

# Phänologie der Emergenz bei der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) an südbadischen Altrhein

Karl Westermann

## Summary:

WESTERMANN, K. (2002): On the phenology of the emergence of the damselfly *Chalcolestes viridis* at old side streams of the river Rhine in South Baden. - Naturschutz südl. Oberrhein 3: 201-214.

In the frame of systematic exuviae collections along old side streams of the river Rhine near the town of Weisweil (County of Emmendingen, Federal state of Baden-Württemberg, Germany) ca. 38 000 exuviae of the damselfly *Chalcolestes viridis* were found in 17 samples that were collected in (three) six to ten (twelve) day intervals in the years 1999-2001. Additional sampling took place in 1994, 1997 and 1998.

The earliest start of emergence was noticed on 23 June 1998. Along one section with a very high abundance of emerging and adult imagines, emergence always started only in late July. At this site emergence finished in four years around 20 September. In 1999, a year of high floods, imagines emerged regularly also along other sections until mid September.

The median of different sections varied, in the extremes it dated before mid July and on 31 August. Within 800 m linear distance between sections the median shifted significantly according to lower water temperature in two years of the study towards later dates. The duration of the emergence is described by two variables. The peak of emergence is defined as the interval between the first and third quartile, the main period of emergence as the interval between the dates when 10% and 90% of all imagines emerged, respectively. In this study the two variables reached average values of 12 and 22 days respectively in 17 samples. Within all samples the number of emerged imagines can be described by the logistic model of growth. Median, peak of emergence and main period of emergence are the more useful variables to describe the emergence, rather than the frequently used EM<sub>50</sub> - Index.

In the early period of emergence a higher proportion of females emerge, in total more males emerged.

Keywords: *Chalcolestes viridis*, Odonata, phenology, emergence, Southern Upper Rhine.

## 1. Einleitung

In Mitteleuropa schlüpft die Weidenjungfer in der Regel von Juli bis Mitte August (z.B. ROBERT 1959, STERNBERG & BUCHWALD 1999). Genaue Daten zur Emergenzperiode liegen aus diesem Raum nur ausnahmsweise vor (LÖSING 1988 für die Gegend von Osnabrück, HOESS 1993 für die Gegend von Bern, vgl. auch JÖDICKE 1997). Die frühesten, belegten Schlüpfdaten fallen hier in die letzte Junidekade (JÖDICKE 1997), nach unbelegten Angaben von STERNBERG & BUCHWALD (1999) kann die Art in Baden-Württemberg in warmen Jahren schon in den letzten beiden Juniwochen schlüpfen. Emergenz bis Ende August ist aus Baden-Württemberg anscheinend nur selten oder unregelmäßig bekannt geworden (STERNBERG & BUCHWALD 1999), bei Osnabrück endete die Emergenzperiode 1987 am 26. 08. (LÖSING 1988), bei Bern 1991 am 29.08 (HOESS 1993).

Bei systematischen Exuvienaufsammlungen in einem Altrheingebiet bei Weisweil (Landkreis Emmendingen, Baden-Württemberg) unterschieden sich

die Emergenzperioden von räumlich nahe beieinander siedelnden Teilpopulationen beträchtlich und erstreckten sich an einem Gewässer regelmäßig bis nach Mitte September. Über einige Ergebnisse wird in dieser Arbeit berichtet.

## 2. Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet sind der „Altrhein“ und die Hexenkehle bei Weisweil (Landkreis Emmendingen, Baden-Württemberg; 48°11-12'N/ 7°39-40'E; vgl. Übersichtskarte in Abb. 1 und 2). Die Gemeinde Weidenjungfer erreicht hier hohe Abundanzen (WESTERMANN 2002a). Der Altrhein mit einer durchschnittlichen Breite von 30 bis 50 m und einer Fließgeschwindigkeit von (0) 0,05 bis 0,2 m/s ist ein Teil des stark eutrophierten „durchgehenden Altrheinzugs“ (WESTERMANN & SCHARFF 1988); unter den Makrophyten ist *Elodea nuttallii* in vielen Bereichen besonders häufig und verdrängt weitgehend die anderen Arten. Die Hexenkehle wird außerhalb von

Hochwasserzeiten von schwachen Grundwasserquellen gespeist, die vor allem im Oberlauf liegen; sie weist üppige Makrophytenbestände mit vielen seltenen Arten (WESTERMANN & WESTERMANN 1998) auf. Ein zweimonatiges Hochwasser 1999 ab Mitte Mai hatte beträchtliche Auswirkungen auf Libellen und Makrophyten (WESTERMANN in Vorb.) und beeinflusste die Ergebnisse dieser Arbeit. Wegen ihrer großen Artenzahlen und Abundanzwerte (WESTERMANN 2002a) können die untersuchten Gewässer als nahrungs- und strukturenreich gelten. Das Untersuchungsgebiet ist in anderen Arbeiten (WESTERMANN 2000, 2002a, b) ausführlich beschrieben, auf die hier verwiesen wird.

Die Daten resultieren hauptsächlich aus systematischen Aufsammlungen der Exuvien auf Probestrecken im Abstand von (drei) sechs bis zehn (zwölf) Tagen in den Jahren 1999 bis 2001. Zeitweise unterstützten Elisabeth und Sebastian WESTERMANN die Arbeiten im Gelände. Die Emergenz wurde zusätzlich bei sehr vielen Tieren direkt registriert. Untersuchungslücken entstanden urlaubsbedingt vor allem im August 2001.

In dieser Arbeit wurden die Daten von 17 Probestrecken mit Längen von 50 bis 450 m berücksichtigt (sechs 1999, acht 2000, drei 2001), wobei teilweise in verschiedenen Jahren die gleichen Probestrecken bearbeitet wurden. Daten weiterer Probestrecken (Nr. 1, 2, 5 in Abb. 1, 2, weitere an Altrhein und Hexenkehle) waren unvollständig oder betrafen zu kleine Stichproben; sie wurden deshalb höchstens für bestimmte Einzelheiten herangezogen.

Die Exuvien wurden ausschließlich von einem Kajak aus gesammelt, wodurch die Schäden an der Vegetation und den schlüpfenden Libellen minimal blieben; am vorderen Vegetationsrand schlüpfende, durch den Bootkörper gefährdete Imagines wurden regelmäßig weiter nach hinten umgesetzt. Auf allen Probestrecken wurden die Exuvien aller Arten und nicht nur der Gemeinen Weidenjungfer systematisch abgesucht. Hierzu wurden fast ausschließlich die Zeiten zwischen Mittag und der Abenddämmerung benützt, so daß für Strecken mit großen Abundanzen öfters mehrere Tage gebraucht wurden. Vor allem 1999 und 2000 war ich daher über längere Zeit beinahe täglich mit dem Absammeln der Exuvien beschäftigt. Dabei entstand immer wieder der Eindruck, daß die Emergenz der Gemeinen Weidenjungfer in der Hauptschlüpfzeit sehr kontinuierlich und gleichmäßig ablief. Im Untersuchungsgebiet gehört die Weidenjungfer zu jenen Arten, deren Exuvien mit dem nötigen Zeitaufwand fast vollständig auffindbar sind. Gelegentliche starke Gewitter-

regen könnten allerdings einen merklichen Anteil der Exuvien zerstört haben; bei regelmäßigen zeitaufwendigen Stichproben wurden jedoch zwischen der Ufervegetation immer nur sehr wenige schwimmende Exuvien oder Exuvienreste entdeckt.

Verwendete Begriffe:

- Median: Zeitpunkt, zu dem 50% aller Imagines einer untersuchten Gewässerstrecke (Stichprobe) geschlüpft sind.
- $EM_{50}$  – Index: Zeitintervall zwischen dem Schlupf des frühesten Tieres einer Population (bzw. der ersatzweise untersuchten Stichprobe) und dem Median.
- Schlüpfhöhepunkt  $\Delta T_1$ : Zeitintervall zwischen dem ersten und dem dritten Quartil, d.h. zwischen den Zeitpunkten, zu denen 25% bzw. 75% aller Imagines geschlüpft sind (vgl. WESTERMANN et al. 1995).
- Hauptschlüpfzeit (Hauptschlüpfphase)  $\Delta T_2$ : Zeitintervall zwischen den Zeitpunkten, zu denen 10% bzw. 90% aller Imagines geschlüpft sind (vgl. WESTERMANN et al. 1995).
- Frühphase bzw. Spätphase: Zeitintervalle der Emergenzperiode vor bzw. nach der Hauptschlüpfzeit.
- Anzahl der verwendeten Daten  $n$ .

Weitere Begriffe werden bei ihrer Verwendung erklärt. Der Median und die übrigen statistischen Kenngrößen wurden graphisch durch Interpolationen der „Summenkurve“  $N(t)$  aller bis zum Zeitpunkt  $t$  geschlüpften Imagines ermittelt (vgl. Kapitel 4.2.2).

**Dank:** Herrn Dr. Klaus STERNBERG (Stutensee) danke ich herzlich, weil er mir bereitwillig schwierig zugängliche Literatur überließ.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Beginn der Emergenz

Die frühesten Exuvien oder frisch geschlüpften Imagines fanden sich am 27.06.1997, 23.06.1998, 16.07.1999 (Hochwasserjahr), 02.07.2000 und 12.07.2001. Da die Strecken mit früh schlüpfenden Imagines nach 1998 nicht mehr bearbeitet wurden und zudem die Kontrollen nur im Abstand von etlichen Tagen stattfanden, lag der Termin der Erstbeobachtung in den letzten beiden Jahren wahrscheinlich nach jenem der frühesten Emergenz im Untersuchungsgebiet. Das Auftreten von sehr frühen Imagines, wie es von MAIBACH & MEIER (1987) sowie KUHN & BURBACH (1998) behauptet wurde, wäre bei der Vielzahl von Exuvien-Aufsammlungen ab (Mitte) Ende April sehr wahrscheinlich entdeckt worden.

Auf den einzelnen Probestrecken begann die Emergenz – alljährlich in ähnlicher Weise – sehr unterschiedlich (Abb. 1, 2), weshalb der Termin der Erstbeobachtung eines Jahres abhängig von der jeweiligen Auswahl der Probestrecken war.

Am Oberlauf der Hexenkehle beginnt die Emergenz am spätesten, so 1997 um den 29.07. (19 Exuvien von mehreren Tausend, 1999 am 31.07. (zwei Exuvien von 3968, keine am 25.07.), 2000 am 25.07. (zwei Exuvien von 3478).

Im Hochwasserjahr 1999 setzte die Emergenz nicht nur am Oberlauf, sondern auf allen Probestrecken der Hexenkehle spät ein, so am Unterlauf am 16.07. (zwei Exuvien von fast 8000), am unteren Mittellauf kurz vor dem 25.07. (am 25.07. 21 Exuvien von 5655), am oberen Mittellauf am 25.07. (eine Exuvie von 2632), am Oberlauf am 31.07. (siehe oben).

### 3.2 Ende der Emergenz

Entsprechend dem späten Beginn der Emergenz am Oberlauf der Hexenkehle endete sie hier auch alljährlich spät um den 20. September (Tab. 1). Die letzten frisch geschlüpften Imagines konnten 1998 am 19.09. (nach der Zahl der Exuvien wahrscheinlich auch in den Tagen danach Emergenz von einzelnen weiteren Imagines), 1999 am 24.09., 2000 für den 18.-19.09. und 2001 für den 20.-21.09. nachgewiesen werden. Die Exuvie vom 07.10.1999 stammte nach einer längeren Schlechtwetterphase zwar nicht mehr vom Fundtag, aber aus den vorangegangenen Oktobertagen; sie hing frei, war ziemlich frisch und sehr gut erhalten (auch die Tracheen). Bei regelmäßigen Kontrollen am Oberlauf ab Ende April gab es trotz der späten Emergenz keinerlei Hinweise auf Abweichungen vom normalen Larvalzyklus (vgl. JÖDICKE 1997).

Auf anderen Abschnitten endet die Emergenz in der Regel in der zweiten oder dritten Augustdekade. Nur im Hochwasserjahr 1999 schlüpfen auch auf den anderen Abschnitten der Hexenkehle noch in der ersten Septemberdekade viele und nach dem 10.09. bis mindestens zum 16.09. einzelne Imagines (Abb. 1).

### 3.3 Gesamtdauer der Emergenz

Im gesamten Untersuchungsgebiet dauerte die Emergenz 1998 mindestens 89 Tage, 1999 (später Beginn) mindestens 71 Tage (ohne die Exuvie von Anfang Oktober), 2000 mindestens 81 Tage, 2001 mindestens 71 Tage.

Auf den ausgewählten Teilstrecken ergaben sich dabei deutlich kleinere Werte, die allerdings immer nur Mindestwerte sind: 1998 51 Tage (n = 1), 1999 57 bis 62 Tage (n = 4), 2000 46 bis 58 Tage, durchschnittlich 51 Tage (n = 8). Im Jahr 2001 war die Gesamtdauer auf zwei Teilstrecken sicherlich noch kürzer, wurde aber nicht hinreichend genau ermittelt:

- 12.07. ca. 30 frische Exuvien (von fast 1800 insgesamt, keine am 04.07.), am 08.-12.08. noch insgesamt elf frisch geschlüpfte Imagines, Gesamtdauer schätzungsweise 40 Tage.
- 15.07. erste Exuvie (von insgesamt etwa 270), am 09.-12.08. noch drei frisch geschlüpfte Imagines, Gesamtdauer schätzungsweise höchstens 35 Tage, aber kleine Stichprobe.

Bei großen Stichproben dürfte die Gesamtdauer damit in der Regel zwischen 40 und 65 Tagen liegen. Angesichts einzelner, bei den Stichproben nicht unbedingt erfaßter, sehr früh oder sehr spät schlüpfender Imagines ist mit einer Emergenzdauer der Population des Untersuchungsgebietes von 75 bis 100 Tagen zu rechnen.

**Tab. 1:** Zahl der in den Jahren 1998 bis 2001 Ende August/ September systematisch aufgesammelten, frischen bzw. ziemlich frischen Exuvien der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) am Oberlauf der Hexenkehle, die jeweils praktisch alle seit dem vorangegangenen Kontrolltermin geschlüpft waren (\*: nur frisch geschlüpfte, vitale Imagines; \*\*: eine ein- bis zweitägige, vitale Imago bei der Exuvie).

| 1998         |     | 1999         |     | 1999        |     | 2000         |     | 2000        |     | 2001        |         |
|--------------|-----|--------------|-----|-------------|-----|--------------|-----|-------------|-----|-------------|---------|
| Gesamtfläche |     | Unterer Teil |     | Oberer Teil |     | Unterer Teil |     | Oberer Teil |     | Oberer Teil |         |
| 30.08.       | 377 | 03.09.       | 482 | 03.09.      | 769 | 31.08.       | 120 | 31.08.      | 300 | 06.09.      | 13*     |
| 04.09.       | 144 | 09.09.       | 180 | 09.09.      | 659 | 06.09.       | 49  | 06.09.      | 108 | 09.09.      | 6*      |
| 13.09.       | 74  | 15.09.       | 100 | 15.09.      | 462 | 09.09.       | 37  | 09.09.      | 75  | 12.09.      | 4*      |
| 19.09.       | 35  | 19.09.       | 23  | 19.09.      | 71  | 13.09.       | 9   | 13.09.      | 33  | 18.09.      | 1*, 1** |
|              |     | 24.09.       | 1** | 21.09.      | 8   | 16.09.       | 4   | 16.09.      | 20  | 22.09.      | 1**     |
|              |     |              |     | 24.09.      | 10  | 19.09.       | 1   | 19.09.      | 3   |             |         |
|              |     |              |     | 07.10.      | 1   | 23.09.       | 1   | 23.09.      | 0   |             |         |

### 3.4 Median, Schlüpfhöhepunkt und Hauptschlüpfzeit

#### 3.4.1 Übersicht der Daten

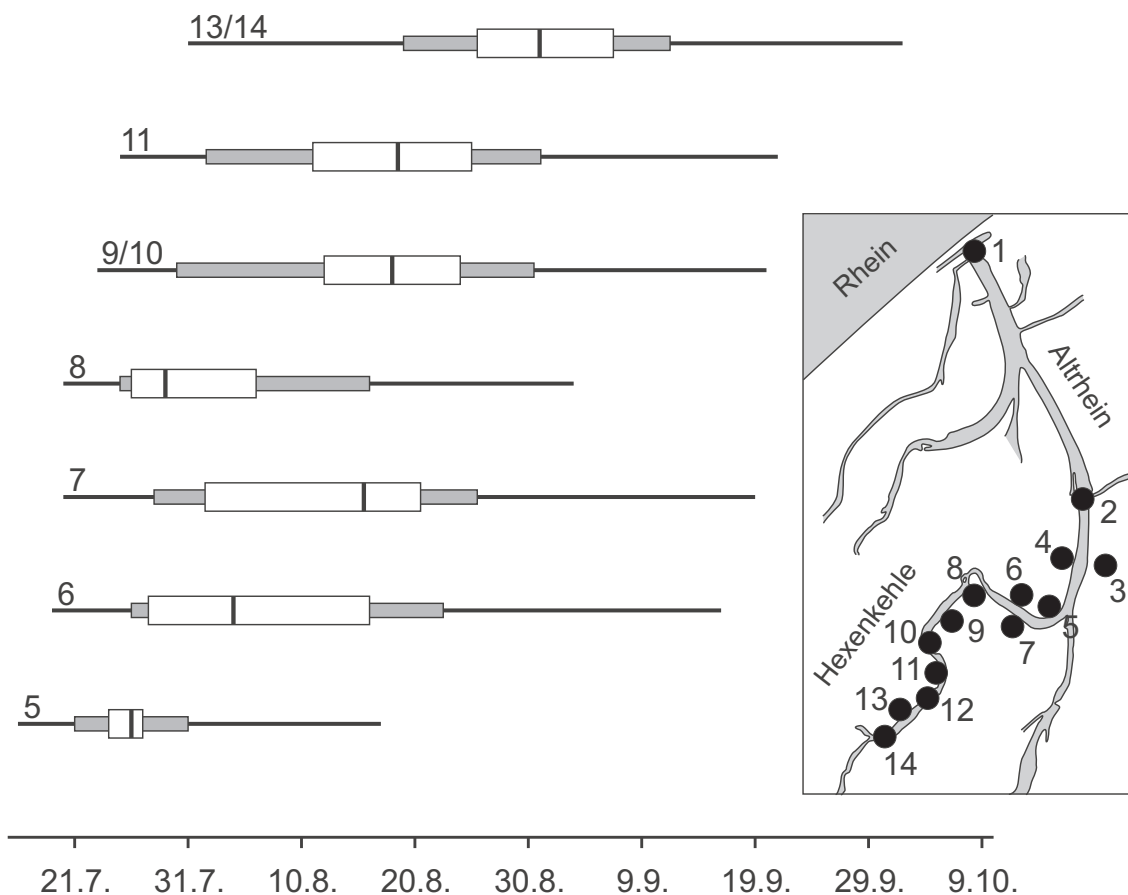
Die Abbildungen 1 und 2, die Tabelle 2 sowie die folgenden Ergänzungen für die einzelnen Jahre geben Übersichten der ermittelten Daten.

**1998:** Der Median muß auf einer sich ziemlich stark erwärmenden Probestrecke (Nr. 1 in Abb. 1, 2) ganz im Nordwesten des Altrheins (497 Exuvien) weit vor dem 19.07. (08. bis 10.07.?) und damit deutlich früher als auf den in den darauffolgenden Jahren bearbeiteten Probestrecken gelegen haben. Die Strecke wurde später nicht mehr kontrolliert.

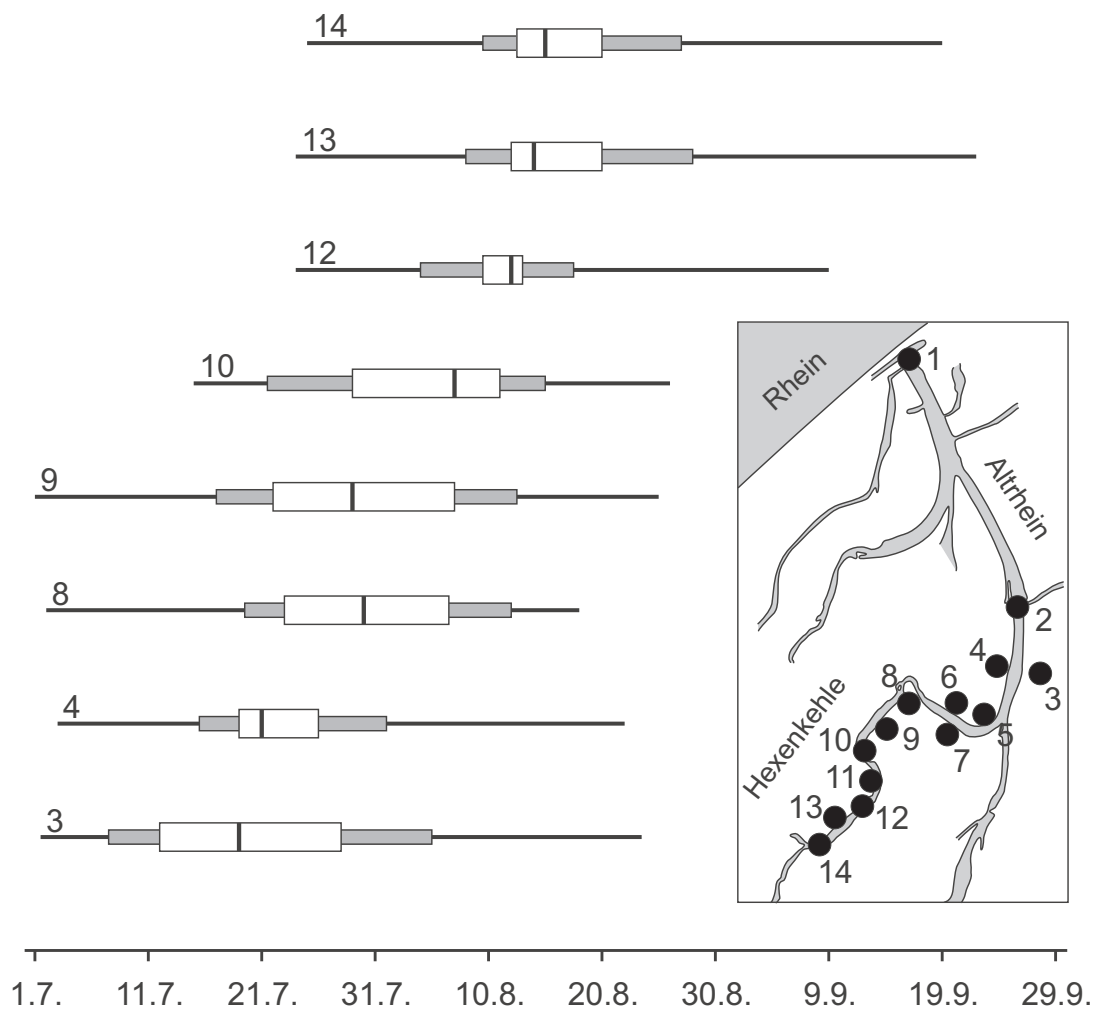
**1999:** Im Hochwasserjahr 1999 begann die Emer-

genz – wie bei anderen Arten (WESTERMANN in Vorb.) – erst, als die Wasserstände wieder auf normale Maße gefallen waren. Während an der Hexenkehle die Abundanzen gegenüber einem Regeljahr kräftig anstiegen, fiel die Art am Altrhein weitgehend aus (WESTERMANN in Vorb.).

Der Median verschob sich vom Unterlauf der Hexenkehle bis zu ihrem Oberlauf statistisch hoch signifikant um über einen Monat (Abb. 1). Auf den meisten Strecken erfolgte die Emergenz verspätet. So lag der Median am Mittel- und Oberlauf der Hexenkehle 11 bis 20 Tage später als im Jahr danach. Der Schlüpfhöhepunkt reichte selbst am Unterlauf (Probestrecken Nr. 5 bis 7 in Abb. 1) bis nach Mitte August.



**Abb. 1:** Jahreszeitlicher Verlauf 1999 der Emergenz der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) auf sieben Probestrecken der Hexenkehle (vgl. Text). Auf der Karte ist die Lage und die Nummer aller in dieser Arbeit berücksichtigten Probestrecken skizziert. Weiße Rechtecke: Schlüpfhöhepunkt. Senkrechte Balken innerhalb der weißen Rechtecke: Median. Graue und weiße Rechtecke: Hauptschlüpfzeit (graue Rechtecke: Emergenz-Intervalle für 10-25% bzw. 75-90% der Imagines). Schwarze Striche: Frühphase bzw. Spätphase. Die Daten sind wegen der relativ großen Abstände der Kontrollen mit Unsicherheiten behaftet, die beim Median gering bleiben, aber mit wachsendem Abstand vom Median größer werden. Die Daten der Probestrecke Nr. 5 werden wegen der kleinen Stichprobe nur in der Abbildung dargestellt, aber für die Berechnung von Mittelwerten usw. nicht benutzt.



**Abb. 2:** Jahreszeitlicher Verlauf 2000 der Emergenz der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) auf acht Probestrecken des Altrheins und der Hexenkehle (vgl. Text). Auf der Karte ist die Lage aller in dieser Arbeit berücksichtigten Probestrecken skizziert. Übrige Legende wie in Abb. 1.

**Tab. 2:** Übersicht der in dieser Arbeit verwendeten Daten und der daraus ermittelten Kenngrößen zum zeitlichen Verlauf der Emergenz der Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*). Für die Berechnung der Mittelwerte wurden die „weiteren Stichproben“ nicht verwendet, weil diese zu klein oder zu ungenau waren. Wegen der kleinen Zahlen der Stichproben werden die Mittelwerte nicht für einzelne Jahre, sondern nur für alle Stichproben der Jahre 1999 bis 2001 berechnet.

| Jahr                             | 1998                    | 1999   | 2000           | 2001          |
|----------------------------------|-------------------------|--|----------------|---------------|
| Zahl der Stichproben             | 0                       | 6  | 8              | 3             |
| Weitere Stichproben              | 1                       | 1  | 0              | 0             |
| Zahl der Exuvien                 | 497                     | 21260  | 13831          | 3050          |
| Median                           | vor 19.07.<br>(10.07.?) | 26.07.-31.08.  | 19.07.-15.08.  | 23.07.-31.07. |
| Schlüpfhöhepunkt $\Delta T_1$    | -                       | 11-19,5 Tage   | 3,5-18 Tage    | 5-8 Tage      |
| Mittelwert $\Delta T_1$ (n = 17) | -                       | 11,7 ± 4,9 Tage (Standardabweichung von Stichproben) |                |               |
| Hauptschlüpfzeit $\Delta T_2$    | -                       | 22-31,5 Tage   | 13,5-28,5 Tage | 11,5-19,5     |
| Mittelwert $\Delta T_2$ (n = 17) | -                       | 22,4 ± 6,0 Tage (Standardabweichung von Stichproben) |                |               |

Am Mittellauf (Probestrecken Nr. 9/10 und 11) begann er erst in der zweiten Augustdekade und endete um den 25.08.; hier nahm die Hauptschlüpfzeit praktisch den gesamten August ein. Extrem spät verlief die Emergenz am Oberlauf (Probestrecke 13/14): Hauptschlüpfzeit 19.08.-11./12.09., Schlüpfhöhepunkt 25./26.08.-06./07.09., Median 31.08. (n = 3964), vgl. auch Tab. 1.

**2000:** Der Median verschob sich – ähnlich wie 1999 – von den Strecken am Altrhein allmählich bis zum Oberlauf der Hexenkehle (Abb. 2). Die zeitlichen Unterschiede der Mediane erwiesen sich wiederum oft als statistisch hoch signifikant, so daß die Unterschiede auch trotz des relativ großen Abstands der Kontrollen als gut gesichert gelten können.

**2001:** Ähnlich wie in den Jahren zuvor verschob sich der Median vom Altrhein (23.07.) über den nahen Unterlauf der Hexenkehle (26./27.07.) zu dem direkt anschließenden Seitenarm Nr. 8 (31.07.).

### 3.4.2 Übereinstimmende Daten in verschiedenen Jahren

Die Daten einer kurzen, recht homogenen Altrheinstrecke mit hohen Abundanzen, relativ gleichmäßigen Wassertemperaturen und einer Strömung von mindestens 10 cm/s (Nr. 4 in Abb. 1, 2) waren in den beiden aufeinanderfolgenden Jahren 2000 und 2001 fast identisch (Tab. 3). Die Mediane einer kurzen, flachen, beschatteten, nicht durchströmten Seitenbucht der Hexenkehle (Nr. 8 in Abb. 1, 2) streuten nur geringfügig vom 29.07. (1999) über den 30.07. (2000) zum 31.07. (2001).

**Tab. 3:** Der zeitliche Ablauf der Emergenz der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) auf der Probestrecke Nr. 4 (Länge 87 m) am Altrhein in den Jahren 2000 und 2001 (2000: 1832 Exuvien, 2001: 1794 Exuvien).

Zeitpunkte, zu denen 10 bis 90% aller Imagines geschlüpft waren. Dauer des Schlüpfhöhepunktes  $\Delta T_1$  (25%-75%) und der Hauptschlüpfzeit  $\Delta T_2$  (10%-90%).

| Anteil              | 2000       | 2001       |
|---------------------|------------|------------|
| 10%                 | 15./16.07. | 15.07.     |
| 25%                 | 19.07.     | 18./19.07. |
| 50%                 | 21.07.     | 23.07.     |
| 75%                 | 26.07.     | 26./27.07. |
| 90%                 | 01.08.     | 31.07.     |
| $\Delta T_1$ /Tagen | 7          | 8          |
| $\Delta T_2$ /Tagen | 16,5       | 16         |

### 3.4.3 Unterschiede zwischen gegenüberliegenden Ufern

Überraschenderweise ergaben sich 1999 statistisch hoch signifikante Unterschiede auf demselben Abschnitt des Unterlaufs der Hexenkehle zwischen den beiden Ufern (Tab. 4). Das Nordufer (Strecke Nr. 6) ist stark besonnt und sehr flach; es erwärmt sich daher am Rand beträchtlich. Das Südufer (Nr. 7) liegt nach dem frühen Vormittag weitgehend im Schatten und weist gegenüber dem Nordufer durchschnittlich erheblich tiefere Uferbereiche auf.

Die Unterschiede wirkten sich ganz besonders beim Median aus: um Mitte August stiegen auf der Strecke Nr. 7 die täglichen Schlüpfraten noch einmal beträchtlich an – ein Effekt, der auf der anderen Uferseite und auf der nach oben anschließenden Gewässerstrecke nur noch schwach ausgeprägt war. Die Ursache ist in beträchtlichen Verschiebungen der Larvenpopulationen aufgrund des Hochwassers zu vermuten: Während die Art am Altrhein praktisch ausfiel und am Oberlauf der Hexenkehle die Abundanzen weitgehend unverändert blieben, stiegen sie am Unterlauf auf mindestens die dreifachen Werte der Vorjahre (WESTERMANN 2002a und in Vorb.). In einem Normaljahr ergaben sich bisher keine Hinweise auf einen ähnlichen Effekt.

**Tab. 4:** Der zeitliche Ablauf der Emergenz der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) am Unterlauf der Hexenkehle 1999 (Nr. 6: 3357 Exuvien, Nr. 7: 4309 Exuvien). Vergleiche Legende zu Tabelle 3 und Text.

| Anteil | Nr. 6      | Nr. 7      |
|--------|------------|------------|
| 10%    | 26.07      | 28.07.     |
| 25%    | 27./28.07. | 01./02.08. |
| 50%    | 04.08.     | 15./16.08. |
| 75%    | 16.08.     | 20./21.08. |
| 90%    | 22./23.08. | 25./26.08. |

### 3.4.4 Zum Einfluß der Homogenität einer Strecke

Vermutlich sind die Dauern von Schlüpfhöhepunkt  $\Delta T_1$  bzw. Hauptschlüpfzeit  $\Delta T_2$  und die Homogenität (und damit die Länge) einer Strecke korreliert. So zeichnete sich die Strecke mit den kürzesten Dauern ( $\Delta T_1 = 3,5$  Tage,  $\Delta T_2 = 13,5$  Tage) durch hohe Abundanzen (2684 Exuvien/ 130 m Gewässerstrecke), späte Emergenz (Median 12.08.) und eine ausgeprägte Homogenität von Breite, Tiefe, Strömung, Wassertemperatur, Beschattung und Wasservegetation aus (Nr. 12 im Jahre 2000).

Auch die Werte der kurzen und homogenen Altrheinstrecke Nr. 4 waren in den beiden Untersuchungsjahren 2000 und 2001 mit 7 und 8 bzw. 16,5 und 16 Tagen deutlich kleiner als die Mittelwerte, vgl. Tabelle 3 in Kapitel 3.4.2. Auf der etwa fünfmal so langen Probestrecke Nr. 3 (Jahr 2000) des gegenüberliegenden Ufers dauerten der Schlüpfhöhepunkt mit 16 Tagen und die Hauptschlüpfzeit mit 28,5 Tagen dagegen viel länger. Faßt man die acht Stichproben des Jahres 2000 zu einer Stichprobe zusammen, so erhöhen sich trotz der geringen Entfernung zwischen allen Strecken mit der erheblich gestiegenen Inhomogenität naturgemäß die Dauern des Schlüpfhöhepunktes auf 20,5 Tage und der Hauptschlüpfzeit auf 34,5 Tage; diese Werte liegen jeweils höher als die Maxima der 17 Stichproben und weit höher als die Mittelwerte (vgl. Tab. 2).

### 3.5 EM<sub>50</sub> – Indizes

Die Angabe von Daten ist nur für jene Probestrecken sinnvoll, auf denen der Beginn der Emergenz mit erheblicher Wahrscheinlichkeit höchstens um wenige Tage zu spät registriert worden ist; als Richtwert wurden alle jene Daten als hinreichend genau angesehen, bei denen am ersten Tag höchstens 0,5% aller Exuvien gefunden wurden. In jedem Fall werden aber nur die festgestellten Emergenz-Daten verwendet, so daß die Indizes Mindestwerte bedeuten.

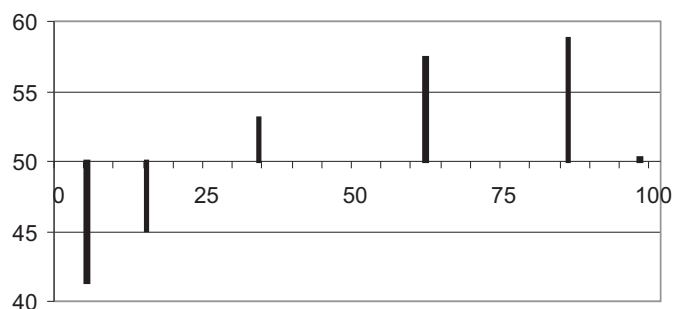
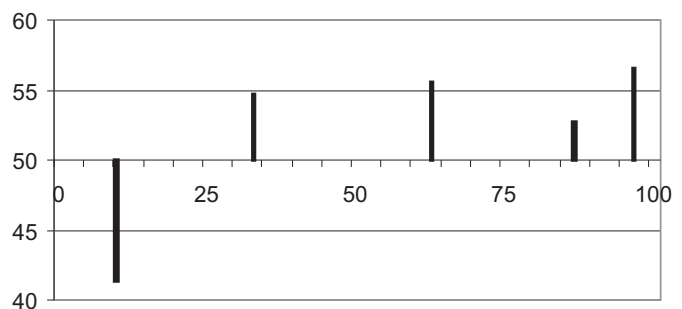
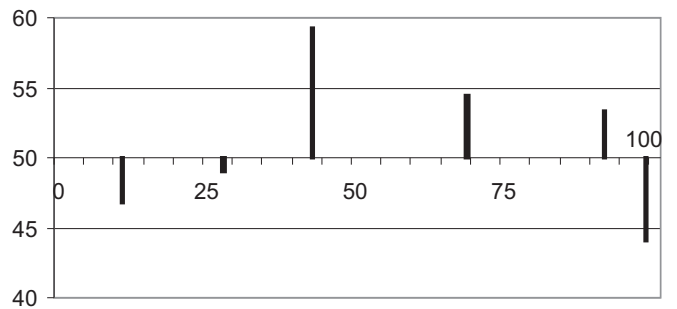
Daten von zwölf Probestrecken (vier 1999, sechs 2000, zwei 2001) streuen zwischen 11 und 31 Tagen. Der aus den Stichproben bestimmte Mittelwert beträgt  $20,4 \pm 6,1$  Tage. Die wirklichen Werte dürften mehrere Tage größer sein.

### 3.6 Geschlechtsspezifische Unterschiede

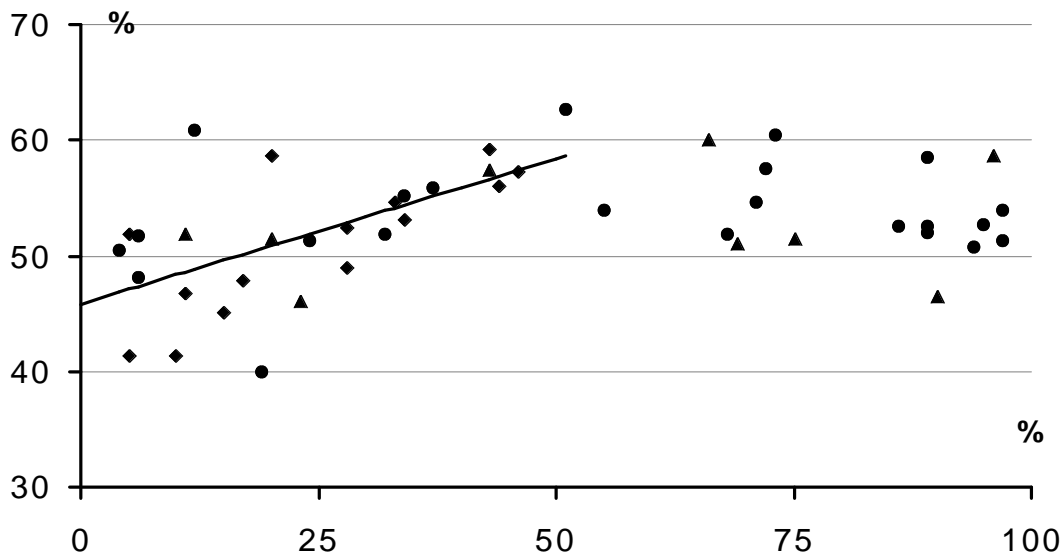
In vielen Stichproben war der Weibchenanteil am Anfang der Emergenz-Periode relativ hoch. Er sank meistens rasch ab, so daß die Männchen dann dominierten. Gegen Ende war das Geschlechterverhältnis oft wieder mehr oder weniger ausgeglichen, die Verhältnisse blieben aber insgesamt uneinheitlich. Die große Mehrzahl der Probestrecken zeigte – statistisch hoch signifikant – auf diese Weise im Verlauf der Emergenzperiode inhomogene Geschlechterverhältnisse. Typische Beispiele sind in Abbildung 3 dargestellt.

Das Geschlechterverhältnis aller verwertbaren Stichproben ist in Abbildung 4 dokumentiert: Bis zum Median ( $x = 50\%$ ) stieg der Männchenanteil signifikant (Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,376$ ,

$n = 28$ ). Die Weibchen erreichten bei der Emergenz das 1. Quartil durchschnittlich 1,2 Tage und den Median 0,7 Tage früher als die Männchen ( $n = 17$ ). Danach verliefen die Summenkurven meistens gleich – beim 3. Quartil hatten die Weibchen beispielsweise noch einen (rechnerischen) Vorsprung von durchschnittlich 0,1 Tagen. Das Geschlechterverhältnis von 16 Probestrecken schwankte zwischen 47,6% und 60,0% Männchen. Es



**Abb. 3:** Anteil der Männchen der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) (in %) in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Emergenz auf drei Probestrecken 1999 (Beispiele). Der Zeitpunkt der Emergenz ist durch die Abszissen 0 (Beginn), 25 (1. Quartil), 50 (Median), 75 (3. Quartil), 100 (Ende) dargestellt. Jede Stichprobe enthielt mindestens 100 Tiere. Der Anteil der nicht nach dem Geschlecht bestimmbar bzw. bestimmten Exuvien lag in jeder Stichprobe weit unter 1%.



**Abb. 4:** Anteil der Männchen der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) in Abhängigkeit vom Zeitpunkt innerhalb der Emergenzperiode. Abszisse: Prozentsatz der insgesamt schon geschlüpften Tiere einer Probestrecke ( $x = 0\%$ : Beginn der Emergenz,  $x = 25\%$ : 1. Quartil,  $x = 50\%$ : Median usw.). Ordinate: Männchenanteil der jeweiligen Stichprobe, für die als Abszisse die Mitte des zugehörigen Emergenz-Intervalls gewählt wurde. Jede Stichprobe bestand aus den Exuvien einer Probestrecke zu einem bestimmten Untersuchungstermin und enthielt mindestens 100 Tiere. Insgesamt wurden 1999 (Rauten) 20989 Exuvien, 2000 (Kreise) 9799 Exuvien und 2001 (Dreiecke) 2990 Exuvien verwertet. Der Anteil der nicht nach dem Geschlecht bestimmbar bzw. bestimmten Exuvien lag in jeder Stichprobe weit unter 1%.

wird hier wegen des relativ großen zeitlichen Abstands der Erhebungen nicht explizit angegeben. Meistens dominierten jedoch die Männchen; der Wert von 50% Männchen lag viermal innerhalb, zwölfmal unterhalb des 5%-Vertrauensintervalls für das Geschlechterverhältnis der Probestrecke.

### 3.7 Abhängigkeit von der Wassertemperatur

Im Kapitel 3.4 wurde gezeigt, daß sich die Emergenz an der Hexenkehle vom Unterlauf zum Oberlauf um mehrere Wochen zu späteren Zeiten hin verschiebt. Der Effekt ist mit den Wassertemperaturen korreliert, die vom Unterlauf zu den Quellbereichen am Oberlauf absinken. Die absoluten Temperaturwerte schwanken wegen der geringen Schüttung vor allem mit den Lufttemperaturen zeitweise beträchtlich, so daß der Zusammenhang nur qualitativ beschrieben wird (Tab. 5). Neben dem Median verschieben sich entsprechend der Beginn, das Ende und die Lage von Schlüpfhöhepunkt und Hauptschlüpfzeit mit sinkenden Wassertemperaturen zu späteren Zeitpunkten hin.

## 4. Diskussion

### 4.1 Einfluß der Wassertemperatur

Im Kapitel 3.7 ist die negative Korrelation zwischen der Wassertemperatur und dem Median der Emergenz dargestellt worden. Je tiefer die durchschnittlichen Wassertemperaturen sind, desto später liegt die gesamte Emergenz-Periode.

Die beiden Probestrecken der Hexenkehle mit den größten Zeitunterschieden liegen in der Luftlinie knapp 800 m voneinander entfernt. Der Laubaustrieb läuft im gesamten Bereich gleichzeitig ab; die Baum- und Straucharten sind so gleichmäßig verbreitet (vgl. WESTERMANN 2000), daß Unterschiede in der Verteilung früh oder spät austreibender Gehölzarten unwahrscheinlich sind. Es darf daher damit gerechnet werden, daß die Prolarven an allen untersuchten Gewässerabschnitten weitgehend gleichzeitig schlüpfen und sich folglich die Larvalentwicklung zum Oberlauf hin verlangsamt. Da hier die Gemeine Weidenjungfer (ähnlich wie die Hufeisen-Azurjungfer, *Coenagrion puella*) alljährlich in sehr hohen Abundanzen auftritt (WESTERMANN 2002a), dürfte die verfügbare Nahrung als begrenzender Faktor aus-



**Tab. 5:** Wassertemperaturen der Hexenkehle und Median der Emergenz der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*). Die Probestrecken (Abb. 1, 2) sind vom Mündungsbereich (Nr. 5) bis zum Oberlauf (Nr. 14) angeordnet (Nr. 6 bzw. 7: stark besonntes bzw. überwiegend im Schatten liegendes Ufer derselben Strecke, vgl. Kap. 3.4.2; Nr. 8: seichter, beschatteter Seitenarm ohne Durchfluß). Die Wassertemperaturen (in °C) wurden Anfang Juni bis Mitte August im Bereich der Gewässermitte etwa 10 cm unter der Oberfläche regelmäßig gemessen; sie sinken in den meisten Bereichen zum Gewässerboden hin ab und steigen zu seichten Uferbereichen hin an. Die Temperaturen sind im April auf der gesamten Strecke häufig noch sehr einheitlich (z.B. 17.04.2000 11,7°-12,2°) und differenzieren sich allmählich in der Regel Ende April/Mai.

| Probestrecke | Extreme Wassertemperaturen 2000 | Normale Wassertemperaturen | Median der Emergenz 2000 | Median der Emergenz 1999 |
|--------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 5            | 17,5-24                         | 19-22                      |                          | 26.07.                   |
| 6            | 17,5-24                         | 19-21                      |                          | 04.08.                   |
| 7            | 17,5-24                         | 19-21                      |                          | 15./16.08.               |
| 8            | 15,4-24                         | 19-21                      | 30.07.                   | 29.07.                   |
| 9            | 15,5-22,5                       | 17-19                      | 29.07.                   | 18.08.                   |
| 10           | 15,0-21                         | 17-18                      | 07.08.                   |                          |
| 11           | 15,4-22                         | 17-18                      |                          | 18./19.08.               |
| 12           | 14,5-19                         | 16-17                      | 12.08.                   |                          |
| 13           | 15,0-20                         | 15-16                      | 14.08.                   | 31.08.                   |
| 14           | 14,4-20                         | 14-17                      | 15.08.                   |                          |

scheiden. Fische fehlen am Oberlauf weitgehend, zumal dieser von praktisch fischlosen Flachstrecken eingerahmt ist; alle Großlibellen entwickeln hier ziemlich geringe Abundanzen; es ist daher unwahrscheinlich, daß die Larvalentwicklung der Weidenjungfer infolge einer regelmäßigen Beunruhigung der Larven durch Räuber verzögert wird. Vermutlich ist die Wassertemperatur selbst deshalb der kausale Faktor für die langsame Entwicklung. PICKUP & THOMPSON (1984) wiesen mit Labor-Versuchen die langsamere Entwicklung der Larven der verwandten Art *Lestes sponsa* bei kühleren Wassertemperaturen direkt nach.

Von Mitte August bis Mitte September schlüpfende Imagines treffen in der südlichen Oberrheinebene meistens noch Wetterbedingungen an, die eine erfolgreiche Reifung ermöglichen. Eiablage kommt an Schönwettertagen den ganzen Oktober über häufig vor. Auf diese Weise erscheint der Aufbau der Population am Oberlauf möglich, wobei zusätzlich allerdings noch ein gewisser Austausch mit benachbarten Populationen in Rechnung zu stellen ist, deren Tiere früher geschlüpft sind. Da die Abundanzen am Oberlauf alljährlich die größten des Untersuchungsgebiets waren oder zu den größten gehört haben, kann der Aufbau der Imagines-Population aber nicht entscheidend durch Fremdsiedlungen, sondern muß überwiegend durch geburtsortstreue Individuen erfolgt sein.

## 4.2 Methodische Fragen

### 4.2.1 EM<sub>50</sub> – Index und Median

Zur Charakterisierung des Emergenzverlaufs wird häufig der EM<sub>50</sub> – Index verwendet (vgl. z.B. JÖDICKE 1997; STERNBERG & BUCHWALD 1999, S. 32). Dieses Maß hat verschiedene Nachteile:

- Die erste geschlüpfte Imago ist in einer hinreichend großen Stichprobe nur mit sehr großem Aufwand zu ermitteln. In der Praxis sind EM<sub>50</sub> – Indizes daher häufig Mindestwerte.
- Es ist sehr schwierig zu klären, inwieweit die ersten Tiere der gewählten Stichprobe repräsentativ für die Population sind. Anscheinend schlüpfen die ersten Tiere häufig sehr lokal und damit nicht unbedingt auf der gewählten Probestrecke (K. WESTERMANN unveröff.).
- Die Wahrscheinlichkeit, ein frühes Tier anzutreffen, ist gering. Damit können auch kurzzeitig wirkende Wettereinflüsse den EM<sub>50</sub> – Index nachhaltig verändern.
- In einer großen Population ist die Wahrscheinlichkeit, sehr frühe Tiere anzutreffen, erheblich größer als in einer kleinen. Der EM<sub>50</sub> – Index hängt damit von der Populationsgröße und der Größe der Stichprobe ab.
- Der statistische Vergleich der EM<sub>50</sub> – Indizes von zwei Stichproben ist kaum möglich.
- Der EM<sub>50</sub> – Index ist ein Maß für die Dauer der Emergenzperiode und nicht für deren Zeitpunkt.

Da zur Bestimmung des  $EM_{50}$  – Index der Median ermittelt werden muß, sollte dieser zusätzlich als Maß für den Zeitpunkt angegeben werden.

Dagegen verdient der Median verstärkte Beachtung (vgl. z.B. auch ARNOLD-REICH 1990, HOESS 1993):

- Medianwerte sind gegenüber ungenauen Einzeldaten am Beginn und am Ende der Emergenz völlig unempfindlich.
- Medianwerte sind gegenüber wetterbedingten Schwankungen oder Beobachtungsfehlern ziemlich unempfindlich. Bei drei realen großen Stichproben der Gemeinen Weidenjungfer wurde versuchsweise angenommen, daß beim Kontrolltermin direkt vor dem Median 5% bzw. 10% aller über die gesamte Emergenzperiode geschlüpften Imagines nicht erfaßt wurden; dies hätte zu einer Verschiebung des Medians um 0,5 Tage bis einen Tag geführt.
- Mediane bleiben unverändert, wenn bei jeder Erfassung (angenähert) der gleiche Prozentsatz an Exuvien unzugänglich usw. ist.
- Der Median hängt nicht von der Populationsgröße oder der Größe der Stichprobe ab.
- Der Median hängt nicht von der Verteilungsfunktion der täglichen Schlüpfraten ab.
- Mediane eignen sich am ehesten für (einfache) statistische Vergleiche von Stichproben. Die Repräsentativität der Stichprobe für die Population kann damit eher geklärt werden.
- Bei einem einigermaßen zeitlich regelmäßigen Verlauf der Emergenz sind Interpolationen zulässig, so daß der Median und die weiteren Kenngrößen (10%, 1. und 3. Quartil, 90%) auch graphisch bestimmt werden können (vgl. STERNBERG & BUCHWALD 1999, S. 32).
- In vielen Fällen schlüpfen die Imagines in guter Näherung entsprechend einem logistischen Wachstumsmodell, siehe Kapitel 4.2.2 (vgl. auch WESTERMANN et al. 1995 zu *Gomphus vulgatissimus*). Es ist dann möglich, den Median und andere Kenngrößen mit Hilfe einer linearen Regression zu berechnen.

Zur quantitativen Beschreibung der Dauer der Emergenz sind Schlüpfhöhepunkt  $\Delta T_1$  und Hauptschlüpfzeit  $\Delta T_2$  besser als der  $EM_{50}$  – Index geeignet:

- $\Delta T_1$  und  $\Delta T_2$  sind unempfindlicher gegenüber Beobachtungsfehlern und zufälligen Schwankungen.
- Sie kennzeichnen Zeitintervalle, die nicht von frühen oder späten Ausreißern abhängig sind.
- Sie hängen höchstens bei (zu) kleinen Stichproben von deren Größe ab.
- Sie können eventuell statistisch für verschiedene

Stichproben getestet werden, indem Anfang und Ende der jeweiligen Intervalle entsprechend wie bei einem Mediantest verglichen werden.

#### 4.2.2 Ein Emergenzmodell

Ähnlich wie bei der Gemeinen Keiljungfer (WESTERMANN et al. 1995) wächst die Zahl der geschlüpften Imagines der Gemeinen Weidenjungfer nach dem logistischen Wachstumsmodell an, zumindest in einem Gewässer mit homogenen Strukturen und unter hinreichend günstigen Witterungsbedingungen. Dabei ist die Zahl der täglich schlüpfenden Imagines angenähert zu dem Produkt aus der Zahl der schon geschlüpften und der Zahl der noch nicht geschlüpften Imagines proportional. Am Anfang und am Ende der Schlüpfperiode ist das Produkt klein, weil entweder erst wenige oder fast alle Imagines geschlüpft sind; die täglichen Zuwächse sind also gering. Während des Schlüpfhöhepunktes ist das Produkt am größten. Die logistische Zunahme kann quantitativ durch die Formeln

$$N(t) = \frac{K}{1 + e^{-c \cdot (t - t_{50})}}$$

$$N'(t) = \frac{K \cdot c \cdot e^{-c \cdot (t - t_{50})}}{\left(1 + e^{-c \cdot (t - t_{50})}\right)^2}$$

beschrieben werden. Dabei bedeuten

- $N(t)$ : Zahl der bis zum Tag  $t$  geschlüpften Imagines,
  - $N'(t)$ : tägliche Schlüpfrate,
  - $K$ : Gesamtzahl der schlüpfenden Imagines,
  - $e$ : Eulersche Zahl,  $\ln$ : Logarithmus zur Basis  $e$ ,
  - $c$ : Wachstumskonstante des exponentiellen Wachstums, das am Anfang angenähert allein wirksam ist,
  - $t_{50}$ : Median ( $t_{25}$ : 1. Quartil,  $t_{75}$ : 3. Quartil usw.).
- Das Modell kann getestet werden, indem man zunächst die Funktionsgleichung für  $N(t)$  linearisiert.

$$\ln\left(\frac{K}{N(t)} - 1\right) = -c \cdot t + c \cdot t_{50}$$

Berechnet man für alle Wertepaare  $(t, N(t))$  die transformierten Paare  $(t, \ln(K/N(t) - 1))$ , so liegen diese im Idealfall auf einer Geraden. Eine lineare Regression und das zugehörige Bestimmtheitsmaß erlauben

eine statistische Überprüfung. Bei den 17 Stichproben der vorliegenden Arbeit variierte das Bestimmtheitsmaß zwischen 0,914 und 0,996 und betrug durchschnittlich  $0,966 \pm 0,027$ . Das Modell ist damit anwendbar. Es macht u.a. folgende theoretischen Vorhersagen:

- $t_{25} = t_{50} - \ln 3 / c$   
 $t_{75} = t_{50} + \ln 3 / c$   
 $t_{75} - t_{25} = \Delta T_1 = 2 \ln 3 / c$
- $t_{10} = t_{50} - 2 \ln 3 / c$   
 $t_{90} = t_{50} + 2 \ln 3 / c$   
 $t_{90} - t_{10} = \Delta T_2 = 4 \ln 3 / c = 2 \Delta T_1$
- $N'(t_{50}) = 0,25 c K$   
 $N'(t_{25}) = N'(t_{75}) = 0,75 N'(t_{50})$   
 $N'(t_{10}) = N'(t_{90}) = 0,36 N'(t_{50})$

Theoretisch dauert die Hauptschlüpfzeit  $\Delta T_2$  also exakt doppelt so lange wie der Schlüpfhöhepunkt  $\Delta T_1$ . Der Median  $t_{50}$  liegt theoretisch in der Mitte von  $\Delta T_1$  bzw.  $\Delta T_2$ . Die Wachstumskonstante  $c$  errechnet sich einfach aus  $\Delta T_1$  bzw.  $\Delta T_2$  oder aus der Steigung der Regressionsgeraden. Während  $\Delta T_1$  schlüpfen täglich mindestens 75% der maximalen täglichen Schlüpfrate, die am Median erreicht wird; während  $\Delta T_2$  sind es täglich mindestens 36% des Maximums.

Der einfache Zusammenhang  $\Delta T_2 = 2 \Delta T_1$  kann bei Stichproben getestet werden. Bei der vorliegenden Untersuchung schwankte der Faktor ( $n = 17$ ) zwischen (1,41) 1,5 und 2,5 (2,63, ausnahmsweise 3,86); sein Mittelwert lag mit  $2,10 \pm 0,58$  nahe beim theoretischen Wert; ohne den Ausreißer 3,86 erreichte er mit  $1,99 \pm 0,38$  fast den Idealwert.

Bei der Berechnung der Wachstumskonstanten  $c$  zeigten sich auffällige Tendenzen:

- Aus dem Schlüpfhöhepunkt  $\Delta T_1$  ergab sich der Mittelwert  
 $c = (0,234 \pm 0,134) \text{ Tage}^{-1}$ ,  
 also vor allem eine große Standardabweichung. Diese beruht im wesentlichen auf verschiedenen Ausreißern, die im Extremfall weniger als die Hälfte oder mehr als das Doppelte des Mittelwertes ausmachen.
- Verwendet man statt dessen  $\Delta T_2$ , so sinken der Mittelwert und vor allem die Standardabweichung auf  
 $c = (0,213 \pm 0,068) \text{ Tage}^{-1}$ .  
 Die Verwendung von  $\Delta T_2$  bringt eine oft sehr erhebliche Reduzierung der Abweichungen vom Mittelwert: so waren von den 17 Werten allein zwölf besser, d.h. näher beim Mittelwert, drei waren etwa oder genau gleich wie bei der ersten Berechnung, nur zwei Wachstumskonstanten wurden schlechter. Die Gründe können nicht

belegt werden. Wahrscheinlich ist eine ausgleichende Wirkung des längeren Zeitintervalls auf kurzfristige, weitgehend zufällige extreme Entwicklungen der Emergenz. Nicht auszuschließen ist, daß die relativ langen Intervalle zwischen zwei Aufsammlungen trotz des recht gleichmäßig erscheinenden Ablaufs der Emergenz gelegentlich zu Verzerrungen geführt haben.

Trotz des geringeren Wertes von  $c$  liegt die Mehrzahl der Einzeldaten (10 von 17) unterhalb des Mittelwertes; vor allem zwei grobe Ausreißer (0,326; 0,382) erhöhen den Mittelwert und die Standardabweichung; läßt man diese weg, so dürfte mit

$$c = (0,194 \pm 0,044) \text{ Tage}^{-1}$$

ein Wert nahe dem Idealwert erreicht sein.

- Berechnet man die Wachstumskonstante über die Steigung der Regressionsgeraden zu  
 $c = (0,240 \pm 0,056) \text{ Tage}^{-1}$ ,  
 so bleibt die Standardabweichung erwartungsgemäß gering, aber der Mittelwert ist letztlich zu hoch; die Regression erhöht allein elfmal den Wert von  $c$  und verringert ihn nur viermal; eine zu große Steigung könnte nach dem Material vor allem damit erklärt werden, daß der Beginn und die Frühphase der Emergenz häufig zu spät registriert und in Rechnung gestellt wurden.

Das Modell ist bei sehr frühen und bei sehr späten Daten nicht mehr anwendbar, weil die Summe  $N(t)$  nicht wie im Modell asymptotisch gegen 0 bzw. gegen  $K$  strebt. Die Entwicklungszeit der Larven variiert zwar selbst auf kurzen Probestrecken um etliche Wochen, kann aber offensichtlich höchstens sehr begrenzt weiter verkürzt oder verlängert werden.

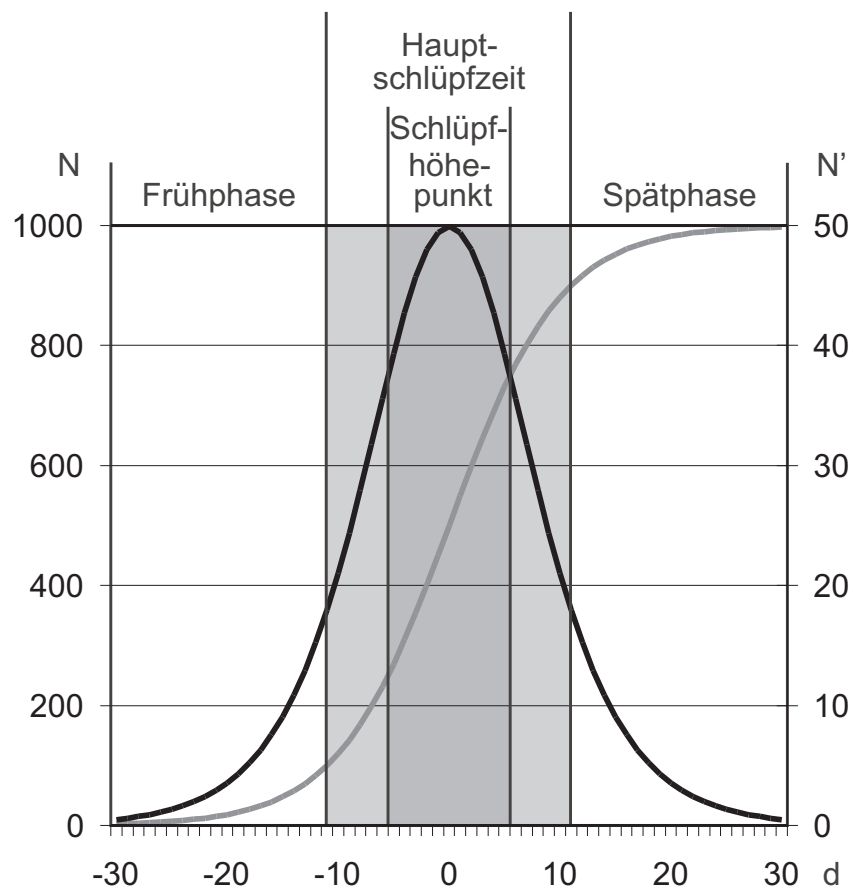
### 4.2.3 Die Begriffe Schlüpfhöhepunkt und Hauptschlüpfzeit

Beide Begriffe werden qualitativ regelmäßig benutzt. WESTERMANN et al. (1995) definierten sie quantitativ so, wie sie hier wiederum angewendet werden. Zwischenzeitlich führten STERNBERG & BUCHWALD (1999, S. 32) den Begriff Hauptschlüpfphase synonym zu Schlüpfhöhepunkt ein, ohne ihn allerdings quantitativ für die einzelnen Arten anzugeben. Die Begriffsinhalte sollen hier für die Gemeine Weidenjungfer veranschaulicht werden. Dazu wird ein Modell entwickelt, das sich eng an den mittleren Verhältnissen des Untersuchungsgebiets orientiert:

Auf einer Probestrecke sollen 1000 Imagines ( $K = 1000$ ) mit einer Hauptschlüpfzeit von 22,0 bzw. einem Schlüpfhöhepunkt von 11,0 Tagen nach dem logistischen Modell schlüpfen; die gesamte Schlüpfperiode soll aber entgegen dem Modell auf 61 Tage

**Tab. 6:** Schema der Begriffsinhalte von Kenngrößen der Emergenzperiode. Grau: Quantitative Inhalte aufgrund der Definition oder der Aussagen des Modells. Weiß: Qualitative Begriffsinhalte, unter denen die entscheidenden fett gedruckt sind.

| Name und Symbol                                 | Frühphase (Spätphase)  | Hauptschlüpfzeit $\Delta T_2$               | $\Delta T_2$ ohne $\Delta T_1$ | Schlüpfhöhepunkt $\Delta T_1$  |
|---|--|---|--------------------------------|--|
| Anteil an der Summe aller schlüpfenden Imagines | 0-10% (90-100%)  | 10-90%                                      | 10-25% und 75-90%              | 25-75%   |
|   | <b>geringer Teil in relativ langer Zeit</b>                          | <b>Großteil</b>                             |                                | <b>beträchtlicher Teil in relativ kurzer Zeit</b>                    |
| Dauer (in % der Gesamtdauer)                    | mindestens 25%   | maximal 50% ( $\Delta T_2 = 2 \Delta T_1$ ) |                                | maximal 25%  |
| Tägliche Schlüpfrate $N'$                       | gering bis mäßig (mäßig bis gering)                                  | <b>mäßig bis groß</b>                       | mäßig bis ziemlich groß        | <b>anhaltend groß</b>  |
|   | 0-36%  | 36-100%                                     | 36-75%                         | 75-100%  |
| Steigerungsrate von $N'$                        | zunächst sehr gering, dann immer stärker zunehmend (stark abnehmend) |   | sehr groß                      | von sehr großer Zunahme über kleine Werte bis zu sehr großer Abnahme |



**Abb. 5:** Logistisches Modell der Emergenz für eine Population von insgesamt 1000 Imagines der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) mit einer Hauptschlüpfzeit von 22 Tagen. Abszisse: Tage vor und nach dem Median ( $x = 0$ ) der Emergenzperiode. Ordinaten  $N(t)$ : Zahl der bis zum Tag  $t$  insgesamt geschlüpften Imagines, graue Kurve. Ordinaten  $N'(t)$ : tägliche Schlüpfrate, schwarze Kurve. In beiden Diagrammen sind statt der diskreten Säulen schematisiert kontinuierliche Linien gezeichnet.

beschränkt sein, je 30 Tage vor und nach dem Median. In Abbildung 5 werden die täglichen Schlüpfraten und für jeden Tag die Summe der bis dahin geschlüpften Tiere als Graphen der entsprechenden Funktionen dargestellt. In der Frühphase sind die täglichen Schlüpfraten zunächst klein, wachsen aber immer stärker an. An dem Tag, bis zu dem 10% aller Imagines geschlüpft sind, also die Hauptschlüpfzeit beginnt, schlüpfen schon etwa 18 Imagines (36% des Medianwertes von etwa 50 Imagines). Die größten Steigerungsraten der täglichen Schlüpfraten sind kurz vor dem Tag erreicht, bis zu dem 25% aller Imagines geschlüpft sind und etwa 37 Imagines (75% der maximalen Schlüpftrate) schlüpfen, also der Schlüpfhöhepunkt beginnt. In der kurzen Zeit von 11 Tagen schlüpfen dann unter anhaltend hohen und bis zum Median immer langsamer anwachsenden täglichen Schlüpfraten 500 Imagines, d.h. die Hälfte aller schlüpfenden Tiere. Nach dem Median nehmen die Schlüpfraten symmetrisch zum Median wieder ab. Bei einer realen Stichprobe fällt die maximale tägliche Schlüpftrate häufig nicht genau auf den Median, selbst bei großen Stichproben. Zumindest bei Arten mit einer univoltinen Entwicklung, hinreichend konstanten Wetterbedingungen und Wasserständen liegt sie aber mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit im Intervall des Schlüpfhöhepunktes.

Die wesentlichen Inhalte einiger hier verwendeten Begriffe, welche die Emergenzperiode charakterisieren, werden in dem Schema der Tabelle 6 dargestellt:

Das Intervall zwischen dem 1. und dem 3. Quartil mit anhaltend hohen täglichen Schlüpfraten ist also eher der „Schlüpfhöhepunkt“ (WESTERMANN et al. 1995, diese Arbeit) als die „Hauptschlüpfphase“ (STERNBERG & BUCHWALD 1999). Diese ist anschaulich synonym zu „Hauptschlüpfzeit“ (WESTERMANN et al. 1995, diese Arbeit) und meint das Intervall, in dem ein Großteil der Imagines mit beträchtlichen täglichen Schlüpfraten schlüpft. Die hier gewählten quantitativen Definitionen sind zunächst willkürlich, entsprechen aber üblichen statistischen Beschreibungen. Sie stimmen mit anschaulichen Begriffsinterpretationen überein. In dem offensichtlich nicht selten anwendungsfähigen logistischen Wachstumsmodell ergeben sich theoretische Zusammenhänge, deren Überprüfung in der Praxis lohnend erscheint. Die eingeführten Begriffe sollten daher nicht aufgegeben und durch andere ersetzt werden. Rein philologische Veränderungen (und eventuell Verbesserungen), wie Hauptschlüpfphase statt Hauptschlüpfzeit, sind damit nicht ausgeschlossen.

#### **Zusammenfassung:**

Im Rahmen von systematischen Aufsammlungen der Exuvien im Abstand von (drei) sechs bis zehn (zwölf) Tagen wurden an Altrheinen bei Weisweil (Landkreis Emmendingen, Baden-Württemberg) in den Jahren 1999, 2000 und 2001 insgesamt 17 Stichproben mit etwa 38000 Exuvien der Gemeinen Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) gewonnen. Ergänzende Aufsammlungen fanden 1994, 1997 und 1998 statt.

Der früheste festgestellte Emergenzbeginn fiel auf den 23.06.1998. Auf einer Teilstrecke mit sehr hohen Abundanzen der schlüpfenden und adulten Imagines begann die Emergenz immer erst gegen Ende Juli. Hier endete sie in vier Jahren jeweils um den 20. September. Im Hochwasserjahr 1999 schlüpfen Imagines auch auf anderen Strecken regelmäßig noch bis Mitte September.

Der Median verschiedener Teilstrecken lag sehr unterschiedlich, im Extremfall vor Mitte Juli und am 31. August. Er verschob sich auf eine Entfernung von 800 m Luftlinie mit den sinkenden Wassertemperaturen in zwei Jahren jeweils statistisch signifikant um mehrere Wochen. Die Dauer der Emergenz wird mit zwei Kenngrößen beschrieben. Der Schlüpfhöhepunkt ist als Intervall zwischen dem 1. und 3. Quartil, die Hauptschlüpfzeit als Intervall zwischen den Zeitpunkten, zu denen 10% bzw. 90% aller Imagines geschlüpft sind, definiert. Sie betragen bei den 17 Stichproben durchschnittlich etwa 12 bzw. 22 Tage. Bei allen Stichproben ließ sich die Zahl der geschlüpften Imagines nach dem logistischen Wachstumsmodell beschreiben. Median, Schlüpfhöhepunkt und Hauptschlüpfzeit sind geeignetere Kenngrößen zur Beschreibung der Emergenz als der häufig verwendete EM<sub>50</sub> – Index.

Am Anfang der Emergenzperiode schlüpfen relativ mehr Weibchen. Das Geschlechterverhältnis war insgesamt zugunsten der Männchen verschoben.

## Literatur

- ARNOLD-REICH, U. (1990): Ökologisch-faunistische Untersuchungen an Libellen in Auwaldgewässern bei Unterfahlheim (Landkreis Neu-Ulm). - Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz 99: 101-112.
- HOESS, R. (1993): Die aquatische Invertebratenfauna im Naturschutzgebiet Auried (Kleinbödingen, FR). – Lizentiatsarbeit Zool. Institut Universität Bern.
- JÖDICKE, R. (1997): Die Binsenjungfern und Winterlibellen Europas. - Die Neue Brehm - Bücherei, Bd. 631. Magdeburg (Westarp - Wissenschaften).
- KUHN, K., & K. BURBACH (1998): Libellen in Bayern. – Stuttgart (Ulmer).
- LÖSING, U. (1988): Auswertung faunistisch-ökologischer Bestandsaufnahmen im NSG ‚Achmer Grasmoor‘ und der geplanten Erweiterungsfläche im Hinblick auf Pflege und Entwicklung. – Diplomarbeit Universität-Gesamthochschule Paderborn, Abt. Höxter.
- MAIBACH, A., & C. MEIER (1987): Verbreitungsatlas der Libellen der Schweiz (Odonata) (mit roter Liste). - Documenta faunistica Helvetiae 4: 1-230.
- PICKUP, J., & D. J. THOMPSON (1984): The effects of prey density and temperature on development of larvae of the damselfly *Lestes sponsa* (HANS.) (Zygoptera: Lestidae). - Adv. Odonatol. 2: 169-176.
- ROBERT, P. - A. (1959): Die Libellen (Odonata). Autorisierte Übersetzung von O. P. WENGER. - Bern (Kümmerly & Frey, Geographischer Verlag).
- STERNBERG, K., & R. BUCHWALD (1999): Die Libellen Baden-Württembergs. Band 1: Allgemeiner Teil; Kleinlibellen (Zygoptera). - Stuttgart (Ulmer).
- WESTERMANN, K. (2000): Die Eiablageplätze der Weidenjungfer (*Chalcolestes viridis*) in einem südbadischen Altrheingebiet. - Naturschutz südl. Oberrhein 3: 93-107.
- WESTERMANN, K. (2002a): Die Abundanz schlüpfender Libellen in einem südbadischen Altrheingebiet. – Naturschutz südl. Oberrhein 3: 215-244.
- WESTERMANN, K. (2002b): Zur Phänologie der Emergenz bei der Gebänderten Prachtlibelle (*Calopteryx splendens*) an südbadischen Altrheinen. - Naturschutz südl. Oberrhein 3: 193-200.
- WESTERMANN, K., & G. SCHARFF (1988): Auen-Renaturierung und Hochwasserrückhaltung am südlichen Oberrhein. - Naturschutzforum 1/2: 95-158.
- WESTERMANN, K., & S. WESTERMANN (1998): Die Quellgewässer und ihre Vegetation in der südbadischen Oberrheinniederung. - Naturschutz südl. Oberrhein 2: 1-93.
- WESTERMANN, K., S. WESTERMANN, A. HEITZ & S. HEITZ (1995) : Schlüpfperiode, Schlüpfhabitat und Geschlechterverhältnis der Gemeinen Keiljungfer (*Gomphus vulgatissimus*) am südlichen Oberrhein. - Naturschutz südl. Oberrhein 1: 41-54.

Anschrift des Verfassers:

Karl Westermann, Buchenweg 2, D-79365 Rheinhausen.