

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Libellen und die angewandte odonatologische Forschung (Insecta: Odonata)

Andreas Chovanec ¹

In der der jüngeren Vergangenheit wurden in mehreren Studien aus Ost-Österreich Auswirkungen des Klimawandels auf Libellen dokumentiert. Im vorliegenden Beitrag sind diese komplexen Effekte zusammengefasst und diskutiert. Veränderungen des Verbreitungsgebietes werden am Beispiel von *Erythromma lindenii* beschrieben. Männchen von *Orthetrum cancellatum* und *Orthetrum coerulescens* reagieren auf erhöhte Temperaturen und UV-Strahlung mit intensiver Blaubereifung des Thorax. Auch erste Nachweise verstärkter thorakaler Rotfärbung bei *Sympetrum sanguineum* geben möglicherweise Hinweise auf derartige klinale Veränderungen. Bei Arten aller phänologischen Gilden sind Verschiebungen von Emergenz-, Reifungs- und Flugzeiten festzustellen. Die Fundsituation von *Aeshna affinis* im Jahr 2024 zeigt, dass unter bestimmten Voraussetzungen hydrologische Extremereignisse dem klimawandelbedingten Habitatverlust entgegenwirken können. Implikationen dieser Auswirkungen auf die Methodik odonatologischer Erhebungen, auf die Definition ökologischer und phänologischer Gilden, auf Bioindikationsverfahren und Gefährdungseinstufungen werden dargestellt.

Chovanec A (2026) Effects of climate change on dragonflies and on applied odonatological research (Insecta: Odonata)

In the recent years, several studies carried out in Eastern Austria document impacts of climate change on Odonata. In the present paper, these complex effects are summarised and discussed. Changes of the distribution area are illustrated using the example of *Erythromma lindenii*. Male *Orthetrum cancellatum* and *Orthetrum coerulescens* respond to increased temperatures and UV-radiation with strong thoracic pruinescence. First records of male *Sympetrum sanguineum* with a red coloured thorax may also indicate clinal phenotypic variations due to climate change. Species of all phenological guilds show changes in life-history traits, such as shifts in emergence, maturation, and flight periods. In 2024, records of *Aeshna affinis* proved, that – under certain conditions – extreme hydrological events counteract climate-induced habitat loss. Implications of these climate-based effects on the methodology of odonatological surveys, on the definition of ecological and phenological guilds, on bioindication methods, and on the assessment of the species' threat status are presented.

Keywords: climate change, Odonata, range shift, distribution, phenology, pruinescence, UV-radiation, temperature, clinal variation.

Received: 2025 01 12

DOI: <https://doi.org/10.25365/azba.162.09>

¹ 2345 Brunn am Gebirge, Austria
E-Mail: andreas.chovanec@gmail.com

Einleitung

Die komplexen Folgen des Klimawandels auf die Libellenfauna sind seit Jahren Gegenstand der Fachliteratur und beziehen sich sowohl auf die aquatische als auch die terrestrische Lebensphase von Vertretern dieser Insektenordnung und die entsprechenden Teillebensräume (Hassall & Thompson 2008; Cancellario et al. 2022; Pinkert et al. 2023; Castillo-Pérez et al. 2024). Sie betreffen Veränderungen der horizontalen sowie vertikalen Verbreitung (Ott 2010; Hassall 2015; Basel et al. 2021; Lemke 2021; Bowler et al. 2022; Péliissié et al. 2022;

Cadena et al. 2023; Hawkes et al. 2024; Holmes 2025) und haben Einfluss auf Phänologie, Entwicklungsgeschwindigkeiten und Voltinismus (Thomas 2002; Kunz & Hunger 2006; Hassall et al. 2007; Schirmacher et al. 2007; Flenner et al. 2010; McCauley et al. 2018; Patton & Benson 2023; Maynou et al. 2025). Hervorzuheben sind ebenso Effekte auf zwischenartliche Interaktionen und Konkurrenzphänomene sowohl zwischen etablierten und „neuen“ Arten als auch zwischen seit langem etablierten Spezies (Suhling & Suhling 2013; Hogreve & Suhling 2022; Stahl & Johansson 2024) und Implikationen auf Körpergröße und Morphologie (Hassall et al. 2009; McCauley et al. 2018; Acquah-Lamprey et al. 2020; Wonglersak et al. 2020). Sánchez-Guillén et al. (2016, 2024) beschrieben Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Molekularbiologie und Hybridisierung. Die Auswirkungen auf die Reproduktionslebensräume von Libellen sind z.T. dramatisch (Bush et al. 2014; Theischinger et al. 2021). Daher ist jedenfalls zu diskutieren, ob Arten mit vergrößertem Verbreitungsgebiet zu „Gewinnern des Klimawandels“ zu zählen sind, wenn die Habitatverfügbarkeit insbesondere in südlichen Teilen ihres Areals durch schnelleres Austrocknen der Gewässer signifikant reduziert ist (De Knijf et al. 2024a). Diese Prozesse werden durch anthropogene Übernutzungen der Wasserressourcen verstärkt (Khelifa et al. 2021; Zahn & Burbach 2023; Vicente-Serrano et al. 2024). Wärmeempfindliche Arten zählen jedenfalls zu den „Verlierern“ des Klimawandels (De Knijf et al. 2011; Fliedner-Kalies & Fliedner 2011; Termaat et al. 2019; Bowler et al. 2022; Neff et al. 2022; Olsen et al. 2022; Olthoff & Ikemeyer 2024).

In der vorliegenden Arbeit werden Beispiele aus libellenkundlichen Projekten aus Ostösterreich präsentiert, die klimawandel-bedingte Auswirkungen veranschaulichen. Im Vordergrund stehen dabei die Aspekte Arealerweiterung, Phänologie, klineale Veränderungen von Farbmorphen sowie Habitatverfügbarkeit. Folgen auf die Methodik libellenkundlicher Erhebungen und die angewandte odonatologische Forschung werden diskutiert.

Methode

Aus einer Mehrzahl von veröffentlichten, einzelnen unveröffentlichten Untersuchungen sowie unpublizierten Daten und Beobachtungen wurden im vorliegenden Beitrag auf den Klimawandel zurückführbare Auswirkungen auf die Libellenfauna zusammengefasst und diskutiert. Die Arbeiten wurden schwerpunktmäßig in Gebieten Niederösterreichs und der Steiermark durchgeführt, die der aquatischen Bioregion Östliche Flach- und Hügelländer zuzurechnen sind (Wimmer et al. 2012). Daten zur Verbreitung stammen aus dem in Erstellung befindlichen, neuen „Libellenatlas für Österreich“ (Holzinger et al. in Vorb.) sowie aus Studien aus der Bioregion Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland in Oberösterreich.

Ergebnisse und Diskussion

Arealerweiterung

Crocothemis erythraea (Brullé, 1832) (Abb. 1) wurde zu einer ikonischen Symbolart für klimawandelbedingte Faunenverschiebung (Sánchez-Guillén & Ott 2018) und „schaffte es“ auf die Titelseiten entsprechender Fachbücher (z. B. Essl & Rabitsch 2013). Doch es sind große Anteile der Libellenfauna weltweit, bei denen Veränderungen des Verbreitungsgebiets festzustellen sind. Deutlich mehr als die Hälfte der in Europa vorkommenden

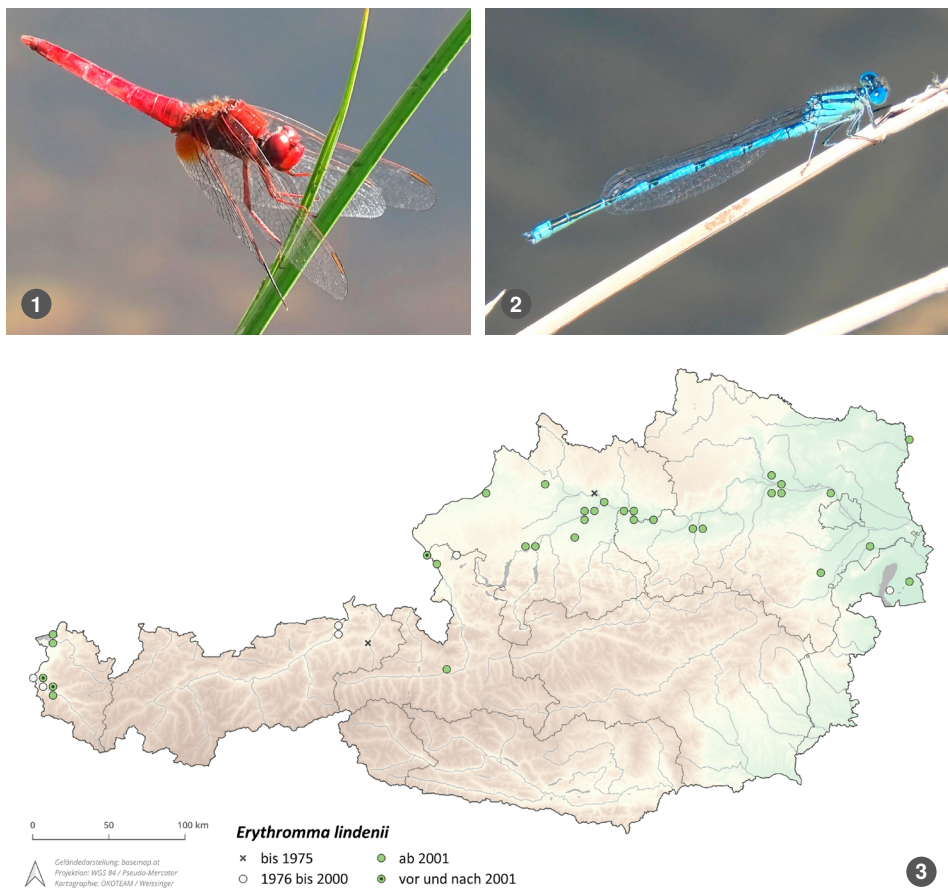


Abb. 1: Ein Männchen von *Crocothemis erythraea*, Pöllau (Ost-Steiermark), 16-07-2021, Foto: A. Chovanec. | **Fig. 1:** A male *Crocothemis erythraea*, Pöllau (Eastern Styria, Austria), 16-07-2021, Photo: A. Chovanec.

Abb. 2: Ein Männchen von *Erythromma lindenii* an der Krems (Oberösterreich), 06-07-2019, Foto: A. Chovanec. | **Fig. 2:** A male *Erythromma lindenii* at the River Krems (Upper Austria), 06-07-2019, Photo: A. Chovanec.

Abb. 3: Verbreitung von *Erythromma lindenii* in Österreich (Karte: Ökoteam). | **Fig. 3:** Distribution of *Erythromma lindenii* in Austria (Map: Ökoteam).

Libellenarten erweiterten als Reaktion auf klimawandelbedingte Temperaturerhöhungen in den vergangenen Jahrzehnten ihr Areal (Termaat et al. 2019). Die Ausbreitungskapazität von Kleinlibellen wird von Góral (2024) diskutiert.

Im Rahmen dieses Beitrages wird beispielhaft auf die Veränderung der Fundsituation von *Erythromma lindenii* (Selys, 1840) (Abb. 2) in Österreich eingegangen (Chovanec et al. in Vorb.). In Europa ist die Art insbesondere im Westen und Süden verbreitet, von wo sie seit

den 1990er Jahren ihr Verbreitungsgebiet deutlich in nördlicher und nordöstlicher Richtung vergrößert hat (Holuša 2023). Diese Arealerweiterung spiegelt sich auch in der Fundsituation in Österreich wider. Die Art, damals noch *Cercion lindenii*, wurde 1965 erstmals für Österreich in Oberösterreich nachgewiesen (Theischinger 1966). Bis zum Jahr 2000 lagen die meisten Fundorte allerdings im Westen Österreichs. Ab dem Beginn des 21. Jahrhunderts verlagerte sich der Schwerpunkt der Nachweise nach Ober- und Niederösterreich (Abb. 3). Das bisher individuenreichste Vorkommen wurde im Jahr 2019 an der Krems in Oberösterreich nachgewiesen (Chovanec 2020). *Erythromma lindenii* kommt vor allem an größeren stehenden und langsam fließenden Gewässern in thermisch begünstigten Lagen vor. Den besiedelten Gewässern gemein sind ausgedehnte Bestände von aufschwimmender Unterwasservegetation.

Veränderung von Farbmorphen

Innerhalb der Anisoptera ist Wachsberiefung insbesondere bei den Libellulidae verbreitet. Das Ausmaß von wachsartigem Überzug kann dabei stark variieren und von der Verbreitung der Art abhängen, wobei heiße Areale bewohnende Populationen tendenziell stärkere Bereifungen ausprägen (Garrison 1976). Sie tritt vorwiegend bei geschlechtsreifen Männchen und fallweise bei alten Weibchen auf und spielt – durch Reflexion von UV-Strahlung – eine Rolle bei der intra- und interspezifischen Kommunikation sowie – durch die Reflexion solarer Strahlung – bei der Thermoregulation (Futahashi 2020; Chovanec 2021a). In Mitteleuropa kommen vier Arten der zu den Libellulidae gehörenden Gattung *Orthetrum* vor: *Orthetrum albistylum* (Selys, 1848), *O. brunneum* (Fonscolombe, 1837), *O. cancellatum* (Linnaeus, 1758) und *O. coerulescens* (Fabricius, 1798). Bei den geschlechtsreifen Männchen dieser vier Spezies ist das Abdomen in artspezifischer Weise stets bereift. Starke Bereifung des Thorax zeigt sich ausschließlich bei reifen Männchen von *O. brunneum* im gesamten Verbreitungsgebiet regelmäßig und ist eines der Erkennungsmerkmale dieser Art. Der Thorax von *O. cancellatum* und *O. coerulescens* ist in Mitteleuropa in der Regel braun (Abb. 4, 5) und kann bei älteren Männchen eine leichte Bereifung aufweisen. Im südlichen Areal kommen Männchen beider Arten vor, deren Thorax stark bereift ist und hellblau erscheint.

Seit dem Jahr 2016 werden in Osten Österreichs vermehrt Männchen von *O. cancellatum* (Abb. 6) und *O. coerulescens* mit sehr stark bereiftem Thorax gesichtet. Das in Abb. 7 dargestellte Männchen von *O. coerulescens* ist nicht mehr anhand der Thoraxfärbung, sondern ausschließlich anhand der Flügeladerung eindeutig als solches zu determinieren. Die diesbezüglichen Funde erfolgten in Niederösterreich in den Bezirken Mödling (beide Arten; Chovanec 2021a, b) und Wr. Neustadt (*O. cancellatum*) sowie in der Steiermark im Bezirk Hartberg-Fürstenfeld (*O. cancellatum*; Chovanec 2024a).

Corbet (1999) hob hervor, dass insbesondere die Bereifung des Thorax thermoregulatorische Funktion hat, da das Abdomen besser durch verhaltensgesteuerte Thermoregulation vor Überhitzung geschützt werden kann (z. B. Wildermuth et al. 2018): Bei der Obeliskenhaltung beispielsweise wird der Hinterleib direkt in Richtung Sonne ausgerichtet, um so die Fläche der von der Wärmestrahlung erfassten Körperoberfläche zu minimieren. Es ist daher wahrscheinlich, dass Populationen der Art mit stärkerer Wachsberiefung des Thorax auf die klimawandelbedingt steigenden Temperaturen und die erhöhte UV-Strahlung in Mitteleuropa (Lorenz et al. 2024) reagieren. Zeuss et al. (2014) belegten, dass die Ausbreitung



Abb. 4: Ein Männchen von *Orthetrum cancellatum* mit braunem Thorax, Matzensdorf (Niederösterreich), 14-06-2021, Foto: A. Chovanec. | **Fig. 4:** A male *Orthetrum cancellatum* with a brown thorax, Matzensdorf (Lower Austria), 14-06-2021, Photo: A. Chovanec.

Abb. 5: Ein Männchen von *Orthetrum coerulescens* mit braunem Thorax, Maria Enzersdorf (Niederösterreich), 27-06-2019, Foto: A. Chovanec. | **Fig. 5:** A male *Orthetrum coerulescens* with a brown thorax, Maria Enzersdorf (Lower Austria), 27-06-2019, Photo: A. Chovanec.

Abb. 6: Ein Männchen von *Orthetrum cancellatum* mit außergewöhnlich stark bereiftem Thorax, Maria Enzersdorf (Niederösterreich), 31-07-2016, Foto: A. Chovanec. | **Fig. 6:** Strong thoracic pruinescence in a male of *Orthetrum cancellatum*, Maria Enzersdorf (Lower Austria), 31-07-2016, Photo: A. Chovanec.

Abb. 7: Ein Männchen von *Orthetrum coerulescens* mit sehr starker Thoraxbereifung, Maria Enzersdorf (Niederösterreich), 07-07-2019, Foto: A. Chovanec. | **Fig. 7:** A male *Orthetrum coerulescens* with totally pruinose thorax, Maria Enzersdorf (Lower Austria), 07-07-2019, Photo: A. Chovanec.

hell gefärbter Arten durch klimawandelbedingte Temperaturerhöhungen gefördert wird (siehe auch Acquah-Lamprey et al. 2020). Ebenso haben Arten Vorteile, die durch eine entsprechende phänotypische Plastizität in der Lage sind, mit hellen Varianten auf die klimatischen Veränderungen zu reagieren. Der bereifte Thorax erlaubt den Männchen beider Arten, auch bei großer Hitze und Sonneneinstrahlung länger die besonnten Territorien zu besetzen (Chovanec 2021a, b). Inzwischen werden derartige Veränderungen der Bereifung von *O. coerulescens* auch im Norden Deutschlands nachgewiesen (Fahrenholz 2025).

Nachweise eines androchromen, roten Weibchens von *Sympetrum sanguineum* und von Männchen derselben Art mit rotem Thorax wurden von Chovanec (2024b) in Mödling (Niederösterreich) dokumentiert. Möglicherweise sind auch diese phänotypischen Variationen mit der Veränderung klimatischer Faktoren in Verbindung zu bringen. Wie Sternberg (1995) in Versuchen bei Aeshniden feststellen konnte, können erhöhte Umgebungstemperaturen die Ausprägung androchromer Weibchen begünstigen. Entsprechende Beobachtungen von ihm im Freiland bestätigten damals diese Beobachtungen. Futahashi (2016, 2017) zeigte anhand der in Asien auftretenden Spezies *Crocothemis servilia* (Drury, 1773), *Sympetrum darwinianum* (Selys, 1883) und *S. frequens* (Selys, 1883), dass die Rotfärbung adulter Männchen einen Schutz gegen oxidativen Stress bei UV-Strahlung bietet. Der Farb-Polyorphismus bei den Weibchen der Kleinlibelle *Megalagrion calliphya* (McLachlan, 1883) auf Hawaii äußert sich höhenabhängig: Beide Geschlechter der Art sind in größeren Höhen rot gefärbt. In mittleren Höhen sind sowohl androchrome, rote als auch gynochrome, grüne Weibchen zu finden. In tiefen Lagen sind die Weibchen gynochrom. Auch Cooper (2010) brachte dies mit der antioxidativen Eigenschaft roter Pigmentierung in Verbindung, die in größeren Höhen vor Schäden durch UV-Strahlung schützt.

Phänologie

Insbesondere durch libellenkundliche Studien, die Aussagen über längere Zeiträume erlauben, werden klimawandel-bedingte Effekte auf Odonata klar veranschaulicht (Willigalla 2007; Wildermuth 2008, 2010; Suhling et al. 2009). Künstliche Kleingewässer im Wienerwald in Mödling (Niederösterreich) waren sowohl im Jahr 1996 als auch im Jahr 2024 Gegenstand detaillierter libellenkundlicher Untersuchungen (Chovanec 1998, 2024c, 2025). Die hohe Anzahl von Begehungen (1996: 26, 2024: 32) erlaubte unter anderem einen Vergleich der Flugzeiten jener Arten, die in beiden Jahren in bodenständigen Populationen mit langer Präsenz am Standort auftraten.

Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass die Emergenzzeiten bei sieben der acht dargestellten Arten im Jahr 2024 früher als im Jahr 1996 begannen. Bei *Pyrrhosoma nymphula* betrug der Unterschied einen Monat. Bei den beiden am frühesten emergierenden Spezies *P. nymphula* und *Libellula depressa* sowie bei *Coenagrion puella* endete die Flugzeit am Standort im Jahr 2024 früher, bei *Sympetrum sanguineum* endete sie in der gleichen Dekade wie 1996, bei drei Arten, *Libellula quadrimaculata*, *Anax imperator* und *Aeshna cyanea*, dauerte sie im Jahr 2024 länger, bei letzterer betrug die Differenz zwei Dekaden. Die Präsenz von *Sympetrum striolatum* endete am Untersuchungsort zwar bereits in der ersten November-Dekade 2024. Am Eichkogel wurden in einer Entfernung von 1 km zum Untersuchungsort allerdings noch am 16.11.2024 Individuen der Art gesichtet. Mit Anfang November waren die untersuchten Gewässer im Wienerwald allerdings kaum mehr besonnt, weshalb die Flugzeit von *S. striolatum* dort früher endete.

Frühlingsarten, wie *P. nymphula* und *L. depressa*, überwintern in der Regel im letzten Larvenstadium F-0, was eine weitgehend synchronisierte Emergenz bedingt (Corbet 1999). Erhöhte Temperaturen im Frühling haben eine frühere Imaginalhäutung zur Folge; aufgrund der komprimierten Emergenzperiode bleibt die zeitlich vorverschobene Flugzeit allerdings etwa gleichlang (siehe auch Hassall et al. 2007; Dingemanse & Kalkman 2008; Richter et al. 2008; Woods & McGarvey 2023). Bei Sommer- und Herbstarten lassen sich nicht nur

Tab. 1: Flugzeiten ausgewählter Libellenarten an künstlichen Kleingewässern im Wienerwald; 1, 2, 3: Monatsdekaden. | Tab. 1: Flight periods of selected Odonata at small artificial ponds situated in the Wienerwald; 1, 2, 3: Decades of the month.

		April			Mai			Juni			Juli			August			September			Oktober			November		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Pyrrhosoma nymphula</i> (Sulzer, 1776)	2024																								
	1996																								
<i>Libellula depressa</i> Linnaeus, 1758	2024																								
	1996																								
<i>Libellula quadrimaculata</i> Linnaeus, 1758	2024																								
	1996																								
<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	2024																								
	1996																								
<i>Anax imperator</i> Leach, 1815	2024																								
	1996																								
<i>Sympetrum sanguineum</i> (Müller, 1764)	2024																								
	1996																								
<i>Aeshna cyanea</i> (Müller, 1764)	2024																								
	1996																								
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	2024																								
	1996																								

ein früherer Start der Emergenzperiode, sondern auch eine Verlängerung der Flugdauer feststellen. Dies wird auch von Lohr (2016) bestätigt (siehe z. B. auch Patton & Benson 2023). Bei Sommer- und Herbstarten führen erhöhte Temperaturen möglicherweise zu einem verstärkten „cohort splitting“ innerhalb der Larvenpopulationen, zu einer Verlängerung der Emergenzperiode und damit auch der Flug- und Reproduktionsperiode (siehe dazu u. a. auch Wildermuth 1994; Corbet 1999). So ist zu erklären, dass bei *L. quadrimaculata*, *A. cyanea* und *A. imperator* die Flugzeit im Jahr 2024 nicht nur früher begann, sondern auch länger dauerte als im Jahr 1996.

Die Verschiebungen des Beginns der Flugzeiten lassen sich auch mit der Periode der Nachweise der höchsten Artenzahlen ableiten. In dieser Zeit sind sowohl „ausklingende“ Frühlingsarten (z. B. *Cordulia aenea*, *L. depressa*, *L. quadrimaculata*), als auch Frühlings-/Früh-sommerarten (z. B. *C. puella*, *A. imperator*) sowie bereits Sommer-/Herbstarten (z. B. *A. cyanea*, *S. striolatum*) am Gewässer anzutreffen. Im Jahr 1996 fiel diese Periode auf den Zeitraum vom 4.7. bis zum 9.8., in dem maximal 13 bzw. 14 Spezies der insgesamt 26 vorkommenden Arten gleichzeitig anzutreffen waren. Im Jahr 2024 waren bereits vom 23.6. bis zum 29.6. die höchsten Zahlen gleichzeitig auftretender Spezies (12 bis 14 von 21) zu verzeichnen.

Im Zusammenhang mit im Jahresverlauf immer früheren Nachweisen sind auch Funde von *Sympetma fusca* ab dem 18.6.2024 im Bezirk Mödling (Niederösterreich) zu nennen (Abb. 8; siehe auch Chovanec 2024c). Wildermuth & Martens (2019) gemäß beginnt die Emergenzzeit dieser Spezies in Mitteleuropa in der ersten Julidekade, die Hauptemergenzzeit erstreckt sich von Ende Juli bis Mitte August (siehe dazu u. a. auch Thomas 2002; Weitzel 2009; Schweighofer 2011; Nicolai 2025).



Abb. 8: Ein sehr junges Weibchen von *Sympecma fusca*, Brunn am Gebirge (Niederösterreich), 18-06-2024, Foto: A. Chovanec. | **Fig. 8:** A very young female of *Sympecma fusca*, Brunn am Gebirge (Lower Austria), 18-06-2024, Photo: A. Chovanec.

Unter der Reifungsdauer wird die Zeitspanne zwischen den Nachweisen der ersten emergierenden und jenen der ersten adulten Tiere am Gewässer verstanden. *Sympetrum striolatum* ist eine Art, die besonders plastisch auf erhöhte Sommertemperaturen reagiert. Die Reifungszeit, die von *S. striolatum* oft kilometerweit vom Gewässer entfernt verbracht wird, dauert in unseren Breiten etwa zwischen drei und sechs Wochen und kann sich in heißen Sommern auch auf acht Wochen ausdehnen. Verlängerte Reifungszeiten sind für die Art im Mittelmeerraum typisch und dienen dort der Überbrückung des trocken-heißen Sommers (Samraoui et al. 1998). Im Jahr 1996 betrug der Zeitabstand zwischen der frühesten Sichtung der Imagines (4.7.) und der ersten Reproduktion (23.7.) am Untersuchungsort knapp drei Wochen. Im Jahr 2024 betrug die Zeitspanne zwischen dem 20.6. und dem 3.8. etwa sieben Wochen (siehe auch Chovanec 2023a).

Meteorologische Extremereignisse

Meteorologische Extremereignisse nehmen in ihrer Intensität und Häufigkeit zu (GeoSphere Austria 2024a) und werden auch als Gefährdungsursachen für Libellen angesehen (De Knijf et al. 2024a, b). In den Jahren 2023/2024 waren in Ostösterreich meteorologische Konstellationen ausgeprägt, die sich allerdings positiv beispielsweise auf die Entwicklung von *Aeshna affinis* Vander Linden, 1820 (Abb. 9) auswirkten. Hier trat die Art vergleichsweise massenhaft auf (Chovanec 2024d). Die univoltine Spezies ist typisch für stehende Gewässer mit stark schwankendem Wasserstand und für periodische Gewässer. Klimawandelbedingt sinken in



Abb. 9: Ein unreifes, unausgefärbtes Männchen von *Aeshna affinis* in Maria Enzersdorf (Niederösterreich), 05-06-2024, Foto: A. Chovanec. | **Fig. 9:** An immature male *Aeshna affinis* in the colour of the prereproductive period in Maria Enzersdorf (Lower Austria), 05-06-2024, Photo: A. Chovanec.

vielen Regionen die Grundwasserstände. Die Situation wird durch Grundwasserentnahmen für Bewässerungszwecke verschärft. Dies hat zur Folge, dass derartige Gewässer nur mehr eingeschränkt entstehen, erhöhte Temperaturen führen außerdem zu ihrem schnellen Austrocknen. *Aeshna affinis* tritt im Frühsommer auch nicht selten als Invasionsgast aus dem Mittelmeergebiet auf. Die etwa 2–3,5 Monate lang dauernde Entwicklung beginnt im Jänner/Februar nach der Eidiapause (Wildermuth & Martens 2019).

Abbildung 10 zeigt die monatlichen Niederschlagsmengen (in mm) für den Zeitraum Juli 2023 bis Juni 2024 verglichen mit den durchschnittlichen Mengen der Referenzperiode 1961–1990. In Abbildung 11 sind die durchschnittlichen Monatstemperaturen in °C basierend auf den Tagesmittelwerten für den gleichen Zeitraum verglichen mit den entsprechenden Werten aus der Referenzperiode 1961–1990 angegeben: Die aktuellen Durchschnittstemperaturen sind in jedem Monat höher als in der Vergleichsperiode. Die Daten stammen von der Klimastation Wien / Hohe Warte (198 m ü. A.; GEOSPHERE AUSTRIA 2024b).

Die Monate Oktober bis Dezember 2023 waren im Raum Wien durch überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen gekennzeichnet (Summe für diese Monate: 265 mm gegenüber 135 mm für den Referenzzeitraum 1961–1990). Die Fortpflanzungsgewässer der Art waren daher im darauffolgenden Frühjahr entsprechend gut dotiert. Eine zu rasche Austrocknung, begünstigt durch die geringen Niederschläge im Februar 2024 und die hohen

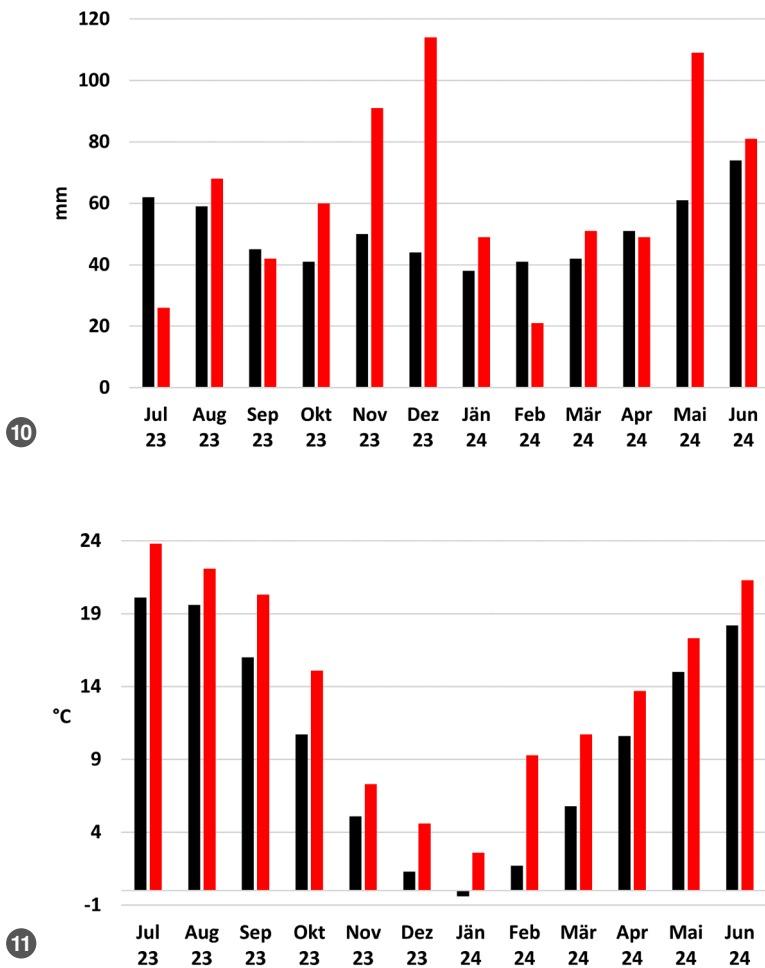


Abb. 10: Monatliche Niederschlagsmengen in mm für den Zeitraum Juli 2023 bis Juni 2024 (rot) verglichen mit den durchschnittlichen Mengen der Referenzperiode 1961–1990 (schwarz). | **Fig. 10:** Monthly precipitation in mm for the period July 2023 – June 2024 (red) compared with the average values of the reference period 1961–1990 (black).

Abb. 11: Durchschnittliche Monatstemperaturen in °C basierend auf den Tagesmittelwerten für den Zeitraum Juli 2023 bis Juni 2024 (rot) verglichen mit der Referenzperiode 1961–1990 (schwarz). | **Fig. 11:** Mean monthly air temperatures in °C based on the daily average values for the period July 2023–June 2024 (red) compared with the reference period 1961–1990 (black).

Temperaturen im Februar und März 2024, wurde möglicherweise durch den regenreichen Mai 2024 verhindert. Die hohen Temperaturen im Frühjahr 2024 förderten die schnelle Entwicklung der Art und förderten die frühe Emergenz. Die in Ostösterreich oft in Verbänden angetroffenen Tiere waren immatur; deshalb handelt es sich bei den Nachweisen nicht um Invasionsgäste (Chovanec 2024d).

Auswirkungen auf die angewandte odonatologische Forschung

Aufgrund ihrer komplexen Lebensraumsprüche spielen Odonata als Indikatoren bei der Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Praxis eine große Rolle (z. B. Chovanec 2019, 2020, 2023b; Csar et al. 2024). Ihre Tradition als Zeigergruppe im Naturschutz ist noch viel länger. Aus der Gruppe der aquatischen Wirbellosen stellen Libellen die meisten der in Anhängen der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG) genannten Arten: Von diesen 17 Spezies kommen 11 in Österreich vor. Damit stellen Libellen einen sowohl die Belange des Naturschutzes als auch der Wasserwirtschaft integrierenden „Schirmindikator“ innerhalb des Gewässerschutzes dar.

Die in dem vorliegenden Beitrag erwähnte Art *E. lindenii* ist ein Beispiel für mehrere Spezies, die in Österreich in einzelnen Regionen seit langem nachgewiesen sind, durch ihre Ausbreitung ihr Verbreitungsgebiet in Österreich allerdings deutlich vergrößern. Es stehen auch bereits mehrere „neue“ Arten „vor der Tür“, die mit Sicherheit in naher Zukunft in Österreich gefunden werden. Als Beispiel seien hier *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798) und *Trithemis annulata* (Palisot de Beauvois, 1807) erwähnt (Günther 2019; Henseler et al. 2019; Puff et al. 2023). Mit diesen Prozessen sind Auswirkungen auf die Bioindikationsforschung und -praxis verbunden: Die veränderte Verbreitungssituation von Spezies ist bei der Erstellung libellenkundlicher Leitbilder im Rahmen der gewässertyp-spezifischen Bewertung des libellen-ökologischen Zustands von Gewässern zu beachten. Da *E. lindenii* in einzelnen Bundesländern in der Zwischenzeit als etabliert gilt, ist es als Referenzart für die biozönotischen Regionen Meta- und Epipotamal sowie für die Übergangsregion Hyporhithral/Epipotamal zu berücksichtigen; dies gilt insbesondere für die aquatischen Bioregionen Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland und Östliche Flach- und Hügelländer (z. B. Chovanec 2020). Eine ähnliche Situation zeichnet sich für *Gomphus pulchellus* Selys, 1840 ab, der ähnliche Ausbreitungstendenzen zeigt (Gros & Chovanec 2018; Chovanec 2023b). Das veränderte Arteninventar für einzelne aquatische Bioregionen sowie für ganz Österreich erfordert auch die Überarbeitung ökologischer Gilden, die ebenfalls zur Festlegung libellenkundlicher Referenzzustände herangezogen werden (Chovanec et al. 2015; Chovanec 2019).

Die Verwendung des Konzepts der biozönotischen Regionen hat sich für die typologische Charakterisierung und Bewertung von Fließgewässern bewährt (z. B. Chovanec 2019, 2020, 2022). Die klimawandelbedingte Erwärmung bewirkt eine Potamalisierung der Gewässer und damit eine Reduktion rhithraler Lebensräume (Hering et al. 2010; Essl & Rabitsch 2013). Damit sind dramatische Auswirkungen auf wärmeempfindliche, rheophile Libellenarten verbunden (Hickling et al. 2005; Outomuro et al. 2010; Fliedner-Kalies & Fliedner 2011; Zahn & Burbach 2023). Eine Adaptierung der gewässertypologischen Charakterisierung der heimischen Fließgewässer, innerhalb der die biozönotische Region einen essenziellen Typisierungsparameter repräsentiert (Wimmer et al. 2012), ist notwendig, um eine den aktuellen Temperaturverhältnissen gerecht werdende Bewertung des ökologischen Zustandes zu gewährleisten. Es wird darüber hinaus zu überprüfen sein, ob auch die klimawandelbedingten Veränderungen der hydrologischen Regime (Wimmer et al. 2012) Auswirkungen auf die rheophile und rheobionte Libellenfauna haben.

Es ist in der libellenkundlichen Fortbildung, in Mitteilungsblättern (z. B. Chovanec 2023c), in der Bestimmungsliteratur sowie im Rahmen von Citizen Science-Programmen verstärkt auf die klinalen Veränderungen der Farbmorphen einzelner Libellenarten hinzuweisen. Da Männchen von *O. cancellatum* und *O. coerulescens* mit stark beireiftem Thorax vergleichsweise leicht mit jenen von *O. brunneum* zu verwechseln sind, ist dies auch bei den entsprechenden Online-Portalen für Fundmeldungen zu berücksichtigen.

Für die Erhebung des imaginalen, aspektbildenden Inventars von Libellenarten an einem Gewässer wird die Durchführung von zumindest fünf bzw. sechs (bei wahrscheinlichem Fund von *Sympecma fusca*) Begehungen empfohlen (Chovanec 2019). Die zeitliche Verschiebung des Auftretens phänologischer Gilden (Schmidt 1985; Chovanec 1998, 2023a) erfordert daher entsprechende Anpassungen der Untersuchungsdesigns. Es ist auch zu berücksichtigen, dass – an entsprechenden Standorten – der Anteil von Arten steigen wird, deren Entwicklung nicht univoltin, sondern bivoltin abläuft (Hoess 2019; Monnerat et al. 2021).

Die Verschiebung von Arealen, der Verlust aquatischer Lebensräume und Veränderungen der Flugzeiten zählen zu den offensichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Libellenfauna. Eher „im Verborgenen“ laufen Veränderungen bei zwischenartlichen Interaktionen ab. So führen beispielsweise klimawandelbedingte Vorteile in der Entwicklungsgeschwindigkeit von *S. striolatum* zu Wettbewerbsnachteilen des oft syntop vorkommenden *Sympetrum vulgatum* (Linnaeus, 1758) (Hogreve & Suhling 2022; siehe dazu z. B. auch Stahl & Johansson 2024). Dies mag ein Grund für die negativen Populationstrends dieser Spezies sein, die in der Roten Liste für Europa inzwischen als „gefährdet“ ausgewiesen ist (De Knijf et al. 2024a).

Die immer stärker werdenden Auswirkungen des Klimawandels spiegeln sich auch in der Beurteilung der Gefährdungssituation von Libellen weltweit (Sayer et al. 2025) und in Europa wider. In der Roten Liste für Europa aus dem Jahr 2010 (Kalkman et al. 2010) waren 15 % der 137 beurteilten Arten in einer der Gefährdungskategorien genannt. Unter den Hauptgefährdungsursachen waren als direkt klimarelevante Faktoren „Dürre“ an dritter Stelle und „Lebensraumveränderung durch Klimawandel“ an 14. Stelle genannt. In der überarbeiteten Liste (De Knijf et al. 2024a) sind von 142 beurteilten Arten 20 % in einer Gefährdungskategorie angeführt. Bei den Hauptgefährdungsursachen sind „klimawandelbegründete Dürre“ an zweiter Stelle, „klimawandelbedingte Lebensraumveränderung“ an fünfter und „klimawandelbedingte Temperaturerhöhung“ an zehnter Stelle. Auf diese vergleichsweise rasanten Entwicklungen gilt es, mit zeitnahen Aktualisierungen der Informationen zu Verbreitung und Gefährdung zu reagieren (Hok Yau Tang & Visconti 2020). Für Österreich ist ein aktualisierter „Libellenatlas“ mit neuer Roten Liste in Ausarbeitung (Holzinger et al. in Vorb).

Die oben erwähnte „Rolle“ von Odonata als „Schirmindikatoren“ bedingt, dass – im Lichte der Auswirkungen des Klimawandels – zu Gunsten von Libellen zu ergreifende Schutzmaßnahmen (De Knijf et al. 2024b, Samways 2024) nahezu allen Typen von Oberflächengewässern und Feuchtgebieten und den entsprechenden gewässertyp-spezifischen Lebensgemeinschaften zu Gute kommen.

Danksagung

Der Autor dankt zwei anonymen Reviewer:innen für die aufmerksame Durchsicht und wertvolle Anmerkungen.

Literatur

- Acquah-Lampsey D, Brändle M, Brandl R, Pinkert S (2020) Temperature-driven color lightness and body size variation scale to local assemblages of European Odonata but are modified by propensity for dispersal. *Ecology and Evolution*, 10, 8936–8948 (<https://doi.org/10.1002/ece3.6596>)
- Basel AM, Simaika JP, Samways MJ, Midgley GF, MacFadyen S, Hui C (2021) Assemblage reorganization of South African dragonflies due to climate change. *Diversity and Distributions* 27(12), 2542–2558 (<https://doi.org/10.1111/ddi.13422>)
- Bowler D, Eichenberg D, Conze K-J, Suhling F, Baumann K, Benken T, Bönsel A, Bittner T, Drews A, Günther A, Isaac N, Petzold F, Seyring M, Spengler T, Trockur B, Vedder D, Willigalla C, Bruehlheide H, Jansen F, Bonn A (2022) Gewinner und Verlierer in der Libellenfauna: Veränderung der Verbreitung in Deutschland zwischen 1980 und 2016. *Libellula* 41(1/2), 25–45
- Bush AA, Nipperess DA, Duursma DE, Theischinger G, Turak E, Hughes L (2014) Continental-scale assessment of risk to the Australian Odonata from climate change. *PLoS ONE* 9(2), e88958 (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088958>)
- Cadena JT, Boudot J-P, Kalkman VJ, Marshall L (2023) Impacts of climate change on dragonflies and damselflies in West and Central Asia. *Diversity and Distributions* 29, 912–925 (<https://doi.org/10.1111/ddi.13704>)
- Cancellario T, Miranda R, Baquero E, Fontaneto D, Martínez A, Mammola S (2022) Climate change will redefine taxonomic, functional, and phylogenetic diversity of Odonata in space and time. *npj Biodiversity* 1:1 (<https://doi.org/10.1038/s44185-022-00001-3>)
- Castillo-Pérez EU, Rivera-Duarte JD, Abellán P, del-Val E, González-Tokman D, Córdoba-Aguilar A (2024) Thriving in the heat: How high temperatures and habitat disturbance shape odonate taxonomic and functional diversity in the tropics. *Insect Conservation and Diversity* 2024, 1–14 (<https://doi.org/10.1111/icad.12805>)
- Chovanec A (1998) The composition of the dragonfly community (Insecta: Odonata) of a small artificial pond: seasonal variations and aspects of bioindication. *Lauterbornia* 32, 1–14
- Chovanec A (2019) Bewertung von Oberflächengewässern anhand libellenkundlicher Untersuchungen (Odonata) – Methoden für stehende und fließende Gewässer sowie ihre beispielhafte Anwendung an der Mattig (Oberösterreich). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen* 71, 13–45
- 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 (2021a) Variationen der Bereifung beim Großen Blaupfeil, *Orthetrum cancellatum* (Linnaeus, 1758) (Odonata: Libellulidae). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen* 73, 1–17
- Chovanec A (2021b) Beispiele starker Thoraxbereifung bei Männchen von *Orthetrum coerulescens* in Niederösterreich (Odonata: Libellulidae). *Libellula Supplement* 16, 87–100
- Chovanec A (2022) The assessment of the dragonfly fauna (Insecta: Odonata) as a tool for the detailed typological characterisation of running waters. *Acta ZooBot Austria* 158, 129–147
- Chovanec A (2023a) Succession of the Odonata fauna at a small wetland in an overflow and seepage reservoir: results of a six-year study. *International Dragonfly Fund, Report* 182, 1–62

- Chovanec A. (2023b) Die Libellenfauna von Leitenbach, Sandbach und Aschach (Oberösterreich) im Jahr 2022: aktueller Status und Vergleich mit 2015 (Insecta: Odonata). *Beiträge zur Entomofaunistik* 24, 3–31
- Chovanec A (2023c) Studying pruinescence in males of Black-tailed Skimmer and Keeled Skimmer. *The Dragonfly News* 83, The Magazine of the British Dragonfly Society, Spring 2023, 31
- Chovanec A (2024a) An example of successfully merging dragonfly conservation with tourism: Odonata at a large artificial swimming pond in Styria (Austria). *Journal of the British Dragonfly Society* 40(1), 4–24
- Chovanec A (2024b) Nachweise eines androchromen Weibchens sowie von Männchen mit rot gefärbtem Thorax von *Sympetrum sanguineum* (Odonata: Libellulidae). *Libellula* 43(3/4), 193–207
- Chovanec A (2024c) Libellenkundliche Untersuchung der Biotope im Prießnitztal / Mödling im Jahr 2024. Studie im Auftrag des Naturschutzbundes Niederösterreich (https://naturschutzbund.at/files/noe_homepage/Anlagen/Neuigkeiten/Priessnitztal_Libellen.pdf)
- Chovanec A (2024d) Notizen zum Verhalten immaturer Imagines der Südlichen Mosaikjungfer (*Aeshna affinis* Vander Linden, 1820) (Odonata: Aeshnidae). *Mercuriale* 91, 91–111
- Chovanec A (2025) Veränderung der Libellenfauna eines Kleingewässers nach 28 Jahren unter besonderer Berücksichtigung phänologischer Aspekte. *Libellula* 44 (1/2), 1–28
- Chovanec A, Schindler M, Waringer J, Wimmer R (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 (<https://doi.org/10.1002/rra.2760>)
- Cooper IA (2010) Ecology of sexual dimorphism and clinal variation of coloration in a damselfly. *The American Naturalist* 176(5), 566–572 (<https://doi.org/10.1086/656491>)
- Corbet PS (1999) *Dragonflies. Behaviour and ecology of Odonata*. Harley Books, Colchester, 829 pp. (ISBN 0-946589-64-X)
- Csar D, Pichler-Scheder C, Gumpinger C, Chovanec A, Kudrnovsky H, Hayes DS, Muhar S (2024) evaRest – Evaluierung von gewässerökologischen Aufwertungsmaßnahmen – Anleitung zur Bewertung ausgewählter Indikatorgruppen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien, 101 pp. (<https://info.bml.gv.at/themen/wasser/gewaesserbewirtschaftung/leitfaeden/massnahmenevaluierung-fliessgewaessern-evarest-rescues.html>)
- De Knijf G, Flenker U, Vanappelghem C, Mancini CO, Kalkman VJ, Demolder H (2011) The status of two boreo-alpine species, *Somatochlora alpestris* and *S. arctica*, in Romania and their vulnerability to the impact of climate change (Odonata: Corduliidae). *International Journal of Odonatology* 14 (2): 111–136 (<https://doi.org/10.1080/13887890.2011.578565>)
- De Knijf G, Billqvist M, van Grunsven RHA, Prunier F, Vinko D, Trotter A, Bellotto V, Clay J, Allen DJ (2024a) Measuring the pulse of European biodiversity. *European Red List of dragonflies & damselflies (Odonata)*. European Commission, Brussels, 36 pp. (ISBN 978-92-68-18365-6, <https://doi.org/10.2779/462053>)
- De Knijf G, Billqvist M, van Grunsven R et al. (2024b) *European Dragonflies: moving from assessment to conservation planning*. A report to the European Commission by the IUCN SSC Dragonfly Specialist Group and the IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group. Conservation Planning Specialist Group, Apple Valley, MN, USA, 31 pp. (<https://iucn.org/resources/jointly-published/european-dragonflies-moving-assessment-conservation-planning>)
- Dingemanse NJ, Kalkman VJ (2008) Changing temperature regimes have advanced the phenology of Odonata in the Netherlands. *Ecological Entomology* 33, 394–402 (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00982.x>)
- Essl F, Rabitsch W (2013) *Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 458 pp. (ISBN 978-3-642-29691-8)

- Fahrenholz A (2025) Blaue Thoraxbereifung bei *Orthetrum coerulescens* – jetzt auch bei uns normal? (Odonata: Libellulidae). Mitteilungen der AG Libellen in Niedersachsen und Bremen 7, 59–68
- Flenner I, Richter O, Suhling F (2010) Rising temperature and development in dragonfly populations at different latitudes. *Freshwater Biology* 55(2), 397–410 (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02289.x>)
- Fliedner-Kalies T, Fliedner H (2011) Einfluss des Klimawandels. In: Fliedner-Kalies T, Fliedner H: Libellen im Kanton Schwyz. Berichte der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Sechzehntes Heft, 57–60
- Futahashi R (2016) Color vision and color formation in dragonflies. *Current Opinion in Insect Science* 17, 32–39 (<https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.05.014>)
- Futahashi R (2017) Molecular Mechanisms Underlying Color Vision and Color Formation in Dragonflies. In: Sekimura T, Nijhout HF: Diversity and Evolution of Butterfly Wing Patterns. An Integrative Approach, Springer Open, 303–320 (https://doi.org/10.1007/978-981-10-4956-9_17)
- Futahashi R (2020) Diversity of UV reflection patterns in Odonata. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8: 201 (<https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00201>)
- Garrison RW (1976) Multivariate analysis of geographic variation in *Libellula luctuosa* Burmeister. *The Pan-Pacific Entomologist* 52, 181–203 (<https://biostor.org/reference/244387>)
- GeoSphere Austria (2024a) <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/deutlich-mehr-regen-als-bei-frueheren-extremereignissen> (letzter Zugriff am 26.12.2024)
- GeoSphere Austria (2024b) <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/klimamonitoring/> (letzter Zugriff am 26.12.2024)
- Góral N (2024) Are the dispersal capabilities of Zygoptera underestimated? A critical review (Odonata). *Odonatologica* 53(3–4), 307–328 (<https://doi.org/10.60024/odon.v53i3-4.a4>)
- Gros P, Chovanec A (2018) Erste Nachweise der Westlichen Keiljungfer *Gomphus pulchellus* Sélys, 1840 (Odonata: Gomphidae) in Oberösterreich. *Beiträge zur Entomofaunistik* 19, 35–42
- Günther A (2019) Successful breeding by *Pantala flavescens* in Germany (Odonata: Libellulidae). *Odonatologica* 48(3/4), 203–210 (<https://doi.org/10.5281/zenodo.3539732>)
- Hassall C (2015) Odonata as candidate macroecological barometers for global climate change. *Freshwater Science* 34(3), 1040–1049 (<https://doi.org/10.1086/682210>)
- Hassall C, Thompson DJ (2008) The effects of environmental warming on Odonata: a review. *International Journal of Odonatology* 11(2), 131–153 (<https://doi.org/10.1080/13887890.2008.9748319>)
- Hassall C, Thompson DJ, French GC, Harvey IF (2007) Historical changes in the phenology of British Odonata are related to climate. *Global Change Biology* 13, 933–941 (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01318.x>)
- Hassall C, Thompson DJ, Harvey IF (2009) Variation in morphology between core and marginal populations of three British damselflies. *Aquatic Insects* 31(3), 187–197 (<https://doi.org/10.1080/01650420902776708>)
- Hawkes W, Selinger F, Willigalla C, Haest B, Keiřs O, Kalniņš M (2024) Northward expansion: four new Odonata species for Latvia. *Libellula* 43(1/2), 107–116
- Henseler D, Müller M, Hoess R (2019) *Pantala flavescens* neu für die Schweiz, inklusive Entwicklungsnachweis (Odonata: Libellulidae). *Libellula* 38(3/4), 211–218
- Hering D, Haidekker A, Schmidt-Kloiber A, Barker T, Buisson L, Graf W, Grenouillet G, Lorenz A, Sandin L, Stendera S (2010) Monitoring the responses of freshwater ecosystems to climate change. In: Kernan M, Battarbee RW, Moss B: Climate change impacts on freshwater ecosystems, Blackwell Publishing, 84–118 (ISBN 978-1-4051-7913-3)

- Hickling R, Roy DB, Hill JK, Thomas CD (2005) A northward shift of range margins in British Odonata. *Global Change Biology* 11, 502–506 (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00904.x>)
- Hoess R (2019) Erstnachweis einer zweiten Jahrgeneration von *Orthetrum brunneum* (Odonata: Libellulidae) für Mitteleuropa. *Libellula* 38(1/2), 97–102
- Hogreve J, Suhling F (2022) Development of two common dragonfly species with diverging occupancy trends. *Journal of Insect Conservation* 26, 571–581 (<https://doi.org/10.1007/s10841-022-00396-1>)
- Hok Yau Tang D, Visconti P (2020) Biases of Odonata in Habitats Directive: Trends, trend drivers, and conservation status of European threatened Odonata. *Insect Conservation and Diversity* (<https://doi.org/10.1111/icad.12450>)
- Holmes A (2025) Are British Dragonflies building up a “climatic debt”? Range shifts of British Odonata, 1990 to 2024. *Journal of the British Dragonfly Society*, 41(2), 120–138
- Holuša O (2023) Expansion of *Erythromma lindenii* (Selys, 1840) (Odonata: Coenagrionidae) is still ongoing: settlement of Central Europe by various migratory routes. *Libellula* 42(1/2), 49–61
- Kalkman VJ, Boudot JP, Bernard R, Conze KJ, De Knijf G, Dyatlova E, Ferreira S, Jović M, Ott J, Riservato E, Sahlen G (2010) European Red List of Dragonflies. Luxembourg: Publications Office of the European Union (ISBN 978-92-79-14153-9, <https://doi.org/10.2779/84650>)
- Khelifa R, Mahdjoub H, Baaloudj A, Cannings RA, Samways MJ (2021) Effects of both climate change and human water demand on a highly threatened damselfly. *Scientific Reports* 11:7725 (<https://doi.org/10.1038/s41598-021-86383-z>)
- Kunz B, Hunger H (2006) Phänologiedaten 2006 einiger Libellen aus Mitteleuropa. *Mercuriale* 6, 42–46
- Lemke M. (2021) Hinweise auf eine erfolgreiche Entwicklung von *Chalcolestes viridis* (Vander Linden, 1825) in der subalpinen Höhenstufe (Odonata: Lestidae). *Libellula* 40(3/4), 161–172
- Lohr M (2016) Klima. In: Menke N, Göcking C, Grönhagen N, Joest R, Lohr M, Olthoff M, Conze K-J: Die Libellen Nordrhein-Westfalens. LWL-Museum für Naturkunde, Münster, 40–47
- Lorenz S, Heinzl F, Bauer S, Janßen M, De Bock V, Mangold A, Scholz-Kreisel P, Weiskopf D (2024) Increasing solar UV radiation in Dortmund, Germany: data and trend analyses and comparison to Uccle, Belgium. *Photochemical & Photobiological Sciences* (<https://doi.org/10.1007/s43630-024-00658-8>)
- Maynou X, Martín R, Norling U, Múrria C (2025) Water temperature drives local variability in the life cycle of *Onychogomphus forcipatus* (Odonata: Gomphidae) in a Mediterranean river. *Limnetica* 44(2), 333–344 (<https://doi.org/10.23818/limn.44.21>)
- McCauley SJ, Hammond JI, Mabry KE (2018) Simulated climate change increases larval mortality, alters phenology, and affects flight morphology of a dragonfly. *Ecosphere* 9(3): e02151. (<https://doi.org/10.1002/ecs2.2151>)
- Monnerat C, Weiss E, Churko G, Fabian Y (2021) Die Libellengemeinschaft der Nassreisfelder in der Schweiz (Odonata). *Libellula Supplement* 16, 201–228
- Neff F, Korner-Nievergelt F, Rey E, Albrecht M, Bollmann K, Cahenzli F, Chittaro Y, Gossner MM, Martínez-Núñez C, Meier ES, Monnerat C, Moretti M, Roth T, Herzog F, Knop E (2022) Different roles of concurring climate and regional land-use changes in past 40 years’ insect trends. *Nature Communications* 13:7611 (<https://doi.org/10.1038/s41467-022-35223-3>)
- Nicolai B (2025) Neubesiedlung und Phänologie von *Sympecma fusca* an einem Erdfall-Weiher im nördlichen Harzvorland 2024 (Odonata: Lestidae). *Libellula* 44(1/2), 29–40
- Olsen K, Svenning J-C, Balslev H (2022) Climate change is driving shifts in dragonfly species richness across Europe via differential dynamics of taxonomic and biogeographic groups. *Diversity* 14(12), 1066 (<https://doi.org/10.3390/d14121066>)
- Olthoff M, Ikemeyer D (2024) Veränderung der Libellenfauna (Odonata) in neun Mooren des Münsterlandes (Nordrhein-Westfalen). *Libellula* 43(3/4), 127–162

- Ott J (2010) Dragonflies and climatic change – recent trends in Germany and Europe. *BioRisk* 5, 253–286 (<https://doi.org/10.3897/biorisk.5.857>)
- Outomuro D, Torralba-Burrial A, Ocharan FJ (2010) Distribution of the Iberian *Calopteryx* damselflies and its relation with bioclimatic belts: Evolutionary and biogeographic implications. *Journal of Insect Science* 10(1), 61 (<https://doi.org/10.1673/031.010.6101>)
- Patten MA, Benson BR (2023) A broader flight season for Norway’s Odonata across a century and a half. *Oikos* 2023: e09882 (<https://doi.org/10.1111/oik.09882>)
- Pélessié M, Johansson F, Hyseni C (2022) Pushed northward by climate change: Range shifts with a chance of co-occurrence reshuffling in the forecast for northern European Odonates. *Environmental Entomology*, 51(5), 910–921 (<https://doi.org/10.1093/ee/nvac056>)
- Pinkert S, Clausnitzer V, Acquah-Lampsey D, De Marco P, Johansson F (2023) Odonata as focal taxa for biological responses to climate change. In: Córdoba-Aguilar A, Beatty CD, Bried JT (eds): *Dragonflies and damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research*, 2nd edn, Oxford University Press, Oxford, 385–399 (<https://doi.org/10.1093/oso/9780192898623.003.0027>)
- Puff F, Hilpold A, Schulze CH, Guariento E (2023) *Trithemis annulata* (Insecta, Libellulidae) reaches the northernmost Italian region Trentino-Alto Adige/Südtirol. *Gredleriana* 23, 107–114 (<https://doi.org/10.5281/zenodo.10054043>)
- Richter O, Suhling F, Müller O, Kern D (2008) A model for predicting the emergence of dragonflies in a changing climate. *Freshwater Biology* 53, 1868–1880 (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02012.x>)
- Samraoui B, Bouzid S, Boulahbal R, Corbet PS (1998) Postponed reproductive maturation in upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algerian dragonflies (Anisoptera). *International Journal of Odonatology* 1, 119–135 (<https://doi.org/10.1080/13887890.1998.9748100>)
- Samways MJ (2024) *Conservation of dragonflies. Sentinels for freshwater conservation*. Royal Entomological Society, CABI, Wallingford, UK, Boston, USA, 539 pp. (ISBN 9781789248371)
- Sánchez-Guillén RA, Ott J (2018) Genetic consequences of range expansions along several fronts in *Crocothemis erythraea*. *International Journal of Odonatology* 21, 81–91 (<https://doi.org/10.1080/13887890.2018.1462259>)
- Sánchez-Guillén RA, Córdoba-Aguilar A, Hansson B, Ott J, Wellenreuther M (2016) Evolutionary consequences of climate-induced range shifts in insects. *Biological Reviews* 91, 1050–1064 (<https://doi.org/10.1111/brv.12204>)
- Sánchez-Guillén RA, Arce-Valdés LR, Ballén-Guapacha AV, Ordaz-Morales JE, Stand-Pérez M (2024) Interspecific hybridization in insects in times of climate change. In: González-Tokman D, Dáttilo W (eds): *Effects of climate change on insects: Physiological, evolutionary, and ecological responses*. Oxford University Press, 133–156 (<https://doi.org/10.1093/oso/9780192864161.003.0008>)
- Sayer CA, Fernando E, Jimenez RR et al. (2025) One-quarter of freshwater fauna threatened with extinction. *Nature* 638, 138–145 (<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08375-z>)
- Schirmmacher K, Schiel F-J, Martens A (2007) Einjährige Entwicklung von *Gomphus pulchellus* und *Leucorrhinia caudalis* in einem neu angelegten Gewässer (Odonata: Gomphidae, Libellulidae). *Libellula* 26(3/4), 189–192
- Schmidt EG (1985) Habitat inventarization, characterization and bioindication by a “Representative Spectrum of Odonata Species (RSO)”. *Odonatologica* 14(2), 127–133
- Schweighofer W (2011) Ein Jahr mit *Sympecma fusca* in Niederösterreich (Odonata: Lestidae). *Libellula* 30(3/4), 157–172
- Stahl L, Johansson F (2024) Effects of temperature and resource level on interspecific interactions in two species of Odonata larvae. *Ecology and Evolution* 14(6), e11502 (<https://doi.org/10.1002/ece3.11502>)

- Sternberg K (1995) Experimentelle Erzeugung androchromer Weibchen durch Einwirkung hoher Temperaturen bei Arten der Libellen-Gattung *Aeshna* (Anisoptera: Aeshnidae). *Entomologia Generalis* 20(1/2), 37–42 (<https://doi.org/10.1127/entom.gen/20/1995/37>)
- Suhling I, Suhling F (2013) Thermal adaptation affects interactions between a range-expanding and a native odonate species. *Freshwater Biology* 58, 705–714 (<https://doi.org/10.1111/fwb.12074>)
- Suhling F, Martens A, Leipelt KG, Schütte C, Hoppe-Dominik B (2009) Libellen Braunschweigs – Verbreitungsmuster und Bestandstrends der Libellenfauna einer Großstadt (Odonata). *Braunschweiger Naturkundliche Schriften* 8, 449–476
- Termaat T, van Strien AJ, van Grunsven RHA, De Knijf G, Bjelke U, Burbach K, Conze K-J, Goffart P, Hepper D, Kalkman VJ, Motte G, Prins MD, Prunier F, Sparrow D, van den Top GG, Vanappelghem C, Winterholler M, DeVries MFW (2019) Distribution trends of European dragonflies under climate change. *Diversity and Distribution* 25, 936–950 (<https://doi.org/10.1111/ddi.12913>)
- Theischinger G (1966) Neunachweise zur Libellen-Fauna des Großraumes von Linz und Oberösterreichs. *Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz* 12, 175–178
- Theischinger G, Miller J, Tang C, Huxley M, Jacobs S (2021) What will happen to them? Notes on some dragonfly (Odonata) species that are susceptible to the impacts of global warming-induced climate change. *The Victorian Naturalist* 138(3), 68–77
- Thomas B (2002) Temperaturrekorde in den 1990er Jahren und früher Beginn von Flugzeit und Fortpflanzung bei häufigen Libellenarten in Nordwestdeutschland (Odonata). *Libellula* 21(1/2), 25–35
- Vicente-Serrano SM, Pricope NG, Toret A, Morán-Tejeda E, Spinoni J, Ocampo-Melgar A, Archer E, Diedhiou A, Mesbahzadeh T, Ravindranath NH, Pulwarty RS, Alibakhshi S (2024) The global threat of drying lands: Regional and global aridity trends and future projections. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, Germany, 151 pp. (ISBN 978-92-95128-17-0)
- Weitzel M (2009) Bemerkenswerte Spätherbst- und Winterbeobachtungen von Köcherfliegen und Libellen im extrem milden Winter 2006/2007 aus dem Moselgebiet. *Dendrocopos* 36, 81–85
- Wildermuth H (1994) Populationsdynamik der Großen Moosjungfer, *Leucorrhinia pectoralis* Charpentier, 1825 (Odonata, Libellulidae). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 3(1), 25–39
- Wildermuth H (2008) Konstanz und Dynamik der Libellenfauna in der Drumlinlandschaft Zürcher Oberland Rückblick auf 35 Jahre Monitoring. *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 153(3/4), 57–66
- Wildermuth H (2010) Monitoring the effects of conservation actions in agricultural and urbanized landscapes – also useful for assessing climate change? *BioRisk* 5, 175–192 (<https://doi.org/10.3897/biorisk.5.848>)
- Wildermuth H, Martens A (2019) Die Libellen Europas. Alle Arten von den Azoren bis zum Ural im Porträt. Quelle & Meyer, Wiebelsheim, 958 pp. (ISBN 978-3-494-01690-0)
- Wildermuth H, Borkenstein A, Jödicke R (2018) Verhaltensgesteuerte Thermoregulation bei *Leucorrhinia pectoralis* und *L. rubicunda* (Odonata: Libellulidae). *Libellula* 37(3/4), 97–134
- Willigalla C (2007) Zusammensetzung der Libellenfauna der Stadt Mainz im Zeitraum der letzten 30 Jahre (Insecta: Odonata). *Fauna Flora Rheinland-Pfalz* 11(1), 175–190
- Wimmer R, Wintersberger H, Parthl GA (2012) Hydromorphologische Leitbilder – Fließgewässertypisierung in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 4 Teile 44+160+30+39 pp. (https://info.bml.gv.at/dam/jcr:fedfe93a-d305-4778-bb04-b0196ba8a7d1/Leitbild_Band1_v08Feb_web.pdf)
- Wonglarsak R, Fenberg PB, Langdon PG, Brooks SJ, Price BW (2020) Temperature-body size responses in insects: a case study of British Odonata. *Ecological Entomology* 45, 795–805 (<https://doi.org/10.1111/een.12853>)

- Woods T, McGarvey DJ (2023) Drivers of Odonata flight timing revealed by natural history collection data. *Journal of Animal Ecology* 92, 310–323 (<https://doi.org/10.1111/1365-2656.13795>)
- Zahn A & Burbach K (2023) Schnelle Reaktion der Libellenfauna auf Hitzesommer. *ANLiegen Natur* 45(2), 21–24
- Zeuss D, Brandl R, Brändle M, Rahbek C, Brunzel S (2014) Global warming favours light-coloured insects in Europe. *Nature Communications* 5: 3874 (<https://doi.org/10.1038/ncomms4874>)