

Abundanz und Habitatwahl von Imagines von *Ophiogomphus cecilia* an renaturierten und ausgebauten Abschnitten der Lippe, Nordrhein-Westfalen (Odonata: Gomphidae)

Lennart Friedritz¹, Ralf Joest² und Johannes Kamp¹

¹) Arbeitsgruppe Biodiversität und Ökosystemforschung, Institut für Landschaftsökologie,
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Heisenbergstraße 2, D-48149 Münster,
lennart.friedritz@googlemail.com, johannes.kamp@uni-muenster.de

²) Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V.,
Biologische Station Soest, Teichstraße 19, D-59505 Bad Sassendorf,
r.joest@abu-naturschutz.de

Abstract

Abundance and habitat selection of imagines of *Ophiogomphus cecilia* at restored and unrestored sections of the river Lippe, North Rhine Westphalia, Germany (Odonata: Gomphidae) – *Ophiogomphus cecilia* is an indicator species of near-natural streams and rivers. It is listed under appendix II and IV of the FFH-Directive and protected under German law. Since the beginning of the 2000s, the species has been extending its range in many regions. At the river Lippe in the district of Soest, North Rhine-Westphalia it has been found in increasing numbers since 2012. In 2017, densities of adult dragonflies as well as habitat parameters were recorded systematically along restored and unrestored stretches of the Lippe. The highest densities were recorded along restored stretches, but this difference was not statistically significant. Adult dragonflies preferred stretches with low vegetation along the bank and clayey substrates in the river. They avoided stretches with overhanging vegetation, turbulent water surface and muddy sediments. Regarding these parameters, the restored sections were significantly, or tendentially more suitable for colonization.

Zusammenfassung

Ophiogomphus cecilia gilt als Indikator für naturnahe Fließgewässer. Als Art der Anhänge II und IV der FFH-Richtlinie steht sie in Deutschland unter besonderem Schutz. Seit Beginn der 2000er Jahre zeigt die ehemals stark gefährdete Art in vielen Regionen deutliche Zunahmen. An der Lippe im Kreis Soest, Nordrhein-Westfalen, ist sie seit 2012 wieder in zunehmender Zahl zu beobachten. Die Funde häufen sich an einem seit 1996 durch um-

fangreiche Maßnahmen renaturierten Flussabschnitt. Im Jahr 2017 erfolgte eine systematische Erfassung von *O. cecilia* an renaturierten und ausgebauten Abschnitten der Lippe. Zusätzlich wurden relevante Habitatparameter erhoben. Die höchsten Dichten wurden an renaturierten Flussabschnitten gefunden. Allerdings war dieser Unterschied nicht statistisch signifikant. Die Imagines präferierten Abschnitte mit niedrigen Vegetationsstrukturen am Ufer und bindigen Substraten in der Flachwasserzone. Sie mieden Abschnitte mit überhängenden Gehölzen, mit stark verwirbelter Wasseroberfläche und Abschnitte, deren Flachwasserzone auf Grund niedrigerer Fließgeschwindigkeit von Schlamm geprägt war. Diese für *O. cecilia* bedeutenden Habitateigenschaften waren an den renaturierten Abschnitten deutlich oder tendenziell günstiger ausgeprägt als an den nicht renaturierten.

Einleitung

Ophiogomphus cecilia besiedelt eine weite Spanne von Fließgewässern, von schmalen Bächen (SCHWARZ et al. 2007) bis zu größeren Strömen wie der Unterlauf des Rheins (LINKE & FARTMANN 2009). Die größten Dichten erreicht die Art an den Mittelläufen des Tieflandes (SUHLING et al. 2003). Aufgrund ihrer Habitatansprüche gilt sie als guter Indikator für naturnahe, reich strukturierte Fließgewässer. Als Art der Anhänge II und IV der FFH-Richtlinie steht sie in Deutschland unter besonderem Schutz (SUHLING et al. 2003).

Noch Ende der 1990er Jahre galt *O. cecilia* in Deutschland als stark gefährdet und war in Nordrhein-Westfalen ausgestorben (OTT & PIPER 1998; SCHMIDT & WOIKE 1999). Seitdem zeigt die Art in vielen Regionen eine Zunahme ihrer Vorkommen (z.B. EGGERS et al. 1996; PHOENIX 2001; KIPPING 2012; MÜLLER et al. 2015). Diese beruht trotz einer erhöhten Erfassungssintensität (OTT et al. 2015) auch auf der tatsächlichen Ausbreitung und Wiederbesiedlung verwaister Gewässer (MÜLLER et al. 2015). Aus diesem Grund gilt *O. cecilia* seit den 2010er Jahren deutschlandweit wieder als „ungefährdet“ (OTT et al. 2015). Auch in Nordrhein-Westfalen hat sich die Art an der Lippe und einigen anderen Flusssystemen erneut angesiedelt (CONZE & JOEST 2013). In der aktuellen Roten Liste des Landes aus dem Jahr 2010 wird sie aber noch als „vom Aussterben bedroht“ eingestuft (CONZE & GRÖNHAGEN 2010).

Die wahrscheinliche Ursache für diese positive Entwicklung ist ein Zusammenwirken klimatischer Veränderungen mit Verbesserungen der Wasserqualität und der Strukturgüte von Fließgewässern. So ist anzunehmen, dass eine erhöhte Wassertemperatur die Larvalentwicklung fördert und Schönwetterperioden Schlupf, Reife, Flugzeit und Ausbreitung der Imagines begünstigen (EGGERS et al. 1996; SUHLING & MÜLLER 1996; LOHR 2016). Zusätzlich hat sich die Wasserqualität vieler Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen durch Verschärfungen der wasserrechtlichen Anforderungen in den vergangenen 40 Jahren zunehmend verbessert (MKULNV 2014). Die Strukturgüte von Fließgewässern wurde durch Renaturierungsprojekte, etwa im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie verbessert (OTT et al. 2015).

Am Mittellauf der Lippe im Kreis Soest wurden im Zuge des vom damaligen Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft initiierten Gewässer-aueprogrammes ab 1996 sukzessive Flussabschnitte einschließlich ihrer Aue renaturiert (BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG 2010; JOEST 2016). Nach einigen Einzelnachweisen erfolgten ab 2012 gezielte Nachsuchen nach *O. cecilia* an der renaturierten Lippe. Die über die Jahre steigenden Fundzahlen der Imagines – meist Männchen im Fortpflanzungshabitat – ließen ein bodenständiges Vorkommen vermuten. So liegen auch von den hier untersuchten Abschnitten der Lippe vereinzelt Beobachtungen von Weibchen, z.T. mit Eiballen, und Exuvien vor. Die meisten Funde gelangen im Umfeld der renaturierten Flussabschnitte der Lippe, daher war ein Einfluss der Renaturierung auf die Ansiedlung der Art zu vermuten (CONZE & JOEST 2013; JOEST 2017).

In dieser Untersuchung wird mittels systematischer Erfassungen der Dichte der Imagines und ausgewählter Habitateigenschaften den folgenden Fragen nachgegangen:

- Unterscheidet sich die Dichte der Imagines von *O. cecilia* an renaturierten und ausgebauten Abschnitten der Lippe?
- Welche Habitateigenschaften beeinflussen die Habitatwahl der Imagines?
- Unterscheiden sich die relevanten Habitateigenschaften an renaturierten und ausgebauten Abschnitten der Lippe?

Untersuchungsgebiet und Methoden

Untersuchungsgebiet

Der untersuchte Abschnitt der Lippe liegt zwischen Lippstadt und Kessler im Kreis Soest, Nordrhein-Westfalen. Die Lippe zählt zum Fließgewässertyp der „Großen sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse“ (POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2008). Das Flussbett der ausgebauten Abschnitte ist etwa 20 m breit und wurde durch die Renaturierung auf bis zu 45 m verbreitert. Von den untersuchten 20,6 Flusskilometern waren die ersten 13,9 km renaturiert und die flussabwärts folgenden 6,7 km ausgebaut. In den Gebieten Klostermersch (Bauphase 1996–1997), Hellinghauser Mersch und Lusebredde (Bauphase 2002–2010) und Westernmersch (Bauphase 2012–2014) wurden Flussabschnitte renaturiert: Uferbefestigungen wurden entnommen, die erodierte Sohle aufgehöhht und verbreitert und Totholz eingebracht. Es wurden vier neue Flussschleifen angelegt und eine Wehrschwelle zurückgebaut. So ist der renaturierte Flussabschnitt heute deutlich breiter und weniger stark eingetieft, er weist vielfältigere Strukturen und eine höhere Geschiebedynamik auf als der ausgebauter Abschnitt. Die Aue wurde außerdem an vielen Stellen durch Flutrinnen wieder für den Fluss geöffnet. Teile der Hellinghauser Mersch und der Klostermersch werden ganzjährig durch Taurusrinder und Koniks beweidet (BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG 2010; DETERING 2012; JOEST et al. 2014; JOEST 2016). Die Lippeaue zwischen Lippstadt

und Hamm ist als FFH- und Vogelschutzgebiet Teil des Natura 2000-Netzwerkes (LANUV NRW 2013).

Erfassung der Imagines

Die Erfassung der Imagines von *O. cecilia* erfolgte von einem Kajak aus. In der Flugzeit von *O. cecilia* erfolgten sechs Fahrten zwischen dem 14. Juni und 23. August 2017 im Abstand von etwa 14 Tagen. Im September erfolgten auf Grund ungünstiger Witterung keine Erfassungen. Kartiert wurde zwischen 10 und 16 Uhr bei höchstens gering bedecktem Himmel und schwachem Wind. Die anwesenden Imagines wurden gezählt und ihre Standorte mit einem GPS-Tracker (I-gotU GT-120) erfasst und in ein Geoinformationssystem (ESRI ArcMap 10.4) überführt. Aus der Anzahl der Individuen der einzelnen Aufnahmen wurde die Dichte als Zahl der Imagines pro Flusskilometer berechnet.

Habitatanalyse

Für die Habitatanalyse wurden in ArcMap zusätzlich zu den Präsenzpunkten 50 zufällig verteilte Absenzpunkte (34 in renaturierten, 16 in ausgebauten Abschnitten, entsprechend der Länge der Flussabschnitte) mit einem Mindestabstand von 100 m entlang der Untersuchungsstrecke verteilt und mit 30 zufällig ausgewählten Präsenzpunkten verglichen.

Die Auswahl der untersuchten 46 Habitatvariablen erfolgte nach einer Literaturrecherche. Einige Variablen (Sohlsubstrate, Baumstrukturen, Strömungsbilder und -diversität) wurden an die Gewässerstruktur-Kartieranleitung für Fließgewässer angelehnt (LANUV NRW 2012). Die Habitatparameter wurden für je 30 m lange Abschnitte erfasst, in deren Mitte einer der 80 Präsenz- oder Absenzpunkte lag. Abschnitte dieser Länge entsprechen nach eigenen Beobachtungen etwa dem Aufenthaltsbereich patrouillierender Männchen und sind strukturell relativ homogen.

Die Strömungsverhältnisse und einige der Strukturvariablen (Totholzbereiche, Uferbäume wie Baumumläufe, Sturz- und Prallbäume) wurden für die gesamte Wasseroberfläche aufgenommen, alle anderen Variablen in orthogonal zur Fließrichtung liegenden Transekten im Uferbereich. Die Transekte gliederten sich wiederum in die Bereiche Böschung, Flachwasserzone und Wasseroberfläche. Mit Ausnahme der Gewässerbreite wurden alle Variablen getrennt für die linke und rechte Transekthälfte aufgenommen. Da die Lippe im untersuchten Abschnitt von Osten nach Westen fließt, handelt es sich bei der linken in der Regel um die südliche und bei der rechten um die nördliche Böschung. Die Grenze zwischen den Transekthälften bildete die Gewässermitte oder die Außenkanten einer Insel.

Die horizontale Deckung der Vegetationsstrukturen wurde für die Böschung zwischen Wasserlinie und der Böschungsoberkante geschätzt. Für Gehölze wurde hierbei zwischen Strauchschicht (bis 5 m) und Baumschicht (über 5 m) unterschieden. Für jegliche Art von überhängender Vegetation, im Bereich zwischen dem Wasserspiegel und 1 m Höhe, wurde deren Breite als die mittlere Distanz

zwischen der Wasserlinie und den äußersten Blattspitzen geschätzt. Über die Wasseroberfläche ragendes Totholz kann eine potentielle Sitzwarte darstellen und wurde deshalb als Parameter „Totholzbereich“ in 2 m² Klassen erfasst. Der Anteil von Verwirbelungen an der Wasseroberfläche (Strömungsanomalien) wurde in drei Deckungsklassen (1 = 0–33 %, 2 = 34–66 %, 3 = 67–100 %) optisch erfasst und als numerische Variable analysiert.

Die untersuchte Flachwasserzone reicht bis zu einer Wassertiefe von 1 m. Die Substratbeschaffenheit wurde als Deckung [%] der Flachwasserzone je Transekthälfte erhoben und auf die gesamte Flachwasserzone des Abschnitts extrapoliert. Sie ging als durch das jeweilige Substrat bedeckte Fläche [m²] in die Analyse ein.

Für die Aufnahmebereiche Flachwasserzone und Wasseroberfläche wurden die Werte der linken und rechten Transekthälften zusammengefasst. Die Böschungsvariablen blieben getrennt, da sich ihre Ausprägung am linken und rechten Ufer unterscheiden konnten. Einige Variablen wurden für die Analyse kombiniert. So trat Kies fast nur als Beimischung zum Sand auf, daher wurden die Flächenanteile von Kies und Sand zusammengefasst. Algen und Makrophyten waren zum Teil stark miteinander verwachsen und wurden zusammengefasst. In der statistischen Analyse wurden nur numerische Variablen berücksichtigt, die in mindestens zehn Fällen einen Wert > 0 erreichten und kategoriale Variablen, bei denen alle Ausprägungen in mindestens zehn Fällen auftraten.

Die Erfassung der Habitatvariablen erfolgte zwischen dem 13. Juli und dem 28. September 2017. Dafür wurde der jeweilige Abschnitts-Mittelpunkt durch GPS-Lokation (Sony Xperia Z1 compact, Locus Map free Version 3.25.2, Genauigkeit 3 m) von der Landseite her aufgesucht. Die Aufnahmen fanden nur bei Wasserständen unter 135 cm (Pegel Lippstadt 1) statt, da höhere Wasserstände keine Unterscheidung zwischen terrestrischer und aquatischer Vegetation zuließen.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit R 3.3.2. Die verwendeten Pakete und Funktionen werden in der Form „Paket::Funktion“ angegeben.

Mit einem Wilcoxon-Rangsummentest wurde geprüft, ob sich die mittlere Dichten (Imagines/km Fluss) der renaturierten Flussabschnitte von denen der ausgebauten Flussabschnitte unterschieden (stats::wilcox.test).

Der Einfluss der Umweltvariablen auf die Habitatwahl (Präsenz = 1, Absenz = 0) von *O. cecilia* und die Ausprägung der Umweltvariablen in Abhängigkeit von der Renaturierung (Abschnitt renaturiert = 1, ausgebaut = 0) wurden zunächst getrennt voneinander untersucht. Eine Vorauswahl möglicherweise bedeutender Variablen erfolgte anhand des Signifikanzwertes univariater Firth-korrigierter logistischer Regressionen (FIRTH 1993, brglm::brglm). Um auch Faktoren mit einem relativ schwachen Einfluss noch zu berücksichtigen, wurden für diese Vorauswahl auch Variablen ab einem Signifikanzwert von $p < 0,1$ in den weiteren Analysen verwendet. Die ausgewählten Variablen wurden standardisiert und ihre Assoziation mit den beiden Zielvariablen durch eine einhundertmal wiederholte logistischen Lasso-Regression analysiert (least absolute shrinkage and selec-

tion operator, TIBSHIRANI 1996, glmnet::glmnet). Die Lasso-Regression setzt die Schätzwerte von Variablen mit einer geringen Assoziation mit der Zielvariablen gleich null. Der Regulationskoeffizient λ wurde per Kreuzvalidierung anhand von 10 Unterstichproben für einen geringen Vorhersagefehler bei gleichzeitig geringer Modelkomplexität ermittelt (glmnet::cv.glmnet\$lambda.1se). Bei Variablen, die in mindestens 25 der 100 Modelle verwendet wurden, gehen wir von einer deutlichen Assoziation mit der Zielvariablen aus. Die Effektstärke und -richtung der Assoziation wird in Form der Odds Ratios (OR) angegeben. Der OR wurde als $e^{\text{Schätzwert}}$ berechnet und für die einbezogenen Variablen gemittelt. Der OR ist der Faktor, um welchen sich die Eintrittswahrscheinlichkeit relativ zu letzten Stufe ändert, wenn die jeweilige Variable um eine Standardabweichung steigt (OR > 1 positive Assoziation, OR < 1 negative Assoziation). Als Gütemaß dient der gemittelte Anteil der durch die Modelle erklärten Nulldevianz (glmnet::glmnet\$dev.ratio). Auf mit den bedeutenden Variablen hoch korrelierten (Spearman $|\rho|$ > 0,6), aber nicht im Modell vertretenen Variablen wird ergänzend hingewiesen.

Die Beziehung zwischen den für *O. cecilia* bedeutenden Umweltvariablen und der Renaturierung wird anhand einer Hauptkomponentenanalyse (WOLD 1987, stats::prcomp, ggbiplot::ggbiplot) verdeutlicht. Zusätzlich werden die in den univariaten Regressionen prognostizierten Zusammenhänge zwischen den Variablen und der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Vorkommens oder der Renaturierung mit Wald Konfidenzintervall dargestellt (visreg::visreg).

Ergebnisse

Dichte der Imagines

Insgesamt wurden 152 Imagines von *O. cecilia* erfasst, darunter drei Weibchen (mit Eiballen bzw. im Paarungsrad). Die höchsten Individuendichten wurden in den renaturierten Abschnitten Westernmersch und Lusebredde erreicht, die geringsten im Teilgebiet Bettenberg der renaturierten Hellinghauser Mersch. In den insgesamt 13,9 km langen renaturierten Abschnitten wurden bei den einzelnen Erfassungen im Mittel 1,3 Imagines/km beobachtet. In den folgenden insgesamt 6,7 km langen nicht renaturierten Abschnitten waren dies 1,0 Imagines/km (Tab. 1). Dieser Unterschied war aber nicht statistisch signifikant (Wilcoxon-Test $p = 0,886$). Dabei wiesen die renaturierten Abschnitte eine deutlich größere Variationsbreite (0–5,2) der Dichtewerte auf als die ausgebauten (0–2,7). Der näher an den renaturierten Abschnitten gelegene ausgebauten Flussabschnitt zwischen der Westernmersch und Herzfeld hatte durchgehend höhere Dichten als der folgende Flussabschnitt bis Kesseler (Abb. 1).

Habitatwahl

Von den 46 Umweltvariablen wiesen 30 in den univariaten Firth-korrigierten logistischen Regressionen eine zumindest schwach signifikante ($p < 0,1$) Asso-

Tabelle 1: Dichten der Imagines von *Ophiogomphus cecilia* an der Lippe (Imagines/km) je Aufnahmezeitpunkt und Gebiet (für Gebietsbezeichnungen siehe Abb. 1). – Table 1. Densities of imagines of *O. cecilia* at the Lippe (Imagines/km) per recording date and area.

	ausgebaute Flussabschnitte		renaturierte Flussabschnitte						Mittelwert
	8	7	6	5	4	3	2	1	
14.06.	-	-	-	-	-	-	-	-	0
27.06.	-	-	-	-	-	-	-	-	0
09.07.	0,7	2,7	5,2	2,6	0,5	0,9	0,3	-	1,6
31.07.	-	0,5	0,6	0,4	1,9	0,9	2,3	3,9	1,3
07.08.	2,0	2,2	2,9	1,7	-	4,3	2,6	3,4	2,4
23.08.	1,7	2,2	3,2	3,0	0,9	0,9	1,9	2,0	2
Mittelwert	0,7	1,3	2,0	1,3	0,5	1,1	1,2	1,5	
	1,0		1,3						1,2

ziation mit den Zielvariablen Habitatwahl oder Renaturierung auf (Tab. 2) und wurden weiter analysiert. In den Lasso-Regressionen hatten neun der 30 Variablen einen deutlichen Einfluss auf die Habitatwahl von *O. cecilia* (Tab. 3). Die Wahr-

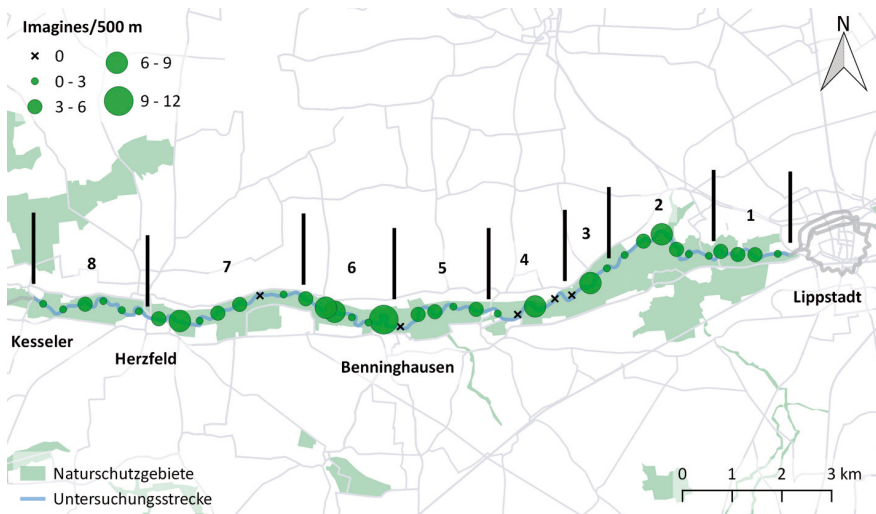


Abbildung 1: Verteilung der Imagines von *Ophiogomphus cecilia* an der Lippe. Renaturierte Flussabschnitte: 1 Lusebreite; 2 Hellinghauser Mersch Pastorat; 3 Hellinghauser Mersch Anglerweg; 4 Hellinghauser Mersch Bettenberg; 5 Klostermersch; 6 Westernmersch. Ausgebaute Flussabschnitte: 7 Westernmersch bis Herzfeld; 8 Herzfeld bis Kesseler. – Figure 1. Distribution of imagines of *O. cecilia* along river Lippe.

scheinlichkeit eines Vorkommens von *O. cecilia* nahm mit zunehmender Deckung der Baumschicht und der Breite der überhängenden Gehölze am linken, südlichen Ufer, sowie mit zunehmender Deckung der Strauchschicht und der Hochstauden am rechten, nördlichen Ufer ab. Eine zunehmende Deckung niedriger grasartiger Vegetation an beiden Ufern erhöhte dagegen die Wahrscheinlichkeit eines Vorkommens.

Die Substrateigenschaften waren eng mit den Strömungsverhältnissen verknüpft. Ein zunehmender Anteil von Lehm im Sohlsubstrat wirkte sich positiv, ein zunehmender Anteil Schlamm dagegen negativ auf die Wahrscheinlichkeit eines Männchen-Nachweises aus. Der Anteil Sand hatte in dieser Arbeit keinen signifikanten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit eines Vorkommens. Ein erhöhter Anteil von Verwirbelungen verringerte die Wahrscheinlichkeit eines Nachweises. Die Deckung der Baumschicht an der linken Böschung war mit der Beschattung der Böschung ($p = 0,64$) und der Wasserfläche ($p = 0,68$) korreliert. Im Durchschnitt erklärten die Lasso-Regressionen der Habitatwahl 16 % der Nulldevianz.

Habitat eignung der renaturierten und ausgebauten Abschnitte

Nach den Lasso-Regressionen unterschieden sieben der 30 Variablen zwischen den renaturierten und ausgebauten Abschnitten (Tab. 4). So war der Wasserkörper in den renaturierten Abschnitten mit höherer Wahrscheinlichkeit breiter, weniger stark beschattet und zu höheren Anteilen von flutenden und emergenten Makrophyten bedeckt. An der rechten, nördlichen Böschung renaturierter Abschnitte war die Strauchschicht geringer ausgeprägt als in den ausgebauten Abschnitten. Die Substrate Detritus und Schüttsteine nahmen in den renaturierten Abschnitten geringere Flächen der Flachwasserzone ein, dafür erreichte Schlamm höhere Deckungen. Die in allen zehn Regressionen aufgenommene Beschattung der Wasseroberfläche war erwartungsgemäß positiv mit der Beschattung der rechten Böschung ($p = 0,62$), aber negativ mit der Breite des Wasserkörpers ($p = -0,67$) und der Flächengröße der von Makrophyten und Algen bedeckten Flachwasserzone ($p = -0,67$) korreliert. Im Durchschnitt erklärten die Lasso-Regressionen 79 % der Nulldevianz.

Sieben der neun für die Habitatwahl von *O. cecilia* bedeutenden Habitatvariablen waren an den renaturierten Abschnitten für die Wahrscheinlichkeit eines Vorkommens der Art günstiger ausgeprägt (Abb. 2). So wiesen sie mit größerer Wahrscheinlichkeit am linken, südlichen Ufer eine geringere Deckung der Baumschicht sowie weniger überhängende Vegetation auf. Am rechten, nördlichen Ufer wiesen sie eine geringere Deckung der Strauchschicht und Hochstauden auf. Insgesamt hatten sie eine höhere Deckung der grasartigen Vegetation. Auch der höhere Anteil von Lehm im Sohlsubstrat stimmt mit einer höheren Nachweiswahrscheinlichkeit von *O. cecilia* überein. Lediglich der erhöhte Anteil von Schlamm sowie von Strömungsanomalien an den renaturierten Abschnitten entspricht nicht den Präferenzen der Art.

Tabelle 2: Signifikante ($p < 0,05^*$), schwach signifikante ($p < 0,1^\circ$) und nicht signifikante ($p > 0,1$ n.s.) Assoziation der Umweltvariablen mit dem Vorkommen von *Ophiogomphus cecilia* (Hab) oder der Renaturierung (Ren) anhand der univariaten logistischen Regressionen. – Table 2. Significant ($p < 0.05^*$), weakly significant ($p < 0.1^\circ$), and not significant ($p > 0.1$ n.s.) associations between environmental variables and the occurrence of *O. cecilia* (Hab) or restoration (Ren) according to the univariate logistic regressions.

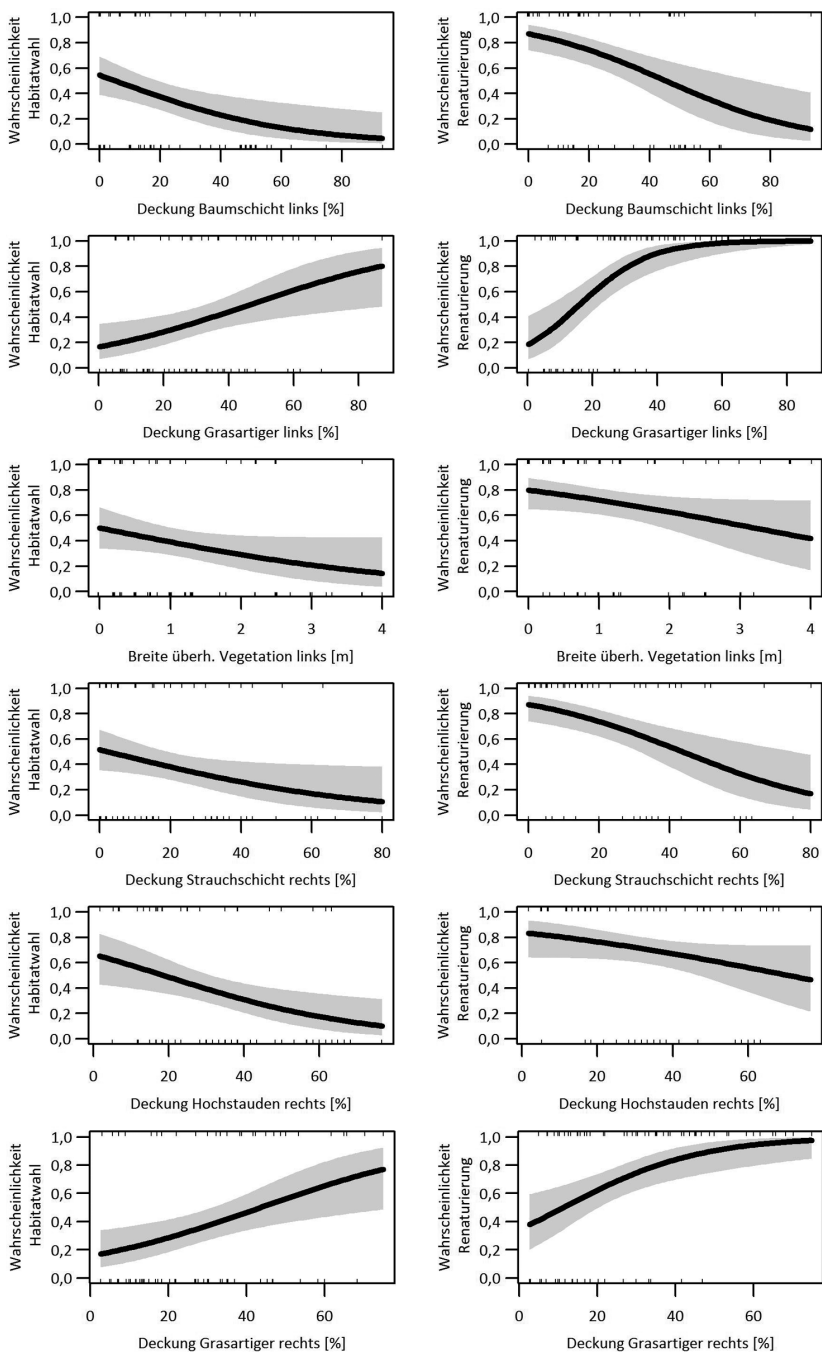
Erklärende Umweltvariable			Hab		Ren	Erklärende Umweltvariable			Hab		Ren
linke Böschung	Breite Böschung	[m]	n.s.	n.s.		Flachwasserzone	Anteil Flachwasserzone	[%]	°	*	
	Höhe Böschung	[m]	n.s.	*			Schlamm	[m ²]	n.s.	*	
	Teiltransekte mit Steilufern	[n]	n.s.	*			Lehm, Ton, Löss	[m ²]	°	*	
	Offenboden, Streu, Moos	[%]	n.s.	n.s.			Sand, Kies	[m ²]	n.s.	*	
	kleine Kräuter	[%]	n.s.	n.s.			plattiger Emscher Mergel	[m ²]	n.s.	n.s.	
	Grasartige	[%]	*	*			Schüttsteine	[m ²]	n.s.	*	
	Hochstauden	[%]	n.s.	*			Makrophyten, Algen	[m ²]	n.s.	*	
	Strauchschicht	[%]	n.s.	*			leb. Teile terrestrischer Pflanzen	[m ²]	n.s.	*	
	Baumschicht	[%]	*	*			Detritus	[m ²]	n.s.	*	
	Beschattung Böschung	[%]	n.s.	*			Totholz	[m ²]	n.s.	n.s.	
	Breite überhängender Vegetation	[m]	°	°							
	Sturz-, Prallbäume, Baumumläufe	[n]	n.s.	n.s.							
	rechte Böschung	Breite Böschung	[m]	n.s.	*			Wasseroberfläche	Ausrichtung des Abschnittes	[°]	n.s.
Höhe Böschung		[m]	n.s.	n.s.		Breite Wasserkörper	[m]		n.s.	*	
Teiltransekte mit Steilufern		[n]	n.s.	n.s.		Anz. Transekte mit Insel	[n]		n.s.	n.s.	
Offenboden, Streu, Moos		[%]	n.s.	*		Anz. Teiltransekte mit Bänken	[n]		n.s.	*	
kleine Kräuter		[%]	n.s.	n.s.		Totholzbereiche	[n]		°	n.s.	
Grasartige		[%]	*	*		Strömungsbild glatt	{0,1}		n.s.	n.s.	
Hochstauden		[%]	*	°		Strömungsbild leicht plätschernd	{0,1}		n.s.	n.s.	
Strauchschicht		[%]	*	*		Strömungsdiversität vorhanden	{0,1}		n.s.	n.s.	
Baumschicht		[%]	°	n.s.		Anteil Strömungsanomalien	{1,2,3}		*	n.s.	
Beschattung Böschung		[%]	*	*		Beschattung Wasser	[%]		n.s.	*	
Breite überhängender Vegetation		[m]	n.s.	*		flutende, emerse Makrophyten	[%]		n.s.	*	
Sturz-, Prallbäume, Baumumläufe		[n]	n.s.	n.s.		Binsen, Röhrichte	[%]		n.s.	n.s.	

Tabelle 3: Einfluss der Umweltvariablen auf die Vorkommenswahrscheinlichkeit von *Ophiogomphus cecilia*, sortiert nach dem Aufnahmebereich und der Häufigkeit der Inklusionen (n) in den Lasso-Regressionen. Die Effektrichtung (E) ergibt sich aus den gemittelten Odds Ratio (OR) der standardisierten Variablen. Die 100 Lasso-Regression verwendeten ein mittleres λ von $0,084 \pm 0,026$ und erklärten im Mittel $16 \pm 7 \%$ der Nulldevianz. – Tabelle 3. Influence of environmental variables on the occurrence probability of *O. cecilia* sorted by the areas and the frequency of inclusion (n) into the lasso regressions. The direction of the regression coefficient (E) was derived from the averaged odds ratio (OR) of the standardized variables. The 100 Lasso regressions used a mean λ of 0.084 ± 0.026 and explained an average of $16 \pm 7 \%$ of the zero deviance.

Erklärende Umweltvariablen			Habitatwahl		
		n	OR	E	
linke Böschung	Baumschicht	[%]	94	0,75	-
	Grasartige	[%]	94	1,11	+
	Breite überhängender Vegetation	[m]	29	0,92	-
	Höhe Böschung	[m]	8	1,03	+
	Beschattung Böschung	[%]	0		
	Hochstauden	[%]	0		
	Strauchschicht	[%]	0		
	Teiltransekte mit Steilufern	[n]	0		
rechte Böschung	Hochstauden	[%]	94	0,81	-
	Grasartige	[%]	76	1,07	+
	Strauchschicht	[%]	68	0,91	-
	Offenboden, Streu, Moos	[%]	10	1,17	+
	Baumschicht	[%]	8	0,98	-
	Breite Böschung	[m]	5	0,97	-
	Beschattung Böschung	[%]	0		
	Breite überhängender Vegetation	[m]	0		
Flachwasserzone	Schlamm	[m ²]	68	0,90	-
	Lehm, Ton, Löss	[m ²]	43	1,06	+
	Makrophyten, Algen	[m ²]	4	0,96	-
	Anteil Flachwasserzone	[%]	0		
	Detritus	[m ²]	0		
	leb. Teile terrestrischer Pflanzen	[m ²]	0		
	Sand, Kies	[m ²]	0		
	Schüttsteine	[m ²]	0		
Wasseroberfläche	Anteil Strömungsanomalien	{1,2,3}	94	0,81	-
	Totholzbereiche	[n]	4	1,00	-
	Beschattung Wasser	[%]	0		
	flutende, emerse Makrophyten	[%]	0		
	Breite Wasserkörper	[m]	0		
	Teiltransekte mit Bänken	[n]	0		

Tabelle 4: Einfluss der Umweltvariablen auf die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um einen renaturierten Abschnitt handelte, sortiert nach dem Aufnahmebereich und der Häufigkeit der Inklusionen (n) in den Lasso-Regressionen. Die Effektrichtung (E) ergibt sich aus den gemittelten Odds Ratio (OR) der standardisierten Variablen. Die 100 Lasso-Regressionen verwendeten ein mittleres λ von $0,058 \pm 0,024$ und erklärten im Mittel $79 \pm 8 \%$ der Nulldevianz. – Table 4. Influence of environmental variables on the likelihood of restoration, sorted by the area and the frequency of inclusion (n) into the lasso regressions. The direction of the regression coefficient (E) was derived from the averaged odds ratio (OR) of the standardized variables. The 100 Lasso regressions used a mean λ of $0,058 \pm 0,024$ and explained on average $79 \pm 8 \%$ of the zero deviance.

Erklärende Umweltvariablen			Renaturierung		
		n	OR	E	
linke Böschung	Grasartige	[%]	12	1,38	+
	Strauchschicht	[%]	11	0,98	-
	Höhe Böschung	[m]	11	0,90	-
	Baumschicht	[%]	0		
	Beschattung Böschung	[%]	0		
	Hochstauden	[%]	0		
	Breite überhängender Vegetation	[m]	0		
	Teiltransekte mit Steilufern	[n]	0		
rechte Böschung	Strauchschicht	[%]	37	0,80	-
	Breite Böschung	[m]	13	2,03	+
	Baumschicht	[%]	0		
	Beschattung Böschung	[%]	0		
	Grasartige	[%]	0		
	Hochstauden	[%]	0		
	Offenboden, Streu, Moose	[%]	0		
	Breite überhängender Vegetation	[m]	0		
Flachwasserzone	Schüttsteine	[m ²]	100	0,81	-
	Detritus	[m ²]	66	0,91	-
	Schlamm	[m ²]	54	1,17	+
	Anteil Flachwasserzone	[%]	0		
	leb. Teile terrestrischer Pflanzen	[m ²]	0		
	Lehm, Ton, Löss	[m ²]	0		
	Makrophyten, Algen	[m ²]	0		
	Sand, Kies	[m ²]	0		
Wasseroberfläche	Beschattung Wasser	[%]	100	0,25	-
	Breite Wasserkörper	[m]	100	30,15	+
	flutende, emerse Makrophyten	[%]	97	1,53	+
	Teiltransekte mit Bänken	[n]	0		
	Totholzbereiche	[n]	0		
	Anteil Strömungsanomalien	{1,2,3}	0		



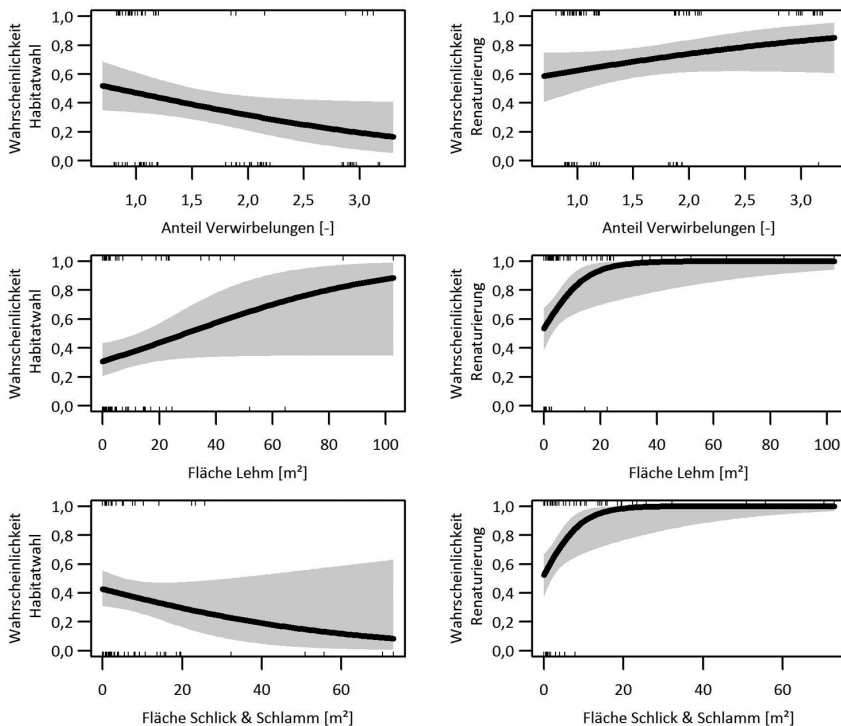


Abbildung 2: Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von *Ophiogomphus cecilia* (links) und die Wahrscheinlichkeit, das es sich um einen renaturierten Abschnitt handelte (rechts) (univariate logistische Regressionen) in Abhängigkeit von der Ausprägung verschiedener Habitatparameter. – Figure 2. Predicted occurrence probability of *O. cecilia* (left) and predicted likelihood of a river stretch being restored (right) in relation to several habitat parameters.

Die erste Hauptkomponente wird durch die Deckung der niedrigwüchsigen Grasartigen, der Strauchschicht rechts und der Baumschicht links sowie der durch Lehm bedeckten Fläche aufgespannt. Sie erklärt über 30 % der Varianz. An ihr wird auch die Separation zwischen renaturierten und ausgebauten Abschnitten deutlich, die entlang der zweiten Hauptkomponente kaum sichtbar ist. Während sich die ausgebauten Abschnitte ähneln, zeigen die renaturierten Abschnitte eine deutlich größere Heterogenität. Hinsichtlich der Hochstauden zeigt die Hauptkomponentenanalyse keine deutliche Ausprägung. Die univariaten Modelle zeigten aber, dass diese in den ausgebauten Abschnitten eine höhere Deckung erreichten. In Hinblick auf die Sohlsubstrate bevorzugten die Imagines von *O. cecilia* Abschnitte, an denen Lehm, Ton und Löss einen größeren und Schlamm einen kleineren Anteil der Flachwasserzone einnahmen. Beide Sedimenttypen bedeck-

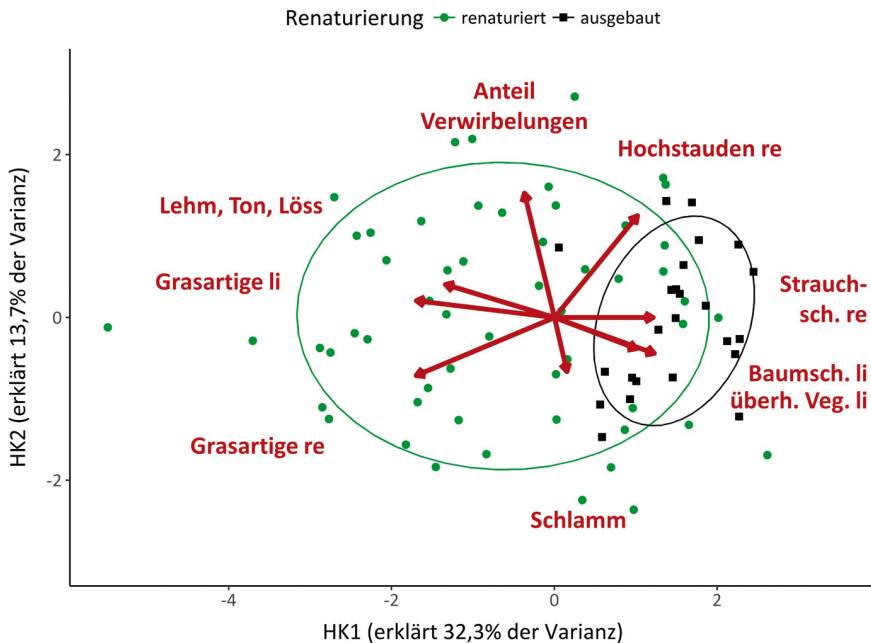


Abbildung 3: Hauptkomponentenanalyse der neun für die Habitatwahl von *Ophiogomphus cecilia* wichtigsten Variablen anhand deren Ausprägung in den renaturierten und ausgebauten Abschnitten. Jeder Punkt entspricht einer der 80 untersuchten Probestrecken. Die Kürzel der Vegetationsdeckungen stehen für die linke (li) und rechte (re) Böschung. – Figure 3. Principal component analysis of the nine variables that were most important for the habitat selection of *O. cecilia* showing their distribution among the restored and un-restored sections. The abbreviations of the vegetation densities stand for the left (li) and right (re) bank.

ten in den renaturierten Abschnitten größere Flächen der Flachwasserzone. Der Flächenanteil von Schlamm variierte in der Stichprobe der renaturierten Bereiche jedoch stark. Obwohl er in den statistischen Modellen nicht als signifikanter Faktor auftrat, war Sand mit geringer Kiesbeimischung das zweithäufigste Substrat in der Flachwasserzone (minimal 10 %).

Diskussion

Dichte der Imagines

Diese Arbeit konnte zeigen, dass *O. cecilia* inzwischen auf fast der gesamten Länge des untersuchten Flussabschnittes vorkommt. Dabei wies der renaturierte Fluss-

abschnitt an vielen Stellen höhere Dichten auf als der ausgebaut Flussabschnitt. Dennoch war dieser Unterschied nicht statistisch signifikant. Dies ist vermutlich auf die insgesamt deutlich größere Variationsbreite der Dichte an den renaturierten Abschnitten im Vergleich zu den nicht renaturierten Abschnitten zurückzuführen. Innerhalb des ausgebauten Flussabschnittes nahm die Dichte mit zunehmender Entfernung zu dem renaturierten Flussabschnitt ab. Dass dies bei gleichbleibenden Habitateigenschaften geschieht, deutet auf eine von den renaturierten Abschnitten ausgehende Migration von Imagines oder Larven hin (SUHLING & MÜLLER 1996; SUHLING et al. 2003; VONWIL & OSTERWALDER 2006; SCHWARZ et al. 2007; LOHR 2010; NLWKN 2011). Es ist daher möglich, dass eine insgesamt geringere Habitateignung des ausgebauten Flussabschnittes (siehe unten) durch Zuwanderung von Individuen aus dem renaturierten Flussabschnitt kompensiert wird. Sowohl die größere Heterogenität des renaturierten Flussabschnittes als auch die von ihm ausgehende Ausbreitung von Individuen können den wider Erwarten nicht signifikanten Unterschied der Dichte erklären.

Habitatwahl

In dieser Arbeit wird die Habitatwahl der auf Fortpflanzungspartner wartenden Männchen von *O. cecilia* beschrieben. Wie bei anderen Libellen ist es üblich, dass sich die Männchen einen Großteil des Tages am Fortpflanzungsgewässer aufhalten, während die Weibchen nur zur Paarung und Eiablage hinzukommen (MARTENS 1999). Dieses Verhalten lässt sich anhand des erfassten Geschlechterverhältnisses (149:3) und der Literatur (WERZINGER 1998; SCHWARZ et al. 2007; BREKELMANS 2014) für *O. cecilia* bestätigen. Nach STERNBERG (1999) wählen die Imagines ihr Habitat auf verschiedenen räumlichen Ebenen anhand eines Ökoschemas verschiedener proximaler Signalfaktoren, an denen sie die ultimativen, für die Fortpflanzung notwendigen Habitateigenschaften erkennen (WILDERMUTH 1994; STERNBERG 1999). Damit es zur erfolgreichen Fortpflanzung kommt, müssen beide Geschlechter dasselbe, für die erfolgreiche Eiablage und Entwicklung der Larven geeignete Habitat auswählen (WILDERMUTH 1994). Fortpflanzungs-, Eiablage- und Larvalhabitate überschneiden sich deshalb, auch wenn die einzelnen Stadien unterschiedliche Teilbereiche und Strukturen auswählen (EGGERS et al. 1996; STERNBERG et al. 2000; RACKOW 2005; NLWKN 2011; KIPPING 2012). So liegen auch von den hier untersuchten Abschnitten der Lippe neben den Beobachtungen der wartenden Männchen vereinzelte Funde von Weibchen, z.T. mit Eiballen, und Exuvien vor.

Die Habitatwahl der männlichen Imagines von *O. cecilia* an der Lippe war in erster Linie von der Ausprägung der Ufervegetation, dem Sohlsubstrat und den Strömungsverhältnissen beeinflusst. Die Imagines mieden Abschnitte mit einer ausgeprägten Baumschicht am südlichen Ufer, welche die darunterliegende Böschung und das Wasser beschattete. Dies entspricht den Ergebnissen von BÖHM et al. (2013), die auch eine direkte negative Korrelation zwischen der Beschattung und der Abundanz von *O. cecilia* fanden. Als poikilotherme Tiere vom Verhaltenstyp der „percher“ (Ansitzer) suchen die Imagines gezielt besonnte Bereiche

auf (RAAB 2005; LINGENFELDER 2009; KIPPING 2012; BURKART & HAACKS 2015). BÖHM et al. (2013) und WERZINGER (1998) stellten fest, dass Imagines zu über 60 % beschattete Wasserflächen mieden. An der Lippe wiesen nur zwei der dreißig untersuchten Präsenz-Abschnitte eine höhere Beschattung auf (75 und 92 %, beide ausgebaut). Auch die von der Südböschung aus über die Lippe hängenden Gehölze beeinflussten das Vorkommen von *O. cecilia* negativ. An schmalen Fließgewässern verringert bereits eine überhängende Krautschicht die Anzahl der Imagines von *O. cecilia* (WERZINGER 1998). Bei eiablegenden Weibchen beobachtete RACKOW (2005) dennoch eine Präferenz für über die Wasseroberfläche reichende Zweige eines Baumes, wie sie auch am Fundort des eiablegenden Weibchens im Gebiet Lusebredde vorkamen. SUHLING & MÜLLER (1996) begründen dieses Verhalten mit der Möglichkeit, den paarungswilligen Männchen zu entgehen.

BÖHM et al. (2013) konnten an mittelfränkischen Fließgewässern eine hohe Bedeutung einer stark besonnten Nordböschung für die Habitatwahl von *O. cecilia* ausmachen. An der Lippe waren es die Vegetationsstrukturen der rechten und damit vorwiegend nördlichen Böschung, welche die Habitatwahl stark beeinflussten. So bevorzugten *O. cecilia*-Männchen Abschnitte mit einer hohen Deckung niedriger Grasvegetation und mieden solche, die von Sträuchern und dichten Hochstaudenfluren dominiert wurden. Ein möglicher Grund hierfür ist die schnellere Erwärmung niedriger Vegetation und das günstigere Mikroklima (RAAB 2005; BÖHM et al. 2013). An den von BÖHM et al. (2013) untersuchten Bächen mieden die Männchen dennoch grasdominierte Uferstreifen und saßen, wie auch von SCHWARZ et al. (2007) erwähnt, bevorzugt auf Hochstauden. BÖHM et al. (2013) führten dies auf die größere Stabilität der Hochstauden zurück. Auch an der Lippe stellten einzelne exponierte Hochstauden gern genutzte Sitzwarten dar. Eine weitere häufig von männlichen Imagines angenommene Sitzwarte war über die Wasseroberfläche ragendes Totholz. Trotzdem zeigen die Daten wie bei BÖHM et al. (2013) keinen Einfluss von Totholz auf die Habitatwahl.

Die gelegentlich angeführte hohe Bedeutung der begleitenden Gehölze als Habitatrequisite (FUCHS 1989; RAAB 2005; NLWKN 2011) konnte, wie bei SCHWARZ et al. (2007), nicht bestätigt werden. Zwar waren in allen Präsenz-Abschnitten an zumindest einer Uferseite Sträucher vorhanden, die auf weiten Strecken gehölzarme Westernmersch wies aber die höchste Dichte von *O. cecilia*-Männchen auf. Bei einem für Gomphidae typischen Tagesaktionsradius von 500–800 m (STERNBERG 1999) müssen die als Ruhe- und Reifehabitat genutzten Gehölze aber auch nicht unmittelbar am Fluss liegen (WERZINGER 1998).

Anders als bei SCHWARZ et al. (2007) und BREKELMANS (2014) zeigten die Imagines keine Präferenz für Abschnitte mit hoher Deckung an Sand und Kies, obwohl ihre Larven der Literatur nach sandig-kiesige Substrate bevorzugen (FUCHS 1989; MÜLLER & STEGLICH 2001; VONWIL & OSTERWALDER 2006; LINKE & FARTMANN 2009). In dem untersuchten Lippeabschnitt war Sand mit geringer Kiesbeimischung jedoch das zweithäufigste Substrat in der Flachwasserzone (minimal 10 %), so dass dessen Verfügbarkeit nicht zu den die Besiedlung limitierenden Faktoren gehörte. Sowohl Schlamm (EGGERS et al. 1996; GÜNTHER 2002) als auch

bindige Substrate wie Lehm, Ton und Schluff (LOHR 2010; STERNBERG et al. 2000) kommen gelegentlich an den Fundorten von *O. cecilia* vor. Wie auch ihre Larven (FUCHS 1989; NLWKN 2011), mieden die Imagines an der Lippe Abschnitte mit verhältnismäßig hoher Schlammdeckung in der Flachwasserzone, zeigten aber eine Präferenz für hohe Anteile bindiger Substrate. Die Anteile dieser Substrattypen sind von der Fließgeschwindigkeit abhängig. So zeigte JAWORSKI (2007) in einer Untersuchung zur Schlupfhabitatwahl von *Gomphus vulgatissimus* am Mittellauf der Lippe, dass Schlamm eher in Bereichen mit niedriger Fließgeschwindigkeit und Lehm bzw. Ton in solchen mit hoher Fließgeschwindigkeit vorkommen. Aus der Substratwahl der Imagines lässt sich demnach ableiten, dass *O. cecilia* an der Lippe Abschnitte mit verhältnismäßig hoher Fließgeschwindigkeit bevorzugt. Diese Präferenz stellte bereits BÖHM et al. (2013) für die Imagines und andere Autoren für die Larven fest (WERZINGER 1998; SUHLING et al. 2003; VONWIL & OSTERWALDER 2006). STERNBERG et al. (2000) begründen dies mit einer hohen Sauerstoffsättigung des Wassers und der Hemmung des Makrophytenaufwuchses.

Während BÖHM et al. (2013) den Imagines eine Vorliebe für eine gekräuselte, glitzernde Wasseroberfläche zuschrieb, fanden SCHWARZ et al. (2007) nur selten Imagines an durch Steine verwirbeltem Wasser. An der Lippe wurden Wirbelungen vor allem von an die Wasseroberfläche reichenden Wasserpflanzen verursacht. Bei zunehmender Deckung der Makrophyten werden die Larven beeinträchtigt (LINGENFELDER 2009), da sie während der Lauerjagd neben taktilen auch visuelle Reize nutzen und auf ausreichendes Licht angewiesen sind (SUHLING & MÜLLER 1996). So weisen die meisten von *O. cecilia* besiedelten Gewässer auf Grund ihrer hohen Fließgeschwindigkeit nur eine geringe Deckung an Makrophyten auf (FUCHS 1989; STERNBERG et al. 2000; BÖHM et al. 2013). Im Untersuchungsgebiet scheinen diese die Habitatwahl jedoch nicht negativ zu beeinflussen, da Imagines auch in Abschnitten mit hoher Makrophyten- oder Algendeckung vorkamen (maximal 69 %), die aber immer auch offene Bereiche aufwiesen.

Habitateigenschaften der renaturierten und ausgebauten Abschnitte

Vor der Renaturierung wies die Lippe ein durch Verwallung und Schüttsteine begrenztes, tief eingeschnittenes, trapezförmiges Flussbett auf. Über weite Strecken war der in seiner Breite auf ca. 20 m begrenzte Fluss zusätzlich dicht mit Weiden *Salix* spec. bestanden und ähnelte einem schmalen, stark beschatteten Kanal ohne Flachwasserzonen (BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG 2010; JOEST 2016). Anhand der Ergebnisse der Habitatanalyse lässt sich vermuten, dass sich *O. cecilia* nicht in einem solchen Biotop etabliert hätte. Heute weisen viele der renaturierten Abschnitte – bei großer Heterogenität der Habitateigenschaften – eine in vielen Aspekten günstigere Struktur auf, als die noch ausgebauten Abschnitte. So wird in renaturierten Abschnitten durch eine geringere Baumdeckung die unterliegende Böschung weniger beschattet und es liegt eine höhere Deckung niedriger Grasvegetation vor. Zusammen mit der größeren Gewässerbreite führt die geringere Baumdeckung zu einer geringer beschatteten Wasserfläche. Die für wartende

Imagines wichtige nördliche, besonnte Böschung hat eine geringere Strauch- und dafür eine ausgeprägtere Grasdeckung. Die für *O. cecilia* günstigere offene Vegetationsstruktur der Ufer wird in Teilen der Hellinghauser Mersch und der Klostermersch durch die ganzjährige extensive Beweidung durch Taurusrinder und Koniks gefördert. Verbiss und Tritt der Tiere verlangsamten die Sukzession und bedienen so die Ansprüche von *O. cecilia* an eine niedrige Vegetation (BECKMANN 2007; BUNZEL-DRÜKE & HAUSWIRTH 2015; JOEST 2015).

Auch wenn kein signifikanter Unterschied der Siedlungsdichte an renaturierten und ausgebauten Abschnitten der Lippe festgestellt wurde, stützen einige Befunde die Vermutung, dass die Renaturierung die Ansiedlung der aufgrund von überregionalen Faktoren (Klimaerwärmung, verbesserter Wassergüte) in Ausbreitung begriffenen *O. cecilia* an der Lippe begünstigte. Erstens stammen die frühesten Nachweise der Art an der Lippe weit überwiegend von den renaturierten Abschnitten, obwohl auch ausgebauten Abschnitte im Rahmen verschiedener Untersuchungen kontrolliert wurden (JOEST 2017). Dies gilt auch für die vorliegenden Fortpflanzungsnachweise durch Exuvien (Eigene Beobachtungen, Enß pers. Mitt.). Zweitens wurden an den renaturierten Abschnitten die höchsten Dichten beobachtet, wobei die Dichte mit zunehmender Entfernung von den renaturierten Strecken abnahm. Drittens waren für die Art nach dieser Untersuchung und nach Literaturangaben relevante Habitateigenschaften – wie die Struktur der Ufervegetation, die Beschattung und vermutlich die Fließgeschwindigkeit – an den renaturierten Abschnitten günstiger ausgeprägt als an den ausgebauten.

Dank

Die Untere Naturschutzbehörde Soest, die Bezirksregierung Arnsberg und das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz erteilten notwendige Genehmigungen. Der Wasser- und Wintersportclub Lippstadt e.V. sowie Luise Hauswirth, Matthias Scharf und Paula Scharf gaben logistische Unterstützung. Joachim Drüke, Petra Salm und die Gutachter Benno von Blanckenhagen, Ole Müller und Christoph Willigalla machten wertvolle Anmerkungen zum Manuskript. Ihnen allen sei hiermit herzlich gedankt.

Literatur

BECKMANN C. (2007) Raumnutzung durch Heckrinder und Koniks und Auswirkungen auf die Vegetation bei extensiver Ganzjahresbeweidung in der Emsaue bei Telgte. Diplomarbeit am Institut für Landschaftsökologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG – Standort Lippstadt (Ed.) (2010) Lippeaue – Eine Flusslandschaft im Wandel. – Broschüre, bearbeitet von der Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V., Lippstadt. 47 S.

- BÖHM K., B. RAAB F. GRIMMER, K. MÜLLER & H. ALBRECHT (2013) Habitatsprüche der Imagines von *Ophiogomphus cecilia* an mittelfränkischen Gewässern (Odonata: Gomphidae). *Libellula* 32 (3/4): 97–114
- BREKELMANS F. (2014) Gaffellibellen (*Ophiogomphus cecilia*) in de Dommel. *Brachytron* 16 (1/2): 18–28
- BUNZEL-DRÜKE M. & L. HAUSWIRTH (2015) Fließgewässer. In: BUNZEL-DRÜKE, M., C. BÖHM, G. ELLWANGER, P. FINCK, H. GRELL, L. HAUSWIRTH, A. HERRMANN, E. JEDICKE, R. JOEST, G. KÄMMER, M. KÖHLER, D. KOLLIGS, R. KRAWCZYNSKI, A. LORENZ, R. LUICK, S. MANN, H. NICKEL, U. RATHS, E. REISINGER, U. RIECKEN, H. RÖSSLING, R. SOLLMANN, A. SSYMAN, K. THOMSEN, S. TISCHEW, H. VIERHAUS, H.-G. WAGNER & O. ZIMBALL (Ed.) (2015) Naturnahe Beweidung und NATURA 2000: 176–179. Heinz Sielmann Stiftung, Duderstadt
- BURKART W. & M. HAACKS (2015) Die Odonatenfauna eines nordwestdeutschen Tiefenflusses – ein Vergleich nach drei Jahrzehnten. *Drosera* 2012: 1–29
- CONZE K.-J. (2016) *Ophiogomphus cecilia* Fourcroy, 1758. Grüne Flussjungfer. In: MENKE, N., C. GÖCKING, N. GRÖNHAGEN, R. JOEST, M. LOHR, M. OLTHOFF & K.-J. CONZE unter Mitarbeit von ARTMEYER, C., U. HAASE & S. HENNINGS (Ed.) (2016) Die Libellen Nordrhein-Westfalens: 246–249. LWL-Museum für Naturkunde, Münster
- CONZE K.-J. & N. GRÖNHAGEN (Ed.) (2010) Rote Liste und Artenverzeichnis der Libellen – Odonata – in Nordrhein-Westfalen. 4. Fassung, Stand 2010. In: LANUV (Ed.) Rote Liste der gefährdeten Pflanzen, Pilze und Tiere in Nordrhein-Westfalen, 4. Fassung, Band 2
- CONZE K.-J. & R. JOEST (2013) Die Grüne Flussjungfer etabliert sich wieder in NRW. *Natur in NRW* 1/13: 28–31
- DETERING U. (2012) Morphologische Änderungen an der Lippe. *Natur in NRW* 1/12: 33–35
- EGGERS T.O., K. GRABOW, C. SCHÜTTE & F. SUHLING (1996) Die Flußjungfern (Odonata: Gomphidae) der südlichen Allerzuflüsse, Niedersachsen. *Braunschweiger naturkundliche. Schriften* 5 (1): 12–34
- FIRTH D. (1993) Bias reduction of maximum likelihood estimates. *Biometrika* 80 (1): 27–38
- FUCHS U. (1989) Wiederfund von *Ophiogomphus cecilia* (Fourcroy, 1785) in Baden-Württemberg (Anisoptera: Gomphidae). *Libellula* 8 (3/4): 151–155
- GÜNTHER A. (2002) Erstnachweis von *Ophiogomphus cecilia* und Wiedernachweis von *Gomphus vulgatissimus* (Odonata: Gomphidae) im Regierungsbezirk Chemnitz [ODO]. *Mitteilung Sächsischer Entomologen* 60: 3–6
- JAWORSKI N. (2007) Einfluss der Gewässerstruktur auf die Schlupfabundanz von *Gomphus vulgatissimus* an der Lippe im Kreis Soest, Nordrhein-Westfalen. Diplomarbeit Universität Duisburg-Essen
- JOEST R. (2015) Libellen. In: BUNZEL-DRÜKE, M., C. BÖHM, G. ELLWANGER, P. FINCK, H. GRELL, L. HAUSWIRTH, A. HERRMANN, E. JEDICKE, R. JOEST, G. KÄMMER, M. KÖHLER, D. KOLLIGS, R. KRAWCZYNSKI, A. LORENZ, R. LUICK, S. MANN, H. NICKEL, U. RATHS, E. REISINGER, U. RIECKEN, H. RÖSSLING, R. SOLLMANN, A. SSYMAN, K. THOMSEN, S. TISCHEW, H. VIERHAUS, H.-G. WAGNER & O. ZIMBALL (Ed.) Naturnahe Beweidung und NATURA 2000: 176–179. Heinz Sielmann Stiftung, Duderstadt
- JOEST R. (2016) Lippeaue zwischen Lippstadt und Hamm. In: MENKE, N., C. GÖCKING, N. GRÖNHAGEN, R. JOEST, M. LOHR, M. OLTHOFF & K.-J. CONZE unter Mitarbeit von ARTMEYER, C., U. HAASE & S. HENNIGS (Ed.) Die Libellen Nordrhein-Westfalens: 396–400. LWL-Museum für Naturkunde, Münster
- JOEST R. (2017) Neue Daten zum Vorkommen der Grünen Flussjungfer (*Ophiogomphus cecilia*) an renaturierten und ausgebauten Abschnitten der Lippe

gomphus cecilia) an der Lippe im Kreis Soest. *ABU info* 39–40: 22–26

JOEST R., N. JAWORSKI, A. LANGENBACH & A. RÖDEL (2014) Langjährige Entwicklung der Libellenfauna in renaturierten Abschnitten der Lippeaue im Kreis Soest. *Natur in NRW* 1/14: 28–31

KIPPING J. (2012) Zur aktuellen Verbreitung der in Fließgewässer siedelnden Libellenarten in der Umgebung von Altenburg mit besonderer Berücksichtigung von Pleiße und der Nebengewässern (Insecta: Odonata). *Mauritiana* 23: 148–174

LANUV NRW – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2012) Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer. LANUV-Arbeitsblatt 18. https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_commerce-downloads/40018.pdf, letzter Zugriff: 16.01.2018

LANUV NRW – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2013) Natura 2000-Gebiete in Nordrhein-Westfalen. <http://natura2000-meldedok.naturschutzzentrum.nrw.de/natura2000-meldedok/de/fachinfo/listen/gebiete>, letzter Zugriff: 28.10.2017

LINGENFELDER U. (2009) Der Saarbach, die Libellen und die Wasserpest. *Pollichia-Kurier* 25 (4): 44–49

LINKE T.J. & T. FARTMANN (2009) Flussjungfern am Niederrhein. Verbreitung und Habitatbindung (Odonata: Gomphidae). *Libellula* 28 (3/4): 159–173

LOHR M. (2010) Libellen zweier europäischer Flusslandschaften: Besiedlungsdynamik und Habitatnutzung von Libellengemeinschaften am Unteren Allier (Frankreich) und an der Oberweser (Deutschland). Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie Münster 17. Wolf & Kreuels, Münster

LOHR M. (2016) Klima. In: MENKE N., C. GÖCKING, N. GRÖNHAGEN, R. JOEST, M. LOHR, M. OLTHOFF & K.-J. CONZE unter Mitarbeit von ARTMEYER, C., U. HAESE & S. HENNINGS (Ed.) Die Libellen Nordrhein-Westfalens: 40–47. LWL-Museum für Naturkunde, Münster

MARTENS A. (1999) Fortpflanzungsverhalten der Libellen: eine faszinierende Vielfalt. In: STERNBERG K. & R. BUCHWALD (Ed.) Die Libellen Baden-Württembergs, Band 1: 358–373. Ulmer, Stuttgart

MKULNV – MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2014) Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen. 17. Auflage. https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/abwasserbeseitigung_entwicklung_kurzfassung.pdf, letzter Zugriff: 27.12.2017

MÜLLER J. & R. STEGLICH (2001) Zum aktuellen Vorkommen der Flussjungfern (Gomphus et Ophiogomphus – Odonata) in der Elbe Sachsen-Anhalts. *Entomologische Nachrichten und Berichte* 45: 145–150

MÜLLER O., F. SUHLING & U. LINGENFELDER (2015) Ophiogomphus cecilia (Fourcroy, 1785). In: BROCKHAUS T., H.-J. ROLAND, T. BENKEN, K.-J. CONZE, A. GÜNTHER, K.G. LEIPPELT, M. LOHR, A. MARTENS, R. MAUERSBERGER, J. OTT, F. SUHLING, F. WEIHRACH & C. WILLIGALLA (Ed.) Atlas der Libellen Deutschlands. *Libellula Supplement* 14: 210–213

NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBE-
TRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT KÜSTEN- UND
NATURSCHUTZ (Ed.) (2011) Vollzugshin-
weise zum Schutz von Wirbellosenarten
in Niedersachsen. Wirbellosenarten des
Anhangs II der FFH-Richtlinie mit höch-
ster Priorität für Erhaltungs- und Ent-
wicklungsmaßnahmen, Grüne Flussjungfer
(Ophiogomphus cecilia). Niedersächsische
Strategie zum Arten und Biotopschutz,
Hannover. <http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/50865>, letzter Zugriff: 16.01.2017

- OTT J. & W. PIPER (1998) Rote Liste der Libellen (Odonata). *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 55: 260–263
- OTT J., K.-J. CONZE, A. GÜNTHER, M. LOHR, R. MAUERSBERGER, H.-J. ROLAND & F. SUHLING (2015) Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen Deutschlands mit Analyse der Verantwortlichkeit. Dritte Fassg., Stand Anfang 2012 (Odonata). *Libellula Supplement* 14: 395–422
- PHOENIX J., P. KNEIS, J. ZINKE (2001) *Ophiogomphus cecilia* im sächsischen Abschnitt der Elbe (Odonata: Gomphidae). *Libellula* 20 (1/2): 23–32
- POTTGIESSER T. & M. SOMMERHÄUSER (2008) Erste Überarbeitung der Steckbrief der deutschen Fließgewässertypen. Typ 15_g: Große Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse. http://www.wasserblick.net/servlet/is/18727/15_Typ15_g_April2008.pdf?command=downloadContent&filename=15_Typ15_g_April2008.pdf, letzter Zugriff: 11.01.2018
- RAAB R. (2005) Libellen. In: ELLMAUER T. (Ed.) Entwicklung von Kriterien, Indikatoren und Schwellenwerten zur Beurteilung des Erhaltungszustandes der Natura 2000-Schutzgüter. Band 2: Arten des Anhangs II der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie: 645–675
- RACKOW H. (2005) Beobachtungen zum Paarungs- und Eiablageverhalten von *Ophiogomphus cecilia* an der Lauter (Rheinland-Pfalz). SGL – Tagungsbeiträge: Reproduktionsverhalten von *Ophiogomphus cecilia*. *Mercuriale* 5: 5–8
- SCHMIDT E. & M. WOIKE (1999) Rote Liste der gefährdeten Libelle (Odonata) in Nordrhein-Westfalen, stand 1998. In: LANDESANSTALT FÜR ÖKOLOGIE, BODENORDNUNG UND FORSTEN/LANDESAMT FÜR AGRARORDNUNG NRW (Ed.) Rote Liste der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Nordrhein-Westfalen. 3. Fassg. – *LÖBF-Schriften Reihe* 17
- SCHWARZ M., M. SCHWARZ-WAUBKE & G. LAISTER (2007) Die Grüne Keiljungfer [*Ophiogomphus cecilia* (Fourcroy 1785)] (Odonata, Gomphidae) in den Europaschutzgebieten Waldaist-Naarn, Maltzsch, Tal der Kleinen Gusen, Böhmerwald und Mühlaltaler (Österreich, Oberösterreich). *Beiträge zur Naturkunde Oberösterreichs* 17: 257–279
- STERNBERG K. (1999) Habitat, Habitatselektion und Habitatbindung. In: STERNBERG K. & R. BUCHWALD (Ed.) Die Libellen Baden-Württembergs, Band 1: 111–119. Ulmer, Stuttgart
- STERNBERG K., B. HÖPPNER, A. HEITZ & S. HEITZ (2000) *Ophiogomphus cecilia*. In: STERNBERG K. & R. BUCHWALD (Ed.) Die Libellen Baden-Württembergs, Band 2: 358–373. Ulmer, Stuttgart
- SUHLING F., J. WERZINGER & O. MÜLLER (2003) *Ophiogomphus cecilia* (Fourcroy, 1785). In: PETERSEN B., G. ELLWANGER, G. BIEWALD, U. HAUKE, G. LUDWIG, P. PRETSCHER, E. SCHRÖDER & A. SSYMANK (Bearb.) Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000, Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland, Band 1: Pflanzen und Wirbellose. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 69, Bundesamt für Naturschutz: 593–601
- SUHLING F. & O. MÜLLER (1996) Die Flußjungfern Europas. Westarp-Wissenschaften, Magdeburg; Spektrum Akademischer, Heidelberg
- TIBSHIRANI R. (1996) Regression shrinkage and selection via the Lasso. *Journal of the Royal Statistical Society – Series B (Methodological)*, Volume 58 (1): 267–288
- VONWIL G. & R. OSTERWALDER (2006) Die Libellen im Kanton Aargau. Kontrollprogramm Natur und Landschaft. Umwelt Aargau, Sondernummer 23. Department Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Landschaft und Gewässer, Aarau: 47–96

WERZINGER J. (1998) Biotop-Präferenzen von Imagines der Grünen Keiljungfer (*Ophiogomphus cecilia*) im engeren und weiteren Umfeld kleiner Flüsse und Bäche des nordwestlichen Mittelfranken. Tagungsband der 17. Jahrestagung der GdO in Bremen: 17–18

WILDERMUTH H. (1994) Habitatselektion bei Libellen. *Advances in Odonatology* 6: 223–257

WOLD S. (1987) Principal Component Analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 2: 37–52

Manuskripteingang: 21. März 2018