

# Welche Libellenarten und in welcher Häufigkeit nutzen das Gewässer zur Fortpflanzung bzw. als Teillebensraum und hat das Gewässer eine Bedeutung für die lokale Libellenfauna?

---

Which dragonfly species use the water body for reproduction or as a partial habitat, and in what frequency, and is the water body important for the local dragonfly fauna?

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science (B.Sc.) im Studiengang Biologie an der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf

Vorgelegt von Ilayda Celik

Matrikelnummer: 2765631

Düsseldorf, Februar 2024

Erstgutachter: Prof. Dr. Werner Kunz

Zweitgutachter: Dr. Sabine Etges

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>1.) Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2.) Durchführung</b> .....	<b>8</b>
2.1) Material und Methoden.....	8
2.2) Freilanduntersuchung.....	8
2.3) Artbestimmung .....	9
2.4) Datenauswertung .....	9
2.5) Gebietsbeschreibung.....	10
2.6) Hydrologie des Wassers.....	12
<b>3.) Auswertung</b> .....	<b>13</b>
3.1) Ergebnisse der Exuvien-Untersuchung.....	13
3.2) Ergebnisse der Imagines-Untersuchung.....	15
<b>4.) Diskussion</b> .....	<b>31</b>
4.1) Schlussfolgerung zu den Coenagrionidae:.....	31
4.2) Schlussfolgerung zu den Lestidae .....	36
4.3) Schlussfolgerung zu den Aeshnidae .....	37
4.5) Schlussfolgerung zu den Libellulidae .....	40
4.6) Gefährdung und Schutzmaßnahmen .....	43
4.7) Fehlende, aber erwartbare Arten .....	46
4.8) Fehlerdiskussion.....	47
<b>5.) Fazit</b> .....	<b>49</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>51</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>52</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Benrather Schlosspark (Quelle: Google Maps) .....	10
Abbildung 2: Der Kopfweiher als Satellitenbild (Quelle: Google Maps) .....	11
Abbildung 3: Höckerschawn-Familie (Quelle: Ilayda Celik, 17.06.2023) .....	12
Abbildung 4: <i>C. aenea</i> Exuvie (Quelle: Ilayda Celik, 14.05.2023) .....	14
Abbildung 5: Bissspuren von <i>C. viridis</i> in <i>Fraxinus excelsior</i> (Quelle: Ilayda Celik, 04.05.2023) .....	14
Abbildung 6: <i>C. aenea</i> im Schlupf (links) und mit Flügelschaden (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 10.05.2023) .....	15
Abbildung 7: <i>P. nymphula</i> im Paarungsrade (links) und <i>C. puella</i> Männchen (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 25.05.2023) .....	16
Abbildung 8: <i>I. elegans</i> im Paarungsrade (links) und <i>L. quadrimaculata</i> (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 25.05.2023) .....	17
Abbildung 9: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat Mai 2023 .....	18
Abbildung 10: <i>A. parthenope</i> (links) und <i>O. cancellatum</i> Weibchen (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 04.06.2023) .....	18
Abbildung 11: <i>A. imperator</i> im Flug (Quelle: Ilayda Celik, 11.06.2023) .....	19
Abbildung 12: <i>A. imperator</i> und <i>O. cancellatum</i> im Revierkampf, <i>C. erythraea</i> in defensiver Stellung (Quelle: Ilayda Celik, 11.06.2023) .....	19
Abbildung 13: <i>C. puella</i> im Paarungsrade (links) und <i>E. cyathigerum</i> Männchen (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 21.06.2023) .....	20
Abbildung 14: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat Juni 2023 .....	21
Abbildung 15: <i>E. viridulum</i> Männchen (Quelle: Ilayda Celik, 14.07.2023) .....	22
Abbildung 16: <i>A. parthenope</i> (Quelle: Ilayda Celik, 19.07.2023) .....	23
Abbildung 17: <i>S. striolatum</i> Weibchen (links) und <i>S. sanguineum</i> (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 14.07.2023) .....	24
Abbildung 18: <i>E. viridulum</i> Männchen (Quelle: Ilayda Celik, 14.07.2023) .....	25
Abbildung 19: <i>C. erythraea</i> (Quelle: Ilayda Celik, 08.07.2023) .....	25

Abbildung 20: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat Juli 2023.....	26
Abbildung 21: <i>C. viridis</i> im Paarungsrad (Quelle: Ilayda Celik, 01.08.2023) .....	26
Abbildung 22: <i>O. cancellatum</i> Männchen (Quelle: Ilayda Celik, 01.08.2023).....	27
Abbildung 23: <i>S. sanguineum</i> einzeln (links) und paarweise (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 17.08.2023) .....	27
Abbildung 24: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat August 2023 .....	28
Abbildung 25: <i>C. viridis</i> im Paarungsrad (links) und in einer Dreierkette (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 03.09.2023) .....	29
Abbildung 26: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat September 2023.....	30

## Kurzfassung

Der Kopfweiher im Benrather Schlosspark ist ein urbanes Stillgewässer, das eine vielfältige Libellenfauna (Insecta, Odonata) in der Stadt Düsseldorf, Nordrhein-Westfalen beherbergt. Die angewandte Methodik zur Erfassung des Libelleninventars konzentrierte sich auf die Sichtung und Zählung von Imagines, was es ermöglichte, auch Arten zu dokumentieren, die das Gewässer nur teilweise nutzen oder als Gäste erscheinen. Aufgrund des Fehlens von Exuvien wurde die Bodenständigkeit anhand von Kopulations- und Eiablageaktivitäten abgeleitet. Nur *Cordulia aenea* (Gemeine Smaragdlibelle) konnte durch gefundene Exuvien als bodenständige Art identifiziert werden. Durch die Fokussierung auf die Imagines wurde das intra- und interspezifische Verhalten analysiert und es konnten Rückschlüsse auf das Populationsspektrum der Region gezogen werden. Insgesamt wurden **18 Arten kartiert**, wobei eine davon, *Brachytron pratense* (Früher Schilfjäger), in Nordrhein-Westfalen als gefährdet eingestuft wird und eine weitere, *Anax parthenope* (Kleine Königslibelle), eher selten im Landkreis vorkommt. Bei allen Arten außer *Brachytron pratense* kann eine sichere Bodenständigkeit vermutet werden, da bei allen Arten Eiablagen beobachtet wurden.

## Abstract

The Kopfweiher in Benrather Schlosspark is an urban pond that harbours a diverse dragonfly fauna (Insecta, Odonata) in the Düsseldorf district of North Rhine-Westphalia. The methodology used to record the dragonfly inventory focused on the sighting and counting of imagines, which made it possible to document species that only partially use the water body or appear as guests. Due to the lack of exuviae, ground presence was deduced based on copulation and oviposition activities. Only *Cordulia aenea* could be identified as a bottom-dwelling species based on the exuviae found. By focusing on the imagines, the intra- and interspecific behaviour could be analysed and conclusions could be drawn about the population spectrum of the region. A total of 18 species were mapped, one of which, *Brachytron pratense*, is categorised as endangered in North Rhine-Westphalia and another, *Anax parthenope*, is rather rare in the district. All species except *B. pratense* are presumed to be native, as oviposition was observed in all species.

# 1.) Einleitung

Der Klimawandel ist einer der maßgeblichen Einflussfaktoren auf das heutige biologische Leben von Menschen, Tieren und Pflanzen. Als grundlegende Verursacher gelten anthropogene Faktoren wie Abwasserzuflüsse oder die industrielle Landwirtschaft. Insbesondere Süßgewässer sowie die davon abhängigen Lebewesen sind durch menschliche Einflüsse bedroht (IUCN 2021). Diese Gewässer dienen als Trinkwasserquelle und spielen eine wichtige Rolle im Umgang mit dem anhaltenden Klimawandel (BMUV 2023). Die menschliche Einflussnahme kann sich kontraproduktiv auf die Biodiversität von Tieren und Pflanzen auswirken, welche zu einem Rückgang der Artenvielfalt führen kann und daher als kritisch anzusehen ist (Prof. Dr. J. Wolfgang Wägele, Direktor des Zoologischen Forschungsmuseum Alexander Koenig).

In diesem Zusammenhang wird der Zustand der Artenvielfalt in Deutschland vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) als besorgniserregend beschrieben. Die Lebensräume verschiedenster Flora und Fauna können irreversibel geschädigt oder sogar zerstört werden. Als Folge schreitet der Artenschwund voran und korreliert mit der Zerstörung von Ökosystemen. Insbesondere Libellen erfahren ein erhebliches Ausmaß an Bestandsrückgängen bestimmter Arten (van Klink et al., 2020; Bowler et al., 2021), wie *Aeshna grandis* (braune Mosaikjungfer) oder pontokaspische Arten wie *B. pratense* (Conze et al., 2010; Conze et al., 2011). Winterlibellen wie *Sympecma fusca* (gemeine Winterlibelle) und *Sympecma paedisca* (sibirische Winterlibelle) sind in ihrer Verbreitung eingeschränkt, während thermophile Arten wie *Anax imperator* ihr Verbreitungsgebiet kontinuierlich erweitern. *A. imperator* gilt als eine der ersten Arten, die nach Norden migrierte (Parr 2010; Westermann 2003).

Durch präzise durchgeführte Artenschutzmaßnahmen und Methoden zur Förderung von Lebensräumen für Libellen oder zur Erweiterung von Sekundärbiotopen konnte ein Wachstum der Libellenfauna beobachtet werden (van Klink et al., 2020). Arten wie *Chalcolestes viridis*, *Sympetrum striolatum*, *Sympetrum vulgatum* und *Sympetrum sanguineum* profitieren von Schutzmaßnahmen in städtischen Gebieten, da sie regelmäßig in diesen Lebensraum zurückkehren (Schlupmann, 2001). Ebenso gelten *Ischnura elegans* und *Coenagrion puella* als konstante Arten in städtischen Gebieten. Sekundärgewässer sind äußerst wichtig, da die Libellenfauna von solchen

Habitatkomplexen profitiert, da sie in jene ausweichen und ihre Habitate erweitern können (Schlupmann, 2001).

Die Libellenfauna ist in ständiger Bewegung und weist eine vielfältige Variabilität auf (van Klink et al., 2020). Daher ist es von großer Bedeutung, ihre Veränderungen durch weitere Kartierungen zu dokumentieren, um durch angemessene Schutzmaßnahmen darauf reagieren zu können. Die aktuelle Datenlage zur lokalen Libellenfauna ist lückenhaft, wodurch sich die spezielle Motivation dieser Arbeit begründet. Die zu schaffende Grundlage soll nicht nur die Bedeutung des Gewässers auf die gesamte Libellenfauna widerspiegeln, sondern auch als Ausgangslage dienen, den Artenschutz für lokale Gewässer voranzutreiben. In Nordrhein-Westfalen sind mindestens sechs Libellenarten vom Aussterben bedroht (Rote Liste NRW 2010). Durch die Analyse lokaler Libellenfaunen können Methoden und Maßnahmen entwickelt werden, um das Vorkommen dieser Arten zu fördern und die Vielfalt der Odonata zu erhalten.

## 2.) Durchführung

Das Kapitel der Durchführung umfasst den praktischen Rahmen dieser Arbeit. Zunächst werden die angewandten Methoden und Untersuchungsformen vorgestellt. Danach erfolgt eine erste Auswertung der Daten sowie die Beschreibung der Gebiets- und Gewässerbedingungen.

### 2.1) Material und Methoden

Die Taxonomie der Libellenfauna wurde mittels visueller Beobachtungen der Imagines durchgeführt, wobei ein Steiner Fernglas Sky Hawk Pro 10x42, eine Nikon Kamera und das Fachbuch „Die Libellen Deutschlands“ von Michael Frank als Hilfsmittel verwendet wurden. Die Beobachtungsdistanz wurde sorgfältig gewählt, um sicherzustellen, dass das Verhalten der Libellen nicht beeinflusst wurde und ihre Natürlichkeit erhalten blieb. Die Identifizierung der einzelnen Arten erfolgte bei naher Distanz mit bloßem Auge und bei weiter Entfernung mithilfe des Fernglases. Darüber hinaus wurden Bilder von den Libellen angefertigt, um Sichtungsbelege zu dokumentieren und unbekannte Arten zu einem späteren Zeitpunkt identifizieren zu können

### 2.2) Freilanduntersuchung

Die Beobachtungen erstreckten sich über einen Zeitraum von fünf Monaten (Mai bis September) und wurden zu 80 % allein und zu 20 % zu zweit durchgeführt. Dabei wurden bestimmte Untersuchungsparameter festgelegt. Diese erlauben die Gewährleistung einer kontinuierlichen Erfassung und Analyse sowie die kontrollierte Berücksichtigung von Umwelteinflüssen, welche die Ausprägung der Libellenpopulationen beeinflussen. Die Parameter umfassten die Temperatur (20°C -30°C), sonnige Bedingungen, die Uhrzeit (11:00-17:00), geringen Niederschlag und relative Windstille. Bei entsprechenden Gewässer- und Umgebungsbedingungen wurden Exuvien gesammelt, quantifiziert und identifiziert, um Informationen über möglich vorkommende Arten zu dokumentieren. Der Kartierungszeitraum umfasste 33 Tage mit einer jeweiligen Durchschnittszeit von einer Stunde pro Tag. Die Beobachtung der Imagines wurde systematisch durch eine



Art-für-Art-Analyse durchgeführt. Dabei wurde die Beobachtung jeder Art zeitlich aufgeteilt, um sicherzustellen, dass alle Arten gleichermaßen erfasst wurden. Der Vorgang hierbei erfolgte konsekutiv vom Ufer bis zur Mitte des Gewässers. Die Flora entlang des Ufers wurde mithilfe der Pflanzenbestimmungs-App "Flora Incognita" identifiziert.

### **2.3) Artbestimmung**

Die Artenbestimmung erfolgte überwiegend anhand der Imaginesbeobachtungen. Mittels der Exuvienuntersuchung konnte nur *C. aenea* eindeutig bestimmt werden, welche durch die Imaginesbeobachtungen verifiziert werden konnte.

So kontrastieren 14 Arten, welche durch Beobachtung kartiert wurden, mit einer einzelnen Art, die durch die Exuvienuntersuchung bestimmt wurde.

Es ist anzumerken, dass sich die Beobachtungsmethode durch Imagines effektiver als die Exuvienuntersuchung herausstellte, da *C. aenea* auch ohne Exuvienerfassung kartiert worden wäre. In dieser Arbeit sind somit die Ergebnisse der Beobachtungen hervorzuheben und bilden den Fokus der Untersuchungen. Darüber hinaus konnte die Art *B. pratense* beobachtet werden, welche den Kopfweiher nicht als Habitat nutzt. Diese Annahme kann durch die einmalige Sichtung dieser Art begründet werden.

### **2.4) Datenauswertung**

Die erzielten Daten beruhen auf den Sichtungsergebnissen der Imagines aus den einzelnen Kartierungstagen und den relativen Häufigkeiten pro Art. Dabei wurden die Libellenpopulationen in einer Datenbank mithilfe von Excel-Listen festgehalten. Zudem nahm nicht nur das Erfassen der Arten, sondern besonders das beobachtete Verhalten der einzelnen Populationen einen weiteren Schwerpunkt ein. Dadurch zeichnete sich das intra-und interspezifische Verhalten der beheimateten Arten ab. Die quantitativen Daten der Imaginesuntersuchung wurden an den jeweiligen Kartierungstagen in Bezug zu den anderen Arten gesetzt und im Laufe der Untersuchungen auf den insgesamt durchgeführten Untersuchungszeitraum referenziert.

Aufgrund der mangelnden Datenlage können die Exuvien nicht signifikant in Bezug zu der gesamten Imagineskartierung gestellt werden, sondern nur auf jene Imagines,

welche auch in Exuvienform gefunden wurden. Daher ist ein aktiver Vergleich zu den unterschiedlichen Kartierungsmethoden zu vernachlässigen.

Mithilfe der von Conze et al. (2011) festgelegten Roten Liste und dem Artenverzeichnis der Libellen – Odonata – Nordrhein-Westfalen, wurden die unterschiedlichen Arten gemäß ihres Gefährdungsstatus klassifiziert.

## 2.5) Gebietsbeschreibung

Der 1992 zum Naturschutzgebiet erklärte Schlosspark Benrath befindet sich im Gebiet der Stadt Düsseldorf, Nordrhein-Westfalen (Abb. 1). Der Stadtteil Benrath liegt südöstlich der Kernstadt Düsseldorf. Der gesamte Schlosspark erstreckt sich über 61,2 Hektar und besteht aus zu unterschiedlichen Zeiten entstandenen Parkbereichen. Der Spiegelweiher bildet die Hauptachse des Schlossparks und führt die Mittelachse des Benrather Schlosses fort. Alle Gewässer des Parks werden durch ein Kanalsystem versorgt. Auf der Westseite des Parks liegt der Viereckweiher. Darüber, entsprechend nordwestlich, befindet sich der Kopfweiher (51°9'39"N, 6°51'39"E), das zu untersuchende Gewässer dieser Arbeit. Der künstlich angelegte Weiher umfasst einen Durchmesser von etwa 71,5 Metern und gilt als urbanes Ökosystem. Er besitzt Algenteppiche auf der Wasseroberfläche und ist von Bäumen und Grünflächen umgeben. Der Kopfweiher besitzt lediglich ein Nord- und Südufer, die durch die westlich und östlich angrenzende Uferflora voneinander getrennt sind.

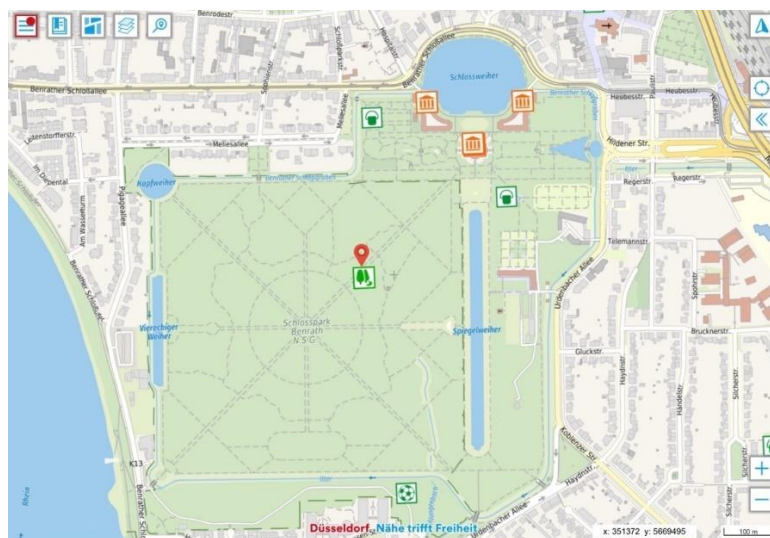


Abbildung 1: Der Benrather Schlosspark (Quelle: Google Maps)

Die gesamte Beobachtung der Imagines sowie die Suche nach Exuvien fand ausschließlich am Nordufer statt. Somit gilt das Nordufer des Kopfweihers als die definierte Kartierungsfläche. Die Abbildung 2 zeigt neben dem blau markierten Untersuchungsgebiet, die rot umkreiste Wasserfläche des Weihers.

Das Nordufer charakterisiert sich durch eine baumfreie Uferfläche, wobei sich die Baumflora entlang der Ost- und Westseite des Weihers in Richtung Südufer erstreckt. Hierbei handelt es sich überwiegend um Trauerweiden (*Salix babylonica*).

Dennoch weist das Nordufer ebenfalls eine vielfältige Flora auf, wie z.B. die *Cirsium arvense*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus exelsior*, *Epilobium hirsutum*, *Bidens frondosa*, *Cirsium vulgare* und *Populus deltoides*. Dieser Vegetation ist eine bedeutende Rolle für die Libellenfauna zuzusprechen, da sie den hiesigen Arten als Sitzwarte, Paarungsorte und Überwachungsposten dienen. Beispielsweise legt *Chalcolestes viridis* ihre Eier in die, überwiegend über dem Wasser hängenden Ästen und Gehölzen ab, bevorzugt in Weichhölzer. Auch konnten *C. puella*, *I. elegans*, *S. sanguineum* und diverse andere Arten beobachtet werden, wie sie sich vorwiegend in den Blättern und Ästen dieser Uferflora aufhielten.



Abbildung 2: Der Kopfweiher als Satellitenbild (Quelle: Google Maps)

## 2.6) Hydrologie des Wassers

Der Kopfweiher ist nicht nur das Habitat zahlreicher Libellen, sondern auch verschiedener Fischarten, wie z.B. für Aale, Barsche, Brassen, Karpfen und Schleie. Des Weiteren wurde eine Nutria (*Myocastor coypus*), eine Wasserschildkröte und verschiedene Wasservogelarten wie Höckerschwäne (Abb. 3), Kanadagänse, Nilgänse, Stockenten, und Teichrallen beobachtet, aber auch ein Eisvogel als Prädator von Großlibellenarten beobachtet.



Abbildung 3: Höckerschawn-Familie (Quelle: Ilayda Celik, 17.06.2023)

Darüber hinaus identifiziert sich der Mensch als zusätzliche Gefahr für die Libellenfauna. Durch das vermehrte Füttern der Wasservögel kann deren Population überproportional ansteigen. Die logische Folge einer dadurch erhöhten Abundanz der Wasservögel kann wiederum immense Auswirkungen auf die Libellenfauna haben.

Beispielsweise kann die Uferflora, die als Lebensraum der Libellen dient, durch die Wasservögel beeinträchtigt und beschädigt werden. Demzufolge kann den Libellen ein wichtiger Rückzugsort genommen werden, wodurch negative Auswirkungen auf ihr Vorkommen und ihre Anzahl die Konsequenz auftreten würden. Diese Ereigniskette zeigt, dass ein menschlicher Eingriff in die Natur, wie am Beispiel des Fütterns von Wasservögeln, indirekte Auswirkungen auf die Libellenpopulation haben und negativ prägen kann (Goertzen, 2019).

Hinsichtlich der aquatischen Perspektive sind Barsche als Raubfische zu klassifizieren und ernähren sich von einer Vielzahl von Beutetieren. Hierfür machen sie sich ihre schnelle Schwimffähigkeit und ihr ausgeprägtes Jagdverhalten zunutze. Die Karpfen sind opportunistische Fresser und nehmen sowohl pflanzliche als auch tierische Nahrung zu sich. Obwohl sie sich vorwiegend omnivor ernähren, können auch Libellenlarven zu ihrer Beute gehören, insbesondere wenn diese reichlich im beheimateten Gewässer vorhanden sind. Die Wasserfläche ist teilweise mit Algen bedeckt. Auf PH- und EC-Wertmessungen wurde im Folgenden verzichtet, aufgrund der begrenzt verfügbaren Laborkapazitäten.

### **3.) Auswertung**

In diesem Kapitel werden die ermittelten Ergebnisse der verwendeten Untersuchungsmethoden zusammengefasst und ausgewertet. Als Erstes werden die Ergebnisse der Exuvienuntersuchung vorgestellt. Daran anknüpfend erfolgt die Darstellung der Imaginesuntersuchung in zeitlich abhängiger Reihenfolge je Kartierungsmonat.

#### **3.1) Ergebnisse der Exuvien-Untersuchung**

Die Erfassung der Libellenfauna begann mit einer Exuvienuntersuchung, bei der das Gewässer entlang des Ufers abgesucht wurde. Dieser Vorgang wurde an den ersten drei Kartierungstagen wiederholt durchgeführt. Die Untersuchung der im Ufergewässer befindlichen Regionen ergab keine Exuvienfunde. Daraufhin wurde der Schwerpunkt auf eine Landuntersuchung gelegt, bei der das Ufer entlang der Fauna abgesucht wurde. Die hierbei erzielten Resultate umfassten eine geringe Anzahl von Exuvien, wobei am ersten Kartierungstag keine Exemplare gefunden wurden. Am 10.05.2023 konnten sechs Exuvien von *C. aenea* gesammelt werden und am 14.05.2023 wurden acht Exuvienexemplare derselben Art gefunden.

Aufgrund des ungenügenden Ertrags wurde die Exuvienkartierung abgebrochen und die Imagines-Sichtung in den Fokus gestellt. Dennoch belegen die vereinzelt gefundenen Exuvien von *C. aenea* ihre Bodenständigkeit am Kopfweiher. Alle Exuvien wurden in der vielfältigen Uferflora in unmittelbarer Nähe des Wassers gefunden, was



auf ihre Entwicklung in Gewässernähe hinweist (Abb. 4). Besonders hervorzuheben ist hierbei der lebhaft Schlüpf von *C. aenea* am zweiten Kartierungstag der Exuvienuntersuchung.



Abbildung 4: *C. aenea* Exuvie (Quelle: Ilayda Celik, 14.05.2023)

Ein möglicher Grund für das Ausbleiben erwarteter Ergebnisse der Exuviensuche könnte sich daraus ergeben, dass die restlichen Arten nicht unmittelbar in der begehbaren Nähe der Kartierungsfläche geschlüpft sind. Des Weiteren kann die Bodenständigkeit von *C. viridis* durch dokumentierte Streifen an den Pflanzen bestätigt werden, die von Weibchen dieser Art als Eiablagesubstrat genutzt wurden (Abb. 5).



Abbildung 5: Bissspuren von *C. viridis* in *Fraxinus excelsior* (Quelle: Ilayda Celik, 04.05.2023)

### 3.2) Ergebnisse der Imagines-Untersuchung

Die Imaginesuntersuchung beschreibt in diesem Zusammenhang die visuelle Beobachtung und Erfassung von Libellenarten am Untersuchungsgewässer. Darüber hinaus diente die fotografische Erfassung von Imagines als zusätzlicher Sichtungsbeleg der Untersuchung. Insgesamt konnten 15 verschiedene Arten kartiert werden.

Die folgende Zusammenfassung der Ergebnisse erfolgt zeitabhängig, um nicht nur die Verbreitungszu- bzw. abnahme je Art, sondern auch die Gesamtentwicklung der Libellenpopulation am Kopfweiher zu berücksichtigen.

#### Kartierungsmonat Mai

Am ersten Kartierungstag wurde ausschließlich *C. aenea* in verschiedenen Beobachtungsformen gesichtet. Neben einigen fliegenden Imagines, konnten sowohl ein schlüpfendes Exemplar als auch ein flugunfähiges Individuum mit Flügelschaden festgehalten werden, wie die Abbildung 6 zeigt. Die Videoaufnahme des schlüpfenden Individuums ist der Arbeit angehängt.



Abbildung 6: *C. aenea* im Schlupf (links) und mit Flügelschaden (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 10.05.2023)

Am zweiten Kartierungstag wurden neben der bis dato vorherrschenden *C. aenea*, auch drei Exemplare der *P. nymphula* erfasst. Die Abundanz von *C. aenea* betrug an diesem Tag sechs Individuen.

Am dritten Kartierungstag wurde *B. pratense* einzeln und einmalig gesichtet. Dies lässt darauf hindeuten, dass der Kopfweiher kein Habitat dieser Gattung darstellt. Vermutlich dient ihr der Weiher als Teillebensraum, da weitere Sichtungen in den folgenden Kartierungstagen unterblieben. Darüber hinaus wurden sieben weitere Arten gesichtet. Dazu zählen *C. puella*, *Enallagma cyathigerum*, *E. najas*, *I. elegans*, *Libellula quadrimaculata*, *Orthemtrum cancellatum* und *P. nymphula* (Abb. 7). Hierbei zeigte sich die größte Abundanz mit 48 Individuen der Art *C. puella*.



Abbildung 7: *P. nymphula* im Paarungsrund (links) und *C. puella* Männchen (rechts),  
(Quelle: Ilayda Celik, 25.05.2023)



Die Ergebnisse des vierten und fünften Kartierungstags werden folgend aufgrund des übereinstimmenden Artenspektrums zusammengefasst.

Neben der erneuten Sichtung von *C. aenea*, *E. cyathigerum*, *O. cancellatum*, *L. quadrimaculata* und *I. elegans* (Abb. 8), konnte zusätzlich *A. imperator* erstmalig, als hinzukommende Großlibellenart, beobachtet werden.



Abbildung 8: *I. elegans* im Paarungsrade (links) und *L. quadrimaculata* (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 25.05.2023)

Am vierten Tag war *C. aenea* mit einer Abundanz von fünf Individuen am häufigsten vertreten, während die Abundanzen der anderen Arten nur wenige Einzelne vorwiesen.

Am fünften Tag der Kartierung, umfasste die Anzahl der *C. aenea* acht Exemplare. Die Abundanzen der restlichen Gattungen stiegen hingegen exponentiell an und erreichten ebenfalls acht Exemplare. Außerdem wurde *P. nymphula* gesichtet, wie exemplarisch gezeigt wird.

Das folgende Diagramm (Abb. 9) zeigt die zusammengefassten Kartierungsergebnisse des Monats Mai in Form eines Balkendiagramms und setzt alle erfassten Arten dieses Monats in quantitativen Vergleich zueinander.

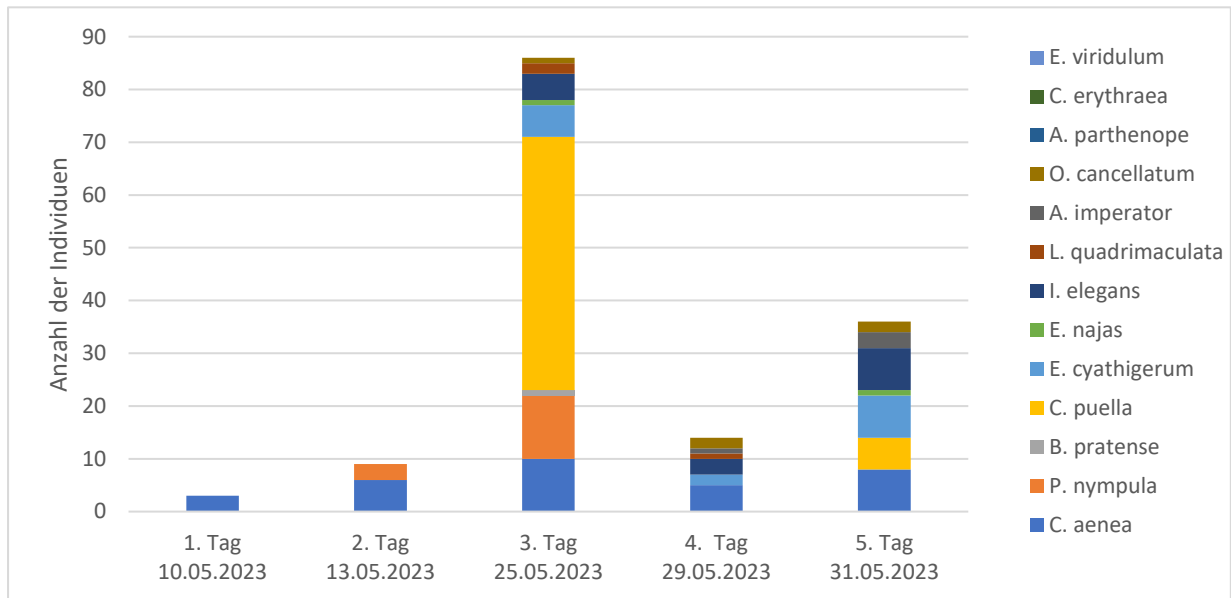


Abbildung 9: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat Mai 2023

### Kartierungsmonat Juni

Am sechsten Kartierungstag wurde *A. parthenope* gesichtet, wie Abbildung 10 darstellt. Des Weiteren nahm die Abundanz von *O. cancellatum* mit einer Anzahl von acht Individuen signifikant zu (Abb. 10).



Abbildung 10: *A. parthenope* (links) und *O. cancellatum* Weibchen (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 04.06.2023)

Am siebten Kartierungstag trat *Crocothemis erythraea* als weitere Großlibellenart hinzu. Verschiedene Beobachtungspositionen wurden fotografisch festgehalten. In Bezug auf das Revierverhalten der *A. imperator* ist eine Dominanz gegenüber den anderen Libellenarten zu erkennen. Dies wurde besonders durch ihre aggressiven Revierflüge deutlich (Abb. 11).



Abbildung 11: *A. imperator* im Flug (Quelle: Ilayda Celik, 11.06.2023)

Das Verhalten der *O. cancellatum* kennzeichnet sich größtenteils analog zu *A. imperator*, sodass eine gewisse zweier Dominanz entstanden ist. Allerdings griff *A. imperator* zunehmend *O. cancellatum* an, wobei ein gegenteiliger Angriff ausblieb (Abb. 12). Dadurch lässt sich eine deutliche Vormachtstellung der *A. imperator* hinsichtlich der restlichen Großlibellenarten ableiten.



Abbildung 12: *A. imperator* und *O. cancellatum* im Revierkampf, *C. erythraea* in defensiver Stellung (Quelle: Ilayda Celik, 11.06.2023)

Das Verhalten der *C. erythraea* in diesem Dreikampf lässt sich hingegen konträr beschreiben. Ihre defensive Haltung zeigt sich durch ihre hauptsächlich Ansammlung auf einzelnen, aus dem Wasser ragenden Ästen, die sie passiv verteidigt (Abb. 12). Großartige Gebietsumflüge ihrerseits beschränken sich auf ein Minimum.

Die gesichteten Arten des achten und neunten Kartierungstags entsprachen den gleichen Gattungen der bisherigen Tage. Es kamen keine neuen Arten hinzu.

Am zehnten Kartierungstag wurden neben den beständigen Arten ebenfalls *A. parthenope* und *I. elegans* gesichtet. In Relation zu den anderen Libellenarten ist deren Verhalten als sehr defensiv zu beschreiben. Die Gesamtabundanzen aller Libellen nahmen jedoch fortwährend zu.

Die am elften Kartierungstag beobachteten und hinzukommenden Exemplare umfassen die folgenden Gattungen: *Calopteryx splendens*, *L. quadrimaculata* und *P. nympha*. Letztere wies eine Abundanz von zwölf Individuen auf. An diesem Kartierungstag zeigte *C. puella* die höchste Abundanz mit bis zu 50 Individuen, gefolgt von 30 Individuen der *E. cyathigerum* (Abb. 13). Ebenso verzeichnete *Erythromma viridulum* eine kontinuierlich steigende Abundanz mit 20 Exemplaren. Der Kartierungstag war durch zahlreiche Tandemflüge und Paarungsräder gekennzeichnet.



Abbildung 13: *C. puella* im Paarungsräder (links) und *E. cyathigerum* Männchen (rechts),  
(Quelle: Ilayda Celik, 21.06.2023)



Die nächsten drei Kartierungstage werden aufgrund konstanter Artensichtung zusammengefasst. Bei den gesichteten Exemplaren handelte sich um *A. imperator*, *C. puella*, *C. erythraea*, *E. cyathigerum* und *O. cancellatum*. Ein erwähnenswerter Zusatz stellt die Beobachtung von *E. viridulum* und *A. parthenope* am 13. und 17. Juni 2023 dar. Die, im Hinblick auf ihre Abundanz, dominierenden Arten waren *C. puella* und *E. cyathigerum* mit einer Mindestanzahl von zehn Individuen. *C. puella* siedelte sich zunehmend im Zentrum des Gewässers an, wobei *E. cyathigerum* hauptsächlich an der Uferflora anzutreffen war. Beide Lokalisationen sind folgend als ihre jeweiligen Reviere zu definieren. Darüber hinaus waren bei beiden Arten mehrfach Tandemflüge sowie Paarungsräder zu beobachten.

Das folgende Diagramm (Abb. 14) stellt die zusammengefassten Kartierungsergebnisse des Monats Juni in Form eines Balkendiagramms dar und setzt alle erfassten Arten dieses Monats in quantitativen Vergleich zueinander.

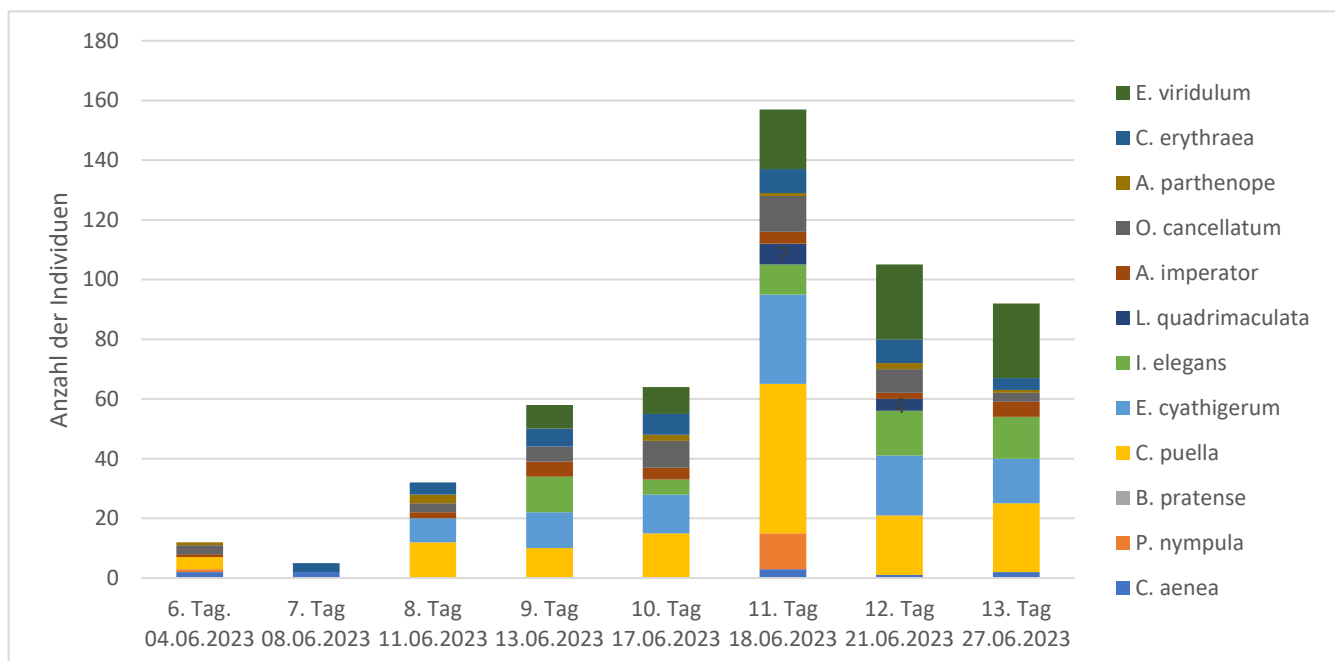


Abbildung 14: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat Juni 2023

## Kartierungsmonat Juli

Der 15. Kartierungstag ebnete den Start des Monitorings des Monats Juli. Hierbei wurde festgestellt, dass *C. aenea* nicht mehr in Erscheinung trat. Gleichzeitig wurde eine kontinuierliche Zunahme von *E. viridulum* beobachtet, deren Abundanz auf 15 Exemplare anstieg (Abb. 15).



Abbildung 15: *E. viridulum* Männchen (Quelle: Ilayda Celik, 14.07.2023)

Sowohl *A. imperator* als auch *A. parthenope* wurden jeweils mit einer Abundanz von drei Individuen gezählt. *C. puella*, *C. erythraea*, *I. elegans*, *E. cyathigerum*, *L. quadrimaculata* und *O. cancellatum* wurden in absehbarer Menge gesichtet. Für *C. erythraea* konnte lediglich eine geringe Abundanz von drei Individuen festgestellt werden, wobei sich ihr Bewegungsradius ausschließlich auf den Bereich eines aus dem Wasser ragenden Astes beschränkte. Sie wurde wiederholt von *O. cancellatum* und *A. imperator* bedrängt und offensichtlich zu Revierkämpfen herausgefordert. Im Gegensatz dazu hatte *E. viridulum* ihr Revier merklich erweitert und war nicht nur in der Mitte des Gewässers auf Algen anzutreffen, sondern war nun auch in der Uferflora präsent.

Weiterhin hielt sich *I. elegans* ausschließlich in der Uferflora auf, welches ich durch ihre dort potenzielle Tarnfähigkeit erklären lässt. *O. cancellatum* wurde mit einer Abundanz von zehn Individuen gezählt und besitzt ein eigenes Revier ihrer

Population. Darüber hinaus konnten zahlreiche Paarungsräder, Tandemflüge und Eiablagen beobachtet werden. Besonders auffällig waren die Eiablagen der *O. cancellatum*, welche mit ihrem Hinterleib ins Wasser stachen und auf diese Weise ihre Eier an der Wasseroberfläche ablagerten.

Am 16. Kartierungstag stieg die Anzahl der *A. parthenope* (Abb. 16) auf vier Individuen an, während die Population der *A. imperator* auf zwei Individuen abfiel. Ihr Revierverhalten zeigte allerdings keine Veränderung. Ihre Gebietsflüge umfassten weiterhin das gesamte Gewässer und stellten sich als äußerst dominant dar.



Abbildung 16: *A. parthenope* (Quelle: Ilayda Celik, 19.07.2023)

Im Vergleich zum Vortag blieb die Artenzusammensetzung größtenteils unverändert. Lediglich die Abundanzen von *C. erythraea* und *E. cyathigerum* stiegen auf 15 bzw. 30 Individuen signifikant an. Dabei waren vermehrt Tandemflüge zu beobachten. Zusätzlich erhöhte sich weiterhin die Abundanz von *O. cancellatum* auf 13 Exemplare, womit ihre dominante Verhaltensweise beibehalten werden konnte.

Am 17. Kartierungstag überwiegte *E. viridulum* mit einer Abundanz von 40 Individuen. Diese Art hatte sich über den gesamten Kartierungsbereich ausgebreitet und zeigte vermehrt Tandemflüge und Paarungsräder auf. *C. puella* war die zweithäufigste Art mit einer Abundanz von 30 Individuen, gefolgt von *I. elegans* und *E. cyathigerum* mit

jeweils 20 Individuen. *L. quadrimaculata* wurde lediglich zweimal gesichtet. Allerdings verließ sie oftmals im schnellen Flug das Kartierungsgebiet und erschloss offensichtlich die Uferflora der angrenzenden Ost- und Westseite des Kopfweihers. Sowohl *C. erythraea* als auch *O. cancellatum* wiesen eine stetige Abundanz von neun bzw. fünfzehn Individuen auf. Besonders diese beiden Gattungen zeigten ein äußerst aggressives Revierverhalten auf.

Der 18. Kartierungstag zeichnete sich im Vergleich zu den vorherigen Tagen durch konstant gebliebene Populationsbreiten und -abundanzen aus. Zusätzlich wurden *S. sanguineum* und *S. striolatum* (Abb. 17) mit jeweils zwei Individuen gesichtet. Während Erstere häufiger in der Mitte des Gewässers beobachtet wurde, war *S. striolatum* vermehrt in der Ufervegetation anzutreffen.



Abbildung 17: *S. striolatum* Weibchen (links) und *S. sanguineum* (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 14.07.2023)

Am 19. Kartierungstag blieben die oben genannten Arten weiterhin bestehen. Die Abundanz von *C. viridis* stieg auf sieben Individuen an. Sie wurde jedoch ausschließlich im Tandem, an den Zweigen der Ufervegetation hängend, kartiert. *E. viridulum* erreichte mittlerweile eine Abundanz von über 50 Individuen und hält sich ausgeprägt in der Gewässermitte und der Ufervegetation auf.



Am 20. Kartierungstag ragte besonders die signifikant angestiegene Abundanz von *E. viridulum* hervor (Abb. 18). Sie umfasste über 50 Individuen, welche wiederum Aufschluss auf ihre zunehmende Dominanz hinsichtlich ihrer Quantität auf das Gewässer gab.



Abbildung 18: *E. viridulum* Männchen (Quelle: Ilayda Celik, 14.07.2023)

Die Arten der *A. imperator* und *A. parthenope* wurden hingegen stark abnehmend beobachtet mit einer beziehungsweise gar keiner Sichtung. Die Abundanz der *C. erythraea* blieb stabil und umfasste eine Anzahl von acht Individuen (Abb. 19). *I. elegans* wurde ebenfalls nur einmal gesichtet.

Im Laufe des Monats Juli wurden die oben genannten Arten weiterhin beobachtet und kartiert und ihre Abundanzen nahmen langsam zu.

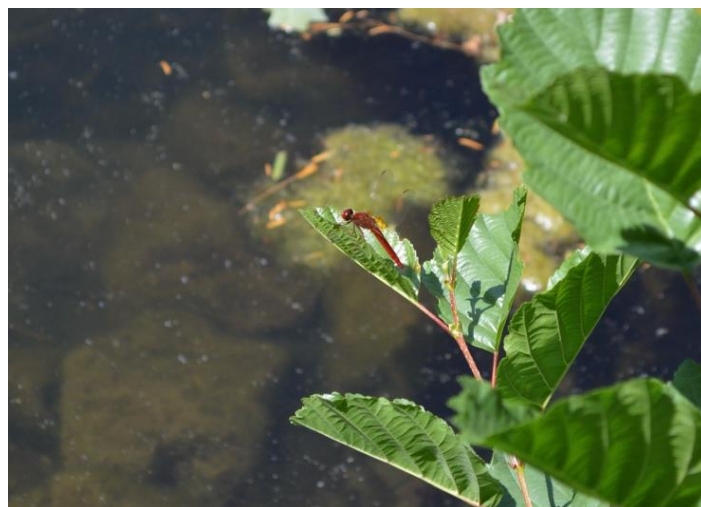


Abbildung 19: *C. erythraea* (Quelle: Ilayda Celik, 08.07.2023)

Das folgende Diagramm (Abb. 20) zeigt die zusammengefassten Kartierungsergebnisse des Monats Juli in Form eines Balkendiagramms und stellt alle erfassten Arten dieses Monats in quantitativen Vergleich zueinander.

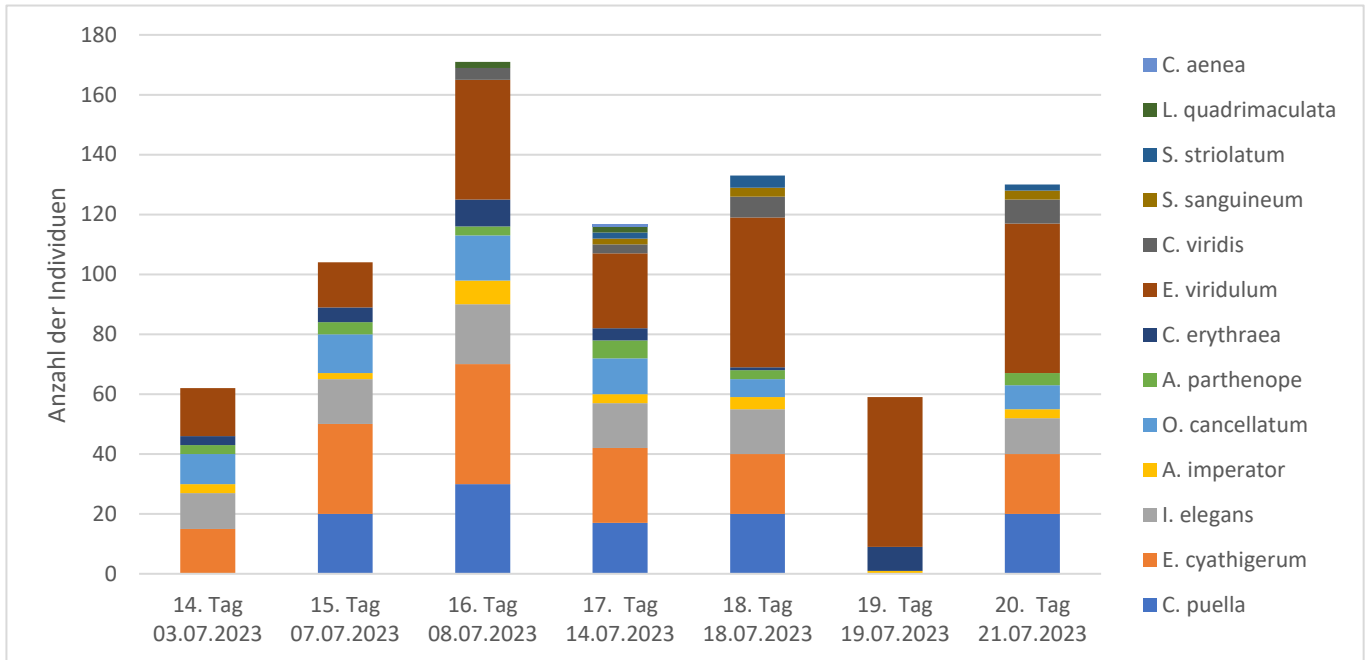


Abbildung 20: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat Juli 2023

### Kartierungsmonat August

Am 22. Kartierungstag wurden zwei Individuen von *A. imperator* gesichtet. *A. parthenope* wurde gar nicht gesichtet. *C. viridis* (Abb. 21) wurde fünfmal gesehen. *C. puella*, *E. viridulum*, *E. cyathigerum* und *I. elegans* waren, mit konstanter Abundanz, weiterhin zu beobachten, während die Häufigkeit der *I. elegans* abnahm.



Abbildung 21: *C. viridis* im Paarungsrad (Quelle: Ilayda Celik, 01.08.2023)

*O. cancellatum* hat in seiner Quantität drastisch abgenommen und wurde nur einmal gesichtet (Abb. 22), zudem kommt *C. erythraea* nicht mehr vor.

*S. sanguineum* wurde auch nicht gesichtet. *S. striolatum* wurde zweimal gesichtet.



Abbildung 22: *O. cancellatum* Männchen (Quelle: Ilayda Celik, 01.08.2023)

Am 23. Kartierungstag kam *A. mixta* als neue Großlibelle dazu und wurde einmal im Flug gesichtet.

Die Arten des vorherigen Kartierungstags bleiben weiterhin bestehen. Zu erwähnen gilt, dass *A. parthenope* wieder einmal gesichtet wurde, wie auch *S. sanguineum* (Abb. 23). Des Weiteren ist die Anzahl von *S. striolatum* auf fünf Individuen gestiegen.



Abbildung 23: *S. sanguineum* einzeln (links) und paarweise (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 17.08.2023)

Nach einem ähnlichen Muster verlief der 24. Kartierungstag, allerdings wurde zusätzlich *A. mixta* zweimal gesichtet. Und *S. striolatum* wurde 15-mal gesichtet. Die dominante Abundanz von *E. viridulum* bleibt mit über 50 weiterhin bestehen.

Am 25. Kartierungstag wurde das erste Mal ein Paarungsräder von *A. parthenope* in den Bäumen beobachtet. Deutlich wird, dass die Anzahl von *C. viridis* mit einer derweilen Abundanz von 15 zuzunehmen scheint.

Hierbei sind viele Paarungsräder und Tandemflüge zu beobachten. Bei den restlichen Arten gab es keine signifikanten Auffälligkeiten.

Auch in den nächsten drei Kartierungstagen gibt es keine signifikanten Unterschiede zu den vorherigen Tagen. Gut zu beobachten ist, dass die Abundanz von *S. striolatum* zu tangieren scheint.

Das folgende Diagramm (Abb. 24) stellt die zusammengefassten Kartierungsergebnisse des Monats Juli in Form eines Balkendiagramms dar und setzt alle erfassten Arten dieses Monats in quantitativen Vergleich zueinander.

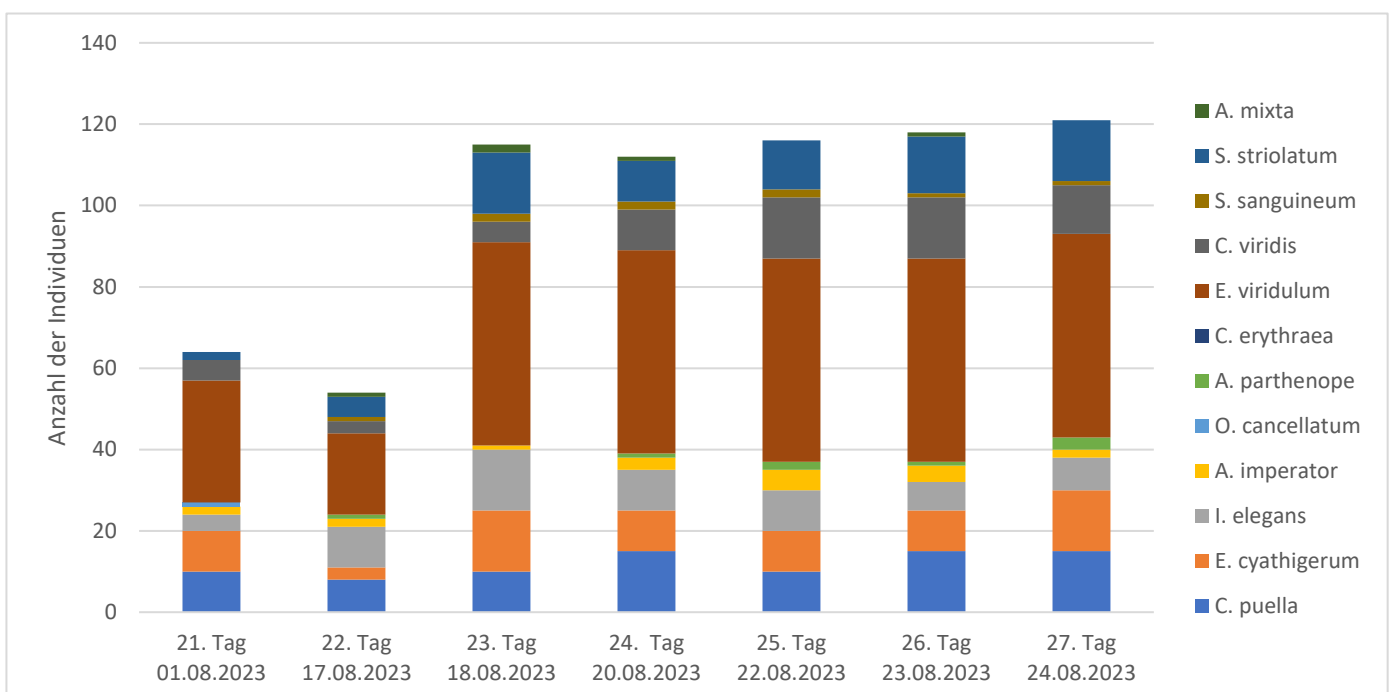


Abbildung 24: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat August 2023



## Kartierungsmonat September

Am 29. Kartierungstag wurden wiederholt Beobachtungen von *A. mixta* verzeichnet, während *A. imperator* mehrfach und *A. parthenope* überhaupt nicht gesichtet wurden. *C. viridis* wurde weiterhin häufig mit einer Individuenanzahl von 15 beobachtet und es wurden zahlreiche Paarungsräder und Tandemflüge festgestellt. Es ist bemerkenswert, dass sich diese Art ausschließlich an der Uferflora aufhält, wo sie optimal getarnt ist und daher schwer zu erkennen ist.

Die Kleinlibellen zeigten in den vorherigen Tagen keine signifikanten Veränderungen, abgesehen davon nahm die Abundanz von *I. elegans* kontinuierlich ab und betrug nunmehr fünf Individuen. *S. sanguineum* wurde überhaupt nicht gesichtet, während *S. striolatum* eine Abundanz von elf Individuen aufwies. *O. cancellatum* war nicht mehr zu sehen, was darauf hindeutet, dass die Flugzeit dieser Art vorüber war.

Am 30. Kartierungstag wurden unter den Großlibellen *A. imperator* und *A. parthenope* jeweils mit einer Anzahl von zwei Individuen gesichtet. *C. viridis* wurde insgesamt 15-mal beobachtet (Abb. 25) und *S. striolatum* sogar 17-mal. Die Kleinlibellen zeigten keine Veränderungen im Vergleich zum vorherigen Tag.



Abbildung 25: *C. viridis* im Paarungsräder (links) und in einer Dreierkette (rechts), (Quelle: Ilayda Celik, 03.09.2023)

Am 33. Kartierungstag stieg die Abundanz von *A. mixta* auf drei und bei *A. imperator* auf vier Individuen. *A. parthenope* blieb mit einer Abundanz von zwei Individuen weiterhin unauffällig. Die übrigen Arten zeigten keine Veränderungen im Vergleich zum Vortag.

Die letzten drei Kartierungstage lassen sich insgesamt mit den vorherigen Tagen zusammenfassen.

Das folgende Diagramm (Abb. 26) zeigt die zusammengefassten Kartierungsergebnisse des Monats September in Form eines Balkendiagramms und stellt alle erfassten Arten dieses Monats in quantitativen Vergleich zueinander.

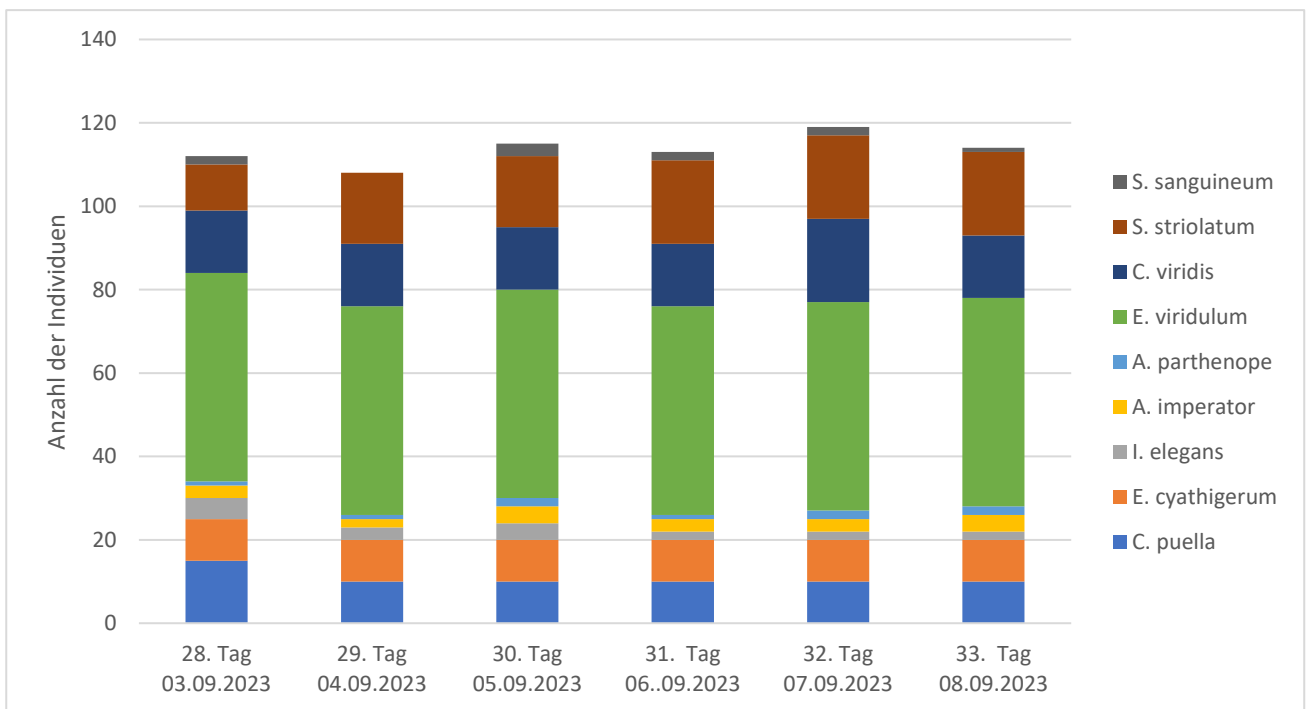


Abbildung 26: Säulendiagramm zur Anzahl der kartierten Arten und Individuen im Monat September 2023

## 4.) Diskussion

Das Kapitel der Diskussion umfasst die Analyse der erzielten Untersuchungsergebnisse und stellt diese in kritischen Zusammenhang. Zunächst werden die kartierten und nennenswerten Arten einzeln analysiert und Schlussfolgerungen auf den Umfang und den Grund der Ergebnisse gezogen. Daran anknüpfend werden die möglichen Gefährdungen sowie Schutzmaßnahmen zur aktuellen Lage der Libellenfauna vorgestellt. Abschließend thematisiert dieses Kapitel fehlende, aber erwartbare Arten und diskutiert potenzielle Fehlerfaktoren der vorgenommenen Untersuchungen.

Hierbei ist merklich hervorzuheben, dass die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit als eine erstmalige Kartierungsgrundlage der lokalen Libellenfauna des Benrather Kopfweihers dienen. Diese Datenlage erlaubt zukünftig anknüpfende Untersuchungen und Prognosen für

bieten eine erstmalige Datenlage zur lokalen Libellenfauna am Benrather Schlosspark. Auf dieser Grundlage können Prognosen und Schlüsse für die zukünftige Ausprägung der Libellenfauna gezogen werden. Außerdem kann der Artenschutz präziser angewendet werden.

### 4.1) Schlussfolgerung zu den Coenagrionidae:

#### ***Coenagrion puella***

*C. puella* hat über den gesamten Kartierungszeitraum eine konstant hohe Abundanz. Auch ist sie eine der verbreitetsten Zygoptera und ist dabei flächendeckend in Deutschland wiederzufinden (Menke et al. 2016, S. 130–133). Hierbei sind ihre bevorzugten Habitate offene und eutrophe Stillgewässer, wobei ein besonderer Fokus auf die submerse aquatische Vegetation gelegt wird (Menke et al. 2016, S. 130–133). Der Kopfweiher im Benrather Schlosspark ist symptomatisch für diese Habitatform. Global betrachtet reicht ihr Areal von den britischen Inseln und der Atlantikküste bis Zentralasien; in Nordeuropa von Skandinavien bis nach Sizilien; mit einem Verbreitungsschwerpunkt im Tiefland (Belz & Fuhrmann 2000).

Eine herausstechende Eigenschaft von *C. puella* ist ihre ökologische Toleranz gegenüber einem Gewässer (Menke et al. 2016). Außerdem ist ihre Schlupfsaison ausgedehnt, welche eine weitere Begründung für die konstant hohen Abundanzen ist. Hinsichtlich ihres Verhaltens fiel ihre Art besonders durch ihre wild und chaotisch scheinenden Flüge auf. Diese energiegeladene Lebensweise ist charakteristisch für *C. puella*, wodurch sie zunehmend aktiv in Interaktion mit ihren Artgenossen tritt. Viele Weibchen der Art meiden das Gewässer, da sie oftmals von Männchen bedrängt werden (Conrad et al. 2002).

Am Kopfweiher stand sie besonders im territorialen Wettbewerb mit *E. cyathigerum*. Es wurden ausschließlich Imagines von ihr gesichtet und keine Exuvien gefunden. Die Imagines haben eine Reifephase von etwa zwei Wochen. In Deutschland ist *C. puella* univoltini. *C. puella* hat mit ihrer vermehrten Häufigkeit den Annahmen entsprochen. *C. puella* wird als ungefährdet eingestuft und bereichert sich durch die Urbanisierung Deutschlands (Ott et al. 2015).

### ***E. viridulum***

*E. viridulum* ist ein, nach Deutschland expandiertes, holomediterranes Faunenelement und kommt in Europa vor. In den letzten drei Jahrzehnten hat sie eine deutliche Ausbreitung nach Norden vollzogen und gilt als erste belegte Coenagrionidae, welche Kolonien auf den britischen Inseln angesiedelt hat (Dewick & Gerussi, 2000). Ihre nördliche Bewegung hat ihre genetische Vielfalt geprägt, denn die Populationen nehmen an Quantität und Qualität ihrer genetischen Vielfalt, mit dem nördlichen Fluss, ab (Watts, Keat, & Thompson, 2010). Eine Kolonisierung an neuen Habitaten durch konsekutive Gründerpopulationen erhärtet den Abgang an Variationen für die genetische Vielfalt, was zu einem Ost-West-Gradienten führt (Ramachandran et al. 2005; Herborg et al. 2007). Puillandre et al. (2008) spricht hierbei von invasiven Populationen. Eine bedingte genetische Vielfalt schließt eine Ausdehnung *E. viridulums* nicht aus (Perez et al. 2006).

*E. viridulum* gilt als Generalist und konstituiert sich oftmals in Gebieten, welche von besonders hohem Niveau für einheimische Arten sind (Balzan, 2012; Gibbons et al., 2002). Am vorliegenden Gewässer hat sich die Art anfangs ausschließlich auf den



Algenwatten, mittig des Gewässers, aufgehallen und konnte eine Zeit lang nur mit dem Fernglas beobachtet werden. Mit expandierender Abundanz hat sich die Art auf die Uferflora ausgebreitet. Ein auffälliges Charakteristikum ist ihr Absitzen auf horizontalen Elementen, wie Blättern oder Algenwatten, wobei sie eine Hohlkreuzposition einnimmt (Demarmels & Schiess, 1978; Mauersberger, 1987). Der Juni wird als der Zeitraum mit der höchsten Eiablageaktivität identifiziert. Am Kopfweiher hat *E. viridulum* die Algenwatten als bevorzugtes Eiablage substrat genutzt. Häufig dienen ihr auch *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton natans*, *Ranunculus circinatus*, *Chara tomentosa* und *Lemna minor* als Eiablageelemente (Hunger, 1998). Die Art gilt als thermophil, was beim Kartieren deutlich wurde. Sobald eine Wolke vorbeizog, war die Art kurzzeitig verschwunden und wuch in sonnige Bereiche aus. Die Luminosität eines Gewässers überwiegt den Anspruch an Windstille (Hunger, 1998). Der Parameter der Besonnung des Habitats beeinflusst die Qualität des Gewässers für *E. viridulum*. Die Art pflanzt sich bei starkem Wellengang nicht fort und gilt als ausschließliche Stillwasserart. Bezüglich des subhydrischen Bodentyps liegt das Optimum für die *E. viridulum* bei Gytjen. Die Ausprägung der Gytjen reicht von einer partiellen Ausprägung bis hin zur lückenlosen Deckung des Bodens.

*E. viridulum* wird in der roten Liste für Baden-Württemberg unter Kategorie drei geführt (Buchwald, Höppner & Schanowski, 1994) und fehlt im Alpenvorland. *E. viridulum* ist auf Submersvegetation angewiesen. Als potenzielle Gefährdungsursachen gelten somit mechanische Entfernungen von Vegetationen beispielsweise an Angelgewässern oder auch eine Beeinträchtigung von Hydrophyten durch Karpfen (*Cyprinus carpio*), welche zudem die Gewässer eutrophieren (Hunger, 1998). Diese Zustände können auch von Enten ausgelöst werden, welche am Kopfweiher vorhanden sind. Damit stellen die Enten dort eine potenzielle Gefahr für das Habitat der *E. viridulum* dar. Angesichts der absolvierten Forschung am Kopfweiher, wurde keine Beeinträchtigung der Art durch Enten festgestellt.

## ***E. cyathigerum***

*E. cyathigerum* ist eine eurasiatische Art mit einem Verbreitungsgebiet, das von Europa bis zum Polarkreis reicht (Ott, 2015). Ihr Besiedlungsoptimum liegt bei den Kollinien (Sternberg & Buchwald, 1999). In Deutschland ist die Art flächendeckend verbreitet (Dijkstra & Lewington, 2006). Generell gilt *E. cyathigerum* als Sommerart mit langen Schlupfperioden. Sie besiedelt meso- bis eutrophe Gewässer mit weiten Wasserflächen. Zudem präferieren sie submerse Vegetation und Schwimmblattvegetation. Das Gewässer sollte außerdem mindestens eine rudimentäre Uferröhrichtausprägung haben (Schiel, 1998a; Brockhaus & Fischer, 2005).

*E. cyathigerum* ist als ungefährdet kategorisiert (Ott et al., 2015; Conze & Grönhagen, 2011). Eine Bestandsgefährdung liegt nicht vor, aber eine potenzielle Gefahr kann die Zerstörung ihrer Habitate sein. Solange ihre Larven Versteckmöglichkeiten haben, gelten Fische nicht als bedrohlich. Auch die chemischen Parameter des Gewässers können die Art einschränken, so führen hohe PFOS-Konzentration zu niedrigeren Schlupfraten der Eier, gehemmten Larvenentwicklungen, gesteigerter Sterblichkeit der Larven und weniger erfolgreichen Metamorphosen (Bots et al. 2010).

Ihr Lebenszyklus in Deutschland ist univoltin (Burbach, 2000; Schulz, 1995).

Auffällig für die Art ist ihre außergewöhnliche Eiablage, welche in Tandemstellung beginnt und das Männchen rückwärts vom Weibchen hinterher gezogen wird. Nach und nach wendet sich das Männchen ab und das Weibchen vollzieht die Eiablage in den Tiefen des Gewässers (Sternberg & Buchwald, 1999). Die Zeit, die das Weibchen unter Wasser verbringen kann, beträgt 90 Minuten (Doerksen, 1980).

## ***Ischnura elegans***

Genau wie *E. cyathigerum*, ist auch *I. elegans* ein eurasiatisches Faunenelement und wird als ungefährdet eingestuft. Sie ist paläarktisch verbreitet mit einem Schwerpunkt im Flachland. In Deutschland gehört sie zu den weitverbreitetsten Libellen (Schorr, 1990) und wurde bereits im Jahre 1820 dort nachgewiesen (Heineken, 1836). *I. elegans* bevorzugt stehende, langsam fließende Gewässer und hält sich in *Phalaris arundinacea* (Rohrglanzgras) auf. Außerdem werden saure, oligotrophe

Hochmoorgewässer sowie quell- und bachwasserbeeinflusste Gewässertypen gemieden (Schlöpmann, 1989). Diese Art hat eine hohe ökologische Toleranz und kann auch in stark verschmutzten Gewässern wie Güllelagern und Klärbecken überleben und Populationen bilden.

Ihre Phänologie in Nordrhein-Westfalen ist bivoltin. Dennoch durchläuft die Art einen Generationsgradienten von Großbritannien bis Südfrankreich von semi- bis multivoltin (Corbet et al., 2016). Ihre großen Populationen erreicht *I. elegans* durch ausgedehnte Schlupfphasen. Bedeutend ist zudem ihre Kopulationsdauer von 6 Stunden (Cordero, Carbone & Utzeri, 1998).

Darüber hinaus besitzt *I. elegans* keinen neutralen Farbpolymorphismus, da sich Androchrom-Weibchen seltener paaren als Gynochrome (Cordero, Carbone & Utzeri, 1998).

### ***Pyrrosoma nymphula***

*P. nymphula* ist in Europa weit verbreitet und variiert in ihrer Wahl der Lebensräume, von Mooren bis Quellen (Belz & Fuhrmann, 2000) und langsam fließenden Gewässern (Schmidt, 1966). In Deutschland gilt *P. nymphula* als eine häufige Art, dabei ist von einer Gefährdung nicht auszugehen (Arnold, 2000).

Die Eiablage wird in Pflanzen vollzogen (Münchberg, 1935), präferiert in Laichkraut (*Potamogeton natans*) (Sternberg & Buchwald, 1999). Daher werden vegetationslose Strukturen gemieden. Die Larven besitzen die Fähigkeit, sich in schattigen Habitaten zu entwickeln (Sternberg & Buchwald, 1999), wodurch diese als Pioniere in jenen Habitaten gelten und keiner anderweitigen Zygopterkonkurrenz ausgeliefert sind. Des Weiteren kann sie sich in kühlen Gewässern reproduzieren, wodurch *P. nymphula* in der Lage ist, das Mittelgebirge flächendeckend zu besiedeln (Schlöpmann, 2000a).

Eine Besonderheit des Vorkommens von *P. nymphula* ist, dass die Art frühzeitig an den besiedelten Gewässern vorkommt, wodurch erneut Konkurrenzsituationen vermieden werden. Hierbei beginnt der Schlupf im April, mit einer Embryonalentwicklung von bis zu sechs Wochen (Corbet, 1957a).

## 4.2) Schlussfolgerung zu den Lestidae

### *Chalcolestes viridis*

*C. viridis* ist eine atlantomediterrane Art, die landesweit in Nordrhein-Westfalen verbreitet ist. Global hat sie ein weitreichendes Verbreitungsspektrum, das von Europa bis in den mittleren Osten und Nordafrika reicht (Dijkstra & Lewington, 2006). Zudem hält sich die Art kaum in höheren Gebieten auf (Kuhn & Burbach, 1998; Westermann, 2003). Ihre Lebensräume in Nordrhein-Westfalen beziehen sich auf Weiher, Tümpel oder Teiche und ähnliche Gewässer. Dabei können die Habitate unterschiedliche Sukzessionsstadien vorweisen. Dennoch gelten Auengewässer als ihre ursprünglichen Biotope (Sternberg & Buchwald, 1999). *C. viridis* ist gegenüber extremen Witterungen angepasst. Eine wichtige Anforderung an ihr Habitat sind Gehölze und Vegetation in unmittelbarer Ufernähe, welche idealerweise über das Gewässer hängen. Hierbei ist die Orientierung der Zweige von elementarer Bedeutung und die exakte Pflanzenart für sie zu vernachlässigen (Dreyers, 1978). Die Zweige dienen als Eiablagesubstrat (Dreyer, 1978), wie es auch am Kopfweiher zu beobachten war.

In den ersten zwei Kartierungstagen wurden zudem eindeutige Bisspuren dieser Art in der Rinde von Pflanzen identifiziert (Abb. 5). Diese sogenannten Narben sehen linienartig aus. Diese Form der Ablage bietet den Eiern Schutz vor Parasitoidenarten und fördert ihre Überlebenschancen (Cham, 2021). Auf diese Weise streichen die Weibchen ihre Eier in die Rinde der Ufervegetation (Münchberg, 1933; Robert, 1959). Während der Kartierung fiel auf, dass sich *C. viridis* nicht nur innerhalb, sondern auch zwischen den Gehölzen und Zweigen aufhielt. Ihre Larvalentwicklung beträgt zwei bis drei Monate (Jödicke, 1997). Obwohl sich die Eier in der Regel nicht unter Wasser entwickeln, wird ihre Entwicklung nicht von hypoxischen Konditionen gehemmt. Vielmehr ist die Ausbildung von photoperiodischen und temperaturbedingten Variationen bestimmt (Tyrrell, 2019).

*C. viridis* ist als ungefährdet kategorisiert (Ott et al., 2015; Conze & Grönhagen, 2011) und es wird auch ferner nicht von weiteren potenziellen Gefährdungen ausgegangen. Jedoch können lokale Gefährdungen wie die Abschaffung von Ufervegetation auftreten. Dementsprechend könnte eine mögliche Schutzmaßnahme sein, eine

massenhafte Abholzung der Ufervegetation zu verhindern und stattdessen gezielt Gehölzgruppen zu entfernen bzw. bestehen zu lassen (Sternberg & Buchwald, 1999). Darüber hinaus wird ein Verwandtschaftsgrad von *C. viridis* und *C. parvidens* diskutiert. Beide Arten teilen keine Haplotypen, weshalb ihr Status als eigenständige Arten untermauert wird. Dennoch scheint sich ihre Divergenz rezent zu realisieren, da sie eine monophyletische Gruppe bilden, im Gegensatz zu anderen Lestes-Arten (Gyulavari et al., 2011).

### **4.3) Schlussfolgerung zu den Aeshnidae**

#### ***Aeshna mixta***

*A. mixta* ist eine holomediterrane Spezies. In Nordrhein-Westfalen ist sie weit verbreitet und gilt als ungefährdet (Ott et al., 2015; Conze & Grönhagen, 2011). Sie bevorzugt Stillgewässer und Auen mit ausgeprägten Röhrichten. Diese nutzt sie als Eiablagesubstrate und als Sitzwarten für Imagines (Peters, 1987). Ein weiterer wichtiger Anspruch an ihr Gewässer sind hohe Temperaturen, die das Schlüpfen der Eier essenziell beeinflussen (Corbet, 1999). Die Eiablage findet vorwiegend im Herbst statt, wobei die Eier überwintern müssen (Oelmann et al. 2023). Zudem ist *A. mixta* eine univoltine Art. Auffällig wurde die Spezies durch ihre Eigenschaft der Migration. Hierbei passt sie ihre Flughöhe den Windbedingungen an. Bei Rückenwindkonditionen erhöht sie ihre Flughöhe und bei Gegenwind fliegt sie entsprechend tiefer (Corbet, 1999). Die Migration der Art wird von Männchen beherrscht. In den letzten 10 Jahren hat sie sich um 300 km nördlich in Schweden ausgebreitet (Oelmann et al. 2023) und im Laufe des 20. Jahrhunderts ist die Art stetig in den Norden Großbritanniens migriert (Thompson, 2003).

Der Stil des Jagdverhaltens ist charakteristisch für *A. mixta*, da sie Jagdschwärme bildet und sich auf ihre Beute stürzt (Andreas Martens & Walter Wimmer, 1962). Der Prozess der Schwarmbildung wird von Corbet (1962) als "swarm-feeding" apostrophiert.

## ***Anax imperator***

*A. Imperator* ist flächendeckend in Nordrhein-Westfalen verbreitet (Ott et al., 2015). Sie ist eine Art die wärmebegünstigte Reproduktionsgewässer bevorzugt wie Tümpel, Weiher oder andere langsam fließende Stillgewässer. Typisch ist ein Massenschlüpfen, mit einigen Schlupfmaxima (Sternberg & Buchwald, 2000). Ihre Individuen entwickeln sich synchronisiert mit einem Schlupfbeginn im Mai. Üblicherweise erreichen sie ihre Geschlechtsreife innerhalb von zehn Tagen. Auffällig ist, dass ihre Abundanz mit zunehmender Sukzession abnimmt. Ein weiteres Merkmal ist ihr rasantes umherfliegen, wodurch sie rapid neue Habitate besiedeln können. Am Kopfweiher fielen viele Männchen auf, wie sie patrouillierten andere Arten wie *O. cancellatum* dominierten. Dieses Verhalten ist mit dem Wesen ihrer Larven vergleichbar, welche sich ebenfalls offensiv verhalten und andere Aeshnidenlarven als potenzielle Beutenahrung in Betracht ziehen (Beutler, 1985b). Weitere Beutetiere sind larvale Ephemeroptera, Zygoptera, Trichoptera (Phryganea), Chironomiden sowie adulte und larvale Plea (Heteroptera) (Stav, Kotler & Blaustein, 2007). Im Gegensatz zu anderen Arten verfügen ihre Larven über die Fähigkeit, Nahrung und Nicht-Nahrung voneinander zu unterscheiden (Immerschitt & Martens, 2020). Bei der Einnahme von Nicht-Nahrung, führt dies bei den meisten Larven zu einem Ausstoßversuch durch labiale Manipulationen. Genügt dies nicht, werden die Beine als Ausstoßwerkzeuge benutzt (Immerschitt & Martens, 2020). Die Identifizierung von Nicht-Nahrung erfolgt durch gustatorische Sinnesorgane und mechanische Informationen (Immerschitt & Martens, 2020). Die Dauer ihrer Larvalentwicklung beträgt ein bis zwei Jahre (Corbert, 1957b). *A. Imperator* gilt als ein visueller Jäger, welcher durch Dynamik angezogen wird (Stav, Kotler & Blaustein, 2007). Besonders zu erwähnen gilt, dass die Genomsequenz der Art das größte Mitogenom, mit einer Länge von 16.087 bp unter den Anisoptera ist (Herzog et al. 2016). Das Verhalten der Weibchen und Männchen unterscheidet sich signifikant, da sich die Weibchen in erheblich größeren Aktionsräumen bewegen als Männchen. Daher wurden am Kopfweiher größtenteils Männchen gesichtet. Ein Grund dafür könnte sein, dass sich die Weibchen auf diese Weise vor Belästigungen anderer Arten oder vor weiteren Einflussfaktoren schützen. Zudem könnten dadurch die Brutstätten erweitert werden und es trägt potenziell zu einem erweiterten Genaustausch und Arterhalt bei (Minot, Besnard & Huste, 2020; Matos et al., 2019).

### ***Anax parthenope***

*A. parthneope* ist ein global weitverbreitetes, pontomediterranes Faunenelement, mit ähnlichen Ansprüchen an ihr Habitat, wie *A. imperator*. Sie ist eine klassische Sommerart (Corbet, 1954). Jedoch priorisiert sie Röhrichtvegetation aus Schilf (Menke et al., 2016). In Nordrhein-Westfalen kommt sie seltener vor. Stattdessen hat sie ihr Verbreitungsmaximum in Niedersachsen und expandiert in die Regionen des Niederrheins (Menke et al., 2016). Am Kopfweiher gehörte sie zu Großlibellen mit den geringsten Abundanzen. Ihre Phänologie ist in Mitteleuropa uni-oder semivoltin (Sternberg & Buchwald, 2000; Corbet et al., 2006). Sie ist ebenfalls als ungefährdet kategorisiert (Ott et al., 2005).

### ***Brachytron pratense***

*B. pratense* ist ein pontokaspisches Faunenelement, welches besonders im nördlichen Tiefland Deutschlands vorkommt. Bevorzugte Habitats sind Seen und Flussniederungen. Die Sichtung am Kopfweiher trat einmalig auf und lässt darauf schließen, dass das Individuum lediglich vorbeigeflogen ist. Der Kopfweiher wird daher hauptsächlich als Teillebensraum genutzt und nicht zur bodenständigen Eiablage. Ein Indikator für die fehlende Bodenständigkeit am Kopfweiher könnte die nicht ausreichende Dichte an Ufervegetation sein. Aufgrund der Fähigkeit der Exuvien, sich farblich an ihre Umwelt anzupassen, stellen Fische für sie keine Gefahr dar. Generell ist die Art in Deutschland als ungefährdet eingestuft (Ott et al., 2015), allerdings in Nordrhein-Westfalen als gefährdet anzusehen (Conze & Grönhagen, 2011). Daher ist von einer landesweit uniformen Bestandsentwicklung abzusehen. Eine Schutzmaßnahme und Förderung der Ausbreitung wäre die Revitalisierung von Ufervegetation. Wie auch *A. mixta*, ist *B. pratense* in der Lage, Jagdschwärme zu bilden und so ihre Beute zu erlegen.

## 4.5) Schlussfolgerung zu den Libellulidae

### ***Libellula quadrimaculata***

Aus globaler Sicht ist *L. quadrimaculata* eine eurasiatisch verbreitete Art. In Deutschland hat sie ihren territorialen Schwerpunkt in Moorgebieten. In Nordrhein-Westfalen besiedelt sie unterschiedliche Gewässer, hierbei liegt ihre Präferenz auf Stillgewässern wie dem Kopfweiher. In Deutschland ist die Art als ungefährdet kategorisiert (Ott et al., 2015; Conze & Grönhagen, 2011). *L. quadrimaculata* wird in drei unterschiedliche Kladen unterteilt, welche anlässlich eines eingeschränkten Genaustauschs aufgrund von geophysikalischen Barrieren, wie Ozeanen, entstanden sind. Die drei Kladen teilen sich geographisch in Asien, Europa und Nordamerika auf (Artiss, 2004).

Ein weiteres, herausstechendes Merkmal der *L. quadrimaculata* sind ihre Massenzüge (Schaub, 1997). Dabei orientieren sie sich an elementaren Netzwerken wie Flüssen oder Eisenbahnleitungen (Schaub, 1997). Ein Massenzug kann einen Umfang von über 10.000 Individuen annehmen. Es migrieren nicht alle Populationen, demnach stellt sich die Hypothese einer genetisch vererbaren Anlage zur Migration (Artiss, 2004) der Art dar. Die Massenzüge kommen generell etwa alle zehn Jahre vor (Schaub, 1997).

### ***Orthetrum cancellatum***

*O. cancellatum* ist eine mediterrane, Wärme liebende Art, welche europäisch-westasiatisch verbreitet ist (Quentin, 1960). Ihr Vorkommen in Deutschland ist zahlreich ausgeprägt, jedoch selten in Hochlagen (Kuhn & Burbach, 1998; Sternberg & Buchwald, 2000). In Nordrhein-Westfalen besiedelt sie Weiher, Flussauen, Seen und Ähnliches mit einem Fokus auf sonnenexponierte Uferbereiche (Kordges, 2000; Schlüpmann, 2003). Ihr Optimum findet sie in mäßiger Vegetation. Auch aquatische Vegetation ist von hoher Bedeutung, da die Weibchen mithilfe derer ihre Eiablage vollziehen. Die Männchen nutzen Steine und Böden als Sitzwarte (Krüner, 1977; Schlüpmann, 2003), wie es auch am Kopfweiher zu beobachten war.



*O. cancellatum* ist eine robuste Art, welche eine hohe Toleranz gegenüber hydrochemischen Bedingungen besitzt (Schmidt, 1991). Lediglich für die Larvalhabitate sind saure Gewässer nachteilhaft (Kikillus & Weitzel, 1981). Zudem verbringen die Larven die Zeit kurz vor ihrer Emergenz im vergrabenen Zustand, weshalb Gewässer mit Faulschlammabildung vermieden werden. Durch die Eingrabung der Larven sind diese effektiv vor Prädatoren geschützt. Trotz allem, sind die Larven auch bedingt in der Lage in submerser Vegetation zu überleben (Münchberg, 1931).

Generell gilt die Art als ungefährdet (Ott et al., 2015; Conze & Grönhagen, 2011). Dennoch profitiert die Art von einer Revitalisierung von verlandeten und verschlammten Gewässern, wie anhand des Rotationsmodell von Wildermuth und Schiess (1983) und Wildermuth (1994).

Ihr Lebenszyklus ist in Deutschland uni-bis semivoltin mit einem Schlupfzeitraum von Mitte Mai. Der Schlupf ist nicht synchron, man spricht hierbei von "cohort-splitting". Es besteht der Umstand, dass einige Larven ein Jahr früher oder später schlüpfen als der Großteil der Art.

### ***Sympetrum sanguineum***

*S. sanguineum* ist eine eurosibirische Art, welche meso- bis hyperthrophe Habitate besiedelt. Dazu gehören meist Stillgewässer mit ausreichender Vegetation und starker Besonnung (Ott et al., 2015), wie der Kopfweiher. Kennzeichnend für die Art ist ihre Obelisk-Stellung auf erhöhter Ufervegetation in sonnigen Bereichen. Dabei verfügt sie über eine Thermoregulation, indem sich die Körperfarbe von rotbraun zu einem strahlenden hellrot verändern kann (Ott et al., 2015).

Ebenfalls charakteristisch ist ihre zeitliche Flexibilität bezüglich der Entwicklungsdauer ihrer Eier, welche in einem zeitlichen Spektrum von 10 bis 270 Tagen vollendet sein kann (Sternberg & Buchwald, 2000). *S. sanguineum* zeigt eine hohe Toleranz gegenüber winterlichen Bedingungen, da ihre Eier eine dauerhafte Erfrierung ohne offensichtliche Mängel überstehen können (Clausnitzer, 1974). In Deutschland gilt *S. sanguineum* als allgemein ungefährdet.

## ***Sympetrum striolatum***

*S. striolatum* ist eine euryöke Art, die holomediterran verbreitet ist und ihren Verbreitungsschwerpunkt im Mittelmeerraum aufweist (Ott & Koch, 2015). Sie gilt als thermophile Art, hierbei spielt die Thermophilie eine wichtige Rolle für die Entwicklung der Larven (Ott & Koch, 2015). Daher bevorzugt *S. striolatum* Habitats, welche sich schnell erwärmen. Dennoch kann sie aufgrund ihrer hohen ökologischen Toleranz ebenfalls niedrigen Temperaturen standhalten. Sie besitzt die Fähigkeit durch gezieltes Flügelzittern ihre Flugmuskulatur zu erwärmen, wodurch ihr das Fliegen bei Temperaturbeständen unter 13°C ermöglicht wird.

Ihre Bandbreite an Habitats umfasst jegliche Gewässermodelle, somit auch anthropogene Habitats. In Nordrhein-Westfalen ist sie hauptsächlich im Tiefland beheimatet und ist als ungefährdete Art einzuordnen (Ott et al., 2015). Ihr gegenwärtiger Trend richtet sich in die nördlichen Bundesländer aus aufgrund ihrer beschriebenen, hohen Toleranz gegenüber ökologischen Umständen (Koch et al., 2012). Wie auch *S. sanguineum* beschreibt sich ihr Entwicklungszyklus als wechselhaft.

Die Reifeperiode der *S. striolatum* ist abhängig von ihrer geographischen Lage, denn je südlicher die Region liegt, desto länger dauert diese Periode an.

Gattungstypisch ist auch ihre exophytische Eiablage, welche im Tandem beginnt, jedoch gegen Ende lediglich vom Weibchen vollzogen wird. Ihr Entwicklungszyklus ist univoltin und verändert sich bei hohen Temperaturen zu einem bivoltinen Zyklus (Jödicke & Thomas, 1993).

## ***Crocothemis erythraea***

*C. erythraea* ist afrikanischen Ursprungs und in Deutschland mittlerweile flächendeckend verbreitet. Ihre Bestandsentwicklung hat deutschlandweit in den letzten 30 Jahren signifikant zugenommen. *C. erythraea* gilt als ungefährdet und besitzt in Deutschland ihren Verbreitungsschwerpunkt im Tiefland (Hunger et al., 2006). Jedoch expandiert sie zunehmend in höhere Gebietslagen. Ihre Habitats umfassen vorwiegend anthropogen entstandene Gewässer, dennoch ist *C. erythraea* nicht beschränkt auf diese Biotope (Ott, 2007). Ihre Paarung, die nur wenige

Sekunden andauert, vollzieht sie meist oberhalb des Gewässers. Das Weibchen vollzieht unmittelbar nach der Kopulation die exophytische Eiablage, wobei das Männchen den Ablageprozess bewacht (Ott et al., 2015). In Deutschland ist *C. erythraea* univoltin. Somit ist im Mittelmeerraum der Bivoltinismus dieser Art typisch (Suhling et al., 2004). Dieser Sachverhalt konnte ebenfalls in den Bundesländern Hessen und Niedersachsen dokumentiert werden (Horn, 2003).

#### **4.6) Gefährdung und Schutzmaßnahmen**

In jüngster Vergangenheit wurde ein Abkommen der EU-Mitgliedsstaaten verabschiedet, indem der Gewässerzustand auf das Niveau „guter Zustand“ bis 2015 erzielt werden sollte (Zimmermann-Timm H. & Teubner, 2019). Das angestrebte Jahr wurde mittlerweile auf 2027 ausgedehnt (Zimmermann-Timm H. & Teubner, 2019). Demnach ist der problematische Zustand der aquatischen Ökologie und die Begrenztheit der Ressourcen auch in der Politik anerkannt.

Urbane Quellen sind besonders durch menschliche Einträge disponiert, zum Beispiel durch Pestizideinflüsse aus der Landwirtschaft (Zimmermann-Timm & Teubner, 2019). Es gibt verschiedene Stressfaktoren, welche an urbanisierten Gewässern herrschen und die dortigen Ökosysteme sowie ihre Erträge in derer Ausfaltung einschränken.

Im folgenden Abschnitt wird die Klimaerwärmung, die Sukzession und die Schadstoffbelastung als die schwerwiegendsten Faktoren hervorgehoben.

#### **Klimaerwärmung und Austrocknung**

Der Charakter eines Gewässers wird von seiner Wasserführung modelliert, da biotische und abiotische Zustände davon abhängig sind (Wellborn et al., 1996). Laut dem Umweltbundesamt (2021) liegt die Niederschlagsrate in Deutschland bei einem Minimum und ist in den letzten 20 Jahren kontinuierlich zurückgegangen. Im Gegensatz dazu steigen die Temperaturen als eine Folge des Klimawandels. Diese Umweltfaktoren beeinflussen die Odonatafauna in Deutschland und navigieren ihre

Migration. Demzufolge erweitern thermophile Arten wie *C. erythraea* ihr Ausbreitungsspektrum in Richtung Norden (Bowler et al., 2021). Die Umstände der deutschen Witterung führen, trotz der Begünstigung von thermophilen Arten, zu einer Eindämmung von nordischen Arten. Obwohl einige Amphibien ökologische Strategien entwickelt haben, um Austrocknungen zu überstehen, können jene Effekte nachteilig für andere Lebewesen sein, so wie für die aquatischen Larven der Odonata. Das Überleben der Larven ist demnach abhängig von angemessenen Larvalhabitaten im Umkreis (Piersanti et al., 2007; Reborá et al., 2007). Geeignete Habitate können den Larven Schutz vor Prädatoren bieten und ihre vollständige Entwicklung ermöglichen. Mangelt es an entsprechenden Habitaten, ist ein Ausweichen in umliegende Feuchtgebiete für das Überleben der Odonata unabdinglich (Wildermuth & Martens, 2014). Für die Larven von *C. viridis* hat die Austrocknung eine weniger bedeutende Rolle, da ihr Larvalhabitat in der Majorität Äste und Zweige umfassen. Auch *O. cancellatum* ist fähig eine Austrocknung zu überstehen, da ihre Entwicklung im vergrabenen Zustand erfolgt.

Nicht nur speziell das Gewässer ist von einer Austrocknung durch Dürreperioden gefährdet, sondern auch die feuchten Böden eines Habitats. Der Sauerstoffgehalt eines Bodens steigt an, wenn eine Austrocknung durchlaufen wird. Dies führt zu einer Erhöhung von Sulfidkonzentrationen (Stirling et al., 2020), was wiederum negative Auswirkungen auf die Wasserqualität hat. Ein weiterer Faktor ist der Säuregrad des Bodens, der durch den geschilderten Zyklus zunimmt und Metalle freisetzt. Eine Konsequenz daraus können irreparable Schäden der Böden sein (Stirling et al., 2020). Mit der abnehmenden Habitatsqualität geht ein Anstieg der inter- und intraspezifischen Konkurrenz für Libellenlarven einher, da die Ressourcen des Habitats keinen ausreichenden Umfang mehr bieten. Dadurch verdrängen wettbewerbsstarke Arten, wie *A. imperator*, *C. viridis* oder *O. cancellatum* und Zygoptera wie *E. viridulum*, konkurrenzschwache Arten. Des Weiteren können jene Umstände zu Algenblüten führen. Diese bestärken einerseits wiederum die Verdrängung von Arten wie *I. elegans*, welche bevorzugt oligotrophe Gewässer besiedeln. Andererseits können jene Algenblüten andere Arten wie *C. puella* und *E. cyathigerum* begünstigen, welche vor allem meso-bis eutrophe Gewässer besiedeln. Das Ausmaß der Algen am Kopfweiher hat allerdings noch nicht dazu geführt, dass Arten wie *I. elegans* vollständig verdrängt wurden.

## **Sukzession**

Bei temporären Stillgewässern, wie dem Benrather Kopfweiher, ist eine Sukzession nicht zu verhindern. Die dem Gewässer umliegenden *Salix babylonica* (Trauerweiden) belauben und beschatten das Gewässer und die gesamte Uferfauna sprießt zunehmend in die Vertikale. Störzeiger wie *Cirsium arvense* dominieren die Vegetation und können sich exponentiell ausbreiten, wodurch die Vielfalt der Fauna insgesamt abnehmen würde. Diese Variationsbreite und komplementäre Zusammensetzung der Ufervegetation bildet das Grundgerüst des Artenspektrums der Odonata. Mangelt es bspw. aufgrund der genannten Störzeiger an Pflanzen mit über dem Wasser ragenden Ästen, so würde der Kopfweiher für Arten wie *C. viridis* kein geeignetes Habitat darstellen und einen Rückgang der Art verzeichnen. Nach diesem Muster können auch Unkraut und Neophyten, wie *Bidens frondosa* (Schwarzfrüchtige Zweizahn), nicht nur die Fauna, sondern auch die Flora signifikant einschränken (Hejda et al., 2009; Künzi et al., 2015).

Die daraus abzuleitenden Pflegemaßnahmen für das vorliegende Gewässer umfassen somit eine regelmäßige Reinigung und Entlaubung, um einer Verlandung entgegenzuwirken. Des Weiteren muss eine kontrollierte Eindämmung von Unkraut und Neophyten an der Ufervegetation erfolgen, um das Pflanzeninventar in seiner Variabilität zu schützen und den Odonata ihren benötigten Lebensraum zu ermöglichen.

## **Eutrophierung (und Schadstoffbelastung)**

Die Eutrophierung an Stillgewässern ist ein weiterer, nennenswerter Stressfaktor für Ökosysteme und ihre beheimateten Lebensformen. Aufgrund des menschlichen Einflusses durch bspw. die Zuleitung von Abwasser, leiden Stillgewässer fundamental an extremen Nährstoffhaushalten. Diesen Nährstoffzufluss können die Gewässer nicht mehr eigenständig ausgleichen. Die, durch die Landwirtschaft beigefügten, Pestizide im Grundwasser beschleunigen darüber hinaus den Effekt der Eutrophierung (Heißenhuber et al., 2015). Die Itter fungierte als Quelle für den Kopfweiher. Jedoch litt diese durch die Industrialisierung an starker

Verschmutzung (Schardt, 2017). Durch die veränderte chemische Zusammensetzung des Wassers wird zudem die Sukzession gefördert (Glandt, 2006; Deboer, 2020). Die dadurch nachteilhaft ausgelöste Bioproduktion spiegelt sich in den rückläufigen Zuständen für Wasserpflanzen wider und führt zu einem Rückgang von Artenspektren (Hallmann et al. 2017). Folglich kann es zu einer Freisetzung von Wasserstoffsulfiden kommen (Gleisberg et al. 1976). Entsprechend verändert sich der Trophiezustand eines Ökosystems, wodurch mesotrophente Pflanzen aus dem Spektrum wegfallen können (Pardey & Tenbergen, 2005).

Als erste, unerlässliche Maßnahme, um einer solchen Eutrophierung entgegenwirken zu können, ist laut der Landesagentur für Klima und Schutz die belastenden Zuflüsse, mittels Kanalisation, um- und abzuleiten. Des Weiteren kann die Fixierung von überschüssigen Nährstoffen, wie unter anderem Phosphate, dazu dienen, diese Nährstoffe für Cyanobakterien zu blockieren. Dies könnte durch die Bepflanzung von Wasserpflanzen erfolgen. Einen elementaren Beitrag würde darüber hinaus die Entschlammung sowie Abtreibung von Sauerstoff leisten, welcher bspw. akut durch Vereisung im Winter nicht austreten kann. Dadurch könnte die Sauerstoffkonzentration wieder steigen und geeignete Bedingungen für Libellen und andere Spezies darstellen.

#### **4.7) Fehlende, aber erwartbare Arten**

Zu den potenziell zu erwartenden Arten am Kopfweiher zählen *Aeshna cyanea* (Blaugrüne Herbstmosaikjungfer), *Somatochlora metallica* (Glänzende Smaragdlibelle) und *Sympecma fusca* (Gemeine Winterlibelle). *A. cyanea* ist in Nordrhein-Westfalen weit verbreitet, bevorzugt Stillgewässer und ist als ungefährdet eingestuft (Ott et al., 2015; Conze & Grönhagen, 2011). Ein möglicher Grund für ihr fehlendes Auftreten am Kopfweiher könnte ein Mangel an Schattierung des Gewässers sein. Zudem gilt diese Art als Pionier in Gartenteichen (Schlupmann, 2000a: 29) und besitzt damit zahlreiche Ausweichhabitate im Untersuchungsgebiet. *S. metallica* bevorzugt ebenfalls Stillgewässer und könnte potenziell am Benrather Kopfweiher zu erwarten gewesen sein. Obwohl sie gemäß der Roten Liste als ungefährdet betrachtet wird, ist sie in Nordrhein-Westfalen nur selten anzutreffen.



Damit lässt ihre allgemeine Seltenheit darauf hindeuten, dass sich ebenso ihr Vorkommen am Kopfweiher als unwahrscheinlich herausstellen könnte. *S. fusca* besiedelt grundsätzlich Stillgewässer in Bayern mit vergleichbaren Ansprüchen des Kopfweihers (Bayerisches Landesamt für Umwelt, LfU). Trotz ihres Verbreitungsschwerpunktes im Mittelmeerraum, ist diese Art auch in Nordrhein-Westfalen vertreten. Ihre Art galt in den 1980er Jahren zunächst als verschollen und konnte erst in den 1990er Jahren wieder dokumentiert werden (Joedicke, 1995; Kolshorn, 1996). Analog zu *S. metallica*, könnte ihr fehlendes Auftreten am Kartierungsgewässer darauf zurückzuführen sein, dass die Art generell in Nordrhein-Westfalen nur vereinzelt und selten gesichtet wird. Allgemein liegt ihr Verbreitungsschwerpunkt in austrocknenden Teichanlagen (Olthoff & Schmidt, 2009), obwohl der Kopfweiher nichtsdestotrotz in ihr Habitatportfolio fallen würde.

#### **4.8) Fehlerdiskussion**

Die Kartierungsfläche des untersuchten Gewässers erwies sich als ungeeignet für eine aussagekräftige Exuvienuntersuchung, da die dokumentierte Datenlage nicht dem erwartbaren Ausmaß entsprach. Am ersten Erfassungstag wurden keine Exuvien gefunden und an den folgenden beiden Kartierungstagen war der Ertrag unzureichend, wodurch die Beendigung der Exuviensuche erfolgen musste. Daher musste ein Vergleich zwischen der Exuviensuche und der Imaginesbeobachtung vernachlässigt werden. Aufgrund der geringen Anzahl an gefundenen Exuvien konnten auch keine Prognosen über die Quantität von erwartbaren Arten getroffen werden. Lediglich die Bodenständigkeit von *C. aenea* konnte nachweislich belegt und verifiziert werden. Um somit eine ausreichende Datenlage durch eine Exuvienuntersuchung zu gewährleisten, muss dementsprechend, wie in Kapitel 3.1 erläutert, eine Erfassung von nicht fußläufig-erreichbaren Gebieten einbezogen werden.

Hinsichtlich der Imaginesuntersuchungen kann nicht mit absoluter Sicherheit gewährleistet werden, dass alle realen Arten aufgrund ihrer Quantität erfasst werden können. Die Zunahme an Abundanzen und das teils uneinsichtige und

artkonkurrierende Habitatverhalten der Libellenexemplare erschwerte die visuelle Erfassung. Darüber hinaus können wetterabhängige Einflüsse, wie erhöhte Sonneneinstrahlung oder spiegelnde Effekte an der Wasseroberfläche zu nicht-erfassten Exemplaren geführt haben. Des Weiteren ist aufgrund der Gewässerdimensionen des Kopfweihers und der begrenzt möglichen Beobachtungsdistanz durch das verwendete Fernglas nur ein bestimmter Radius zur Libellenerfassung abdeckbar. Auch hierbei wäre empfehlenswert die nicht fußläufig-erreichbaren Gebiete der Gewässermitte miteinzubeziehen, um eine umfassende Imaginesuntersuchung zu erzielen.

Da die vorliegende Arbeit das erste Monitoring der Libellenfauna am Kopfweiher darstellt und auch weitere, hilfreiche Gewässerdaten bisher nicht erfasst wurden, können bisherige Bestandsentwicklungen nicht berücksichtigt und prognostiziert werden. Dementsprechend sind aussagekräftige Schlussfolgerungen zu der Bodenständigkeit, möglichen Populationsanstiegen, der Einwanderung neuer Arten oder der Rückkehr bekannter Arten nur bedingt formulierbar.

Zuletzt wurde das Südufer des Kopfweihers als Kartierungsgebiet vernachlässigt. Im Vergleich zum Nordufer weist es zum Teil unterschiedliche Vegetationsbedingungen auf und kann für, die in dieser Arbeit nicht erfassten, Arten ein geeignetes Habitat darstellen. Dementsprechend sollte für eine vollständige Kartierung des Kopfweihers das Südufer als Untersuchungsgebiet einbezogen werden.

## 5.) Fazit

Innerhalb dieser Arbeit konnten 16 verschiedene Libellenarten in einem Untersuchungszeitraum von fünf Monaten am Kopfweiher des Benrather Schlossparks kartiert werden. Damit stellt das untersuchte Gewässer ein breites und vielfältiges Artenspektrum zu vergleichbaren Stillgewässern dar. Neben der nachweislichen Bodenständigkeit von *C. aenea* und *C. viridis*, wurden weitere, zahlreiche Arten visuell erfasst und konnten in ihrem natürlichen Verhalten beobachtet werden. Besonders für Arten wie *E. viridulum*, *O. cancellatum* und *A. imperator* stellt der Kopfweiher ein geeignetes Habitat dar. Diese wiesen während des gesamten Kartierungszeitraums die höchsten Abundanzen im Vergleich zur gesamten, hiesigen Libellenfauna vor. Arten wie *B. pratense*, die in Nordrhein-Westfalen als gefährdet eingestuft werden, nutzen den Kopfweiher als Teillebensraum, wodurch sich die besondere Eignung dieses Habitats unterstreichen lässt. Ebenso konnte, die in Nordrhein-Westfalen selten auftretende Art, *A. parthenope* mit geringen Abundanzen beobachtet und als bodenständig erfasst werden.

Weltweit sind Flora und Fauna von verschiedenen Gefährdungen betroffen, die oft aus kulturellen Quellen resultieren. Allgemein gehören zu den prägendsten Stressfaktoren der Klimawandel, die Sukzession und die Eutrophierung. Hohe Temperaturen begünstigen thermophile Arten wie *C. erythraea*, vertreiben jedoch Arten mit anderen thermischen Präferenzen. Die menschliche Beeinflussung urbaner Gewässer verändert die chemische Zusammensetzung des Wassers und fördert problematische Algenblüten, welche das Gewässer zu einem ungeeigneten Habitat für viele Libellenarten werden lassen kann. So ist auch der Kopfweiher, trotz seines Bestandteils eines Naturschutzgebiets, diesen Faktoren maßgeblich ausgesetzt. Dementsprechend ist es wichtig, auch jene Gewässer angemessen und regelmäßig zu pflegen sowie Maßnahmen zur Bekämpfung der beschriebenen Stressfaktoren zu ergreifen, um die beheimatete Libellenfauna nachhaltig zu schützen.

Die vorliegende Arbeit stellt das erste Monitoring und somit die erstmalige Erfassung der Libellenfauna am Benrather Kopfweiher dar. Dennoch konnte die Sichtung zahlreicher Exemplare das umfangreiche Artenspektrum dieses Gewässers widerspiegeln. Damit bildet diese Arbeit eine Grundlage für zukünftige Kartierungen,

die eine nachhaltige Überwachung der dortigen Populationsentwicklungen sowie -veränderungen ermöglicht. Die Diskussion möglicher Fehler beschreibt Maßnahmen zur Optimierung dieses künftigen Vorgehens und stellt anzustrebende Schutzmaßnahmen vor, um die Variabilität der Libellenfauna am Kopfweiher sicherzustellen. Besonders das Auftreten von teils gefährdeten Arten unterstreicht die übergreifende Bedeutung des Kopfweihers als urbanes Stillgewässer in Bezug auf die lokale Libellenpopulation im Landkreis Düsseldorf.

# Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Ilayda Celik, dass die vorliegende Bachelorarbeit

„Welche Libellenarten und in welcher Häufigkeit nutzen das Gewässer zur Fortpflanzung bzw. als Teillebensraum und hat das Gewässer eine Bedeutung für die lokale Libellenfauna?“

von mir selbstständig verfasst wurde. Andere als die in der Arbeit angegebenen Quellen und Hilfsmittel wurden nicht benutzt. Alle Zitate, Textquellen und Publikationen sind als diese kenntlich gemacht. Eine Veröffentlichung sowie Vorlegung der Arbeit bei einer anderen Prüfungsbehörde haben nicht stattgefunden.

Düsseldorf, 15.02.2024



---

Ilayda Celik

# Literaturverzeichnis

- Arbeitskreis Libellen Nordrhein-Westfalen - Verein zur Förderung des LWL-Museums für Naturkunde e. V., Münster (Hrsg.). (2016). *Die Libellen Nordrhein-Westfalens*. Münster: Westfälisches Museum f. Naturkunde.
- Artiss, T. (2004). Phylogeography of a facultatively migratory dragonfly, *Libellula quadrimaculata* (Odonata: Anisoptera). *Hydrobiologia*, 515(1–3), 225–234. doi:10.1023/b: hydr.0000027332.57786.9d
- Balzan, M. V. (2012). Associations of dragonflies (Odonata) to habitat variables within the Maltese Islands: a spatio-temporal approach. *Journal of Insect Science*, 12(87), 87. doi:10.1673/031.012.8701
- Belz, A., & Fuhrmann, M. (2000). Libellen. *Libellen. Biologische Station Rothaargebirge*.
- Beutler, H. (1985). 1985b: Zum Emergenzrythmus und Geschlechterverhältnis von *Anax imperator* Leach (Odonata). *Entomol. Nachr. Ber*, 29, 109–112.
- Bots, J., De Bruyn, L., Snijkers, T., Van den Branden, B., & Van Gossum, H. (2010). Exposure to perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) adversely affects the life cycle of the damselfly *Enallagma cyathigerum*. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 158(3), 901–905. doi: 10.1016/j.envpol.2009.09.016
- Bowler, D. E.; Eichenberg, David; Conze, Klaus-Jürgen; Suhling, Frank; Baumann, Kathrin; Benken, Theodor et al. (2021): Winners and losers over 35 years of dragonfly and damselfly distributional change in Germany. In: *Divers Distrib* 27 (8), S. 1353–1366. DOI:10.1111/ddi.13274.
- Buchwald, R., B. Höppner & A. Schanowski (1994): 10. Sammelbericht (1994) über Libellenvorkommen in Baden-Württemberg. - Karlsruhe (Schutzgemeinschaft Libellen in Baden-Württemberg)



- Cham, S. (2021). *Ovipositing behaviour, egg positioning and egg set size of Chalcolestes viridis (Vander Linden) (Willow Emerald Damselfly) at a new site in Britain*. In: *Journal of the British Dragonfly Society*. Abgerufen von [https://british-dragonflies.org.uk/wp-content/uploads/2023/03/JBDS\\_Vol37No1.pdf](https://british-dragonflies.org.uk/wp-content/uploads/2023/03/JBDS_Vol37No1.pdf)
- Clausnitzer, H.-J. (1974). Die ökologischen Bedingungen für Libellen (Odonata) an intensiv bewirtschafteten Fischteichen. *Beitr. Naturk. Niedersachsens*, 27, 78-90.
- Conrad, K. F., Willson, K. H., Whitfield, K., Harvey, I. F., Thomas, C. J., & Sherratt, T. N. (2002). Characteristics of dispersing *Ischnura elegans* and *Coenagrion puella* (Odonata): age, sex, size, morph and ectoparasitism. *Ecography*, 25(4), 439–445. doi:10.1034/j.1600-0587.2002.250406.x
- Conze, K.-J., Grönhagen, N., Edgar, Barkow, A., Ludger, & Menke, N. (2011). Rote Liste und Artenverzeichnis der Libellen - Odonata - in Nordrhein-Westfalen. In *Rote Liste der gefährdeten Pflanzen* (Bd. 36, S. 511–534). Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.
- Corbet, P. S. (1957). The life-history of the emperor dragonfly *Anax imperator* leach (Odonata: Aeshnidae). *The journal of animal ecology*, 26(1), 1. doi:10.2307/1781
- Corbet, P. S., Suhling, F., & Soendgerath, D. (2006). Voltinism of Odonata: A review. *International Journal of Odonatology: Official Organ of the Worldwide Dragonfly Association*, 9(1), 1–44. doi:10.1080/13887890.2006.9748261
- Cordero, A., Carbone, S. S., & Utzeri, C. (1998). Mating opportunities and mating costs are reduced in androchrome female damselflies, *Ischnura elegans* (Odonata). *Animal Behaviour*, 55(1), 185–197. doi:10.1006/anbe.1997.0603

- Deboer, Bill (2020): Electrical Conductivity and Monitoring Plant Nutrition. Online verfügbar unter <https://www.maximumyield.com/electrical-conductivity-and-monitoring-plant-nutrition/2/946>, zuletzt aktualisiert am 12.11.2020, zuletzt geprüft am 18.05.2023.
- Demarmels, J., & Schiess, H. (1977). *Cotti*. - *Estratto dal bollettino della società Ticinese di Scienze Naturali*. 29–83.
- Dewick, S., & Gerussi, R. (2000). Small red-eyed damselfly *Erythromma viridulum* (Charpentier) found breeding in Essex - the first British records. *Atropos*, 9, 3-4.
- Dijkstra, K.-D. B. (2006). *Field guide to the dragonflies of Britain and Europe*. London, England: British Wildlife Publishing.
- Doerksen, G. P. (1980). Notes on the reproductive behaviour of *Enallagma cyathigerum* (Charpentier) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica*, 9, 293–296.
- Gibbons, L., Reed, J., & Chew, F. (2002). Habitat requirements and local persistence of three damselfly species (Odonata: Coenagrionidae). *Journal of Insect Conservation*, 6, 47–55.
- Glandt, Dieter (2006): *Praktische Kleingewässerkunde*. Bielefeld: Laurenti-Verl. (Zeitschrift f. Feldherpetologie -Supplemente, 9)
- Gleisberg, D., Kandler, J., Ulrich, H., & Hartz, P. (1976). Eutrophierung und abwasserreinigung. *Angewandte Chemie (Weinheim an Der Bergstrasse, Germany)*, 88(11), 354–365. doi:10.1002/ange.19760881104
- Goertzen, D. (2019). Parkteiche als Lebensraum für Libellen - Einfluss von Wasservögeln und Fischen auf die Libellendiversität. *Libellula Supplement*, 15, 71–91.

Google Maps (2024). Abgerufen am 23. November 2023. unter <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1mL9Ow0Ko9Be7zPkyzmqB3FYgs&hl=de&ll=51.16103200000003%2C6.870520999999985&z=17>

Gyulavári, H. A., Felföldi, T., Benken, T., Szabó, L. J., Miskolczi, M., Cserháti, C., ... Dévai, G. (2011). Morphometric and molecular studies on the populations of the damselflies *Chalcolestes viridis* and *C. Parvidens* (Odonata, Lestidae). *International Journal of Odonatology: Official Organ of the Worldwide Dragonfly Association*, 14(4), 329–339. doi:10.1080/13887890.2011.651983

Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., ... de Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS One*, 12(10), e0185809. doi:10.1371/journal.pone.0185809

Heineken, P. (o. J.). Die freie Hansestadt Bremen und ihr Gebiet in topographischer, medizinischer und naturhistorischer Hinsicht. 2 Bände; I. 1836, II. 1837. Ph. [221. In *Systematisches Verzeichniss der in der Umgegend von Bremen vorkommenden Thiere* U gegeben.

Hejda, Martin; Pyšek, Petr; Jarošík, Vojtěch (2009): Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. In: *Journal of Ecology* 97 (3), S. 393–403. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2009.01480.x.

Heißenhuber, A., Haber, W., & Krämer, C. (2015). *30 Jahre SRU-Sondergutachten „Umweltprobleme der Landwirtschaft“*.

Herborg, L.-M., Weetman, D., Van Oosterhout, C., & Hänfling, B. (2007). Genetic population structure and contemporary dispersal patterns of a recent European invader, the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. *Molecular Ecology*, 16(2), 231–242. doi:10.1111/j.1365-294x.2006.03133.x

- Herzog, R., Osigus, H. –. J., Feindt, W., Schierwater, B., & Hadrys, H. (2016). The complete mitochondrial genome of the emperor dragonfly *Anax imperator* LEACH, 1815 (Odonata : Aeshnidae) via NGS sequencing. *Mitochondrial DNA. Part B, Resources*, 1(1), 783–786. doi:10.1080/23802359.2016.1186523
- Horn, R. (2003). Eine zweite Jahresgeneration bei *Crocothemis erythraea* in Deutschland während des extrem heißen Sommers 2003 (Odonata: Libellulidae). *Odonata: Libellulidae*. - *Libellula*, 22, 139–142.
- Hunger, H. (o. J.). Biozöologische Untersuchungen zum Habitatschema der Pokal-Azurjungfer (*Cercion lindenii* SÉLYS 1840) in der südlichen Oberrheinebene. Abgerufen 11. Januar 2024, von Fosor.de website: <https://fosor.de/artikel/elindenii.pdf>
- Immerschitt, I., & Martens, A. (2020). *Ejection, ingestion and fragmentation of mesoplastic fibres to microplastics by Anax imperator larvae (Odonata: Aeshnidae)*. doi:10.5281/ZENODO.3823329
- IUCN (2021): Dragonflies threatened as wetlands around the world disappear - IUCN Red List. Online verfügbar unter <https://www.iucn.org/news/species/202112/dragonflies-threatened-wetlands-around-world-disappear-iucn-red-list>, zuletzt aktualisiert am 04.07.2022, zuletzt geprüft am 11.01.2024.
- Jödicke, R., & Thomas, B. (1993). Bivohine Entwicklungszyklen bei *Sympetrum striolatum* (Charpenlier) in Mitteleuropa (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 22, 357–364.
- Jödicke, Reinhard. (1997). *Die Binsenjungfern und Winterlibellen Europas. Lestidae*.
- K., B. (2000). Vorkommen von FFH- Anhang II und IV-Libellenarten in ausgewählten Gebieten Südbayerns - Untersuchungen zu Natura. In *Gutachten, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz*. Augsburg.

- Kikillus, R., & Weitzel, M. (1981). *Grundlagenstudien zur Ökologie und Faunistik des Rheinlandes. - Pollichia*. Buch 2.
- Kolshorn, P. (1996). Winterlibelle entdeckt: neuer Nachweis für den Niederrhein. *Natur-Spiegel*, 19(2).
- Koch Kamilla, Jens schneider, laura BirKmann, Julia Weis & anne Kotulla. (2013). *Ein Vergleich zweier Großlibellenpopulationen (Odonata: Anisopera) in Mainz* (Mainzer naturwiss. Archiv, Hrsg.).
- Kordges, T. P. (2000). Erstnachweis der Frühen Heidelibelle *Sympetrum fonscolombii* (Selys) im Ruhrgebiet. *Dortmunder Beiträge zur Landeskunde. Naturwissenschaftliche Mitteilungen*, 34, 117–121.
- Krüner, U. (1977). Revier- und Fortpflanzungsverhalten von *Orthetrum cancellatum* (Linnaeus) (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 6, 263–270.
- Kuhn, K., & Burbach, K. (1998). *Libellen in Bayern*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Künzi, Yvonne; Prati, Daniel; Fischer, Markus; Boch, Steffen (2015): Reduction of Native Diversity by Invasive Plants Depends on Habitat Conditions. In: *AJPS* 06 (17), S. 2718–2733. DOI: 10.4236/ajps.2015.617273
- Lohr, M. (2015). *Libellula Supplement 14. Atlas der Libellen Deutschlands (Odonata), Band II*. GdO : Bremen.
- Matos, C., Petrovan, S. O., Wheeler, P. M., & Ward, A. I. (2019). Landscape connectivity and spatial prioritization in an urbanising world: A network analysis approach for a threatened amphibian. *Biological Conservation*, 237, 238–247. doi: 10.1016/j.biocon.2019.06.035
- Mauersberger, R. (1987). *Zur Libellenfauna von Berlin-Köpenick und Umgebung. – Naturschutzarb* (Bd. 23). Berlin und Brandenburg.

- McMillan, V. E. (2000). Aggregating behavior during oviposition in the dragonfly *Sympetrum vicinum* (Hagen) (Odonata: Libellulidae). *The American Midland Naturalist*, 144(1), 11–18. doi:10.1674/0003-0031(2000)144[0011:abdoit]2.0.co;2
- Minot, M., Besnard, A., & Husté, A. (2021). Habitat use and movements of a large dragonfly (Odonata: *Anax imperator*) in a pond network. *Freshwater Biology*, 66(2), 241–255. doi:10.1111/fwb.13632
- Münchberg, P. (1931). Beiträge zur Kenntnis der Odonatenfauna der Grenzmark Posen-Westpreußen. Abhandlungen und Berichte (Naturwissenschaftliche Abteilung) der Grenzmarkischen Gesellschaft zur Erforschung und Pflege der Heimat. *Schneide mühl*, 6, 108–127.
- Münchberg, Paul. (1933). Beiträge zur Kenntnis der Biologie der Lestinae Calv. (Odonata). *Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie*, 28(3–4), 141–171. doi:10.1002/iroh.19330280302
- Münchberg, P. (1935). Zur Kenntnis der Odonatenparasiten, mit ganz besonderer Berücksichtigung der Ökologie der in Europa an Libellen schmarotzenden Wassermilbenlarven. *Archiv für Hydrobiologie*, 29, 1–122.
- Nelson, B., Ronayne, C., & Thompson, R. (2003). Colonization and Changing Status of Four Odonata Species, *Anax imperator*, *Anax parthenope*, *Aeshna mixta* and *Sympetrum fonscolombii*, in Ireland 2000-2002. *The Irish Naturalists' Journal*, 27(7), 266–272. <http://www.jstor.org/stable/25536492>
- Oelmann, Y., Fiedler, D., Michaelis, R., Leivits, M., Braun, A., Gschwind, P., ... Willigalla, C. (2023). Autumn migration of the migrant hawkler (*Aeshna mixta*) at the Baltic coast. *Movement Ecology*, 11(1). doi:10.1186/s40462-023-00415-z
- Olthoff, M. E., Schmidt Hannig, K., Olthoff, M., Wittjen, K., & Zimmermann, T. (2009). *Die Libellen (Insecta, Odonata) des Truppenübungsplatzes Haltern-Borkenberge* (Bd. 71). Kreise Coesfeld und Recklinghausen.



- Ott, J., Conze, K.-J., André, Lohr, M., Rüdiger, Hanns- Jürgen, & Suhling, F. (2015). Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen Deutschlands mit Analyse der Verantwortlichkeit, dritte Fassung, Stand Anfang 2012 (Odonata). *Libellula Supplement*, 14, 395–422.
- Ott, J. & Conze, K.-J. & Mauersberger, Rüdiger & Günther, André & Lohr, Mathias & Roland, Hanns-Jürgen & Suhling, Frank. (2022). Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen (Odonata) Deutschlands. 3. Fassung, Stand Anfang 2012. 70. 659-679. Fischer, U., & Brockhaus, T. (Hrsg.). (2005). *Die Libellenfauna Sachsens* (1. Aufl.). Rangsdorf: NATUR
- Pardey, A., Christmann, K.-H., Feldmann, R., Glandt, D., & Schlüpmann, M. (2005). *Die Kleingewässer: Ökologie, Typologie und Naturschutzziele*. doi:10.13140/RG.2.1.1878.5369
- Parr AJ (2010) Monitoring of Odonata in Britain and possible insights into climate change. In: Ott J (Ed) (2010) Monitoring Climatic Change With Dragonflies. *BioRisk* 5: 127–139. doi: [10.3897/biorisk.5.846](https://doi.org/10.3897/biorisk.5.846)
- Pérez, J. E., Nirchio, M., Alfonsi, C., & Muñoz, C. (2006). The biology of invasions: The genetic adaptation paradox. *Biological Invasions*, 8(5), 1115–1121. doi:10.1007/s10530-005-8281-0
- Peters, G. (1987b). *Die Edellibellen Europas. Aeshnidae*. A. Ziemsen.
- Piersanti, S., Rebora, M., Salerno, G., & Gaino, E. (2007). *Behaviour of the larval dragonfly Libellula depressa (Odonata Libellulidae) in drying pools*. In: *Ethology Ecology & Evolution* 19 (2), S. 127–136. doi:10.1080/08927014.2007.9522572
- Ramachandran, S., Deshpande, O., Roseman, C. C., Rosenberg, N. A., Feldman, M. W., & Cavalli-Sforza, L. L. (2005). Support from the relationship of genetic and geographic distance in human populations for a serial founder effect originating in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(44), 15942–15947. doi:10.1073/pnas.0507611102

- Rebora, Manuela; Piersanti, Silvana; Salerno, Gianandrea; Conti, Eric; Gaino, Elda (2007): Water deprivation tolerance and humidity response in a larval dragonfly: a possible adaptation for survival in drying ponds. In: *Physiol Entomol* 32 (2), S. 121–126. DOI: 10.1111/j.1365-3032.2006.00553.x.
- Robert, P. A. (1959). *Die Libellen (Odonaten)*. creatura. Naturkundliche F + F-Taschenbücher, Band IV.
- R. Rudolph. (1981). Grundlagenstudien zur Ökologie und Faunistik der Libellen des Rheinlandes. *Notulae odonatologicae*, 1(8), 139–140.
- Schardt, L. (2017). *Emergenznachweise von Libellen am Spiegelweiher von Schloss Benrath*. Stadt Düsseldorf (NRW): Entomologie heute.
- Schaub, M. (1997, März 13). Ein Massenzug von *Libellula quadrimaculata* L. entlang der Kurischen Nehrung (Anisoptera: Libellulidae). Abgerufen 02. Januar 2024, von Zobodat.at website: [https://www.zobodat.at/pdf/Libellula\\_16\\_0181-0184.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/Libellula_16_0181-0184.pdf)
- Schiel, F.-J. (o. J.). Zur Habitatbindung der Becher-Azurjungfer (*Enallagma cyathigerum* CHARPENTIER 1840) (Odonata: Zygoptera) am südlichen Oberrhein. Abgerufen 08. Dezember 2023, von Zobodat.at website: [https://www.zobodat.at/pdf/Naturschutz-suedl-Oberrhein\\_2\\_0139-0147.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/Naturschutz-suedl-Oberrhein_2_0139-0147.pdf)
- Schlüpmann, M. (1989). *Die Odonatenfauna stehender Kleingewässer im Raum Hagen. Faunistik, Ökologie und bioökologische Bewertung*.
- Schlüpmann, Martin (Hrsg.). (2000). *Die Libellen des Südwestfälischen Berglandes*. Der Sauerländische Naturbeobachter. 27. 5-44.
- Schlüpmann, M. (2003). Entstehung, Nutzung, Typologie, Temperaturverhältnisse und Hydrochemie stehender Kleingewässer im Raum Hagen. *Dortmunder Beiträge zur Landeskunde*. *Dortmunder Beiträge zur Landeskunde*, 36, 55–112.

- Schmidt, E. (1991). Das Nischenkonzept zur die Bioindikation am Beispiel Libellen. *Beirr. Landespflege Rheinland-Pfalz*, 14, 95–117.
- Schmidt, W. (1966). Odonaten-Funde in der Umgebung von Einbeck. *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, 91–93.
- Schorr, M. (1990). Grundlagen zu einem Artenhilfsprogramm Libellen der Bundesrepublik Deutschland. *Ursus Scientific Publishers*.
- Schulz, S. (1995). *Eiablage und Entwicklungserfolg der Larven von Enallagma cyathigerum (CHARPENTIER, 1840)*. - Diplomarbeit Zoologisches.
- St. Quentin, V. D. (1969, Dezember 12). Katalog der Odonaten-Typen im Naturhistorischen Museum Wien. Abgerufen 08. Dezember 2023, von Zobodat.at website: [https://www.zobodat.at/pdf/ANNA\\_74\\_0253-0279.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/ANNA_74_0253-0279.pdf)
- Stav, G., Kotler, B. P., & Blaustein, L. (2007). Direct and indirect effects of dragonfly (*Anax imperator*) nymphs on green toad (*Bufo viridis*) tadpoles. *Hydrobiologia*, 579(1), 85–93. doi:10.1007/s10750-006-0388-5
- Sternberg, K., & Buchwald, R. (2000). *Großlibellen (Anisoptera), Literatur*. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co (Die Libellen Baden-Württembergs / bearb. und hrsg. von Klaus Sternberg und Rainer Buchwald. Mit Textbeitr. von Rainer Buchwald).
- Stirling, E.; Fitzpatrick, R. W.; Mosley, L. M. (2020): Drought effects on wet soils in inland wetlands and peatlands. In: *Earth-Science Reviews* 210, S. 103387. DOI: 10.1016/j.earscirev.2020.103387.
- Suhling, F., Schenk, K., Padeffke, T., & Martens, A. (2004). A field study of larval development in a dragonfly assemblage in African desert ponds (Odonata). *Hydrobiologia*, 528(1–3), 75–85. doi:10.1007/s10750-004-3047-8

Thompson, B. N. C. R. (2003). *Colonization and Changing Status of Four Odonata Species, Anax imperator, Anax parthenope, Aeshna mixta and Sympetrum fonscolombii, in Ireland 2000-2002*. Abgerufen von <https://www.jstor.org/stable/25536492>

Tyrrell, M. (2019). *Hatching of submerged eggs of Chalcolestes viridis (Vander Linden) (Willow Emerald Damselfly) in: Journal of the British Dragonfly Society*. Abgerufen von [https://british-dragonflies.org.uk/wp-content/uploads/2022/02/JBDS\\_Vol35No2.pdf](https://british-dragonflies.org.uk/wp-content/uploads/2022/02/JBDS_Vol35No2.pdf)

Umweltbundesamt (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021 (Teilbericht 3). Unter Mitarbeit von Uta Fritsch, Marc Zebisch, Maike Voß, Manuel Linsenmeier, Walter Kahlenborn, Luise Porst, Linda Hölscher, Anke Wolff, Ulrike Hardner, Katarzyna Schwartz, Mareike Wolf, Alexandra Schmuck, Konstanze Schönthaler, Enno Nilson, Helmut Fischer, Claudius Fleischer. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-3-Cluster-Wasser>

van Klink, R., Bowler, D. E., Gongalsky, K. B., Swengel, A. B., Gentile, A., & Chase, J. M. (2020). Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science (New York, N. Y.)*, 368(6489), 417–420. doi:10.1126/science.aax9931

von Süßwasserökosystemen, D. W. (o. J.). Policy Paper Reihe zur UN-Dekade zur Wiederherstellung von Ökosystemen (2021-2030) Policy Paper Nr. 8. Abgerufen 02. Februar 2024, von Bmuv.de website: [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Naturschutz/un\\_dekade\\_policy\\_paper4\\_nbs\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/un_dekade_policy_paper4_nbs_bf.pdf)

Watts, P. C., Keat, S., & Thompson, D. J. (2010). Patterns of spatial genetic structure and diversity at the onset of a rapid range expansion: colonisation of the UK by the small red-eyed damselfly *Erythromma viridulum*. *Biological Invasions*, 12(11), 3887–3903. doi:10.1007/s10530-010-9779-7

- Wellborn, G. A., Skelly, D. K., & Werner, E. E. (1996). Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27(1), 337–363. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.27.1.337
- Westermann, K. (o. J.-a). Strategien frisch geschlüpfter *Lestes viridis* zur Vermeidung von Regenschäden (Odonata: Lestidae). Abgerufen 02. Februar 2024, von Libellula.org website: [https://www.libellula.org/wp-content/uploads/2016/10/25\\_1-2\\_Westermann.pdf](https://www.libellula.org/wp-content/uploads/2016/10/25_1-2_Westermann.pdf)
- Westermann, K. (o. J.-b). Zum Status der Großen Königlibelle (*Anax imperator*) im höheren Schwarzwald. Abgerufen 18. Dezember 2023, von Fosor.de website: <https://fosor.de/artikel/koeniglibelle.pdf>
- Wildermuth, H. (1994). Populationsdynamik der Großen Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis* Charpentier, 1825 (Odonata, Libellulidae). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*, 3, 25–39.
- Wildermuth, H., & Schiess, H. (1983). Die Bedeutung praktischer Naturschutzmaßnahmen für die Erhaltung der Libellenfauna in Mitteleuropa. *Odonatologica*, 12(4), 345–366.
- Wildermuth, Hansruedi; Martens, Andreas (2014): Taschenlexikon der Libellen Europas. Alle Arten von den Azoren bis zum Ural im Porträt. 1. Aufl. Wiebelsheim: Quelle & Meyer
- Zimmermann-Timm, H., & Teubner, K. (2019). Warnsignal Klima: Die Städte. In J. L. Lozán, H. S-W Breckle, W. Graßl, & A. Kuttler (Hrsg.), *Gewässer im Wandel* (S. 174–181).
- Zwick, P. (2001). CORBET, P.s. (1999): Dragonflies: Behaviour and ecology of Odonata. *Aquatic insects*, 23(1), 83–83. doi:10.1076/aqin.23.1.83.4929