

Die Sommerlibelle *Aeshna viridis* – Emergenzverlauf in Nordwest-Deutschland (Odonata: Aeshnidae)

Friederike Kastner¹ und Rainer Buchwald²

¹AG Vegetationskunde und Naturschutz, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften (IBU), Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, D-26111 Oldenburg, friederike.kastner@uni-oldenburg.de, ²rainer.buchwald@uni-oldenburg.de

Abstract

The summer dragonfly *Aeshna viridis* – emergence patterns in northwestern Germany (Odonata: Aeshnidae) – Collecting exuviae from breeding sites is an important method of quantifying emergence patterns, the sex ratio and the approximate population size. In this study the emergence patterns of *Aeshna viridis* in northwestern Germany are described for the three years 2011, 2012 and 2013. *Aeshna viridis* is proved to be a typical summer species with an emergence beginning in the last ten days of June and peaking between the beginning and middle of July. The emergence period lasted six to nine weeks. Differences in the start of emergence between males and females were not detected, but EM_{50} (the time, when 50% of the population emerged) was not in the same week in 2012 and in 2013. Furthermore, it was possible to determine protandry. The detected sex ratio of *A. viridis* was significantly biased towards the female in all three years. Overall, our results matched existing data for *A. viridis* from other regions in the western distribution area.

Zusammenfassung

Das Sammeln von Exuvien an Reproduktionsgewässern ist eine aussagekräftige Methode, um Emergenzverlauf, Geschlechterverhältnis und die ungefähre Populationsgröße quantitativ zu ermitteln. In dieser Arbeit wird der Emergenzverlauf von *Aeshna viridis* in Nordwest-Deutschland für die drei Jahre 2011, 2012 und 2013 beschrieben. *Aeshna viridis* erweist sich als typische Sommerart, deren Emergenz Ende Juni beginnt und zwischen Anfang und Mitte Juli ihren Höhepunkt erreicht. Die Emergenzperiode dauerte sechs bis neun Wochen. Unterschiede im Emergenzbeginn zwischen Männchen und Weibchen wurden nicht festgestellt, jedoch lag der EM_{50} (Zeitpunkt, an dem die Hälfte der Population geschlüpft war) im Jahr 2012 und 2013 nicht in derselben Woche. Darüber hinaus konnte Protandrie festgestellt werden. Das ermittelte Geschlechterverhältnis von *A. viridis* war in allen drei Jahren signifikant von Weibchen dominiert. Insgesamt stimmen unsere Ergebnisse mit den vorhandenen Daten zu *A. viridis* aus anderen westlichen Regionen des Areals überein.

Einleitung

Das Verbreitungsgebiet von *Aeshna viridis* reicht von den Niederlanden über Norddeutschland, Südsandinavien und Osteuropa bis nach Ostsibirien. In Europa ist die Art in ihrem Areal zurückgegangen und gilt daher als „potenziell gefährdet“ (KALKMAN et al. 2015). *Aeshna viridis* wird in der Berner Konvention (streng geschützt nach Anhang II) sowie in der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Anhang IV) aufgeführt. Das Vorkommen von *A. viridis* in Deutschland ist auf das Norddeutsche Tiefland begrenzt (KLUGKIST et al. 2015), und die Art wird auf der Roten Liste als „stark gefährdet“ (Kategorie 2, OTT et al. 2015) geführt. In Niedersachsen gilt die Art als „sehr selten“ und wird als „vom Aussterben bedroht“ (Kategorie 1, BAUMANN et al. in Vorb.) eingestuft; Verbreitungsschwerpunkte liegen in der Ems-, Hunte- und Weserniederung, dem Elbe-, Aller- und Ostetal sowie bei Cuxhaven und Wilhelmshaven (KASTNER et al. in Vorb.).

Aeshna viridis ist eng an die Krebschere *Stratiotes aloides* als Eiablagesubstrat und Larvalhabitat gebunden (WESENBERG-LUND 1913; MÜNCHBERG 1930; SUUTARI et al. 2004) und kann als Habitatspezialist und Kennart von *S. aloides*-Gewässern bezeichnet werden (SUUTARI et al. 2009; WILDERMUTH & MARTENS 2019). Die Art besiedelt, sofern dichte/ausgedehnte *S. aloides*-Bestände vorhanden sind, Fließgewässer mit geringer Strömung sowie Stillgewässer (WILDERMUTH & MARTENS 2019). Der Kenntnisstand bezüglich der Ökologie, der Gewässerunterhaltung, dem Verhalten der Imagines sowie der Larvalentwicklung ist hoch (NORLING 1971; RANTALA et al. 2004; SUUTARI et al. 2004; MAUERSBERGER et al. 2005; BRUNKEN et al. 2012; KUNZE et al. 2012; WITTENBERG et al. 2015; BORKENSTEIN & JÖDICKE 2016; BORKENSTEIN et al. 2016; KASTNER et al. 2016; KASTNER et al. 2018).

Der Emergenzzeitpunkt, die Anzahl geschlüpfter Individuen an einem Gewässer und das Geschlechterverhältnis sind wichtige Informationen zu Populationsstruktur und -dynamik der jeweiligen Art. Daher ist das Sammeln von Exuvien an einem Gewässer eine geeignete Methode, um Aussagen über Populationsgröße, das Geschlechterverhältnis oder die Populationsentwicklung im zeitlichen Verlauf zu machen. Darüber hinaus können mit dieser Methode Emergenzbeginn und -verlauf dokumentiert werden (MOORE & CORBET 1990; CORBET 1999). Aufgrund von ungünstigem Witterungsverlauf können jedoch Exuvien verloren gehen (MOORE & CORBET 1990). Der Verlauf der Emergenzkurve bei „temperate-centered species“ (CORBET 1999: 245) erlaubt die Einteilung in Frühjahrs- oder Sommerarten. Das Geschlechterverhältnis zum Zeitpunkt der Emergenz ist bei Großlibellen häufig von Weibchen dominiert, bei Kleinlibellen hingegen von Männchen (CORBET & HOESS 1998).

Es gibt nur wenige Veröffentlichungen, die sich mit dem Emergenzverlauf oder dem Geschlechterverhältnis von *A. viridis* befassen (PETERS 1979; BEUTLER 1986; MAUERSBERGER et al. 2005), und nach unserem Kenntnisstand liegt bis auf eine unveröffentlichte Abschlussarbeit aus Bremen (CASTRO & POHLMANN 2009) keine Arbeit vor, die systematisch über mehrere Jahre Exuviendaten auswertet. In dieser Arbeit werden die Ergebnisse einer über drei Jahre stattgefundenen Ex-

uvienerfassung in Grünland-Graben-Systemen der Hunte-Weser-Niederung zwischen Oldenburg (Niedersachsen) und Bremen zusammengefasst. Die Anzahl an geschlüpften Individuen und das Geschlechterverhältnis wurden berechnet, der Emergenzverlauf dargestellt und die Ergebnisse mit Daten bestehender Studien verglichen.

Untersuchungsgebiet und Methode

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Hunte-Weser-Niederung zwischen Oldenburg (Niedersachsen) und Bremen. Die Landschaft wird weitgehend von Grünland mit einer hohen Dichte an Entwässerungsgräben dominiert. Die Gräben weisen unterschiedliche Grabenvegetation auf, unter anderem auch Abschnitte mit hohen Deckungsgraden von *S. aloides*. Aufgrund ihrer Verlandungstendenz müssen die Gräben regelmäßig unterhalten werden.

Die untersuchten Grabensysteme gliedern sich in die drei Teilgebiete (I) NSG Bornhorster Huntewiesen, (II) Huntebrück und (III) NSG Hollerland mit einer West-Ost-Ausdehnung von 39 km. Die Gräben können nach LAWA (1998) als mäßig belastet (Güteklasse II) sowie als nährstoffreich (überwiegend eutroph) eingestuft werden. Der Gesamt-Deckungsgrad der aquatischen Vegetation lag zwischen 62,5 und 87,5 % mit einem überwiegend hohen Anteil an *S. aloides* (mind. 40 %, max. 100 %; Abb. 1–3). Die hier untersuchten *A. viridis*-Populationen sind seit 1905 (Teilgebiet III), 1986 (Teilgebiet II) und 2007 (Teilgebiet I) bekannt (GEISSLER 1905; KASTNER et al. 2011; Gebhardt in Tierartenerfassungsprogramm-NLWKN) und gelten als eine der größten Populationen in Deutschland (KLUCKIST et al. 2015).

Erfassungsmethode und Auswertung

Die Erfassung der *A. viridis*- und weiterer Aeshniden-Exuvien fand wöchentlich innerhalb definierter 25 m-Abschnitte (2011: n = 21, 2012: n = 27, 2013: n = 28) in *S. aloides*-Gräben von Mitte Juni bis Mitte August 2011 bis 2013 statt. Wurden an zwei aufeinanderfolgenden Terminen keine Exuvien mehr gefunden, ist die Erfassung beendet worden; dies war Mitte August der Fall. Das Teilgebiet II ist 2011 erst ab dem 22. Juli erfasst worden, daher sind diese Daten nicht in die weitere Analyse mit eingeflossen. Im Anschluss wurden die Exuvien mit Hilfe von GERKEN & STERNBERG (1999), HEIDEMANN & SEIDENBUSCH (2002) und BELLMANN (2007) bestimmt. Um die beiden Arten *A. viridis* und *A. grandis* eindeutig zu unterscheiden, wurde bei der Bestimmung auf die beiden glatten, etwa dreieckigen Flächen auf dem Occiput beiderseits der Mittelnaht geachtet, die bei *A. viridis* „einfarbig, ohne hellen Kern“ sind (HEIDEMANN & SEIDENBUSCH 2002: 194), sowie auf die Oberseite des Abdomens, das bei *A. viridis* meist „ganz oder nahezu zeichnungslos“ ist (HEIDEMANN & SEIDENBUSCH 2002), wohingegen bei *A. grandis* fast immer



Abbildung 1: Fortpflanzungsgewässer (Graben) von *Aeshna viridis* mit *Stratiotes aloides* im Teilgebiet Bornhorster Huntewiesen (09.07.2013). – **Figure 1.** Reproductive waters (ditch) by *Aeshna viridis* with *Stratiotes aloides* in the subarea Bornhorster Huntewiesen (09-vii-2013). Photo: FK



Abbildung 2: Fortpflanzungsgewässer (Graben) von *Aeshna viridis* mit *Stratiotes aloides* im Teilgebiet Huntebrück (17.07.2012). – **Figure 2.** Reproductive waters (ditch) by *Aeshna viridis* with *Stratiotes aloides* in the subarea Huntebrück (17-vii-2012). Photo: FK

deutliche dunkle Flecken vorhanden sind (HEIDEMANN & SEIDENBUSCH 2002), die bei einigen Exemplaren jedoch erst sichtbar waren, nachdem diese gegen eine helle Lampe gehalten wurden.

In dieser Arbeit wurden die Daten weiterer Grabensysteme zwischen Oldenburg und Bremen aus den Jahren 2011 bis 2013 nicht berücksichtigt, da nur die Teilgebiete in die Auswertung einfließen, für die in einem der drei Untersuchungsjahre der Nachweis von mindestens 100 Exuvien von *A. viridis* gelang.

Die Gesamtzahl an Exuvien, das Geschlechterverhältnis und die kumulative Anzahl Exuvien im Emergenzverlauf wurden berechnet. Da die Exuvien nur wöchentlich gesammelt wurden, konnten die Emergenz 10 (EM_{10}), Emergenz 50 (EM_{50}) und Emergenz 90 (EM_{90}) (TAKETO 1960) nicht auf den Tag genau berechnet werden. In der Auswertung wird daher die Kalenderwoche (KW) berücksichtigt. Um sicher zu gehen, dass sich der Emergenzverlauf und das Geschlechterverhältnis von *A. viridis* zwischen den Teilgebieten nicht grundlegend unterscheidet und ein Zusammenfassen der Daten für das Gesamtgebiet korrekt ist, wurden die genannten Parameter auch für jedes der Teilgebiete bestimmt und miteinander verglichen. Für die statistische Prüfung auf Unterschiede wurde der Chi-Quadrat-Test (χ^2) angewendet und den Tests ein Signifikanzniveau von 0,05 zugrunde gelegt.



Abbildung 3: Fortpflanzungsgewässer (Graben) von *Aeshna viridis* mit *Stratiotes aloides* im Teilgebiet Hollerland (30.08.2011). – **Figure 3.** Reproductive waters (ditch) by *Aeshna viridis* with *Stratiotes aloides* in the subarea Hollerland (30-viii-2011). Photo: FK

Ergebnisse

Insgesamt wurden 1.939 Exuvien von *A. viridis* in den drei Teilgebieten erfasst, sowie Exuvien von *A. mixta* (324), *A. grandis* (310), *A. cyanea* (29), *A. isocoles* (26), *A. juncea* (8) und *Anax imperator* (1). Die Anzahl an Exuvien von *A. viridis* in den Teilgebieten sowie die Gesamtsumme unterscheiden sich signifikant zwischen den Untersuchungsjahren (Teilgebiet I: $\chi^2 = 245,3$, $df = 2$, $p < 0,001$; Teilgebiet II: $\chi^2 = 3,7104$, $df = 1$, $p = 0,054$; Teilgebiet III: $\chi^2 = 89,898$, $df = 2$, $p < 0,001$; gesamt: $\chi^2 = 228,7$, $df = 2$, $p < 0,001$, Tab. 1); im Teilgebiet III wurden in allen drei Jahren die meisten Exuvien gesammelt.

Insgesamt wurden mehr weibliche als männliche Exuvien gesammelt (2011: 57,4 %, 2012: 58,7 %, 2013: 58,7 %), und das Geschlechterverhältnis (Männchen:Weibchen = 0,74:1, 0,70:1 und 0,71:1) ist signifikant in Richtung der Weibchen verschoben (2011: $\chi^2 = 11,337$, $df = 1$, $p < 0,001$; 2012: $\chi^2 = 13,974$, $df = 1$, $p < 0,001$; 2013: $\chi^2 = 28,764$, $df = 1$, $p < 0,001$). Dieser Weibchenüberschuss wurde auch für die einzelnen Teilgebiete festgestellt.

Die Emergenz von *A. viridis* in den einzelnen Teilgebieten begann nicht zum selben Zeitpunkt; 2011 wurden die ersten Exuvien zwischen dem 23. Juni (KW 25) und 01. Juli (KW 26), 2012 zwischen dem 21. Juni (KW 25) und 03. Juli (KW 27) sowie 2013 zwischen dem 04. Juli (KW 27) und dem 08. Juli (KW 28) erfasst. Dabei war keine zeitliche Reihenfolge zwischen den Teilgebieten zu erkennen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Teilgebieten besteht nicht (2011: $\chi^2 = 0,019608$, $df = 1$, $p = 0,889$; 2012: $\chi^2 = 0,076923$, $df = 2$, $p = 0,962$; 2013: $\chi^2 = 0,02439$, $df = 2$, $p = 0,988$). Die letzten Exuvien konnten 2011 am 03. und 04. August (beide KW 31), 2012 zwischen dem 07. August (KW 32) und dem 14. August (KW 33) und 2013 zwischen dem 06. August und 09. August (beide KW 32) gesammelt werden. Auch hier besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Teilgebieten (2011: $\chi^2 = 0$, $df = 1$, $p = 1$; 2012: $\chi^2 = 0,020619$, $df = 2$, $p = 0,989$; 2013: $\chi^2 = 0$, $df = 2$, $p = 1$). Die Emergenzperiode im Gesamtgebiet erstreckte sich somit 2011 über mindestens sieben Wochen vom 23. Juni (Untersuchungsbeginn) bis zum 04. August (KW 25 bis 31), 2012 über neun Wochen vom 21. Juni bis zum 14. August (KW 25 bis 33) und 2013 über sechs Wochen vom 04. Juli bis zum 09. August (Woche 27 bis 32; Tab. 1, Abb. 4). Ein signifikanter Unterschied in der Länge der Emergenzperiode zwischen den drei Jahren besteht nicht ($\chi^2 = 0,63636$, $df = 2$, $p = 0,728$). Die Emergenz von Männchen und Weibchen startete 2011 und 2013 am selben Tag; 2012 begann die Emergenz der Weibchen einen Tag früher als die der Männchen. Der Höhepunkt der Emergenz 2011 wurde zwischen dem 04. und dem 10. Juli (KW 27), 2012 zwischen dem 09. und dem 15. Juli (KW 28) und 2013 zwischen dem 22. und dem 28. Juli (KW 30, Abb. 4) festgestellt.

Der Zeitpunkt (KW) für die EM_{10} , EM_{50} und EM_{90} für die gesamte Anzahl, für die Anzahl an männlichen und die Anzahl an weiblichen Exuvien unterscheidet sich zwischen den drei Teilgebieten nicht (Anzahl gesamt EM_{10} : 2011: $\chi^2 = 0$, $df = 1$, $p = 1$; 2012: $\chi^2 = 0,02439$, $df = 2$, $p = 0,988$; 2013: $\chi^2 = 0$, $df = 2$, $p = 1$; Anzahl gesamt EM_{50} : 2011: $\chi^2 = 0,018182$, $df = 1$, $p = 0,893$; 2012: $\chi^2 = 0,023529$, $df = 2$,

Tabelle 1: Ergebnisse zum Emergenzverlauf von *Aeshna viridis* in *Stratiotes-aloides*-Gräben der Hunte-Weser-Niederung (Nordwest-Deutschland) 2011–2013. – **Table 1.** Results of the emergence patterns of *Aeshna viridis* in *Stratiotes aloides* ditches in the Hunte-Weser lowlands (Northwest Germany) 2011–2013. Teilgebiete subareas I NSG Bornhorster Huntewiesen; II Huntebrück; III NSG Hollerland.

Untersuchungsjahr	Erfassungsperiode	Emergenzperiode (Kalenderwoche)	Kalenderwoche von Emergenz 10	Kalenderwoche von Emergenz 50	Kalenderwoche von Emergenz 90	Gesamtanzahl an Exuvien	Davon Exuvien im Teilgebiet I	Davon Exuvien im Teilgebiet II	Davon Exuvien im Teilgebiet III
2011	♂♂ 23. Juni bis 26. August	23. Juni bis 03. August (25–31)	26	27	29	223	45		178
	♀♀ 23. Juni bis 26. August	23. Juni bis 04. August (25–31)	26	27	30	300	67		233
	Gesamt 23. Juni bis 26. August	23. Juni bis 04. August (25–31)	26	27	29	523	112		411
2012	♂♂ 16. Juni bis 23. August	22. Juni bis 09. August (25–32)	27	28	30	189	32	60	97
	♀♀ 16. Juni bis 23. August	21. Juni bis 14. August (25–33)	27	29	30	269	39	85	145
	Gesamt 16. Juni bis 23. August	21. Juni bis 14. August (25–33)	27	28	30	458	71	145	242
2013	♂♂ 24. Juni bis 13. August	04. Juli bis 09. August (27–32)	28	29	30	396	140	43	213
	♀♀ 24. Juni bis 13. August	04. Juli bis 09. August (27–32)	28	30	31	562	203	71	288
	Gesamt 24. Juni bis 13. August	04. Juli bis 09. August (27–32)	28	29	31	958	343	114	501

$p = 0,988$; 2013: $\chi^2 = 0,022472$, $df = 2$, $p = 0,989$; Anzahl gesamt EM_{90} : 2011: $\chi^2 = 0$, $df = 1$, $p = 1$; 2012: $\chi^2 = 0,021978$, $df = 2$, $p = 0,989$; 2013: $\chi^2 = 0,021739$, $df = 2$, $p = 0,989$). In Abbildung 5 ist der Emergenzverlauf als kumulative Anzahl Exuvien getrennt nach Männchen und Weibchen für das Gesamtgebiet dargestellt. In allen drei Jahren schlüpfen die Männchen früher als die Weibchen; der Zeitpunkt der EM_{50} war 2012 und 2013 und der Zeitpunkt der EM_{90} 2011 und 2013 bei den

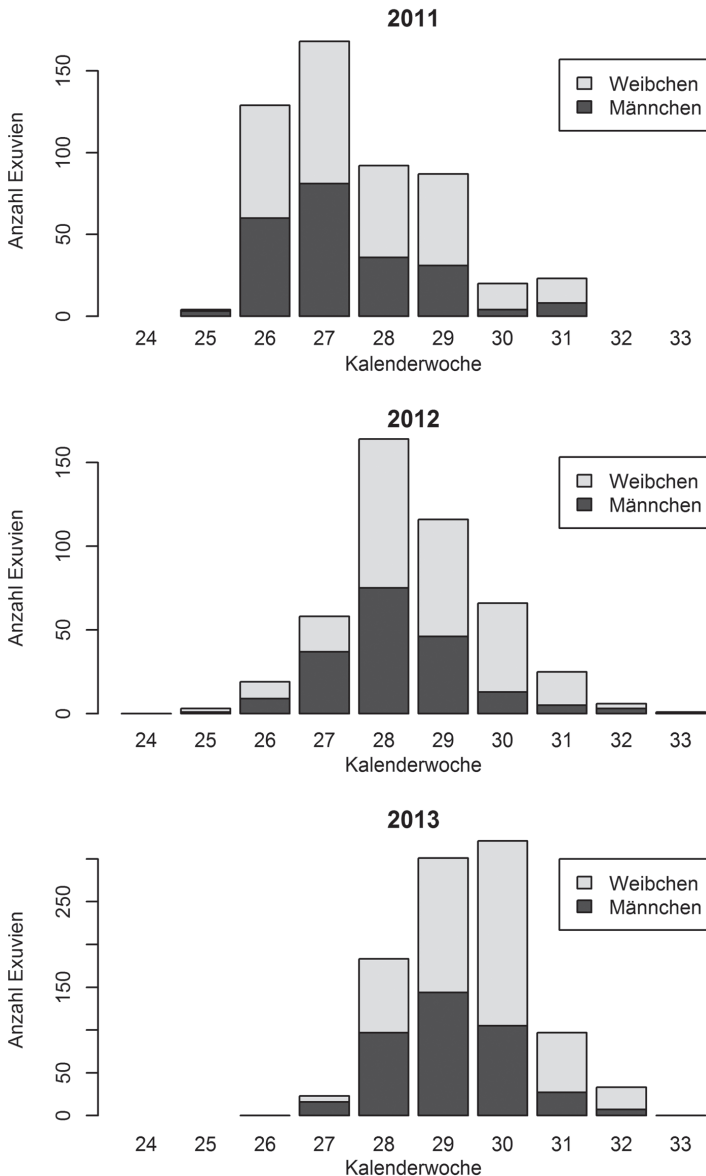


Abbildung 4: Gesamtanzahl an männlichen und weiblichen Exuvien von *Aeshna viridis* gesammelt zwischen Mitte Juni und Mitte August 2011–2013 in *Stratiotes-aloides*-Gräben der Hunte-Weser-Niederung (Nordwest-Deutschland). – **Figure 4.** Total number of male and female exuviae of *Aeshna viridis* collected between mid-June and mid-August 2011–2013 in *Stratiotes aloides* ditches in the Hunte-Weser lowlands (Northwest Germany).

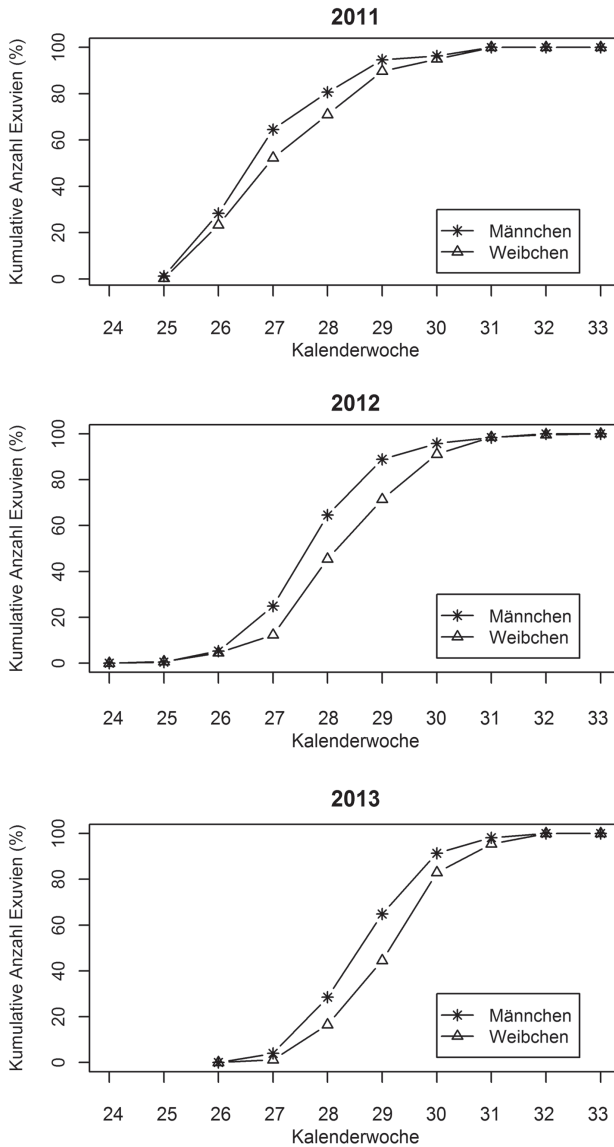


Abbildung 5: Kumulative Anzahl (%) an *Aeshna viridis*-Exuvien getrennt nach Männchen und Weibchen, gesammelt zwischen Mitte Juni und Mitte August 2011–2013 in *Stratiotes aloides*-Gräben der Hunte-Weser-Niederung (Nordwest-Deutschland). – **Figure 5.** Cumulative number (%) of males and females of *Aeshna viridis*-exuviae collected between mid-June and mid-August 2011–2013 in *Stratiotes aloides* ditches in the Hunte-Weser lowlands (Northwest Germany).

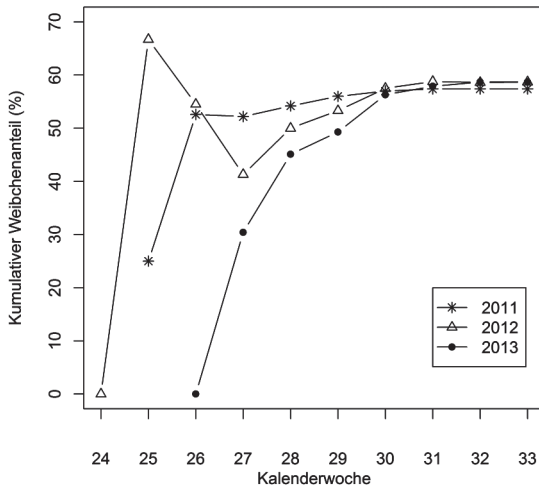


Abbildung 6: Kumulativer Anteil (%) an weiblichen *Aeshna viridis*-Exuvien, gesammelt zwischen Mitte Juni und Mitte August 2011–2013 in *Stratiotes-aloides*-Gräben der Hunte-Weser-Niederung (Nordwest-Deutschland). – **Figure 6.** Cumulative ratio (%) of female exuviae of *Aeshna viridis*, collected between mid-June and mid-August 2011–2013 in *Stratiotes aloides* ditches in the Hunte-Weser lowlands (Northwest Germany).

Männchen eine Woche vor dem der Weibchen (Tab. 1 und Abb. 5). Der Anteil der Weibchen dominierte 2011 ab der zweiten Woche, 2012 ab der ersten Woche mit einem kurzzeitigen Rückgang in der zweiten und dritten Woche und 2013 ab der vierten Woche nach Emergenzbeginn (Abb. 6).

Diskussion

Die Emergenz von *A. viridis* beginnt Mitte Juni in Ost-Deutschland und Ende Juni in West-Deutschland und dauert ungefähr sechs Wochen (KLUGKIST et al. 2015). Das Maximum der Emergenz liegt zwischen Ende Juni und Mitte Juli (KLUGKIST et al. 2015). Der jahreszeitlich früheste Nachweis der Art gelang in Niedersachsen am 09. Juni 2014 und 2018 (Imagines und Exuvien) (KASTNER et al. in Vorb.), gefolgt vom 10. Juni verschiedener Jahre (Emergenz) in Brandenburg (KRUSE & MAUERSBERGER 2013), dem 12. Juni 2011 (Imago) in Sachsen-Anhalt (MÜLLER et al. 2018) und Beobachtungen im Zeitraum 11. bis 20. Juni in Schleswig-Holstein (HAACKS et al. 2015). Der Emergenzbeginn in den Niederlanden (BOUWMAN et al. 2008; DE BOER et al. 2014) und in Dänemark (KENT 2014) liegt ebenfalls Anfang/Mitte Juni; in Schweden dagegen zwischen Mitte und Ende Juni (KALKMAN et al. 2015; TROLLSLÄNDEFÖRENINGEN – THE SWEDISH DRAGONFLY SOCIETY 2019). Der jahreszeitlich früheste Nachweis in den Niederlanden wird mit dem 27. Mai (DE

Tabelle 2: Literaturangaben zum Emergenzverlauf von *Aeshna viridis* in Deutschland. – **Table 2.** References of the emergence patterns of *Aeshna viridis* in Germany. Bundesland federal state **SH** Schleswig-Holstein, **ST** Sachsen-Anhalt, **BB** Brandenburg, **HB** Bremen, **NI** Niedersachsen. Literatur referenc: **a** HAACKS et al. (2015), **b** MÜLLER et al. (2018), **c** MAUERSBERGER et al. (2005); KRUSE & MAUERSBERGER (2013), **d** KRAWUTSCHKE (1999), **e** TSCHARNTKE (1990), **f** CASTRO & POHLMANN (2009), **g** FITZNER (2012), **h** KASTNER et al. (in Vorb.).¹ Exuvien Exuvia.

Haupt Emergenzperiode	Datum der frühesten Emergenz	Datum der spätesten Emergenz	Dauer der Emergenzperiode	Emergenz 10	Emergenz 50	Emergenz 90	Bundesland	Jahr	Quelle
Anfang Juni bis Ende Juli	Beginn Mitte Mai (erste Jahresbeobachtung Imago 12. Juni 2011)						SH		a
Mitte/Ende Juni bis Ende Juli	10. Juni verschiedener Jahre	06. August 2011					BB		c
Mitte Juni bis Anfang Juli	11. Juni ¹	27–31. Juli ¹	48 Tage	13. Juni (Tag 3)	23. Juni (Tag 13)	07. Juli (Tag 27)	BB	1998	d
Ende Juni bis Mitte Juli	20. Juni ¹	21. August ¹	63 Tage	21. Juni (Tag 2)	01. Juli (Tag 12)	16. Juli (Tag 27)	HB	1989	e
Ende Juni/Anfang Juli bis Mitte/Ende Juli	Zwischen dem 17. Juni. 2003 und dem 11. Juli 1994 ¹	Zwischen dem 02. August (1993 u 2003) und dem 29. August 2000 ¹	Zwischen 31 (1994) und 71 (2000) Tagen	Zwischen dem 22/23 Juni 2000 und 14. Juli 1996 (Tag 3/4–10)	Zwischen dem 08. Juli 2001 und 22./23. Juli 1996 (Tag 13–18/19)	Zwischen dem 19/20. Juli 1994 und 03. Augustus 1996 (Tag 9/10–30)	HB	1993 bis 2003	f
Ende Juni bis Anfang Juli	29. Juni ¹	02. August ¹	35 Tage	29. Juni (Tag 1)		12. Juli (Tag 14)	NI	2011	g
Ende Juni bis Anfang/ Mitte Juli	09. Juni 2014 und 2018	04. August 2015			05. Juli	21. Juli	NI und HB		h

BOER et al. 2014), für Dänemark mit dem 08. Juni (KENT 2014) und für Schweden mit dem 16. Juni 2013 (Björn Gunnarsson in ARTPORTALEN FRÅN ARTDATENBANKEN) angegeben.

Ein kritischer Aspekt unserer Studie ist der, dass die Exuvien nur wöchentlich und nicht täglich an den einzelnen Gewässern gesammelt wurden. Daher kann der Zeitpunkt des Emergenzbeginns sowie der Zeitpunkt von EM_{10} , EM_{50} und EM_{90} nur mit einer Spanne von sieben Tagen angegeben werden. Der Vergleich mit anderen Daten zum Emergenzverlauf von *A. viridis* in Deutschland (Tab. 2) zeigt jedoch, dass die hier vorgestellten Ergebnisse mit diesen Daten übereinstimmen.

Ein früheres Schlüpfen der Männchen von *A. viridis* vor den Weibchen sowie ein Überschuss an Männchen in den ersten Tagen der Emergenzperiode wird beschrieben (KRAWUTSCHKE 1999; MAUERSBERGER et al. 2005; CASTRO & POHLMANN 2009) und wurde ebenfalls in unserer Studie festgestellt. Protandrie – ein Vorsprung der Männchen beim Schlupfzeitpunkt – wurde bei einigen Libellenarten nachgewiesen (CORBET 1999). Eine mögliche Erklärung für Protandrie ist, dass die Männchen durch ihren frühen Schlupf so die Erfolgchancen erhöhen, auf Weibchen zu treffen, und dadurch der Paarungserfolg steigt. Weitere Erklärungen könnten sein, dass die Weibchen durch ihren späteren Schlupf die Zeit bis zur Paarung mit einem Männchen verkürzen und so ihr Mortalitätsrisiko minimieren oder dass der vorhandene Sexualdimorphismus der Körpergröße – Weibchen von *A. viridis* sind größer und schwerer als Männchen (PETERS 1987) – zu einer längeren Larvalentwicklung der Weibchen führt (CORBET 1999: 250; MORBEY & YDENBERG 2001; MORBEY 2013).

CORBET (1999: 245) teilt die „temperate-centered species“ in Frühlings- und Sommerarten ein, abhängig von ihrem Emergenzverlauf und dem Zeitpunkt der EM_{50} . Frühlingsarten überwintern im letzten Larvenstadium und zeigen eine synchrone Emergenz im Frühling mit einem kleinen EM_{50} -Wert. Sommerarten überwintern in einem früheren Larvenstadium, ihre Emergenz ist weniger synchron später im Jahr und der EM_{50} -Wert ist größer. *Anax imperator* gilt als typische Frühlingsart (CORBET 1954; CORBET & CORBET 1958), *A. cyanea* und *A. grandis* hingegen werden als typische Sommerarten eingestuft (CORBET & CORBET 1958; THOMPSON 1987). Die Emergenz von *A. viridis* ist nicht synchron und der Zeitpunkt der EM_{50} ist spät. Außerdem überwintern die Larven in Nordwest-Deutschland in einem frühen Stadium (WITTENBERG et al. 2015). Daher konnte die Charakterisierung von *A. viridis* als Sommerart (WILDERMUTH & MARTENS 2019) bestätigt werden.

Basierend auf der genetischen Geschlechtsbestimmung bei Libellen (KIAUTA 1969), wird ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis erwartet (HAMILTON 1967). Jedoch ist das Geschlechterverhältnis im Larvenstadium und zur Emergenz häufig unausgewogen, mit einem Überschuss an Weibchen bei Großlibellen und einem Überschuss an Männchen bei Kleinlibellen; darüber hinaus kann das Geschlechterverhältnis auch zwischen Jahren und Lebensräumen variieren (LAWTON 1972; CORBET & HOESS 1998; PURSE & THOMPSON 2003; FARKAS et al. 2013). Das Geschlechterverhältnis in dieser Studie ist deutlich zugunsten der Weibchen ver-

schoben. Diesen Überschuss an Weibchen bei *A. viridis* haben ebenfalls PETERS (1979: 51 %), BEUTLER (1986: 57,1 % und 61,1 %), DONATH (1989: 60,7 %), TSCHARNTKE (1990: 56,3 %), KRAWUTSCHKE (1999: 67,8 %), MAUERSBERGER et al. (2005: 60,2 %), CASTRO & POHLMANN (2009: zwischen 56,6 % und 65,6 %) sowie FITZNER (2012: 60 %) festgestellt. Eine mögliche Ursache für ein unausgeglichenes Geschlechterverhältnis könnte ein Unterschied in der Mortalitätsrate als Ei und/oder Larve sein (LAWTON 1972; DUNKLE 1985; GRIBBIN & THOMPSON 1991; CORBET & HOESS 1998). JOHANSSON et al. (2005) konnten einen signifikanten Zusammenhang zwischen Geschlechterverhältnis und Sexualdimorphismus der Körpergröße bei Libellen nachweisen, wobei dieser Zusammenhang nach Berücksichtigung des Verwandtschaftsgrads der betrachteten Arten (Phylogenie-Korrektur) nicht mehr signifikant war. Das Geschlechterverhältnis bei *A. viridis* ist Weibchen-dominiert (siehe oben), aber sowohl die weiblichen Exuvien als auch die Imagines sind größer als die männlichen (PETERS 1987). Ein Zusammenhang zwischen Geschlechterverhältnis und Wassertemperatur wurde für Gomphidae von FARKAS et al. (2013) festgestellt. Der endgültige Grund für ein ungleiches Geschlechterverhältnis ist jedoch noch nicht bekannt.

Dank

Die vorliegende Studie wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) (Az: 29355-33/2) ermöglicht. Wir danken den studentischen Hilfskräften und Praktikanten für die Unterstützung bei der Geländearbeit. Außerdem danken wir Reinhard Jödicke und Andreas Martens für hilfreiche Kommentare zur ursprünglichen Versionen des Manuskripts sowie Rüdiger Mauersberger für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

- ARTPORTALEN FRÅN ARTDATENBANKEN. <https://www.artportalen.se/>, letzter Zugriff Dezember 2019
- BAUMANN K., A. BORKENSTEIN, W. BURKART, R. JÖDICKE, F. KASTNER, U. QUANTE & T. SPENGLER (in Vorb.) Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Libellen mit Gesamtartenverzeichnis. Stand 31.12.2019. In: BAUMANN K., A. BORKENSTEIN, W. BURKART, R. JÖDICKE, F. KASTNER, U. QUANTE & T. SPENGLER (Ed.) Verbreitungsatlas der Libellen in Niedersachsen/Bremen. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Libellen in Niedersachsen und Bremen
- BELLMANN H. (2007) Libellen – beobachten, bestimmen. Kosmos-Verlag, Stuttgart
- BEUTLER H. (1986) Zur Schlupfrate und zum Geschlechterverhältnis einheimischer Großlibellen (Anisoptera): (Odonata). *Entomologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden* 49: 210–209
- BORKENSTEIN A. & R. JÖDICKE (2016) Crepuscular collective flight of *Aeshna viridis* in Central Europe (Odonata: Aeshnidae). *Notulae odonatologicae* 8: 247–318

- BORKENSTEIN A., A. SCHRÖTER & R. JÖDICKE (2016) *Aeshna viridis* is an early bird – matutinal matings in a crepuscular species (Odonata: Aeshnidae). *Odonatologica* 45: 37–56
- BOUWMAN J.H., V.J. KALKMAN, G. ABBINGH, E.P. DE BOER, R.P.G. GERAEDS, D. GROENENDIJK, R. KETELAAR, R. MANGER & T. TERMAAT (2008) Een actualisatie van de verspreiding van de Nederlandse libellen. *Brachytron* 11: 103–198
- BRUNKEN H., M. HEIN & H. KLUGKIST (2012) Auswirkungen ökologischer Grabenräumung auf Fische und die Grüne Mosaikjungfer (*Aeshna viridis*) in Bremer Natura-2000-Gebieten. *Natur und Landschaft* 87: 370–375
- CASTRO J.F. & M. POHLMANN (2009) Analyse des Vorkommens der Grünen Mosaikjungfer (*Aeshna viridis*) im NSG Westliches Hollerland (Leher Feld). Bachelorarbeit, Universität Bremen
- CORBET P.S. (1954) Seasonal regulation in British Dragonflies. *Nature* 174: 655
- CORBET P.S. (1999) Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata. Harley Books, Colchester
- CORBET P.S. & S.A. CORBET (1958) Emergence of a summer species of dragonfly. *Nature* 182: 194
- CORBET P.S. & R. HOESS (1998) Sex ratio of Odonata at emergence. *International Journal of Odonatology* 1: 99–118
- DE BOER E.P., E. VAN HIJUM, C. BROCHARD & R.B. VAN SEIEN (2014) Libellenrijk Fryslân. Bureau FaunaX, Gorredijk
- DONATH H. (1989) Die Libellen der nordwestlichen Niederlausitz (Teil 3) (Beiträge zur Insektenfauna der nordwestlichen Niederlausitz XXIV). *Biologische Studien Luckau* 18: 50–57
- DUNKLE S.W. (1985) Larval growth in *Nasiaeschna pentacantha* (Rambur) (Anisoptera: Aeshnidae). *Odonatologica* 14: 29–35
- FARKAS A., T. JAKAB, O. MULLER, A. MORA, I. LAJTER & G. DEVAI (2013) Sex ratio in Gomphidae (Odonata) at emergence: is there a relationship with water temperature? *International Journal of Odonatology* 16: 279–287
- FITZNER L. (2012) Populationsökologie der Grünen Mosaikjungfer (*Aeshna viridis*), im Bereich Iprump (Wesermarsch), in Abhängigkeit von abiotischen und vegetationsstrukturellen Parametern. Masterarbeit, Universität Potsdam
- GEISSLER C. (1905) Verzeichnis der in Bremen und Umgebung vorkommenden Libellen. *Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen* 18: 267–273
- GERKEN B. & K. STERNBERG (1999) Die Exuvien europäischer Libellen (Insecta: Odonata). Arnika & Eisvogel, Hötter & Jena
- GRIBBIN S.D. & D. J. THOMPSON (1991) Emergence of the damselfly *Pyrrosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera, Coenagrionidae) from two adjacent ponds in northern England. *Hydrobiologia* 209: 123–131
- HAACKS M., C. WINKLER, A. BRUENS & F. RÖBBELEN (2015) Grüne Mosaikjungfer – *Aeshna viridis* (Eversmann, 1836). In: ARBEITSKREIS LIBELLEN SCHLESWIG-HOLSTEIN (Ed.) Die Libellen Schleswig-Holsteins. Natur und Text, Rangsdorf: 242–248
- HAMILTON W.D. (1967) Extraordinary sex ratios. *Science* 156: 477–488
- HEIDEMANN H. & R. SEIDENBUSCH (2002) Die Libellenlarven Deutschlands. Handbuch für Exuvien Sammler. Goecke & Evers, Keltern
- JOHANSSON F., P.H. CROWLEY & T. BRODIN (2005) Sexual size dimorphism and sex ratios in dragonflies (Odonata). *Biological Journal of the Linnean Society* 86: 507–513
- KALKMAN V.J., M. KLNJIŠ & R. BERNARD (2015) *Aeshna viridis* Eversmann, 1836. In: BOUDOT J.P. & V.J. KALKMAN (Eds): Atlas of the European dragonflies and damselflies: 167–168. KKNV Publishing, The Netherlands

- KASTNER F., R. BUCHWALD & R. BIEDERMANN (2018) Occurrence of *Aeshna viridis* in marsh ditches in relation to habitat conditions (Odonata: Aeshnidae). *International Journal of Odonatology* 21: 205–219
- KASTNER F., R. BUCHWALD, F. KÖRNER, U. MARXMEIER, P. STEFFENS, C. WINKLER, K. JÖDICKE & I. MAUSCHERNING (2016) Wiederansiedlungen als Maßnahmen des Artenschutzes. Die Grüne Mosaikjungfer (*Aeshna viridis*, Odonata) in Niedersachsen und Schleswig-Holstein – ein Beitrag zum Habitatverbund. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 48: 87–96
- KASTNER F., M. MÜNKENWARF & R. BUCHWALD (2011) Zum Vorkommen der FFH-Libellenart *Aeshna viridis* Eversmann, 1836 (Odonata: Aeshnidae) in Krebscherengraben der Hunte- und Wesermarsch, Niedersachsen. *Drosera* 2010: 103–108
- KASTNER F., M. WITTENBERG, A. BORKENSTEIN & R. JÖDICKE (in Vorb.) *Aeshna viridis* – Grüne Mosaikjungfer. In: BAUMANN K., A. BORKENSTEIN, W. BURKART, R. JÖDICKE, F. KASTNER, U. QUANTE & T. SPENGLER (Ed.) Verbreitungsatlas der Libellen in Niedersachsen/Bremen. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Libellen in Niedersachsen und Bremen
- KENT O. (2014) Flyvetider for vandnymfer og ægte Guldsmede i Danmark. <https://www.guldsmedeatlas.dk/flyvetider>, letzter Zugriff Dezember 2019
- KIAUTA B. (1969) Sex chromosomes and sex determining mechanisms in Odonata, with a review of the cytological conditions in the family Gomphidae, and references to the karyotypic evolution in the order. *Genetica* 40: 127–157
- KLUGKIST H., M. HAACKS & A. KRUSE (2015) *Aeshna viridis* Eversmann, 1836. In: BROCKHAUS T., H.-J. ROLAND, T. BENKEN, K.J. CONZE, A. GÜNTHER, K.G. LEIPELT, M. LOHR, A. MARTENS, R. MAUERSBERGER, J. OTT, F. SUHLING, F. WEIHRUCH & C. WILLIGALLA (Ed.) Atlas der Libellen Deutschlands (Odonata). *Libellula Supplement* 14: 162–165
- KRAWUTSCHKE A. (1999) Zur Ökologie und Biologie ausgewählter Aeshniden-Arten (Odonata: Anisoptera) im Naturpark Westhavelland. Diplomarbeit, Universität Hamburg
- KRUSE A. & R. MAUERSBERGER (2013) Grüne Mosaikjungfer – *Aeshna viridis* Eversmann 1936. In: MAUERSBERGER R., O. BRAUNER, F. PETZOLD & M. KRUSE (Ed.) Die Libellenfauna des Landes Brandenburg. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 22: 78–79
- KUNZE K., R. JORDAN, R. KESEL, W. KUNDEL, A. NAGLER, M. SCHIRMER & D. ZACHARIAS (2012) Erprobung von Managementmaßnahmen zum Erhalt der Krebschere (Stratiotes aloides) als Leitart für die ökologisch wertvollen Graben-Grünland-Gebiete der Kulturlandschaft Nordwestdeutschlands. *Natur und Landschaft* 87: 362–369
- LAWA (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (1998) Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Gewässergüteklassifikation. Kulturbuch Verlag, Berlin
- LAWTON J.H. (1972) Sex ratios in Odonata larvae, with particular reference to the Zygoptera. *Odonatologica* 1: 209–219
- MAUERSBERGER R., S. BAUHUS & P. SALM (2005) Zum Vorkommen der Grünen Mosaikjungfer (*Aeshna viridis* Eversmann) im Nordosten Brandenburgs (Odonata: Aeshnidae). *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 14: 17–24
- MOORE N.W. & P.S. CORBET (1990) Guidelines for monitoring dragonfly populations. *Journal of the British Dragonfly Society* 6: 21–23
- MORBAY Y.E. (2013) Protandry, sexual size dimorphism, and adaptive growth. *Journal of Theoretical Biology* 339: 93–99
- MORBAY Y.E. & R.C. YDENBERG (2001) Protandrous arrival timing to breeding areas: a review. *Ecology Letters* 4: 663–673

- MÜLLER J., R. STEGLICH & V.E. MÜLLER (2018) Libellenatlas Sachsen-Anhalt – Beitrag zur historischen und aktuellen Erforschung der Libellen-Fauna (Odonata) Sachsen-Anhalts. Entomologen-Vereinigung Sachsen-Anhalt e.V., Schönebeck
- MÜNCHBERG P. (1930) Zur Biologie der Odonatengenera *Brachytron* Evans und *Aeshna* Fbr. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 20: 172–232
- NORLING U. (1971) The Life History and Seasonal Regulation of *Aeshna viridis* Eversm. in Southern Sweden (Odonata). *Insect Systematics & Evolution* 2: 170–190
- OTT J., K.J. CONZE, A. GÜNTHER, M. LOHR, H. MAUERSBERGER, H.-J. ROLAND & F. SUHLING (2015) Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen Deutschlands mit Analyse der Verantwortlichkeit, dritte Fassung, Stand Anfang 2012 (Odonata). *Libellula Supplement* 14: 395–422
- PETERS G. (1979) Daten zum Geschlechterverhältnis mitteleuropäischer Aeshniden-Populationen (Insecta: Odonata). *Deutsche Entomologische Zeitschrift, N.F.* 26: 229–239
- PETERS G. (1987) Die Edellibellen Europas: Aeshnidae. Ziemsen, Wittenberg-Lutherstadt
- PURSE B.V. & D.J. THOMPSON (2003) Emergence of the damselflies, *Coenagrion mercuriale* and *Ceriagrion tenellum* (Odonata: Coenagrionidae), at their northern range margins, in Britain. *European Journal of Entomology* 100: 93–99
- RANTALA M.J., J. ILMONEN, J. KOSKIMAKI, J. SUHONEN & K. TYNKKYNNEN (2004) The macrophyte, *Stratiotes aloides*, protects larvae of dragonfly *Aeshna viridis* against fish predation. *Aquatic Ecology* 38: 77–82
- SUUTARI E., M.J. RANTALA, J. SALMELA & J. SUHONEN (2004) Intraguild predation and interference competition on the endangered dragonfly *Aeshna viridis*. *Oecologia* 140: 135–139
- SUUTARI E., J. SALMELA, L. PAASIVIRTA, M.J. RANTALA, K. TYNKKYNNEN, M. LUOJUMAKI & J. SUHONEN (2009) Macroarthropod species richness and conservation priorities in *Stratiotes aloides* (L.) lakes. *Journal of Insect Conservation* 13: 413–419
- TAKETO A. (1960) Studies on the life-history of *Tanypteryx pryeri* Selys (Odonata, Petaluridae) I. Observations of adult dragonflies [In Japanese; English summary]. *Japanese Journal of Entomology* ["Kontyû"] 28: 97–109
- THOMPSON D.J. (1987) Emergence of the dragonfly *Aeshna grandis* (L.) in northern England (Anisoptera: Aeshnidae). *Notulae Odonatologicae* 2: 148–150
- TROLLSLÄNDEFÖRENINGEN – THE SWEDISH DRAGONFLY SOCIETY (2019) Grön mosaikslända. <http://www.trollslandeforeningen.se/gron-mosaikslanda/>, letzter Zugriff Dezember 2019
- TSCHARNTKE E. (1990) Untersuchungen zum Schlupferfolg von Großlibellen im Grabensystem des Niedervielandes bei Bremen. Diplomarbeit, Universität Münster
- WESENBERG-LUND C. (1913) Odonaten-Studien. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 6: 155–228, 373–422
- WILDERMUTH H. & A. MARTENS (2019) Die Libellen Europas. Alle Arten von den Azoren bis zum Ural im Porträt. Quelle & Meyer. Wiebelsheim
- WITTENBERG M., F. KASTNER & R. BUCHWALD (2015) Die Larvenentwicklung von *Aeshna viridis* im NSG Westliches Hollerland, Bremen (Odonata: Aeshnidae). *Libellula* 34: 127–141

Manuskripteingang: 22. März 2020