20. August 2023

Die Libellenfauna eines Stillgewässers in Niederösterreich unter besonderer Berücksichtigung seiner Salinität

Andreas Chovanec[1], Iris Fischer[2], Victoria Kargl[2] and Kristina Schaufler[3]

[1)] Krotenbachgasse 68, A-2345 Brunn am Gebirge, Österreich, andreas.chovanec@bml.gv.at
[2)] Naturhistorisches Museum Wien, Burgring 7, A-1010 Wien, iris.fischer@nhm-wien.ac.at, victoria.kargl@nhm-wien.ac.at
[3)] Antonigasse 55/9, A-1170 Wien, kristina.schaufler@umweltbundesamt.at

Abstract

Dragonflies and damselflies at a stagnant water body in Lower Austria with special reference to its salinity – A standing water body with a size of about 1,500 m² was subject of an odonatological survey from 2021 to 2022. Due to heterogenic habitat conditions, 36 odonate species were found with 15 of them autochthonous (e.g., *Coenagrion scitulum* and *Sympetrum meridionale*, both "threatened with extinction" according to the Austrian Red List). In the case of 13 spp. successful development was proven by records of tenerals and exuviae and two spp. were classified as autochthonous because of high abundances in both years. The identification of exuviae was performed using DNA barcoding technique. The results of the study confirm the tolerance of many Central European dragonfly and damselfly species towards salinity. A maximum of 1.8 PSU (Practical Salinity Units) was calculated for the investigated water body due to increased chloride and sodium concentrations. Based on the results obtained in this study, the published tolerance limits of some species have to be raised. Only verbally described plasticity towards salinity in other species is now confirmed by precise values of chloride and sodium. Desiccating parts of the water body in 2022, due to low precipitation and groundwater levels, probably had an important impact on the Odonate community.

Zusammenfassung

An einem etwa 1.500 m² großen Stillgewässer mit einer heterogenen Strukturausstattung wurden im Rahmen einer zwei Jahre dauernden Studie (2021–2022) 36 Libellenarten nachgewiesen, 15 davon bodenständig (darunter auch *Coenagrion scitulum* und *Sympetrum meridionale*, beide „vom Aussterben bedroht" gemäß der Roten Liste für Österreich). Bei 13 Arten belegten Sichtungen von frisch emergierten Individuen und/oder Funde von Exuvien die erfolgreiche Reproduktion, bei zwei weiteren Arten ist aufgrund der in beiden Jahren nachgewiesenen Abundanzen von Bodenständigkeit auszugehen.

Die Bestimmung der Exuvien erfolgte auf Basis molekulargenetischer Methoden (DNA-Barcoding). Die Fundsituation bestätigt die z.T. hohe Toleranz gegenüber Salinität zahlreicher in Mitteleuropa vorkommenden Odonata. Am Untersuchungsort waren erhöhte Chlorid- und Natriumkonzentrationen messbar (maximal 1,8 PSU Practical Salinity Units). Auf Basis der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind für einzelne Arten die Toleranzwerte hinsichtlich Salinität hinaufzusetzen. Bei anderen Arten konnte die bislang ausschließlich verbal beschriebene Plastizität hinsichtlich erhöhter Salinität durch konkrete Chlorid- und Natrium-Werte untermauert werden. Einen starken Einfluss auf die Libellenfauna dürfte das Austrocknen von Teilen des Gewässers im niederschlagsarmen Jahr 2022 gehabt haben.

Einleitung

Es ist bekannt, dass die Larven von zahlreichen Libellenarten höhere Salzkonzentrationen tolerieren (z.B. Osborn 1906; Stammer 1928; Wright 1943; Lindberg 1948; Jacob 1969; Stark 1976; Cannings et al. 1980; Schmidt 1982; Carchini & Rota 1985; Mlody 1986; Cannings & Cannings 1987; Ferreras Romero 1988; Schlüpmann 1995; Smith & Smith 1996; Dierschke 1998; Breuer et al. 2000; Lotzing 2000; Schulz 2000; Berezina 2003; Schindler et al. 2003; Scher & Thièry 2005; Benken & Raab 2008; Catling 2009; Linke 2009; Wolf & Kiel 2010; Seehausen & Schardt 2014; Seehausen 2015; Watabe 2015; Benken et al. 2016; Lambret et al. 2017, 2021; Carr 2020; Gauci 2020). Die Datenlage zur Salinitätstoleranz von Libellen ist allerdings sehr uneinheitlich und lückenhaft, insbesondere was die Belege erfolgreicher Reproduktion von Arten in Gewässern mit erhöhter Salinität und konkrete Daten über den Chemismus solcher Fortpflanzungsgewässer betrifft.

Libellenlarven zählen zu den hyperosmotischen Regulierern, das heißt, die Konzentration von gelösten Stoffen ist in der Hämolymphe größer als im umliegenden Wasser. Mit ansteigender Konzentration gelöster Teilchen im Wasser (Osmolaritat) steigt die Gefahr, dass die Hämolymphe diesen hypertonischen Charakter gegenüber dem umgebenen Wasser verliert (Corbet 1999; Linke 2009). Um die Osmolarität der Hämolymphe auf einem Niveau über jenem des umgebenden Wassers zu halten, werden Natrium- und Chlorid-Ionen aktiv über Chlorid-Epithelien im Enddarm absorbiert, die auf die Aufnahme von Ionen spezialisiert sind (Greven & Rudolph 1973; Wichard & Komnick 1974a–c; Komnick 1978; Moens 1980; Herzog 1982; Kukulies 1982; Kukulies & Komnick 1983; Miller 1994; Corbet 1999). Spezialfälle stellen jene Libellenarten dar, die in marinen Lebensräumen vorkommen bzw. in Gewässern, deren Salinität sogar über jener von Meerwasser liegt: *Erythrodiplax berenice* und *Orthetrum poecilops.* Diese Arten sind auch zu hypoosmotischer Regulation befähigt (z.B. Wright 1943; Kelts 1977; Dunson 1980; Corbet 1999; Wilson K.D.P 2001, 2020; Bridgehouse 2007; Wilson H.W. 2008).

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Frage, welche Odonata an einem Stillgewässer mit erhöhter Salinität erfolgreich reproduzieren konnten. Die betreffen-

den Untersuchungen wurden in den Jahren 2021 und 2022 an einem anthropogenen Gewässer in Niederösterreich durchgeführt, das insbesondere durch starke Schwankungen des Wasserstands sowie erhöhte Chlorid- und Natriumgehalte gekennzeichnet ist. Da erst der Nachweis der vollständigen Entwicklung einer Spezies an einem Gewässer den Beleg für ihre Toleranz gegenüber herrschenden Umweltparametern darstellt, standen die Nachweise von frisch emergierten Tieren und – insbesondere im Jahr 2022 – Aufsammlungen von Exuvien im speziellen Fokus der Studie. Umfangreiches Schrifttum zu dem Thema rundet die Arbeit ab.

Untersuchungsort

Das untersuchte Stillgewässer liegt im Bezirk Wiener Neustadt-Land auf 285 m ü. NHN. Seine Lage im östlichen Niederösterreich ist dem Landschaftsraum „Südliches Wiener Becken" zuzuordnen (Fink et al. 2000), der einen Teil der aquatischen Bioregion „Östliche Flach- und Hügelländer" innerhalb der „Ökoregion Ungarische Tiefebene" repräsentiert (BMLRT 2021; Illies 1978). Es wurde in den Jahren 2013/2014 an einer Stelle angelegt, an der bereits eine Vernässung bestand. Das Becken hat eine schmale, länglich dreieckige Form in Nord–Süd-Ausrichtung und ist – abhängig von der Wasserführung – zwischen 40 und knapp 200 m lang. Im Norden misst die breiteste Stelle etwa 15–25 m. Bei mittlerer Wasserführung beläuft sich die Größe der Wasserfläche auf ca. 1.500 m^2. Die tiefsten Bereiche befinden sich im Nordteil, die maximale Tiefe beträgt – ebenfalls bei mittlerer Wasserführung – etwa 1 m. Die Ufer sind durchgehend flach auslaufend.

Der breitere Nordteil des Gewässers wird von einer offenen Wasserfläche und vegetationsarmen, kiesig-sandigen Ufern mit spärlichem Röhrichtbewuchs (Gewöhnliches Schilf *Phragmites australis*) geprägt (Abb. 1). Das Kamm-Laichkraut *Potamogeton pectinatus* und das Nixenkraut *Najas marina* bilden aufschwimmende Bestände. Der Mittelteil ist durch ein Mosaik aus kleineren offenen Wasserflächen, dichten Beständen von *P. australis* und Gewöhnlicher Teichbinse *Schoenoplectus lacustris*, sowie Bereichen mit Glänzendem Laichkraut *Potamogeton lucens*, *P. pectinatus* und *N. marina* charakterisiert (Abb. 2). Die langgezogene Spitze des Gewässers im Süden ist seicht, ohne offene Wasserflächen und dicht von *P. australis* bewachsen und weist – so wie der Mittelteil – eine temporäre Wasserführung auf (Abb. 3). Der Boden des Gewässers besteht vorwiegend aus lehmigem Schluff und sandigem Lehm mit einer Detritus-/Faulschlammauflage (BFW o.J.). Es wurde Fischbesatz festgestellt, darunter auch Jungfische des Blaubandbärblings *Pseudorasbora parva*. Die Art stammt ursprünglich aus Asien und wurde hier wahrscheinlich ausgesetzt.

Die Westseite des Gewässers grenzt an die etwa 50 m breite, bewaldete und mit Sträuchern und krautigen Pflanzen dicht bewachsene Böschung zu einer Autobahn, das Nordufer des Gewässers geht in eine vorwiegend mit Ruderalvegetation bewachsene Böschung über (z.B. Klette *Arctium* sp., Beifuß *Artemisia vulgaris*, Wilde Karde *Dipsacus fullonum*, Hornklee *Lotus* sp., Langblättrige Minze *Mentha*

Abbildung 1: Nördlicher Teil des untersuchten Stillgewässers bei hohem Wasserstand; Blick von Norden, 18.06.2022. – **Figure 1.** Northern part of the investigated water body at high water level; view from north, 18-vi-2022. Photo: AC

Abbildung 2: Mittlerer Teil des untersuchten Stillgewässers bei hohem Wasserstand; Blick von Südost, 15.06.2022. – **Figure 2.** Middle part of the investigated water body at high water level; view from southeast, 15-vi-2022. Photo: AC

longifolia, Hundsrose *Rosa canina*, Brombeere *Rubus* sp., Ampfer *Rumex* sp., Goldrute *Solidago* sp., Aufwuchs von Pappeln *Populus* sp.). Im Osten und Süden folgen landwirtschaftlich genutzte Flächen.

Die Hydrologie des Gewässers wird in erster Linie von Grundwasseraufstößen beeinflusst. Wie aus historischen Karten ersichtlich, existierte im Bereich der ehemaligen Vernässung und des heutigen Gewässers ein grundwassergespeister Quellast eines Bach-Systems. Im Jahr 2021 waren Nord- und Mittelteil permanent bespannt, der Südteil wies zumindest feuchtes Sediment auf. Die extrem geringen Niederschlagsmengen im Jahr 2022 führten dazu, dass der Mittel- und Südteil (nahezu) ausgetrocknet waren. Vergleichsweise intensive Niederschläge in der ersten Junidekade 2022 (etwa 60 mm am 05.06.; ANÖLR o.J.) führten auch in diesen Zonen des Gewässers zu hohen Wasserständen. Der Juni 2022 war folglich auch die einzige Periode in diesem Jahr mit einem Grundwasserspiegel über dem regionsspezifischen mittleren Niveau. Der Nordteil des Gewässers war bei schwankendem Wasserstand während der gesamten Untersuchungsperiode 2021–2022 bespannt. Die Niederschlagsmenge in der Region betrug im Jahr 2022 424 mm, im Jahr 2021 545 mm. Der durchschnittliche Vergleichswert aus der Periode 1961–1990 für die betreffende Region ist mit 628 mm angegeben

Abbildung 3: Südlicher Teil des untersuchten Stillgewässers; Blick von Südost, 14.06.2021. – **Figure 3.** Southern part of the investigated water body; view from southeast, 14-vi-2021. Photo: AC

und somit deutlich höher. Bei einem Vergleichswert von 10,4°C für die Periode 1961–1990 betrug die mittlere Lufttemperatur für die betreffende Region im Jahr 2021 11,8°C, im Jahr 2022 12,8°C (ZAMG o.J.).

Den Autor*innen zugängliche, einmal pro Monat erhobene Daten zur chemisch/physikalischen Charakterisierung des Gewässers für den Zeitraum 15. Oktober 2020 bis zum 1. Juni 2022 zeigen stark schwankende Salzgehalte mit hohen Spitzenwerten (Natrium: bis 1.000 mg/l, Chlorid bis 780 mg/l), die sich auch in den Werten der elektrischen Leitfähigkeit widerspiegeln (Abb. 4).

Zur besseren Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Angaben und Maßeinheiten hinsichtlich der Salinität in der Literatur wird an dieser Stelle die dimensionslose Einheit PSU (Practical Salinity Unit) verwendet (Täuscher 2011; Seehausen 2015). Die Salinität von 1 PSU entspricht einem Gesamtsalzgehalt von 1‰ und 1 g/l und umfasst die Summe aus Chlorid- und anderen Ionen. Die elektrische Leitfähigkeit kann mittels folgender Formel in PSU umgerechnet werden:

$PSU = (L\ 20°C \text{ in } ms\ cm^{-1}/1{,}44) - (0{,}7/1{,}44)$

Das untersuchte Gewässer wies bei starken Schwankungen einen maximalen PSU-Wert von etwa 1,8 auf. Gemäß der in Tabelle 1 dargestellten Einteilung von Gewässern nach ihrem Salzgehalt ist der Untersuchungsort als oligohalin zu klassifizieren (Caspers 1959; Täuscher 2011).

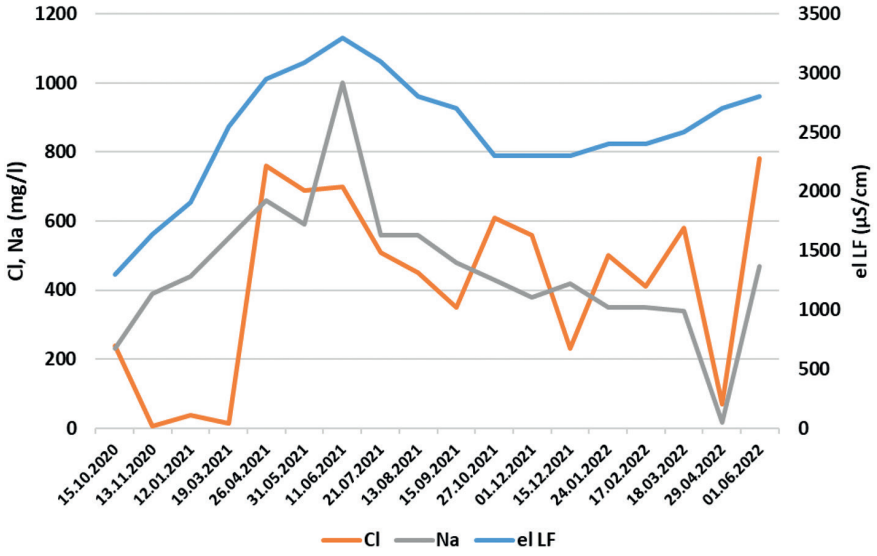

Abbildung 4: Konzentrationen von Chlorid (Cl) und Natrium (Na) des untersuchten Gewässers sowie Angaben zur elektrischen Leitfähigkeit (el LF). – **Figure 4.** Concentrations of chloride (Cl) and sodium (Na) of the investigated water body and data on electric conductivity (el LF).

Tabelle 1: Einteilung von Gewässern entsprechend ihres Salzgehaltes (Summe aus Chlorid- und anderen Ionen). – **Table 1.** Classification of waters according to their salinity (sum of chloride and other ions). **PSU** Practical Salinity Units.

Salinitätsbereich	Bezeichnung	PSU
Süßwasser	limnisch	< 0,5
Brackwasser	oligohalin	0,5 – < 5
	mesohalin	5,0 – < 18
	polyhalin	18 – < 30
Meerwasser	euhalin	30 – 40
Salinen, Sole	hyperhalin	> 40

Methode

Das Gewässer wurde im Zeitraum 31. März bis 3. September 2021 zehnmal bei – für libellenkundliche Untersuchungen – geeigneten Wetterbedingungen begangen, um die repräsentative imaginale Libellenfauna zu erheben. Im Jahr darauf erfolgten von 23. März bis 2. September 2022 22 Kartierungen. Dabei wurden adulte und frisch emergierte Individuen erhoben und beobachtetes Fortpflanzungsverhalten notiert. Die maximal bei einer Begehung festgestellten Individuenzahlen wurden für jedes der beiden Jahre in Abundanzklassen bezogen auf 100 m Uferlinie angegeben, innerhalb derer unterschiedliche familien-spezifische Raumansprüche berücksichtigt sind (Chovanec et al. 2015, Tab. 2). Da das Gewässer bei wechselnden Wasserständen durchschnittlich eine Uferlänge von etwa 100 m aufwies, konnte die auf 100 m–Strecken bezogene Methode zur Klassifizierung der Abundanzen in Anwendung gebracht werden. Der Gefährdungsgrad der Arten wurde der Roten Liste für Österreich entnommen (Raab 2006). Es erfolgte auch eine Überprüfung des Gefährdungsstatus des nachgewiesenen Arteninventars unter Heranziehung der Roten Listen für Europa (Kalkman et al. 2010). Darüber hinaus wurde auch kontrolliert, ob Spezies in Anhängen der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG) angeführt sind.

Bei jeder Begehung im Jahr 2022 wurde im Nord- und im Mittelteil des Gewässers in ausgewählten, repräsentativen Bereichen nach Exuvien gesucht (siehe dazu u.a. Straka 2010; Rychła 2021; Mauersberger 2022). Dabei wurden insgesamt etwa 30 m Uferlinie in offenen, spärlich bewachsenen und dicht bewachsenen Arealen kartiert. Eine quantitative Besammlung der Exuvien des gesamten Ufers wurde nicht durchgeführt. Der Südteil wurde nicht besammelt, da dieser am Beginn der Saison völlig trocken und ein Überleben von Larven in dieser Zone daher unwahrscheinlich war.

Die Bestimmung von Exuvien gelingt bei zahlreichen Spezies bis auf das Artniveau. Insbesondere innerhalb der Gattungen *Coenagrion* und *Sympetrum* ist die Determination mancher Arten jedoch schwierig bis nahezu unmöglich (z. B. Lais-

Tabelle 2: Zuteilung der Individuenzahlen unterschiedlicher Odonata-Familien pro 100 m zu Abundanzklassen (I–V). – **Table 2.** Allocation of numbers of individuals/100 m to abundance classes (I–V).

	I Einzelfund	II selten	III häufig	IV sehr häufig	V massenhaft
Zygoptera ohne Calopterygidae	1	2–10	11–25	26–50	> 50
Calopterygidae und Libellulidae	1	2–5	6–10	11–25	> 25
Anisoptera ohne Libellulidae	1	2	3–5	6–10	> 11

ter 1991; Heidemann & Seidenbusch 2002). Die Determination kann zusätzlich durch das Fehlen der für Kleinlibellen typischen Kiemenblättchen erschwert sein. Das Naturhistorische Museum in Wien entwickelte im Rahmen des Forschungsprojektes "Libellen in den ländlichen Gebieten Wiens" eine Methode zur molekulargenetischen Bestimmung von Libellen-Exuvien, die auf dem Ansatz von DNA-Barcoding basiert. Diese Methode wurde im Rahmen der vorliegenden Studie an 18 Zygoptera- und acht Anisoptera-Exuvien, die am Gewässer gefunden worden waren, angewendet.

Die Bestimmung der Larvenhäute auf Artniveau beruht hierbei auf der artspezifischen DNA-Sequenz eines Markergens, in diesem Fall das Cytochrom-c-Oxidase-I Gen (COX1, CO1) (Hebert et al. 2003). Die Identifizierung der Exuvien mittels DNA-Barcoding umfasste folgende Schritte: (1) grobe Einteilung bzw. Bestimmung der Exuvien in Unterordnung/Familie/(Gattung) anhand morphologischer Merkmale, (2) DNA-Extraktion, (3) Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) mit gruppenspezifischen Primern, (4) Sequenzierung, (5) Identifizierung mittels Sequenzvergleichs mit einer DNA-Referenzdatenbank.

Die Bestimmung der Exuvien auf Familien und/oder Gattungsniveau fand – mit Hilfe taxonomischer Schlüssel (Kohl 1998; Heidemann & Seidenbusch 2002; Brochard et al. 2012; Brochard 2018) – unter einem Präparationsmikroskop statt. Die DNA-Extraktion erfolgte mit dem DNeasy Blood and Tissue Kit (Qiagen, Hilden, Deutschland) unter Anwendung des Herstellerprotokolls und Anpassung der Volumina an die unterschiedlichen Größen der Exuvien. Um die morphologischen Merkmale zu erhalten, wurde ein nicht-destruktiver Extraktionsansatz etabliert. Die PCR-Reaktion wurde mit dem Multiplex PCR Kit (Qiagen, Hilden, Deutschland) und gruppenspezifischen Primern in einem Gesamtvolumen von 25 µl durchgeführt. Die Primerwahl erfolgte entsprechend der ersten groben Bestimmung der Exuvien anhand eines in Sittenthaler et al. (2023) vorgegebenen Primerguides. Der PCR-Erfolg wurde durch die Präsenz von Banden in der erwarteten Länge auf einem Agarosegel überprüft. Proben mit positivem PCR–Ergebnis wurden – angeleitet durch das Herstellerprotokoll – mit dem QIAquick PCR Purification Kit (Qiagen, Hilden, Deutschland) aufgereinigt und von Microsynth mit den jeweiligen PCR–Primern in beide Richtungen sequenziert (Microsynth, Balgach,

Schweiz; https://www.microsynth.com). Die generierten Sequenzen wurden in der Software Geneious 10.2.6 (Biomatters, Auckland, New Zealand; https://www.geneious.com) editiert, mit BioEdit manuell aligniert und gegen die eigene Referenzdatenbank, die BOLD-Datenbank und gegen GenBank geblastet, um eine Identifizierung vorzunehmen. Die angewandten Protokolle für DNA-Extraktion und PCR-Reaktion, sowie die dafür etablierten Primer sind Sittenthaler et al. (2023) zu entnehmen. Hinsichtlich einer detaillierten Beschreibung der Methode wird an dieser Stelle auf die Arbeit von Sittenthaler et al. (2023) verwiesen (siehe auch Geiger et al. 2021).

In Tabelle 4 sind für jene 15 Arten, deren erfolgreiche Reproduktion an dem Gewässer als sicher oder – aufgrund der Nachweise hoher Individuenzahlen in beiden Jahren – als sehr wahrscheinlich gilt, Angaben zu ihrer Toleranz gegenüber salzhaltigem Wasser vermerkt (aus Kreuzer 1940; Jacob 1969; Remane & Schlieper 1971; Krüner 1992; Sternberg & Buchwald 1999, 2000; Breuer et al. 2000; Wolf & Kiel 2010; Cham et al. 2014; Seehausen 2015; Wildermuth & Martens 2019). Hervorzuheben ist, dass nur in wenigen Fällen die Werte mit Reproduktionsnachweisen hinterlegt sind (Seehausen 2015). Arten (z. B. *Erythromma viridulum*), für die sowohl konkrete Werte (0,7 PSU; Seehausen 2015) als auch verbale Angaben (Stille & Stille 2018) hinsichtlich ihrer Toleranz gegenüber Salinität verfügbar waren, wurden mit den jeweils höchsten verfügbaren Werten in der Tabelle abgebildet, um ihre Toleranz bestmöglich zu beschreiben.

Ergebnisse

Die Kartierungen des Gewässers in den Jahren 2021 und 2022 erbrachten den Nachweis von insgesamt 36 Libellenarten (15 Zygoptera, 21 Anisopera). Die Zahl der gesichteten Arten entspricht 46 % des für Österreich belegten Arteninventars von 78 Arten (Stand Ende 2022). Im Jahr 2021 umfasste die Liste der gesichteten Arten 30, im Jahr 2022 34; 28 Spezies wurden in jeweils beiden Untersuchungsjahren gesichtet. Mit Ausnahme der Familie der Cordulegastridae, für die das untersuchte Gewässer – aufgrund der Habitatansprüche – sicher keinen Lebensraum repräsentiert, wurde aus jeder der in Österreich vorkommenden Familien zumindest eine Spezies nachgewiesen. In Tabelle 3 sind die Libellenarten mit den jeweiligen jahresspezifischen Abundanzklassen, der Anzahl der Begehungen mit Nachweisen der Art pro Jahr sowie mit Angaben zum Reproduktionsgeschehen angeführt.

Die dominierende Kleinlibellenart war im Jahr 2021 *Coenagrion puella* mit etwa 30 Individuen, im Jahr 2022 *E. viridulum* mit einer Populationsgröße von etwa 150 Individuen. Im Jahr 2021 waren *Orthetrum albistylum* (Abb. 5, 6) und *Sympetrum striolatum* die dominierenden Anisoptera, die Anzahl der Imagines war mit jeweils etwa 25 Tieren gleich groß. Im Jahr 2022 war *O. albistylum* mit etwa 18 Tieren die Großlibellenart mit den meisten nachgewiesenen Tieren. Der Roten Liste für Österreich gemäß sind 16 der 36 Arten in einer der Gefährdungs-

kategorien angeführt. Folgende Arten sind „potenziell gefährdet“: *Calopteryx splendens*, *C. virgo*, *Ischnura pumilio*, *Orthetrum brunneum* und *Sympetrum fonscolombii*. „Gefährdet“ sind *Sympecma fusca*, *Coenagrion pulchellum*, *Aeshna affinis*, *A. isoceles*, *Gomphus vulgatissimus*, *Onychogomphus forcipatus*, *O. coerulescens* und *S. pedemontanum. Erythromma lindenii* ist „stark gefährdet“. Zwei der gefundenen Spezies sind vom Aussterben bedroht: *Coenagrion scitulum* (Abb. 7) und *S. meridionale*. Keine der gefundenen Arten ist in der Roten Liste für Europa und/oder in Anhängen der FFH-Richtlinie gelistet.

Auffallend ist die hohe Zahl nachgewiesener Arten, die bevorzugt bzw. ausschließlich an Fließgewässern vorkommen: *C. splendens*, *C. virgo*, *G. vulgatissimus*, *O. forcipatus*, *O. coerulescens* und *S. pedemontanum*. Es wurden alle in Mitteleuropa vorkommenden Arten der Gattung *Orthetrum* gefunden.

Abbildung 5: Kopula von *Orthetrum albistylum*, 13.07.2021. – **Figure 5.** Copula of *Orthetrum albistylum*, 13-vii-2021. Photo: AC

Abbildung 6: „Abgekämpftes", älteres Männchen von *Orthetrum albistylum*, 03.07.2022. – **Figure 6.** "Exhausted", old male of *Orthetrum albistylum*, 03-vii-2022. Photo: AC

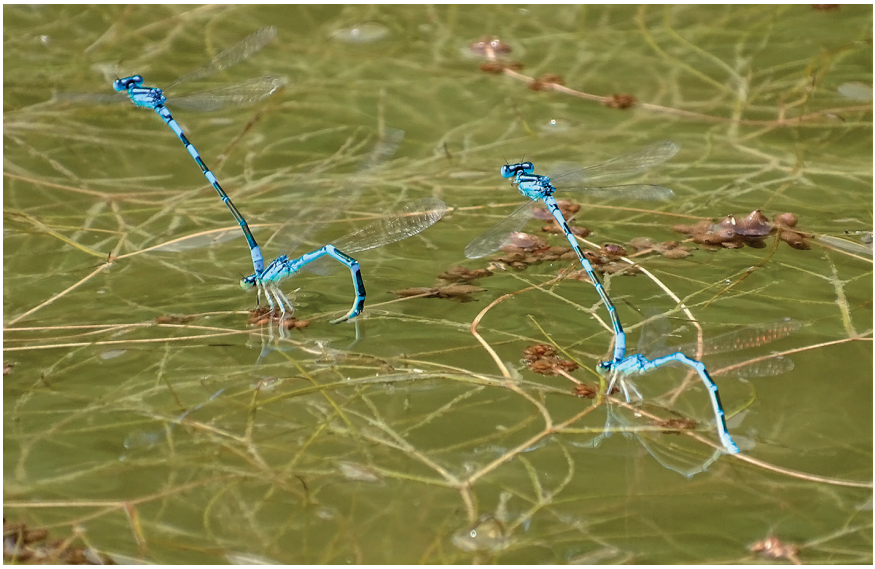

Abbildung 7: *Coenagrion scitulum* bei der Eiablage, 13.07.2021. – **Figure 7.** *Coenagrion scitulum* during oviposition, 13-vii-2021. Photo: AC

Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass von 13 Arten Nachweise frisch emergierter Individuen und/oder Funde von Exuvien gelangen. Im Jahr 2022 wurden 41 Exuvien gesammelt, welche allesamt im Nordteil des Gewässers und in dem dichten Röhrichtbereich an der Grenze zum Mittelteil des Gewässers gefunden wurden. Hinzu kommen noch zwei Larvenhäute aus dem Jahr 2021. Diese 43 Exuvien stammen von zehn Arten. Von vier dieser Spezies wurden auch frisch emergierte Tiere gesichtet. Dazu kommen noch drei Arten, deren Bodenständigkeit ausschließlich durch frisch emergierte Exemplare belegt werden konnte. Das bedeutet, dass insgesamt 13 Arten nachweislich ihre Entwicklung im untersuchten Gewässer vollendeten. Aufgrund der hohen Individuenzahlen bei *C. scitulum* und *E. viridulum* in beiden Jahren bei regem Reproduktionsverhalten ist auch bei diesen Arten von einer erfolgreichen Reproduktion auszugehen.

In Tabelle 4 sind die 15 bodenständigen Spezies mit Angaben zur Salztoleranz gesondert angeführt. Bei der Anzahl der gefundenen Exuvien war bei den Großlibellen *O. albistylum* dominierend, elf der 19 Großlibellenexuvien stammen von dieser Art (Abb. 8). Zwei Larvenhäute stammen von *A. mixta*; 22 der 24 determinierten Kleinlibellenexuvien waren *I. elegans* zuzuordnen (Abb. 9). Hervorzuheben ist, dass die Anwendung des molekulargenetischen Bestimmungsansatzes erfolgreich war: Die 26 Exuvien konnten alle bestimmt werden.

Abbildung 8: Frisch emergiertes Weibchen von *Orthetrum albistylum* mit Exuvie, 01.06.2022. – **Figure 8.** Freshly emerged female of *Orthetrum albistylum*, 01-vi-2022. Photo: AC

Tabelle 3: In den Jahren 2021 und 2022 am Untersuchungsort nachgewiesene Libellenarten. **Σ** Anzahl der Begehungen; **I–V** Abundanzklasse I–V / Zahl der Begehungen mit Nachweis der Art / ***** Sichtung von Fortpflanzungsverhalten (Kopula, Tandem, Eiablage) / ****** Reproduktionsnachweis durch Sichtung frisch emergierter Individuen und-oder Exuvien. – **Table 3.** Odonata recorded in 2021 and 2022. **Σ** number of site visits; **I–V** abundance class I–V / number of site visits with records of the species / ***** observation of reproduction behaviour (copula, tandem, egg deposition) / ****** records of tenerals and /-or exuviae.

	2021 (Σ 10)	2022 (Σ 22)
Zygoptera		
Chalcolestes viridis	II / 1 / *	II / 2
Lestes sponsa		I / 4
Sympecma fusca	III / 5 / *	I / 1
Calopteryx splendens	II / 2	II / 5
Calopteryx virgo	II / 2	II / 10
Platycnemis pennipes	II / 3 / * / **	III / 8 / *
Coenagrion puella	IV / 6 / *	IV / 8 / * / **
Coenagrion pulchellum	I / 1	I / 2
Coenagrion scitulum	III / 3 / *	III / 6 / *
Enallagma cyathigerum	III / 6 / *	IV / 16 / * / **
Erythromma lindenii	II / 3	I / 1
Erythromma viridulum	III / 4 / *	V / 10 / *
Ischnura elegans	III / 9 / *	III / 17 / * / **
Ischnura pumilio	II / 1	II / 5
Pyrrhosoma nymphula	II / 1	
Anisoptera		
Aeshna affinis	II / 1	
Aeshna cyanea	III / 1	I / 1
Aeshna isoceles	I / 2	III / 5
Aeshna mixta		II / 3 / **
Anax imperator	III / 6 / *	III / 9 / *
Anax parthenope	I / 1	II / 2
Gomphus vulgatissimus		I / 2
Onychogomphus forcipatus	III / 3	III / 5
Somatochlora metallica	I / 1	I / 2
Libellula depressa	II / 4 / **	III / 7 / *
Libellula quadrimaculata	III / 5 / *	III / 6 / *
Orthetrum albistylum	IV / 6 / * / **	IV / 13 / * / **
Orthetrum brunneum	II / 3	II / 10 / * / **
Orthetrum cancellatum	II / 5 / *	III / 13 / * / **
Orthetrum coerulescens		I / 1

	2021 (Σ 10)	2022 (Σ 22)
Sympetrum fonscolombii		I / 1
Sympetrum meridionale	II / 2 / **	I / 1
Sympetrum pedemontanum		II / 2
Sympetrum sanguineum	II / 2	II / 5 / **
Sympetrum striolatum	IV / 3 / *	II / 5 / * / **
Sympetrum vulgatum	III / 3 / *	I / 1 / **

Abbildung 9: Frisch emergierte *Ischnura elegans* mit Exuvie. 14.05.2022. – **Figure 9.** Freshly emerged *Ischnura elegans*, 14--v-2022. Photo: AC

Tabelle 4: Am Untersuchungsort sicher oder sehr wahrscheinlich erfolgreich reproduzierende Odonata mit Literaturangaben zu ihrer Salinitätstoleranz (in PSU Practical Salinity Unit); **PSU UO** für den Untersuchungsort (UO) errechnete, maximale PSU; **f.e.** frisch emergierte Tiere; **Ex** Anzahl der Exuvien; ■ Salinitätstoleranz erstmals festgestellt; ■ bisherige Werte zur Salinitätstoleranz übertroffen; ■ erstmalig Werte zu einer bisher verbal beschriebenen Salinitätstoleranz. – **Table 4.** Autochthonous Odonata with information from literature about their tolerance to salinity (in PSU Practical Salinity Unit); **PSU UO** maximum PSU at the investigated water body; **f.e.** tenerals; **Ex** number of exuviae found. ■ tolerance to salinity described for the first time; ■ already existing values concerning salinity are exceeded; ■ values concerning an, until now, only verbally described tolerance for the first time.

	2021		2022		PSU Lit. (PSU UO: max. 1,8)
	f.e.	Ex	f.e.	Ex	
Unterordnung Zygoptera					
Platycnemis pennipes	✓				0,5
Coenagrion puella				1	0,7
Coenagrion scitulum					verbal
Enallagma cyathigerum				1	8
Erythromma viridulum					0,7
Ischnura elegans			✓	22	12
Unterordnung Anisoptera					
Aeshna mixta				2	6
Libellula depressa		1			2,5
Orthetrum albistylum		1	✓	10	
Orthetrum brunneum			✓	1	verbal
Orthetrum cancellatum				1	7
Sympetrum meridionale	✓				verbal
Sympetrum sanguineum			✓		12
Sympetrum striolatum			✓	2	6
Sympetrum vulgatum				1	9,4

Diskussion

Die Zahl der am Untersuchungsort nachgewiesenen Odonata ist außergewöhnlich hoch. Nur vereinzelt sind in der Literatur Stillgewässer mit noch größeren Artenzahlen zu finden (z.B. Bilek 1952; Stark 1977). Als sehr hoch ist auch die Zahl der in der Roten Liste für Österreich angeführten Arten zu bezeichnen. Das Gewässer ist stark besonnt und weist eine vielfältige Strukturausstattung auf: eine größere offene Wasserfläche, offene Ufer, schütter verwachsene Bereiche, dichtes Röhricht. Dies spiegelt sich im Nachweis von Arten sämtlicher ökologischer Gilden (Assozia-

tionen) wider, die von Chovanec et al. (2015) für die „östlichen Flach- und Hügelländer" beschrieben wurden: Assoziationen A1 (Assoziation offener Wasserflächen): sechs Arten; A2 (Assoziation spärlich bewachsener Ufer): sieben; Assoziation A3 (Assoziationen von Röhricht und Ufergehölzen): sechs; A4 (Assoziation von Röhricht und submersen Makrophyten): sieben; A5 (Assoziation temporärer Gewässer): drei; A6 (Rhithral-Assoziation): eine; A7 (Potamal-Assoziation): sechs. *Erythromma lindenii* war zum Zeitpunkt der Erstellung der Assoziationen noch nicht in der betreffenden Bioregion nachgewiesen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde sie A1 zugeordnet; die Art kann aber – aufgrund ihrer ökologischen Ansprüche – auch als rheophil klassifiziert werden (siehe dazu auch Sternberg et al. 1999; Wildermuth & Martens 2019; Chovanec 2020). Auch eine Analyse der Zugehörigkeit der 15 bodenständigen Arten zu diesen ökologischen Gilden spiegelt die heterogene Strukturausstattung des Gewässers wider: Assoziationen A1: zwei Arten; A2: drei; A3: zwei; A4: vier; A5: zwei; A7: zwei.

Die z.T. enge ökologische Einnischung mancher Arten war bei den Sichtungen am Untersuchungsort deutlich zu erkennen. So waren beispielsweise an Röhrichtbestände gebundene Arten, wie *C. pulchellum*, *A. isoceles* und *L. quadrimaculata*, fast ausschließlich im Mittelteil und vereinzelt im Südteil zu finden. Die vorliegende Untersuchung unterstreicht auch, wie schnell potenziell geeignete Lebensräume von Libellen gefunden und besiedelt werden (siehe dazu z.B. Buczyński et al. 2016; Bogan et al. 2020). Beispielhaft sei an dieser Stelle *L. quadrimaculata* hervorgehoben: Die Art wurde im Jahr 2021 im Zeitraum vom 11. Mai bis zum 13. Juli gesichtet. Im Jahr 2022 war sie erst vom 15. Juni bis zum 3. Juli zu beobachten. Der 15. Juni 2022 war der erste Begehungstermin nach den starken Niederschlägen der ersten Juni-Dekade, die die Bespannung des Mittelteils zur Folge hatten.

Die in der Nähe des Untersuchungsortes gelegenen Fließgewässer Piesting und Triesting mit ihren Zubringern stellen wahrscheinlich Brutgewässer strömungsliebender Arten dar, insbesondere von *C. splendens*, *C. virgo, P. pennipes, G. vulgatissimus* und *O. forcipatus*. Die Imagines dieser Arten sind oft auch fernab der Gewässer zu finden (z.B. Stettmer 1996). Eine Reproduktion von *C. splendens* und *C. virgo* am Untersuchungsort ist unwahrscheinlich, der Reproduktionsnachweis von *P. pennipes* wurde 2021 erbracht. *Gomphus vulgatissimus* und *O. forcipatus* besiedeln auch stehende Gewässer und sind an offenen Brandungsufern größerer Seen und vereinzelt an Kiesgruben und an kleinen Kiesweihern zu finden (Weihrauch 1998, 2001; Sternberg et al. 2000; Wildermuth & Martens 2019). Insbesondere die kahlen Ufer und die offene Wasserfläche des nördlichen Abschnittes mögen attraktiv auf *O. forcipatus* wirken. Die Fundsituation lässt eine Reproduktion am Untersuchungsort möglich erscheinen: Mehrere Individuen, darunter auch ein Weibchen (am 13.07.2021) wurden zur Hauptflugzeit in beiden Jahren mehrfach gesichtet. Exuvien und/oder frisch emergierte Individuen dieser Art wurden allerdings nicht gefunden. Das am untersuchten Gewässer bodenständige *O. brunneum* ist zwar der Assoziation A7 (Potamal-Assoziation) zugeordnet, kommt aber auch an Stillgewässern vor, wobei Grundwassereinfluss – so wie bei dem untersuchten Gewässer – förderlich ist (Chovanec 2018).

Erythromma lindenii ist im kontinentalen Europa vor allem im Westen und Süden verbreitet, von wo sich die Art allerdings seit den 1990er Jahren stark in nördlicher und nordöstlicher Richtung ausbreitet (z.B. Kalkman & Dyatlova 2015; Wildermuth & Martens 2019; Chovanec 2020). Die Spezies kommt häufig syntop mit *E. viridulum* und/oder *E. najas* vor und besiedelt oft stark überprägte (z.B. gestaute) Fließgewässer oder künstliche Stillgewässer mit reichem Angebot an Schwimmblattpflanzen und/oder aufschwimmenden submersen Makrophyten (Chovanec 2019). De Knijf & Demolder (2010) bezeichnen die Art als tolerant gegenüber Salinität. Auch das in Österreich „vom Aussterben bedrohte" *C. scitulum* hat sein Verbreitungsgebiet in Europa klimawandelbedingt seit den 1990er Jahren sehr stark nach Norden und Osten ausgedehnt (s. Boudot & Jović 2015; Wildermuth & Martens 2019; Wildermuth & Monnerat 2020; Dijkstra et al. 2021). Das Bemerkenswerte an dem im Rahmen dieser Studie erfolgten Nachweis stellt die vergleichsweise hohe Individuenzahl dar: Im Jahr 2021 wurden maximal 15 Individuen gesichtet, im Jahr darauf 25. Die Spezies ist zumeist in sehr wenigen Exemplaren oder gar nur durch Einzelindividuen vertreten (z.B. Chovanec & Wildermuth 2017; Wildermuth & Monnerat 2020); der Nachweis höherer Zahlen gelingt nur selten.

Die Fundsituation mit Belegen adulter Imagines in höheren Abundanzen aus den beiden Jahren mit Beobachtungen des Fortpflanzungsverhaltens ließ bei zahlreichen Arten Reproduktionsnachweise erwarten. Innerhalb der Zygoptera wurden diese auch – mit Ausnahme von *Sympecma fusca* – erbracht: Bei *Platycnemis pennipes* durch frisch emergierte Tiere, bei *C. puella* und *E. cyathigerum* durch Exuvienfunde, bei *I. elegans* durch beides. Aufgrund der hohen Individuenzahlen bei *C. scitulum* und *E. viridulum* in beiden Jahren bei regem Reproduktionsverhalten ist auch bei diesen Arten von einer erfolgreichen Reproduktion auszugehen. Der Nachweis von Exuvien von *E. viridulum* am untersuchten Gewässer war schwierig, da die Tiere höchstwahrscheinlich waagrecht auf aufschwimmenden Makrophyten in den zentralen, tieferen und unzugänglichen Bereichen des Nordteiles des Gewässers emergierten, und die Exuvien von dort auch schnell vom Wind vertragen werden. Eine horizontale Emergenz wird, neben der senkrechten Position, u.a. auch für *C. scitulum* und *E. lindenii* beschrieben (Schmidt 1991; Heidemann & Seidenbusch 2002; Wildermuth & Martens 2019). Das kann ein Grund dafür sein, dass – so wie bei *E. viridulum* – auch keine Larvenhäute von *C. scitulum* gefunden wurden.

Unter den in Europa vorkommenden Odonata ist *I. elegans* eine der Arten mit der höchsten Salztoleranz (Remane & Schlieper 1971); weitere Hinweise darauf sind in der Literatur reichlich zu finden (z.B. Stammer 1928; Lindberg 1948; Kiauta 1965; Heuss 1966; Mlody 1986; Zessin & Königstedt 1993; García-Avilés et al. 1995; Schulz 2000; Lieckweg 2008; De Knijf & Demolder 2010; Stille & Stille 2018). *Ischnura elegans* wurde in beiden Untersuchungsjahren bis zur jeweils letzten Begehung Anfang September gesichtet, was auf eine bivoltine Entwicklung hinweist (Inden-Lohmar 1997; Chovanec 2017).

Sympecma fusca wurde 2021 in höheren Individuenzahlen gesichtet, auch Fortpflanzungsverhalten der Art war zu beobachten. Am 29. Juli wurde ein Individuum gefunden, was möglicherweise eine erfolgreiche Reproduktion indiziert. Für diese Art existieren Hinweise in der Literatur auf ihre Toleranz gegenüber Brackwasser (z.B. Jacob 1969). Seehausen (2015) gibt einen Toleranzwert von 0,05 PSU an; im Falle einer erfolgreichen Reproduktion wäre also auch bei dieser Art dieser Wert entsprechend nach oben zu korrigieren. *Sympecma fusca* besiedelte den locker bis dicht mit Röhricht bewachsenen Mittelteil des Gewässers. Das Trockenfallen dieses Gewässerareals im Frühjahr 2022 mag dazu geführt haben, dass das Gewässer in diesem Jahr nicht besiedelt wurde. *Pyrrhosoma nymphula* wurde 2021 – allerdings nur bei einem Termin – gesichtet, auch für sie sind Brutnachweise in salzhaltigem Wasser bestätigt (Seehausen & Schardt 2014).

Auch bei den meisten limnophilen Anisoptera wurden die Funde der Imagines durch Bodenständigkeitsnachweise ergänzt (*Aeshna mixta*, *Libellula depressa*, *O. albistylum*, *O. brunneum*, *O. cancellatum*, *S. meridionale*, *S. sanguineum*, *S. striolatum*). Von *O. albistylum* wurden die mit Abstand meisten Exuvien gesammelt. Der Einzelfund von *S. meridionale* im Jahr 2022 (Tab. 3) war ein juveniles Männchen; eine Emergenz am Untersuchungsort ist also nicht auszuschließen. Die Art war im Jahr 2021 durch mehrere Imagines und ein frisch emergiertes Weibchen repräsentiert. Das Trockenfallen des Mittelteils des Gewässers bereits im Frühjahr 2022 dürfte eine erfolgreiche Reproduktion von *Libellula quadrimaculata* verhindert haben; für sie ist Toleranz gegenüber Brackwasser beschrieben (z.B. Lindberg 1948; Mielewczyk 1970). Als konkreter Wert sind 0,7 PSU von Seehausen (2015) verfügbar. Das Vorkommen von *O. cancellatum*, *A. mixta* und *S. vulgatum* in Brackwasser wird u.a. auch von Battin (1989), Zessin & Königstedt (1993), Breuer et al. (2000) und Stille & Stille (2018) bestätigt.

Auffällig ist der Umstand, dass keine Reproduktionsbelege von *Anax imperator* gelangen. Die Art wurde bei zahlreichen Begehungen in beiden Untersuchungsjahren in Abundanzklasse III („häufig“) gesichtet, ebenso wurden mehrfach Eiablagen im permanenten Nordteil beobachtet. Für die Art sind in der Literatur 0,7 PSU als Toleranzwert für Salinität angegeben (Seehausen 2015). Es ist möglich, dass die im Untersuchungsgewässer herrschende Salinität mit maximal 1,8 PSU eine erfolgreiche Fortpflanzung verhinderte. Dies kann auch für *A. isoceles* gelten, für die Seehausen (2015) den gleichen Wert angibt, aber auch das Trockenfallen des röhrichtbewachsenen Mittelteiles mag die erfolgreiche Reproduktion verhindert haben, sollte es überhaupt zu Eiablagen gekommen sein. Diese wurden bei dieser Art nicht beobachtet (Tab. 3). Im Jahr 2021 erfolgten Sichtungen von mehreren Männchen von *Aeshna cyanea*. Für diese Art ist ausgeprägte Toleranz gegenüber Salinität dokumentiert (z.B. Seehausen & Schardt 2014).

Die im Rahmen der vorliegenden Studie gewonnenen Ergebnisse geben für mehrere Arten neue Hinweise hinsichtlich ihrer Toleranz gegenüber Salinität. Für *O. albistylum* konnte erstmals Toleranz für erhöhte Salinität durch konkrete chemisch/physikalische Werte nachgewiesen werden (siehe dazu z.B. Höppner &

Sternberg 2000). Larven der in Asien vorkommenden Unterart *O. albistylum speciosum* wurden allerdings schon im Meer gefunden (Kinoda 1995). Bei *C. puella*, *E. viridulum* und *P. pennipes* konnten die in der Literatur angegebenen Chloridwerte durch die vorliegende Arbeit nach oben korrigiert werden. Für *C. scitulum* wurde bereits Salztoleranz hervorgehoben (Cham et al. 2014; Wildermuth & Martens 2019), es waren allerdings in der Literatur keine konkreten Werte zu finden. Auch für *O. brunneum* und *S. meridionale* fanden sich ausschließlich verbale Hinweise zur Toleranz gegenüber Brackwasser. Mit *Enallagma cyathigerum*, *Ischnura elegans*, *Aeshna mixta*, *Libellula depressa*, *Orthetrum cancellatum*, *Sympetrum sanguineum*, *S. striolatum* und *S. vulgatum* konnten sich Spezies erfolgreich entwickeln, deren z.T. sehr ausgeprägte Salinitätstoleranz in der Literatur bestätigt ist. Schweighofer et al. (2010) wiesen an einem von Streusalz belasteten Gewässer in unmittelbarer Nähe einer Autobahn u.a. *Coenagrion scitulum* und *Orthetrum albistylum* nach, erbrachten allerdings keine Belege für erfolgreiche Reproduktion; Daten zur chemisch/physikalischen Beschaffenheit dieses Gewässers sind in jener Arbeit nicht enthalten.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das untersuchte Gewässer – trotz erhöhter Chlorid- und Natriumkonzentrationen – einen wesentlichen Lebensraum für Libellen darstellt (siehe dazu z.B. auch Scher et al. 2004; Šigutová et al. 2022). Die Fundsituation bestätigt die Toleranz zahlreicher in Mitteleuropa vorkommenden Arten gegenüber Salinität. Unter den sicher oder mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit am Untersuchungsort bodenständigen, d.h. erfolgreich reproduzierenden 15 Arten sind die beiden „vom Aussterben bedrohten" Spezies *C. scitulum* und *S. meridionale.* Die hohe Zahl der nachgewiesenen rheophilen und rheobionten Spezies zeigt, dass das Gewässer auch einen wesentlichen Teillebensraum für Libellenarten darstellt, die sich hier ausschließlich zeitweise zum Reifen und/oder Jagen aufhalten. Einen starken Einfluss auf die Libellengemeinschaft dürfte das Trockenfallen des südlichen und vor allem des mittleren Gewässerabschnittes gehabt haben. Auch Auswirkungen des Räuberdrucks durch den Blaubandbärbling (*P. parva*) sind nicht auszuschließen (Wolfram-Wais et al. 1999).

Danksagung

Die Autor*innen danken Karin Pall (Systema) für die Unterstützung bei der Bestimmung der Makrophyten und Wolfgang Hauer (Bundesamt für Wasserwirtschaft) für die Identifikation des Blaubandbärblings. Martin Schorr (International Dragonfly-Fund) erstellte dankenswerterweise eine themenrelevante Literaturrecherche und übersendete Publikationen. Hansruedi Wildermuth sei für den Hinweis auf die Salinitätstoleranz von *C. scitulum* gedankt. Ein herzliches Dankeschön geht an Ole Müller und Malte Seehausen für ihre kritischen Anmerkungen und an Christoph Willigalla für die editorische Betreuung des Manuskriptes.

Literatur

ANÖLR Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (o.J.) Wasserstandsnachrichten und Hochwasserprognosen. https://www.noe.gv.at/wasserstand/#/de/Messstellen, letzter Zugriff 08.03.2023

Battin T. (1989) Überblick über die Libellenfauna der Insel Kreta (Insecta: Odonata). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen* 41 (1/2): 52–64

Benken T. & R. Raab (2008) Die Libellenfauna des Seewinkels am Neusiedler See: Häufigkeit, Bestandsentwicklung und Gefährdung (Odonata). *Libellula* 27 (3/4): 191–220

Benken T., H. Ehmann, E. Kappes & W. Kappes (2016) Die Bestandsentwicklung der Libellenfauna des Seewinkels am Neusiedler See (Odonata). *Libellula* 35 (3/4): 111–136

Berezina N.A. (2003) Tolerance of freshwater invertebrates to changes in water salinity. *Russian Journal of Ecology* 34 (4): 261–266

BFW Bundesforschungszentrum für Wald (o.J.) Digitale Bodenkarte. https://bodenkarte.at/, letzter Zugriff 08.03.2023

Bilek A. (1952) Eine Kiesgrube als Lebensraum für die Hälfte aller mitteleuropäischen Odonaten-Arten. *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen* 1 (11): 85–86

BMLRT Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2021) Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021. https://info.bml.gv.at/themen/wasser/wisa/ngp/ngp-2021/karten/ngp-2021_karten.html, letzter Zugriff 08.03.2023

Bogan M.T., D. Eppehimer, H. Hamdhani & K. Hollien (2020) If you build it, they will come: rapid colonization by dragonflies in a new effluent-dependent river reach. *PeerJ* 8: e9856. DOI 10.7717/peerj.9856

Boudot J.-P. & M. Jović (2015) Coenagrion scitulum (Rambur, 1842). In: Boudot J.-P. & V.J. Kalkman (Eds) Atlas of the European dragonflies and damselflies: 114–116. KNNV Publishing, Zeist

Breuer M., E. Douma-Petridou & A. Koutsaftikis (2000) Seasonal distribution of Odonata in brackish temporary wetlands of the NW Peloponnesus, Greece. *Libellula Supplement* 3: 9–24

Bridgehouse D.W. (2007) Significant range extension and county record for Erythrodiplax berenice (Seaside Dragonlet) in Nova Scotia. *Argia* 19 (4): 13–14

Brochard C. (2018): Die Libellenlarven von Paul-André Robert. KNNV Publishing, Neues Museum Biel

Brochard C., D. Groenendijk, E. van der Ploeg & T. Termaat (2012) Fotogids Larvenhuidjes van Libellen. KNNV Uitgeverij, Zeist

Buczyński P., A. Zawal, E. Buczyńska, E. Stępień, P. Dąbkowski, G. Michoński, A. Szlauer-Łukaszewska, J. Pakulnicka, R. Stryjecki & S. Czachorowski (2016) Early recolonization of a dredged lowland river by dragonflies (Insecta: Odonata). *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* 417, 43, 11 pp.

Cannings R.A. & S.G. Cannings (1987) The Odonata of some saline lakes in British Columbia, Canada: Ecological distribution and zoogeography. *Advances in Odonatology* 3: 7–21

Cannings R.A., S.G. Cannings & R.J. Cannings (1980) The distribution of the genus Lestes in a saline lake series in central British Columbia, Canada (Zygoptera: Lestidae). *Odonatologica* 9 (1): 19–28

Carchini G. & E. Rota (1985) Chemicophysical data on the habitats of rheophile Odonata from central Italy. *Odonatologica* 14 (3): 239–245

Carr P. (2020) Odonata of the Chagos Archipelago, central Indian Ocean: an update. *Notulae odonatologicae* 9 (6): 229–235

Caspers H. (1959) Vorschläge einer Brackwassernomenklatur („The Venice System"). *Internationale Revue der gesamten* Hydrobiologie 44: 313–316

Catling P.M. (2009) Dragonflies (Odonata) emerging from brackish pools in saltmarshes of Gaspé, Quebec. *The Canadian Field-Naturalist* 123: 176–177

Cham S., B. Nelson, A. Parr, S. Prentice, D. Smallshire & P. Taylor (2014) Atlas of Dragonflies in Britain and Ireland. British Dragonfly Society, Biological Records Centre

Chovanec A. (2017) Die Libellenfauna (Odonata) eines Überlauf- und Versickerungsbeckens: Artenspektrum und phänologische Aspekte. *Libellula* 36 (1/2): 23–44

Chovanec A. (2018) Beobachtungen zur Wahl des Schlupfsubstrates beim Südlichen Blaupfeil, Orthetrum brunneum (Odonata: Libellulidae). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen* 70: 19–23

Chovanec A. (2019) Syntope Vorkommen von Erythromma lindenii, E. najas und E. viridulum (Odonata: Coenagrionidae) am Unterlauf der Rott (Bayern, Deutschland). *Mercuriale* Band 18/19: 27–42

Chovanec A. (2020) Die Libellenfauna der Krems in Ansfelden / Oberaudorf (Oberösterreich) mit einem individuenreichen Vorkommen von Erythromma lindenii (Selys, 1840) (Odonata: Coenagrionidae). *Beiträge zur Entomofaunistik* 21: 3–31

Chovanec A. & H. Wildermuth (2017) Ein seltener Fall unbewachter Eiablage bei Coenagrion scitulum (Odonata: Coenagrionidae). *Libellula* 36 (3/4): 135–138

Chovanec A., M. Schindler, J. Waringer & R. Wimmer (2015) The Dragonfly Association Index (Insecta: Odonata) – a tool for the type-specific assessment of lowland rivers. *River Research and Applications* 31 (5): 627–638

Corbet P.S. (1999) Dragonflies. Behaviour and ecology of Odonata. Harley Books, Colchester

De Knijf G. & H. Demolder (2010) Odonata records from Alentejo and Algarve, southern Portugal. *Libellula* 29 (1/2): 61–90

Dierschke V. (1998) Zum Vorkommen von Libellen auf der Ostseeinsel Hiddensee. *Libellula* 17 (3/4): 229–235

Dijkstra K.-D.B., A. Schröter & R. Lewington (2021) Libellen Europas. Der Bestimmungsführer. 2. Auflage, Haupt, Bern

Dunson W.A. (1980) Adaptations of nymphs of a marine dragonfly, Erythrodiplax berenice, to wide variations in salinity. *Physiological Zoology* 53: 445–452

Ferreras Romero M. (1988) New data on the ecological tolerance of some rheophilous Odonata in Mediterranean Europe (Sierra Morena, southern Spain). *Odonatologica* 17 (2): 121–126

Fink M., O. Moog & R. Wimmer (2000) Fließgewässer-Naturräume Österreichs. Monographien des Umweltbundesamtes 128, Wien

García-Avilés J., M.A. Puig, A.G. Soler & M. Ferreras-Romero (1995) An analysis of habitat distribution and associations in the Odonata of the Balearic Islands, Spain. *Odonatologica* 24 (3): 269–282

Gauci C. (2020) Emergence of seven odonate species, based on exuviae collection, from four small artificial ponds at Ghadira Nature Reserve, Malta. *Journal of the British Dragonfly Society* 36 (2): 109–130

Geiger M., S. Koblmüller, G. Assandri, A. Chovanec, T. Ekrem, I. Fischer, A. Galimberti, M. Grabowski, E. Haring, A. Hausmann, L. Hendrich, S. Koch, T. Mamos, U. Rothe, B. Rulik, T. Rewicz, M. Sit-

TENTHALER, E. STUR, G. TOŃCZYK, L. ZANGL & J. MORINIERE (2021) Coverage and quality of DNA barcode references for Central and Northern European Odonata. PeerJ 9: e11192. DOI 10.7717/peerj.11192

GREVEN H. & R. RUDOLPH (1973) Histologie und Feinstruktur der larvalen Kiemenkammer von Aeshna cyanea Müller (Odonata: Anisoptera). *Zeitschrift für Morphologie der Tiere* 76: 209–226

HEBERT P.D.N., A. CYWINSKA, S.L. BALL & J.R. DEWAARD (2003) Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 270: 313–321

HEIDEMANN H. & R. SEIDENBUSCH (2002) Die Libellenlarven Deutschlands. Die Tierwelt Deutschlands, 72. Teil. Goecke & Evers, Keltern

HERZOG H.-U. (1982) The effects of various external media on the haemolymph of larval Aeshna cyanea. *Advances in Odonatology* 1: 63–68

HÖPPNER B. & K. STERNBERG (2000) Orthetrum albistylum (Sélys, 1848) Östlicher Blaupfeil. In: STERNBERG K. & R. BUCHWALD R. (Ed.) Die Libellen Baden-Württembergs, Band 2: 469–477. Ulmer, Stuttgart

ILLIES J. (1978) Limnofauna Europaea. Fischer, Stuttgart

INDEN-LOHMAR C. (1997) Nachweis einer zweiten Jahresgeneration von Ischnura elegans (Vander Linden) und I. pumilio (Charpentier) in Mitteleuropa (Zygoptera: Coenagrionidae). *Libellula* 16: 1–15

JACOB U. (1969) Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen Ökologie und Verbreitung heimischer Libellen. *Faunistische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden*, Band 2, Nr. 24: 197–239

KALKMAN V.J. & E. DYATLOVA (2015) Erythromma lindenii (SELYS, 1840). In: BOUDOT J.-P. & V.J. KALKMAN (Eds) Atlas of the European dragonflies and damselflies: 118–120. KNNV Publishing, Zeist

KALKMAN V.J., J.-P. BOUDOT, R. BERNARD, K.-J. CONZE, G. DE KNIJF, E. DYATLOVA, S. FERREIRA, M. JOVIĆ, J. OTT, E. RISERVATO & G. SAHLÉN (2010) European Red List of dragonflies. IUCN Species Programme, Publications Office of the European Union, Luxembourg

KELTS L.J. (1977) Ecology of two tidal marsh insects, Trichocorixa verticalis (Hemiptera) and Erythrodiplax berenice (Odonata), in New Hampshire. Doctoral Dissertation, University of New Hampshire, Durham, 1168. https://scholars.unh.edu/dissertation/1168

KIAUTA B. (1965) Notes on the Odonate fauna of some brackish waters of Walcheren island. *Entomologische Berichten* 25: 54–58

KINODA T. (1995) A larva of Orthetrum albistylum speciosum was collected from the sea. *Digest of Japanese Odonatological Short Communications* 3: 2–3

KOHL S. (1998) Odonata – Anisoptera. Exuvien (Großlibellen-Larvenhäute) Europas: Bestimmungsschlüssel. Eigenverlag S. Kohl

KOMNICK H. (1978) Osmoregulatory role and transport ATPases of the rectum of dragonfly larvae. *Odonatologica* 7 (3): 247–262

KREUZER R. (1940) Limnologisch-ökologische Untersuchungen an holsteinischen Kleingewässern. *Archiv für Hydrobiologie*, *Supplement* 10: 359–572

KRÜNER U. (1992) Der Südliche Blaupfeil, Orthetrum brunneum (Fonscolombe), am linken Niederrhein. *Libellula* 11 (3/4): 165–170

KUKULIES J. (1982) Fine structure and tracer permeability of the cuticle and cell junctions of the rectal chloride epithelia of Aeshna cyanea larvae: a comparative freeze-fracture and thin-section study. *Advances in Odonatology* 1: 105–115

Kukulies J. & H. Komnick (1983) Plasma membranes, cell junctions and cuticle of the rectal chloride epithelia of the larval dragonfly Aeshna cyanea. *Journal of Cell Science* 59 (1): 159–182

Laister G. (1991) Mitteilung zur Exuvienbestimmung von Sympetrum sanguineum (Müller, 1764), S. vulgatum (Linnaeus, 1758) und S. striolatum (Charpentier, 1840) (Anisoptera: Libellulidae). *Libellula* 10 (3/4): 123–130

Lambret P., S. Hilaire & R. Stoks (2017) Egg hatching phenology and success of Lestes macrostigma in two temporary brackish ponds. *International Journal of Odonatology* 20 (1): 1–12 https://doi.org/10.1080/13887890.2016.1269690

Lambret P., L. Janssens & R. Stoks (2021) The impact of salinity on a saline water insect: Contrasting survival and energy budget. *Journal of Insect Physiology* 131: 104224, https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2021.104224

Lieckweg T. (2008) Die Libellenfauna der Ostfriesischen Inseln. Dokumentation des aktuellen Artenbestandes anhand von Literaturdaten. *Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer* 11: 141–141

Lindberg H. (1948) Zur Kenntnis der Insektenfauna im Brackwasser des Baltischen Meeres. Comment. Biol. Helsingfors.

Linke T.J. (2009) Exuvienfunde zweier Gomphiden im Brackwasserbereich des Nestos (Odonata: Gomphidae). *Libellula* 28 (3/4): 203–208

Lotzing K. (2000) Untersuchungen zur aktuellen Libellen-Fauna (Odonata) in ausgewählten natürlichen Binnenland-Salzstellen am Südrand der Magdeburger Börde (Sachsen-Anhalt). *Entomologische Nachrichten und Berichte* 44 (3): 175–182

Mauersberger R. (2022) Zur Haltbarkeitsdauer der Exuvien von Aeshna mixta (Odonata: Aeshnidae) am Schlupfsubstrat. *Libellula* 41 (1/2): 69–76

Mielewczyk S. (1970) Odonata und Heteroptera aus dem Naturschutzgebiet Ptasi Raj bei Gdańsk mit besonderer Berücksichtigung des Brackwassersees (poln. mit deut. Titel und Zsfg). *Fragmenta Fauninstica* Tom XV Nr. 19: 343–363

Miller P.L. (1994) The responses of rectal pumping in some zygopteran larvae (Odonata) to oxygen and ion availability. *Journal of Insect Physiology* 40 (4): 333–339

Mlody B. (1986) Vorkommen und Wetterabhängigkeit von Libellen auf der Wattenmeer-Insel Scharhörn mit einem Fund von Sympetrum meridionale (Selys 1891). Libellula 5 (1/2): 1–47

Moens J. (1980) Microscopic and ultrastructural study of different epithelial elements in the ileum of larvae of anisopteran dragonflies. *Odonatologica* 9 (4): 309–315

Osburn R.C. (1906) Observations and experiments on dragonflies in brackish water. *American Naturalist* 40: 395–399

Raab R. (2006) Rote Liste der Libellen Österreichs. In: Raab R., A. Chovanec & J. Pennerstorfer (Ed.) Libellen Österreichs: 325–334. Springer, Wien, New York

Remane A. & C. Schlieper (1971) Biology of Brackish Water (2. Edition). Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

Rychła A. (2021) Trwałość wylinek w warunkach naturalnych: Wyniki monitoringu wybranych gatunków ważek różnoskrzydłych (Odonata: Anisoptera) nad jeziorem Pław w zachodniej Polsce. *Odonatrix* 17 (2): 1–9

Scher O. & A. Thièry (2005) Odonata, Amphibia and environmental characteristics in motorway stormwater retention ponds (Southern France). *Hydrobiologia* 551: 237–251

Scher O., P. Chavaren, M. Despreaux & A. Thiéry (2004) Highway stormwater detention ponds as biodiversity islands? *Archives des Sciences* 57: 121–130

Schindler M., C. Fesl & A. Chovanec (2003) Dragonfly associations (Insecta: Odonata) in relation to habitat variables: a multivariate approach. *Hydrobiologia* 497: 169–180

Schlüpmann M. (1995) Zur Bedeutung hydrochemischer Parameter stehender Kleingewässer des Hagener Raumes für die Libellenfauna. *Libellula* 14 (3/4): 157–194

Schmidt E. (1982) Zur Odonatenfauna einiger Lacken des Seewinkels am Neusiedler See im Burgenland/Österreich. *Natur und Umwelt Burgenland* 5 (1/2): 14–20

Schmidt E. (1991) Horizontales Schlüpfen bei mitteleuropäischen Zygopteren (Coenagrionidae). *Odonatologica* 20 (1): 85–90

Schulz C.-J. (2000) Aquatische Insekten der Wipper, einem salzbelasteten Fluß Nordthüringens. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 12, 6 pp

Schweighofer W., T. Hochebner & G. Rotheneder (2010) Lestes macrostigma im westlichen Niederösterreich (Odonata: Lestidae). *Libellula* 29 (3/4): 175–182

Seehausen M. (2015) Reproduktionsnachweise von Libellen an Gewässern mit erhöhtem Salzgehalt in Südhessen. *Libellen in Hessen* 8: 57–66

Seehausen M. & L. Schardt (2014) A small saline spring-fed pond as habitat for Aeshna cyanea and Pyrrhosoma nymphula (Odonata: Aeshnidae, Coenagrionidae). *Notulae odonatologicae* 8 (4): 101–104

Šigutová H., P. Pyszko, J. Valušák & A. Dolný (2022) Highway stormwater ponds as islands of Odonata diversity in an agricultural landscape. *The Science of the Total Environment* 837, 155774. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155774

Sittenthaler M., I. Fischer, A. Chovanec, S. Koblmüller, O. Macek, H. Sattmann, N. Szucsich, L. Zangl & E. Haring (2023) DNA barcoding of exuviae for species identification of Central European damselflies and dragonflies (Insecta: Odonata). *Journal of Insect Conservation*. https://doi.org/10.1007/s10841-023-00467-x

Smith S.G.F. & D.L. Smith (1996) Salinity tolerance of Erythemis simplicicollis Say (Odonata: Anisoptera, Libellulidae). In: Elliot N.B., D.C. Edwards & P.J. Godfrey (Ed.) Proceedings of the sixth symposium on the natural history of the Bahamas: 139–143. Bahamas Field Station Ltd., San Salvador, Bahamas

Stammer H.J. (1928) Die Fauna der Ryckmündung, eine Brackwasserstudie. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 11 (1/2): 36–101

Stark W. (1976) Die Libellen der Steiermark und des Neusiedlerseegebietes in monographischer Sicht. Dissertation, Karl Franzens Universität, Graz

Stark W. (1977) Ein Teich in der Steiermark (Österreich) als Lebensraum für 40 mitteleuropäische Libellenarten. *Entomologische Zeitschrift* 87 (22): 249–263

Sternberg K. & R. Buchwald (1999) Die Libellen Baden-Württembergs. Band 1: Allgemeiner Teil, Kleinlibellen (Zygoptera). Ulmer, Stuttgart

Sternberg K. & R. Buchwald (2000) Die Libellen Baden-Württembergs. Band 2: Großlibellen (Anisoptera), Literatur. Ulmer, Stuttgart

Sternberg K., H. Hunger & B. Schmidt (1999) Cercion lindenii (Sélys, 1840) Pokaljungfer (Pokal-Azurjungfer). In: Sternberg K. & R. Buchwald (Ed.) Die Libellen Baden-Württembergs, Band 1: 216–227. Ulmer, Stuttgart

Sternberg K., B. Höppner, A. Heitz, S. Heitz & B. Schmidt (2000) Onychogomphus forcipatus (Linnaeus, 1758) Kleine Zangenlibelle. In: Sternberg K. & R. Buchwald (Ed.) Die Libellen Baden-Württembergs. Band 2: 327–348. Ulmer, Stuttgart

Stettmer C. (1996) Colonisation and dispersal patterns of banded (Calopteryx splendens) and beautiful demoiselles (C. virgo) (Odonata: Calopterygidae) in southeast German streams. *European Journal of Entomology* 93 (4): 579–593

Stille M. & B. Stille (2018) The dragonflies of Corfu. *Reports of the International Dragonfly-Fund* Nr 116

Straka M. (2010) Preliminary studies on the durability of damselfly (Odonata: Zygoptera) exuvia. *Odonatrix* 6 (2): 46–49

Täuscher L. (2011) Salzgehalt (Salinität), Salzgehaltsbestimmung, Typisierung der Gewässer, die biologisch-ökologische Wirkung und Indikation des Salzgehaltes – eine Literaturstudie. – Institut für angewandte Gewässerökologie - Projekt: K + S Salzeinleitung Elbe, 11 pp.

Watabe M. (2015): Larval community dynamics in an artificial habitat created for conservation of a local population of the endangered brackish water damselfly, Mortonagrion hirosei (Odonata: Coenagrionidae). *Odonatologica* 44 (1/2): 45–62

Weihrauch F. (1998) Die Entwicklung von Gomphus vulgatissimus (L.) in Kiesgrubengewässern: seltene Ausnahme oder lediglich übersehen? (Anisoptera: Gomphidae). *Libellula* 17 (3/4): 149–161

Weihrauch F. (2001) Entwicklung von Onychogomphus f. forcipatus in einem Kleingewässer (Odonata: Gomphidae). *Libellula* 20 (3/4): 149–154

Wichard W. & H. Komnick (1974a) Fine structure and function of the rectal chloride epithelia of damselfly larvae. *Journal of Insect Physiology* 20: 1611–1621

Wichard W. & H. Komnick (1974b) Zur Feinstruktur der rektalen Tracheenkiemen von anisopteren Libellenlarven. I. Das respiratorische Epithel. *Odonatologica* 3 (2): 121–127

Wichard W. & H. Komnick (1974c): Zur Feinstruktur der rektalen Tracheenkiemen von anisopteren Libellenlarven. II. Das rektale Chloridephithel. *Odonatologica* 3 (2): 129–135

Wildermuth H. & A. Martens (2019) Die Libellen Europas. Alle Arten von den Azoren bis zum Ural im Porträt. Quelle & Meyer, Wiebelsheim

Wildermuth H. & C. Monnerat (2020) Fakten und Indizien zum Besiedlungs- und Ausbreitungsverhalten von Coenagrion scitulum in der Schweiz (Odonata: Coenagrionidae). *Libellula* 39 (3/4): 123–147

Wilson H.W. (2008) The behavior of the Seaside Dragonlet, Erythrodiplax berenice (Odonata: Libellulidae), in a Maine salt marsh. *Northeastern Naturalist* 15 (3): 465–468

Wilson K.D.P. (2001) Orthetrum poecilops Ris – A marine dragonfly of conservation priority. *Porcupine! Newsletter of the Department of Ecology and Biodiversity*, The University of Hong Kong 22: 5–6

Wilson K.D.P. (2020) Marine dragonfly under threat at Lantau, Hong Kong (Odonata: Orthetrum poecilops). *Agrion* 24 (2): 162–168

Wolf B. & E. Kiel (2010) Benthic macroinvertebrates in marshland streams and their salinity preferences. *Lauterbornia* 69: 191–218

Wolfram-Wais A., G. Wolfram, B. Auer, E. Mikschi & A. Hain (1999) Feeding habits of two introduced fish species (Lepomis gibbosus, Pseudorasbora parva) in Neusiedler See (Austria), with special reference to chironomid larvae (Diptera: Chironomidae). *Hydrobiologia* 408/409: 123–129

Wright M. (1943) The effect of certain ecological factors on dragonfly nymph. *Journal of the Tennessee Academy of Science*: 172–196

ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (o.J.) Klimamonitoring. https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/klimamonitoring/, letzter Zugriff 08.03.2023

Zessin W.K.G. & D.G.W. Königstedt (1993) Rote Liste der gefährdeten Libellen Mecklenburg-Vorpommerns. Der Umweltminister des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Ed.). Goldschmidt Druck GmbH, Schwerin

Manuskripteingang: 4. Januar 2023