©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

carolinea, 46: 49–64, 8 Abb.; Karlsruhe, 31 10. 1988

RAINER BUCHWALD

Die Gestreifte Quelljungfer *Cordulegaster bidentatus* (Odonata) in Südwestdeutschland

Kurzfassung

In den Jahren 1983–1987 wurden vom Verfasser 58 Vorkommen von *Cordulegaster bidentatus* (Gestreifte Quelljungfer) in SW-Deutschland untersucht.

Die Art ist vor allem in Gewässern der kalkreichen Mittelgebirge sowie im Westteil des mittleren und südlichen Schwarzwaldes verbreitet, zwischen 190 und 840 m über NN. Das Verbreitungsmuster wird offensichtlich durch klimatische Größen wie die durchschnittliche Juli-Temperatur und die mittlere Zahl der Sommertage, dazu aber auch durch die Art des geologischen Untergrundes festgelegt.

In SW-Deutschland kommt *C. bidentatus* ausschließlich in zwei Habitattypen vor: a) Quellzonen und quellnahe Abflüsse von Waldbächen, b) Kalkquellmoore des Alpenvorlandes, in Kontakt mit naturnahen Quellwäldern. Es handelt sich um langsam fließende, flache, meist schmale Gewässer mit geringer Wasserführung.

Die Vegetation wird in ihrer charakteristischen Struktur als Mosaik verschiedener Waldgesellschaften in Kontakt mit Forst- und anderen Gesellschaften beschrieben. Entscheidend ist ein hoher Anteil naturnaher Bestände von Laub- und Mischwäldern mit einem Mindestanteil an Laubhölzern von 50 %.

Bei gemeinsamen Vorkommen mit *C. boltoni* bilden die beiden Arten in der Regel unterschiedliche ökologische Nischen aus durch unterschiedliche Habitatpräferenzen; in Gewässern in Waldlichtungen und -schlägen kann es dagegen zu interspezifischer Konkurrenz kommen.

Es wird diskutiert, welche Faktoren die Wahl des Fortpflanzungshabitats und speziell der Eiablage-Stellen (Habitatselektion) auslösen und die spezifische Bindung der Art an die besiedelten Lebensräume (Biotopbindung) bewirken könnten.

Es werden Überlegungen angestellt zur Frage der Besiedlungsgeschichte der beiden *Cordulegaster*-Arten.

Die Gefährdungen der *C. bidentatus*-Gewässer werden aufgezeigt und notwendige Maßnahmen zu ihrem Schutz vorgeschlagen. Erste Priorität sollte eine schonende Wald-Bewirtschaftung mit Erhaltung der laubholzreichen Bestände haben.

Abstract

***Cordulegaster bidentatus* (Odonata) in SW-Germany**

Fiftyeight sites of *Cordulegaster bidentatus* in SW-Germany were investigated by the author in the years 1983–1987

The species occurs mainly in the limestone mountains and in the western parts of the middle and southern Black Forest, in altitudes between 190 and 840 m above sea level. Its range is apparently determined by climatic factors such as the average temperature in July and the mean number of summer days (days with temperatures above 25°C), but also by the geology of the relevant areal.

In SW-Germany *C. bidentatus* is confined exclusively to two types of habitats: a) spring areas and rivulets in the vicinity of springs in woods, b) calcareous spring mires and marshes in the pre-alpine region which lie adjacent to woods with springs. The waters are slow-flowing, shallow and mostly narrow.

The vegetation is a mosaic of various woodland communities in contact with forest plantations and other communities. Its characteristic structure is described. The most important requirement is a high proportion of semi-natural deciduous and mixed woodland with a minimum of 50 % deciduous trees.

The occurence together with *C. boltoni* is described and the ways in which these two species avoid competition is discussed. Usually they occupy separate ecological niches due to different preferences in habitat selection. An exception occurs for waters in woodland clearings or felled areas where interspecific competition can occur.

Various factors are discussed which can determine the selection of the brood habitat and, in particular, the sites for oviposition.

A hypothesis ist formulated to answer the question as to which factor might determine the specific faithfulness of the species to particular biotopes.

Questions concerning the natural habitats of both *Cordulegaster* species are given consideration.

Attention is drawn to the endangering of waters with *C. bidentatus* populations and measures necessary for their protection are suggested. The highest priority must be given to careful forest cultivation economy together with preservation of stands rich in deciduous trees.

Autor

RAINER BUCHWALD, Institut für Biologie II der Universität Freiburg, Schänzlestraße 1, D-7800 Freiburg.

1. Einleitung

Die beiden Arten der Gattung *Cordulegaster, C. bidentatus* SÉLYS 1843, und *C. boltoni* DONOVAN 1807, gehören bis heute zu den am wenigsten untersuchten Libellenarten in Mitteleuropa. Mit den ökologischen Ansprüchen von *C. bidentatus,* der Gestreiften Quelljungfer, haben sich bisher nur wenige Autoren auseinandergesetzt (GEIJSKES 1935, VÖLKER 1955, ROBERT 1959, FRANKE 1980, FRÄNZEL 1981, 1985, GERKEN 1982, 1984, BLANKE 1984).

In den Jahren 1983–1987 untersuchte ich 58 Vorkommen der Art in SW-Deutschland, deren Bodenständigkeit aufgrund regelmäßiger Beobachtung von Imagines, von hoher Abundanz und/oder von Larven- oder Exuvienfunden als sicher bzw. sehr wahrscheinlich angenommen werden konnte. Als Vergleich dienten einzelne Populationen in Niedersachsen und in der Schweiz. Im Vordergrund der vorliegenden Arbeit stehen folgende Fragestellungen:

Wie ist *Cordulegaster bidentatus* in SW-Deutschland verbreitet, durch welche Faktoren ist die horizontale und vertikale Verbreitung bestimmt?

In welchen Vegetationstypen/Pflanzengesellschaften kommt die Art in SW-Deutschland vor; welche (ver-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

wandten) Gesellschaften werden gemieden?
Gibt es gemeinsame Habitate mit *Cordulegaster boltoni*? Wie kann interspezifische Konkurrenz vermieden werden?
Durch welche Signale wird die Wahl allgemein des Fortpflanzungshabitats und speziell des Eiablage-Platzes ausgelöst (Habitatselektion)?
Welche Hypothesen lassen sich zur spezifischen Bindung von *C. bidentatus* an die besiedelten Biotoptypen aufstellen (Biotopbindung)?

Mein besonderer Dank gilt Herrn ADOLF HEITZ und Sohn STEFAN HEITZ, die mir zahlreiche Fundorte nannten und mit denen ich in Gesprächen und bei Exkursionen wichtige Fragen diskutieren konnte. Die Herren HANS-PETER DÖLER und BERND HÖPPNER nannten mir dankenswerterweise ebenfalls einige Fundstellen. Weiterhin danke ich Frau Prof. Dr. OTTI WILMANNS und Herrn Prof. Dr. GÜNTER OSCHE für einige wesentliche Anregungen und Diskussionen in Fragen der allgemeinen Biozönologie, der Habitatselektion und der Biotopbindung.

2. Methoden

Die Vegetation der Fortpflanzungsgewässer von *C. bidentatus* wurden größtenteils pflanzensoziologisch erfaßt, wobei die übliche Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) verwendet wurde; einige Vegetationseinheiten wie beispielsweise *Impatiens noli-tangere*-Fluren wurden nach der bestehenden Literatur eingeordnet und benannt (vor allem: OBERDORFER 1957, 1977, 1982; SEBALD 1975; WILMANNS 1984; MURMANN-CHRISTEN 1987), ohne daß Vegetationsaufnahmen erstellt wurden. Soweit es sich um Quellsümpfe (an Waldquellen, in Kalkquellmooren) handelt, führte ich die Gesellschaften der emersen Vegetation (Baum, Strauch, Kraut) mit denen der submersen oder der Moosvegetation in einer Tabelle auf, da diese räumlich wie ökologisch kaum trennbar sind, somit als Durchdringungskomplex verstanden werden müssen (Vegetationsaufnahmen: siehe BUCHWALD 1986).
Zur besseren Charakterisierung der *C. bidentatus*-Brutgewässer wurden folgende Parameter des Wassers gemessen: Wassertemperatur, Fließgeschwindigkeit, O_2-Gehalt, pH, Gesamtleitfähigkeit, Carbonat- und Gesamthärte, Konzentration an gelöstem Chlorid sowie (selten) Ammonium, Nitrat und Phosphat (ausführliche Beschreibung der Methoden vgl. SCHWOERBEL 1980, BUCHWALD 1986).
Gemessen wurde in der Regel zur Hauptflugzeit der Libellen in den Sommer-, teilweise noch in den Herbstmonaten, Wassertemperatur und O_2-Gehalt an einigen Fundstellen zusätzlich auch im Winter und Frühjahr, um die Entwicklung dieser Faktoren möglichst während eines ganzen Jahres verfolgen zu können.
Die Libellenfauna wurde grundsätzlich nur bei sonnigem oder leicht bewölktem Himmel mit Schattentemperaturen von über (18–)20 °C aufgenommen, um ca. 11.00–17.00 Uhr Sommerzeit (MESZ). Nur bei diesen Bedingungen ist einigermaßen gewährleistet, daß auch Arten mit hohen Temperaturansprü-

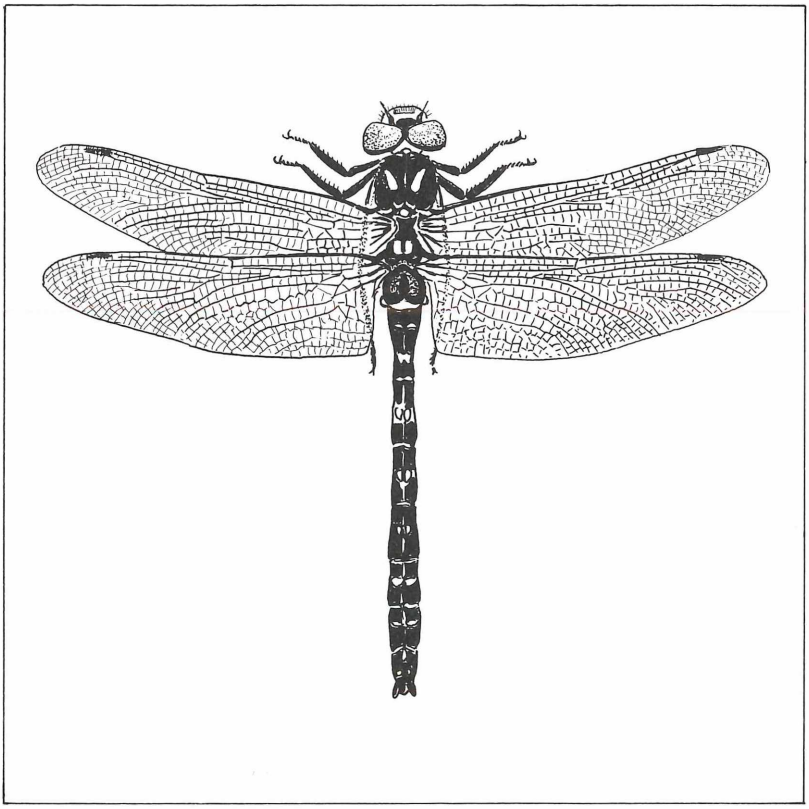

Abbildung 1. *Cordulegaster bidentatus*. Zeichnung: F. WEICK nach Skizze A. ULLER.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

chen wie *C. bidentatus* an den Gewässern fliegen. Die Flugzeit in SW-Deutschland erstreckt sich von Ende Mai bis Anfang/ Mitte August, in Jahren mit verspätetem Schlüpfen bis Ende August.
Gewässer, die während der Flugzeit nicht aufgesucht werden konnten, untersuchten A. & S. HEITZ oder ich nach Larven; die Larvensuche hat den Vorteil, daß sie unabhängig von der Witterung durchgeführt werden kann und häufig bessere Aussagen über die reale Populationsgröße erlaubt. Nach A. HEITZ (mdl.) aber ist das Auffinden von Larven in den Wintermonaten sehr schwierig, da sich diese in kaum bekannte Kleinsthabitate zurückziehen.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Verbreitung

Cordulegaster bidentatus ist eine ostmediterrane Art, deren Areal sich von Kleinasien über Italien und Spanien bis Frankreich erstreckt (AGUESSE 1968). In Mitteleuropa kommt sie in der Schweiz, in Österreich, in der Bundesrepublik und in Belgien vor; die Ostgrenze verläuft durch die CSSR und Ungarn.
In der Bundesrepublik liegen Fundmeldungen vor aus der kollinen und montanen Stufe der Mittelgebirge: Südniedersachsen (VÖLKER 1955, BLANKE 1984), Hessen (ILLIES 1952), Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen (z. B. LE ROI 1915, CASPERS 1980, FRÄNZEL 1981 und 1985, BRAUN et al. 1984), Saarland (WILD 1984), Bayern (LOHMANN 1980, DIRNFELDER 1982). In Baden-Württemberg gibt es Funde aus dem Schwarzwald (SCHMIDT 1967, HEIDEMANN, 1979), dem Bodenseegebiet (SENF 1976, FRANKE 1980, GERKEN 1982 und 1984, BUCHWALD 1983) und aus anderen Regionen; zur derzeit bekannten Verbreitung siehe SCHANOWSKI & BUCHWALD (1987).
Ein Großteil dieser Fundstellen wurde vom Verfasser 1983–1987 untersucht, ihre flächenmäßige Verteilung ist in Abbildung 2 dargestellt.
Das sehr ungleichmäßig erscheinende Verbreitungsmuster von *Cordulegaster bidentatus* in Baden-Württemberg – mit einer Häufung der bisher bekannten Populationen am Westrand des mittleren und südlichen Schwarzwaldes – ist zum großen Teil, aber nicht ausschließlich auf die in den einzelnen Landesteilen sehr unterschiedlich intensive Libellenerhebung zurückzuführen (SCHANOWSKI & BUCHWALD 1987). Es ist daher zu erwarten, daß in der kollinen und montanen Stufe anderer Regionen ähnlich viele Vorkommen gefunden werden können wie beispielsweise in den westlichen Teilen des mittleren Schwarzwaldes. In Gebieten mit kalkreichem geologischen Untergrund darf oberhalb ca. 200 m eine hohe *C. bidentatus*-Dichte angenommen werden, soweit genügend Gewässer vorhanden sind, die den ökologischen Ansprüchen der Art genügen, und soweit die Wälder ihren naturnahen Charakter nicht z. B. durch Umwandlung in großflächige Fichten-Monokulturen verloren haben.
Es fällt auf, daß die Art im nördlichen Schwarzwald weitgehend, im östlichen Schwarzwald sogar ganz fehlt. Ein Vergleich mit der geologischen Karte zeigt, daß die meisten untersuchten Gewässer in Gneis-Gebieten liegen, einige andere über Graniten oder Porphyren; nur eine Population konnte bisher in einem Buntsandstein-Gewässer nachgewiesen werden. Sollte *C. bidentatus* tatsächlich in der Regel Buntsandstein-Gewässer meiden, so würde dies die oben beschriebene Verteilung im Schwarzwald erklären.
Wie ist es zu verstehen, daß Buntsandstein-Bäche nur vereinzelt besiedelt werden? Solche Gewässer weisen von Natur aus pH-Werte von etwa 4–6,5 auf, die durch saure Immissionen in den letzten Jahrzehnten noch erniedrigt wurden (BREHM 1983, SCHOEN & KOHLER 1984); besonders tiefe pH-Werte werden bei sommerlichen und herbstlichen Starkregen nach Trockenperioden, vor allem aber bei der Schneeschmelze, gemessen. *Cordulegaster bidentatus* kommt nach den vorliegenden Befunden nur in basischen bis schwach sauren Gewässern vor, der Grenzwert – nach Sommer- und Herbstmessungen – liegt bei 6,3. Denselben Wert ermittelte FRÄNZEL (1985) für die Habitate im Bonner Raum. Berücksichtigt man die pH-Stürze in den genannten Fällen, so dürfte der Grenzwert bei diesen doch recht gut gepufferten Bächen bei pH 5,5–6,0 liegen. Sollte sich diese für Libellen ungewöhnlich enge pH-Amplitude in zukünftigen Bestandsaufnahmen bestätigen lassen, so ist die Seltenheit im von Buntsandstein geprägten Nordschwarzwald mittels der geringen Toleranz gegenüber niedrigen pH-Werten gut erklärbar. Ob bestimmte Larvenstadien durch hohe Protonen-Konzentrationen direkt geschädigt werden oder saure Gewässer aufgrund des Ausfalls eines großen Teils des Nahrungsspek-

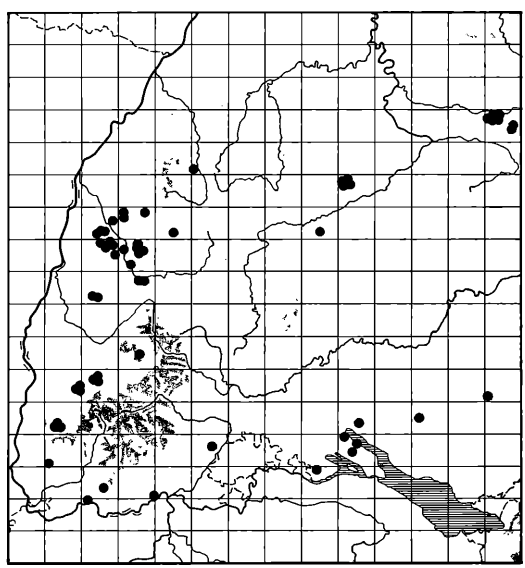

Abbildung 2. Untersuchungsgebiete 1983–1987 mit bodenständiger Population von *Cordulegaster bidentatus*. Kartengrundlage Landesvermessungsamt Baden-Württemberg 1963.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

trums (vgl. z. B. ZIEMANN 1975, MATTHIAS 1983) unbesiedelt bleiben, müssen zukünftige Untersuchungen zeigen. In jedem Fall muß befürchtet werden, daß durch eine weitere Versauerung ein Teil der heute noch bestehenden Populationen im Schwarzwald in wenigen Jahren oder Jahrzehnten erloschen sein wird.

Bei der Analyse der Höhenverbreitung zeigt sich (Abb. 3), daß mehr als 40 % der Fortpflanzungsgewässer zwischen 350 m und 450 m über NN liegen; die Höhenstufen unterhalb (200–350 m) und oberhalb dieser Zone (450–650 m) werden deutlich seltener besiedelt. Oberhalb von 650 m existieren nur noch einzelne Vorkommen, das höchste – derzeit bekannte – liegt zwischen 810 m und 840 m. In den Ebenen der Stromtäler fehlt die Art vollständig.

Bezüglich der Höhenverteilung zeigt der Vergleich der südwestdeutschen *C. bidentatus*-Gewässer mit denen aus Nordrhein-Westfalen (KIKILLUS & WEITZEL 1981, FRÄNZEL 1985), Niedersachsen (BLANKE 1984) und der Schweiz (MEIER et al. 1980), daß die Art in den Mittelgebirgen Mitteleuropas zwischen 200 m und 450 m über NN ihre Hauptverbreitung besitzt. FRÄNZEL (1985) gibt für den Bonner Raum Höhen von 90–340 m an mit Verbreitungsschwerpunkt in und entlang der Flußtäler; er leitet daraus einen wahrscheinlichen Einwanderungsweg der ostmediterranen Art über die großen Stromtäler ab.

Die „Ausdünnung" oberhalb 450 m und die nur noch einzelnen Vorkommen über 650 m in Baden-Württemberg haben sicherlich klimatische Gründe. Die Möglichkeit, daß die Ausdünnung durch das Fehlen von naturnahen Waldbeständen mit genügend hohem Anteil an Laubhölzern in diesen Höhen verursacht wird, kann nur eine untergeordnete Rolle spielen; denn in den meisten Teilen des Schwarzwaldes wie auch in den anderen Mittelgebirgen existieren nämlich noch große Flächen mit Laubwald- oder – mehr noch – Mischwald-Gesellschaften (Abieti-Fagetum, Luzulo-Fagetum mit Fichte/Tanne, Aceri-Fagetum, Aceri-Fraxinetum).

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Klimadaten im Bereich der 4 höchstgelegenen *C. bidentatus*-Vorkommen aufgeführt. Es ist unwahrscheinlich, daß die Winterdaten (mittl. Januartemperatur, mittl. Anzahl der Frost- und Eistage) entscheidend für das Fehlen in größeren Höhen sind: Da es sich um quellige oder quellnahe Standorte handelt, ist ein Durchfrieren kaum möglich; dies konnte von mir nur in sehr flachen Randbereichen mit geringer/fehlender Wasserbewegung in extrem kalten Wintern beobachtet werden. Die Härte des Winters wird also nicht oder nur ganz unwesentlich eine Dezimierung der Larvenpopulation infolge des Durchfrierens des Fortpflanzungsgewässers bewirken.

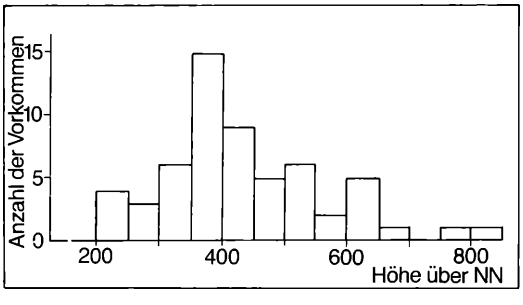

Abbildung 3. Vertikale Verteilung der untersuchten *Cordulegaster bidentatus*-Populationen in Baden-Württemberg. Ein jedes Gewässer wurde derjenigen Höhenklasse zugeordnet, in der sich der größte Teil des besiedelten Abschnittes befindet. Alle Zeichnungen: F. WEICK.

Entscheidend scheint vielmehr die Länge der Vegetationsperiode (bzw. des Sommers) und die Anzahl genügend warmer Tage zu sein. Wie stark muß sich das Gewässer erwärmen, daß es im Sommer – in der Regel im Juni – zum Schlüpfen der Imagines kommt? Wie viele warme Tage müssen mindestens vorhanden sein, daß die Zeit für die hinreichende Reproduktion einer Population in einem Sommer reicht? Diese Fragen lassen sich selbstverständlich nur durch spezielle autökologische Studien beantworten, doch sind wohl die Angaben von Tabelle 1 in diesem Rahmen ausreichend. Demnach käme *Cordulegaster bidentatus* nur in Gebieten vor mit (1) durchschnittl. Juli-Temperatur > 14°C, durchschnittl. Temperatur Mai bis Juli > 12°C, (2) mehr als durchschnittlich 10 Sommertagen und evtl. (3) durchschnittl. Jahrestemperatur > 6°C.

Eine weitere Betrachtung macht die Bedeutung dieser sommerlichen Klimafaktoren für die Verbreitungsgrenzen noch wahrscheinlicher. Alle vier Gewässer liegen an recht steilen Hängen, die etwa nach Süden exponiert sind (Tab. 1): Dies garantiert nach dem Winter eine starke und – noch wichtiger – relativ frühe Erwärmung der Gewässer und der Luft in den angrenzenden Flächen. *C. bidentatus* ist also in den Höhenlagen auf mikroklimatisch begünstigte Standorte angewiesen. Dies gilt mit großer Wahrscheinlichkeit auch für andere Gebiete, die von einem rauhen Klima geprägt sind; so dürften nur solche Gewässer im Ostschwarzwald, auf der Baar oder auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb besiedelt sein, die ein besonders günstiges Mikroklima aufweisen – bei späteren Kartierungen wird man diese Hypothese überprüfen müssen.

3.2 Habitattypen

In SW-Deutschland kommt *Cordulegaster bidentatus* ausschließlich in zwei Habitattypen vor, die in einigen Arbeiten genannt werden (vgl. HEIDEMANN 1979, FRANKE 1980, GERKEN 1982 und 1984, BUCHWALD 1983, FRÄNZEL 1985, SCHANOWSKI & BUCHWALD 1987): Quellzonen und quellnahe Abschnitte von Waldbächen, sowie Kalkquellmoore des Alpenvorlandes.

Im Bereich der Waldquellen und ihrer Abflüsse kommt *Cordulegaster bidentatus* in SW-Deutschland – wie wohl im gesamten Mitteleuropa – am häufigsten vor. Sie besiedelt schmale bis winzige Rinnsale und überflossene Hangbereiche vom unmittelbaren Quellbereich bis 300 m, sehr selten bis 600 m Entfernung von

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 1. Klimadaten sowie Exposition und Hangneigung der vier höchstgelegenen derzeit bekannten *C. bidentatus*-Habitate in SW-Deutschland; die drei erstgenannten Gebiete liegen im Schwarzwald, das vierte im Oberschwäbischen Hügelland. Klimadaten nach Klima-Atlas Baden-Württemberg (1953).

Gebiet	Höhe über N. N. (m)	durchschn. Januartemp. (°C)	mittlere Zahl Frosttage	mittlere Zahl Eistage	durchschn. Jahrestemp. (°C)	durchschn. Temp. Mai–Juli (°C)	durchschn. Juli-temp. (°C)	mittlere Zahl Sommertage	Exposition	Hang neigung (°)
Vorderer Seebach (Schönmünzach)	580–630	–1	120	30	7,0	13	16	20	SSW	14
östlich Bad Peterstal	750–820	–1,5	130	30	6,0	12,5	15	15	SSW	19
Zweribach (St. Märgen)	810–840	–2	140	40	6,5	12	14	10	SO	25
Burst (Deggenhausertal)	680–720	–2,5	120	30	7,0	14	16	30	SW	12

diesem. Die Gewässer sind stets flach mit gelegentlich trockenfallenden Randbereichen, teilweise versickern sie und treten wenige Meter hangabwärts wieder aus. Meistens sind die Quellzonen flächig als Sümpfe ausgebildet; das Wasser sammelt sich in kleinen Quellrinnen und fließt mit unterschiedlichem Gefälle in einem Hauptstrom ab, dessen Breite nur selten über 1 m, maximal jedoch bei ca. 2 m liegt. Die im Querschnitt pro Zeiteinheit durchfließende Wassermenge ist sehr gering aufgrund der niedrigen Fließgeschwindigkeit – meist unter 15 cm/sec, selten bis 25 cm/sec – und der niedrigen Gewässerbreite und -tiefe.

Die Bezeichnung „Waldbach" bedeutet nicht, daß der gesamte besiedelte Abschnitt notwendigerweise im geschlossenen Wald liegt und damit beschattet ist. Vielmehr liegen bei vielen untersuchten Gebieten Kahlschlagflächen oder Waldwege, selten auch Waldwiesen, Waldspielplätze o. ä. im Bereich dieses Abschnittes. In den meisten Fällen ist daher ein gewisser Teil des Baches durch die genannten Einheiten wie auch durch baumarme oder -freie Quellsümpfe im Tageslauf zeitweise oder ganz besonnt. Entscheidend ist in jedem Falle, daß ein Mindestanteil von ca. 40 % des besiedelten Gewässers unmittelbar im Wald liegt und auch die umliegende Landschaft teilweise von Wald bedeckt ist, so daß man – wie auch aufgrund der charakteristischen Temperaturverhältnisse (s. unten) – von einem „Waldbach" sprechen kann.

Die Gewässer der kalkreichen Hangquellmoore mit *C. bidentatus*-Vorkommen gleichen denen der quellnahen Waldbäche in Tiefe, Fließgeschwindigkeit und Menge des abfließenden Wassers weitgehend. Die Quellmoore sind teilweise oder ganz von bewaldeten Flächen umgeben. Die oberen Quellbereiche sind stets im Wald gelegen, doch fließen oft von anderen bewaldeten wie offenen Stellen Rinnsale zu und überströmen den Hang flächig. Diese Überrieselungsflächen sind breit ausgebildet mit einer Vielzahl schmaler und schmalster abfließender Wasserströme.

3.3 Vegetation

Die Vegetation der an die Waldbäche angrenzenden Flächen setzt sich aus folgenden Einheiten zusammen, deren charakteristische Vergesellschaftung und Funktionen für verschiedene Aktivitäten von *C. bidentatus* in einer späteren Arbeit ausführlich dargestellt werden sollen:

Naturnahe Waldgesellschaften, als Hochwald bewirtschaftet: (1) in der kollinen und unteren montanen Stufe vor allem das Carici remotae-Fraxinetum und das Asperulo-Fagetum in feuchten Ausbildungen; dazu – seltener – das Stellario-Carpinetum und das Luzulo-Fagetum, jeweils meist in feuchten, basenreichen Ausbildungen: (2) in der montanen Stufe vor allem das Luzulo-Fagetum, z. T. mit Fichte und Tanne, sowie das Abieti-Fagetum, jeweils in frischen/feuchten Ausbildungen; auf Standorten des Luzulo-Fagetum auch Fichten- und Fichten-Tannen-Hochwälder.

Forstgesellschaften: meist junge, dichtstehende Monokulturen von *Alnus glutinosa, Fraxinus excelsior, Fagus silvatica, Acer pseudoplatanus, Populus* x *canadensis, Corylus avellana.*

Quellflur-Gesellschaften: Chrysosplenietum oppositifolii, Chrysosplenietum alternifolii, Cratoneuretum commutati.

Ersatzgesellschaften auf Schlagflächen oder an Waldwegen: (1) auf feuchtem/nassem Standort vor allem *Veronica beccabunga*- und *Juncus effusus*-Bestände, *Carex pendula*-Fluren, Equisetum telmateja-Bestände, *Eupatorium cannabinum*- oder *Filipendula ulmaria*-Hochstaudenfluren, *Impatiens noli-tangere*-Verlichtungsgesellschaft, Scirpetum sylvatici; (2) auf frischem Standort *Luzula silvatica*-Gesellschaft, *Holcus mollis*-Fazies, Pteridium aquilinum-Fluren.

Vorwald-Gesellschaften: Bestände von *Rubus fruticosus* agg., *Rubus idaeus, Populus tremula.*

Anthropogene Nutzungseinheiten ohne spezifische Vegetation: Waldweg, -wiese, -parkplatz.

Entscheidend sind dabei folgende Befunde: (1) Die naturnahen Bestände der Laub- und Mischwälder machen

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

mindestens 30–40 % der an den Bach angrenzenden Flächen aus, dominieren also allein oder mit anderen Einheiten den Vegetationsaspekt. (2) Monokulturen der oben genannten Baumarten überschreiten niemals einen Anteil von ca. 40 % der angrenzenden Flächen; bei höherem Anteil, so ist zu schließen, werden Waldbäche von *C. bidentatus* nicht dauerhaft besiedelt. (3) Nach eigenen Schätzungen unterschreitet der Laubholzanteil an den besiedelten Bächen niemals 50 % und liegt in der Regel über 65–70 %.

Baum- und Strauchschicht bedecken zusammen 40–100 % der angrenzenden Flächen, mit Ausnahme solcher Eschenwälder, die in Kontakt mit offenen Kalkquellmooren stehen. Die Krautschicht ist mäßig bis reich entwickelt und weist – in Abhängigkeit von edaphischen Faktoren und Lichtverhältnissen – in den meisten Fällen einen Deckungsgrad von 30–90 % auf, sehr selten einen höheren. Bei ± geschlossener Baumschicht kann die Krautdecke 10–30 % betragen. Eine Moosschicht ist durchweg vorhanden, mit Deckungsgraden von 5–70 %.

Die Höhe und Art der Krautschicht hängt vor allem von den Lichtverhältnissen ab. In weitgehend geschlossenen Waldflächen dominieren kleinwüchsige Kräuter und Seggen, während in frei gestellten Flächen oder auf stark durchsickerten, wohl waldfreien Standorten Arten wie *Carex pendula, Carex remota, Equisetum telmateja, Eupatorium cannabinum, Juncus effusus, Impatiens noli-tangere* und andere üppige und recht dichte Bestände ausbilden können.

Die vier bisher untersuchten Vorkommen in Kalkquellmoren liegen in Beständen des Primulo-Schoenetum ferruginei, Subassoziation von Cratoneurum commutatum (BUCHWALD 1986), die in Kontakt stehen zum Carici remotae-Fraxinetum. Diese beiden Gesellschaften durchdringen sich, wobei an lichten Stellen des Eschenwaldes Arten offener Feuchtflächen, an nicht zu nassen Stellen des Primulo-Schoenetum dagegen einzelne Waldarten aufkommen können; diese lichten, d. h. nur lückig mit Gehölzen bestandenen Übergangsbereiche sind auf Kalkgestein die optimalen und möglicherweise natürlichen Habitate von *C. bidentatus.*

In den Quellhängen der Kalkmoore und -sümpfe ist die Krautschicht aspektbildend. Es dominieren Binsen und Arten mit binsenähnlichem Habitus wie *Schoenus* oder *Juncus subnodulosus,* dazu *Carex*-Arten wie *C. elata, C. flava* agg. oder *C. panicea.* Die mittlere Vegetationshöhe beträgt 30–60 cm.

3.4 Physikalische und wasserchemische Charakterisierung der Gewässer

Der Sauerstoffgehalt der Waldquellen und ihrer Abflüsse ist im allgemeinen recht hoch, die mittlere Konzentration beträgt 8,0 mg/l, der mittlere Sättigungsgrad 80 %. Gelegentlich werden im unmittelbaren Quellbereich niedrigere O_2-Konzentrationen gemessen – vor allem dann, wenn es sich um einen Quellsumpf von einigen qm handelt; diese hohen Defizite treten vor allem im Hoch- und Spätsommer auf (vgl. WARNKE & BOGENRIEDER 1985). So wurden beispielsweise in einem Carici-Fraxinetum bei Kandern (Südschwarzwald) am 21. 8. 1985 nur 2,6 mg/l (18,6 °C) und 3,1 mg/l (18,1 °C) gemessen.

Waldquellen haben einen sehr ausgeglichenen Gang der Wassertemperatur im Tages- und Jahreslauf, die Amplituden sind sehr gering (BREHM & MEIJERING 1982). Eigene Messungen zeigen, daß die Wassertemperaturen etwa im Spätsommer am höchsten sind und dann bis zum Februar/März absinken (BUCHWALD 1986). Im Winter bleiben große Teile der Waldquellen und ihrer Abflüsse eisfrei. Messungen an verschiedenen Quellzonen im Goldersbachtal (Schönbuch bei Tübingen) ergaben Quelltemperaturen von 4,6–6,9 °C; nur schwach durchströmte, meist flache Randbereiche an Nordhängen waren bis zum Grund durchgefroren. Die Mehrzahl der hier vorkommenden Moose bleibt grün; besonders Stellen mit viel *Cratoneurum commutatum* sind offenbar

Tabelle 2. Limnochemische Messungen Mai–November (1983–1987) in *Cordulegaster bidentatus*-Gewässern SW-Deutschlands; im Vergleich dazu Angaben von FRÄNZEL (1985) aus dem Bonner Raum.

	Schwarzwald (Granit, Gneis, Porphyr, Buntsandstein, . .)				Sonstige Gebiete (Kalkreiche Gesteine: Molasse, Trias, Jura, .)				Bonner Raum (nach FRÄNZEL 1985)		
	Min.	Max.	Mittelwert	Anzahl unters. Gewässer	Min.	Max.	Mittelwert	Anzahl unters. Gewässer	Min.	Max.	Anzahl unters. Gewässer
Carbonathärte (°dH)	0,7	3,8	1,4	5	11,6	18,7	14,1	12	0,5	2,9	4
Gesamthärte (°dH)	0,7	7,5	2,7	35	13,8	20,6	17,3	11	3,1	7,0	4
pH-Wert	6,3	7,5	7,3	35	7,1	8,2	7,7	8	6,3	7,8	4
Leitfähigkeit (µS)	31	248	107	25	330	460	396	10			–
Chlorid (mg/l)	4	15	8,2	5	5	34	10,3	7			

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

durchgängig offen.
Naturnahe Waldquellen sind arm an Ionen wie Chlorid, Ammonium oder Phosphat, weniger an Nitrat (BREHM & MEIJERING 1982); ob sich die Immissionen von N-Verbindungen, Schwermetallen u. a. auf den Chemismus dieser Gewässer bereits auswirken, ist meines Wissens bisher noch nicht untersucht.
Nach meinen Messungen handelt es sich bei den Fortpflanzungsgewässern von *Cordulegaster bidentatus* um basische bis schwach saure, unbelastete und recht nährstoffarme Gewässer mit hohem bis recht niedrigem Kalk- und sonstigem Basengehalt. FRÄNZEL (1985) ordnete die *C. bidentatus*-Gewässer des Bonner Raumes nach limnochemischen und faunistischen Untersuchungen alle der Gewässergüteklasse I (vgl. SCHWOERBEL 1980) zu. Tabelle 2 stellt die Ergebnisse der limnochemischen Messungen in kalkreichen und -armen Gewässern SW-Deutschlands dar; in Einzelmessungen wurde Nitrat nur in geringen Mengen, Phosphat und Ammonium nur in Spuren oder als fehlend nachgewiesen.

3.5 Eiablage und Larvenhabitat

Bei beiden von *Cordulegaster bidentatus* besiedelten Habitattypen lassen sich verschiedene Mikrohabitate unterscheiden, die für die Eiablage und für eine Larvenentwicklung bis zum Schlüpfen der Imago von besonderer Bedeutung sind.
Bei Waldbächen legen *C. bidentatus*-Weibchen ihre Eier vor allem in feinkörniges Material folgender kleinster Standorte: (1) in den Quellsümpfen mit häufig kaum erkennbarem Wasserfilm, deren Wasser steht oder einen nur minimalen Zug aufweist, (2) in sandigen oder schlammigen Grund meist am Rande der Abflüsse mit sehr geringem Gefälle und sehr geringer Fließgeschwindigkeit, selten auch in wenige mm^2 große Bereiche zwischen feuchten oder schwach überströmten Steinen und (3) bei Hangflächen mit mittlerem oder starkem Gefälle in Becken (Gumpen) mit stark reduzierter Fließgeschwindigkeit, an deren Grund feinkörniges Material abgelagert ist; die Becken entstehen aufgrund der natürlichen Geländemorphologie oder durch die stauende Wirkung von Ästen, Zweigen, Steinen, Laub, dichter emerser oder Moos-Vegetation oder ähnlichem.
Im Bereich der Kalkquellmore konnte die Eiablage an drei Mikrohabitaten festgestellt werden, die den oben genannten sehr ähnlich sind: (1) in feuchten oder nassen Schlamm des im Wald gelegenen Quellsumpfes mit sehr geringer oder fehlender Fließbewegung, (2) bei Abschnitten mit geringem Gefälle in Randbereiche von feinkörnigem Kalksand oder Torf, an denen die Fließgeschwindigkeit reduziert ist, und (3) in kleinflächige Sinter- oder Tuffbecken, die durch biogene oder abiogene Entkalkung entstanden sind und an deren Grund sandiges, seltener schlammiges Material abgelagert ist.
Wesentlich ist dabei, daß es bei beiden Habitattypen kleinste Standorte unterschiedlicher Fließgeschwindigkeit gibt, die den verschiedenen Larvenstadien von *Cordulegaster bidentatus* wie auch der gesamten Zoozönose einen geeigneten Lebensraum bieten.
FRÄNZEL (1985) wies in den Quellbereichen die weitaus größten Larvenzahlen nach. In den Waldbächen fand er Larven nur in den lenitischen Zonen mit Fließgeschwindigkeiten unter 15 cm/sec. Bevorzugte Larvenhabitate sind nach seinen Untersuchungen neben den schwach durchsickerten Quellzonen vor allem Stellen hinter Baumwurzeln oder Steinen in den Abflüssen; der Bachgrund ist mulmig mit einem hohen Anteil an Pflanzenresten, seltener sandig, überströmt von einem wenige mm dicken Wasserfilm.

3.6 Gemeinsame Vorkommen mit *Cordulegaster boltoni*

In der Regel wurde in den Untersuchungsgebieten nur eine der beiden *Cordulegaster*-Arten gefunden. In mehreren Gebieten konnten jedoch beide Arten nachgewiesen werden oder es wurde – wie in Beispiel 3 – *C. boltoni* an einem für diese Art untypischen Waldbach gefunden, an dem eigentlich *C. bidentatus* zu erwarten wäre. Einige Beispiele seien hier genannt:
(1) Bei Kandern (Südschwarzwald) überschneiden sich die Flugzeiten der beiden Arten zwischen Ende Juni und Ende Juli. Die Lebensräume sind jedoch vollständig getrennt; während *C. bidentatus* an den Quellfluren und -abflüssen innerhalb des Waldes bodenständig ist,

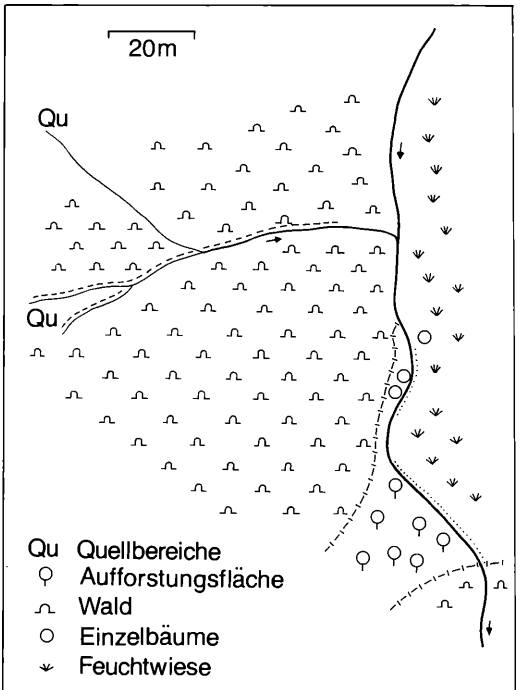

Abbildung 4. Vorkommen von *Cordulegaster bidentatus* (– – – –) und *C. boltoni* (·····) in verschiedenen Vegetationseinheiten östlich Kandern (Südschwarzwald).

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

pflanzt sich *C. boltoni* an zwei kurzen Abschnitten des Wiesenbaches fort (Abb. 4).
(2) In einem quellnahen Waldbach des Bodanrück (Lkr. Konstanz) ist *C. bidentatus* bodenständig; darauf weisen regelmäßige Beobachtungen von Imagines und ein Larvenfund (FRANKE 1980) hin. Ende Juli 1981 wurde dort ein regelmäßig patrouillierendes von *C. boltoni* an einem ca. 30 m langen Bachabschnitt gesehen, der im Hochsommer etwa um 14.30–17.00 Uhr (MESZ) besonnt wird. Am 19. 7. 1985 flogen nachmittags mindestens zwei *C. bidentatus*-♂♂ den gesamten quellnahen Bereich ab; ein *C. boltoni*-♂ hielt sich ausschließlich am besonnten Teil auf, regelmäßig auf- und abfliegend. Hinweise auf eine mögliche Fortpflanzung gibt es jedoch nicht.

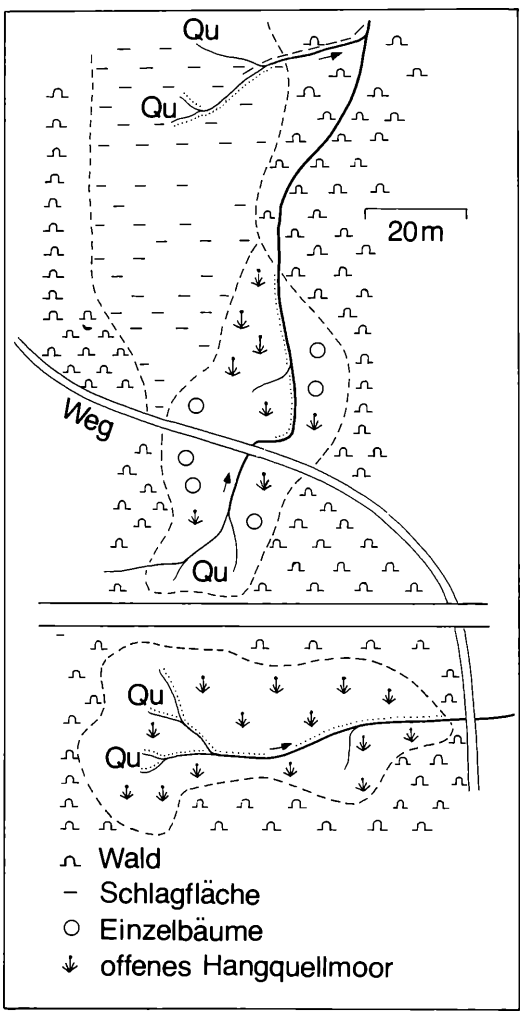

Abbildung 5. Vorkommen von *Cordulegaster bidentatus* (– – – –) und *C. boltoni* (·····) in zwei Teilflächen des Kemptener Tobel (Kt. Zürich).

In wenigen Waldbächen des mittleren Schwarzwaldes konnten A. & S. HEITZ (mdl.) die Larven beider Arten nebeneinander finden. Es handelt sich durchweg um Gewässer geringer Fließgeschwindigkeit, bei denen ein großer Abschnitt durch Kahlschlag freigestellt ist.
(3) Bei Buchholz (Lkr. Emmendingen) verläuft in einem recht dichtstehenden Erlen-Eschenwald ein 1–1,5 m breiter Bach, dessen Grund sandig, stellenweise auch kiesig ist, und der kein nennenswertes Gefälle aufweist. Dort fliegen *C. boltoni* und *Calopteryx virgo* in großer Anzahl, während *C. bidentatus* wider Erwarten völlig fehlt. Entscheidend für das Vorkommen von *C. boltoni* ist, daß während der gesamten Flugperiode eines Tages jeweils mehrere Stellen durch senkrechten oder seitlichen Lichteinfall (von Lichtungen, Waldwegen) besonnt werden.
(4) In einem Molassetobel (Kt. Zürich) existieren eine Anzahl von Hangquellsümpfen, in denen die beiden Quelljungfer-Arten mit größter Wahrscheinlichkeit bodenständig sind (MEIER et al. 1980, WILDERMUTH briefl.). An einem der Untersuchungstage (18. 7 1985) wurde folgende Situation beobachtet (vgl. Abb. 5): Mehrere Imagines von *C. boltoni* flogen an einem völlig baumfreien Hangried sowie an einem nur spärlich beschatteten Hang mit Primulo-Schenetum ferruginei und Caricetum davallianae, dessen Quellbereich oberhalb des Waldweges liegt (Abb. 5: Mitte). Weiterhin wurde gelegentlich ein *C. boltoni*-♂ an einem Quellsumpf gesehen, der wohl im vorigen Winter völlig freigeschlagen worden war. Dort konnte ich zeitweise eine interspezifische Aggression mit zwei *C. bidentatus*-♂♂ beobachten, die am darunterliegenden beschatteten Abfluß flogen.
(5) In einem Kalkquellmoor (Kt. Graubünden) kommt *C. bidentatus* an einem überrieselten Hangsumpf, *C. boltoni* dagegen an Entwässerungsgräben mit geringem Gefälle vor.
Die vorliegenden Untersuchungen der Jahre 1983–87 zeigen, daß es mindestens hinsichtlich 10 Faktoren Unterschiede zwischen den ökologischen Ansprüchen der beiden Arten gibt (Tab. 3). Bei keinem dieser Faktoren schließen sie einander vollständig aus, es überschneiden sich also die ökologischen Valenzen. Es reicht jedoch das Zusammenwirken weniger Größen zu einer unterschiedlichen Einnischung der beiden Arten aus. Besondere Situationen stellen Waldbäche dar (1) mit großem Anteil angrenzender Schlagflächen, geringer Fließgeschwindigkeit und geringem Gefälle, in denen vereinzelt beide Arten syntop vorkommen können, sowie (2) recht breite Waldbäche mit kurzen besonnten Abschnitten und sehr geringem Gefälle, die hinsichtlich dieser Faktoren Wiesenbächen mit dichtstehendem Galeriewald sehr ähnlich sind, mit ausschließlich *C. boltoni* (Beispiel 3).
An einem Gewässer kommt in Kalkquellmooren und -sümpfen jeweils nur eine der beiden Arten vor, doch können in einem größeren Untersuchungsgebiet mit mehreren Gewässern auch beide bodenständig sein (obige Beispiele 4 und 5). An sechs gut

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 3. Vergleich der ökologischen Ansprüche von *Cordulegaster bidentatus* und *Cordulegaster boltoni* in SW-Deutschland. *Messung in Gewässermitte, daher Eiablage-Stellen unberücksichtigt!

Ökologischer Anspruch von:	*Cordulegaster bidentatus*	*Cordulegaster boltoni*
Faktor		
1. Umgebung des Gewässers	Wald (z. T. dazu Waldschlag, Waldwiese)	offenes Land (selten Waldschlag, -lichtung, -rand; vereinzelt Wald)
2. Deckung Baum/Strauch am Gewässer	40–100 % (selten 15–40 %)	0–30 % (selten 30–90 %)
3. Hangneigung	bis 30° (stellenweise bis 50°)	bis 10° (stellenweise bis 15°)
4. Hauptquellbereich	bewaldet	bewaldet oder unbewaldet
5. Gewässerbereich	Krenal, Epirhitral	Krenal bis Hyporhitral
6. Gewässerführung	gering	gering bis mäßig
7. Fließgeschwindigkeit (cm/sec)	1–15 (–25)	1–ca. 50
8. maximale Breite (m)	ca. 2	ca. 3,5 (–5)
9. Tiefe (cm)*	2–20	2–ca. 150
10. maximale Wassertemperatur (°C)	ca. 19	ca. 26

untersuchten Quellabflüssen des Oberschwäbischen Hügellandes soll exemplarisch aufgezeigt werden, welche Faktoren differenzierend auf das Vorkommen von *C. bidentatus* bzw. *C. boltoni* wirken (Tab. 4).
Sehr wahrscheinlich könnte *C. boltoni* auch in den Habitaten 1 und 2 vorkommen, auch wenn die Hangneigung an der Grenze ihrer Amplitude liegt. Die Bestandsaufnahmen – auch der schweizerischen Untersuchungsgebiete – zeigen jedoch, daß an solchen Stellen, an denen beide *Cordulegaster*-Arten vorkommen könnten, *C. bidentatus* die alleinige Art ist. Mit anderen Worten: *C. bidentatus* besiedelt nur solche kalkreichen Hangquellmoore, bei denen die folgenden Bedingungen erfüllt sind: Hauptquellbereich im Wald, geringe Breite/Tiefe, geringe Fließgeschwindigkeit; liegt mindestens einer dieser 3 Faktoren außerhalb der Amplitude von *C. bidentatus,* so kommt nur *C. boltoni* vor, soweit es sich nicht um steile Hänge handelt. So fehlt *C. bidentatus* in den Gebieten 3, 4 aufgrund der Breite und möglicherweise auch der Fließgeschwindigkeit, in den Gebieten 5, 6 aufgrund der unbewaldeten Hauptquellbereiche. Das Ergebnis der Untersuchungen in 10 Hangquellgewässern des schweizerischen und baden-württembergischen Alpenvorlandes ist in Abbildung 6 zusammengefaßt.
Im Bereich der Kalkquellmoore fand auch GERKEN (1982) kein Hangquellgewässer, an dem beide Arten sympatrisch auftreten. Er schlägt folgende Differentialmerkmale zur ökologischen Abgrenzung der beiden *Cordulegaster*-Arten vor:
(1) Einbettung des Gebietes in Wald oder Grünland, (2) Höhe des Kalkgehaltes, damit verbunden Ausmaß der Sinterbildung, (3) Leitfähigkeit, (4) Quellnähe, (5) Wassertiefe, (6) Wasserführung und (7) Hangneigung.
Die Bedeutung der Faktoren 1–4 konnte nicht bestätigt werden. Die Umgebung des Gebietes spielt zwar bei den übrigen *Cordulegaster*-Habitaten eine wesentliche Rolle, nicht jedoch bei den Kalkhangmooren: Es existieren Hangmoore und -sümpfe mit *C. boltoni,* die selbst völlig baumfrei sind, jedoch vollständig von Wald umge-

Tabelle 4. Ökologische Bedingungen an einigen kalkreichen Hangquellgewässern des Oberschwäbischen Hügellandes und ihre Besiedlung durch *Cordulegaster bidentatus* und *C. boltoni.*

Gebiet	Hauptquell-bereiche	Hang-neigung (°)	mittlere Breite (m)	mittlere Tiefe (cm)	mittlere Fließ-geschw. (cm/sec)	Libellenart
Reute	bewaldet	11	0,35	4	ca. 10	*C. bidentatus*
Burst	bewaldet	12		6	11	*C. bidentatus*
Schleife	bewaldet	7,5	2–5	15	14	*C. boltoni*
Pfaumoos	bewaldet	3	2–3	5	15(–20)	*C. boltoni*
Kammersteig	offen	5	0,5	ca. 4	11	*C. boltoni*
Englisreute	offen	9	0,3	3	12	*C. boltoni*

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

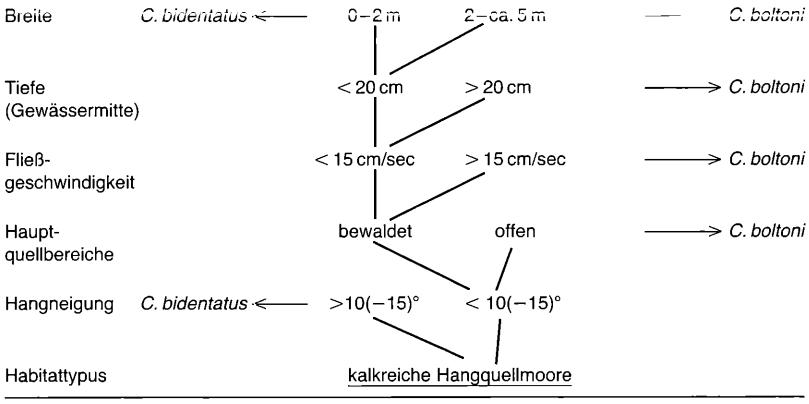

Abbildung 6. Verteilung von *Cordulegaster bidentatus* und *C. boltoni* in Kalkquellmooren des Alpenvorlandes aufgrund von 5 differenzierenden Faktoren.

ben (z. B. Molassetobel bei Bäretswil, Kt. Zürich). Hinsichtlich Kalkgehalt und Leitfähigkeit sind keine Unterschiede erkennbar. Quellnahe Abschnitte besiedeln beide Arten, doch kann *C. boltoni* zusätzlich in quellfernen bodenständig sein. Die übrigen Faktoren (5–7) Hangneigung, Wassertiefe und -führung haben dagegen eine große Bedeutung (vgl. Tab. 3).

Im Bereich der Waldbäche wird von verschiedenen Autoren die Einmischung der beiden *Cordulegaster*-Arten (Imagines und Larven) vorwiegend auf die Lage des besiedelten Abschnittes und, damit verbunden, die Wassertemperaturen zurückgeführt: Während *C. bidentatus* nur in quellnahen, stenothermen Bereichen bodenständig sei, komme *C. boltoni* vor allem im Meso- und Hyporhitral vor. Nach Dittmar (1955) ist *C. bidentatus* stärker kaltstenotherm als die Schwesternart und deren Oberlauf-Vikariante. Geijskes (1935) fand in Untersuchungsgebieten nahe Basel Larven und Imagines von *C. bidentatus* in der bewaldeten Quellregion, *C. boltoni* in der Bachregion, niemals aber gemeinsam. Nach seiner Hypothese „besetzt" *C. bidentatus* als stärkere Art die Quellregion, sie gehört zu den kaltstenothermen Organismen mit einer Jahresamplitude über 10°C; *C. boltoni* dagegen gehört zu den eurythermen Kaltwassertieren mit einer Jahresamplitude von über 19°C. Geijskes (1935) geht, wie auch Illies (1952) und Dittmar (1955), bei der Verteilung der *Cordulegaster*-Arten demnach von einer interspezifischen Konkurrenzsituation aus: *C. bidentatus*-Larven sättigen den Quellbiotop ab und sind dort dominant; die umgekehrte Annahme, daß *C. bidentatus* von *C. boltoni* in die Quellregion verdrängt sei, sei als sehr unwahrscheinlich anzusehen.

Der Einfluß des Bewaldungsgrades der angrenzenden Flächen und des Beschattungsgrades des Gewässers selbst auf die Verteilung der *Cordulegaster*-Arten wurde in der Literatur bisher nicht diskutiert. Die vorliegenden Befunde zeigen jedoch deutlich, daß dieser Faktor gemeinsam mit demjenigen der Quellnähe der entscheidende ist: Waldquellen und ihre nahen Abflüsse werden, soweit strukturell geeignet, nur von *C. bidentatus* besiedelt – mit Ausnahme der beiden in Abschnitt 3.6 erwähnten Lebensräume. Die eigenen Ergebnisse wie auch die anderer Autoren (Geijskes 1935, Fränzel 1985) sprechen eindeutig dafür, daß in der Regel die *Cordulegaster*-Verteilung nicht durch interspezifische Konkurrenz, sondern durch unterschiedliche Habitat-Präferenzen bestimmt ist, die sich bei der Artbildung innerhalb der Gattung *Cordulegaster* herausgebildet haben müssen und die eine fast vollständige ökologische Sonderung der beiden Arten in Mitteleuropa bewirken. Aus diesem Grund muß die von Illies (1952) und anderen Autoren geäußerte Ansicht falsch sein, daß bei Fehlen von *C. bidentatus C. boltoni* deren Stelle einnehme: An für *C. bidentatus* ungeeigneten Waldquellen – beispielsweise mit zu starker Wasserführung – kommt *C. boltoni* nur in solchen (sehr seltenen!) Fällen vor, in denen einige Teilbereiche ganztägig besonnt sind; und an Quellen der offenen Kulturlandschaft wiederum fehlt *C. bidentatus* vollständig!

Nur im „Überschneidungsbereich" der Waldschläge und -lichtungen kann es zu echter Konkurrenz der Larven und/oder der Imagines kommen, wie es sichtbar wird am Beispiel weniger der von A. u. S. Heitz untersuchten Schwarzwaldbäche, der Verhältnisse an einem Molassetobel im Kt. Zürich (vgl. Abb. 5) sowie zweier der 33 von Fränzel (1985) untersuchten Bäche. Hier handelt es sich offensichtlich um ein dynamisches Gleichgewicht, das durch die Tätigkeit des Menschen (Kahlschlagwirtschaft, Anlage von Waldwegen oder -lichtungen) zugunsten von *C. boltoni,* durch natürliche Sukzession – zunehmende Beschattung durch Schließen des Kronendaches – dagegen zugunsten von *C. bidentatus* verändert wird.

Eine gewisse Rolle spielt zusätzlich zur räumlichen Einnischung die zeitliche Verteilung: Im Durchschnitt liegt die Flugzeit von *C. bidentatus* um 3–4 Wochen vor derjenigen von *C. boltoni,* aber gerade in höheren Lagen kann es zu einer weitgehenden Überlappung der Flugzeiten kommen.

Interessanterweise haben sich mit der Einnischung durch unterschiedliche Habitat-Präferenzen auch deutliche Unterschiede in verschiedenen Verhaltensmu-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

stern herausgebildet. Hierzu zählt die unterschiedliche Art des Patrouillienfluges der Männchen bei der Suche nach paarungsbereiten Weibchen, die im Zusammenhang mit der Präferenz in der Hangneigung der besiedelten Gewässer steht. *C. bidentatus* bevorzugt Gewässer mit deutlichem Gefälle: die ♂♂ fliegen fast immer am Bach hangaufwärts, abseits davon dagegen -abwärts; wie bei den Aeshniden (KAISER 1974) könnte es sich demnach um ein Temporialverhalten handeln, d. h. der zur Verfügung stehende Raum wird aufgeteilt durch kontinuierlichen Wechsel der anwesenden Männchen.

C. boltoni- ♂♂ fliegen dagegen lange am gleichen Abschnitt hin und her; da die einzelnen ♂♂ aber keine individuelle Ortsbindung zeigen, kann man von einem Territorialverhalten nicht sprechen (KAISER 1982).

3.7 Habitatselektion und Biotopbindung

Der Auswahl eines geeigneten Habitats kommt bei Tieren eine herausragende Bedeutung zu: Je besser ein Habitat den ökologischen Ansprüchen einer Art genügt und je mehr es die für sie notwendigen Ressourcen besitzt, desto wahrscheinlicher ist es, daß sie sich in diesem Habitat zahlreich reproduzieren kann.

In der Regel sind die für eine Art notwendigen Ressourcen zum Zeitpunkt der Habitatwahl bereits erkennbar. Entwickeln sich diese jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt, so sind für die Art Signale notwendig („proximate factors"), die die später benötigten Ressourcen/ Bedingungen („ultimate factors") bereits zum früheren Zeitpunkt anzeigen. Für die Möglichkeit, ob ein potentielles Brutgewässer im Sommer austrocknen oder im Winter zufrieren kann, müssen z. B. einer Libellenart das Vorhandensein bzw. Fehlen bestimmter Faktoren wie spezifische Vegetation, Fließbewegung o. a. bereits im Frühsommer als Zeiger dienen.

Wie erkennt *Cordulegaster bidentatus* die für sie geeigneten Brutgewässer? An welchen Merkmalen erkennen die Imagines, daß eine vollständige Larvenentwicklung möglich ist? Nach meinen bisherigen Untersuchungen wird die Habitatselektion im wesentlichen von folgenden 6 Merkmalen ausgelöst:

(1) Es handelt sich ausschließlich um Quellen und quellnahe Gewässerabschnitte mit klar erkennbaren Austrittszonen des Wassers, die meist flächig als Quellsumpf ausgebildet sind. (2) *C. bidentatus* besiedelt nur strömende Gewässer, deren Fließgeschwindigkeit gering ist, vor allem in Randbereich und Hangbecken. (3) Die Wasserführung ist schwach bei (4) geringer (mäßiger) Wassertiefe. (5) Die Gewässer sind stets (zumindest teilweise) von Wald umgeben und dadurch teilweise oder ganz beschattet. Häufig laufen sie durch schmale – natürliche oder anthropogene – Lichtungen, vereinzelt auch durch Schlagflächen. (6) Durchweg konnte eine Hangneigung von mindestens 2–3° festgestellt werden; alle Habitate liegen im Hügel- oder Bergland.

Nach Freiland-Beobachtungen und Experimenten von FRÄNZEL (1985) wählen *C. bidentatus*-Weibchen günstige Eiablage-Stellen nach 3 Kriterien aus:

(1) geringe Wassertiefe, (2) mulmiger Untergrund und (3) dunkle Tönung des Substrates (Präferenz vor hellem Substrat).

Die eigentliche Eiablage vollzieht sich dann in 2 Phasen. Der Versuch zur Eiablage wird ausgelöst durch die Reflexion des Wassers (im Versuch auch durch Klarsichtfolie!); mit der endgültigen Eiablage wird erst dann begonnen, wenn der Ovipositor auf feines Substrat im Bachgrund trifft (FRÄNZEL 1985).

Den möglichen Zusammenhang zwischen den für die Habitatselektion entscheidenden „proximate factors" und einem Teil der Faktoren, die die Biotopbindung als „ultimate factors" festlegen, stellt Abbildung 7 dar; dabei ist zu betonen, daß es sich bei den Angaben zu Habitatselektion und Biotopbindung selbstverständlich nur um Hypothesen handelt, die aufgrund spezifischer Experimente überprüft werden müssen.

Trotz der schwachen Wasserführung und niedrigen Fließgeschwindigkeit erwiesen sich die *C. bidentatus*-Habitate als eisfrei, selbst im sehr harten Winter 1984/ 85; nur bei einigen Gebieten waren manche Rinnsale in Teilabschnitten völlig durchgefroren, die etwas weiter von oberen und randlichen Stellen des Quellaustritts entfernt liegen. Mehr noch als *C. boltoni* ist die Art wahrscheinlich empfindlich gegen Durchfrieren der Larvenhabitate (Untersuchungen dazu liegen bisher jedoch nicht vor), aufgrund der Bindung an eisfreie Gewässer besiedelt sie ausschließlich Krenal und Epirhital.

Aufgrund der Strömung und des Charakters als völlig unbelastetes Gewässer ist eine ausreichende Menge an Sauerstoff gelöst. Geringere Mengen sind zeitweise in einigen Quellsümpfen gemessen worden, die nach FRÄNZEL (1985) die höchsten Larvendichten besitzen und teilweise keine erkennbare Strömung zeigen; doch ist anzunehmen, daß *C. bidentatus* – wie *C. boltoni* – für gewisse Zeit geringe O_2-Konzentrationen und gar ein Austrocknen dieser Bereiche überstehen und auf Atmung atmosphärischen Sauerstoffs ausweichen kann.

Problematisch aber sind dabei zweierlei Mikrohabitate, die fast ganzjährig geringe O_2-Mengen von nur 0,5–4 mg/l aufweisen: (1) nur spärlich durchsickerte Abflüsse von Quellsümpfen und (2) stehende Klein- und Kleinstgewässer ohne Zu- und Abfluß, am Rande der besiedelten Waldbäche oder bis zu mehreren hundert Metern von diesen entfernt: Fußspuren oder Wasserpfützen, von Regenwasser gefüllt; Wasserabzugsgräben entlang von Waldwegen.

Hier konnten mehrfach Eiablagen beobachtet werden (ebenso von VÖLKER 1955, FRÄNZEL 1985), doch konnte FRÄNZEL (1985) dort niemals Larven nachweisen. Wahrscheinlich sind junge Larvenstadien sehr empfindlich gegen O_2-Mangel und Austrocknung und sind (noch) nicht in der Lage, die ungünstige Stelle zu verlassen und geeignetere Brutgewässer zu besiedeln. Entscheidend ist: Wird die Eiablage nur aufgrund des Signals

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

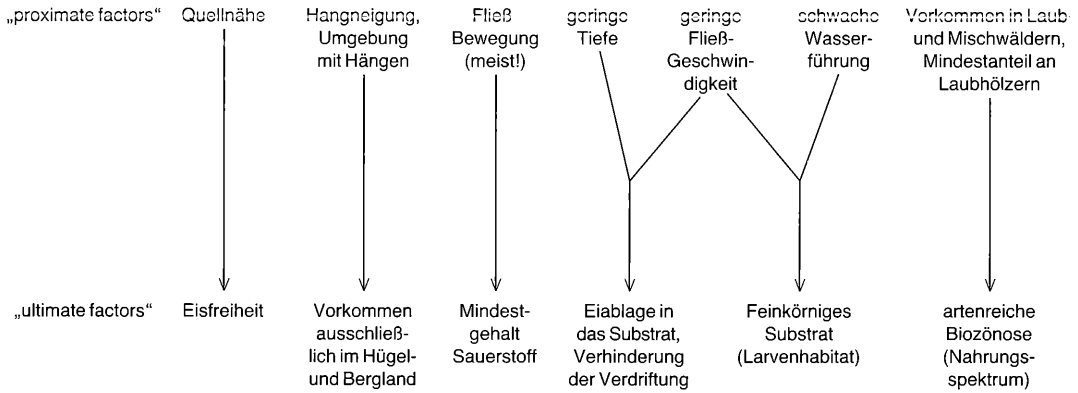

Abbildung 7. „Proximate factors“ und „ultimate factors“ in den Habitaten von *Cordulegaster bidentatus*.

„Wasseroberfläche“ (Reflexion), d. h. ohne das zusätzliche Merkmal „Fließbewegung“ vollzogen, gibt es Fehlablagen, da der notwendige „ultimate factor“ „Mindestgehalt an Sauerstoff“ nicht mehr garantiert ist. Dieses Verhalten dürfte wohl in den Rahmen einer Strategie gestellt werden, die man als Risikostreuung bezeichnen könnte und die sehr wahrscheinlich bei den *Cordulegaster*-Arten, möglicherweise auch bei der überwiegenden Zahl der übrigen Libellenarten anzunehmen ist: Weibchen legen nach der Kopulation die befruchteten Eier erst einmal – und wahrscheinlich in der überwiegenden Mehrzahl – in dasjenige Gewässer ab, das eine hohe Dichte an patrouillierenden Männchen hat und an dem die Kopulation eingeleitet wurde (in der Regel bei *C. bidentatus* wohl auch identisch mit demjenigen Gewässer, in dem die eigene Larvenentwicklung stattgefunden hat!). Später aber fliegen sie auch an nahe gelegene Bäche, an denen keine oder nur einzelne ♂♂ zu finden sind, oder gar an die oben erwähnten isolierten Kleingewässer – anthropogen gesprochen „in der Hoffnung, daß diese ebenfalls geeignete Larvenhabitate sind“; ein Teil dieser Eiablagen wird sich als Fehlablagen herausstellen, während ein anderer dazu dienen kann, eine neue Teilpopulation in der Nähe der bereits bestehenden zu etablieren.

Ein weiterer Faktor mag mit dem Signal „Fließbewegung“ verbunden sein: die ± ganzjährige Wasserführung, damit weitgehender Schutz vor Austrocknung. Bewegtes Wasser dürfte eine größere Wahrscheinlichkeit signalisieren dafür, daß ständig Wasser nachströmt und daher das Gewässer im Sommer nicht austrocknet.

Die geeigneten Stellen für die Eiablage ins Substrat erkennt *C. bidentatus* vermutlich aufgrund der Wassertiefe – geeignet sind Tiefen bis maximal 4–5 cm – sowie der geringen Fließgeschwindigkeit, nach FRÄNZEL (1985) zusätzlich aufgrund der Farbe des Untergrundes: Auf diese Weise wird gewährleistet, daß der Ovipositor das Substrat erreicht und die Eier später nicht verdriftet werden. Die spezifische Eignung einer bestimmten Stelle kann das Weibchen dann erst bei einigen Setzbewegungen prüfen (s. oben), wahrscheinlich über spezifische Reize am Ovipositor.

Die geringe Fließgeschwindigkeit und schwache Wasserführung gewährleisten das geeignete Larvenhabitat, das die eingegrabene Lebensweise ermöglicht: Stellen mit feinkörnigem Material am Gewässergrund wie Sinter- und andere Becken, Randbereiche, Abschnitte mit sehr geringer oder ohne jegliche erkennbare(!) Strömung. *Cordulegaster*-Larven sind nicht durch Abplattung des Körpers oder andere Merkmale an schnelle Strömung angepaßt, im Gegensatz zu den Larven von *Ophiogomphus serpentinus* (HEYMER 1973) oder anderer Insektengruppen.

Die Einbettung der Quellgewässer in Wald ist sicher als eine stammesgeschichtlich entstandene Eigenschaft von *C. bidentatus*-Habitaten zu verstehen, insofern, als dadurch eine (vollständige?) Einnischung gegenüber *C. boltoni* möglich war, die hinsichtlich vieler Parameter gleiche oder sehr ähnliche ökologische Ansprüche hat.

FRÄNZEL (1985) fand eine vollständige Deckung der *C. bidentatus*-Verbreitung mit der Waldverteilung im Bonner Raum und postulierte ebenfalls eine Bindung an Waldbäche, nannte sie jedoch sekundär, ohne genauer auf die Frage einzugehen, an welchen Faktor die Art primär gebunden sei. Daß diese Waldbindung nicht als starr angesehen werden darf, zeigen die Vorkommen in Kalkquellmooren: Hier liegen die wesentlichen Quellzonen im Wald, aber im Bereich des Quellabflusses befinden sich auch Flächen, die wahrscheinlich von Natur aus baumarm, möglicherweise sogar gänzlich waldfrei sind (Primulo-Schoenetum cratoneuretosum commutati). Manche Vorkommen in Karstgebieten des Mittelmeerraumes weisen darauf hin, daß auch dort die Bindung an Wald nicht ausschließlich gelten dürfte.

Das Vorkommen ausschließlich in von Laub- und Mischwald dominierten Beständen wird verständlich durch die Waldentwicklung nach der Eiszeit: In den von *C. bidentatus* bewohnten Höhenstufen gab es fast keine

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

reinen Nadelwälder! Diese werden z. B. im Schwarzwald vom Bazzanio-Piceetum in typischen Kaltmulden und von Tannen-Fichten-Mischbeständen (Luzulo-Abietetum, Vaccinio-Abietetum) in winterkalten, kontinental geprägten Regionen gebildet, in denen bisher keine *C. bidentatus*-Population nachgewiesen werden konnte.

Entscheidend ist in diesem Zusammenhang wahrscheinlich folgender Befund. Vergleichende Untersuchungen haben gezeigt, daß in Nadelwald-Bächen eine ungleich artenärmere Biozönose existiert als in vergleichbaren Laubwald-Bächen, u. a. aufgrund des schnelleren Laubabbaus, der besseren Ionenumsetzung und der niedrigeren Protonen-Konzentrationen in Laubwäldern (ZIEMANN 1975, MATTHAIS 1983). Typische Begleiter von *C. bidentatus* in Quellsümpfen und -bächen wie die krenobionten oder krenophilen *Gammarus fossarum, Sericostoma* spec., *Nemoura marginata, Leuctra* spec., *Planaria alpina, Pisidium* spec., *Bythinella dunkeri, Agabus guttatus, Salamandra salamandra* (GEIJSKES 1935, ILLIES 1952, DITTMAR 1955, FRÄNZEL 1985) fehlen in Nadelwald-Bächen weitgehend oder ganz. Es ist sehr gut denkbar, daß die Larven von *C. bidentatus* als sekundäre, tertiäre oder quartäre Konsumenten in der Nahrungskette (FRÄNZEL 1985) nur dann in größerer Anzahl zur vollen Entwicklung kommen, wenn eine arten- und individuenreiche Bach-Zönose vorhanden ist, wie sie in Nadelwald-Bächen in der Regel nicht möglich ist – Untersuchungen dazu stehen aber noch aus.

Mit der Hangneigung des Gewässers sowie der umgebenden Bereiche ist das ausschließliche Vorkommen in Hügel- oder Bergland verbunden. Aufgrund dieser Merkmale wird die Art niemals in der Ebene vorkommen, auch wenn dort Gewässer existieren, die den anderen Komponenten des Ökoschemas entsprechen. Ob mit dieser Beschränkung auf höhere und mittlere Lagen ein „ultimate factor" hinsichtlich der Larvenentwicklung verbunden ist, muß noch offenbleiben. Möglicherweise hängt auch mit diesem Faktor ein Mechanismus der Einnischung gegenüber *C. boltoni* zusammen: Im Bereich der Stromtäler kommt *C. bidentatus* im randlichen Hügelland und *C. boltoni* in der Ebene vor, im Bereich des Berglandes besiedelt *C. bidentatus* die randlichen Talhänge, *C. boltoni* dagegen den Talgrund.

Waldquellen sind gekennzeichnet u. a. durch Stenothermie des Wassers, worin einige Autoren die Biotopbindung von *C. bidentatus* begründet sehen (GEIJSKES 1935, DITTMAR 1955, FRANKE 1980: *C. bidentatus* als Charakterart kalt-stenothermer Gewässer). Diese Hypothese ist jedoch nach neueren Messungen widerlegt: So wurden Temperaturen von 22°C (FRANKE 1980), 26,5°C (BLANKE 1984), 16,8°C (FRÄNZEL 1985) und 19°C (BUCHWALD 1986) ermittelt, die mit Stenothermie nicht zu vereinbaren sind. Nach Untersuchungen von FRÄNZEL (1985) zeigen Larven unterschiedlicher Größenklassen bei Durchschnittstemperaturen von 20°C und tagelangen Höchsttemperaturen von 25–27°C keine Schädigungen; während in 9°C kaltem Wasser gehaltene Eier durchweg verpilzten und abstarben, entwickelten sich solche bei 20°C Wassertemperatur zu 75 % in das erste Larvenstadium. FRÄNZEL (1985) fand Larven auch in quellwassergespeisten Teichen mit größeren Temperaturschwankungen. Aufgrund dieser Befunde zählt er *C. bidentatus* zu den kaltwasseradaptierten Eurythermen.

3.8 Besiedlungsgeschichte

Die ursprünglichen Lebensräume von *C. bidentatus* – als typischer Waldart – dürften mit den heute besiedelten weitgehend identisch sein: In den tieferen Lagen Eschen- und Buchenwälder mit eingestreuten Quellfluren, dazu Eichen-Hainbuchen-Wälder, in den höheren vor allem Buchen-Tannen-Wälder und Buchenwälder mit Fichte und Tanne. Die Quellzonen sind nur licht mit Gehölzen bestanden, so daß auf kleinen Flecken lichtliebende Arten wachsen können. Im Quellabfluß mag gelegentlich ein umgestürzter Baum eine kleine Lichtung geschaffen haben, die als Ruhe- oder Jagdgebiet dient. Es spricht einiges dafür, daß *C. bidentatus* mit einer wohlausgeprägten Schlüpfortstreue als eine sehr „konservative" Art angesehen werden kann, die zahlreiche Habitate möglicherweise seit Tausenden von Jahren besiedelt.

Aufgrund der heute vorzufindenden Verteilung der beiden *Cordulegaster*-Arten mag die folgende Einnischung stattgefunden haben: In den Stromtälern besiedelte *C. boltoni* vor allem besonnte Quellbäche der Stromaue wie Gießen oder oligotrophe Quellfluren, an denen man heute einige Vorkommen beispielsweise in der Oberrheinebene kennt (K. WESTERMANN mdl., BUCHWALD 1986); *C. bidentatus* kommt dagegen in der bewaldeten Hügelzone der Randbereiche vor. Im Bergland dürfte es eine ähnliche Einnischung gegeben haben: *C. bidentatus* in den Bächen der bewaldeten Talhänge, *C. boltoni* dagegen in den Erlen-Eschen-Wäldern der Talaue, in denen es zeitweise immer wieder einzelne lichte Zonen gegeben haben dürfte, sowie in einigen *C. bidentatus*-Gewässern der Talhänge, wenn es durch Windbruch o. ä. zu größeren Auflichtungen gekommen wäre. Für *C. boltoni* als derjenigen Art, die weitaus höhere Ansprüche an die Besonnung des Gewässers hat, dürften in den fast vollständig bewaldeten Landschaften des Atlantikums und Boreals die unbewaldeten Quellmoore eine bedeutende Rolle gespielt haben: Als sich kaum verändernde Habitate, in denen *C. boltoni* stabile und dauerhafte Populationen bilden konnte, von denen aus Auen-Habitate dann bei günstigen Bedingungen besiedelt werden konnten, bevor sie nach einer gewissen Zeit wegen der Sukzession zum Wald wieder aufgegeben werden mußten.

Wahrscheinlich ist in diesem Zusammenhang auch die Verteilung der *Cordulegaster*-Arten im Bereich der Kalkquellmoore zu verstehen. *C. boltoni* besiedelt heute wahrscheinlich solche Kalkquellmoore, die von Natur

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

aus baumfrei sind – das Vorkommen der lichtliebenden *Saxifraga aizoides* in einigen solcher *C. boltoni*-Habichte ist ein deutlicher Hinweis darauf –, wobei angrenzende Flächen zusätzlich durch den Einfluß des Menschen (Rodung, Streunutzung, Beweidung) offen geworden sein könnten.

C. bidentatus dagegen findet man in solchen Kalkquellmooren, die früher größtenteils oder ganz bewaldet waren mit einem lichten Eschenwald o. ä., deren heute offene Flächen größtenteils durch menschliche Nutzung entstanden sind. Spätere Untersuchungen in Kalkquellmooren und die derzeit laufenden Bestandsaufnahmen in den sauren Quellmooren des Schwarzwaldes werden weitere Indizien für oder gegen diese Überlegungen bringen müssen.

4. Gefährdung, Schutz

Auf den ersten Blick scheinen die *C. bidentatus*-Habichte relativ ungefährdet, da sie in der Regel ortsfern liegen und von den für Fließgewässer häufigen Eingriffen wie Begradigung, Verbauung, Belastung mit Schadstoffen oder Eutrophierung nur wenig betroffen

Abbildung 8. Frischgeschlüpfte zweigestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster boltoni*). Foto: R. BUCHWALD.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

sind. Es gibt hier jedoch Gefährdungen, die für Quellfluren und kleine Fließgewässer eine besondere Rolle spielen.

Die größte Gefahr geht sicherlich vom heutigen Waldbau aus: Kahlschlag-Wirtschaft mit Anlage großflächiger Monokulturen, wobei die Fichten-Bestockung durch Anreicherung schwer zersetzbarer Nadelstreu und Gewässer-Versauerung (HUET 1950, TEICHMANN & MEIJERING 1981) die größten Probleme bereitet. Da *C. bidentatus* nicht an Gewässern fliegt, die über längere Strekken durch Monokulturen irgendwelcher Art oder durch dichtstehende Nadelwälder verlaufen, ist in Anbetracht der Verfichtung weiter Teile der Mittelgebirge ein drastischer Rückgang der Art im Laufe dieses Jahrhunderts und teilweise schon vorher als sehr wahrscheinlich anzunehmen. Großflächige Abholzungen können zur Folge haben, daß sich eine dichte Hochstaudenflur entwickelt, so daß die Wasseroberfläche nicht mehr sichtbar ist und damit günstige Eiablage-Stellen für *C. bidentatus* fehlen.

Hinzu kommt die Beeinträchtigung der Gewässer durch waldbauliche Tätigkeit (Holzabfuhr entlang der oder über die Gewässer; Ablagerung von Ästen und Stämmen) sowie durch die Anlage breiter und befestigter Waldwege, die eine Verrohrung des Waldbaches über 20–30 m notwendig macht.

Die Anlage von Fischteichen an Waldbächen ist weit verbreitet; sie hat in der Regel eine thermische Belastung und Eutrophierung der darunter liegenden Bachpartien zur Folge (CLAUSNITZER 1980) und schädigt damit einen Teil der charakteristischen Bach-Zönose.

Quellbereiche werden durch Gräben entwässert, wenn unmittelbar angrenzend Weiden oder feuchte Mähwiesen liegen.

Quellfassungen und Anlage von Brunnen zur Trinkwassergewinnung können auch in angrenzenden Flächen Quellen zum Versiegen bringen.

Schließlich sind Immissionen wie NO_x oder Schwermetall-Verbindungen zu nennen, vor allem aber die Versauerung durch schwefelsaure Niederschläge, die in wenig gepufferten Bächen einiger Mittelgebirge bereits katastrophale Wirkungen auf die Biozönose gezeigt haben. Es wird notwendig sein, genau zu untersuchen, in welchem Maße und in welcher Weise sich saure Immissionen auf *C. bidentatus*-Larven und ihr Nahrungsspektrum auswirken. Möglicherweise ist die Art ein guter Indikator für unbelastete, oligotrophe Waldbäche des basischen bis schwach sauren Milieus mit einer arten- und individuenreichen Begleitfauna, zugleich aber auch für eine naturnahe Bewirtschaftung des angrenzenden Waldes.

Für den Schutz der gefährdeten Libellenart (Rote Liste Bundesrepublik A. 2, Rote Liste Baden-Württemberg A. 3) ist vor allem ein schonender Waldbau von Bedeutung. Notwendig ist dabei eine Bewirtschaftung als Hochwald, bei der ein hoher Anteil von mindestens 50–60 % an Laubhölzern erhalten oder geschaffen wird. Die Anlage größerer Kahlschlagflächen und Monokulturen – besonders von Nadelhölzern – sollte grundsätzlich unterbleiben; vielmehr ist eine Holzentnahme von wenigen oder einzelnen Stämmen geboten. Schlagflächen sollten niemals 2–3 Ar übersteigen, da sonst eine geschlossene Hochstaudenflur mit ungünstigen Folgen (s. oben) sich einstellen dürfte. Entscheidend aber ist der absolute Schutz der Quellsümpfe mit ihren Rinnsalen und breiten Abflüssen, die durch keinerlei Maßnahmen direkt oder indirekt beeinträchtigt werden dürfen.

Grenzen an den besiedelten Bach bereits Nadelwaldflächen an, so sollte ein „Pufferstreifen" von 5–10 m beidseits des Gewässers geschaffen werden, damit die sich daraufhin entwickelnde Krautvegetation eine positive Wirkung auf die Bedingungen im Boden und dessen Fauna entfalten kann.

Zum Schutz der *C. bidentatus*-Populationen gehören weiterhin: Schonende waldbauliche Tätigkeit, Verbot von Quellfassungen und jeglichen Entwässerungsmaßnahmen, Verbot von Teichanlagen bis mindestens 500 m unterhalb der Quellzonen.

5. Literatur

AGUESSE, P. (1968): Les Odonates de l'Europe Occidentale, du Nord de l'Afrique et des Iles Atlantiques. – 258 S.; Paris.

BLANKE, D. (1984): Zur Lebensweise von *Cordulegaster bidentatus* SELYS in Südniedersachsen. – Libellula, **3** (3/4): 18–22; Höxter, Karlsruhe.

BRAUN, M., BRAUN, U. & LANGE, J. (1984): Zwei Nachweise der Gestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentatus*, Odonata: Cordulegasteridae) im nördlichen Rheinland-Pfalz. – Natursch. Ornith. Rheinl-Pfalz, **3** (3): 502–504; Bad Dürkheim.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. – 3. Aufl., 865 S.; Wien (Springer).

BREHM, J. (1983): Zur anthropogenen Versauerung der Schlitzerländer Buntsandstein-Waldlandschaft. Beitr. Naturk. Osthessen, **19**: 7–12; Fulda.

BREHM, J. & MEIJERING, M. P. D. (1982): Fließgewässerkunde. – 311 S.; Heidelberg.

BUCHWALD, R. (1983): Kalkquellmoore und Kalkquellsümpfe als Lebensraum gefährdeter Libellenarten im westlichen Bodenseeraum. – Telma, **13**: 91–98; Hannover.

BUCHWALD, R. (1986): Die Bedeutung der Vegetation für die Habitatbindung einiger Libellenarten der Quellmoore und Fließgewässer. – Dissertation, Freiburg.

BUCHWALD, R; HOPPNER, B.; SCHANOWESKI, A. & STERNBERG, K. (1987): 4. Entwurf einer Roten Liste der Libellen in Baden-Württemberg; Sasbach, Freiburg.

CASPERS, N. (1980): Die Emergenz eines kleinen Waldbaches bei Bonn. – Decheniana Beih., **23**; Bonn.

CLAUSNITZER, H. J. (1980): Hilfsprogramm für gefährdete Libellen. – Natur und Landschaft, **55** (1):12–15; Bonn-Bad Godesberg.

CLAUSNITZER, H. J., PRETSCHER, P. & SCHMIDT, E. (1984): Rote Liste der Libellen. – In: BLAB, J. et al. (Hsg.): Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland; Greven.

DIRNFELDER, L. (1984): Beitrag zur Libellenfauna der Charlottendorfer Teiche bei Schwandorf (Oberpfalz/Bayern). – Libellula, **3** (1/2): 85–88; Höxter, Karlsruhe.

DITTMAR, H. (1955): Ein Sauerlandbach – Untersuchungen an

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

einem Wiesen-Mittelgebirgsbach. – Arch. Hydrobiol. **50** (3/4), 305–522; Stuttgart.

FRÄNZEL, U. (1981): *Cordulegaster bidentatus* und *Cordulegaster annulatus* im Siebengebirge. – Libellula, **1** (1981): 32; Münster.

FRÄNZEL, U. (1985): Öko-ethologische Untersuchungen an *Cordulegaster bidentatus* SELYS, 1843 (Insecta: Odonata) im Bonner Raum. – Diplomarbeit, Bonn.

FRANKE, U. (1980): *Cordulegaster* (Odonata) im westlichen Bodenseegebiet. – Entomol. Z., **90** (18): 193–199; Stuttgart.

GEIJSKES, D. (1935): Faunistisch-ökologische Untersuchungen am Röserenbach bei Liestal im Basler Tafeljura. – Tijdschr. Entomol., **78** (3/4): 249–382; Gravenhage.

GERKEN, B. (1982): Probeflächenuntersuchungen in Mooren des Oberschwäbischen Alpenvorlandes. – Ein Beitrag zur Kenntnis wirbelloser Leitarten südwestdeutscher Moore. Telma, **12**: 67–84; Hannover.

GERKEN, B. (1984): Zur Sammlung von Libellen-Exuvien – Hinweise zur Methodik der Sammlung und zum Schlüpfort von Libellen. – Libellula, **3** (3/4): 59–72; Höxter, Karlsruhe.

HEIDEMANN, H. (1979): Beobachtungen der Quelljungfer *Cordulegaster bidentatus* SELYS. – Articulata, **1** (14): 141–143; Würzburg.

HEYMER, A. (1973): Das hochspezialisierte Beutefangverhalten der Larve von *Cordulegaster annulatus* (LATR., 1805), eine ökologische Einnischung (Odonata, Anisoptera). Rev. Comp. Animal, **7**: 103–112; Paris.

HUET, M. (1950): Nocivité des boisements en Epiceas (*Picea excelsa* LINK) pour certains cours d'eau de l'Ardenne Belge. – Intern. Ver. Theor. Angew. Limnol. Ver., **11**: 189–200; Stuttgart.

ILLIES, J. (1952): Die Mölle. – Arch. Hydrobiol., **1946**: 424–612; Stuttgart.

KAISER, H. (1974): Verhaltensgefüge und Temporialverhalten der Libelle *Aeshna cyanea* (Odonata). – Z. Tierpsych., **34**: 398–429; Berlin, Hamburg.

KAISER, H. (1982): Do Cordulegaster males defend territories? A preliminary investigation of mating strategies in *Cordulegaster boltoni* (Donovan) (Anisoptera: Cordulegasteridae). Odonatologica, **11** (2): 139–152; Utrecht.

KIKILLUS, R. & WEITZEL, M. (1981): Grundlagenstudien zu Ökologie und Faunistik der Libellen des Rheinlandes. – Pollichia-Buch 2; Bad Dürkheim.

LOHMANN, H. (1980): Faunenliste der Libellen (Odonaten) der Bundesrepublik Deutschland und Westberlins. – SIO Rapid communications, **1**; Utrecht.

MATTHIAS, U. (1983): Der Einfluß der Versauerung auf die Zusammensetzung von Bergbachbiozönosen. – Arch. Hydrobiol. Suppl. **65** (4): 407–483; Stuttgart.

MEIER, C.; SCHIESS, H. & WOLF, M. (1980): Notes on the distribution of some rare Swiss Anisoptera. – Notulae odonat., **1** (5): 85–96; Utrecht.

MURMANN-CHRISTEN, L. (1987): Das Vegetationsmosaik im Nordschwarzwälder Waldgebiet. – Diss. bot., **104**: 290 + 26 S.; Berlin, Stuttgart.

OBERDORFER, E. (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. – Pflanzensoz., **10**, 564 S.; Jena.

OBERDORFER, E. (Hrsg., 1977): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. – 2. Auflage, Teil I, 331 S.; Jena.

OBERDORFER, E. (1982): Die hochmontanen Wälder und subalpinen Gebüsche. – In: Der Feldberg im Schwarzwald. Subalpine Insel im Mittelgebirge. – Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, **12**: 317–364; Karlsruhe.

ROBERT, P.-A. (1959): Die Libellen. – 404 S.; Bern.

LE ROI, O. (1915): Die Odonaten der Rheinprovinz. turh. Ver. Preuß. Rheinl. Westf., **72**: 119–178; Bonn.

SCHANOWSKI, A. & BUCHWALD, R. (1987): 4. Sammelbericht (1987) über Libellenvorkommen in Baden-Württemberg. – Sasbach, Freiburg.

SCHMIDT, E. (1967): Zur Odonatenfauna des Hinterzartener Moores und anderer mooriger Gewässer des Südschwarzwaldes. – Dt. Entomol. Z. N. F., **14**: 371–386; Berlin (Ost).

SCHOEN, R. & KOHLER, A. (1984): Gewässerversauerung in kleinen Fließgewässern des Nordschwarzwaldes während der Schneeschmelze 1982. In: UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): Gewässerversauerung in der Bundesrepublik Deutschland. Materialien 1/84: 58–69; Berlin (West).

SCHWOERBEL, J. (1980): Methoden der Hydrobiologie. – 2. Auflage, 261 S.; Stuttgart, New York.

SEBALD, O. (1975): Zur Kenntnis der Quellfluren und Waldsümpfe des Schwäbisch-Fränkischen Waldes. – Beitr. naturk. Forsch. Südw.Dtl., **34**: 295–327; Karlsruhe.

SENF, E. (1976): Die Odonatenfauna des westlichen Bodensee-Gebietes. – Mitt. bad. Landesver. Naturk. Natursch. N. F., **11** (3/4): 327–335; Freiburg.

TEICHMANN, W. & MEIJERING, M. P. D. (1981): Zur Situation der Gattung *Gammarus* im Kaufunger Wald. – Beitr. Naturk. Osthessen, **17**: 71–84; Fulda.

VÖLKER, H. (1955): Beobachtungen über Lebensgewohnheiten der deutschen Libellenarten *Cordulegaster annulatus* (LATREILLE) und *bidentatus* (SELYS). – Beitr. Naturk. Nieders., **8**: 80–85; Hannover.

WARNKE, R. & BOGENRIEDER, A. (1985): Untersuchungen zum Nährstoff- und Ionenhaushalt von Quellfluren und Niedermooren der Feldbergkuppe (Schwarzwald). – Ber. Naturf. Ges. Freiburg, **75**, 91–124; Freiburg.

WILD, V. (1984): Erstnachweise der Gestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentatus* SELYS, Insecta: Odonata) für das Saarland. – Faunist.-florist. Not. Saarl., **16** (3): 303–307; Saarbrücken.

WILMANNS, O. (1984): Ökologische Pflanzensoziologie. – 3., erw. Auflage, 372 S.; Heidelberg.

ZIEMANN, H. (1975): Über den Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration und des Hydrogenkarbonatgehaltes auf die Ausbildung von Bergbachbiozönosen. – Int. Rev. ges. Hydrobiol., **60** (4): 523–555; Berlin (Ost).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carolinea - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: 46

Autor(en)/Author(s): Buchwald Rainer

Artikel/Article: Die Gestreifte Quelljungfer Cordulegaster bidentatus (Odonata) in Südwestdeutschland 49-64