Vorkommen der Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale* Charpentier, 1840) in Luxemburg: Untersuchungen zur Ökologie der Fortpflanzungshabitate

Valérie Laschet[1], Simone Schneider[2], Roland Proess[3] & Michael Rademacher[4]

[1] 79, route des 3 Cantons, L-4790 Bettange-Mess (valerie.laschet@web.de)
[2] Naturschutzsyndikat SICONA, 12, rue de Capellen, L-8393 Olm (simone.schneider@sicona.lu)
[3] Umweltplanungsbüro Ecotop, 45, Schlass Uecht, L-7435 Hollenfels (ecotop@pt.lu)
[4] Technische Hochschule Bingen, Fachbereich 1, Berlinstr. 109, D-55411 Bingen am Rhein (m.rademacher@th-bingen.de)

Laschet, V., S. Schneider, R. Proess & M. Rademacher, 2019. Vorkommen der Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale* Charpentier, 1840) in Luxemburg: Untersuchungen zur Ökologie der Fortpflanzungshabitate. *Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois* 121: 189–202.

Abstract. The southern damselfly (*Coenagrion mercuriale*) is a protected species with a single known population in Luxembourg, situated along the upper reaches of a stream named "Wollefsbaach". The aim of the present study is to develop a better understanding of the ecological parameters that govern the population at this specific site. To do so, the populated stream segment was surveyed botanically and a number of physico-chemical water parameters were measured. Over the course of seven site visits, damselflies were recorded and categorised according to behaviour (searching for food, mating, ovipositing) and abundance. For analysis, the populated stream segment was divided into five sections, which were then compared. The results confirm that suitable habitats for the southern damselfly are characterized by the presence of the preferred egg deposition plants (especially *Berula erecta*), lots of light, a slow water velocity, open water areas and warm and alkaline water.

Keywords. Southern damselfly, endangered species, single occurrence, stream, egg deposition, monitoring, conservation measures.

1. Einleitung

Die Studie wurde im Rahmen der Bachelorarbeit der Erstautorin durchgeführt. Das primäre Ziel der Bachelorarbeit war die Charakterisierung der Standortökologie des Baches „Wollefsbaach", an dem sich derzeit das einzige Vorkommen von *Coenagrion mercuriale* in Luxemburg befindet. Dazu wurden die Vegetation und einige physikochemische Parameter untersucht sowie Literaturangaben zur Art überprüft. Es stellte sich die Frage, welche standortökologischen Bedingungen hier entscheidend für das Vorkommen der Helm-Azurjungfer sind. Konkret für die Arbeit bedeutete dies, dass analysiert wurde, in welchem Bachabschnitt die meisten Individuen, Paarungen und Eiablagen beobachtet werden konnten.

1.1. Ökologie der Helm-Azurjungfer

Die Helm-Azurjungfer, *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840), gehört zu den Kleinlibellen (Zygoptera), genauer zur Familie der Schlanklibellen (Coenagrionidae). Ihren Namen trägt sie aufgrund einer markanten Zeichnung am zweiten Segment, welche als „Merkur-Helm" bezeichnet wird (Abb. 1; Bellmann 1993). Die Art entwickelt sich während zwei Jahren im Gewässer (Buchwald et al. 1998), wobei die Larven nach zwei bis fünf Wochen aus den Eiern schlüpfen (Bellmann & Honomichl 2007) und im vorletzten Stadium überwintern (Bellmann 2013). Nach dem Schlupf hat die Helm-Azurjungfer als Imago eine durchschnittliche Lebensdauer von 12 bis 13 Tagen (Sternberg et al. 1999). Die Flug-



Abb. 1. Männchen der Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale*) auf Schmalblättrigem Merk (*Berula erecta*). Foto: Valérie Laschet, 22.06.2018.

zeit erstreckt sich von Anfang Mai bis Mitte August (Lehmann & Nüß 2015).

Die ausschließlich Fließgewässer besiedelnde Art (Bellmann 2013) findet sich an unbeschatteten, langsam fließenden und basischen Gräben und Bachabschnitten (Ott et al. 2017) im Grün- und Ackerland mit hoch anstehendem Grundwasserpegel (Sternberg et al. 1999). Die besiedelten Fließgewässer sind meist schmal (0,2-1,6 m) und flach (< 20 cm Wassertiefe), weisen wintergrüne Wasserpflanzen auf und frieren auch im Winter nicht zu (Sternberg et al. 1999). An spezifische Pflanzenarten scheint die Helm-Azurjungfer nicht gebunden zu sein; sie wird aber häufig an Standorten mit bestimmten Pflanzenarten gefunden. Typische Arten sind beispielsweise die Echte Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*), der Schmalblättrige Merk (*Berula erecta*) und die Bachbunge (*Veronica beccabunga*) (Buchwald et al. 2003, Goffart et al. 2006).

Während des Tages hält die Helm-Azurjungfer sich fast ausschließlich am oder in der Nähe des Fortpflanzungsgewässers auf und sucht lediglich nachts angrenzende Grünlandflächen auf (Hunger & Buchwald 2003). Da die Helm-Azurjungfer sehr standorttreu ist, z. B. konnten Hunger & Röske (2001) als maximale Entfernung zum Entwicklungsgewässer 300 m notieren, und sie so gut wie nie das Biotop um das Fließgewässer verlässt (Grand & Boudot 2006), kann sie kaum neue Lebensräume besiedeln.

1.2. Verbreitung

Die Helm-Azurjungfer ist hauptsächlich in West- und Südeuropa zu finden: von Großbritannien über die Beneluxstaaten und Deutschland bis in den Süden der iberischen und italienischen Halbinseln; aber auch im Norden Afrikas konnte sie bereits beobachtet werden (Goffart et al. 2006). In den Nachbarländern Deutschland und Frankreich gilt die Helm-Azurjungfer als „vorhanden, aber abnehmend" – auch wenn die Art in einzelnen Regionen wie Lothringen in geeigneten Habitaten als häufig gilt (Boudot & Jacquemin 2002, Trockur et al. 2010) – und in Belgien als „ausgestorben oder fast ausgestorben" (Thompson et al. 2003). Die Art gilt nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie als Anhang II-Art und somit als streng geschützt (JOCE 1992 FFH-Richtlinie 92/43/EWG). In Europa trägt sie den Status „near threatened", gilt also als potenziell gefährdet (Boudot 2006, Lehmann & Nüß 2015). Wie alle Libellenarten (*Odonata* spp.) ist auch die Helm-Azurjungfer in Luxemburg geschützt (Mémorial 2009, Règlement grand-ducal du 9 janvier 2009 concernant la protection intégrale et partielle de certaines espèces animales de la faune sauvage). Sie gehört zu den prioritären Arten des Zweiten Nationalen Naturschutzplanes (Plan national concernant la protection de la nature 2017-2021; Mémorial 2017a), für die es auch einen Artenschutzplan gibt (Proess 2009).

In Luxemburg galt die Helm-Azurjungfer bis zur Entdeckung der Population bei Useldange im Jahr 2004 als ausgestorben (Proess 2006). Aktuell ist nur ein Fundort bekannt, an dem sie vorkommt; dabei handelt es sich um den „Wollefsbaach" bei Useldange. Das Vorkommen dort wird im Rahmen des nationalen Biomonitorings des Nachhaltigkeitsministeriums seit 2010 vom Umweltplanungsbüro Ecotop überprüft. Zur Wasserqualität des „Wollefsbaach" gibt es mehrere Studien, die u. a. Aussagen zum gelösten anorganischen Stickstoff und zur gelösten Kieselsäure (Onderka et al. 2012) sowie zu den Schwebstoffen (Nährstoffe und Metalle) (Martínez-Carreras et al. 2012) treffen.

Weitere Standorte, an denen die Helm-Azurjungfer bereits nachgewiesen werden konnte, sind die „Lannwiss" bei Bascharage

(2011) und die „Bréckwiss“ bei Reckange-sur-Mess (2012) (MNHNL 2018). Eine Begehung dieser beiden Bachabschnitte im Sommer 2018 (durch Proess) konnte aber keine Nachweise liefern.

2. Untersuchungsgebiet und Methode

2.1. Der „Wollefsbaach“

Das Untersuchungsgebiet liegt im Naturraum Attert-Gutland und liegt geologisch betrachtet im Keuper (Administration des ponts et chaussées, Service géologique du Luxembourg 2006, Schneider 2011). Die Helm-Azurjungfer besiedelt dort ein 680 m langes Teilstück des „Wollefsbaach“ bei Useldange (Gauß-Lux. Koordinaten: Anfang: 65031, 92120; Ende: 65724, 92217). Dieser Bereich wurde in Fließrichtung in fünf Abschnitte unterteilt (Abschnitt 1 bis 5, Einteilung richtet sich nach Proess 2018a, Abb. 2a, 2b).

Der Anfang des ersten Abschnitts ist auf einem etwa ein Meter breiten Streifen am Bach entlang durch dichte Sträucher und ein paar Einzelbäume gekennzeichnet; daran schließt sich beiderseits eine Mähwiese an. Das Ende des ersten Abschnitts ist weniger dicht mit Bäumen und Sträuchern bewachsen. Die Vegetation des zweiten Abschnitts ist durch Gräser geprägt; Sträucher und Bäume befinden sich meist erst in mehreren Metern Entfernung zum Ufer. Der dritte Abschnitt ist, bis auf wenige Einzelsträucher, ebenfalls gehölzfrei; die hier nördlich und südlich vom Bach angrenzenden Weideflächen sind frei von Hecken und Bäumen. Ab dem vierten Abschnitt wachsen wieder zahlreiche höhere Sträucher im Uferbereich, die den Bach an vielen Stellen überdecken. Der fünfte Abschnitt ist weniger zugewachsen als der vierte, wird aber durch einen kleinen, südlich gelegenen Laubwald stark beschattet. Auf der nördlichen Seite befindet sich eine Viehweide.

2.2. Charakteristik des Baches

Zur Bestimmung der Maße des Baches wurden alle zehn Meter die Breite und die Tiefe gemessen. Die Messungen der physiko-chemischen Parameter des Baches wurden vor Ort durchgeführt. Der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit (in µS/cm) wurden mit einer Multiparametersonde (Hanna HI 98129 / HI 98130 mit einer HI 73127 Elektrode) gemessen, die Temperatur wurde mit einem Präzisions-Taschenthermometer (GHM-Greisinger GTH 175/PT) gemessen und die Strömungsgeschwindigkeit (in m/s) mit einem magnetisch-induktiven Strömungsmesser (OTT MF pro). Die Daten wurden bei jeder der sieben Begehungen (s. 2.4) einmal pro Abschnitt aufge-

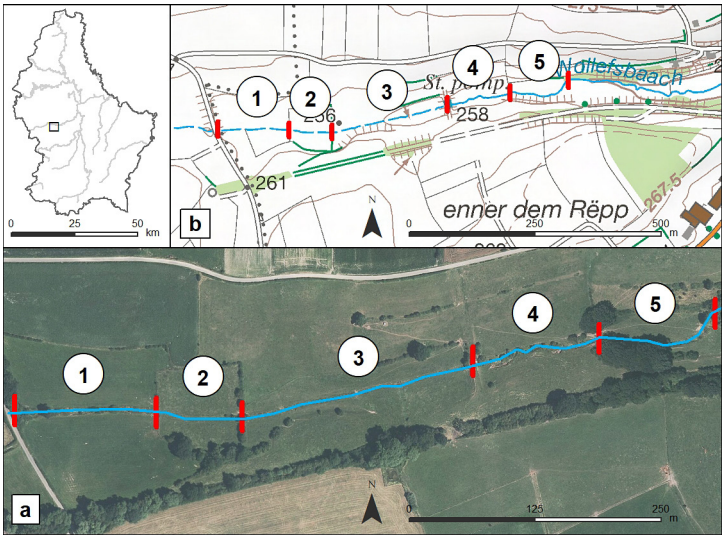


Abb. 2. Untersuchte Abschnitte am „Wollefsbaach“ (Einteilung nach Proess 2006). a: Darstellung auf Luftbild. b: Darstellung auf topographischer Karte. Quelle Kartenhintergrund: Administration du cadastre et de la topographie Luxembourg, 2018.

nommen. Gemessen wurde jeweils etwa in der Mitte eines jeden Bachabschnittes; dabei wurde eine für den jeweiligen Abschnitt repräsentative Stelle gewählt. Anschließend wurde für jeden Parameter ein Mittelwert pro Begehung berechnet. Diese Mittelwerte dienten als Referenzdaten, die später mit den gemessenen Werten an den Orten der Eiablagen verglichen wurden.

2.3. Vegetation

Zur Charakterisierung der Vegetation des Baches wurden die Pflanzenarten jeweils im Uferbereich (ein Meter Breite) und im Gewässer (Wasserfläche) bestimmt. Sumpfpflanzen zählen dabei zum Gewässer, wenn sie im Wasser wurzeln. Die Nomenklatur der Arten richtet sich nach Lambinon & Verloove (2012). Der Deckungsgrad der Pflanzenarten pro Abschnitt wurde anhand der Skala nach Braun-Blanquet geschätzt (Dierschke 1994).

2.4. Beobachtungen der Imagines

Zur Erfassung der Imagines fanden zwischen dem 15.05.2018 und dem 29.07.2018 insgesamt sieben Begehungen statt (jeweils zwischen 10 und 16 Uhr). An den Tagen der sechsten und siebten Begehung gab es jeweils zwei Durchgänge: einen um 6 Uhr morgens und einen zwischen 10 und 16 Uhr. Die zusätzlichen morgendlichen Begehungen dienten der Beobachtung schlüpfender Libellen. Generell fanden die Begehungen nur bei optimalen Bedingungen statt (sonnig oder leicht bewölkt, Windgeschwindigkeit geringer als 8 m/s).

Bei den Begehungen wurden die Imagines nach einer standardisierten Methode erfasst: Der Bach wurde ohne Unterbrechung abgeschritten und ein Beobachtungsprotokoll erstellt, welches dem Erhebungsbogen der Schutzgemeinschaft Libellen in Baden-Württemberg e.V. (SGL 2005) nachempfunden und angepasst wurde. Hierbei wurden die Libellen gezählt und in zehn Abundanzklassen eingeteilt (Tab. 1). Da der Bach sehr schmal ist, konnten beide Seiten von einer Uferseite aus in Fließrichtung kartiert werden. Die beobachteten Aktivitäten der Helm-Azurjungfern wurden in vier Kategorien eingeteilt: Beuteflug, Paarung, Eiablage, Schlupf. Bei den Beuteflügen wurden jeweils einzelne Individuen gezählt. Bei den Paarungen und Eiablagen wurden jeweils Paarungsräder bzw. Tandemstellungen gezählt. Nach den Zählungen wurde versucht, Individuen beim Schlupf, der Bildung von Paarungsrädern oder der Eiablage zu beobachten. An den Fundorten der Eiablagen wurden die Habitatmerkmale – genutzte Pflanzenarten und Wasserparameter – unmittelbar nach der Eiablage aufgenommen, um sie später mit den Referenzwerten zu vergleichen. Darüber hinaus wurde die Häufigkeit der Nutzung der jeweiligen Pflanzenart durch *Coenagrion mercuriale* geschätzt. Folglich wurden bei jeder Begehung zunächst die Wasserparameter gemessen und anschließend die Libellen beobachtet.

Tab. 1. Abundanzklassen und die dazugehörige Anzahl an gezählten Individuen bzw. Paaren bei Paarungsrädern und Eiablagen.

Abundanzklasse	Anzahl
I	1
II	2 bis 5
III	6 bis 10
IV	11 bis 20
V	21 bis 50
VI	51 bis 100
VII	101 bis 200
VIII	201 bis 500
IX	501 bis 1000
X	> 1000

3. Ergebnisse

3.1. Charakteristik des Baches

Sowohl die Tiefe als auch die Breite des Baches sind sehr unterschiedlich. Die gemessenen Werte schwanken zwischen zwei Zentimeter und einem Meter Tiefe und zwischen sechs Zentimeter und vier Meter Breite.

Die an allen sieben Begehungen gemessenen Temperaturwerte liegen zwischen 12 und 21 °C und der Mittelwert liegt bei 17,2 °C. Es zeigt sich, dass die Temperatur im ersten Abschnitt stets am niedrigsten und im letzten Abschnitt stets höher ist als im ersten Abschnitt. Die Temperatur nimmt also in Fließrichtung zu. Im Laufe der Zeit ist kein

Trend erkennbar; die Werte schwanken von Begehung zu Begehung.

Der pH-Wert schwankt in allen Abschnitten und bei allen Begehungen um pH 8. Der pH-Wert liegt zwischen 7,48 und 8,22 und der Mittelwert liegt bei 8,11. Die Werte der Begehungen steigen und sinken von Abschnitt zu Abschnitt. Grundsätzlich lässt sich aber eine leichte Zunahme des pH-Wertes in Fließrichtung erkennen. Im Gegensatz dazu bleibt der pH-Wert im Laufe der Begehungen relativ konstant.

Die Werte der elektrischen Leitfähigkeit schwanken zwischen 756 und 851 µS/cm und der Mittelwert liegt bei 794 µS/cm. Sowohl der höchste als auch der niedrigste Wert wurde bei der ersten Begehung gemessen. Eine leicht sinkende Tendenz in Fließrichtung (von Abschnitt zu Abschnitt) ist zu erkennen. Im Laufe der Begehungen zeigt sich kein Trend.

Bei der Fließgeschwindigkeit des Wassers wurden Werte zwischen 0,001 und 0,128 m/s gemessen, wobei der Mittelwert bei 0,029 m/s liegt. Die Werte steigen und sinken ohne erkennbaren Trend von Abschnitt zu Abschnitt. Auch im Laufe der Begehungen lässt sich keine Tendenz erkennen.

3.2. Vegetation

Die meisten Pflanzenarten im Uferbereich kommen in Abschnitt eins vor, die meisten Arten im Gewässer kommen in Abschnitt zwei vor, gefolgt von Abschnitt drei. Die wenigsten Arten im Uferbereich wurden in den Abschnitten vier und fünf gefunden; die wenigsten im Gewässer in Abschnitt fünf, wobei Abschnitt eins und vier nur wenige Arten mehr aufweisen (Tab. 2).

Die vorkommenden Arten gehören vor allem den Mähwiesen- und Weidegesellschaften (Molinio-Arrhenatheretea), den Röhrichten und Seggenrieden (Phragmitetea) sowie den Flutrasen (Agrostietea stoloniferae) an. Dominant sind dabei vor allem Arten der Röhrichte und des Wirtschaftsgrünlandes; aus diesen Einheiten kommen die meisten steten bis hochsteten Arten vor. Es sind dies vor allem weit verbreitete Arten der Molinio-Arrhenatheretea sowie einige Feuchtwiesenarten. Begleitet werden sie von Ruderal- und Störungszeigern, darunter einige typische Beweidungszeiger sowie Flutrasenarten. Im Bach selbst treten echte Wasserpflanzen nur sehr vereinzelt auf. Röhricht-Arten treten vermehrt in den Abschnitten eins bis drei auf, einige Arten des Wirtschaftsgrünlandes finden sich vorwiegend in den ersten beiden Abschnitten. In einigen Abschnitten kamen einzelne Arten mit hohen Deckungsgraden (mehr als 25 % Deckung) vor (z. B. *Carex acutiformis*, *Mentha aquatica*, *Berula erecta, Alopecurus pratensis, Carex hirta*). Abb. 3 zeigt einen charakteristischen Ausschnitt im dritten Bachabschnitt mit *Juncus effusus* und *J. conglomeratus* als stete Arten.

Tab. 2. Anzahl der Pflanzenarten im Gewässer und am Ufer pro Abschnitt.

Abschnitt	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Anzahl Arten am Ufer	24	20	19	14	15
Anzahl Arten im Gewässer	7	12	11	6	4

Fünf der erfassten Pflanzenarten stehen auf der Roten Liste der Gefäßpflanzen Luxemburgs (Colling 2005), vier von diesen gehören den Röhrichten und Seggenrieden an: *Nasturtium officinale* und *Veronica anagallis-aquatica* (beide „endangered“) sowie *Iris pseudacorus* und *Berula erecta* (beide „vulnerable“). *Ranunculus fluitans* als typische Wasserpflanze gilt ebenfalls als „vulnerable“.

Neben *Nasturtium officinale* und *Berula erecta* wurde auch die dritte, laut Literatur (Goffart et al. 2006) für die Helm-Azurjungfer wichtige Eiablagepflanze, *Veronica beccabunga*, eine kennzeichnende Art der Röhrichte und Seggenriede, nachgewiesen. Während *Nasturtium officinale* nur einmal in Abschnitt drei vorkommt, kommt *Veronica beccabunga* mehrmals in den Abschnitten zwei und drei vor und *Berula erecta* kommt vermehrt in vier von fünf Abschnitten vor. Lediglich im fünften Abschnitt konnte diese Art nicht gefunden werden.

3.3. Imagines

3.3.1. Beuteflug

Die Anzahl der gezählten Imagines auf Beuteflug lag zwischen null und der Abun-



Abb. 3. Charakteristischer Bach-Ausschnitt (im dritten Abschnitt) mit Verbreitungsschwerpunkt der Helm-Azurjungfer. Foto: Valérie Laschet, 04.05.2018.

danzklasse VII, was einer Anzahl von 101 bis 200 Individuen entspricht. Abb. 4 belegt, dass im dritten Abschnitt stets die meisten Helm-Azurjungfern gezählt werden konnten. Bei den meisten Begehungen ist zu erkennen, dass die Anzahl der fliegenden und sitzenden Libellen mit steigender Entfernung zum dritten Abschnitt sinkt. Die Anzahl steigt demnach von Abschnitt eins über Abschnitt zwei bis zu einem Peak in Abschnitt drei und sinkt dann wieder über Abschnitt vier bis hin zu Abschnitt fünf. Ein Peak im Laufe der Zeit lässt sich bei der vierten Begehung erkennen, bei der in allen fünf Abschnitten die meisten Libellen auf Beuteflug gezählt wurden (Abb. 4). Chronologisch gesehen steigt die Anzahl von der ersten Begehung (keine Helm-Azurjungfern gezählt) bis zur vierten (mindestens Abundanzklasse III in allen Abschnitten) und sinkt dann wieder bis zur siebten Begehung (einmalig Abundanzklasse II in Abschnitt drei).

3.3.2. Paarung

Die gezählten Paarungen (Abb. 5) erreichen als höchste Abundanzklasse die Klasse V (entspricht 21 bis 50 Paaren). Abschnitt drei sticht auch hier durch die meisten gezählten Paarungen hervor. Wie bei den Beuteflügen steigen die Werte von Abschnitt eins bis Abschnitt drei an und sinken dann wieder. Lediglich bei der vierten Begehung konnten in Abschnitt zwei ebenso viele Paarungen wie in Abschnitt drei gezählt werden. Auch sank bei dieser Begehung der Wert von Abschnitt vier zu Abschnitt fünf nicht. Insgesamt, das heißt auf alle Abschnitte bezogen, wurden während der vierten Begehung die meisten Paarungen beobachtet. Die meisten Paarungen pro Abschnitt wurden jedoch während der dritten Begehung im dritten Abschnitt gezählt. Wie bei den Beuteflügen ist auch hier ein Muster im Verlauf der Zeit zu erkennen. Während der ersten Begehung konnten noch keine Paarungen beobachtet

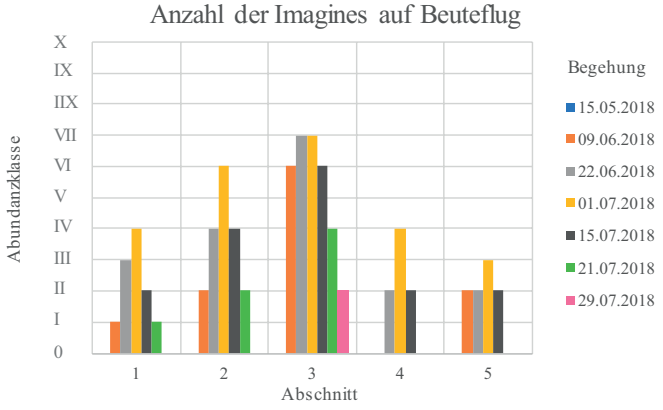


Abb. 4. Beobachtete Imagines der Helm-Azurjungfer auf Beuteflug am „Wollefsbaach". Beobachtungszeitraum 15.05.-27.07.2018.

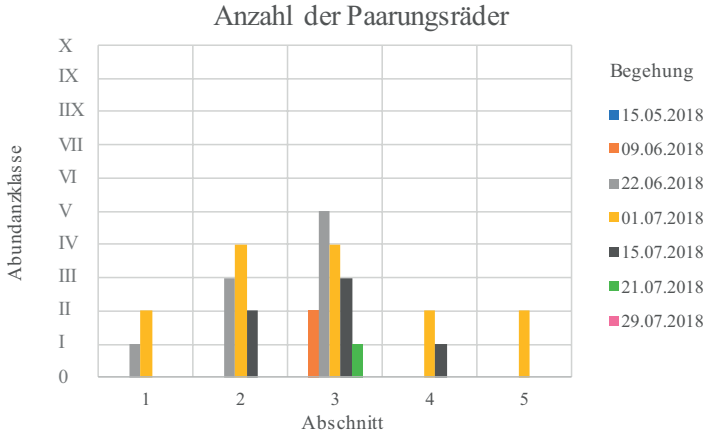


Abb. 5. Beobachtete Paarungen der Helm-Azurjungfer am „Wollefsbaach". Beobachtungszeitraum 15.05.-27.07.2018.

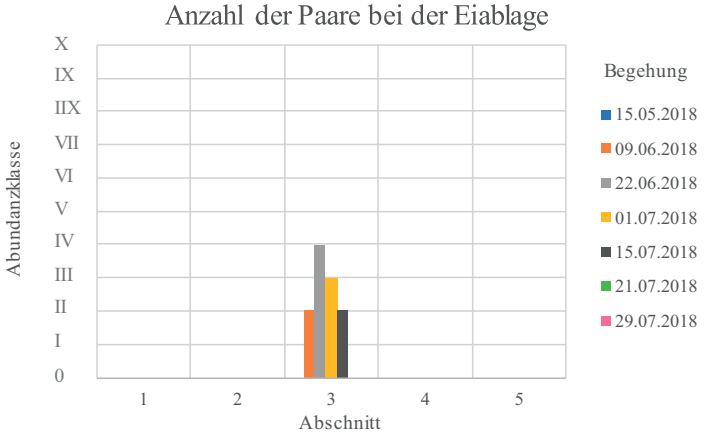


Abb. 6. Bei der Eiablage beobachtete Paare der Helm-Azurjungfer am „Wollefsbaach". Beobachtungszeitraum 15.05.-27.07.2018.

werden, bei der zweiten bereits einige im dritten Abschnitt (Abundanzklasse II), bei der dritten schon in drei Abschnitten und bei der vierten Begehung wurde das Maximum aller Paarungen erreicht. Daraufhin sanken die Werte dann mit der fünften und sechsten Begehung wieder und endeten mit der siebten Begehung, bei der keine Paarungen mehr beobachtet werden konnten.

3.3.3. Eiablage

Eiablagen konnten nur im dritten Abschnitt und nur zwischen der zweiten und fünften Begehung beobachtet werden (Abb. 6). Während der zweiten und fünften Begehung konnte jeweils nur ein Eiablageplatz erfasst werden, während der dritten und vierten Begehung jeweils zwei. Eiablagen konnten somit an sechs verschiedenen Stellen beobachtet werden. Die Werte der Zählungen liegen zwischen den Abundanzklassen II (2 bis 5 Paare) und IV (11 bis 20 Paare). Wie bei den Beuteflügen und den Paarungen steigen die Eiablagen im Laufe der Zeit an. Die ersten Eiablagen mit einer Abundanz von II konnten bei der zweiten Begehung beobachtet werden, anschließend folgt der Peak mit einer Abundanz von IV während der dritten Begehung. Daraufhin sinkt der Wert über eine Abundanz von III während der vierten Begehung wieder auf eine Abundanz von II. Bei der ersten und den beiden letzten Begehungen wurden keine Eiablagen beobachtet. Lediglich vier Pflanzenarten wurden zur Eiablage genutzt: Am häufigsten wurden die Eier an *Berula erecta* abgelegt, aber auch *Nasturtium officinale* und *Veronica beccabunga* wurden häufig genutzt. An *Ranunculus fluitans* konnte nur eine Eiablage beobachtet werden.

Tab. 3. Wasserparameter bei den Eiablagen im dritten Abschnitt des „Wollefsbaach“ während vier Begehungen (Begehung 2, 3, 4 und 5), mit zwei Fundorten (a und b) während Begehung drei und vier, inklusive Mittelwert (MW) je Parameter pro Begehung.

Parameter / Begehung	**2**	**3 (a)**	**3 (b)**	**4 (a)**	**4 (b)**	**5**
Temperatur [°C]	17,7	16	16,9	19,3	20,6	19,3
MW Begehung	17,8	15,4		18,8		18,5
pH	7,85	8,36	8,3	8,17	8,2	8,19
MW Begehung	7,9	8,2		8,03		8,12
Leitfähigkeit [µS/cm]	815	785	783	757	791	791
MW Begehung	813	779		791		791
Fließgeschw. [m/s]	/	0,021	0,025	0,08	0,081	0,003
MW Begehung	/	0,039		0,045		0,025

Die unverzüglich nach der Eiablage an den sechs Ablageplätzen gemessenen Wasserparameter wurden mit den Mittelwerten pro Begehung (Referenzdaten) verglichen. Die Temperaturen am Eiablageort lagen zum Zeitpunkt der Eiablage zwischen 16 und 20,6 °C und die Mittelwerte der Begehungen zwischen 15,4 und 18,8 °C. Der Vergleich der an dem Ort der Eiablage gemessenen Werte mit den Mittelwerten pro Begehung lässt erkennen, dass die Helm-Azurjungfern ihre Eier in fünf von sechs Fällen an überdurchschnittlich warmen Stellen abgelegt haben (Tab. 3). Aber auch der Wert, der unter dem Mittelwert liegt, unterscheidet sich lediglich durch 0,1°C von diesem. Die pH-Werte an den sechs Eiablageplätzen liegen zwischen 7,85 und 8,36, wohingegen die Referenzwerte zwischen 7,9 und 8,12 liegen. Somit liegen die pH-Werte an fünf Eiablagestellen höher und an einer niedriger als der Durchschnitt (Betrifft die zweite Begehung mit einem Unterschied von 0,05). Die Werte der elektrischen Leitfähigkeit an den sechs Eiablageorten liegen zwischen 787 und 815 µS/cm, die Mittelwerte pro Begehung zwischen 779 und 813 µS/cm. Damit liegen drei Werte über dem Durchschnitt, zwei entsprechen ihm und einer liegt darunter. Die Unterschiede zum Mittelwert liegen zwischen 2 und 34 µS/cm. Die Werte der Fließgeschwindigkeit an den Eiablagestellen liegen zwischen 0,003 und 0,081 m/s. Die Referenzdaten liegen zwischen 0,025 und 0,045 m/s. Drei der fünf Werte liegen unter dem Durchschnitt, während die anderen beiden darüber liegen, wobei die Unterschiede zum Mittelwert zwischen 0,036 und 0,014 m/s betragen.

4. Diskussion

4.1. Charakteristik des Baches

Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass die Maße des Baches sehr stark variieren. Auffällige Peaks der Tiefe und der Breite sind nicht natürlichen Ursprungs, sondern werden u. a. durch eine überquerende Wasserleitung (Damm und Anstau des Wassers) sowie eine versiegelte Überquerungsmöglichkeit verursacht. Dadurch kommt es zu einem kleinräumigen Wechsel von Bereichen mit schnell und langsam fließendem Wasser. Eine entscheidende Charakteristik des Baches, welche nicht aus den Messungen hervorgeht, ist die Ufermorphologie. Auch diese ist auf den 680 m Länge sehr unterschiedlich. An einigen Stellen ist das Ufer aufgrund der Beweidung angerissen (v. a. in Abschnitt zwei), an anderen Passagen finden sich bis zu einem Meter hohe Prallhänge, die oftmals nicht bewachsen und durch kleine Hangabbrüche charakterisiert sind (v. a. in Abschnitt vier und fünf). Tiefe und Breite des Baches unterliegen somit kleinräumig wechselnden Einflüssen.

Die Tendenz des Wassers im Laufe der Strecke wärmer zu werden, erklärt sich durch die Dauer, die das Wasser der Sonne ausgesetzt ist. Westlich des Untersuchungsgebietes fließt der „Wollefsbaach“ unterirdisch in einem Rohr, erst an der westlichen Grenze von Abschnitt eins tritt der Bach an die Oberfläche. Je weiter das Wasser im Bach fließt, umso länger wird es von der Sonne bestrahlt und umso wärmer wird es. Dass die Werte im Laufe der Wochen (Mai bis Juli)

nicht kontinuierlich ansteigen, liegt daran, dass es sich um einen sehr kleinen und flachen Bach handelt, der nur wenig Wasser führt. Das Wasser erwärmt sich somit sehr schnell und ein warmer Tag reicht aus, um die Temperaturen ansteigen zu lassen. Gleichermaßen schnell sinkt die Temperatur wieder an kühleren Tagen.

Der „Wollefsbaach" ist mit einem pH von 8,11 basisch. Diese Erkenntnis stimmt demnach mit den Angaben von Sternberg et al. (1999) und Ott et al. (2017) überein, denen zufolge die Helm-Azurjungfer vor allem an basischen Fließgewässern vorkommt.

Es konnte belegt werden, dass es sich um ein sehr langsam fließendes Gewässer handelt, so wie es für Vorkommen der Helm-Azurjungfer in anderen Ländern beschrieben ist (Sternberg et al. 1999, Goffart et al. 2006, Grand & Boudot 2006, Ott et al. 2017).

4.2. Imagines

4.2.1. Beuteflug

Die Zählungen haben eindeutig gezeigt, dass der dritte Abschnitt den primären Lebensraum der Imagines darstellt. In Relation gesetzt zu den vorkommenden Pflanzenarten zeigt sich, dass der dritte Abschnitt zwar nicht der artenreichste ist, jedoch alle drei bevorzugten Eiablagepflanzenarten hier vorkommen: *Berula erecta* mit einer Deckung von 25-50 %, *Nasturtium officinale* eher selten und *Veronica beccabunga* nur spärlich. Während der Begehungen konnte beobachtet werden, dass die Libellen diese Arten nicht nur zur Eiablage nutzen, sondern sich im Allgemeinen größtenteils in der Nähe dieser Pflanzen aufhalten.

Allerdings kommen zwei dieser drei bevorzugten Pflanzenarten auch in anderen Abschnitten vor. Während *Nasturtium officinale* als einzige nur in Abschnitt drei vorkommt, konnte *Berula erecta* im ersten Abschnitt als „selten" und im zweiten Abschnitt mit einer Deckung von 25-50 % dokumentiert werden. *Veronica beccabunga* konnte in Abschnitt zwei als „reichlich" eingestuft werden.

Ein Grund dafür, warum die Helm-Azurjungfer sich dennoch am meisten im dritten Abschnitt aufgehalten hat, könnte zum einen die Größe an offener Wasserfläche und zum anderen die Intensität an Sonneneinstrahlung sein. In Abschnitt drei finden sich sowohl am Bach als auch einige Meter daneben nur niedrigwüchsige Pflanzenarten; der Bach ist hier voll besonnt. Darüber hinaus bilden nur wenige Pflanzen dicht bewachsene Stellen im Wasser, wodurch eine größtenteils durchgängig offene Wasserfläche mit einigen Exemplaren der Eiablagepflanzen vorzufinden ist (Abb. 3). In Abschnitt zwei wachsen wiederum sehr viele dichte Gräser im Bach, weil er dort an den meisten Stellen überdurchschnittlich flach ist. Des Weiteren ist der zweite Abschnitt besonders durch das Zertreten des Ufers durch Vieh geprägt. Kleine, stehende, vom Bach abgetrennte Pfützen erschweren die Bildung einer großen, einheitlichen Wasserfläche. Die meisten Helm-Azurjungfern in den anderen Abschnitten wurden ebenfalls in den sonnigen Bereichen gefunden, welche dort jedoch selten sind, da viele Hecken und Sträucher in unmittelbarer Ufernähe des Baches wachsen (Abschnitte eins und vier) bzw. weiter entfernt stehende Bäume Schatten werfen (Abschnitt fünf). Wesentliche Standortfaktoren für die Helm-Azurjungfer sind also das Vorhandensein der bevorzugten Pflanzenarten, viel Licht und eine offene Wasserfläche. Die Beobachtungen bezüglich der bevorzugten Pflanzenarten und der unbeschatteten Bachabschnitte bestätigen wiederum das bisherige Wissen über diese Libellenart (Goffart et al. 2006, Ott et al. 2017). Wie bereits erwähnt, erfüllt der Bach die in der Literatur (Ott et al. 2017) erwähnten Ansprüche eines basischen, langsam fließenden Gewässers.

Einen direkten Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Imagines und den Schwankungen der Wassertemperatur bzw. der elektrischen Leitfähigkeit konnte in der vorliegenden Arbeit nicht erkannt werden.

Die Beobachtungen der Imagines fallen in die in der Literatur (Lehmann & Nüß 2015) genannte Flugzeit von Anfang Mai bis Mitte August. Obwohl die erste und die letzte Erfassung (15.05.18 und 29.07.18) nicht an den Extremen der bekannten Flugzeit durchgeführt wurden, konnten an diesen

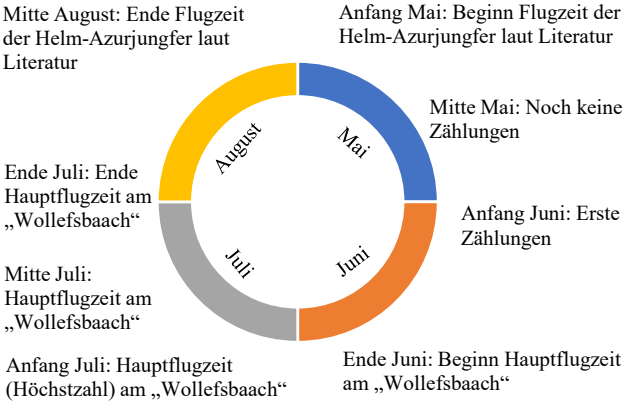


Abb. 7. Phänologie der Helm-Azurjungfer am „Wollefsbaach“ im Jahr 2018.

Tagen kaum bis gar keine Libellen gezählt werden. Die Flugzeit war somit, zumindest im sehr warmen Jahr 2018, kürzer als in der Literatur genannt (Abb. 7). Darüber hinaus decken sich die eigenen Beobachtungen mit den Kartierergebnissen von Proess (2018a). Er zählte zwischen Juni 2010 und Juli 2018 zwischen 57 (Juli 2011) und 172 (Juli 2018) Imagines. In den Jahren 2015 und 2016 konnte er im Juli sogar jeweils über 300 Imagines beobachten. Ebenfalls zeigen seine Untersuchungen, dass der dritte Abschnitt durchgehend die höchsten Individuendichten aufwies (Proess 2018a).

4.2.2. Paarung

Die Präferenz der Helm-Azurjungfer sich im dritten Abschnitt aufzuhalten, spiegelt sich auch bei den Paarungen wider. Es ist naheliegend, dass eine höhere Anzahl an Imagines eine höhere Anzahl an Paarungen mit sich bringt. Darüber hinaus wurden Paarungen genauso wie Imagines auf Beuteflug in den meisten Fällen in sonnigen Abschnitten bzw. Teilabschnitten beobachtet (vgl. Hepenstrick et al. 2014, Salcher & Schiel 2015). Ebenfalls auffällig war, dass Paarungsräder meist auf Pflanzen im Sumpfbereich beobachtet werden konnten. Zusammenhänge zwischen der Paarung und der Pflanzenart konnten im Rahmen der vorliegenden Arbeit allerdings keine erkannt werden.

4.2.3. Eiablage

Bei den Eiablagen kristallisiert sich die Präferenz der Libellen noch deutlicher heraus als bei den vorherigen Punkten. So konnten nur in Abschnitt drei, in dem auch die meisten Paarungen beobachtet worden waren, Eiablagen beobachtet werden. Des Weiteren bestätigt die Auswahl der Pflanzenarten die Präferenz der Libelle, welche in der Literatur (Goffart et al. 2006) angegeben wird. Anzumerken ist, dass die Anzahl der Eiablagen pro Pflanzenart leider nicht gezählt, sondern nur geschätzt wurde. Dennoch zeigt sich eine klare Tendenz: Bis auf ein einziges Mal, als die Eiablage durch ein einzelnes Pärchen an *Ranunculus fluitans* stattgefunden hat, wurden stets die drei bekannten Arten gewählt. Oftmals waren gleichzeitig mehrere Eiablagen an derselben Pflanze zu beobachten. Auffällig war, dass besonders oft *Berula erecta* genutzt wurde. Hierbei spielte die Höhe der Pflanze keine Rolle, da sie sowohl am Anfang des Wachstums als auch später als ausgewachsene Pflanze genutzt wurde. Das alleinige Vorhandensein dieser Art reicht aber – genau wie bei den Imagines auf Beuteflug und den Paarungen – nicht aus. Auch für die Eiablage haben die Libellen sich einen sonnigen Platz auf den Pflanzenstängeln nah am Wasser gesucht. Bei den Wasserparametern ist vor allem die Temperatur auffällig. Hier lagen die Werte an fünf von sechs Eiablagestellen über dem Durchschnitt. Somit kann angenommen werden, dass sich die Helm-Azurjungfer zur Eiablage überdurchschnittlich warme Stellen im Wasser sucht. Hierbei muss aber beachtet werden, dass die Referenzdaten nicht zur gleichen Uhrzeit gemessen werden konnten als die direkt nach der Eiablage erfass-

ten Werte. Dadurch könnte es sein, dass die Temperaturen im Bereich der Eiablagestellen höher lagen als die Referenzdaten, weil die Temperaturen an den Eiablageorten etwas später am Tag gemessen wurden und der kleine Bach sich durch die Sonne dann schon weiter erwärmt hatte. Methodisch konnte dies leider nicht umgangen werden, da die Messungen und die Beobachtungen der Libellen nicht gleichzeitig durchführbar waren.

Nach Sternberg et al. (1999) zeichnen sich die Eiablage- und Larvalhabitate durch gute Durchlichtung aus und die Vorkommen der wintergrünen Wasserpflanzen deuten auf Grundwassernähe hin, was wiederum mit einer ganzjährigen Eisfreiheit einhergeht. Da die ersten Larvenstadien gegen Einfrieren empfindlich sind (Sternberg et al. 1999), ist der ausgeglichene Temperaturhaushalt des Untersuchungsgewässers ein entscheidender Standortfaktor. Der pH-Wert lag an den Orten der Eiablage meist über dem Durchschnitt. Aus den Messungen der Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit und der Fließgeschwindigkeit können keine aufschlussreichen Folgerungen für die Eiablage gezogen werden (vgl. Sternberg et al. 1999).

Die Rahmenbedingungen für das Vorkommen der Imagines sind demnach ebenfalls für die Eiablage zutreffend: Benötigt werden die passenden Pflanzenarten (hier v. a. *Berula erecta*) und viel Lichteinfall, mit der daraus resultierenden Wärme. Ist der pH-Wert dazu basisch und die Fließgeschwindigkeit niedrig, ist es sehr wahrscheinlich, dass die Helm-Azurjungfer an einem solchen Ort ihre Eier ablegt.

5. Schutzmaßnahmen

Anhand der gewonnenen Daten können in Zukunft angepasste Maßnahmen zum Schutz der Helm-Azurjungfer durchgeführt werden. Zum einen muss die Sicherung der Population an diesem für die Art einzigen bekannten Vorkommen in Luxemburg langfristig gewährleistet werden. Hierzu ist es wichtig, die bestehende Population zu erhalten und eine stärkere Besiedlung der bisher weniger genutzten Bachabschnitte zu ermöglichen. So könnte der „Wollefsbaach" zukünftig als Ausbreitungszentrum für die Besiedelung neuer Gewässer dienen. Nach Aussagen von Sternberg et al. (1999) können Bestände mit einer Abundanzklasse von IV und V als relativ ungefährdet angesehen werden, wenn sich die ökologische Gesamtsituation am Gewässer nicht verschlechtert. Hunger (2004) zeigt, dass bei einer Abundanz-Erfassung die tatsächliche Populationsgröße um den Faktor 2,5 bis 5 höher liegt.

Der richtige Schritt ist sicherlich die geplante Ausweisung des „Wollefsbaach" und seiner Umgebung als Naturschutzgebiet. Diese kommt später nicht nur der Helm-Azurjungfer, sondern auch den im potentiellen Naturschutzgebiet vorkommenden seltenen Amphibienarten, Laubfrosch (*Hyla arborea* Linnaeus, 1758) und Kammmolch (*Triturus cristatus* Laurenti, 1768), zugute.

Die Population der Helm-Azurjungfer am „Wollefsbaach" besteht seit mindestens 25 Jahren und hat seit Beginn des Monitorings im Jahre 2010 nicht abgenommen (Proess 2018a). Man kann daher davon ausgehen, dass die landwirtschaftliche Nutzung in der direkten Umgebung des untersuchten 680 m langen Teilabschnittes, so wie sie in den letzten Jahrzehnten durchgeführt wurde, für den Erhalt der Helm-Azurjungfer geeignet war. Daher sollte diese Nutzung, insbesondere im dritten Abschnitt, beibehalten werden. Sowohl eine Nutzungsintensivierung als auch eine Aufgabe der Nutzung sollten vermieden werden. Um den Eintrag von Nährstoffen und Pestiziden in den Bach auf ein Minimum zu reduzieren, sollte im Einzugsgebiet des „Wollefsbaach", das sich von der westlichen Grenze des Abschnittes eins bis zur Nationalstraße 12 erstreckt, eine Nutzungsextensivierung angestrebt werden. Um diese Nutzungsextensivierung zu erreichen bzw. sicherzustellen, sollte versucht werden Bewirtschaftungsverträge mit Nulldüngung im Rahmen des Biodiversitätsreglementes (Mémorial 2017b) abzuschließen (Proess 2018b).

Als weiterer prioritärer Schritt wäre es wichtig, den „Wollefsbaach" zu optimieren und Maßnahmen in den bisher weniger stark

besiedelten Abschnitten zu ergreifen. Im zweiten Abschnitt könnte dies durch das Freilegen von Wasserflächen und Ansiedeln von Eiablagepflanzen (v. a. *Berula erecta*) realisiert werden. Des Weiteren stellt eine Verringerung der Beschattung die wichtigste Maßnahme dar. Die Helm-Azurjungfer meidet stark beschattete Bachabschnitte. Aus diesem Grund sollten im ersten, vierten und fünften Abschnitt (Teil-)Entbuschungen der Ufergehölze (mit zum Teil „auf den Stock setzen") mehr Licht schaffen und es könnten wiederum Eiablagepflanzen angesiedelt werden. Um die so verbesserten Zustände mittel- bis langfristig aufrecht zu erhalten, müssen die (entbuschten) Abschnitte durch angepasste Nutzung und ggf. weitere Gehölzreduzierung offengehalten werden.

Da Bachabschnitte mit zu hoher Fließgeschwindigkeit von der Helm-Azurjungfer gemieden werden, könnte durch das Einbringen von Totholz und anderer natürlicher Störelemente versucht werden, die Fließgeschwindigkeit zu vermindern und gleichzeitig die starke Tiefenerosion zu verlangsamen (SICONA 2015).

Da die Helm-Azurjungfer oligotrophe bis mäßig eutrophe Gewässer bevorzugt, stark eutrophe und hypertrophe Gewässer meidet (Sternberg et al. 1999), wäre es wichtig, die Wasserqualität in regelmäßigen Abständen zu überprüfen und den „Wollefsbaach" deshalb in die Liste der regelmäßig beprobten Fließgewässer aufzunehmen. Weiterhin sollte der Bestand des Signalkrebses (*Pacifastacus leniusculus* Dana, 1852) im Auge behalten werden. Er stellt eine potentielle Bedrohung vor allem für die Larven der Libellen dar (Ott 2018). Durch regelmäßigen Einsatz von Reusen sollte die Population des Signalkrebses verringert werden.

Um frühzeitig auf Bestandsänderungen der Art reagieren zu können, muss das alljährliche Monitoring unbedingt weitergeführt werden. Nach den Maßnahmenumsetzungen sollte eine detaillierte Erfassung und Erfolgskontrolle in den jeweiligen Abschnitten durchgeführt werden, um die Entwicklung der Population hinreichend zu dokumentieren.

Um weitere neue Lebensräume für die Art zu schaffen, könnten an nahegelegenen Bächen, die die notwendigen Standortbedingungen aufweisen, entsprechende Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt werden. Weil die Helm-Azurjungfer nicht sehr ausbreitungsfreudig ist (vgl. Hunger 2004), ist die Suche neuer Standorte vor allem in unmittelbarer Nähe des „Wollefsbaach" sinnvoll. Die neuen Standorte müssen die physiko-chemischen Bedingungen erfüllen (v. a. besonnt, hohe Wassertemperatur, pH basisch und Fließgeschwindigkeit gering) und die Eiablagepflanzen müssen vorhanden sein oder erfolgreich angesiedelt werden können.

Daher unterstützen die Autoren die geplanten Renaturierungsmaßnahmen (vgl. SICONA 2015), z. B. im westlichen Teil des geplanten Naturschutzgebietes und auch weiter westlich bis zur Nationalstraße 12. Hier sollten der „Wollefsbaach" und seine zwei Zuläufe durch Offenlegung renaturiert werden. Eine Quelle, die im Bereich der ehemaligen Bahnstrecke „Attertlinie" im Südwesten des geplanten Naturschutzgebietes entspringt und in Abschnitt eins in den „Wollefsbaach" mündet, sollte ebenfalls durch Offenlegung renaturiert werden (SICONA 2015).

Danksagung

Wir möchten uns herzlich beim Naturschutzsyndikat SICONA bedanken, dass es mit finanzieller Unterstützung des Nachhaltigkeitsministeriums ermöglicht hat, diese Untersuchung im Rahmen der Bachelorarbeit der Erstautorin durchzuführen. Dem Nachhaltigkeitsministerium danken wir für die Bereitstellung der Daten des Bio-Monitorings der Helm-Azurjungfer. Des Weiteren geht unser Dank an das Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), die Universität Trier und die TH Bingen für das Bereitstellen notwendiger Messgeräte. Für die Begutachtung des Manuskripts und die Korrekturvorschläge möchten wir uns herzlich bei Nico Schneider und Claude Meisch bedanken.

Literatur

Administration des ponts et chaussées, Service géologique 2006. Carte géologique du Luxembourg. Vecteur-Image Version 1.1 vom 27.11.2006.

Bellmann, H., 1993. Libellen: beobachten, bestimmen. Naturbuch Verlag GmbH, Augsburg, 274 S.

Bellmann, H., 2013. Der Kosmos Libellenführer. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart, 320 S.

Bellmann, H. & K. Honomichl, 2007. Jacobs/ Renner - Biologie und Ökologie der Insekten. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 756 S.

Boudot, J.-P., 2006. *Coenagrion mercuriale*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T5081A11113215. unter: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T5081A11113215.en [11.12.2018].

Boudot, J.-P. & G. Jacquemin, 2002. Inventaire et statut des Libellules de Lorraine. *Bulletin de la Société lorraine d'entomologie*, hors série, janvier 2002, 68 pp., Muséum et Aquarium de Nancy, Nancy.

Buchwald, R., B. Höppner & W. Röske, 1998. Gefährdung und Schutzmöglichkeiten grundwasserbeeinflusster Wiesenbäche und -gräben in der Oberrheinebene. Naturschutzorientierte Untersuchungen an Habitaten der Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale*, Odonata), *Natur und Landschaft* 64: 398-403.

Buchwald, R., W. Piper & W. Röske, 2003. *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840). *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 69: 560-567.

Colling, G., 2005. Red List of the Vascular Plants of Luxembourg. *Ferrantia* 42: 1-77.

Dierschke, H., 1994. Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Ulmer, Stuttgart, 683 S.

Goffart, P., G. De Knijf, A. Anselin & M. Tailly, 2006. Les Libellules (Odanata) de Belgique: répartition, tendances et habitats. Groupe de Travail Libellules Gomphus et du Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois, Gembloux, 398 pp.

Grand, D. & J.-P. Boudot, 2006. Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg. Collection Parthénope, Mèze, 480 pp.

Hepenstrick D., B. Koch & C. Monnerat, 2014. Merkblätter Arten – Libellen – *Coenagrion mercuriale*. Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Libellenschutz, CSCF info fauna, Neuenburg und Bundesamt für Umwelt, Bern, 5 S.

Hunger, H., 2004. Naturschutzorientierte, GIS-gestützte Untersuchungen zur Bestandssituation der Libellenarten *Coenagrion mercuriale*, *Leucorrhinia pectoralis* und *Ophiogomphus cecilia* (Anhang II FFH-Richtlinie) in Baden-Württemberg (229 S. + Anhänge). Dissertation an der Hochschule Vechta. Dragonfly Research 2 (CD-ROM).

Hunger, H. & R. Buchwald, 2003. Naturschutzorientierte Untersuchungen zur Bestandssituation dreier europaweit geschützter Libellenarten auf Metapopulationsniveau unter Einsatz eines Geographischen Informationssystems (GIS). Abschlussbericht, Hochschule Vechta, Institut für Naturschutz und Umweltbildung, 27 S.

Hunger, H. & W. Röske, 2001. Short-range dispersal of the southern damselfly (*Coenagrion mercuriale*, Odonata) defined experimentally using UV fluorescent ink. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 9: 181-187.

JOCE, 1992. Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. JOCE L 206 du 22.7.1992: 7-50.

Lambinon, J. & F. Verloove (collab. L. Delvosalle, B. Toussaint, D. Geerinck, I. Hoste, F. van Rossum, B. Cornier, R. Schumacker, A. Vanderpoorten & H. Vannerom), 2012. Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines. (Pteridophytes et Spermatophytes), 6e éd., 2e tirage. Jardin botanique national de Belgique, Meise, CXXXIX + 1195 pp.

Lehmann, A. & J. Nüß, 2015. Libellen - Bestimmungsschlüssel für Nord- und Mitteleuropa. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Göttingen, 200 S.

Martínez-Carreras N., A. Krein, F. Gallart, J.F. Iffly, C. Hissler, L. Pfister, L. Hoffmann & P. N. Owens, 2012. The Influence of Sediment Sources and Hydrologic Events on the Nutrient and Metal Content of Fine-Grained Sediments (Attert River Basin, Luxembourg). *Water, Air, & Soil Pollution* 223: 5685-5705.

Mémorial, 2009. Règlement grand-ducal du 9 janvier 2009 concernant la protection intégrale et partielle de certaines espèces animales de la faune sauvage. Mémorial A, Recueil de législation du Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg N° 4 du 21 janvier 2009 : 34-41.

Mémorial, 2017a. Décision du Gouvernement en Conseil du 13 janvier 2017 relative au plan national concernant la protection de la nature 2017-2021 et ayant trait à sa première partie intitulée « Stratégie nationale Biodiversité ». Mémorial A, Recueil de législation du Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg, N° 194 du 14 février 2017 : 1-37.

Mémorial, 2017b. Règlement grand-ducal du 11 septembre 2017 instituant un ensemble de régimes d'aides pour la sauvegarde de la diversité biologique en milieu rural. Mémorial A N° 863 du 28 septembre 2017. Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg, 68 pp.

MNHNL, 2018. Recorder-Lux, Datenbank über das Naturerbe des Großherzogtums Luxemburg. Nationalmuseum für Naturgeschichte, Luxemburg. URL: https://mdata.mnhn.lu [15.08.2018].

Onderka, M., S. Wrede, M. Rodný, L. Pfister, L. Hoffmann & A. Krein, 2012. Hydrogeologic and landscape controls of dissolved inorganic nitrogen (DIN) and dissolved silica (DSi) fluxes in heterogeneous catchments. *Journal of Hydrology* 450-451: 36-47.

Ott, J., 2018. Invasive Krebse und ihre Wirkungen auf Libellen - Wie gewonnen, so zerronnen – erfolgreiche Ansiedlungen geschützter und gefährdeter Arten im Südwesten Deutschlands bedroht. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 50: 37-43.

Ott, J., D. Frank, A. Schotthöfer & C. Willigalla, 2017. Libellen in Rheinland-Pfalz - beobachten und erkennen. KoNat UG, Neustadt, 300 S.

Proess, R., 2006. Verbreitungsatlas der Libellen des Großherzogtums. *Ferrantia* 47: 1-170.

Proess, R., 2009. Plans d'actions espèces : Agrion de mercure, *Coenagrion mercuriale*. Ministère du Développement durable et des Infrastructures - Département de l'Environnement, 3 pp.

Proess, R., 2018a. *Coenagrion mercuriale*. Monitoring de la biodiversité au Luxembourg: Amphibiens, Reptiles, Libellules, Sangsue médicinale. Résultats de l'inventaire 2018. Unveröffentlichter Bericht des Umweltplanungsbüros Ecotop, im Auftrag des Institute of Science and Technology (LIST) und des Ministère du Développement durable et des Infrastructures - Département de l'Environnement, 22 pp.

Proess, R., 2018b. Dossier de classement de la Réserve naturelle « Wollefsbaach – Weierwisen » ZPIN75. Ausweisungsdossier zum geplanten Naturschutzgebiet, im Auftrag des Ministère du Développement durable et des Infrastructures - Département de l'Environnement und der Administration de la nature et des forêts, 25 S. + Anhang.

Salcher, M. & F.-J. Schiel, 2015. Neunachweise der Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale*) bei Tübingen (Odonata: Coenagrionidae). Mercuriale – Libellen in Baden-Württemberg, Band 15: 5-15.

Schneider, S., 2011. Die Graslandgesellschaften Luxemburgs. *Ferrantia* 66: 1-303.

SICONA (Hrsg.), 2015. Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Maßnahmenprogramm 2015-2021. Vorschläge von geeigneten Maßnahmen in der Gemeinde Useldange. Unveröffentlichte Studie im Auftrag der Gemeinde Useldange, 33 S.

SGL (Schutzgemeinschaft Libellen in Baden-Württemberg e.V.), 2015. Digitaler Erhebungsbogen zur Libellen-Erfassung, unter: https://sglibellen.de/wp-content/uploads/2014/10/sgl-erhebungsbogen.pdf [15.02.2018].

Sternberg, K., R. Buchwald & W. Röske, 1999. *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840) – Helm-Azurjungfer. In: Sternberg K. & R. Buchwald (Hrsg.): Die Libellen Baden-Württembergs, Band 1: 255-270. Ulmer, Stuttgart.

Thompson, D. J., J. R. Rouquette & B. V. Purse, 2003. Ecology of the Southern Damselfly. *Conserving Natura 2000 Rivers* 8: 1-23.

Trockur, B., J.-P. Boudot, V. Fichefet, Ph. Goffart, J. Ott & R. Proess, 2010. Atlas der Libellen / Atlas des libellules (Insecta, Odonata) ; Fauna und Flora in der Großregion / Faune et Flore dans la Grande Région, Band 1: 1-58.