ENTOMO HELVETICA 6: 87–99, 2013

Schutz der Helm-Azurjungfer *Coenagrion mercuriale* (Odonata: Coenagrionidae) am Beispiel des Smaragd-Gebiets Oberaargau

Daniela Keller[1,2], Irmi Seidl[1], Christoph Forrer[3], Robert Home[1,4], Rolf Holderegger[1,2]

[1] WSL Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf; daniela.keller@gmx.net
[2] Departement Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich, Universitätsstrasse 16, CH-8092 Zürich
[3] Büro Kappeler, Dunantstrasse 4, CH-3006 Bern
[4] FiBL Forschungsinstitut für Biologischen Landbau, Ackerstrasse 21, CH-5070 Frick

Abstract: Conservation of *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840) in the Oberaargau region, Canton of Berne (Odonata: Coenagrionidae). – *Coenagrion mercuriale* is a critically endangered damselfly in Switzerland and is also a target species in the Emerald and Natura 2000 network of European protected areas. One of the most important sites of *C. mercuriale* in Switzerland is located in the Emerald area Oberaargau. Here, this damselfly species inhabits streams and ditches flowing through agricultural meadows. Within a larger research project, several studies have been performed on *C. mercuriale* in the Oberaargau region. (1) Conservation measures and their costs were assessed, (2) the effectiveness of the Emerald information campaigns were surveyed and analysed with a questionnaire, and (3) the connectivity of annually monitored populations was studied in a mark-recapture study and genetic analyses. Overall, these studies showed positive results. The calculations of conservation costs revealed a moderate amount of expenses for conservation measures of *C. mercuriale.* The survey indicated that local people were well informed about the protection of *C. mercuriale* because of the information campaigns. Furthermore, population monitoring indicated a positive development of local damselfly populations. Connectivity between populations located within the same stream system was ensured by frequent dispersal along the water courses across distances up to 0.5 km. However, dispersal across distances larger than 0.5 km occurred less often, but across open agricultural land. Such long-distance dispersal events are important for the interconnectivity of distant populations.

Zusammenfassung: *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840) ist eine in der Schweiz vom Aussterben bedrohte Kleinlibellenart und Zielart im europäischen Schutzgebietsnetzwerk Smaragd und Natura 2000. Eines ihrer bedeutendsten Schweizer Vorkommen befindet sich im Smaragd-Gebiet Oberaargau, wo die Art Wiesenbäche und Gräben besiedelt. Im Rahmen eines grösseren Forschungsprojekts wurden verschiedene Untersuchungen zu *C. mercuriale* im Smaragd-Gebiet Oberaargau durchgeführt. (1) Die Schutz- und Fördermassnahmen dieser Libelle wurden zusammengestellt und deren Kosten berechnet, (2) eine Umfrage ermittelte die Wirkung der Smaragd-Informationskampagnen auf die Wahrnehmung der Art und ihres Schutzes durch die Bevölkerung und (3) die Vernetzung der jährlich quantitativ erfassten Populationen wurde in einer Markierungsstudie und genetischen Untersuchungen analysiert. Insgesamt zeigten die Studien positive Resultate. Die Kostenberechnungen ermittelten einen moderaten finanziellen Aufwand für die Schutzmassnahmen, die Umfrage zeigte, dass die Bevölkerung durch die Informations-Kampagnen gut informiert war und die jährlich durchgeführten Bestandeserhebungen wiesen eine positive Entwicklung der Populationen nach. Die Vernetzung zwischen Populationen von *C. mercuriale* innerhalb von Bachsystemen entlang der Wasserläufe war durch regelmässige Ausbreitungen über Distanzen bis 0,5 km gewährleistet. Ausbreitungen über Distanzen von mehr als 0,5 km kam selten vor, fand aber auch über offene Landwirtschaftsflächen statt. Solche eine Ausbreitung über grosse Distanzen ist von grosser Bedeutung für die Vernetzung weit auseinander liegender Populationen.

Résumé: Conservation de *Coenoagrion mercuriale* (Charpentier, 1840) dans la région de l'Oberaargau, Canton de Berne (Odonata: Coenagrionidae). – *Coenagrion mercuriale* est une espèce de demoiselle en danger d'extinction en Suisse et une espèce cible du réseau européen des zones protégées Emeraude et Natura 2000. Une des stations les plus importantes de *C. mercuriale* en Suisse est située dans la zone Emeraude de l'Oberaargau, où la demoiselle colonise des cours d'eau et des canaux traversant les zones agricoles. Plusieurs études sur *C. mercuriale* ont été réalisées dans cette région dans le cadre d'un vaste projet de recherche. (1) Détermination des mesures de protection et de conservation et de leur coût, (2) analyse avec un questionnaire de l'efficacité des campagnes d'information Emeraude menées auprès du public sur la protection de l'espèce, et (3) étude de la connectivité des populations par marquage-recapture et analyses génétiques. Dans l'ensemble, ces études ont montré des résultats positifs. Le coût des mesures de conservation de *C. mercuriale* s'avère modéré. Grâce aux campagnes d'information, les habitants de la région sont bien informés sur l'espèce. Les suivis annuels des demoiselles témoignent d'un développement positif des populations. La connectivité entre populations situées dans le même réseau hydrographique est assuré par une dispersion des individus le long des cours d'eau sur une distance atteignant 0.5 km. La dispersion sur une distance supérieure à 0.5 km est plus rare, mais s'effectue également en traversant les terrains agricoles ouverts. Cette dispersion à longue distance est très importante pour la mise en réseau des populations distantes.

Keywords: *Coenagrion mercuriale,* cost assessment, damselfly, dispersal, monitoring, population questionnaire.

EINLEITUNG

Die Helm-Azurjungfer *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840) ist gemäss der Roten Liste der Schweiz eine vom Aussterben bedrohte Kleinlibellenart (Gonseth & Monnerat 2002), welche Bäche und Gräben sowie Quellaufstösse in Kalkflachmooren und Giessen in Auen besiedelt (Monnerat 2005). Im Schutzgebiet Smaragd Oberaargau besiedelt sie Gräben und Wiesenbäche innerhalb einer intensiv genutzten Agrarlandschaft (Abb. 1). Das Smaragd- und Natura 2000-Netzwerk fördert und schützt europaweit bedrohte Tier- und Pflanzenarten sowie ihre Lebensräume. Es wurde im Rahmen der Berner Konvention vom Europarat initiiert. Im November 2012 anerkannte der Europarat die ersten Schweizer Smaragd-Gebiete. Eines davon ist das Smaragd-Gebiet Oberaargau. In diesem Gebiet befindet sich auch eines der bedeutendsten Schweizer Vorkommen der Helm-Azurjungfer. Mehrere nahe beieinander liegende Wiesenbäche und Gräben (Abb. 2) bieten dieser seltenen Libellenart geeignete Lebensräume im Oberaargau (Grütter-Schneider 2008). Im Jahr 2008 wurden die bestehenden Populationen der Helm-Azurjungfer im Smaragd-Gebiet kartiert und die Habitateigenschaften der besiedelten Gewässer analysiert (Hepenstrick 2008). Wie auch in anderen Gebieten (Hepenstrick et al. im Druck) besiedelt die Helm-Azurjungfer im Oberaargau gut besonnte Gewässer mit dauernder Wasserführung ohne winterliches Zufrieren. Sauberes, langsam fliessendes Wasser, reichliche Wasservegetation (submerse und emerse Vegetation) und eine lichtdurchlässige, niedrige Ufervegetation sind weitere Anforderungen an das Habitat (Hepenstrick 2008, Carron 2009, Koch et al. 2009). Die Wiesenbäche und Gräben im Oberaargau sind Sekundärhabitate, welche Pflege- und Unterhaltsmassnahmen benötigen, um als geeignete Lebensräume der Helm-Azurjungfer erhalten zu bleiben (Buchwald et al. 1989, Rouquette & Thompson 2005).

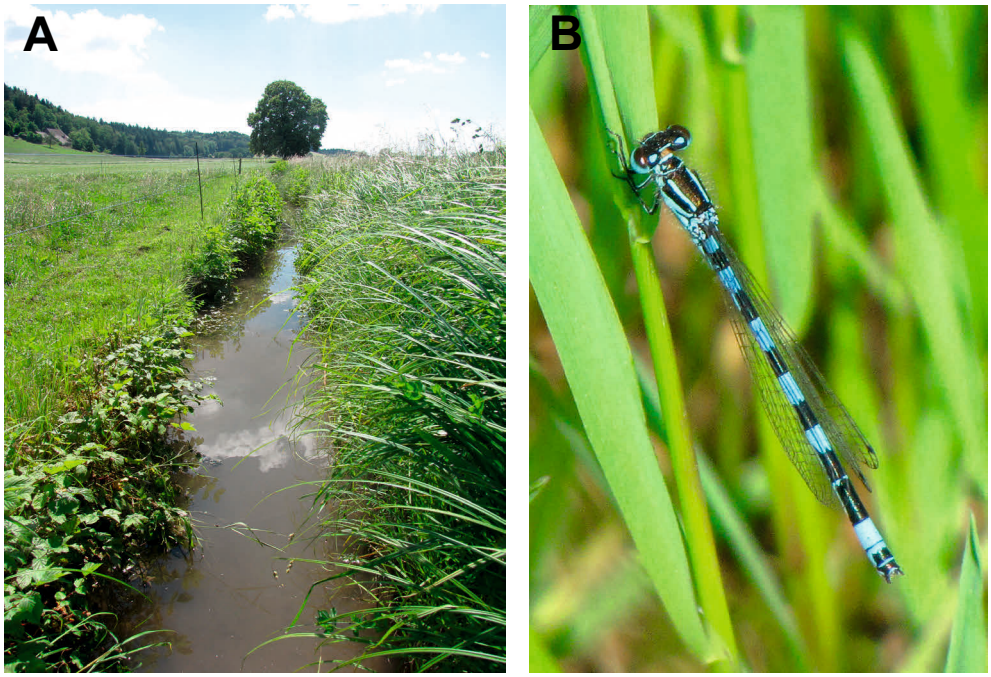

Abb. 1. (A) Lebensraum der Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale*) im Oberaargau. (B) Männchen der Helm-Azurjungfer.

Das Forschungsprojekt ENHANCE (WSL 2012) fokussierte seine Arbeiten im Smaragd-Gebiet Oberaargau. Verschiedene Projekte beschäftigten sich mit der Helm-Azurjungfer. So wurden die Schutz- und Fördermassnahmen zugunsten der Libelle analysiert und die entsprechenden Kosten berechnet. Eine Erhebung zur Akzeptanz von Vernetzungselementen im Landwirtschaftsland durch die Bevölkerung erfasste zudem die Wirkung der Smaragd-Informationskampagne zur Helm-Azurjungfer. Ausserdem wurde die Vernetzung der Populationen von *C. mercuriale* im Oberaargau mit unterschiedlichen Methoden untersucht. Die direkten Auswirkungen der Schutz- und Pflegemassnahmen auf die Anzahl und Grösse der Helm-Azurjungfer-Populationen wurden hingegen unabhängig von ENHANCE im Rahmen des Smaragd-Projekts analysiert. Im Folgenden werden die Methoden und Ergebnisse der einzelnen Projekte vorgestellt.

MATERIAL UND METHODEN

Schutz- und Fördermassnahmen und ihre Kosten

Für die Evaluation der Schutz- und Fördermassnahmen samt ihren Kosten wurde eine Dokumentenanalyse durchgeführt und durch Gespräche mit Fachpersonen ergänzt. Die Evaluation der Massnahmen orientierte sich an der Studie zu den Kosten des Biotopschutzes in der Schweiz (Ismail et al. 2009). Diese Studie lieferte Kostenansätze und die Grundlage für Plausibilitätsüberprüfungen im Hinblick auf die errechneten Kosten für den Schutz der Helm-Azurjungfer im Oberaargau (Seidl 2012).

Bevölkerungsbefragung

Im Rahmen einer Bevölkerungsumfrage zur Akzeptanz von Vernetzungselementen im Landwirtschaftsland wurde der Einfluss der Smaragd-Informationskampagne zur Helm-Azurjungfer analysiert. Dabei wurden 2 373 Fragebogen an zufällig ausgewählte Haushalte aus der ganzen Schweiz versandt und weitere 492 an zufällig ausgewählte Haushalte im Smaragd-Gebiet. Davon kamen 326 ausgefüllte Fragebogen aus der ganzen Schweiz und 101 Fragebogen aus dem Smaragd-Gebiet ausgefüllt zurück und wurden für die Auswertung verwendet. Die Antworten der befragten Personen, welche im Smaragd-Gebiet wohnhaft waren, wurden den Antworten von Personen aus der übrigen Schweiz gegenübergestellt. Folgende Aussagen mussten auf einer Skala von 1 bis 5 (1: ich stimme voll und ganz zu; 5: ich stimme überhaupt nicht zu) bewertet werden. (i) «Ich weiss viel über die Helm-Azurjungfer.» (ii) «Helm-Azurjungfern sind Teil der Natur und haben das Recht zu existieren.» (iii) «Es ist mir persönlich wichtig, dass Helm-Azurjungfern in der Schweiz leben.» (iv) «Ich finde Helm-Azurjungfern schön.» (v) «Wir sollten die Lebensräume der Helm-Azurjungfer in unseren Landschaften sichern.»

Wirkung von Schutz- und Pflegemassnahmen auf Anzahl und Grösse der Populationen

Zur Erfolgskontrolle der Schutz- und Pflegemassnahmen wird im Rahmen des Smaragd-Projekts ein jährliches Populations-Monitoring der Helm-Azurjungfer nach Natura 2000-Richtlinien (Fartmann et al. 2001) durchgeführt. Dabei werden an allen Wiesenbächen mit Vorkommen von *C. mercuriale* Männchen, Tandems und Paarungsräder zweimal jährlich erfasst (Hepenstrick et al. 2012). Die Erhebungen werden während der Hauptflugzeit (Juni-Juli) und nur bei guten Wetterbedingungen durchgeführt. Zusätzlich werden bislang unbesiedelte Wiesenbäche und Gräben nach Neu- oder Wiederbesiedlungen abgesucht. So können Populationsentwicklungen über Jahre hinweg beobachtet und Neubesiedlungen entdeckt werden.

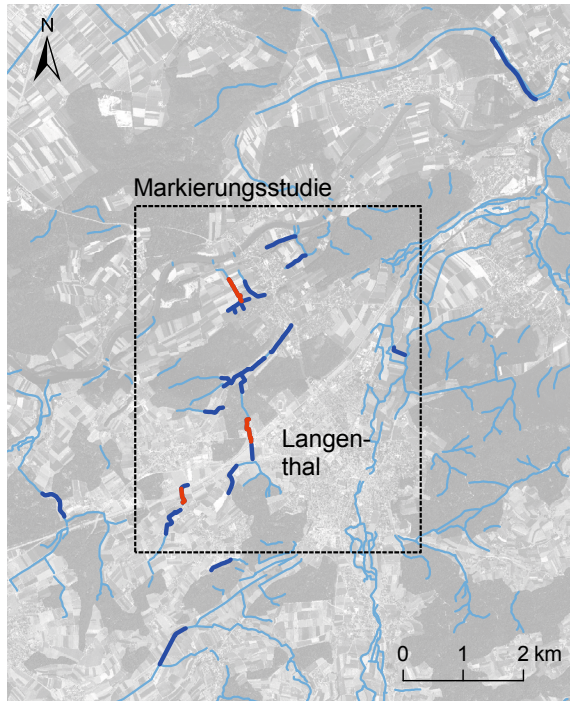

Abb. 2. Populationen der Helm-Azurjungfer im Smaragd-Gebiet Oberaargau (2009). Dünne blaue Linien repräsentieren die Fliessgewässer im Studiengebiet, dicke blaue Linien zeigen die von der Helm-Azurjungfer besiedelten Bach- und Grabenabschnitte. Innerhalb des gestrichelten Rechtecks wurde die Markierungsstudie durchgeführt. An den roten Bachsegmenten wurden die Tiere markiert und an allen besiedelten Bächen (rote und blaue dicke Linien innerhalb des gestrichelten Rechtecks) wurde nach den individuell markierten Libellen gesucht.

Abb. 3. Individuell markiertes Männchen der Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale*).

Vernetzung der Populationen

Die Vernetzung der existierenden Populationen in der Region Oberaargau wurde 2009 einerseits mit einer Markierungsstudie (Keller & Holderegger im Druck) und andererseits mit einer genetischen Analyse (Keller et al. 2012) untersucht.

Die Markierungsstudie wurde im Zentrum des Untersuchungsgebiets durchgeführt (Abb. 2). Während der Hauptflugzeit (Monnerat 2005) wurden an drei Bachsystemen mit grossen Populationen 455 Männchen der Helm-Azurjungfer individuell markiert. Die Libellen wurden mit einem Insektennetz gefangen und jedes Tier mit einem individuellen Farbcode mit Dekomarkern an den Flügeln gekennzeichnet (Abb. 3). So konnten die Libellen über ihre gesamte Lebensdauer hinweg verfolgt werden. Die Markierung fand während dreier Perioden statt (13.–14. Juni, 21.–24. Juni und 9.–10. Juli). Die Bachsysteme, an denen markiert wurde, sowie alle umliegenden besiedelten Wiesenbäche und Gräben (Abb. 2) wurden jeden dritten Tag mit gutem Libellenwetter nach markierten Individuen abgesucht. Die Farbcodes konnten mithilfe eines nahfokussierenden Feldstechers abgelesen werden. So mussten die Libellen kein zweites Mal gefangen werden. Aus den Beobachtungsdaten wurden maximale Ausbreitungsdistanzen ermittelt. Zusätzliche Informationen zur Markierungsstudie sind in Keller & Holderegger (im Druck) zu finden.

Mit genetischen Analysen ermittelten wir die Verwandtschaftsverhältnisse zwischen den Populationen der Helm-Azurjungfer im Oberaargau, was Hinweise zum genetischen Austausch zwischen Populationen und somit zur Ausbreitung ergab. Dafür wurden 450 unmarkierte Männchen der Helm-Azurjungfer an den 19 Bachabschnitten mit grösseren Populationen gegen Ende der Flugperiode beprobt. Von jedem Individuum wurden Tarsus und Tibia eines Mittelbeines entfernt. Die Tiere wurden danach wieder freigelassen. Aus Tarsus und Tibia wurde die DNA

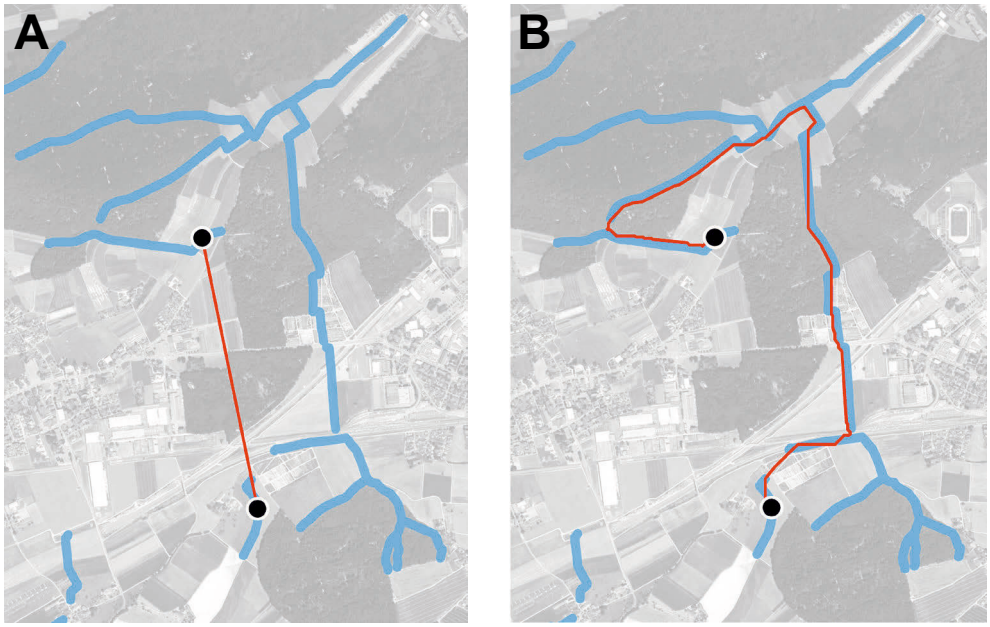

Abb. 4. Zwei mögliche Ausbreitungspfade zwischen zwei Populationen (schwarze Punkte) der Helm-Azurjungfer. (A) Kürzester Pfad entlang der geografischen Distanz. (B) Pfad entlang von Fliessgewässern (hellblaue Linien).

extrahiert und mit genetischen Markern (Mikrosatelliten; Watts et al. 2004) ein individueller genetischer Fingerabdruck erzeugt. Die Unterschiede zwischen den genetischen Fingerabdrücken zeigen die Verwandtschaft auf. Mit einer Clusteranalyse wurden die Populationen in genetisch ähnliche Gruppen eingeteilt. Zusätzlich prüften wir mit Regressionsmodellen, ob sich die Helm-Azurjungfer hauptsächlich entlang von Fliessgewässern ausbreitet oder ob sie auch offenes Agrarland überquert (Abb. 4). Schliesslich wurden mit einer Korridoranalyse Landschaftselemente identifiziert, welche den genetischen Austausch behindern oder fördern (Abb. 5). Detaillierte Angaben zur Beprobung und den verwendeten genetischen Methoden werden in Keller et al. (2012) und Keller & Holderegger (im Druck) gegeben.

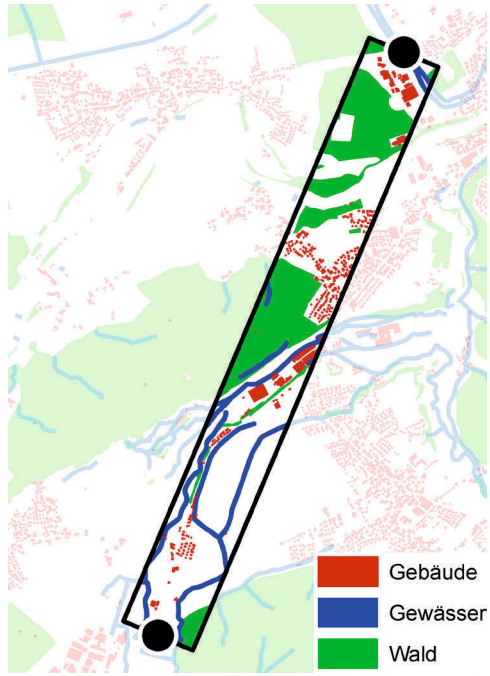

Abb. 5. Korridoranalyse zur Erfassung von Landschaftselementen (hier: Gebäude, Gewässer, Wald), welche die Ausbreitung der Helm-Azurjungfer zwischen zwei Populationen (schwarze Punkte) beeinflussen.

RESULTATE

Schutz- und Fördermassnahmen und ihre Kosten

Zum Schutz der Helm-Azurjungfer betreute das Smaragd-Projekt bis 2012 insgesamt eine Bach- und Grabenlänge von 19,6 km, wovon 7 km von *C. mercuriale* besiedelt waren. Entlang dieser Gewässer sollte, wenn möglich, ein 10–12 m (mindestens 6 m) breiter Pufferstreifen nach Smaragd-Kriterien bewirtschaftet werden. Um die maximalen Kosten der Schutzmassnahmen für die Helm-Azurjungfer aufzuzeigen, wurde in den folgenden Berechnungen von 10 m breiten Pufferstreifen und einer Gesamtbachlänge von 19,6 km ausgegangen, was einer Fläche von 19,6 ha entspricht. Tatsächlich waren bis 2012 aber nur 8,5 ha Fläche Gewässerpufferstreifen unter Vertrag.

Für die fünf im Oberaargau involvierten Gemeinden entstanden Planungs- und Konzeptarbeiten. Zunächst benötigte jede Gemeinde ein Konzept für den Gewässerunterhalt. Dieses umfasste die Benennung der relevanten Gewässer, der Massnahmen und der Durchführung. Ein einfaches Basiskonzept kostete rund 4 000 CHF pro Gemeinde und war auf sechs Jahre ausgelegt. Daneben benötigten die Gemeinden Beratung bezüglich ihres Unterhaltskonzeptes, konkret der Unterhaltseinsätze und Gehölzpflege. Dies kostete jede Gemeinde rund 1 000 CHF pro Jahr (Tab. 1).

Um den sachgemässen Unterhalt der Pufferstreifen zu regeln, wurden mit den Landwirten, welche Grundstücke an den relevanten Bächen und Gräben bewirtschafteten, Verträge abgeschlossen. Es wurde von einer durchschnittlichen Fläche von 0,4 ha Uferstreifen pro Vertrag ausgegangen. Für einen Vertragsabschluss fielen Kosten von 750 CHF / 6 Jahre an, d. h. alljährlich 312,50 CHF / ha (Tab. 1).

Pflege und Unterhalt werden durch zwei Massnahmen sichergestellt: (1) Entkrautung der Gewässersohle und Schnitt der Ufervegetation finden durchschnittlich alle drei Jahre statt (teils jährlich, teils nie). Diese Arbeit mit Mähkorb kostet 2,50 CHF pro Meter Bachlänge. Da diese Massnahmen nur alle drei Jahre anfallen, wurde mit einem alljährlichen Betrag von 0,83 CHF pro Meter Bach- und Grabenlänge gerechnet, hinzu kamen jährlich 450 CHF pro Gemeinde für Transportkosten der Geräte (Tab. 1). (2) Der Unterhalt des Pufferstreifens wird gemäss ökologischem Leistungsnachweis (ÖLN) sowie nach Smaragd-Kriterien durchgeführt. Verbunden ist damit eine extensive Nutzung, die Vernetzung gemäss Ökoqualitätsverordnung (BAFU 2001) sowie ein fakultativer früher Schnitt. Daraus ergaben sich im Schnitt alljährliche Kosten von 5 130 CHF / ha, wovon 4 540 CHF / ha auf landwirtschaftliche Direktzahlungen fielen (Tab. 1).

Zusätzlich wurden im Smaragd-Gebiet Öffentlichkeitsarbeit und Massnahmen der Besucherlenkung realisiert, um die Helm-Azurjungfer bekannt zu machen und die Skepsis der Landwirte abzubauen. Konkret wurde vom Smaragd-Trägerverein eine Infokampagne durchgeführt. Es fallen für das ganze Projektgebiet Kosten von 1 200 CHF / Jahr an. Weiter wurden Schilder aufgestellt, die alljährlich ca. 33 CHF / ha kosten (Tab. 1).

Für das Populationsmonitoring, welches das Smaragd-Konzept und seine Einbindung in Natura 2000 erfordern, wurden Kosten von 5 000 CHF pro Jahr für den Einsatz von Fachpersonen errechnet (Tab. 1).

Schliesslich finanzierte das Smaragd-Projekt für ein Drittel der Pufferstreifenfläche Ansaaten, um den Reichtum der Pflanzenarten zu erhöhen. Diese einmaligen Aufwertungsmassnahmen beliefen sich auf 1 000 CHF / ha für ein Drittel der Puffer-

Tab. 1. Kosten (in CHF) des Schutzes der Helm-Azurjungfer im Oberaargau, wobei die mit einem Stern bezeichneten Kosten nicht jährlich anfallen, hier aber trotzdem auf Jahresbasis umgerechnet sind.

Massnahme	**Kosten in CHF Pro 1 ha Uferstreifenfläche**	**Pro 1 m Bach-/ Grabenlänge**	**Pro Gemeinde**	**Pro Schutzgebiet (5 Gemeinden)**
Planung und Schutzkonzepte (jährlich)				
Unterhaltskonzept für Gewässerunterhalt*			667.00	
Beratung der Gemeinden			1 000.00	
Vertragswesen (jährlich)				
Vertragsabschlüsse*	312.50			
Pflege und Unterhalt (jährlich)				
Entkrautung der Gewässersohle, Schnitt der Ufervegetation		0.83	450.00	
Uferstreifen-Unterhalt	5 130.00			
Besucherlenkung/ Öffentlichkeitsarbeit (jährlich)				
Infokampagne*				1 200.00
Schilder*	33.00			
Erfolgskontrolle (jährlich)				5 000.00
Summe	**5 475.50**	**0.83**	**2 117.00**	**6 200.00**
Aufwertung (einmalig)				
Aufwertungsmassnahmen SMARAGD	330.00			
Summe	**330.00**			

Tab. 2. Jährliche Kosten (in CHF) bei einer Gesamtbach- und Grabenlänge von 19 600 m. Hinzu kommen einmalige Aufwertungskosten, im Oberaargau bislang von 6 468 CHF.

Einheit	**Kosten (jährlich) in CHF**	**Summe (jährlich) in CHF**	**Kosten (einmalig) in CHF**	**Summe (einmalig) in CHF**
Uferstreifenfläche	5 475.50 (pro1 ha)	107 320.00 (pro 19,6 ha)	330.00 (pro 1 ha)	6 468.00 (pro 19,6 ha)
Bach-/Grabenlänge	0.83 (pro 1 m)	16 268.00 (pro 19600 m)		
Gemeinde	2 117.00 (pro Gemeinde)	10 585.00 (pro 5 Gemeinden)		
Gesamtes Schutzgebiet	6 200.00 (pro Schutzgebiet)	6 200.00 (pro Schutzgebiet)		
Gesamtsumme		**140 373.00**		**6 468.00**

streifenfläche, d. h. auf 330 CHF / ha hochgerechnet auf die gesamte Pufferstreifenfläche im Smaragd-Gebiet (Tab. 1). Darüber hinausgehende Aufwertungsmassnahmen erwiesen sich als unnötig oder es wurde vorgeschlagen, diese über Ersatzmassnahmen von grösseren Bauprojekten zu realisieren.

Die Gesamtkosten bei einer Bach- und Grabenlänge von 19,6 km (Fläche: 19,6 ha) sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Insgesamt ergaben sich alljährliche Kosten von rund 140 000 CHF, wovon knapp 90 000 CHF das Bundesamt für Landwirtschaft BLW über Direktzahlungen trug. Hinzu kamen einmalige Kosten von 6 468 CHF für Ansaaten.

Bevölkerungsbefragung
Die Ergebnisse der Bevölkerungsumfrage zeigten, dass signifikant mehr Personen aus dem Smaragd-Gebiet Oberaargau die Helm-Azurjungfer kannten und diese schön fanden als Personen aus der übrigen Schweiz. Während Personen aus dem Oberaargau die Aussage «Ich weiss viel über die Helm-Azurjungfer» durchschnittlich mit 3,78 bewerteten (1: ich stimme voll und ganz zu; 5: ich stimme überhaupt nicht zu), betrug der Mittelwert für die übrige Schweiz nur 4,48. «Ich finde die Helm-Azurjungfer schön,» wurde mit durchschnittlich 2,11 im Oberaargau und 2,56 in der ganzen Schweiz bewertet. Zur Aussage, dass Helm-Azurjungfern Teil der Natur sind und ein Recht haben zu existieren, gab es keinen Unterschied zwischen den beiden befragten Personengruppen. Ebenso gab es keine Differenz bei den Aussagen «Es ist für mich persönlich wichtig, dass es Helm-Azurjungfern in der Schweiz gibt.» und «Wir sollten die Lebensräume der Helm-Azurjungfer in unserer Landschaft erhalten.» Insgesamt wurde diesen Aussagen ganz klar zugestimmt, sowohl im Oberaargau als auch in der übrigen Schweiz (Mittelwerte: 1,73–2,30).

Wirkung von Schutz- und Pflegemassnahmen auf Anzahl und Grösse der Populationen
Die Bestandeserhebungen in den Jahren 2009–2012 ergaben eine positive Entwicklung der Helm-Azurjungfer-Populationen im Smaragd-Gebiet Oberaargau (Abb. 6). An den meisten der untersuchten Wiesenbäche konnten sich die Populationen halten oder leicht vergrössern. Zudem wurden seit 2009 an vier Bächen neue Populationen entdeckt. Dagegen wurden 2012 in einem sehr kleinen Vorkommen (Niderfeld) keine Helm-Azurjungfern mehr beobachtet. Beim Vergleich der konkreten Individuenzahlen wurden allerdings beträchtliche Schwankungen festgestellt. Vor allem das Trockenfallen von Gewässerabschnitten im Herbst 2009 und im Frühling 2010 hatte zu teils grossen Einbussen geführt: Im Jahr 2012 waren einzelne Bachabschnitte noch nicht wieder besiedelt.

Vernetzung der Populationen
In der Markierungsstudie konnten wir eine maximale Ausbreitungsdistanz von nur 500 m nachweisen. Die Ausbreitung fand entlang der linearen Gewässer statt und es konnte kein Austausch zwischen verschiedenen Bachsystemen beobachtet werden (Abb. 2).

Im Gegensatz dazu fanden wir genetischen Austausch auch über grosse Distanzen hinweg. Selbst bis zu 4,5 km auseinanderliegende Populationen der Helm-Azurjungfer waren genetisch nahe verwandt. In einer Clusteranalyse fanden sich nur zwei genetische Gruppen. Diese waren durch einen Hügelzug voneinander getrennt und nicht durch Fliessgewässer miteinander verbunden. Über kürzere Distanzen (0–3 km) schien sich *C. mercuriale* vor allem entlang der Fliessgewässer auszubreiten (bessere Korrelation der genetischen Verwandtschaft mit Ausbreitungspfaden entlang der Fliessgewässer als mit geradlinigen geografischen Distanzen; Abb. 4). Für grosse Distanzen schien die Helm-Azurjungfer hingegen eher geradlinig über die Landschaft zu fliegen (bessere Korrelation mit geradlinigen Distanzen als mit Distanzen entlang Fliessgewässern).

Die Korridoranalyse zeigte, dass *C. mercuriale*-Populationen, die geografisch weiter auseinanderlagen, weniger genetischen Austausch hatten als solche, die näher

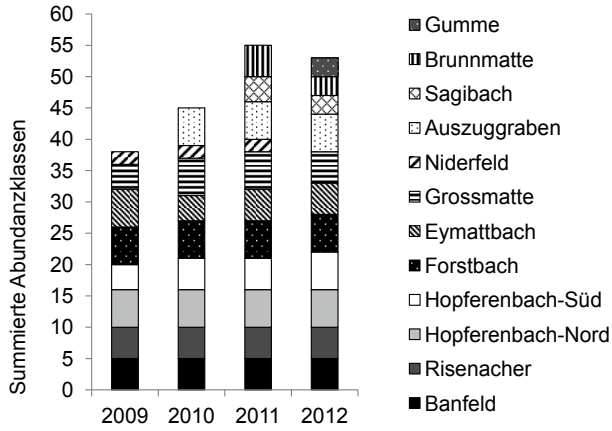

Abb. 6. Entwicklung der Helm-Azurjungfer-Populationen im Smaragd-Gebiet Oberaargau 2009–2012. Für jedes Gewässer (Banfeld, Risenacher etc.) ist die Häufigkeitsklasse der Maximalzählung pro Jahr angegeben. Die Balkenhöhe zeigt jeweils die aufsummierten Häufigkeitsklassen aller Populationen. Häufigkeitsklasse 1: Einzeltier; 2: 2–5 Tiere; 3: 6–10 Tiere; 4: 11–20 Tiere; 5: 21–50 Tiere; 6: > 50 Tiere.

beisammen waren. Ebenso wirkten grössere Höhenunterschiede und Waldflächen als Barrieren für die Ausbreitung und damit auch für den genetischen Austausch. Dieser wurde hingegen durch offenes Landwirtschaftsland nicht behindert.

DISKUSSION

Die berechneten Kosten wurden mit den Ausgaben des Smaragd-Projektes verglichen und abgeglichen. Weil davon auszugehen ist, dass die im Smaragd-Gebiet realisierten Massnahmen ein hohes Schutzniveau ermöglichen, widerspiegeln diese Kosten einen hohen Schutzgrad. Allerdings sind die Bedingungen gebietsspezifisch. Es waren vergleichsweise wenige einmalige Massnahmen für Aufwertung und Regeneration im Oberaargau nötig. Gleichwohl zeigen die hier gemachten Berechnungen auf, welche Massnahmen nötig sind, in welchem Bereich sich die Kosten bewegen und welches die grossen Kostenblöcke sind.

Die Bevölkerungsumfragen zeigten, dass die Informationen der Smaragd-Kampagne über die Einzigartigkeit und den Schutz der Helm-Azurjungfer sich positiv auf das Bewusstsein der Bevölkerung auswirken. Mehr Personen aus dem Smaragd-Gebiet als aus der übrigen Schweiz kannten diese unscheinbare Libellenart und fanden sie schön. Dass für die übrigen drei Fragen kein Unterschied zwischen den beiden Personengruppen festgestellt wurde, hängt damit zusammen, dass alle Befragten den drei Aussagen grundsätzlich zustimmten. Dies bedeutet, dass es der Schweizer Bevölkerung ein Anliegen ist, dass seltene Arten wie die Helm-Azurjungfer in der Schweiz leben können und ihre Habitate geschützt werden. Diese positive Haltung gegenüber Lebewesen in der Natur wurde bereits in einer früheren Studie beobachtet (Home et al. 2009). Damit ist auch bei künftigen Informationskampagnen klar aufzuzeigen, dass zur Erhaltung einer spezialisierten Art die Erhaltung ihres Habitats Voraussetzung ist.

Die grundsätzlich positive Entwicklung der Populationen von *C. mercuriale* im Oberaargau zeigen, dass die Pflege- und Schutzmassnahmen erfolgreich waren. Die meisten bestehenden Populationen konnten sich halten, bei einigen Populationen war

eine Zunahme zu verzeichnen oder es konnten sogar Neubesiedlungen in Distanzen bis zu 1,2 km entdeckt werden. Die Resultate zeigen auch, dass die Populationsgrössen bei der Helm-Azurjungfer von Jahr zu Jahr schwanken und dass eine bestehende Population zum Beispiel durch Trockenfallen eines Gewässers schnell verschwinden kann. Deshalb ist es wichtig, dass ein Netzwerk miteinander verbundener Populationen in einem Gebiet besteht, in dem die Wiederbesiedlung verlassener Gewässerstrecken möglich ist.

Die Resultate der Markierungsstudie zeigen, dass sich Helm-Azurjungfern häufig innerhalb eines Bachsystems ausbreiten und dabei nur Distanzen bis etwa 0,5 km zurücklegen. Im Gegensatz dazu fanden wir durch genetische Untersuchungen, mit denen seltene Ausbreitungsereignisse besser erfasst werden können als mit Markierungsversuchen, auch genetischen Austausch über grosse Distanzen hinweg. Zudem ergab sich, dass im untersuchten Gebiet nur zwei durch einen Hügelzug getrennte genetische Gruppen existierten. Dies weist darauf hin, dass alle Populationen im Studiengebiet durch seltene Ausbreitung über längere Distanzen (1,5–2 km) miteinander verbunden sind. Die oben erwähnte Besiedlung eines Gewässers in 1,2 km Distanz und die Resultate einer Markierungsstudie aus England (Rouquette & Thompson 2007) stützen diese Resultate. An einem kontinuierlichen Bachsystem in Südengland legten von 8708 markierten Helm-Azurjungfern nur gerade 1,3 % Distanzen von mehr als 0,5 km zurück. Dies zeigt, dass nur wenige Individuen sich über grosse Distanzen bewegen und dass Ausbreitungsstudien wie die hier vorliegende mit nur wenigen markierten Individuen das Ausbreitungspotenzial einer Art unterschätzen, weil seltene Ausbreitungsereignisse über grosse Distanzen meistens nicht erfasst werden. Trotzdem sind solche Ereignisse von grosser Bedeutung, da sie den genetischen Austausch und somit die Vernetzung zwischen den Populationen sichern. Zusätzlich zeigt unsere Studie, dass im Gegensatz zur Ausbreitung über kurze Distanzen die Ausbreitung über lange Distanzen nicht nur entlang von Fliessgewässern – dem Fortpflanzungshabitat von *C. mercuriale* – sondern auch über offenes Landwirtschaftsland hinweg stattfindet. Somit sind die räumlich isolierten Populationen der Helm-Azurjungfer im Smaragd-Gebiet Oberaargau genetisch nicht voneinander isoliert. Mit der Korridoranalyse konnten wir Landschaftselemente, welche Ausbreitung fördern oder behindern, identifizieren. Wie für ein fliegendes Insekt erwartet und bereits oben gezeigt, behindert offenes Landwirtschaftsland die Ausbreitung der Helm-Azurjungfer nicht. Hügelzüge und Waldflächen wirken hingegen als Barrieren. Zudem zeigt eine frühere Studie, dass Helm-Azurjungfern Gehölze, die das Fortpflanzungshabitat beschatten, meiden (Koch et al. 2009). Busch- und Baumreihen entlang linearer Gewässer können damit ebenfalls als Ausbreitungsbarrieren wirken.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Unsere Untersuchungen zeigen ein durchwegs positives Resultat für den Schutz und die Entwicklung der Helm-Azurjungfer-Populationen im Smaragd-Gebiet Oberaargau, das in einer landwirtschaftlich intensiv genutzten Landschaft liegt.

Die Untersuchung der Kosten ergab, dass der Aufwand für die Schutzmassnahmen der Helm-Azurjungfer mit den Kosten von Naturschutzmassnahmen in anderen Zusammenhängen vergleichbar ist (Ismail et al. 2009). Die Beträge wurden in engem Austausch mit Mitarbeitenden des Smaragd-Trägervereins errechnet. Ein Vergleich mit den realen Ausgaben des Smaragd-Trägervereins Oberaargau zeigt, dass in den ersten Jahren der Schutzprojekte aussergewöhnliche Kosten für die Schutzprojektträger anfallen können – z. B. wenn ein Bach das erste Mal entkrautet werden muss und Gemeinden erst durch finanzielle Anreize ihre Aufgabe des Bach- und Grabenunterhalts wahrnehmen (Hedinger 2008). Insgesamt dürften die errechneten Kosten die korrekte Grössenordnung der realen Ausgaben widerspiegeln.

Die Kampagnen und Informationsanlässe des Smaragd-Projekts sowie die investierten Geldbeträge haben offensichtlich Wirkung. Die Schutz- und Pflegemassnahmen erhalten die existierenden Populationen, vergrössern sie und ermöglichen auch Neubesiedlungen. Zusätzlich geben unsere Resultate zur Vernetzung Einblick ins Ausbreitungsverhalten der Helm-Azurjungfer und können bei der Planung von zukünftigen Schutzmassnahmen helfen. Wichtig ist dabei die Unterscheidung zwischen Ausbreitung über kleine und grosse Distanzen. Ausbreitung über kleine Distanzen findet häufig statt, hauptsächlich entlang von Fliessgewässern. Demzufolge sollten nahe gelegene, neu gestaltete Habitate, welche durch Fliessgewässer oder Gräben mit bereits existierenden Habitaten verbunden sind, innerhalb von kurzer Zeit besiedelt werden. Waldflächen oder Hügelzüge können die Ausbreitung jedoch behindern. Unsere Resultate zeigten auch, dass der genetische Austausch zwischen nahe gelegenen Populationen grösser ist als zwischen entfernten Populationen. Neue Populationen, die zwischen existierenden Populationen liegen, können somit als Trittsteine für die Ausbreitung funktionieren und die Vernetzung von Helm-Azurjungfer Beständen fördern.

Die vorgestellten Schutzmassnahmen wirken sich nicht nur auf die Helm-Azurjungfer positiv aus, sondern auch auf weitere Libellenarten. Die häufigsten Arten an den Oberaargauer Wiesenbächen und Gräben sind gemäss Hepenstrick (2008) Kleiner Blaupfeil *Orthetrum coerulescens* (Fabricius, 1798), Südlicher Blaupfeil *Orthetrum brunneum* (Fonscolombe, 1837), Zweigestreifte Quelljungfer *Cordulegaster boltonii* (Donovan, 1807), Gebänderte Prachtlibelle *Calopteryx splendens* (Harris, 1780), Blauflügel-Prachtlibelle *Calopteryx virgo* Linnaeus, 1758, Frühe Adonislibelle *Pyrrhosoma nymphula* (Sulzer, 1776), Hufeisen-Azurjungfer *Coenagrion puella* (Linnaeus, 1758) und Grosse Pechlibelle *Ischnura elegans* (Vander Linden, 1820). Nebst diesen Libellenarten können aber auch andere Wasserinsekten (z. B. Eintagsfliegen, Köcherfliegen, Steinfliegen, Zweiflügler, Wanzen) von den Schutzmassnahmen für die Helm-Azurjungfer profitieren (Wildermuth & Küry 2009, Lubini 2011).

Danksagung
Wir möchten uns bei allen beteiligten Personen für die gute Zusammenarbeit herzlich bedanken. Daniel Hepenstrick führte eine vorgängige Studie durch und half beim Planen der Vernetzungsstudie. Christian Hedinger stellte Informationen zum Smaragd-Projekt zur Verfügung, Alex Müller half bei der Feldarbeit, Ernst Grütter gab wichtige Informationen zu Libellen in der Region Oberaargau und Maarten van Strien half bei den statistischen Auswertungen. Rainer Neumeyer und Hansruedi Wildermuth gaben hilfreiche Kommentare zum Manuskript. Den CCES-Projekten ENHANCE und GENEREACH des ETH-Bereichs danken wir für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

BAFU 2001. Verordnung vom 4. April 2001 über die regionale Förderung der Qualität und der Vernetzung von ökologischen Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft (Öko-Qualitätsverordnung, ÖQV). Bundesamt für Umwelt, Bern, Schweiz, 11 pp.

Buchwald R., Höppner B. & Röske W. 1989. Gefährdung und Schutzmöglichkeiten grundwasserbeeinflusster Wiesenbäche und -gräben in der Oberrheinebene. Natur und Landschaft 64: 398–403.

Carron G. 2009. *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840) et *Leucorrhinia albifrons* (Burmeister, 1839) (Odonata) dans la région genevoise. Entomo Helvetica 2: 71–81.

Fartmann T., Gunnemann H., Salm P. & Schröder E. 2001. Berichtpflichten in Natura 2000 Gebieten. Angewandte Landschaftsökologie 42: 1–725.

Gonseth Y. & Monnerat C. 2002. Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Libellen. BAFU/CSCF, Bern/Neuchâtel, Schweiz, 46 pp.

Grütter-Schneider E. 2008. Libellen im Oberaargau. Ein Beitrag zur Kenntnis der regionalen Fauna. Jahrbuch des Oberaargaus 51: 109–148.

Hedinger C. 2008. Das Smaragdgebiet Oberaargau im Überblick. Massnahmen für die Arten im Detail. http://cms.webofsections.ch/fileadmin/data/wwf_be/Artenvielfalt/Massnahmedetails.pdf (18.12.2012)

Hedinger C. 2009. SMARAGD-Gebiet Oberaargau. UNA, Bern, Schweiz, 15 pp. http://cms.webofsections.ch/fileadmin/data/wwf_be/Artenvielfalt/Smaragd_uebersicht.pdf

Hepenstrick D., Holderegger R. & Keller D. 2012. Monitoring von Populationen der Helm-Azurjungfer *Coenagrion mercuriale* (Odonata: Coenagrionidae): Was taugen zwei Begehungen pro Saison? Entomo Helvetica 5: 139–145.

Hepenstrick D. 2008. Die Helm-Azurjungfer *Coenagrion mercuriale* im Smaragdgebiet Oberaargau: Verbreitung, Habitatpräferenzen und Förderung einer bedrohten Libellenart. Projektarbeit, ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 24 pp.

Hepenstrick D., Koch B. & Monnerat C. Im Druck. Merkblätter Artenschutz – *Coenagrion mercuriale* (Charpentier 1840). CSCF, Neuchâtel.

Home R., Keller C., Nagel P., Bauer N. & Hunziker M. 2009. Selection criteria for flagship species by conservation organizations. Environmental Conservation 26: 139–148.

Ismail S., Schwab F., Tester U., Kienast F., Martinoli D. & Seidl I. 2009. Kosten eines gesetzeskonformen Schutzes der Biotope von nationaler Bedeutung. WSL/Forum Biodiversität Schweiz/pro natura, Birmensdorf/Bern/Basel, Schweiz, 122 pp.

Keller D., van Strien M. J. & Holderegger R. 2012. Do landscape barriers affect functional connectivity of populations of an endangered damselfly? Freshwater Biology 57: 1373–1384.

Keller D. & Holderegger R. Im Druck. Damselflies use different movement-strategies for short- and long-distance dispersal. Insect Conservation and Diversity.

Koch B., Wildermuth H. & Walter T. 2009. Einfluss der Habitateigenschaften auf das Verbreitungsmuster von *Coenagrion mercuriale* an einem renaturierten Fliessgewässer im Schweizer Mittelland (Odonata: Coenagrionidae). Libellula 28: 139–158.

Lubini V. 2011. Wasserinsekten – Leben in zwei Welten. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen 63: 1–73.

Monnerat C. 2005. *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840). In: Wildermuth H., Gonseth Y. & Maibach A. (Eds.) Odonata – Libellen der Schweiz. CSCF/SEG, Neuchâtel, Schweiz: 124–127.

Rouquette J. R. & Thompson D. J. 2005. Habitat associations of the endangered damselfly, *Coenagrion mercuriale*, in a water meadow ditch system in southern England. Biological Conservation 123: 225–235.

Rouquette J. R. & Thompson D. J. 2007. Patterns of movement and dispersal in an endangered damselfly and the consequences for its management. Journal of Applied Ecology 44: 692–701.

Seidl I. 2012. Management-intervention costs for damselfly *Coenagrion mercuriale* in the Oberaargau. In: WSL (ed). ENHANCE. Enhancing ecosystem connectivity through intervention - benefits for nature and society? WSL, Birmensdorf, Schweiz: 79–81.

WSL 2012. ENHANCE. Enhancing ecosystem connectivity through intervention – benefits for nature and society? WSL, Birmensdorf, Schweiz, 81 pp.

Watts P. C., Wu J. H., Westgarth C., Thompson D. J. & Kemp S. J. 2004. A panel of microsatellite loci for the Southern Damselfly, *Coenagrion mercuriale* (Odonata: Coenagrionidae). Conservation Genetics 5: 117–119.

Wildermuth H. & Küry D. 2009. Libellen schützen, Libellen fördern. Leitfaden für die Naturschutzpraxis. Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz 31: 1–88.