148 Einzelquellen Larven und/oder Imagines von *Cordulegaster bidentata* nachgewiesen. Die Vorkommen konzentrierten sich in den Buchenwäldern am quellreichen Albtrauf in kalkbetonten Quellen im Malm oder im Übergangsbereich zwischen Malm und Dogger (Quellhorizont Ornamenten). Es handelt sich derzeit um eines der wichtigsten bekannten Vorkommensgebiete von *C. bidentata* in Bayern. Semiquantitative Erhebungen der Larven (v.a. in Kolken) in allen Quellen bzw. Quellkomplexen ergaben im Untersuchungsgebiet nur ein einziges sehr großes Vorkommen, fünf große Vorkommen, fünf mittlere Vorkommen und viele kleine (n = 47) oder kleinste (n = 55) Vorkommen von Larven. Die kürzeste Distanz zum nächsten großen Nachbarvorkommen betrug durchschnittlich 3,2 km. Mittels statistischer Analyse der Substrat- und Habitatfaktoren und Berechnung der Vorkommenswahrscheinlichkeit der besiedelten Quellen wird die relative Bedeutung der Habitatfaktoren untereinander herausgestellt. Demnach bevorzugt *C. bidentata* Quellen mit einer hohen Deckung des Veränderlichen Starknervmooses *Palustriella commutata* oder anderen Moosen, mit Lockersubstrat aus kugeligem Kalkkonkretionen und Totholz. Weiter werden durch Sinter und Geniste geprägte Quellen ebenso präferiert wie solche mit geringen anthropogenen Veränderungen, zudem Komplexe aus mehreren benachbarten Quellen und Quellgewässer mit mäßiger Fließgeschwindigkeit und mittlerer Abflussmenge. Bachstrecken von 200–300 m Länge werden signifikant bevorzugt, solche unter 50 m Länge gemieden. Das im Bachbett abgelagerte Totholz spielt eine zentrale Rolle, da es durch Bildung einer treppenartigen Struktur sowohl den Wasserabfluss bremst als auch für die Larven entscheidende Kolkbecken mit Detritusaufgaben schafft. Im Untersuchungsgebiet befindet sich nur noch etwa die Hälfte der Waldquellen in einem naturnahen Zustand. Nur ein ausgesprochen geringer Teil der Quellen liegt in streng geschützten Gebieten. Die auch künftig anhaltende akute Gefährdung naturnaher Quellen durch vielfältigen Nutzungsdruck und häufigere Austrocknungsprozesse im Zuge des Klimawandels sprechen dringend dafür, den Schutzstatus von *C. bidentata* in den Roten Listen aufrecht zu erhalten.

Einleitung

Nach TAMM (2012) gehört *Cordulegaster bidentata* zu den am wenigsten bekannten Libellen Mitteleuropas. Diese Art ist in Bayern laut Roter Liste (LFÜ 2003) stark gefährdet, in Deutschland galt sie ebenso als stark gefährdet (OTT & PIPER 1998) und nach der neuen Roten Liste, die im Deutschlandatlas publiziert werden wird (OTT et al. im Druck), ist sie bundesweit gefährdet (RL 3). Viele Fragen zur Verbreitung, zur Häufigkeit und zur Gefährdung, aber auch zu den ökologischen Ansprüchen dieser in Europa endemischen Art sind offen. Untersuchungen über die Faktoren, die die Verbreitung der Art bestimmen, sind daher für das Verständnis der Gefährdungssituation wichtig. Ziel dieser Arbeit ist es, die Verbreitung von *C. bidentata* in der Hersbrucker Alb (Landkreis Nürnberger Land, Bayern) zu beschreiben, kartographisch darzustellen und ihre Habitatansprüche näher zu

charakterisieren. Insbesondere sollen kleinräumige Habitat- und Substratfaktoren der Larvengewässer, d.h. der Quellen und Quellabflüsse (vgl. STERNBERG et al. 2000; HENHEIK 2011; TAMM 2012), welche die Verbreitung der Art beeinflussen, herausgearbeitet werden.

Untersuchungsgebiet und Methoden

Untersuchungsgebiet

Das ca. 400 Quadratkilometer große Untersuchungsgebiet (UG) umfasst den östlichen Teil des Landkreises Nürnberger Land nördlich und südlich Hersbruck und liegt im Naturraum „Fränkische Alb“ (D61) bei 370 bis ca. 550 m ü. NHN etwa 40 km östlich von Nürnberg. Landschaftlich ist es durch einen markanten, ca. 200 m hohen Abbruch der Frankenalb zum flacheren Vorland hin charakterisiert. Dieser Abbruch, der Albtrauf, weist viele flächige Buchenwälder auf, an dem sich auch die Quellen konzentrieren. Vor unseren Untersuchungen war im UG nur ein historischer, von Enslin am 1.6.1914 bei Hohenstadt erbrachter Nachweis von *C. bidentata* bekannt (HABERMEIER 1928). 1996 entdeckte Joachim Werzinger im 6 km entfernten Naturschutzgebiet Molsberger Tal die Art wieder (Schlupfvorgang und mehrere Imagines; WERZINGER 1996). Im Rahmen von Kartierungen für das Arten- und Biotopschutzprogramm (ABSP) des Landkreises Nürnberger Land im Auftrag des LfU überprüfte FALTIN (2004) 51 Quellaustritte und Quellbäche und fand die Art an 18 Stellen.

Untersuchungsmethoden

Eine flächendeckende Erfassung aller Waldquellen und der im Wald liegenden Quellbäche auf Präsenz von *C. bidentata* (Imagines, Larven) erfolgte durch Voruntersuchungen in den Jahren 2003–2005, dann in den Jahren 2006–2008 im Zusammenhang mit einer Quellenkartierung und zwischen 2009 und 2012 durch spezielle Erhebungen der Larvendichte. Der Kartierungsaufwand betrug zwischen 2006 und 2012 insgesamt 1.018 Stunden. Die Larvenerfassung fand auf 45 km Quellbachlänge mit 4.953 Sedimentproben (i.d.R. einmal pro Probestelle mit Küchensieb) statt. Die durchschnittliche Untersuchungslänge der besiedelten Quellbereiche betrug 95 m (n = 113 Larven-Vorkommen).

Die Larvensuche erfolgte semiquantitativ und konzentrierte sich auf kleine strömungsberuhigte Bereiche („Kolke“) hinter Querriegeln aus Totholz und in Sinterstufen. In dem dort angeschwemmten Feindsediment fanden sich am häufigsten Larven. Dort konzentrierte sich – auch zur Schonung des Quellbachsediments und der trittempfindlichen Kalktuffbereiche – die Larvensuche. Damit wurden Larven, die sich im frei fließenden Bachstrich oder am Bachrand aufhielten, übersehen oder in zu geringem Maß erfasst.

Untersucht wurden von 2009 bis 2012 nur die im Wald liegenden Abschnitte von Quellbächen. Außerhalb des Waldes setzten sich diese meist als Entwässe-

rungsgraben in Wiesen fort. Dort gab es in den Voruntersuchungen nie Larvenfunde. Alle untersuchten Quellen wurden einheitlich mit den Inhalten des Kartierschlüssels „Basis-Bogen“ und „Detailbogen“ (HOTZY 2007; HOTZY & RÖMHELD 2008) beschrieben. Dieser beruht auf dem verbändeübergreifenden „Aktionsprogramm Quellen in Bayern“ (LfW 2004) und beinhaltet ca. 70 Parameter zu Lage, Struktur, Nutzung und Beeinträchtigungen der Quellen, ebenso zum Substrat, zum Abfluss und zum Umfeld (vgl. Tab. 1).

Die Lage der 486 untersuchten Quellen wurde in einem Geographischen Informationssystem (GIS), hier ArcGIS 9.3.1, als shape-Datei (Punkt-shape) dokumentiert. Habitat-Eigenschaften sind als Attributtabelle zum shape dokumentiert. Die Mehrzahl der Habitat-Eigenschaften liegt gemäß dem verwendeten Quell-Erfassungsbogen zwei- bis fünfstufig klassifiziert vor (Details siehe FROBEL et al. 2009). KF und Lisa Jeworutzki führten die Freilandkartierung durch, HS die statistische Auswertung. Das Projekt wurde durch Zweckerträge der Lotterie „GlücksSpirale“ (Bayerischer Naturschutzfonds) und durch den BUND Naturschutz gefördert.

Quell-Erfassungsbogen

Tabelle 1 stellt die klassifizierten Substrat- und Habitatfaktoren des Quell-Erfassungsbogens (HOTZY 2007) kurz dar. Viele Parameter (z.B. Fließgeschwindigkeit, Neigung) sind relativ grobe Einteilungen, die auf kontinuierlichen Faktoren beruhen, sich aber im Gelände gut abschätzen lassen (HOTZY & RÖMHELD 2008). Auf chemisch/physikalische Messungen wurde aufgrund des hohen Aufwandes an den nahezu 500 Quellen verzichtet.

Auswertungsmethoden

Aufgrund der eindeutigen, in vielen Fällen auch mit quantitativen Werten charakterisierten Habitat-Eigenschaften, die in allen bearbeiteten Quellen erhoben wurden, kann untersucht werden, ob sich die Quellen mit Vorkommen von *C. bidentata* gegenüber den Nicht-Vorkommen eindeutig unterscheiden. Hierzu wird das Konzept der Ressourcenklasse und seiner Bevorzugung bzw. Meidung angewendet (THOMAS & TAYLOR 1990; MANLY et al. 2003). Eine Ressourcenklasse ist eine eindeutig definierbare, klassifizierte Eigenschaft des Habitats, z.B. Abfluss, Exposition, Hangneigung und klassifizierte Einteilungen von Habitat- und Lageparametern. Entscheidend ist, dass für jede Ressourcenklasse die Häufigkeit der Nutzung, d.h. des Vorkommens von *C. bidentata* als Larve oder als Imago, sowie die Verfügbarkeit bekannt ist. Außerdem muss ein spezifisches Vorkommen eindeutigerweise nur in eine einzige Ressourcenklasse eingestuft worden sein. Diese Voraussetzungen sind gegeben, da alle Untersuchungsbereiche gleichermaßen nach dem Quell-Erfassungsbogen erhoben wurden.

Um eine Charakterisierung der bevorzugten Ressourcenklassen zu erreichen und Präferenz bzw. Meidung von Ressourcenklassen zu ermitteln, erfolgte die Berechnung der Präferenz von Ressourcenklassen mit dem Paket „adehabitat“ in dem Statistik-Programm R (CALENGE 2013), mit Hilfe des Selektionsmaßes „wi“

Tabelle 1: Beispiele für die Klassifikation der Substrat- und Habitat-Faktoren entsprechend der Quellerfassung und -bewertung des „Aktionsprogramm Quellen in Bayern“ (HOTZY & RÖMHELD 2008). – Table 1. Examples of the classifications of substrate and habitat factors.

Faktor	Beschreibung
Abfluss	Anhand folgender Größenklassen kann eine grobe Abschätzung der Schüttung erfolgen: 0 = kein Abfluss gering (g) = bis 0,05 l/s (oberflächige Wasserbewegung nicht oder nur geringfügig visuell zu erkennen, Beprobung gerade noch möglich) mittel (m) = 0,05–1 l/s (Wasserbewegung mit geringer Durchwirbelung, Beprobung sehr gut möglich) stark (s) = > 1 l/s (Wasserbewegung mit starker Durchwirbelung, Beprobung sehr gut möglich)
Fließgeschwindigkeit	Nach der Driftkörpermethode (SCHWOERBEL 1994), mittlere Fließgeschwindigkeit des Wassers beträgt 85 % des Oberflächenwertes 0 = keine Angaben bzw. trocken gefallen 1 = stehend (0 m/s); 2 = langsam (> 0–0,17 m/s) 3 = mäßig (> 0,17–0,25 m/s); 4 = schnell (> 0,25 m/s)
Neigung U	Mittlere Neigung im unteren Bereich des untersuchten Quellabschnittes Einteilung in: 1 = 0–2° schwach; 2 = > 2–12° mäßig; 3 = > 12–25° stark; 4 = > 25° schroff
Neigung O	Mittlere Neigung im oberen Bereich des untersuchten Quellabschnittes Einteilung in: 1 = 0–2° schwach; 2 = > 2–12° mäßig; 3 = > 12–25° stark; 4 = > 25° schroff
MV	Anthropogene morphologische Veränderungen (z.B. Verrohrung, Verlegung, Wegebau) Einstufung der jeweiligen Veränderung: 0 = keine vorhanden 1 = gering (< 10 % des Abflusses/der Fläche betroffen) 2 = mittel (> 10–50 % des Abflusses/der Fläche betroffen) 3 = stark (> 50 % des Abflusses betroffen)
Quellform	Einzelquellen: liegen isoliert Quellsystem: mehrere gleichartige Quelltypen eng miteinander vernetzt Quellkomplex: mehrere verschiedenartige Quelltypen miteinander vernetzt
Substrat	Substratverhältnisse, Einstufung in Klassen 0 = nicht vorhanden, 1 = 1–10 %, 2 = > 10–50 %, 3 = > 50 % der Fläche einnehmend Unterschieden wurden anorganische und organische Substrattypen, z.B. Ton-Schluff, Sand, Kies, „Kalkgrus“ (= kugelige Kalkkonkretionen), Steine, Blöcke; Algen, Falllaub, Geniste, Totholz, Detritus, Veränderliches Starknervmoos <i>Palustriella commutata</i> , andere Moosarten, Sinter etc.

nach MANLY et al. (2003). Aus den Häufigkeiten der Nutzung einer Ressourcenklasse durch die Art und der Verfügbarkeit wird das Selektionsverhältnis oder Auswahlverhältnis (Quotient Nutzung/Verfügbarkeit) berechnet und auf Signifikanz gegenüber einer Zufallsverteilung geprüft. Die Häufigkeit des Vorkommens oder Nicht-Vorkommens von *C. bidentata* wurde je nach Ressourcenklasse ausgewertet, d.h. die Nutzung durch die Art und die Verfügbarkeit der jeweiligen Ressourcenklasse wurden bei allen Quellen gezählt.

Die Auswertung wurde wie folgt durchgeführt:

- a) Zunächst wurde ein Chi-Quadrat-Test (hier sogenannter log-likelihood-Test, nach MANLY et al. [2003]) mit der Häufigkeitsverteilung durchgeführt: dies prüft die Frage, ob eine signifikante Ressourcenwahl überhaupt stattfindet. Alternativ ist denkbar, dass die beobachtete Häufigkeitsverteilung nicht von einer Zufallsverteilung unterschieden werden kann.
- b) Berechnung des Selektivitätsmaßes „wi“ nach MANLY et al. (2003): Das Selektionsverhältnis ist das Verhältnis zwischen Präsenz und Absenz bezogen auf die verfügbare Ressourcenklasse. Die Präferenz bzw. Meidung wird für jede Ressourcenklasse geprüft. Diese Berechnung der Selektivitätsmaße für die einzelnen Ressourcenklassen ist nur dann sinnvoll, wenn der Test auf selektive Wahl von Ressourcenklassen (Schritt a) signifikant war.
- c) Wenn mehrere Ressourcenklassen bei einer Ressource unterschieden werden können, erfolgen auch mehrere Signifikanztests auf Selektivität für jede einzelne Ressourcenklasse. Diese müssen wegen des Problems des multiplen Testens korrigiert werden. Im Programm „adehabitat“ in R (CALENGE 2013) erfolgt dies mit der Bonferroni-Korrektur, die vom Programm ausgegeben wird. Hierbei werden zumeist vier Tests, bezogen auf vier Ressourcen-Klassen, durchgeführt. Dies bedeutet, dass die Bonferroni-Korrektur bei einer üblichen Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % somit $0,05/4 = 0,0125$ beträgt. Die vom Programm ausgegebenen p-Werte für die einzelnen Ressourcenklassen sind jedoch nicht korrigierte Werte. Sie müssen anschließend mit der Bonferroni-korrigierten Irrtumswahrscheinlichkeit verglichen werden: Nur wenn die ermittelten p-Werte der Signifikanztests kleiner als 0,0125 sind, liegt eine signifikante Ressourcenwahl (Präferenz oder Meidung) bei vier Ressourcenklassen vor.
- d) Zu gering besetzte Ressourcenklassen müssen mit der benachbarten Ressourcenklasse zusammengefasst werden. Die Ausprägung einer Ressourcenklasse in lediglich maximal fünf Quellen war i.d.R. eine zu geringe Stichprobe.

Wenn das Selektivitätsmaß 0 ist, dann wird diese Ressourcenklasse von der Art gemieden, und wenn das Selektivitätsmaß deutlich größer 1 ist, dann wird diese Ressourcenklasse von ihr bevorzugt. Ein Selektivitätsmaß nahe bei 1 zeigt an, dass die Ressourcenklasse annähernd proportional zur Verfügbarkeit genutzt wird, d.h. es liegt weder Präferenz noch Meidung vor. In einem zweiten Schritt wird dann geprüft, ob Meidung oder Präferenz signifikant sind, d.h. ob sich das Selektivitätsmaß (Verhältnis genutzt zu verfügbar) signifikant von 1 unterschei-

Tabelle 2: Beispiel für Signifikanz der Habitatwahl: Länge des Quellbachs. – Table 2. Example for significance of habitat selection: length of source stream. **wi** Selektivitätsmaß (Quotient Nutzung/Verfügbarkeit, bezogen auf die jeweilige Ressourcenklasse), measure of selectivity (quotient use/availability for each class of resources); **SE.wi** Standardfehler des wi-Werts, standard error of wi-value; **p-Wert** Signifikanzwert, measure of significance.

Entfernung	Genutzt	Verfügbar	wi	SE.wi	p-Wert
bis 50 m	0,277	0,486	0,570	0,076	0,000
bis 100 m	0,318	0,259	1,225	0,148	0,128
bis 200 m	0,182	0,140	1,304	0,227	0,180
bis 300 m	0,169	0,080	2,105	0,384	0,004
bis 400 m	0,007	0,008	0,821	0,818	0,827
bis 500 m	0,020	0,016	1,231	0,704	0,742
> 500 m	0,027	0,010	2,627	1,296	0,209

det. Ressourcenklassen können Selektionsmaße größer 1 haben und dennoch aufgrund zu geringer Häufigkeiten der zugrunde liegenden Beobachtungen nicht signifikant sein. Dies soll im Folgenden anhand des Beispiels der Ressource „Bachlänge“ (Gesamtlänge des im Wald liegenden Quellabflusses) erläutert werden (Tab. 2). Der Globaltest der Habitat-Selektion ist signifikant (p-Wert = 0,0000097; Chiquadrat = 33,16; Freiheitsgrade 6). Die Beispiele in Tabelle 2 zeigen, dass Bachlängen von 200 bis 300 m signifikant bevorzugt werden (wi-Wert = 2,105, $p = 0,004$, d.h. kleiner als der Bonferroni-korrigierte p-Wert 0,0071). Signifikant gemieden werden Längen von bis zu 50 Metern (wi-Wert = 0,570; $p < 0,0005$), bei einer Bonferroni-korrigierten Irrtumswahrscheinlichkeit von $0,05/7 = 0,00714$, da hier sieben Ressourcenklassen getestet wurden.

Entsprechende Auswertungen wurden für alle Substrat- und Habitatfaktoren durchgeführt. Im Ergebnisteil werden aus Platzgründen nur die signifikanten Faktoren dargestellt.

Die Analysen der Ressourcen-Nutzung werfen die Frage auf, wie die Bedeutung der Habitat- und Substratfaktoren untereinander zu gewichten ist: Welche Faktoren sind wichtig, welche unwichtig? Hierzu wurden mit dem Paket rpart aus der Statistik-Umgebung R die Habitat- und Substratfaktoren zunächst einzeln, dann gemeinsam nach der Methode „rekursive Partitionierung“ analysiert. Das Verfahren liefert anschauliche Baumdiagramme, die einfach zu interpretieren sind. Von Vorteil ist, dass keine lineare Beziehung der Einflussfaktoren auf die Zielgröße – Präsenz oder Absenz von *C. bidentata* – vorausgesetzt wird, d.h. es können auch nicht-lineare Beziehungen verarbeitet werden. Ein Beispiel für eine mittlere „optimale“ Ressourcenklasse könnte die Fließgeschwindigkeit sein. Beispiel: Mittlere Fließgeschwindigkeiten sind günstig, geringe und hohe ungünstig.

Das Verfahren trennt die Habitat- bzw. Substratfaktoren schrittweise auf und stellt in einem Baumdiagramm diejenigen Faktoren dar, die am besten die Präsenz oder Absenz der Art erklären können. So entsteht eine schrittweise Auftrennung der für das Auftreten bedeutsamen Faktoren. Damit lassen sich die dafür verantwortlichen Ressourcenklassen ermitteln. Die rechten Äste der Baumdiagramme in den Abbildungen 4 bis 7 enthalten hohe, die linken niedrige Anteile von *C. bidentata*-Vorkommen.

Ergebnisse

Beschreibung der Vorkommen

Im UG wurden anhand von Kartenrecherchen und Geländeerhebungen 584 Quellen identifiziert. Davon erfassten wir flächendeckend 486 Waldquellen. An 148 Quellen ermittelten wir ein Vorkommen von *C. bidentata*, was einem Anteil von 30 % aller Waldquellen entspricht. An 35 Quellen bzw. an 24 % der Quellen mit Nachweisen der Art ließen sich nur Imagines, jedoch keine Larven ermitteln. In 20 Quellen wurden *C. bidentata* und *C. boltonii*-Larven gemeinsam beobachtet, was einem Anteil von 14 % der von *C. bidentata* besiedelten Quellen entspricht. In 36 Quellen fanden wir syntope Larvenvorkommen von Feuersalamander *Salamandra salamandra* und *C. bidentata*.

Die Befunde zu Präsenz bzw. Absenz von *C. bidentata* (Larven oder Imagines, n = 148 von 486 untersuchten Quellen) sind in Tabelle 3 zusammengefasst. In 373 Quellen ließen sich keine und in 55 Quellen nur je eine Larve nachweisen, fünf Quellen wiesen 6–10 Larven auf, weitere fünf 11–13 und eine einzige enthielt 29 Larven.

Verbreitung

Die Verbreitung der Larvenfunde im Raum Hersbruck ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Lage der Quellen ist durch zwei Quellhorizonte bedingt: einer an der Grenze von Oberjura zum Ornatenton (hier v.a. Kalktuffquellen) und einer an der Grenze von Brauner Jura zu Opalinuston (Quellen mit feinsandigem Substrat). Ermittelt wurden durch die semiquantitativen Erhebungen – v.a. in Kolken – ein einziges sehr großes Vorkommen, fünf große Vorkommen, fünf mittlere Vorkommen und viele kleine (n = 47) oder kleinste (n = 55) Vorkommen von Larven. Die kürzeste Distanz zum nächsten großen Nachbarvorkommen betrug im Mittel 3,2 km.

Quellen mit Feuersalamander-Larven

Die Anzahl der Feuersalamanderlarven-Vorkommen und die Anzahl der in den betreffenden Quellen gefundenen Larven von *C. bidentata* sind in Abbildung 2 dargestellt. Demnach kommen auch in Quellen und Quellbächen mit höherer Dichte von *C. bidentata*-Larven Feuersalamander-Larven vor. Der in der Hersbrucker Alb weit verbreitete Feuersalamander trat mit Larvenvorkommen nur in 13 % der Waldquellen (63 von 486) auf.

Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung der ermittelten Larven von *Cordulegaster bidentata* in 486 Quellen/Quellabflüssen. – Table 3. Distribution frequency of recorded *Cordulegaster bidentata* larvae in 486 source streams.

Anzahl gefundene Larven	Anzahl der Quellen mit Vorkommen	Größenklassen der Vorkommen
0	373	keine Vorkommen
1	55	sehr kleine Vorkommen
2	22	kleine Vorkommen
3	9	
4	10	mittlere Vorkommen
5	6	
6	1	
7	2	große Vorkommen
8	2	
9	0	
10	0	
11	2	
12	2	sehr großes Vorkommen
13	1	
14	0	
15	0	
29	1	
Summe	486 Quellen	

Die Häufigkeitsverteilung (Abb. 2) ist signifikant (Chiquadrat = 76,787; FG = 6; $p < 0,0001$), das Assoziationsmaß Somers's D ebenfalls ($D = 0,426$). Es besteht demnach ein positiver Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Larven beider Arten. Je mehr Larven von *C. bidentata* nachgewiesen wurden, umso höher war i.d.R. auch die Häufigkeit des Vorkommens der Feuersalamander-Larven. Insbesondere bei 3, 5 und 6 *C. bidentata*-Larven traten deutlich häufiger Feuersalamander-Larven auf als bei einer Zufallsverteilung zu erwarten gewesen wäre.

Quellen mit gemeinsamem Vorkommen von *Cordulegaster boltonii*- und *C. bidentata*-Larven

An zwölf Quellen wurde je eine und an fünf Quellen wurden je zwei *C. boltonii*-Larven gemeinsam mit einer oder mehreren *C. bidentata*-Larven gefunden. An einer Quelle ließen sich 15 *C. boltonii*-Larven gemeinsam mit vier *C. bidentata*-

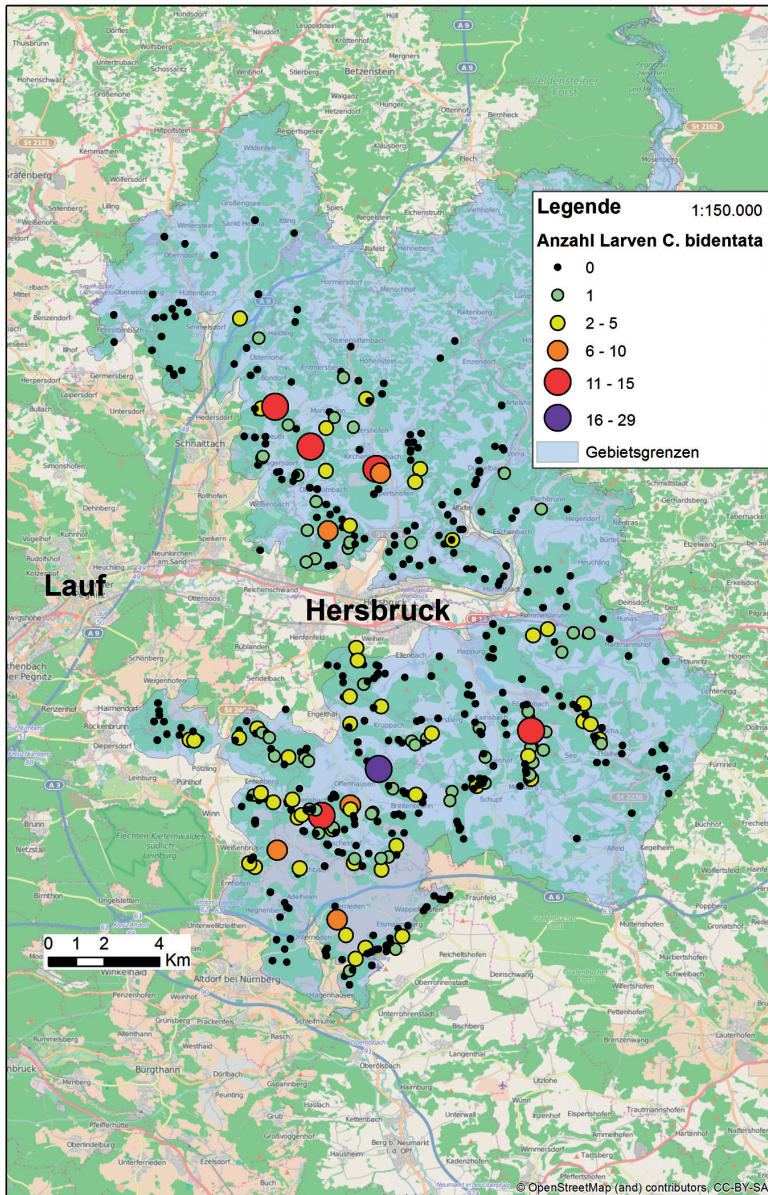


Abbildung 1: Verbreitung der Larvenvorkommen von *Cordulegaster bidentata* im Osten des Landkreises Nürnberger Land („Hersbrucker Alb“), Bayern. – Figure 1. Distribution of the occurrence of *Cordulegaster bidentata* larvae in the Nürnberger Land district, Bavaria, Germany.

Tabelle 4: Anzahl Vorkommen mit Larven beider *Cordulegaster*-Arten, aufgegliedert nach jeweiliger Anzahl Larven pro Vorkommen. – Table 4. Number of occurrences of both studied *Cordulegaster* species, subdivided by the number of larvae per site.

	Anzahl der Larven von <i>C. bidentata</i>							
	0	1	2	3	4	5	> 5	
Anzahl der Larven von <i>C. boltonii</i>	0	370	49	18	9	8	5	4
	1	2	4	3		1		4
	2		2	1				2
	3	1					1	1
	15					1		0
Summe	373	55	22	9	10	6	11	

Larven beobachten. *C. boltonii*-Larven fanden sich auch in typischen *C. bidentata*-Quellbereichen am Quellursprung. Aufgrund der vielen Quellen mit Absenz von *C. bidentata* (Quellen ohne Larvenfunde) in Tabelle 4 ist eine Prüfung mit dem Chi-Quadrat-Test auf Abweichung von einer Zufallsverteilung nicht zulässig.

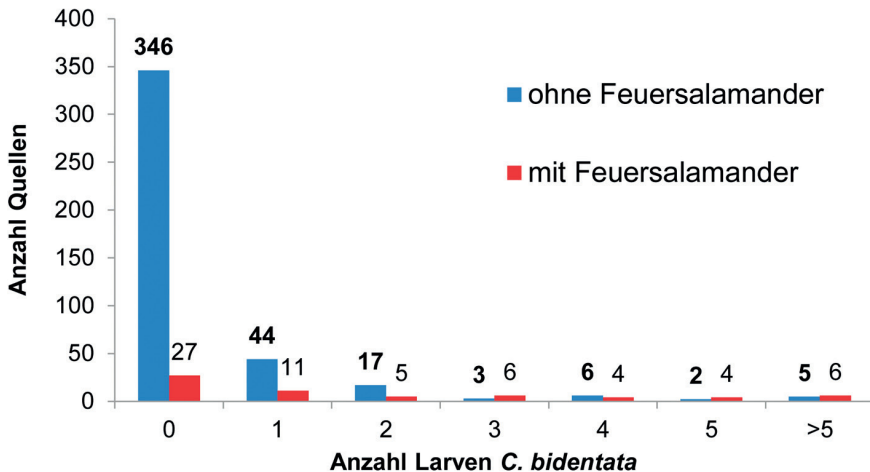


Abbildung 2: Feuersalamander-Vorkommen in Quellgewässern. Anzahl Quellen mit 0 bis > 5 *Cordulegaster bidentata*-Larven pro Vorkommen und syntoper Anwesenheit/Abwesenheit von Larven des Feuersalamanders *Salamandra salamandra* im Landkreis Nürnberger Land, Bayern. – Figure 2. Occurrence of Fire Salamander in source streams. Number of sources with 0 to > 5 *Cordulegaster bidentata* larvae per studied source and syntopic presence/absence of Fire Salamander *Salamandra salamandra* in the Nürnberger Land district, Bavaria.

Tabelle 5: Signifikante Meidung und Präferenz der Deckung bestimmter Substrate. Angegeben ist die Deckung des entsprechenden Substrates, bei dem eine Meidung bzw. Präferenz berechnet wurde. Die Substratklassen waren vierstufig skaliert: 0–1 %, 1–10 %, 10–50 %, > 50 % der Fläche. – Table 5. Significant avoidance and preference of coverage of different substrate types. Listed are substrates with significant preference or avoidance. The substrates were scaled in four classes: 0–1 %, 1–10 %, 10–50 %, > 50 % of the area.

Substrat	Signifikante Meidung	Signifikante Präferenz
Ton/Schluff	0 %	10–50 %
Moose	0 %	10–50 %
Tuffmoos	0 %	10–50 %
Totholz	0 %	10–50 %
Feindetritus	0 %	1–10 % und 10–50 %
„Kalkgrus“	0 %	1–10 % und 10–50 %
Sand	0 %	1–10 %
Sinter	0 %	1–10 %
Wurzelraum	0 % und > 50 %	1–10 %
Geniste	0 %	1–10 %
Fallaub	0 %	–

Analyse der Substrat-Faktoren und der Habitat-Faktoren

Bei der Analyse wurde zwischen Substrat-Faktoren (= Mikro-Habitats am Fundort der Larven) und Habitatfaktoren (sich auf den gesamten Bach beziehende Lebensraumfaktoren) unterschieden. Bei den in Tabelle 5 dargestellten Substrat-Parametern wurde eine signifikante Ressourcenwahl bezogen auf 148 Vorkommen mit Imagines und/oder Larven ermittelt. Demnach werden Quellen mit einer Deckung von 10–50 % des Veränderlichen Starknervmooses *Palustriella commutata* (in den Abbildungen 5 und 6 als Tuffmoos bezeichnet) oder anderen Moosarten, „Kalkgrus“ (0,3 bis 1,5 cm dicke, kugelige Kalkkonkretionen, die polsterartig Quellbereiche v.a. im Oberlauf bedecken) oder Ton/Schluff sowie Totholz präferiert. Weiter werden durch Sinter und Geniste geprägte Quellen bei einem Anteil von 1–10 % Deckung bevorzugt. Ein geringer Sandanteil (1–10 %) wird ebenso präferiert (siehe Tab. 5).

Bei den Habitat-Parametern Exposition und Höhenlage konnte keine signifikante Ressourcenwahl ermittelt werden. *Cordulegaster bidentata* bevorzugt Quellen mit geringen (1–10 %) morphologischen Veränderungen, kommt bevorzugt in Quellkomplexen mit mehreren benachbarten Quellen vor („Komplex-Quellen“) und präferiert mäßige Fließgeschwindigkeit und mittleren Abfluss (vgl. Tab. 6). Untersuchungsflächen im Schwarzen Jura und in Kuppenlage oder im Tal wurden signifikant gemieden, ebenso sehr schwach geneigte Hänge. Eine Bachlänge von 200–300 m wurde signifikant bevorzugt, eine solche von unter 50 m gemieden.

Tabelle 6: Signifikante Meidung und Präferenz bestimmter Habitatfaktoren durch *Cordulegaster bidentata*-Larven in Quellabflüssen. – Table 6. Significant avoidance and of specific habitat factors by *Cordulegaster bidentata* larvae in spring streams.

Habitatfaktor habitat factor	Signifikante Meidung significant avoidance	Signifikante Präferenz significant preference
Abfluss	bis 0,05 l/s	0,05–1 l/s
Bachlänge	bis 50 m	200–300 m
Fließgeschwindigkeit	austrocknend, stehend	mäßig (> 0,17 0,25 m/s)
Gestein	Schwarzer Jura	
Flächige Veränderung		1–10 %
Anthropogene Veränderungen	an > 50 % der Quellbachlänge	1–10 %
Neigung oben	sehr schwach, schwach (bis 2°)	
Neigung unten	sehr schwach, schwach (bis 2°)	
Position	Kuppe, Tal	
Quellgewässer	Einzelquelle	Quellkomplex



Abbildung 3: Quellbach mit gestuftem Relief, optimales Habitat von *Cordulegaster bidentata*-Larven. – Figure 3. Spring stream with graded relief, optimal habitat of *Cordulegaster bidentata* larvae.

Ermittlung bedeutsamer Habitatfaktoren

Die obigen Analysen betrachten jeden Substrat- und Habitatfaktor (vgl. Tab. 1) einzeln. Im Folgenden wird der Frage nachgegangen, welche Substrat- und Habitatfaktoren bedeutend sind, wenn diese gemeinsam analysiert werden. Hierdurch soll die relative Bedeutung der Faktoren untereinander herausgearbeitet werden.

Gemäß Abbildungen 4 und 5 ist von den untersuchten Habitatfaktoren für Imagines- und Larven-Vorkommen der Abfluss derjenige Faktor, der am besten die Präsenz oder Absenz von *C. bidentata* erklärt (Klassifizierung der Faktoren gemäß Tab. 1). Wenige Vorkommen fanden sich bei fehlendem oder sehr geringem Abfluss ($< 0,05$ l/s), viele Vorkommen hingegen bei mittlerem bis starkem Abfluss ($> 0,05$ l/s). Die zweitwichtigste Variable zur Erklärung des Vorkommens von *C. bidentata* ist morphologische Veränderung. Diejenigen Quellen, die nicht oder nur gering von morphologischen, d.h. anthropogenen, Veränderungen betroffen waren, zeigten die größte Wahrscheinlichkeit zur Besiedlung durch *C. bidentata*. Quellen, bei denen mehr als 10 % der Fläche (Klasse 2: 10–50 %; Klasse 3: > 50 %) von den Veränderungen betroffen waren, wiesen nur wenige Vorkommen der Art auf. Als dritt wichtigste Variable wird der Quell-Verbund ermittelt. Einzelne liegende Quellen weisen eine geringere Häufigkeit von Vorkommen auf als Quellen in Komplexlage, bei denen mehrere Quellen z.T. unmittelbar benachbart sind. Als viertwichtigste Variable wurde bei Einzelquellen die Exposition ermittelt. Einzelquellen, die nach Nord, Süd oder Südost orientiert sind, weisen einen geringen Anteil Vorkommen auf (22,5 % von 40), dagegen die übrigen Quellen einen hohen Anteil an Vorkommen (51,3 % von 78 Quellen).

Der Teil der Quellen mit fehlendem oder geringen Abfluss, der lediglich zu 15,1 % von *C. bidentata* besiedelt wurde (Abb. 4, linker Ast) ließ sich ebenfalls weiter entsprechend der Fließgeschwindigkeit differenzieren. Quellen mit sehr geringen oder geringen Fließgeschwindigkeiten wiesen einen geringen Anteil Vorkommen (1,33 % von 75 Quellen) auf, die Fließgeschwindigkeitsklassen 2 und 3 dagegen einen deutlich höheren Anteil (21,5 % von 163 Quellen).

Hohe Anteile an Vorkommen von *C. bidentata* weisen Quellen mit folgenden Eigenschaften auf:

- Abfluss: mäßig oder stark
- keine oder geringe (< 10 %) anthropogene Veränderungen
- mehrere benachbarte Quellen im Verbund
- Exposition Nordwest, Nordost, Ost, Südwest oder West (Einzelquellen)

Diese vier Habitatfaktoren sind für das Auftreten von *C. bidentata* (Imagines und Larven) im UG am wichtigsten. Die Analyse wurde für die Vorkommen wiederholt, in denen ausschließlich Larven festgestellt wurden. Dies ergab die gleiche Reihenfolge derselben bedeutsamen Habitatfaktoren. Diese Ergebnisse sind daher hier nicht weiter dargestellt.

Ermittlung bedeutsamer Substratfaktoren

Zur Charakterisierung der bevorzugten Substratverhältnisse von *C. bidentata* im Untersuchungsgebiet wurde ebenfalls ein Klassifikationsbaum erstellt.

Quellen mit dem Substrat „Kalkgrus“ (Deckung > 1 %) weisen einen recht hohen Besiedlungsanteil von 51,6 % auf (n = 248 Quellen), dann folgte der Faktor Feindetritus (Deckung > 1 %). Entsprechende Untersuchungsflächen weisen einen Besiedlungsanteil von 58,5 % auf (n = 212). An dritter Stelle folgen die Moose, die in 68,7 % der verbleibenden Quellen mit einer Deckung von mindestens 1 % vorhanden waren, anschließend Sinter, für den bei einer Deckung von > 1 % der Anteil besiedelter Quellen 78,3 % beträgt. Wenn kein „Kalkgrus“ vorhanden ist (Abb. 5, linker Ast), so beträgt der Anteil von Quellen mit *C. bidentata*-Vorkommen nur 8,4 % (n = 238). Zwischen den dann noch verbleibenden Quellen differenziert das Substrat Feindetritus die Besiedlungswahrscheinlichkeit.

Vergleich von bedeutsamen Habitat- und Substratfaktoren

Bislang wurden Habitat- und Substratfaktoren getrennt untersucht. Die folgenden Auswertungen prüfen Habitat- und Substratfaktoren gemeinsam. Die erhöh-

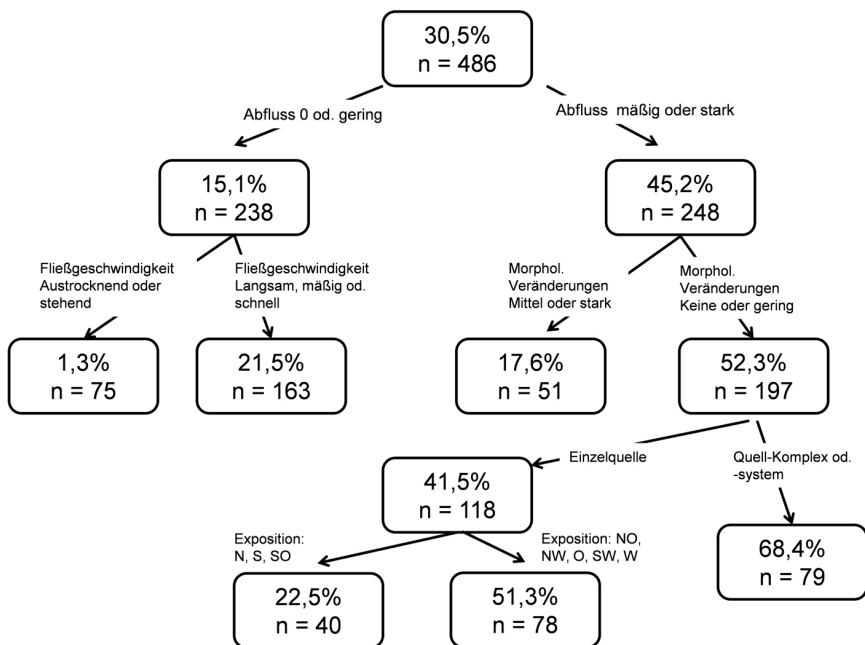


Abbildung 4: Anteil der Quellen mit *C. bidentata*-Vorkommen in Abhängigkeit von bedeutsamen Habitatfaktoren, vereinfacht. – Figure 4. Percentage of springs colonized by *C. bidentata* depending on important habitat factors.

te Vorkommenswahrscheinlichkeit ist wiederum auf dem rechten Ast im Baumdiagramm in den Abbildungen 6 und 7 dargestellt.

Vorkommen von Imagines oder Larven

Die Vorkommen werden zunächst nach dem Substratfaktor „Kalkgrus“ differenziert: 51,6 % der Quellen mit „Kalkgrus“ werden von der Art besiedelt ($n = 248$). Danach folgt das Substrat Feindetritus. Quellen mit diesem Substrat wiesen zu 58,5 % Vorkommen von *C. bidentata* auf ($n = 212$). An dritter Stelle ist das Vorkommen von Moosen bedeutsam. 68,7 % der verbleibenden Quellen mit diesem Substrat waren besiedelt. Erst dann tritt der Habitatfaktor Exposition als bedeutsam auf: Gewässer mit Exposition NO, NW, S und W haben einen Besiedlungsanteil von 82,8 % an den noch verbleibenden Quellen ($n = 64$). Wenn kein „Kalkgrus“ (linker Ast) vorhanden ist, so beträgt der Anteil von Quellen mit *C. bidentata*-Vorkommen nur 8,4 % ($n = 238$). Morphologische Veränderungen der Quellbereiche tragen ebenfalls zur Differenzierung zwischen Vorkommen oder Fehlen der Art bei.

Vorkommen von Larven

Analysiert man ausschließlich die Larvenvorkommen von *C. bidentata*, so ergibt sich ein leicht anderes Bild: Quellen werden zunächst nach dem Substratfaktor

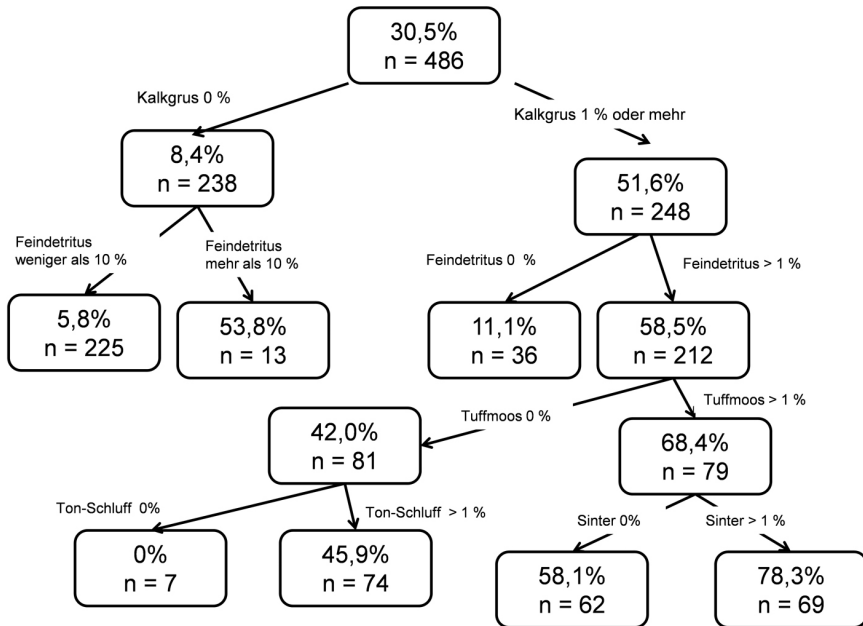


Abbildung 5: Anteil der Quellen mit *C. bidentata*-Vorkommen in Abhängigkeit von Substratfaktoren. – Figure 5. Percentage of springs with *C. bidentata* depending on substrate factors.

Feindetritus differenziert, 37,9 % der Quellen mit diesem Substrat waren besiedelt ($n = 290$). Dann differenziert der Faktor „Kalkgrus“ die Vorkommen, Quellen die dieses Substrat aufweisen, zeigten zu 46,2 % Vorkommen der Art ($n = 212$). Danach wird der Habitatfaktor morphologische Veränderungen wichtig: morphologisch nicht veränderte, naturnahe Quellen haben einen Anteil von 51,7 % Vorkommen, solche mit einer Exposition von Nordost, Nordwest oder West einen Anteil von 67,6 %.

Gefährdung und Schutz

Im Gelände ist im UG ein zunehmender Intensivierungsdruck der Forstwirtschaft in den Steil- und Schluchthängen des Albraufes festzustellen, u.a. durch Forststraßenbau auch in FFH-Gebieten quer über Quellbereiche hinweg. Mittelfristig geplant sind Seilbahnerschließungen zum Holzeinschlag auch in den letzten, bislang wenig oder kaum genutzten Steilhangbereichen. Es müssen 9 % der Waldquellen als stark beeinträchtigt bis vollständig zerstört eingestuft werden (v.a. Trinkwassernutzung). 10 % der Quellen wiesen eine morphologische Veränderung (Fassung, Totalverbau, Verrohrung, Aufstau) auf, bei der über 50 % des Ab-

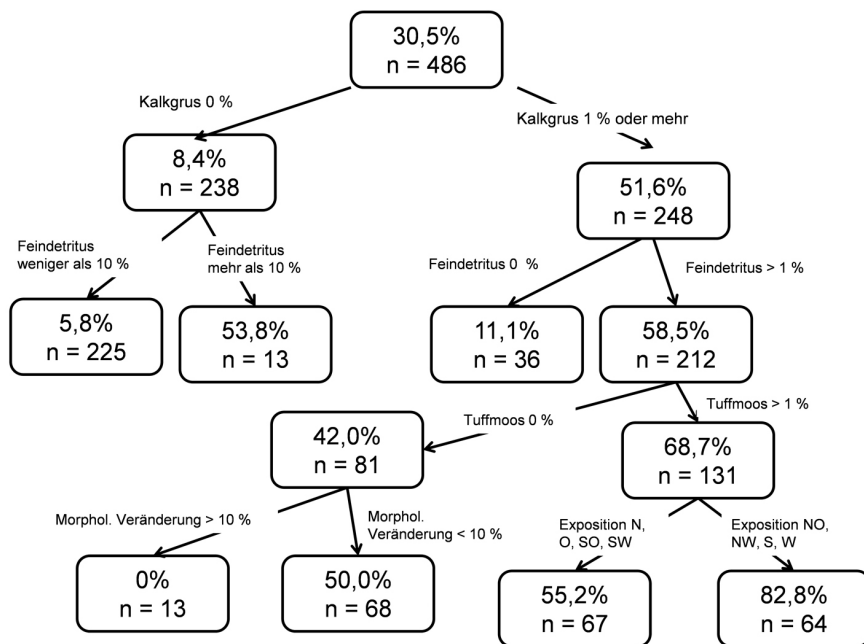


Abbildung 6: Anteil der Quellen mit *C. bidentata*-Vorkommen in Abhängigkeit von bedeutsamen Habitat- und Substrat-Faktoren. – Figure 6. Percentage of springs with *C. bidentata* depending on significant habitat and substrate factors.

flusses betroffen waren. Auffallend sind private Hobbynutzungen (Forellenteiche und Freizeit-/Hobbyanlagen inkl. Wasserableitung auf Privatgrundstücke) an 8 % der untersuchten Quellen. Es ist davon auszugehen, dass ein Großteil dieser Quellnutzungen nicht genehmigt ist. Befestigte, moderne Forststraßen queren bereits 30 % der Waldquellbereiche und 32 % der Quellbereiche mit Vorkommen von *C. bidentata*. Ohne erkennbare anthropogene Veränderungen waren noch 56 % der Quellen (FROBEL et al. 2009).

Von den 148 Quellen und Quellbächen mit Vorkommen von *C. bidentata* (Imagines und/oder Larven) liegt nur ein geringer Teil in nach Bundesnaturschutzgesetz geschützten Gebieten (Tab. 7). Da die Art weder im Anhang II noch IV der FFH-Richtlinie verzeichnet ist, stellt sie in FFH-Gebieten kein unmittelbares

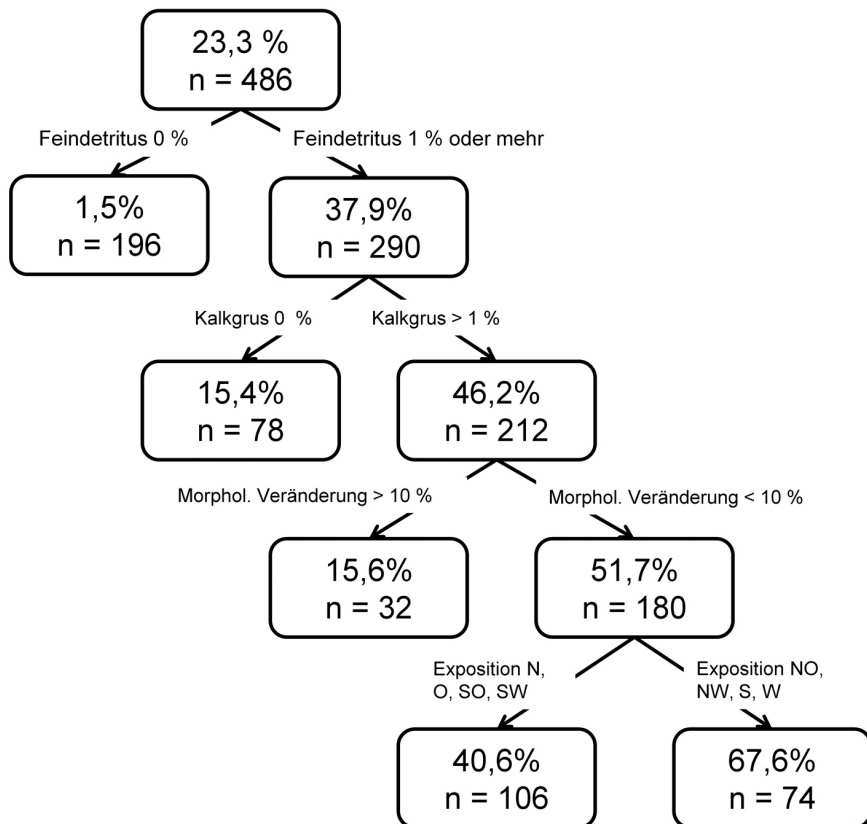


Abbildung 7: Anteil der Quellen mit *C. bidentata*-Larven-Vorkommen in Abhängigkeit von Habitat- und Substrat-Faktoren, vereinfacht. – Figure 7. Percentage of springs with larvae of *C. bidentata* depending on significant habitat and substrate factors, simplified.

Tabelle 7: Schutzstatus der 148 Vorkommen von *Cordulegaster bidentata* im Landkreis Nürnberger Land, Bayern. – Table 7. Protection status of 148 occurrences of *Cordulegaster bidentata* in the Nürnberger Land district, Bavaria.

Schutzgebiettyp	Anzahl der Vorkommen von <i>C. bidentata</i>
Geschützter Landschaftsbestandteil	1
Naturschutzgebiet	3
Wasserschutzgebiet	18
FFH-Gebiet	45 (von den 11 besten Larvengewässern jedoch nur 1)
Biotop der amtlichen bayerischen Biotopkartierung	62 (Quellursprung wegen Fehlen einer Waldbiotopkartierung jedoch oft nicht erfasst)
Landschaftsschutzgebiet	146

Schutzgut dar. Das Verschlechterungsverbot greift daher hier nicht unmittelbar. *Cordulegaster bidentata* ist lediglich als charakteristische Tierart des prioritären FFH-Lebensraumtyps „Kalktuff-Quellen (Cratoneurion)“, Natura 2000-Code *7220, genannt (SSYMANK et al. 1998). Keine einzige Quelle in der Hersbrucker Alb – selbst sehr gut ausgeprägte Tuffquellen – ist z.B. als Naturdenkmal ausgewiesen. Der hohe Anteil von in Landschaftsschutzgebieten liegenden Quellen geht auf Anfang der 1950er Jahre durch einen engagierten Landrat gezielt am landschaftlich attraktiven wie quellenreichen Albtrauf ausgewiesene Schutzgebiete zurück.

Von den elf Quellen oder Quellbächen mit den höchsten Larvendichten von *C. bidentata* liegen sechs in kartierten Biotopen, eine in einem FFH-Gebiet, aber keine in einem Naturschutzgebiet.

Diskussion

Obwohl der bayerische Quell-Erfassungsbogen (HOTZY 2007) mit seinen vierstufigen Klassifikationen zur detaillierten Charakterisierung der ökologischen Ansprüche einer Art an Substrat- und Habitatfaktoren nur ein relativ grobes Instrument darstellt, ist damit eine landesweit einheitliche Beschreibung möglich. Trotz eingeschränkter Genauigkeit des Erhebungsinstruments zeigen die Ergebnisse, dass eine treffende Beschreibung der für das Vorkommen der Art wichtigen Umweltfaktoren möglich ist, und dass sich damit auch eine Wichtung der relativen Bedeutung ermitteln lässt (Abb. 4–7). Mit den angewandten statistischen

Verfahren konnten plausible Ergebnisse erzielt werden. Diese Verfahren haben folgende Vorteile:

- Mit dem Programm „adehabitat“ lässt sich der anfängliche Globaltest auf Signifikanz der Ressourcenwahl prüfen und die nachfolgenden Tests werden auf Meidung bzw. Präferenz einzelner Ressourcenklassen bearbeitet.
- Es werden Korrekturverfahren wegen multiplen Testens vorgeschlagen.
- Aufbauend auf den tabellarischen Ergebnissen lassen sich Grafiken erstellen, welche die Wahl der signifikanten Habitat- und Substratfaktoren veranschaulichen.
- Alle untersuchten Habitat- und Substratfaktoren lassen sich als Ressourcenklasse auffassen und mit demselben Verfahren untersuchen.

Für das Vorkommen von *C. bidentata* entscheidend sind Stufen im Quellbach, die den Wasserabfluss stellenweise bremsen und Kolke von ca. 30 × 30 cm Größe und 3–10 cm Tiefe bilden mit einer dünnen Auflage aus Feindetritus (brauner Schlamm). Diese Verhältnisse treten dort auf, wo sich Totholz, Geniste und Sinterstufen in den Quellbächen finden. Sie entstehen vor allem an quer liegendem Totholz aus Ästen und Stämmen. An Vorkommen von *C. bidentata* ist das Gewässer häufig treppenartig aufgebaut. Diese Strukturierung ist nur vorhanden, wenn die Quelle nicht oder fast nicht anthropogen beeinflusst ist, d.h. Totholz und Geniste sind nicht beseitigt, das Wasser ist nicht abgeleitet (z.B. für Forellenteiche) und das Gewässer ist auf weniger als 10 % der Fläche verändert.

Diese Kolke waren die bei der Erfassung bevorzugten Stellen bei der Larvensuche. Offen bleibt die Frage, ob Larven auch außerhalb des Bachsediments z.B. im feuchten Oberboden quellbeeinflusster Hangbereiche vorkommen.

In unserem UG waren 30 % der Waldquellen von *C. bidentata* besiedelt. Ähnliche Besiedlungshäufigkeiten sind auch aus dem hessischen Kellerwald (TAMM 2012: jede dritte erfasste Bergwaldquelle) und dem Raum Tübingen (HENHEIK 2011: 26 %) bekannt. Höhere Besiedlungshäufigkeiten wurden an den Osthängen des Reinhardswaldes (Nordhessen) festgestellt, wo die Art etwa in der Hälfte der Quellen auftrat (TAMM 2012).

Die ermittelten, für ein Vorkommen der Art entscheidenden Habitat- und Substratfaktoren im UG, stehen weitgehend im Einklang mit bisherigen Beschreibungen der Habitatansprüche von *C. bidentata* (z.B. STÜMPPEL et al. 1998; STERNBERG et al. 2000; HENHEIK 2011; LIEBELT et al. 2011; TAMM 2012). Auch die Bevorzugung von naturnahen, morphologisch wenig veränderten Quellen war zuvor bereits bekannt (vgl. STERNBERG et al. 2000; TAMM 2012). Die in unserem UG präferierten Substratklassen sind an den Quellen dann vorhanden, wenn diese höchstens geringe Veränderungen, jedoch hohe Anteile relevanter Strukturen (z.B. Moose und Totholz) aufweisen. Dies trifft vor allem für die Quellen zu, in denen keine Eingriffe durch Forststraßenbau, Holzernte oder Wasserableitungen für Teiche erfolgt sind.

Das gemeinsame Auftreten von *C. bidentata* und *C. boltonii* wurde nicht nur in unserem UG beobachtet (vgl. HENHEIK 2011). CANO-VILLEGAS et al. (2012) interpretieren syntopes Vorkommen der Art mit *C. boltonii* als Hinweis auf eine struk-

turelle Verschlechterung der Larvengewässer, was wir für unser UG jedoch nicht erkennen können.

Nach unseren Befunden kommen die Larven von Feuersalamander und *Cordulegaster bidentata* – wie bereits von HENHEIK (2011) beobachtet – oftmals gemeinsam vor. Er fand Salamanderlarven jedoch eher in den Unterläufen sowie in Rinnsalen und Abschnitten ohne *Cordulegaster*-Larven. In unserem UG traten Salamanderlarven überproportional häufig in Quellen mit höherer Dichte von *C. bidentata*-Larven auf, was wir auf die Abflussverhältnisse und die Dauer der Wasserführung zurückführen. Das gemeinsame Auftreten mit Salamanderlarven in den Kolken lässt sich dahingehend interpretieren, dass beide Arten ähnliche Ansprüche an die Wasserführung und -tiefe haben, und dass Kolke, die für mehrere *C. bidentata*-Larven aufgrund ihrer Größe und Tiefe geeignet sind, ebenfalls für den Feuersalamander attraktiv sind. Jedoch nutzen dessen Larven häufiger besonders tiefe Kolke ab 30–50 cm Tiefe im Unterlauf der Quellbäche.

In der Hersbrucker Alb meidet *Cordulegaster bidentata* Quellbäche mit einer Länge von weniger als 50 m und bevorzugt solche mit 200–300 m Länge. Im UG sitzen viele Larven im unmittelbaren Quellbereich sowie in den sich anschließenden Oberläufen der Quellbäche auf Strecken von ca. 100 m. Bäche, die kürzer als 50 m sind, sind oft auch Quellabflüsse, die nach 50 m versickern oder in den nächsten Vorfluter münden, zudem oft Quellen mit schwacher Schüttung. Unsere Ergebnisse stehen somit im Einklang mit denen von STERNBERG et al. (2000), die die Larvenhabitate schwerpunktmäßig im unmittelbaren Quellbereich oder dicht unterhalb davon in einer Quellentfernung von 100–300 m angeben. Auch bei HENHEIK (2011) liegt der Schwerpunkt der Vorkommen zwischen 60 und 153 m unterhalb der Quelle und nicht ausschließlich im unmittelbaren Quellbereich. In der Rhön und Umgebung sind nach REISS (2014) Funde in Quellen selten: *C. bidentata* wurde lediglich in acht, *C. boltoni* in zwei und *Cordulegaster* sp. in fünf von 4.375 Quellen gefunden.

Cordulegaster bidentata kommt im UG gehäuft in landschaftstypischen Kalktuffquellen und kalkbetonten Quellen in naturnahen Buchenwäldern vor. Da der Albtrauf eine hohe Quellendichte aufweist und die Art an knapp einem Drittel der untersuchten Quellen und Quellbäche vorkommt, ist die Hersbrucker Alb nach derzeitigem Erkenntnisstand eines der Hauptverbreitungsgebiete dieser Libellenart in Bayern. Das Vorhandensein von bestimmten Substraten, die nur bei naturnahen Quellen und Quellbächen stark ausgeprägt sind, ist in diesem UG entscheidend. Negativ wirken sich Beeinträchtigungen oder Zerstörungen von Quellen und Quellbächen aus, z.B. durch Quellfassungen, Forststraßen, Fischteiche, Fichtenmonokulturen und Abfälle, was bei 47 % der Waldquellen registriert wurde. Auch wenn das UG eines der Hauptverbreitungsgebiete der Art in Bayern darstellt, so ist doch eine hohe Gefährdung durch Beeinträchtigungen der Vorkommensbereiche festzustellen. Für 32 besonders gut ausgeprägte Quellen wurde daher 2008 bei der Fortschreibung des landkreisbezogenen Arten- und Biotopschutzprogrammes die Ausweisung als geschützter Landschaftsbestandteil oder als Teil neuer Naturschutzgebiete am Albtrauf empfohlen.

Die Gefährdungssituation von *C. bidentata* darf nicht unterschätzt werden: Im UG ist nur etwa die Hälfte der rund 500 vorhandenen Waldquellen noch in einem naturnahen Zustand. Nur 30 % der Waldquellen werden von *C. bidentata* besiedelt, größere Larvenvorkommen finden sich lediglich in 7 % der Waldquellen. Die auch künftig anhaltende akute Gefährdung naturnaher Quellen durch vielfältigen Nutzungsdruck und häufiger werdende Austrocknungsprozesse im Zuge des Klimawandels (insbesondere Frühjahrstrockenheit in den Jahren 2014 und 2015) sprechen dringend dafür, den Schutzstatus dieser Art in den Roten Listen aufrecht zu erhalten. Eine Abstufung nur aufgrund gestiegener Nachweise ohne Berücksichtigung der Quellsituation und der flächigen Erhebung von Larvenvorkommen wäre kurzsichtig.

Die Vorschläge von LIEBELT et al. (2011) für Maßnahmen zum Schutz von *C. bidentata* haben auch für unser UG Geltung. Wichtig sind namentlich die Rücknahme von Quellverbauungen, die Einschränkung von Kahlschlägen und forstlicher Nutzung im Quellen- und Quellbachbereich sowie die Reduzierung von Nährstoff- und Feinsedimenteinträgen (verursacht z.B. durch forstlichen Wegebau) in die Quellgewässer durch Ausweisung von Pufferzonen. Langfristig ist die Umwandlung von Nadelholzforsten in standortgerechte Laubmischwälder im Bereich von Quellen und Quellbächen anzustreben. Zentral ist, dass der Wasserhaushalt im Bereich von *C. bidentata*-Vorkommen unverändert bleibt und dass Beeinträchtigungen wie illegale Forellenteiche und ungenehmigte Quellwasserausleitungen rückgängig gemacht werden. Die Art ist endemisch in Europa und kommt schwerpunktmäßig in Mitteleuropa vor (KALKMAN et al. 2010), sodass die Verantwortung Deutschlands und Bayerns für die Erhaltung der Art entsprechende Anstrengungen rechtfertigt.

Literatur

- CALENGE C. (2013) Paket adehabitat – Analysis of habitat selection by animals, Stand 11.01.2013, Version 1.8.12. <http://www.cran.r-project.org>, letzter Zugriff: 24.03.2015
- CANO-VILLEGAS F., M. CONESA-GARCÍA, A. BERNAL, P. RODRÍGUEZ & M. LOCKWOOD (2012) Notas sobre la situación de *Cordulegaster bidentata* Sélys, 1843 (Odonata: Cordulegastridae) en el Pirineo de Lérida (noreste de España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* (S.E.A.) 51: 337–339
- FALTIN I. (2004) Datensammlung – StMLU-Bögen. Artenschutzkartierung Bayern – Punkt und Lebensraumkartierung. Unveröffentlichte Datenbögen
- FROBEL K., L. JEWORUTZKI, M. LOHR & W. TÜRK (2009) Die Gestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*) in der Hersbrucker Alb. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag Bund Naturschutz, Nürnberg
- HABERMEIER F. (1928) Beiträge zur Kenntnis der nordbayerischen Libellenfauna. *Entomologischer Anzeiger* 8: 12–13, 26–28
- HENHEIK H. (2011) Zum Vorkommen der Quelljungfer-Arten (*Cordulegaster bidentata*, *C. boltonii*) im näheren Umkreis von Tübingen. *Mercuriale* 11: 1–10

- HOTZY R. (2007) Bayerischer Quellerfassungsbogen (BayQEB) mit Kartieranleitung. Aktionsprogramm Quellen. Version 2.0. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg. Erfassungsbogen: http://www.lfu.bayern.de/natur/aktionsprogramm_quellen/doc/erfassungsbogen.pdf, letzter Zugriff: 10.7.2015
- HOTZY R. & J. RÖMHELD (2008) Aktionsprogramm Quellen in Bayern – Teil 2: Quellerfassung und -bewertung. [http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000047?SID=916127993&ACTIONxSESxSHOWPIC\(BILDxKEY:lfu_nat_00131,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF\)](http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000047?SID=916127993&ACTIONxSESxSHOWPIC(BILDxKEY:lfu_nat_00131,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF)), letzter Zugriff: 10.7.2015
- KALKMAN V.J., J.-P. BOUDOT, R. BERNARD, K.-J. CONZE, G. DE KNIJF, E. DYATLOVA, S. FERREIRA, M. JOVIĆ, J. OTT, E. RISERVATO & G. SAHLÉN (2010) European Red List of Dragonflies. http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_dragonflies.pdf, letzter Zugriff: 10.7.2015
- LFU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2003) Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Heft 166. Augsburg
- LFW (2004) Projektgruppe Aktionsprogramm Quellen (2004): Bayerischer Quelltypenkatalog. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Ed.), München. http://www.lfu.bayern.de/wasser/trinkwasser_quelle_verbraucher/trinkwassergewinnung/doc/quelltypenkatalog.pdf, letzter Zugriff: 10.7.2015
- LIEBELT R., M. LOHR & B. BEINLICH (2011) Zur Verbreitung der Gestreiften und der Zweigestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata* und *C. boltonii*) im Kreis Höxter (Insecta, Odonata, Cordulegastriidae). *Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser* 22: 3–18
- MANLY B.F.J., L.L. McDONALD, D.L. THOMAS, T.L. McDONALD & W.P. ERICKSON (2003) Resource Selection by Animals – Statistical Design and Analysis for Field Studies. Second edition. Kluwer academic publishers, London
- OTT J. & W. PIPER (1998) Rote Liste der Libellen (Odonata). In: BINOT M., R. BLESS, P. BOYE, H. GRUTTKE & P. PRETSCHER (Ed.) Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 55: 260–263
- OTT J., K.-J. CONZE, A. GÜNTHER, M. LOHR, R. MAUERSBERGER, H.-J. ROLAND, F. SUHLING (im Druck) Rote Liste der Libellen Deutschlands. *Libellula* Supplement 14
- REISS M. (2014) Quellgewässer der Rhön – Fauna, Biodiversität und Lebensraum. <http://www.na-hessen.de/downloads/13n030ft20quellgewaesserrhoen.pdf>, letzter Zugriff: 20.02.2014
- SCHWOERBEL J. (1994) Methoden der Hydrobiologie. 4., neubearbeitete Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- SSYMANK A., U. HAUKE, C. RÜCKRIEM & E. SCHRÖDER (1998) Das europäische Schutzgebietsystem NATURA 2000. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 53. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg
- STERNBERG K., R. BUCHWALD & U. STEPHAN (2000) *Cordulegaster bidentata* Sélys, 1843 – Gestreifte Quelljungfer. In: STERNBERG K. & R. BUCHWALD (Ed.) (2000) 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.) (1998) Libellen in Bayern: 142–143. Ulmer, Stuttgart.
- TAMM J. (2012) *Cordulegaster bidentata* in Hessen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Bindung an den geologischen Untergrund (Odonata: Cordulegastriidae). *Libellula* 31: 131–154

THOMAS D. L. & E. J. TAYLOR (1990) Study designs and tests for comparing resource use and availability. *Journal of Wildlife Management* 54: 322–330

WERZINGER J. (1996) Die Libellen des Molsberger Tales. Untersuchung im Auftrag der Verwaltungsgemeinschaft Happurg. Unveröffentlichter Bericht, Nürnberg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Libellula](#)

Jahr/Year: 2015

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Frobel Kai, Schlumprecht Helmut

Artikel/Article: [Untersuchungen zur Substrat- und Habitatwahl von *Cordulegaster bidentata* im Landkreis Nürnberger Land \(Odonata: Cordulegastridae\) 3-26](#)