

Schlüpfperiode, Schlüpfhabitat und Geschlechterverhältnis der Gemeinen Keiljungfer (*Gomphus vulgatissimus*) am südlichen Oberrhein

Karl und Sebastian Westermann, Adolf und Stefan Heitz

Summary:

WESTERMANN, K., S. WESTERMANN, A. HEITZ & S. HEITZ (1995): Emergence period, emergence habitat and sex ratio of the Club-tailed Dragonfly (*Gomphus vulgatissimus*, Odonata) at the southern Upper Rhine. - Naturschutz südl. Oberrhein 1: 41-54.

The emergence period of *Gomphus vulgatissimus* at the southern Upper Rhine lasts from late April until early June. At 9 water bodies studied the first Quartil was between 4 and 10 May, the Median was between 6 and 12 May, and the third Quartil was between 7 and 14 May. The interval between the first and third Quartil, when 50% of the population emerged, varied between one and four days, which means that the period of maximal emergence can be extremely short. Males emerge significantly earlier than females, leading to different sex ratios of the exuviae in the course of the emergence period. The overall sex ratio of 3 populations studied was 50 males : 50 females. The dragonflies emerge in an average distance of 15 cm to 90 cm (0 cm - 460 cm) away from open water. In shallow water at the water's edge, exuviae can regularly be found on single blades or in bunches of vegetation above open or halfopen water. They reach an average height of 25 cm to 70 cm (4 cm - 210 cm) above the water surface. Values are distributed in various ways depending on the structures at different waters, sex specific differences do not exist.

Keywords : *Gomphus vulgatissimus*, Odonata, emergence period, emergence habitat, sex ratio, southwest Germany.

1. Einleitung

Die systematische Aufsammlung der Exuvien, d.h. der letzten Larvenhäute der geschlüpften Libellen, ist die beste und schonendste Methode zur quantitativen Beschreibung und Analyse populationsbiologischer und ökologischer Fragen (z.B. PETERS 1979, GERKEN 1984, BEUTLER 1986, WILDERMUTH 1994). Eine genaue Kenntnis des Schlüpfhabitats und des Schlüpfzeitpunkts ist eine notwendige Voraussetzung für quantitative und halbquantitative Untersuchungen. Die Gemeine Keiljungfer eignet sich für derartige Untersuchungen besonders gut, weil sie eine kurze Schlüpfperiode hat und die Larven hohe Abundanzen erreichen können. Sie ist deshalb in der jüngsten Vergangenheit mehrfach entsprechend untersucht worden (z.B. AVERILL 1989, KERN 1992, FOIDL et al. 1993, MÜLLER 1993).

Eine quantitative, standardisierte Beschreibung der Schlüpfperiode und des Schlüpfhabitats fehlt aber noch weitgehend. Erst sie würde es gestatten, Unterschiede zwischen verschiedenen Gewässern, zwischen verschiedenen Stellen eines Gewässers, zwischen verschiedenen Jahren oder zwischen den Geschlechtern zu beschreiben und damit die Voraussetzungen für die Analyse steuernder Faktoren zu schaffen. In dieser Arbeit werden dazu erste Ansätze überprüft und zur weiteren Anwendung vorge schlagen.

Das Geschlechterverhältnis der schlüpfenden Larven einer Population kann nur zuverlässig bestimmt werden, wenn die Exuvien vom Beginn bis zum Ende der Schlüpfperiode möglichst vollständig abgesammelt werden, weil sich das Geschlechterverhältnis im Laufe der Schlüpfperiode ändern kann (BEUTLER 1986). In dieser Arbeit werden für die Gemeine Keiljungfer die Änderung des Geschlechterverhältnisses im Laufe der Schlüpfperiode untersucht und das Geschlechterverhältnis von drei Populationen bestimmt.

2. Material und Methode

Die Verbreitung und die Abundanzen der Gemeinen Keiljungfer am südlichen Oberrhein wurden seit 1987 mit Hilfe von umfangreichen Exuvienaufsammlungen an einer großen Zahl von Gewässern untersucht (HEITZ et al. in Vorb.). Dabei erhoben A. & S.HEITZ bzw. K., S. & E.WESTERMANN unabhängig voneinander in den Jahren 1991, 1994 und 1995 auch die hier verwendeten Daten zum Schlüpfzeitpunkt und -habitat.

Der Schlüpfzeitpunkt kann sich von Gewässer zu Gewässer und eventuell von Jahr zu Jahr leicht verschieben. Für einen Vergleich sind bei den geringen Unterschieden und der breiten zeitlichen Überlappung statistische Werte notwendig. Wir wählen hier

zunächst den Median und die Quartile, also die Zeitpunkte, zu denen 50% bzw. 25 und 75% aller Larven geschlüpft sind; sie werden von extremen „Vorläufern“ und „Nachzüglern“ nur wenig beeinflusst. Da im Extremfall an einem Tag 50% der Larven einer Population schlüpfen können, reicht es für differenzierte Vergleiche nicht aus, solche Daten auf einen Tag genau zu bestimmen. Wir geben zusätzlich - auf 10% genau - Prozentsätze der Schlüpftrate des jeweiligen Tages an; beispielsweise unterscheiden sich die Angaben „4.5./10%“ und „4.5./90%“ um fast einen Tag, 10% sind i.a. in den Morgenstunden und 90% erst in den späten Nachmittagstunden des 4. Mai erreicht; eine genaue Zuordnung dieser Prozentsätze zu Tageszeiten ist nicht bekannt und würde auch je nach den Witterungsbedingungen variieren, in der zweiten Tageshälfte schlüpfen aber immer deutlich weniger als die Hälfte der Larven eines Tages. Das Intervall zwischen dem 1. und dem 3. Quartil, in dem 50% aller Larven schlüpfen und die Schlüpfhäufigkeit maximal ist, definieren wir als „**Schlüpfhöhepunkt**“. Die Dauer der gesamten Schlüpfperiode kann wiederum von extremen Daten sehr stark beeinflusst werden; ein günstigeres Maß sind die Daten, zu denen 10% bzw. 90% aller Larven geschlüpft sind; wir definieren das Intervall zwischen diesen Daten als „**Hauptschlüpfperiode**“, in der also 80% aller Larven schlüpfen.

Für eine genaue Ermittlung dieser Kenngrößen wäre eine tägliche Aufsammlung von Exuvien in den späten Nachmittags- und den Abendstunden besonders vorteilhaft, weil fast den ganzen Tag über bis in die frühen Abendstunden mit allmählich nachlassender Häufigkeit Larven schlüpfen. Auf Probestrecken mit großen Abundanzen kann eine Aufsammlung allerdings einige Stunden dauern, so daß Kompromisse gefunden werden mußten. Auf den am besten erfaßten Probestrecken kontrollierten wir während der Hauptschlüpfzeit im Abstand von zwei (drei) Tagen und davor oder danach regelmäßig in noch größeren Intervallen. Als Tageszeit wählten wir in der Regel den Nachmittag und Abend.

Auf allen Probestrecken, auf denen der Schlüpfzeitpunkt genauer beschrieben werden sollte, wurden die Exuvien bei jeder Kontrolle abgesammelt; zusätzlich wurden auf insgesamt 6 Probestrecken mit Hilfe eines Binokulars die Geschlechter bestimmt.

Aus der Zahl der jeweils erfaßten Exuvien zeichneten wir eine möglichst gut angepaßte „Summenkurve“, in der dargestellt wurde, wieviel Prozent aller auf einer Probestrecke in einer Schlüpfperiode geschlüpften Larven bis zu dem jeweiligen Kontrolltermin schon geschlüpft waren. Aus dieser ließ sich dann durch Interpolation die **idealisierte**

Verteilung der Zahl der täglich geschlüpften Larven prozentual und absolut gewinnen. Sie dürfte nur in Schlechtwetterphasen stärker von der tatsächlichen Verteilung abweichen. Vgl. Abb. 1 bis 5.

Die Exuviensuche „zu Fuß“ bringt nur bei einer schütterten Ufervegetation oder niedrigen Wasserständen verlässliche Ergebnisse und kann darüber hinaus zu beträchtlichen Trittschäden führen. Genauere Ergebnisse ließen sich an etlichen Gewässern von Kajaks aus erzielen. Allerdings konnten dabei weit vom Wasserrand befindliche Exuvien gelegentlich nicht entdeckt oder nur mit einiger Mühe eingesammelt werden; dies wirkte sich regelmäßig an kaum bewachsenen, steilen Ufern negativ aus, bei denen nicht alle Flächen hinter der Uferkante vom Kajak aus einsehbar waren. Gelegentlich wurden die beiden Methoden - mit bestem Erfolg - kombiniert (vgl. z.B. „Setzlig 1994“ unten). Bei der Suche vom Kajak aus blieben die Schäden minimal, in wenigen Fällen fiel eine frisch geschlüpfte, hart am Wasserrand sitzende Libelle ins Wasser und mußte vorsichtig wieder zurückgesetzt werden.

Wenn während der Schlüpfperiode Schlechtwetterphasen auftraten, schlüpfen weiterhin viele Tiere, eventuell weil sich die Wassertemperaturen nur langsam änderten; dabei mußte allerdings ungeklärt bleiben, ob dadurch der Schlüpfvorgang statistisch wesentlich verzerrt wurde. Zweifellos fallen aber Exuvien „in Anzahl“ bei Regengüssen und Wind auf den Boden und bleiben dann oft unauffindbar; schon nach einem einzigen, mäßigen Gewitterregen am 08.05.1995 waren bei einer Kontrolle am nächsten Tage auffällig viele Exuvien nur noch schwach verankert (K., S. & E. WESTERMANN). Deshalb kann der Schlüpfvorgang in Schlechtwetterphasen nur noch ungenau dokumentiert werden.

Hochwässer, die während der Schlüpfzeit an Altrheinen ziemlich regelmäßig auftreten, wirken sich mit Sicherheit viel stärker als schlechtes Wetter auf den Schlüpfvorgang und auf die Genauigkeit der Dokumentation aus (vgl. „Zollgrundkehle“ und „Bottenrhein“ unten). Die Larven schlüpfen relativ zur ursprünglichen Wasserlinie weiter entfernt (1991 bei Wyhl am nicht genauer untersuchten „Grienwasser“ je nach Uferböschung 1 bis 10 m weiter, K., S. & E. WESTERMANN) und höher, ihre Exuvien können bei zurückgehenden Wasserständen dann wesentlich schlechter entdeckt werden. Wegen der größeren Strömungsgeschwindigkeiten werden Larven vermutlich auch verdriftet, oder sie können vorübergehend nicht mehr zum Ufer wandern. In jedem Falle kann ein Großteil der Exuvien aus den Vortagen bei den üblicherweise rasch steigenden Wasserständen verloren gehen (vgl. „Bottenrhein“ unten).

3. Die Untersuchungsgebiete

1. Mühlbach bei Altenheim OG, 1991 : etwa 100 m lange, 8 bis 10 m breite Probestrecke entlang des „Unteren Waldes“ mit homogener, mäßiger Strömung und gleichmäßig geneigten, relativ schütter bewachsenen Ufern (A. & S.HEITZ). Der Mai 1991, in dem verschiedene Populationen untersucht worden sind, war um etwa 2°C zu kühl.
2. Holländerrhein bei Altenheim OG, 1991 : etwa 100 m lange, etwa 20 m breite Probestrecke an einem Altrhein mit ziemlich gleichmäßiger, aber oft rasch wechselnder Strömung und stark wechselnden Uferstrukturen (A. & S.HEITZ).
3. Baggersee im „Kuhgrien“ bei Goldscheuer OG, 1991 : etwa 100 m lange Probestrecke mit unregelmäßigen, meistens sehr flachen, spärlich bewachsenen Ufern (A. & S.HEITZ).
4. Rheinvorfluter bei Ottenheim OG, 1991 : etwa 100 m lange, etwa 6 m breite, kanalartige Probestrecke mit unregelmäßigen Uferstrukturen und mäßiger bis starker Strömung (A. & S.HEITZ).
5. Mühlbach südlich Rheinstraße Wyhl EM, 1991 : etwa 1 km lange, etwa 6 bis 10 m breite Probestrecke mit dichtem Uferbewuchs und ziemlich homogener, mäßiger, an einzelnen Stellen durch Aufweitungen aber reduzierter Strömung (K., S. & E.WESTERMANN).
6. Mühlbach „Setzlig“ Wyhl EM, 1991, 1994 : etwa 100 m lange, 5 bis 7 m breite Probestrecke mit homogener, mittlerer Strömung bis 0,5 m/s und ziemlich homogenen, sehr dichten Uferstrukturen (1991 nur vom Ufer aus, 1994 vom Wasser und vom Ufer aus kontrolliert, 1991 37 Exuvien Westufer, 1994 154 Exuvien, davon höchstens 10% am Ostufer, K., S. & E.WESTERMANN).
7. Elz westlich Kenzingen EM, 1994 : etwa 100 m lange, etwa 10 m breite Probestrecke mit gleichmäßiger, geringer bis mäßiger Strömung und wechselnden Uferstrukturen (K. & S. WESTERMANN).
8. Stückerkehle bei Oberhausen EM, Probestrecke 1, 1995 : etwa 150 m lange Probestrecke an einem etwa 50 m breiten Altrhein mit überwiegend sehr geringer oder fehlender Strömung und starker Besonnung, Schlamm- und Faulschlammböden, überwiegend flachen oder sehr flachen Ufern mit lückigem Schilf, Sumpfschilf u.a. (K., S. & E. WESTERMANN). Das Wetter war 1995 (Probestrecken 8 bis 11) Ende April noch recht kühl; vom 1.Mai an trat eine rasche, starke Erwärmung ein, die bis zum 8. Mai anhielt; bis zum 12. erreichten die Temperaturen noch 17 bis 20°C, dann setzte kühles, sehr regnerisches Wetter ein, das zu einem Hochwasser ab dem 16./17. führte. Zu diesem Zeitpunkt war die Schlüpfperiode an der Stückerkehle praktisch beendet. Wassertemperatur am 01.05. 13,6° bis 14,2°C (Buchten).
9. Stückerkehle bei Oberhausen EM, Probestrecke 2, direkte Fortsetzung der Probestrecke 1 flußaufwärts, 1995 : etwa 100 m lange Probestrecke an einem etwa 50 m breiten Altrhein mit geringer Strömung und starker Besonnung, ganz überwiegend Schlammböden, flachen oder sehr flachen Ufern mit lückigem Schilf, Sumpfschilf, Brennesseln u.a., Wassertemperatur am 01.05. (Beginn der Schlüpfperiode) 13,6°C, die während der folgenden Schönwetterperiode rasch bis auf etwa 16° anstieg und ab dem 12.05. wieder um bis zu 1,5° geringer war (K., S. & E. WESTERMANN).
10. Zollgrundkehle bei Weisweil EM, 1995: etwa 500 m lange Probestrecke an einem 10 bis 20 m breiten Altrhein mit wechselnder, geringer bis sehr starker Strömung (> 1 m/s), sehr flachen bis sehr steilen, schütter bis sehr dicht bewachsenen Ufern, überwiegend Kiesböden mit regelmäßig eingestreuten Schlammflächen, die in kleinen Buchten und direkt am Ufer selbst auf Schnellstrecken nicht fehlen, zu mehr als der Hälfte vom Bottenrhein (nächste Probestrecke) und damit durch Rheinwasser gespeist, einer der beiden Oberläufe der Stückerkehle. Mittleres Hochwasser zum Ende der Schlüpfperiode, das die Ergebnisse leicht verfälscht haben dürfte. Wassertemperatur am 01.05. (direkt vor dem Beginn der Schlüpfperiode) 13,0°C, am 05.05. schon 16° (K., S. & E. WESTERMANN).
11. Bottenrhein bei Weisweil EM, 1995 : etwa 700 m langer, etwa 10 m breiter Rheinvorfluter mit Kies- und Schlammböden, mittleren bis sehr starken Strömungen und stark wechselnden Wasserständen. Zwei bis zu 5 m breite und mehr als 10 kleine und sehr kleine Buchten, in denen die Larven bevorzugt schlüpfen. Ganz überwiegend steile, überwiegend dicht bewachsene Ufer. Starkes Hochwasser (0,8 bis 1,0 m über Normal) gegen Ende der Schlüpfperiode, das die Ergebnisse deutlich verfälscht hat. Wassertemperatur am 01.05. (direkt vor Beginn der Schlüpfperiode) 12,8°C, am 05.05. schon 15,5°; wegen der viel stärkeren Beschattung und dem Zufluß vom Rhein zumindest im Frühjahr merklich geringere Wassertemperaturen als auf den Probestrecken der Stückerkehle und wahrscheinlich leicht geringere als auf der Probestrecke der Zollgrundkehle, die auch relativ warmes Wasser aus ihrem Oberlauf und einem weiteren Zulauf erhält (K., S. & E. WESTERMANN).

4. Ergebnisse

4.1 Schlupfzeitpunkt

Zumindest in manchen Jahren schlüpfen die ersten Tiere schon Ende April (A. & S. HEITZ, bisher nur wenige Kontrollen im April) :

- 29.04.1989 Holländerrhein/ Altenheim OG 5 Exuvien,
- 01.05.1989 Mühlbach beim Unteren Wald/ Altenheim OG 14 Exuvien,
- 01.05.1990 ebenda 23 Exuvien,
- 01.05.1990 Mühlbach/ Goldscheuer OG 32 Exuvien,
- 01.05.1990 Unterlauf der Schutter/ Eckartsweier OG 30 Exuvien.

Der zeitliche Ablauf wird in den Abb. 1 bis 5 und in der Tabelle 1 für verschiedene Gewässer dargestellt.

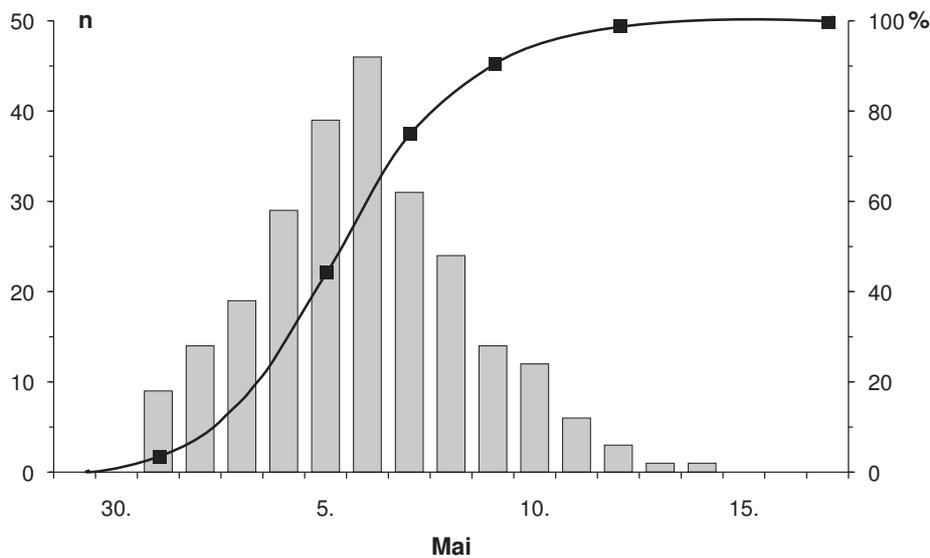


Abb. 1: Probestrecke „Stückerkehle 1“ : „Summenkurve“ (in Prozent, ausgezogene Linie; Quadrate : Summe der bis zum Abend des jeweiligen Beobachtungstages geschlüpften Larven). Idealisierte tägliche Schlüpfzahlen, die mit den Beobachtungswerten und der Summenkurve genau übereinstimmen (Zahl n der täglich geschlüpften Larven, graue Säulen).

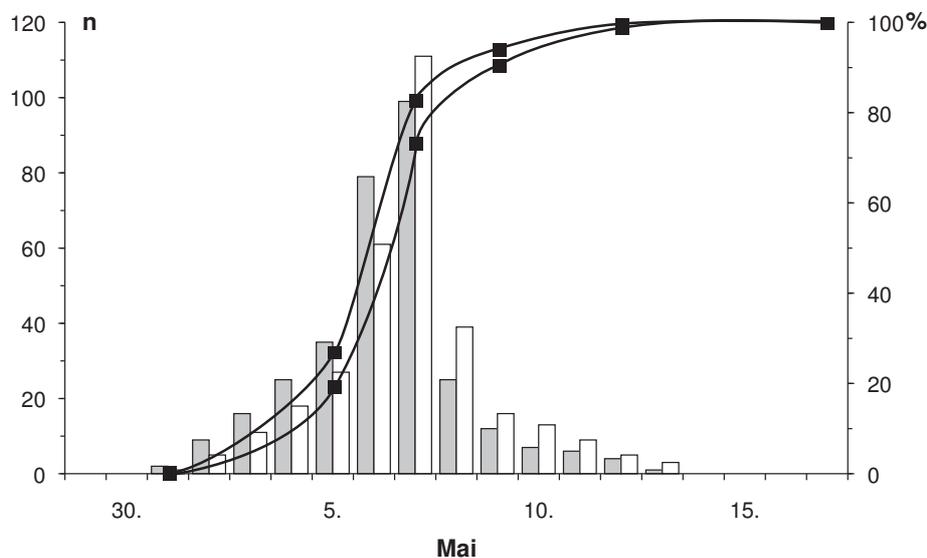


Abb. 2 : Probestrecke „Stückerkehle 2“: „Summenkurve“ (links Männchen, rechts Weibchen; vgl. Legende zu Abb. 1). Idealisierte tägliche Schlüpfzahlen, die mit den Beobachtungsdaten und der Summenkurve genau übereinstimmen (Säulen; Zahl n der täglich geschlüpften Männchen (grau) und Weibchen (weiß)).

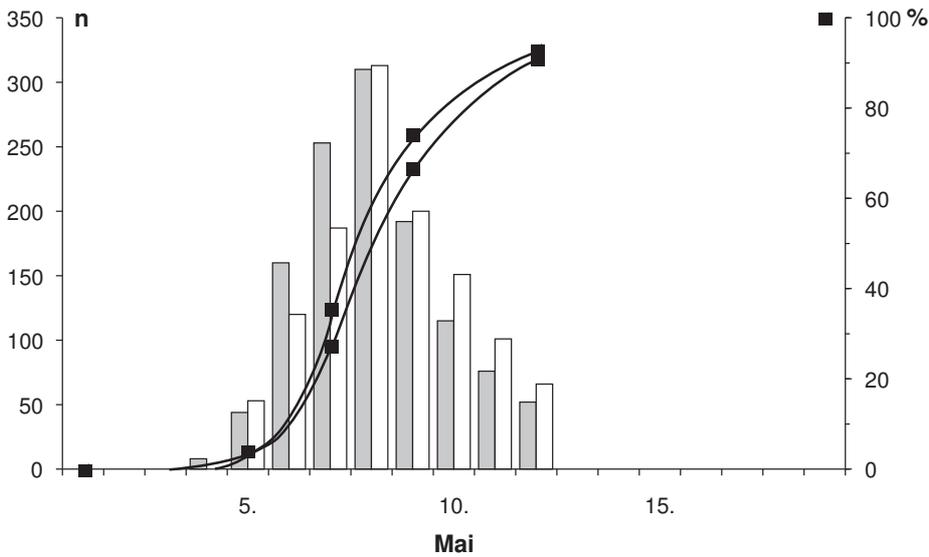


Abb. 3: Probestrecke „Zollgrundkehle“: „Summenkurve“ und tägliche Schlüpfraten (vgl. Legenden zu den Abbildungen 1 und 2). Wegen eines Hochwassers waren die Daten nach dem 12.05. nicht verwertbar; der 100%-Wert wurde aus der Summenkurve deshalb extrapoliert; maximal 7% der Männchen und 9% der Weibchen wurden nicht erfasst.

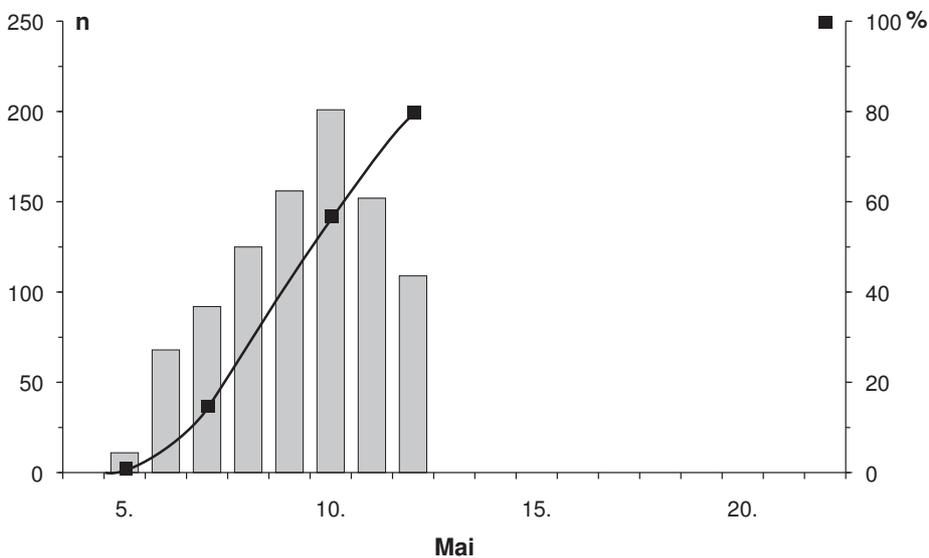


Abb. 4 : Probestrecke „Bottenrhein“: „Summenkurve“ und tägliche Schlüpfraten (vgl. Legenden zu den Abbildungen 1 und 2). Wegen eines Hochwassers wurden etwa 20% der Exuvien nach dem 12.05. nicht mehr erfasst (Abschätzung durch Extrapolation der Summenkurve, vgl. Legende zur Abbildung 3).

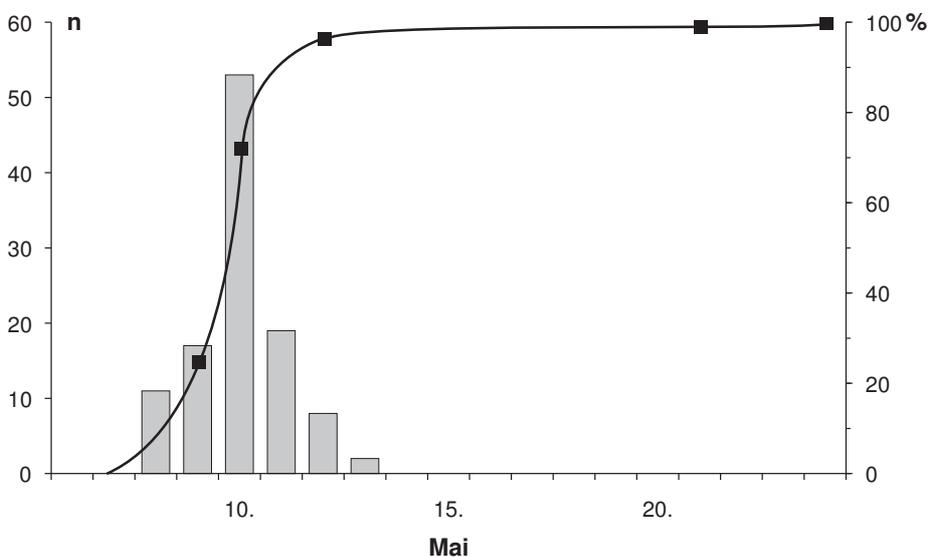


Abb. 5 : Probestrecke „Baggersee Kuhgrien“: „Summenkurve“ und tägliche Schlüpfraten (vgl. Legenden zu den Abbildungen 1 und 2)

Tab. 1: Statistische Daten zur Schlüpfperiode der Gemeinen Keiljungfer am südlichen Oberrhein (n : Zahl der berücksichtigten Exuvien; Zeitpunkte, zu denen 10%, 25%, 50%, 75% und 90% aller Larven geschlüpft sind; Schlüpfhöhepunkt ΔT_1 , Hauptschlüpfperiode ΔT_2 in Tagen; M : Männchen, W : Weibchen; vgl. Text; unsichere Angaben in Klammern).

Probestrecke	n	10%	25%	50%	75%	90%	ΔT_1	ΔT_2
Stückerkehle 1	248	3.5./10%	4.5./70%	6.5./20%	7.5./90%	9.5./80%	3(-4)	6-7
Stückerkehle 2 - M	320	4.5./20%	5.5./80%	6.5./90%	7.5./50%	8.5./90%	1-2	4-5
Stückerkehle 2 - W	319	4.5./90%	6.5./40%	7.5./30%	8.5./10%	9.5./80%	1-2	5
Zollgrundkehle - M	1210	6.5./60%	7.5./50%	8.5./50%	10.5./10%	12.5./20%	2-3	5-6
Zollgrundkehle - W	1191	6.5./60%	7.5./80%	8.5./90%	10.5./70%	12.5./80%	3	6(-7)
Bottenrhein	913	7.5./40%	8.5./90%	10.5./60%	12.5.	(14.5.)	3-4	7-8
Kuhgrien	112	(8.5.)	9.5./100%	10.5./70%	11.5./10%	12.5./10%	1	(4-5)
Holländerrhein	90	(4.5.)	6.5./70%	8.5./90%	10.5./60%	(12.5.)	4	(7-9)
Mühlbach Altenheim	27	(4.5.)	6.5./50%	8.5./80%	10.5./50%	(13.5.)	4	(8-10)
Setzlig 1991	37	(9.5.)	10.5./60%	12.5./20%	14.5./50%	20.5.	4	(10-12)
Setzlig 1994	154	(8.5.)	10.5./30%	12.5./30%	13.5./90%	15.5.	3-4	(6-8)
Mühlbach S Wyhl	108	(8.5.)	10.5./50%	12.5./80%	14.5./80%	(16.5.)	4(-5)	(7-9)

Aus den Daten ergibt sich zunächst eine geringe zeitliche Streuung zwischen den verschiedenen Gewässern und verschiedenen Jahren, alle 5 Kenngrößen unterscheiden sich maximal um 6 bis 7 (8) Tage. Fast die ganze Population eines Gewässers schlüpft in kurzer Zeit, der Schlüpfhöhepunkt ist auf einen bis maximal 4 Tage, die Hauptschlüpfperiode auf 4 bis 8 (12) Tage zusammengedrängt. Ein extremes Beispiel ist dabei der Baggersee „Kuhgrien“ (Tab. 1, Abb. 5). Aufschlußreich sind Vergleiche zwischen verschiedenen Gewässern oder Jahren :

- Im Gewässersystem Stückerkehle/ Zollgrundkehle/ Bottenrhein schlüpften die Larven 1995 vom Unterlauf zum Oberlauf immer später; schon die Unterschiede zwischen den Medianen benachbarter Probestrecken sind hoch signifikant (Median-Test, $p < 0,001$). Hier nahmen gleichzeitig die Wassertemperaturen vom Unterlauf zum Oberlauf und die Besonnung ab und der Anteil des Rheinwassers zu.
- Auf der Probestrecke „Setzlig“ unterschieden sich die Daten in zwei verschiedenen Jahren nur wenig.
- An zwei verschiedenen Gewässern bei Altenheim OG (Holländerrhein und Mühlbach) und auf zwei, mindestens einen Kilometer voneinander entfernten Abschnitten des Wyhler Mühlbachs (Setzlig und „S Wyhl“) unterschieden sich die Daten im gleichen Jahr jeweils nur wenig.

Nach dem 20.05. schlüpfen noch vereinzelte „Nachzügler“, die letzten bisher von uns nachgewiesenen in der ersten Junipentade. Die letzten Exuvien, die an geschützten Stellen wochenlang erhalten bleiben, wurden regelmäßig bis Mitte Juli gefunden. Zu

diesem Zeitpunkt wurden auch die letzten Imagines beobachtet (16.07.1991 Elz südlich Rust bis zu 5 abgeflogene Imagines, K.WESTERMANN; Imagines schon in der letzten Junidekade spärlich, in der ersten Julidekade nur vereinzelte, abgeflogene Tiere).

4.2 Geschlechtsspezifische Unterschiede des Schlüpfzeitpunktes

An 5 von 6 untersuchten Probestrecken konnten Unterschiede nachgewiesen werden. Am Anfang der Schlüpfperiode ist das Geschlechterverhältnis der frisch geschlüpften Larven weitgehend ausgeglichen (Tab. 3, 5, 6), dann überwiegen die Männchen (Abb. 2 und 3, Tab. 2, 4, 5, 6), gegen Ende der Schlüpfperiode die Weibchen (Tab. 2, 4 bis 7) :

Tab. 2 : Geschlechterverhältnis 1994 der geschlüpften Larven auf den Probestrecken **Elz/ Kenzingen** und Mühlbach **Setzlig**, wo die Schlüpfzeitpunkte weitgehend übereinstimmten. Faßt man die Daten vom 10./11.05. und vom 14.-21.05. in zwei Klassen zusammen, so ist der Unterschied statistisch signifikant ($\chi^2 = 9,90$, $p < 0,01$). Für die einzelnen Gewässer waren die Zahlen für eine statistische Sicherung noch zu gering.

	Männchen	Weibchen	Summe
10./11.05.	50	31	81
14.-21.05.	50	77	127
Summe	100	108	208

Tab. 3 : Geschlechterverhältnis der geschlüpften Larven auf der Probestrecke „**Stückerkehle 1**“. Die geringen Unterschiede waren nicht zu sichern.

	Männchen	Weibchen	Summe
05.05.	52	50	102
07.05.	41	35	76
09./12.05.	26	33	59
Summe	119	118	237

Tab. 4 : Geschlechterverhältnis der geschlüpften Larven auf der Probestrecke „**Stückerkehle 2**“. Die Unterschiede des Schlupfzeitpunktes sind sinifikant ($\chi^2 = 10,48$, $p < 0,01$). Vgl. auch Abb. 2.

	Männchen	Weibchen	Summe
05.05.	85	61	146
07.05.	178	172	350
09.-17.05.	55	85	140
Summe	318	318	636

Tab. 5: Geschlechterverhältnis der geschlüpften Larven auf der Probestrecke „**Zollgrundkehle**“. Die Unterschiede des Schlupfzeitpunktes sind für die drei Daten vom 7. bis zum 12.05. signifikant ($\chi^2 = 25,6$, $p < 0,001$, $n = 2$). Für den Beginn der Schlupfperiode am 5.5. ergaben sich keine Unterschiede; die Daten vom 17.05. waren durch ein Hochwasser verfälscht und nicht verwertbar. Vgl. Abb. 3 und Tabelle 7.

	Männchen	Weibchen	Summe
05.05.	52	53	105
07.05.	413	307	720
09.05.	502	513	1015
12.05.	243	318	561
Summe	1210	1191	2401

Unterschiede konnten auch zwischen eng benachbarten Abschnitten der Zollgrundkehle gefunden werden. Am 12.05. wurden am Westufer 173 M und 192 W (Verhältnis 0,90), dagegen am Ostufer nur 70 M bei 126 W (Verhältnis 0,56) gefunden; der Unterschied ist signifikant ($\chi^2 = 7,09$, $p < 0,01$). Umgekehrt überwogen vorher am 7.05. am Ostufer (170 M, 115 W, Verhältnis 1,48) die Männchen stärker als am Westufer (243 M, 192 W, Verhältnis 1,27), der Unterschied war statistisch allerdings nicht zu sichern. Unterschiede konnten auch am 9.5. am

Westufer zwischen den Abschnitten mit starker Strömung (181 M, 156 W, Verhältnis 1,16) und jenen mit mäßiger/ geringer Strömung (141 M, 164 W, Verhältnis 0,86) vermutet werden, waren allerdings nicht zu sichern ($0,05 < p < 0,1$).

Tab. 6: Geschlechterverhältnis der geschlüpften Larven auf der Probestrecke „**Bottenrhein**“. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist nur für den 9.05. signifikant ($\chi^2 = 10,8$, $p = 0,001$). Die zu erwartende Verschiebung des Geschlechterverhältnisses nach dem 12.05. zugunsten der Weibchen konnte wegen eines Hochwassers nicht überprüft werden. Vgl. auch Tabelle 7.

	Männchen	Weibchen	Summe
05./07.05.	88	83	171
09.05.	277	205	482
12.05	132	128	260
Summe	497	416	913

Tab. 7: Geschlechterverhältnis der geschlüpften Larven auf den Probestrecken "**Zollgrundkehle**", "**Bottenrhein**" und dem angrenzenden "**Restrhein**" zum Ende der Schlupfperiode (Kontrolle am 25.05., alle Larven nach dem 17.05. nach Ablauf eines Hochwassers geschlüpft). Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist für die Summen signifikant ($\chi^2 = 10,4$, $p < 0,01$). Vgl. auch Tabellen 5, 6.

	Männchen	Weibchen	Summe
Zollgrundk.	5	12	17
Bottenrhein	6	16	22
Restrhein	3	9	12
Summe	14	37	51

4.3 Geschlechterverhältnis der Population

Wegen der geschlechtsspezifischen Unterschiede des Schlupfzeitpunktes sind zu diesem Fragenkomplex nur diejenigen Datenreihen auswertbar, bei denen praktisch die gesamte Population erfaßt worden ist. Dies gilt für die Probestrecken „Stückerkehle“ 1 und 2 (Tab. 3 und 4) sowie mit vernachlässigbaren Einschränkungen auch für die Probestrecke „Zollgrundkehle“ (Tab. 5). Die letzten Zeilen aller 3 Tabellen zeigen eindeutig, daß in den untersuchten Popula-

tionen das Geschlechterverhältnis ausgeglichen war, der Anteil der Männchen betrug 50,2% (Tab. 3), 50,0% (Tab. 4) und 50,4% (Tab.5, hier wurden mehrheitlich Weibchen infolge eines Hochwassers zum Schluß der Schlüpfperiode nicht mehr erfaßt).

4.4 Schlüpfhabitat

Pflanzenarten: Eine Bevorzugung bestimmter Pflanzenarten ist nicht erkennbar. Entsprechend ihrer Häufigkeit in der Ufervegetation gehören deshalb Sumpfesegge (*Carex acutiformis*), Große Brennessel (*Urtica dioica*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), altes und junges Schilf (*Phragmites australis*), Wasserschwaden (*Glyceria maxima*), verschiedene weitere Süßgräser (Gramineae, z. B. häufig Sumpf-Rispengras, *Poa palustris*) oder Binsen (*Juncus sp.*) zu den am meisten von den schlüpfenden Larven aufgesuchten Arten. Daneben finden sich Exuvien an vielen weiteren Arten, an alten, dicken Bäumen wie z.B. Silberweiden (*Salix alba*), an Waldsträuchern und jungen -bäumen vieler Arten, an Brombeeren (*Rubus fruticosus agg.*), auf Blättern von bodendeckendem Efeu (*Hedera helix*) oder Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*), an dünnen Stengeln und Blättern, an freigespülten Wurzeln und selbst an totem Holz, an Steinen, an Erdwänden, auf kleinen Erdhügeln oder an Brückenfundamenten. Bei

Wyhl 1991 und Weisweil 1995 fanden sich insgesamt 6 frischgeschlüpfte Tiere mit ihren Exuvien am Klettenlabkraut (*Galium aparine*), die sich nicht mehr befreien konnten und schon ganz verdrehte Flügel hatten.

Höhe über dem Wasserspiegel und Entfernung vom Wasserrand: Fest verankerte Exuvien wurden in einer Höhe von 4 bis 210 cm über dem Wasserspiegel und in einer Entfernung von 0 bis 460 cm vom offenen Wasser entfernt aufgefunden. Dabei erfolgten Messungen nur bei konstanten Wasserständen; bei Hochwässern schlüpfen Gemeine Keiljungfern bis zu 10 m von der normalen Wasserlinie entfernt an verschiedenen Waldpflanzen (siehe oben). An Ufern mit einer ziemlich homogenen Ufervegetation und -neigung sind die Höhe über dem Wasserspiegel und die Entfernung vom Wasserrand positiv korreliert. Zwischen den einzelnen Gewässern bestanden je nach den Strukturen teilweise erhebliche, hoch signifikante Unterschiede. (Tab. 8, Abb. 6 bis 8). Ein Unterschied zwischen den verschiedenen Geschlechtern fand sich nicht (ein untersuchtes Gewässer, Tab. 8). Exuvien können regelmäßig auch an einzelnen Stengeln oder Horsten im sehr flachen, offenen oder halboffenen Wasser gefunden werden, ebenso auch an Pflanzen auf kleinen oder winzigen Inseln. Sie scheinen aber an totem Holz, das im tieferen Wasser liegt, (weitgehend ?) zu fehlen.

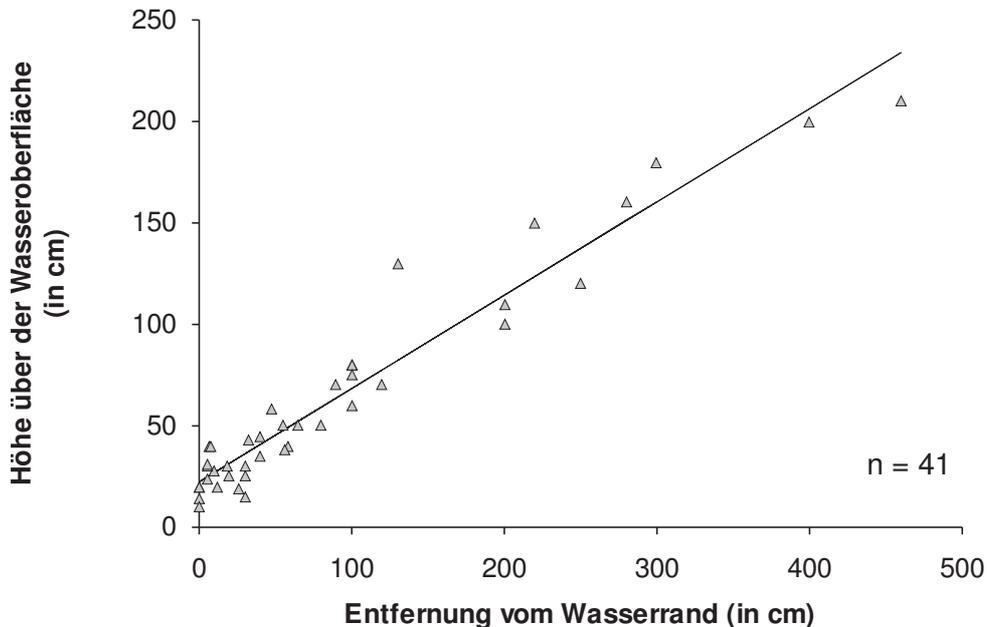


Abb. 6: Die Position der Exuvien am Mühlbach Altenheim (mit Regressionsgerade). Vgl. Tab. 8.

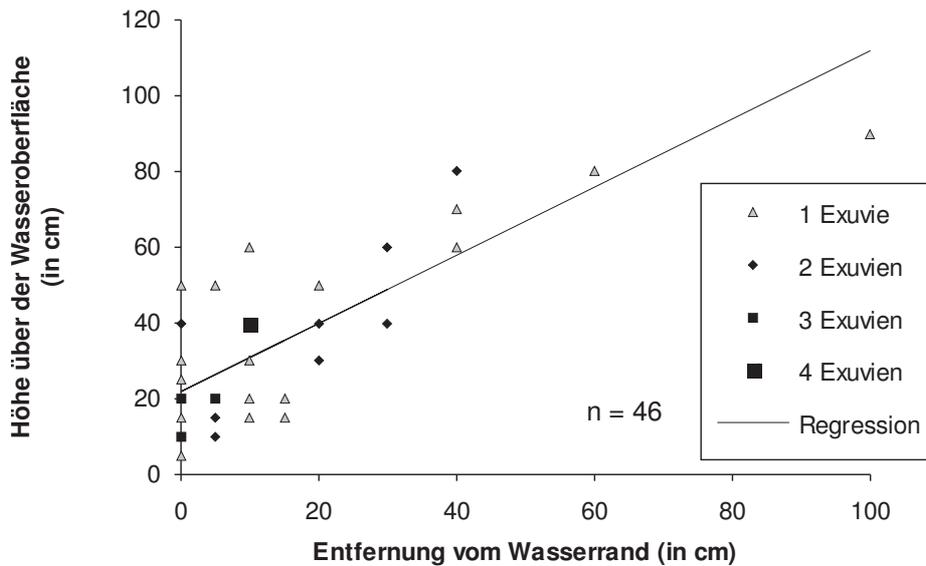


Abb. 7: Position der Exuvien (Männchen) am Mühlbach „Setzlig“ (mit Regressionsgerade). Vgl. Tab. 8.

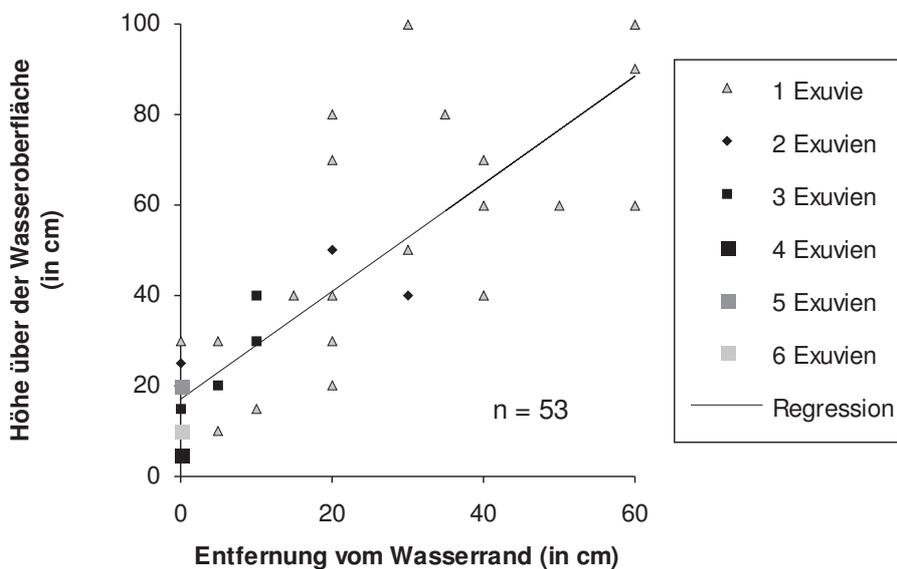


Abb. 8: Position der Exuvien (Weibchen) am Mühlbach „Setzlig“ (mit Regressionsgerade). Vgl. Tab. 8.

Tab. 8: Entfernung E vom Wasserrand (x) und Höhe H über der Wasseroberfläche (y) von fest verankerten Exuvien der Gemeinen Keiljungfer (jeweils Mittelwert und Standardabweichung in cm). n : Anzahl der Exuvien; R : Gleichung der Regressionsgeraden; K : Korrelationskoeffizient mit Signifikanzniveau; M : Männchen, W : Weibchen.

Gewässer	Ort	n	E	H	R	K
Mühlbach	Altenheim	41	91 ± 112	64 ± 53	$y = 0,46x + 22,4$	0,97 (p<0,001)
Rheinvorfluter	Ottenheim	18	40 ± 33	68 ± 30	$y = 0,36x + 54,2$	0,40 (nicht sign.)
Holländerrhein	Altenheim	33	51 ± 44	26 ± 13	$y = 0,10x + 21,0$	0,37 (p<0,05)
Baggersee Kuhgrien	Goldscheuer	22	34 ± 33	48 ± 18	$y = 0,07x + 45,1$	0,14 (nicht sign.)
Elz	Kenzingen	18	22 ± 17	42 ± 20	$y = 0,76x + 24,7$	0,64 (p<0,01)
Setzlig 1994 M	Wyhl	46	15 ± 19	35 ± 22	$y = 0,90x + 21,9$	0,79 (p<0,001)
Setzlig 1994 W	Wyhl	53	14 ± 18	34 ± 25	$y = 1,19x + 17,1$	0,83 (p<0,001)

Tab. 9: Unterschiedliche Verteilung der Exuvien auf die beiden Ufer (jeweils einmalige Aufsammlungen 1991, 1992, 1994, mehrmalige Aufsammlungen 1995, die bei ausreichenden Zahlen einzeln dargestellt werden; L : Zahl der Exuvien am linken Ufer; R : Zahl der Exuvien am rechten Ufer; vgl. Text; K., S. & E. WESTERMANN).

Gewässer/ Ort	Fließrichtung	L	R	Hypothese
Innerer Rhein/ Rust	±S→N	49	10	Morgensonne
Mühlbach/ Oberhausen	SW→NO	90	33	Morgensonne
Leopoldskanal/ Forchheim	SSO→NNW	135	30	Morgensonne
Mühlbach Setzlig/ Wyhl	SW→NO	65	4	Morgensonne, linkes Ufer dichtere Vegetation
Mühlbach südl./ Wyhl	WSW→ONO	40	5	Morgensonne
Altrhein/ Sasbach	±SSO→NNW	160	90	Morgensonne
Stückerkehle/ Oberhausen 1	±S→N	117	29	Morgensonne
Stückerkehle/ Oberhausen 2		266	84	
Stückerkehle/ Oberhausen 3		55	36	
Stückerkehle/ Oberhausen 4		30	15	
Zollgrundkehle/ Weisweil 1	SW/S→NO/N	78	27	Morgensonne
Zollgrundkehle/ Weisweil 2		435	285	
Zollgrundkehle/ Weisweil 3		642	373	
Zollgrundkehle/ Weisweil 4		365	196	

Vergleich gegenüberliegender Ufer: An verschiedenen Fließgewässern mit einem weitgehend homogenen Strömungsquerschnitt bevorzugten die Larven in auffälliger Weise ein Ufer gegenüber dem anderen. Die Ursachen sind noch unklar, die Ergebnisse und Hypothesen werden in Tabelle 9 dargestellt. Nicht berücksichtigt ist hier der Bottenrhein/ Weisweil, wo vor allem wegen zweier Flachwasserzonen das NNW-Ufer bei insgesamt 4 Kontrollen bevorzugt war.

4.5 Schlüpfstellung

Von 134 registrierten, fest verankerten Exuvien gingen 99 (74%) ±senkrecht, 16 (12%) ±waagrecht, 19 (14%) schräg (A. & S. HEITZ). Waagrecht schlüpfende Libellen entwickeln sich überwiegend auf relativ breiten Blättern von Brennesseln, Ampfer (*Rumex sp.*), Beinwell (*Symphytum officinale*), Bittersüßem Nachtschatten (*Solanum dulcamara*), Kratzbeere (*Rubus caesius*), Brombeere, Efeu, Scharbockskraut, Kriechendem Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) u.a. Gelegentlich schlüpfen Larven auch erfolgreich, wenn der Kopf ziemlich steil nach unten hängt; dies kann vor allem bei Exuvien an

Grasblättern beobachtet werden, die wahrscheinlich wegen der Belastung umgebogen werden.

5. Diskussion

5.1 Auswahl der Probestrecken

Auf den untersuchten Probestrecken war es kaum möglich, nach dem Vorbild von KERN (1992) jeweils kleine, gleich lange, weitgehend in sich homogene Abschnitte abzugrenzen und getrennt zu erfassen. Vor allem an den Altrheinen ändern sich nämlich Strömung, Tiefe, Ausprägung von Buchten, Substrat, Beschattung oder Uferstrukturen ständig kleinräumig. Die Probestrecken Nr. 10 und 11 waren aber zu groß gewählt und hätten bei der großen Zahl erfaßter Exuvien leicht unterteilt werden können. Zumindest an der Zollgrundkehle (Probestrecke 10) differierten auf einzelnen Teilflächen wahrscheinlich der zeitliche Ablauf der Schlüpfperiode und damit das Geschlechterverhältnis mehr oder weniger deutlich. Für die Untersuchung des Schlüpfhabitats waren die ausgewählten Probestrecken teilweise zu inhomogen (siehe unten).

5.2 Schlupfzeitpunkt

Der Schlupfzeitpunkt scheint über weite Bereiche von Mitteleuropa ziemlich einheitlich zu sein. An einem Wiesengraben der Dümmer-Geestniederung in Niedersachsen schlüpften die Larven 1990 zeitlich ähnlich wie auf unserer Probestrecke „Stückerkehle 1“ mit den frühesten Kenndaten überhaupt, der Ablauf war mit einem „Schlüpfhöhepunkt“ von zwei Tagen und einer Hauptschlupfperiode von 5 Tagen ähnlich zusammengedrängt wie bei einzelnen Beispielen vom südlichen Oberrhein (berechnet nach KERN 1992). Für die Oder bei Frankfurt ist der früheste Schlupf schon am 26. April registriert worden, die Schlupfperiode begann in anderen Jahren in der ersten oder zweiten Maidekade, also nur wenig später als am südlichen Oberrhein; sie dauerte aber zumindest in manchen Jahren länger, 1991 bis zum 26. Juni (MÜLLER 1993). MAUERSBERGER & ZESSIN (1990) berichten von teilweise häufigen Exuvienfunden in der ersten Maihälfte an verschiedenen Flüssen der Mark Brandenburg; CLAUSNITZER (1992) fand im Bereich der Unteraller am 19.05. auf 200 m Uferlänge 146 Exuvien; DONATH (1985) registrierte in zwei Gebieten des Unterspreewaldes am 22.05. schon 30 bzw. 50 Imagines.

In England schlüpft die Gemeine Keiljungfer zwischen der zweiten Maiwoche und Anfang Juni (AVERILL 1989).

Bei andauerndem Schlechtwetter scheint die Schlupfperiode später zu beginnen und sich länger hinzuziehen. In der Dümmer-Geestniederung setzte die Schlupfperiode im sehr kühlen Mai 1991 6 Tage später als im Vorjahr ein, der Median lag 10 Tage später, die Schlupfperiode endete 13 Tage später (KERN 1992, Median nach den Rohdaten berechnet). Auch an der Oder bei Frankfurt lagen in diesem Jahr die Schlupfdaten besonders spät (MÜLLER 1993). Vom südlichen Oberrhein ist bisher kein Beispiel einer entsprechenden Verzögerung dokumentiert worden; vermutlich kommen derartige Fälle wegen der mildereren Temperaturen wesentlich seltener vor. Als steuernde Faktoren für den Schlupfvorgang kommen die Tageslänge und die Wassertemperaturen in Frage (vgl. AVERILL 1989). Die Beispiele aus dem Jahr 1995 deuten darauf hin, daß die Wassertemperaturen zumindest einen modifizierenden Einfluß haben. Die Larven schlüpften nämlich auf 4 benachbarten Probestrecken durchschnittlich umso später, je niedriger die Wassertemperaturen zum Beginn der Schlupfperiode waren. So wäre es auch zu erklären, daß in flachen, wenig durchströmten Buchten oder auf stark besonnten Abschnitten die Tiere durchschnittlich früher schlüpfen. Auf Strecken mit relativ großen Abflusssmengen sollten die Larven

auch bei sehr kühler Witterung und Dauerregen (zunächst) weiterhin schlüpfen, weil sich die Wassertemperaturen nur sehr langsam stärker ändern; an entsprechenden Altrheinen des südlichen Oberrheins kann dieses Phänomen regelmäßig beobachtet werden, wobei die Entwicklung der geschlüpften Tiere dann sehr langsam abläuft und fehlgeschlüpfte Tiere häufig auftreten. Auf abflussschwachen Abschnitten würde die Entwicklung eher für einige Tage unterbrochen werden; KERN (1992) hat Unterbrechungen des Schlupfvorgangs für ein oder zwei Tage für ein Gewässer mit dem geringen Abfluß von höchstens 150 l/s (geschätzt nach den Angaben) regelmäßig nachgewiesen. Dabei muß allerdings auch in Betracht gezogen werden, daß Exuvien durch starken Regen, Wind und Hochwässer in beträchtlicher Zahl oder sogar fast vollständig verloren gehen können und auf diese Weise die Dokumentation des Schlupfvorgangs verzerrt wird. Schließlich kann darauf hingewiesen werden, daß ab Mitte April mit den steigenden Außentemperaturen und den nachlassenden Nachtfrosten die Wassertemperaturen in weiten Bereichen Mitteleuropas merklich ansteigen, was die relativ einheitlichen Schlupftermine erklären könnte. Inwieweit die Witterung direkt, und nicht nur über die Wassertemperatur, einen Einfluß auf den Schlupfvorgang selbst hat, muß vorerst ebenfalls offen bleiben. Zu denken muß es auf jeden Fall geben, daß die Larven bevorzugt auf Abschnitten mit Morgensonne schlüpfen (KERN 1992, diese Arbeit).

5.3 Die Schlupfperiode einer Population in einem mathematischen Modell

Zumindest in einem Gewässer mit homogenen Strukturen und unter anhaltend günstigen Witterungsbedingungen wächst die Zahl der geschlüpften Larven der Gemeinen Keiljungfer nach dem „logistischen Wachstumsmodell“ an. Bei diesem ist die Zahl der täglich schlüpfenden Larven angenähert zu dem Produkt aus der Zahl der schon geschlüpften und der Zahl der noch nicht geschlüpften Larven proportional. Am Anfang und am Ende der Schlupfperiode ist das Produkt klein, weil entweder erst wenige oder fast alle Larven geschlüpft sind; die täglichen Zuwächse sind also gering. Während des Schlupfhöhepunktes ist das Produkt am größten. Die logistische Zunahme kann quantitativ durch die Formel

$$N(t) = \frac{K}{1 + \exp[-c \cdot (t - t_0)]}$$

beschrieben werden. Dabei bedeuten

$N(t)$: Zahl der bis zum Tag t geschlüpften Larven,
 K : Gesamtzahl (Grenzkapazität) der schlüpfenden Larven,
 \exp : Exponentialfunktion (Basis e),
 c : Wachstumskonstante des exponentiellen Wachstums, das am Anfang angenähert allein wirksam ist,
 t_0 : Zeitpunkt, zu dem 50% aller Larven geschlüpft sind (Median).

Auf der Probestrecke „Stückerkehle 1“, auf der zunächst ideale Schönwetterbedingungen und nach dem Schlüpfhöhepunkt bis fast zum Ende der Schlüpfperiode mäßig warmes Wetter mit insgesamt geringen Niederschlägen herrschte, stimmen beobachtete und berechnete Werte weitgehend überein:

Tab. 10: Beobachtete und nach dem logistischen Wachstumsmodell berechnete Schlüpfraten der Probestrecke „Stückerkehle 1“ (Summen bis zum Abend des jeweiligen Tages in Prozent der Gesamtsumme; $c=0,69$, $t_0=5,35$, d.h. berechneter Median 6.5./ 35 %, graphisch ermittelter Median 6.5./ 20%, vgl. Tab.1).

Datum	1.5	5.5.	7.5.	9.5.	12.5.
Beob.Werte	3,6	44,6	75,4	90,7	99,2
Berechn.Werte	4,7	44,0	75,7	92,5	99,0

Die Daten der übrigen Probestrecken konnten ebenfalls nach dem Modell beschrieben werden. Die Wachstumskonstanten c schwankten zwischen 0,28 (Mühlbach Altenheim) und 1,42 (Baggersee Kuhgrien); bei den Weibchen waren sie auf den Probestrecken „Stückerkehle 2“ und „Zollgrundkehle“ erwartungsgemäß um 4 bis 10 % geringer als bei den Männchen.

In der Dämmer-Geestniederung stiegen die Schlüpf-raten 1990 zunächst streng logistisch; nach dem Schlüpfhöhepunkt ergaben sich deutliche Abweichungen, die wahrscheinlich auf Witterungseinflüsse zurückzuführen sind. Im kalten und regnerischen Mai 1991 stiegen die Schlüpf-raten nach einem deutlichen Anstieg der Temperaturen zunächst sehr schnell an; danach traten markante Verzögerungen ein, die wahrscheinlich wiederum mit Wetterverschlechterungen zusammenhängen (nach Daten von KERN 1992).

WILDERMUTH (1994) beschreibt für die Große Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis*) ähnliche Summenkurven (mit etwas kleineren Wachstumskonstanten), wie wir sie für die Gemeine Keiljungfer gefunden haben. Wahrscheinlich ist das Modell unter günstigen Wetterbedingungen auch für viele weitere Arten (z.B. *Somatochlora metallica* und *Aeshna juncea* an einem hochgelegenen Moorweiher der Schweizer Alpen, WILDERMUTH & KNAPP

1993) gültig. Beim Vierfleck, *Libellula quadrimaculata*, ergaben sich dagegen in einer Reihe von Untersuchungs-jahren beträchtliche, von Jahr zu Jahr ähnliche Abweichungen (WILDERMUTH 1994).

5.4 Geschlechterverhältnis

Auch bei großen Stichproben können an kurz aufeinanderfolgenden Tagen auf demselben Gewässerabschnitt sehr unterschiedliche Geschlechterverhältnisse registriert werden. Der Mechanismus, der dazu führt, wird aus der Tabelle 1 und den Abbildungen 2 und 3 deutlich. Männchen und Weibchen beginnen mehr oder weniger gleichzeitig zu schlüpfen, bei den Weibchen tritt dann eine geringe Verzögerung von durchschnittlich wenigen Stunden am Anfang der Schlüpfperiode und maximal einem Tag gegen deren Ende ein. Da ein Großteil der Population in wenigen Tagen schlüpft, führt der geringe Zeitunterschied zwischen Männchen und Weibchen zu sehr unterschiedlichen Geschlechterverhältnissen der geschlüpften Larven im Laufe der Schlüpfperiode. Daß das Phänomen auf einzelnen Abschnitten nicht nachgewiesen werden konnte, wäre eventuell mit Inhomogenitäten der Probestrecke oder mit einem sehr raschen Anstieg der Wassertemperaturen zu erklären.

Zur Ermittlung des Geschlechterverhältnisses der Population müssen in kurzen Zeitabständen alle Exuvien gewissenhaft abgesammelt werden, worauf schon BEUTLER (1986) hingewiesen hat; witterungsbedingte Verluste an einzelnen Tagen dürfen möglichst nicht eintreten. BEUTLERS eigene Aufsammlungen erfüllen aber bei der Gemeinen Keiljungfer nach den mitgeteilten Daten der Erfassung diese Forderungen vermutlich nicht, weshalb zwei Beispiele mit Männchen-Anteilen von teilweise deutlich weniger als 50% nach den Ergebnissen dieser Arbeit angezweifelt werden müssen. KERN (1992) fand allerdings in zwei Jahren, in denen er täglich alle Exuvien absammelte, ebenfalls Männchen-Anteile von nur 44 bzw. 47%; hier müßte aber erst noch geklärt werden, ob nicht witterungsbedingte Verluste eingetreten sind. Für die Gemeine Keiljungfer sollten Abweichungen von einem ausgeglichenen Geschlechterverhältnis erst dann als bewiesen gelten, wenn in einer großen Population nahezu alle Exuvien erfaßt worden sind. Einzelne Stichproben (z.B. FOIDL et al. 1993) sind für entsprechende Aussagen nicht aussagekräftig. Die Ergebnisse dieser Arbeit, die unter günstigen Witterungsbedingungen gewonnen wurden, belegen für drei Populationen ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis.

5.5 Schlüpfhabitat

Detaillierte Angaben zum Schlüpfhabitat finden sich in verschiedenen Arbeiten (z.B. KERN 1992, FOIDL et al. 1993). Bisher ist dabei zu wenig beachtet worden, daß quantitative Daten zur Höhe der Schlüpfposition über der Wasseroberfläche oder zu deren Entfernung von der Wasserlinie stark von den Uferstrukturen abhängen. An Ufern mit einer sehr dichten Deckung durch Uferpflanzen (etwa durch Sumpf-Seggen) schlüpfen die Larven in geringer Entfernung von der Wasserlinie, während an mehr oder weniger unbewachsenen Ufern die meisten Larven meterweit bis an den Rand der Vegetation wandern.

In dieser Arbeit wird gezeigt (Tab. 8), daß die durchschnittlichen Schlüpfpositionen an verschiedenen Gewässern sich signifikant unterscheiden können. Es ist allerdings versäumt worden, die Verteilung der Schlüpfpositionen in Abhängigkeit vom Angebot am Ufer zu untersuchen. Zusätzlich zu der Höhe der Exuvien über der Wasseroberfläche hätte vor allem auch die Höhe über dem Boden gemessen werden sollen. So können nur einige Tendenzen aufgezeigt werden. Die Gewässer mit der geringsten Entfernung von der Wasserlinie (Elz, Setzlig) zeichneten sich auch durch eine besonders dichte Ufervegetation aus. Der Anstieg der Regressionsgeraden gibt wahrscheinlich nur den Anstieg der Uferbank wieder : Bei einer gleichmäßig geneigten Böschung (Mühlbach

Altenheim, Mühlbach Setzlig, Abbildungen 6 bis 8) stieg die Höhe über der Wasserlinie besonders deutlich linear mit der Entfernung von der Wasserlinie an. Reduziert man für die Probestrecke „Mühlbach Setzlig“ die Höhe der Exuvien über der Wasseroberfläche um die durchschnittliche Höhe der Uferbank in der entsprechenden Entfernung von der Wasserlinie (35 nachträgliche Messungen), so unterscheiden sich die Höhen der Exuvien direkt am Wasser nicht mehr von den übrigen in 10 bis 100 cm Entfernung. Wahrscheinlich wählten die Larven auf den meisten Probestrecken unabhängig von der Entfernung vom Wasser mehrheitlich die gleiche durchschnittliche Höhe über dem Boden von etwa 20 bis 25 cm (vgl. Höhe y für die Entfernung $x = 0$ in den Gleichungen der Regressionsgeraden von Tab. 8). Mit Sicherheit kann aber die Höhe der Exuvien über dem Boden beträchtlich je nach den vorherrschenden Uferpflanzen variieren. Besteht beispielsweise die Ufervegetation flächig aus niedrigen, bodendeckenden Pflanzen (z.B. niedrige Süßgräser, Efeu, Scharbockskraut), so schlüpfen alle Larven ganz niedrig über dem Boden. Wie schon KERN (1992) fanden wir in der untersuchten Population keine geschlechtsspezifischen Unterschiede. Auch die Schlüpfstellung, für die AVERILL (1989) in England ähnliche Ergebnisse wie wir am südlichen Oberrhein nennt, wird vermutlich entscheidend vom Angebot möglicher Pflanzen beeinflusst.

Danksagung

Herrn Dr. O. HOFFRICHTER danken wir herzlich für die kritische Durchsicht des Manuskripts. An den Untersuchungen und an der Auswertung war regelmäßig Frau E. WESTERMANN beteiligt.

Zusammenfassung:

Die Schlüpfperiode der Gemeinen Keiljungfer (*Gomphus vulgatissimus*, Odonata) erstreckt sich am südlichen Oberrhein von Ende April bis Anfang Juni. An 9 untersuchten Gewässern lagen das erste Quartil zwischen dem 4. und 10., der Median zwischen dem 6. und 12. und das 3. Quartil zwischen dem 7. und 14. Mai. Das Intervall zwischen dem 1. und 3. Quartil, in dem 50% einer Population schlüpfen, variierte zwischen einem und vier Tagen, der Schlüpfhöhepunkt kann also extrem kurz sein. Männchen schlüpfen signifikant geringfügig früher als Weibchen, was zu unterschiedlichen Geschlechterverhältnissen der Exuvien im Laufe der Schlüpfperiode führt. Das Geschlechterverhältnis in 3 untersuchten Populationen lag bei 50 Männchen : 50 Weibchen. Die Tiere schlüpfen in einer durchschnittlichen Entfernung von 15 bis 90 (0 bis 460) cm vom offenen Wasser, in flachen Randbereichen wurden regelmäßig auch Exuvien an einzelnen Halmen und Horsten im offenen und halboffenen Wasser gefunden. Dabei erreichen sie eine durchschnittliche Höhe von 25 bis 70 (4 bis 210) cm über der Wasseroberfläche. Die Werte streuen je nach den Strukturen signifikant zwischen verschiedenen Gewässern, geschlechtsspezifische Unterschiede bestehen nicht.

Literatur

- AVERILL, M.T. (1989) : Emergence attitudes in *Gomphus vulgatissimus* (L.). - J. British Dragonfly Soc. 5 : 37-40.
- BEUTLER, H. (1986) : Zur Schlupfrate und zum Geschlechterverhältnis einheimischer Großlibellen (Anisoptera) (Odonata). - Ent. Abh. Staatl. Mus. Tierkunde Dresden 49 : 201-209.
- CLAUSNITZER, H.-J. (1992) : *Gomphus vulgatissimus* (L.) an der Aller (Anisoptera : Gomphidae). - Libellula 11 : 113-124.
- DONATH, H. (1985) : Zum Vorkommen der Flußjungfern (Odonata, Gomphidae) am Mittellauf der Spree. - Entom. Nachrichten u. Berichte 29 : 155-160.
- FOIDL, J., R.BUCHWALD, A.HEITZ & S.HEITZ (1993) : Untersuchungen zum Larvenbiotop von *Gomphus vulgatissimus* Linné 1758 (Gemeine Keiljungfer, Gomphidae, Odonata). - Mitt. bad. Landesver. Naturkunde Naturschutz N.F. 15 : 637-660.
- GERKEN, B. (1984) : Die Sammlung von Libellen-Exuvien. Hinweise zur Methodik der Sammlung und zum Schlüpfort von Libellen. - Libellula 3 : 59-72.
- HEITZ, A., S.HEITZ, K.WESTERMANN & S.WESTERMANN (in Vorb.) : Verbreitung und Bestandsdichte der Gemeinen Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus* am südlichen Oberrhein. - Dokumentation der Larven- und Exuvienfunde. - Naturschutz südl.Oberrhein 1.
- KERN, D. (1992) : Beobachtungen an *Gomphus vulgatissimus* (L.) an einem Wiesengraben der Dümmer-Geestniederung. - Libellula 11 : 47-76.
- MAUERSBERGER, R., & W.ZESSIN (1990) : Zum Vorkommen und zur Ökologie von *Gomphus vulgatissimus* LINNAEUS (Odonata, Gomphidae) in der ehemaligen DDR. - Ent. Nachr. u. Ber. 34 : 203-211.
- MÜLLER, O. (1993) : Phänologie von *Gomphus vulgatissimus* (L.), *Gomphus flavipes* (CHARPENTIER) und *Ophiogomphus cecilia* (FOURCROY) an der Mittleren Stromoder (Anisoptera : Gomphidae). - Libellula 12 : 153-159.
- PETERS, G. (1979) : Daten zum Geschlechterverhältnis mitteleuropäischer Aeshniden-Populationen (Insecta : Odonata). - Dtsch. Ent. Z., N.F. 26 : 229-239.
- WILDERMUTH, H. (1994) : Populationsdynamik der Großen Moosjungfer, *Leucorrhinia pectoralis* Charpentier, 1825 (Odonata, Libellulidae). - Z.Ökologie u. Naturschutz 3 : 25-39.
- WILDERMUTH, H., & E.KNAPP (1993) : *Somatochlora metallica* (Vander Linden) in den Schweizer Alpen : Beobachtungen zur Emergenz und zur Habitatpräferenz. - Libellula 12 : 19-38.

Anschriften der Verfasser :

Adolf und Stefan Heitz, Moosweg 15, D-77749 Hohberg. - Karl und Sebastian Westermann, Buchenweg 2, D-79365 Rheinhausen.