

Entwicklung, Emergenz und Flugzeiten der Eintagsfliege *Ephoron virgo* am Rhein

Development, Emergence and Flight Period of the Mayfly *Ephoron virgo* at the River Rhine

ARMIN KURECK & FABIAN SEREDSZUS

Zusammenfassung: Entwicklungsdauer und Emergenz von *Ephoron virgo* wurden erstmals unter freilandnahen Bedingungen über zwei Jahre quantitativ erfasst. Außerdem wurden Lichtfallenfänge einer kompletten Saison ausgewertet. Die Larven wuchsen in Rheinwasser in durchschnittlich 104 Tagen (1999) oder 114 Tagen (2000) bis zum Schlüpfen heran. Dabei war die Streubreite erheblich: Die Emergenz der geschlossenen, gleichaltrigen Populationen zog sich in beiden Jahren über einen Monat hin. Das passt zu den Flugzeiten im Freiland. Die Wassertemperaturen, vor allem ab Juni, bestimmen die Entwicklungsdauer und damit Emergenz und Flugzeit. Es gab keinen Hinweis auf eine photoperiodische Steuerung oder einen Einfluss der Mondphase. Die kleineren Männchen schlüpfen im Mittel einen Tag früher und überwogen etwas zu Beginn der Saison; insgesamt lag das Geschlechterverhältnis aber bei 50:50. In unserer Lichtfalle wurden dagegen fast doppelt so viele Männchen wie Weibchen gezählt. Sonst wurden an Lampen oft fast nur Weibchen gesehen. Das wird mit widersprüchlichen Literaturangaben diskutiert und erklärt. Männchen fliegen direkt nach dem Schlüpfen zum Ufer, um sich rasch zur Imago zu häuten. Danach schwärmen sie dicht über dem Wasser. Weibchen bleiben Subimagines und landen nicht am Ufer. Vor der Eiablage fliegen sie weiter und in größerer Distanz zum Wasser. Sie überwiegen daher an Lampen auf hohen Brücken oder weiter entfernt vom Wasser.

Schlüsselwörter: *Ephoron virgo*, Emergenz, Flugzeit, Geschlechterverhältnis, Entwicklungsdauer

Summary: Development and emergence of *Ephoron virgo* were studied in homogenous populations quantitatively in two years. Onset and duration of the annual flight period of *E. virgo* were influenced by the water temperatures during larval development. The mean duration of the development under natural temperatures was 104 days in 1999 and 114 days in 2000. Considerable variability was found in the time of development. The mayflies emerged in both years over a period of about one month. This fits to the extended flight periods in the field. There was no evidence for a photoperiodic timing or a lunar periodicity, whereas it is known from earlier studies that the daily emergence following sunset is well synchronized with the light-dark-cycle. The sex-ratio at emergence was always close to 50:50. The smaller males emerged on the average one day earlier and predominated only slightly at the onset of the season. Also light trap samples with *E. virgo* were analyzed quantitatively over a whole season. Here, close to the water, the males predominated clearly. In other places mainly females were seen, also in some contradicting findings in the literature. Different sex-ratios found in light-trap samples or near lamps are due to the different behaviour of the sexes as well as to the positions of the light. Males fly to the river bank for the final moult to the imago and stay closer to the water surface. Females remain in the stage of the subimago, do not land on the shore and fly before oviposition at greater distances to the water. Therefore, they are dominant at lamps on high bridges or at a distance more far from the river.

Keywords: *Ephoron virgo*, emergence, flight period, sex-ratio, development

1. Einleitung

Die große Eintagsfliege *Ephoron virgo* (Olivier, 1791) war früher in großen Flüssen häufig. Sie war bekannt und ist daher eine der wenigen Eintagsfliegen mit deutschem Namen („Uferaa“, „Kornmotte“, „Weißwurm“ oder „Augustfliege“).

Mit der Gewässerverschmutzung verschwand sie aus Deutschland und stand zeitweise auf der Roten Liste (PUTHZ 1984). Mit der Sanierung unserer Flüsse kehrte sie zurück (BATHON 1982; BURMEISTER 1989; SCHLEUTER et al. 1989; BIJ DE VAATE & OOSTERBROEK 1992; KURECK 1992, 1993). Die spektakuläre Rückkehr mit Massenflügen um 1990, die am Rhein zeitweise zu Brückensperungen führte, weckte das Interesse an dieser Art. Für die meisten Beobachter war sie „neu“ und über ihre Biologie war wenig bekannt. So vermuteten SCHLEUTER et al. (1989) einen mehrjährigen Entwicklungszyklus, weil sie Larvengrößen fanden, die für einen einjährigem Entwicklungszyklus zu unterschiedlich erschienen. BURMEISTER (1989) berichtete von einer zweijährigen Entwicklung und erwähnte das „beständige Vorkommen der Larven im Fluss“ (S. 178). Inzwischen ist klar, dass die Art einjährig (univoltin) ist und den Winter ausschließlich im Ei-Stadium verbringt. Larven gibt es nur für wenige Monate im Sommer (KURECK 1996). In der Presse wurde von „mondsüchtigen“ Insekten geschrieben. Vielleicht dachte man an die verwandte tropische Art *Povilla adusta*, von der eine Lunarperiodik lange bekannt ist (HARTLAND-ROWE 1955, 1958). In Köln befassten wir uns mit *Ephoron virgo*, um die offenen Fragen zur Biologie dieser auffälligen Art zu beantworten, deren Rückkehr ein deutliches Zeichen für die Erholung unserer Flüsse ist.

Das tagesperiodische Schlüpfen von *E. virgo* ist präzise mit dem Licht-Dunkel-Wechsel synchronisiert und folgt dem Sonnenuntergang (KURECK & FONTES 1996). Die Männchen schlüpfen abends kurz vor den Weibchen, häuten sich am Ufer von der Subimago zur Imago und

fliegen danach dicht über der Wasseroberfläche. Bei den Weibchen unterbleiben Zwischenlandung und Imaginalhäutung. Sie werden als Subimagines in der Luft begattet und fliegen ununterbrochen bis zur Eiablage. Dann sterben sie. Viele stranden allerdings schon vorher an Lampen, die als Lichtfallen wirken. Hier waren stellenweise fast nur Weibchen zu sehen, vor allem auf hohen Brücken oder in einiger Entfernung vom Fluss. Im Bergischen Land, etwa 20 km östlich des Rheins, wurden an Lampen ausschließlich Weibchen gefunden, die offenbar mit dem Wind verfrachtet worden waren (KURECK 1996). Auch MEYER-ARNDT & BERGER (1991) fanden 7,7 km vom Rhein entfernt nur Weibchen. BURMEISTER (1987) beobachtete am Gard in Südfrankreich „im unmittelbaren Einzugsbereich der Lampen fast ausschließlich Weibchen“ (S. 35). Andererseits lockte seine am gegenüberliegenden Ufer installierte Lichtquelle mit hohem UV-Anteil ausschließlich Männchen an. Solche Beobachtungen liefern offenbar keine eindeutigen Hinweise auf das Geschlechterverhältnis der geflügelten Stadien. Bei Larven, die in großer Zahl aus Eiern aufgezogen wurden, lag das Geschlechterverhältnis immer bei 1:1 (KURECK et al. 2001). Auch in den Driftproben mit schlüpfenden Tieren von der Rheinoberfläche waren beide Geschlechter annähernd gleich häufig (KURECK & FONTES 1996). Hier konnten aber weder eine komplette Saison noch eine räumlich definierte Population erfasst werden. Emergenzmessungen von einer bekannten Population gab es bisher weder von *E. virgo* oder von irgendeiner anderen Art dieser Gattung. Auch quantitativ ausgewertete Lichtfallenfänge von *E. virgo* über eine komplette Flugzeit fehlten. Diese Lücken wollen wir schließen und widersprüchliche Beobachtungen klären.

2. Methoden

2.1. Emergenzmessung

In Köln ist das Bootshaus der Universität am linken Ufer bei Rheinkilometer 684,5 di-

rekt an der Fahrtrinne verankert. Die hier eingerichtete Ökologische Rheinstation und die Erfahrung im Umgang mit *E. virgo* ermöglichten es, größere gleichaltrige Populationen in frischem, fließendem Rheinwasser vom Ei an aufzuziehen. So konnten Entwicklungsdauer und Emergenz 1999 erstmals über die gesamte Schlüpfzeit unter naturnahen Bedingungen quantitativ für beide Geschlechter erfasst werden. Das war lückenlos auch im Jahr 2000 möglich. Da später (2002) außen am Bootshaus auch eine Lichtfalle täglich geleert wurde, konnte die Emergenz in der Rinne mit der Flugzeit im Freiland verglichen werden.

Die Eier von *E. virgo* wurden von Weibchen gewonnen, die mit Scheinwerfern angelockt wurden. Nach der Methode von KURECK (siehe GREVE et al. 1999) wurden sie im Kühlschrank aufbewahrt und im Mai des folgenden Jahres nach der Embryonal diapause zum Schlüpfen gebracht. Im Freiland schlüpfen sie etwa Ende April (KURECK & FONTES 1996). Die Junglarven wurden in eine 6 m lange, von Rheinwasser durchflossene Rinne mit sandigem Sediment gesetzt. Hier konnten sie sich unter natürlichen Temperatur- und Futterbedingungen (Plankton und Detritus) entwickeln. Ein Siebkasten (Maschenweite 0,3 mm) vor dem Einlauf verhinderte die Einwanderung größerer Tiere ab der Größe jüngster Gammariden, ließ aber Plankton und andere Futterpartikel für die filtrierenden Larven durch. Die Überlebensrate der Larven variierte in unseren Aufzuchten in der Rheinstation von Jahr zu Jahr erheblich. Selbst bei extrem hohen Besiedlungsdichten erreichten hier ohne zusätzliche Fütterung bis zu 50 % der Eilarven das letzte Larvenstadium (KURECK et al. 2001). Die fehlenden 50 % müssen nicht alle gestorben sein, sondern können mit dem durchfließenden Wasser auch abgedriftet sein. Es gab allerdings in anderen Jahren Versuche, in denen nur wenige Prozent der eingesetzten Junglarven die Schlupfreife erreichten. Eine verstärkte Abdrift der Junglarven war vor allem in der offenen Rin-

ne zu erwarten. Diese wurde daher mit einem Überschuss an Eilarven besetzt. Diese winzigen Larven wurden nicht gezählt, weil das bei der erforderlichen Anzahl zu aufwändig und für die Larven zu belastend gewesen wäre. Überlebensraten konnten deshalb hier nicht ermittelt werden. Eine dichte Population von Jungmuscheln (*Corbicula fluminea*), Bryozoen und Polychaeten (*Hypania invalida*), die alle als winzige Larven das Einlaufsieb passiert hatten und in der Rinne herangewachsen waren, lebte neben den *Ephoron*-Larven, die in der Rinne ihre Wohnröhren bauten und darin normal heranwuchsen. Räuberische Arten wie der Amphipode *Dikerogammarus villosus* wurden durch das Einlaufsieb ferngehalten. Da bei früheren Versuchen große Verluste auftraten, wenn im Labor geschlüpfte Junglarven zu früh in kaltes Rheinwasser umgesetzt wurden, starteten diese Versuche erst bei Wassertemperaturen über 15 °C. 1999 wurden die Eilarven Anfang Mai aus der Diapause geholt und schlüpften um den 14. Mai. Am 14. Juni wurden sie dann in die Rinne eingesetzt. Im Jahr 2000 schlüpften sie um den 7. Mai und wurden am 24. Mai in Rheinwasser gesetzt. Gegenüber der Freilandpopulation starteten diese Larven also etwas später, hatten dann aber die gleiche Wasser- und Futterqualität wie im Rhein.

Die Wassertemperatur war am Auslauf der Rinne maximal 0,5 °C höher als im Rhein. Dort wurde sie mit geeichten Dataloggern (Ebi 85 der Fa. Ebro, Anzeige 0,1 °, Genauigkeit: $\pm 0,3$ °C) registriert. Im stark strömenden, gut durchmischten Bereich am Bootshaus der Universität Köln gab es keinen signifikanten Temperaturunterschied zwischen der Rheinsohle und der Wasseroberfläche. Die Larven wuchsen also in einem Temperaturbereich heran, der weitgehend den Freilandbedingungen entsprach.

Zum Schlüpfen verließen die Nymphen ihre Wohnröhren und häuteten sich an der Wasseroberfläche. Dabei drifteten sie zum Ende der Rinne, wo die Exuvien auf einem Sieb abgefischt wurden. Anhand der Exuvien

konnte täglich die Zahl der geschlüpften Männchen und Weibchen ermittelt werden. Die meisten Subimagines flogen ab und lagen morgens an den Fenstern der Rheinstation, wo sich die Männchen auch noch häuteten. Ihre Zahl wurde stichprobenweise mit der der Exuvien verglichen. Die Anzahl der Exuvien entsprach der erfolgreichen Emergenz.

2.2. Lichtfallenfänge

Am Heck des Bootshauses wurde eine mit einer UV-Leuchtstoffröhre bestückte Lichtfalle etwa 3 m über der Wasserlinie aufgehängt. Die Falle wurde täglich geleert. Die Geschlechter von *E. virgo* wurden getrennt ausgezählt. Bei den Männchen wurde allerdings nicht zwischen Subimagines und Imagines unterschieden.

3. Ergebnisse

3.1. Emergenz und Entwicklungsdauer

In der Rheinstation zog sich die Emergenz der Population im Sommer 1999 über fast vier Wochen hin. Die Masse der Tiere schlüpfte aber innerhalb von zehn Tagen (Abb. 1). Ähnlich sah es im Sommer 2000 aus (Abb. 2). In beiden Jahren startete die Emergenz Anfang August und damit wenig später als im Freiland. In der kumulativen Darstellung (Abb. 1, 2) ist gut zu erkennen, dass die Männchen zu Beginn der Saison etwas häufiger waren. Dann zogen die Weibchen nach und es stellte sich ein weitgehend ausgeglichenes Geschlechterverhältnis ein. 1999 schlüpfen 773 Männchen und 763 Weibchen, 2000 waren es 700 Männchen und 659 Weibchen. Die ersten Männchen schlüpfen 1999 nach 93 Tagen, 2000 nach 98 Tagen. Die

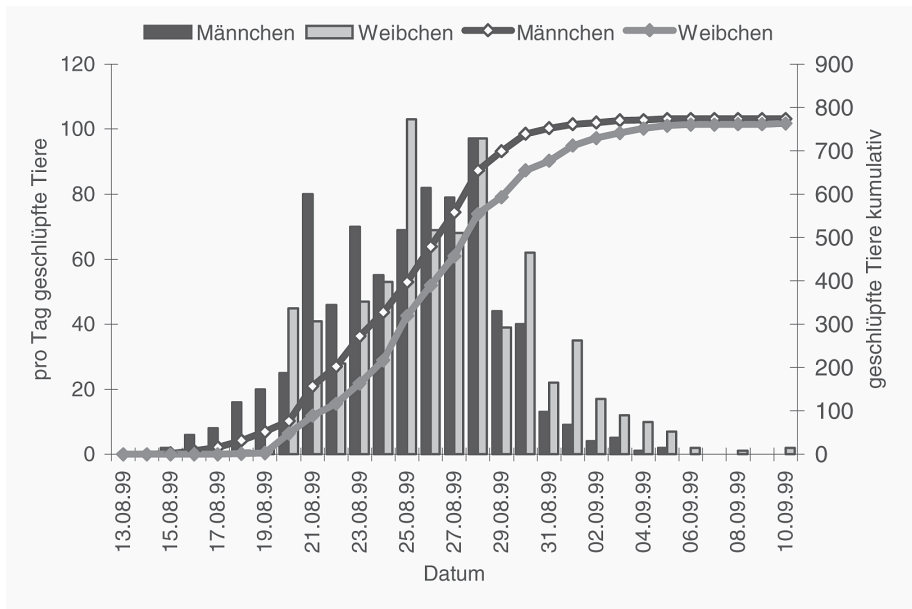


Abb. 1: Emergenz von *Ephoron virgo* im Sommer 1999 in der Ökologischen Rheinstation Köln. Anzahl der pro Tag geschlüpften Männchen und Weibchen (Säulen, linke Ordinate) und kumulierte Gesamtzahlen (Linien, rechte Ordinate).

Fig. 1: Emergence of *Ephoron virgo* during summer 1999 in the ecological Rhine station Cologne. Number of the daily emerged males (black bars) and females (grey bars) and accumulated numbers of emerged males and females (black and grey lines, right ordinate).

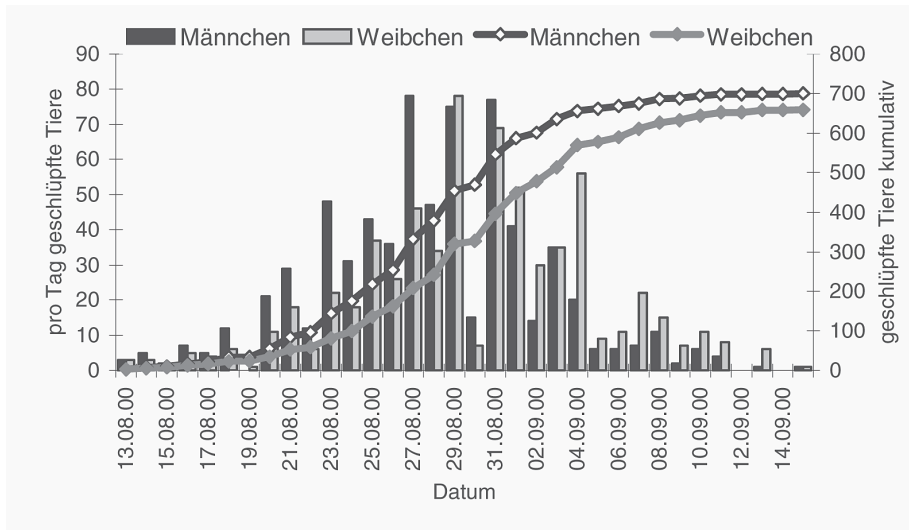


Abb. 2: Emergenz von *Ephoron virgo* im Sommer 2000 in der Ökologischen Rheinstation Köln. Anzahl der pro Tag geschlüpfte Männchen und Weibchen (Säulen, linke Ordinate) und kumulierte Gesamtzahlen (rechte Ordinate).

Fig. 2: Emergence of *Ephoron virgo* during summer 2000 in the ecological Rhine station Cologne. Number of the daily emerged males (black bars) and females (grey bars) and accumulated numbers of emerged males and females (black and grey lines, right ordinate).

Weibchen kamen 1-3 Tage später, schlüpften aber noch bis zum 119. (1999) oder 131. Tag (2000). Nach einer ANOVA waren die Unterschiede in der Entwicklungszeit der Geschlechter nicht signifikant. Die Medianwerte der Entwicklungsdauer von der Junglarve bis zum Schlüpfen lagen bei den Geschlechtern nur 1-2 Tage auseinander und betragen für die gesamte Population 104 Tage (1999) und 114 Tage (2000). Die schnellere Entwicklung im Jahr 1999 könnte damit zu erklären sein, dass die Temperaturen im Juli und August 1999 höher waren als im gleichen Zeitraum des Jahres 2000 (Abb. 3). Obwohl sie eine Woche später aus den Eiern geschlüpft waren, erreichten die Larven des Jahres 1999 den Medianwert der Emergenz fast zur selben Zeit (26.8.1999) wie die Tiere von 2000 (29.8.2000).

3.2. Lichtfallenfänge 2002

Im Sommer 2002 wurde die gesamte Flugsaison von *Ephoron virgo* mit täglichen Licht-

fallenfängen erfasst. Sie begann Ende Juli und endete – mit wenigen Exemplaren – Anfang September. Die Hauptflugzeit dauerte aber nur 14 Tage (Abb. 4). In der Lichtfalle überwogen die Männchen, was vor allem bei der kumulativen Auftragung der Fangzahlen deutlich wird. Insgesamt wurden hier in einer Saison 26301 Männchen, aber nur 14101 Weibchen gefangen.

3.3. Beobachtungen zur Flugzeit 2003

Aus dem extrem heißen und trockenen Sommer 2003 gibt es leider keine quantitativen Lichtfallenfänge. Aber schon am 12.07.2003 wurden fliegende *E. virgo* gesehen. In den folgenden Nächten konnten zahlreiche Tiere mit einem Scheinwerfer angelockt werden. Zur üblichen Hauptflugzeit Mitte August waren dann keine Tiere mehr zu sehen.

2003 wurden die höchsten Temperaturen und die niedrigsten Pegelstände im Rhein seit dem Beginn der Aufzeichnungen am Rhein ge-

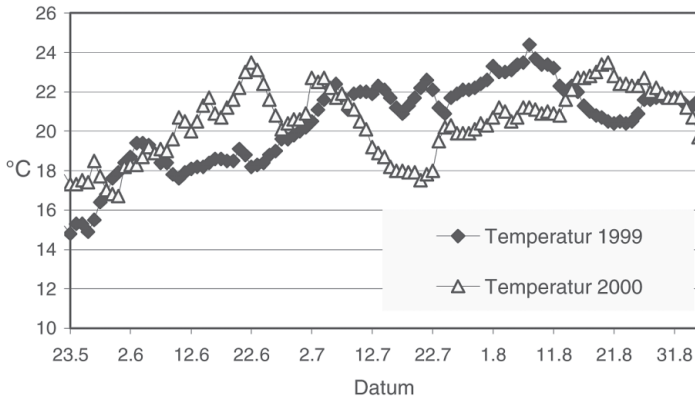


Abb. 3: Wassertemperaturen während des Wachstums der Larven in den Jahren 1999 und 2000. Die am 14. Juni 1999 eingesetzten Junglarven erlebten zwar anfangs tiefere Temperaturen als die am 24. Mai 2000 eingesetzten, wuchsen aber im Juli und August bei höheren Temperaturen heran.

Fig. 3: Water temperatures during the growth period of the larvae in 1999 and 2000. The young larvae introduced on June 14th 1999 experienced lower temperatures at the beginning as those starting on May 24th 2000, but grew at higher temperatures in July and August.

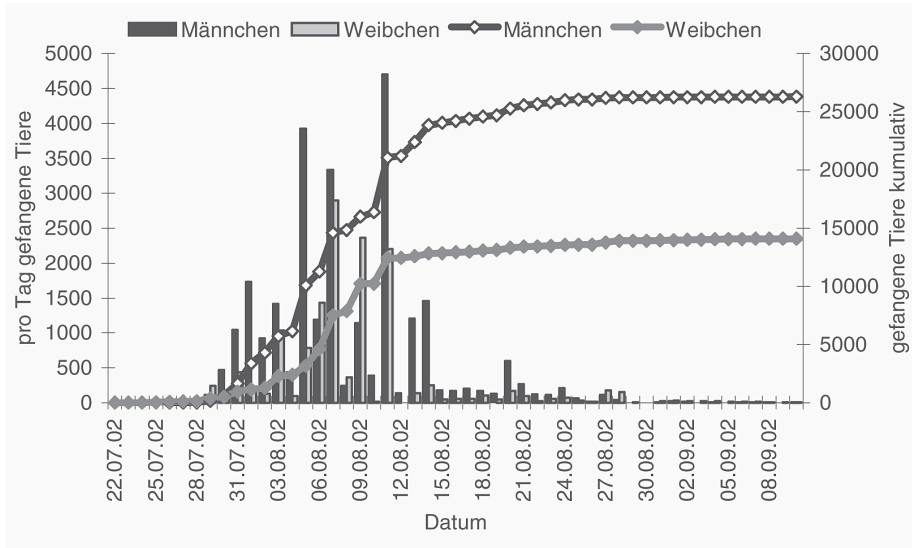


Abb. 4: Lichtfang von *Ephoron virgo* im Jahr 2002 an der Ökologischen Rheinstation Köln. Anzahl der gefangenen Männchen und Weibchen (Säulen, linke Ordinat) und kumulierte Gesamtzahlen der gefangenen Männchen und Weibchen (rechte Ordinate).

Fig. 4: Light-trapping of *Ephoron virgo* in 2002 at the ecological Rhine station Cologne. Number of the daily caught males (black bars) and females (grey bars) and accumulated numbers of collected males and females (black and grey lines, right ordinate).

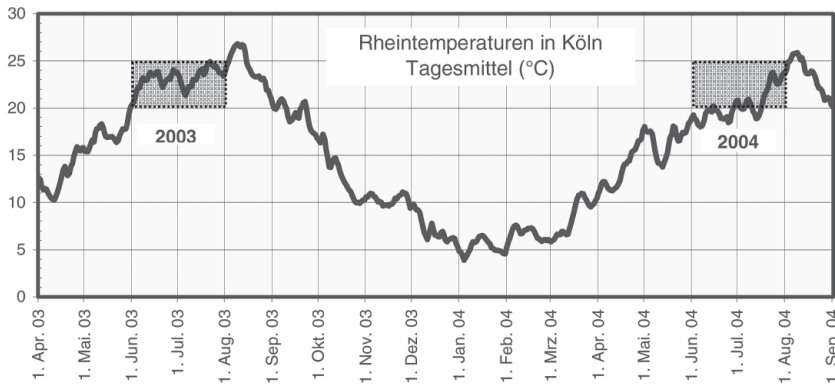
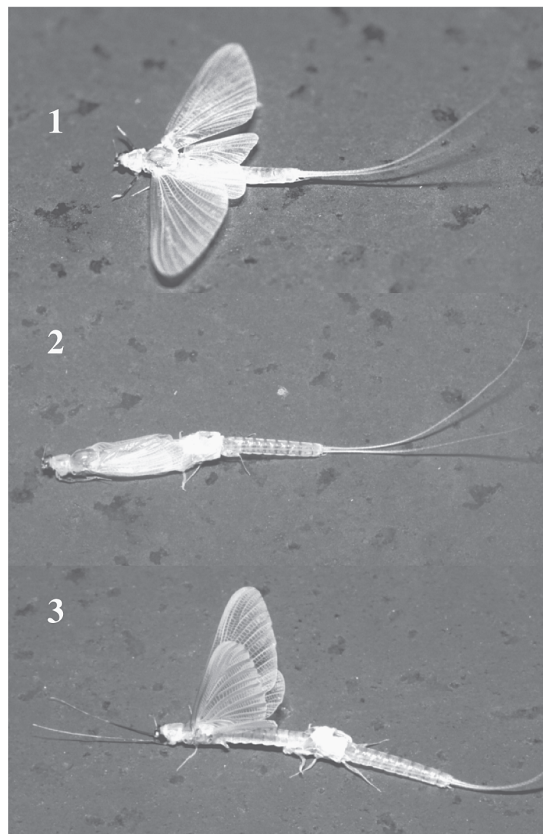


Abb. 5: Wassertemperaturen im Rhein 2003 und 2004 (Tagesmittelwerte). Im heißen und trockenen Sommer 2003 stieg die Wassertemperatur ungewöhnlich früh an und lag im Juni und Juli immer deutlich über 20°C. Dies ist die Wachstumszeit der Larven (markiert mit Rechtecken). Normalerweise sind die Temperaturen in dieser Zeit niedriger und steigen später an, so wie 2004.

Fig. 5: Water temperatures in the River Rhine near Cologne in 2003 and 2004 (mean daily temperatures). During the hot and dry summer 2003 water temperatures rose unusually early and clearly exceeded 20°C during June and July. This is the main growth period of the larvae (marked by squares). Normally the temperatures are lower during that period and rise later, as in 2004.

Abb. 6: Letzte Häutung eines Männchens von *Ephoron virgo*. Die Subimago (1) landet am Ufer, legt die Flügel nach hinten und schiebt sich aus der alten Cuticula (2). Die Imago (3) entfaltet ihre Flügel sofort und fliegt unmittelbar danach ab. Die Exuvie bleibt am Ufer zurück oder fällt erst im Flug ab. Während die Subimago noch kurze Vorderbeine hat (1), sind sie bei der Imago deutlich verlängert und nach vorn gestreckt (3).

Fig. 6: Final moult of a male *Ephoron virgo*. The freshly emerged subimago (1) lands on the river bank, folds the wings back and slides out of the old cuticle (2). The imago (3) unfolds the wings quickly and flies off immediately. The exuvia remains on the bank or is lost later during the flight over the river. The forelegs of the subimago are as long as the other legs (1), the legs of the male imago are elongated and held forwards (3).



messen. Der Temperaturanstieg kam zudem sehr früh. Ab 31. Mai lagen die mittleren Tagestemperaturen immer über 20 °C, im Juni und Juli immer zwischen 20 °C und 25 °C (Abb. 5). In den Jahren zuvor und auch 2004 waren sie in dieser Zeit niedriger. Gerade in diesen Monaten wachsen die Larven schnell heran (KURECK & FONTES 1996).

3.4 Beobachtungen zur Imaginalhäutung

Die für Eintagsfliegen typische Häutung einer flugfähigen Subimago zur Imago unterbleibt bei den Weibchen von *E. virgo*; hier häuten sich nur die Männchen noch einmal. Das ist bekannt und wurde eingangs beschrieben. Wie das unterschiedliche Verhalten der Geschlechter nach der Emergenz die Fallenfänge beeinflusst, war am Standort der Lichtfalle gut zu sehen. Auch hier flogen jeden Abend zuerst die Männchen als Subimagines an und häuteten sich rasch zu Imagines (Abb. 6). Dann verschwanden sie wieder in der Dunkelheit über dem Wasser. Viele gerieten schon beim ersten Anflug als Subimagines in die Lichtfalle. Später erschienen die weiblichen Subimagines und auch Männchen als Imagines. Beide wurden vom Licht angelockt. Die Eier der anfliegenden Weibchen waren überwiegend befruchtet (weit über 90 %) und wurden zum Teil für spätere Larvenzuchten verwendet. Männchen können demnach in Ufernähe sowohl vor als auch nach der Imaginalhäutung in die Lichtfalle geraten; die Weibchen fliegen meist erst nach der Paarung.

4. Diskussion

An kleinen Bächen kann man die Emergenz direkt quantitativ erfassen (z.B. ILLIES 1978). Das ist in großen Flüssen nicht möglich. Indirekte Methoden wie die Erfassung der Driftschlüpfender Tiere oder Exuvien werden durch Wind, Strömungen und einen unbekannteren Flächenbezug verfälscht. Sie eignen

sich zur Erfassung der relativen Häufigkeit oder der Tagesperiodik. Für quantitative Erfassungen sind sie weniger geeignet.

Unsere Untersuchungen liefern erstmals quantitative Daten zur Emergenz einer großen potamalen Eintagsfliege. Da sie unter freilandnahen Bedingungen direkt auf dem Rhein gewonnen wurden, dürften sie weitgehend auf das Freiland übertragbar sein.

Ephoron virgo fliegt in Mitteleuropa zwischen Ende Juli und Anfang September. Da die Tiere noch in der Nacht nach dem Schlüpfen sterben, entspricht die Flugzeit der saisonalen Emergenz, die von Jahr zu Jahr etwas variiert. Die Flugaktivität wird offenbar stärker vom Wetter beeinflusst als die Emergenz. Am Main, wo in den Jahren 1989, 1990 und 1993 die relative Flugaktivität von *E. virgo* an 35 Schleusen über 380 Kilometer abgeschätzt wurde (HAYBACH et al. 2004), korrelierte sie mit der Lufttemperatur. Dass auch das Schlüpfen direkt von der Lufttemperatur beeinflusst wird, ist wenig wahrscheinlich. Die Nymphen verlassen erst zum Schlüpfen ihre Wohnröhren und können dann aus mehreren Metern Wassertiefe aufsteigen. Die Wassertemperaturen in einem großen Fluss liefern keine zuverlässige Information zur aktuellen Lufttemperatur am Abend. Für eine größere Unabhängigkeit des Schlüpfens vom aktuellen Wetter spricht, dass die Häufigkeitsverteilungen bei der Emergenz in beiden Jahren viel ausgeglichener waren (Abb. 1, 2) als bei den Lichtfallenfängen am Rhein (Abb. 4) oder in den Daten vom Main. Regen, Wind und niedrige Temperaturen könnten dagegen den erfolgreichen Start von der Wasseroberfläche behindern oder die ohnehin kurze individuelle Flugzeit vorzeitig beenden. Lichtfallenfänge werden auch von Windstärke und Windrichtung beeinflusst. Sie können daher die Emergenz nicht quantitativ widerspiegeln. Da sich Männchen und Weibchen nach dem Schlüpfen unterschiedlich verhalten und unterschiedlich weit vom Fluss entfernen, kann mit Flugbeobachtungen oder Lichtfallenfängen das Geschlechterverhältnis

nicht korrekt beurteilt werden. Hängt die Lichtfalle sehr nahe am Ufer, werden mehr Männchen gefangen, die sowohl als Subimagines als auch als Imagines in die Falle geraten können. Auf hohen Brücken oder etwas weiter vom Fluss entfernt, überwiegen die Weibchen, die dann schon begattet und auf dem Weg zur Eiablage sind. BURMEISTER (1987) fand, wie oben zitiert, an einigen Lampen fast nur Weibchen, an einer anderen nur Männchen. Er vermutete, dass die Geschlechter unterschiedlich auf Lichtquellen reagieren und schloss zudem aus den unter einer Lichtquelle liegenden Tiere, dass „der Anteil der Männchen mit zunehmender Flugzeit zunimmt“ (S. 37). Das widerspricht unseren Befunden. THEW (1958) fand bei *Ephoron album* in Nordamerika deutlich mehr Männchen als Weibchen. Möglicherweise war das nur lokal so, wie in unserer Lichtfalle. Unsere Daten, in denen komplette Populationen erfasst wurden, zeigen ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis beim Schlüpfen. Das deckt sich mit unseren früheren Befunden bei den Larven. Männchen sind allenfalls zu Beginn der Saison kurzfristig etwas häufiger, dann aber holen die Weibchen auf. Beide Geschlechter werden von Lichtfallen in gleicher Weise angelockt, wenn das Licht UV-Anteile hat. Gelbliche Natriumdampflampen sind für beide Geschlechter unattraktiv. Unterschiedlicher Anflug an verschiedene Lampen ist mit dem unterschiedlichen Verhalten der Geschlechter nach dem Schlüpfen und den Standorten der Lampen zu erklären.

Im Sommer 2002 dauerte die Flugzeit gut einen Monat. Die meisten Tiere flogen aber in einem Zeitraum von nur 14 Tagen. Unsere klar begrenzten Populationen gleichaltriger Larven in der Rinne hatten einheitliche Bedingungen. Dennoch zog sich auch hier die Emergenz über 27 Tage (1999) oder 34 Tage (2000) hin. Die Masse der Tiere schlüpfte aber ebenfalls innerhalb von 14 Tagen. Die Männchen erschienen auch saisonal etwas früher als die Weibchen. Das ist bei Insekten nicht

ungewöhnlich. Die Unterschiede in der Entwicklungsdauer der Geschlechter waren aber gering und nicht signifikant, obwohl die deutlich größeren Weibchen mit den Eiern viel mehr Biomasse aufbauen mussten. Das ist für die Art auch lebenswichtig. Da beide Geschlechter gleichzeitig aus dem Ei schlüpfen, müssen sie sich trotz der Größenunterschiede gleich schnell entwickeln, um sich in ihrer kurzen Lebenszeit zu treffen.

Die Emergenz in der Rinne passt gut zur Flugzeit draußen. Dass diese etwas länger dauert, ist mit der größeren Population und einer größeren Variationsbreite der Bedingungen im Freiland zu erklären. Die große Streubreite der Entwicklungsdauer bei Larven gleichen Alters sorgt für eine ausgedehnte Schlüpfperiode und damit für eine Risikostreuung. Wenn zum Beispiel heftiger Regen oder Sturm an einem Abend die schlüpfenden Tiere behindern, ist nur ein Teil der Population betroffen.

Wie schon bei früheren Beobachtungen (KURECK & FONTES 1996; HAYBACH et al. 2004) sind auch in unseren hier vorgelegten Daten Einflüsse der Mondphase auf die Flugzeit nicht zu erkennen. Auch bei anderen *Ephoron*-Arten in Japan und Nordamerika wurde keine Lunarperiodik beobachtet (WATANABE et al. 1999; EDMUNDS et al. 1956; KRAFT et al. 1978). In Biologie und Verhalten ähneln sich diese Arten. Die Tagesperiodik ist bei allen gut mit dem Sonnenuntergang synchronisiert.

Obwohl die Nymphen also tagesperiodisch präzise auf den Licht-Dunkel-Wechsel reagieren, ist ein Einfluss der Photoperiode auf die Flugsaison nicht erkennbar. Die Tiere schlüpfen einfach am Ende ihrer Entwicklung und warten keine besondere Zeit ab wie es etwa Mücken der Gattung *Clunio* tun, deren Lunarperiodik gut untersucht ist (NEUMANN 1989; NEUMANN & SPINDLER 1991). Die Jugendstadien von *E. virgo*, die sich anfangs vom Biofilm ernähren (KURECK & BIEG 2001), wachsen langsam. Erst im Sommer, wenn sie größer sind und Schwebstoffe aus

dem Wasser filtern, wachsen sie schneller (KURECK & FONTES 1996). Die Flugzeit sollte demnach vor allem von den Temperaturen während des späteren Larvenwachstums ab Juni beeinflusst werden. 1999 waren die Junglarven später als 2000 in Rheinwasser gesetzt worden. Trotz des späteren Starts hatten sie im kühleren Juni 1999 zunächst tiefere Temperaturen als die Tiere im Jahr 2000. Dennoch wuchsen sie insgesamt schneller, weil im Juli 1999 die Temperaturen höher waren als im Juli 2000 (Abb. 3). So ist zu erklären, dass die Subimagines 1999 und 2000 fast zur gleichen Zeit schlüpfen. Auch das spricht dafür, dass die letzten Wochen, in denen die Larven intensiv filtrieren und rascher wachsen, entscheidend für den Schlüpftermin sind. Das fällt in normalen Sommern kaum auf. HAYBACH et al. (2004) vermuten zu Recht, dass der konstante Beginn der Hauptflugzeit am Main 1989, 1990 und 1993 mit den einheitlichen Temperaturen in den Vormonaten zusammenhängt. Erst in Ausnahmejahren wird der Temperatureinfluss deutlich. Die deutlich frühere Flugzeit im Sommer 2003 ist wahrscheinlich auf die schnellere Entwicklung der Larven bei erhöhten Temperaturen im Juni und Juli (Abb. 5) zurückzuführen. Diese Beschleunigung des Wachstums durch höhere Temperaturen im Juli war auch beim Vergleich der Entwicklungsdauer in den Jahren 1999 und 2000 zu sehen. Aus dem extremen Sommer 2003 haben wir leider keine quantitativen Daten. In Japan haben WATANABE et al. (1999) *Ephoron shigae* in sechs Jahren mit Handnetzen oder Lichtfallen gefangen. Sie fanden auch hier eine Vorverlegung der Flugsaison in besonders warmen Sommern und konnten die Flugzeit anhand der kumulierten Tagesgrade im Sommer gut vorhersagen. Das wird prinzipiell auch bei *E. virgo* möglich sein.

Danksagung

Wir danken Herrn F. REINHARD, der im Rahmen einer Examensarbeit (AG Zoologie, Prof. Dr. W. WICHARD) die Auszählung und

die Trennung der Geschlechter der gefangenen *Ephoron*-Individuen übernahm. Die Lichtfalle wurde von Herrn Dr. H. J. HOFFMANN (Zoologisches Institut der Universität Köln) zur Verfügung gestellt. Herr Dr. G. BECKER (Zoologisches Institut der Universität Köln) half bei der Statistik. Den Gutachtern danken wir für die gründliche Durchsicht und die Verbesserungsvorschläge.

Literatur

- BATHON, H. (1983): Beitrag zum Massenflug der Eintagsfliege *Polymitarcis virgo* (Olivier) (Insecta, Ephemeroptera). Hessische Faunistische Briefe 3: 50-54.
- BIJ DE VAATE, A., & OOSTERBROEK, F.M.J. (1992): *Ephoron virgo* recent in de Rijn aangetroffen (Ephemeroptera: Polymitarcidae). Entomologische Berichten 52: 8-11.
- BURMEISTER, E.G. (1987): Beobachtungen zum Schwärmverhalten von *Ephoron virgo* Ol. am Gard in Südfrankreich. Nachrichtenblatt der bayerischen Entomologen 36: 33-38.
- BURMEISTER, E.G. (1989): Wiederfunde von *Ephoron virgo* Olivier (1791), *Ephemera lineata* Eaton 1870 und *Oligoneuriella rhenana* (Imhoff, 1852). Spixiana 11: 177-185.
- EDMUNDS JR., G.F., NIELSEN, L.T., & LARSEN, J.R. (1956): The life history of *Ephoron album* (Say) (Ephemeroptera: Polymitarcidae). The Wassmann Journal of Biology 14: 145-153.
- GREVE, G.D., VAN DER GEEST, H.G., STUIJFZAND, S.C., KURECK, A., & KRAAK, M.H.S. (1999): Development and validation of an ecotoxicity tests using field collected eggs of the riverine mayfly *Ephoron virgo*. Proceedings of the section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society (N.E.V.) 10: 105-110.
- HARTLAND-ROWE, R. (1955): Lunar rhythm in the emergence of an ephemeropteran. Nature 176: 657.
- HARTLAND-ROWE, R. (1958): The biology of a tropical mayfly *Povilla adusta* Navas (Ephemeroptera, Polymitarcidae) with special reference to the lunar rhythm of emergence. Revue de Zoologie et de Botanique Africaines 58: 185-202.
- HAYBACH, A., MÜLLER, J., & SCHLEUTER, M. (2004): Flugzeit und Flugaktivität von *Ephoron virgo*

- (Olivier, 1791) (Insecta: Ephemeroptera) am Main. *Lauterbornia* 50: 59-65.
- ILLIES, J. (1978): Vergleichende Emergenzmessungen im Breitenbach 1969-1976 (Ins.: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera). *Archiv für Hydrobiologie* 82: 432-448.
- KRAFT, K.J., JOHNSON, D.K., & SYNIEWSKI, R.H. (1978.): Mating flights of *Ephoron album* (Ephemeroptera: Polymitarcidae) in Michigan. *The Great Lakes Entomologist* 11: 85-88.
- KURECK, A. (1992): Das Massenschwärmen der Eintagsfliegen am Rhein. Zur Rückkehr von *Ephoron virgo* (Olivier 1791). *Natur und Landschaft* 67: 407-409.
- KURECK, A. (1993): Was weiß man über die Biologie der großen Eintagsfliege *Ephoron virgo* (Olivier 1791)? *Verhandlungen Westdeutscher Entomologentag 1991*: 135-142.
- KURECK, A. (1996): Eintagsfliegen am Rhein: zur Biologie von *Ephoron virgo* (Olivier, 1791). *Decheniana-Beihefte* 35: 17-24.
- KURECK, A., & BIEG, R. (2001): Zur Ernährungsökologie von *Ephoron virgo* (Ephemeroptera) im Rhein: Die Entwicklung der Mundwerkzeuge und der Einfluss von Nahrungskonkurrenz auf die filtrierenden Larven. *Verhandlungen Westdeutscher Entomologentag 2000*: 299-306.
- KURECK, A., BIEG, R., & OTTENBERG, R. (2001): Einfluss von Futtermenge und Neozoen auf Überlebensrate und Wachstum von *Ephoron virgo* (Ephemeroptera) im Rhein. *DGL Tagungsbericht 2000 (Magdeburg)*: 379-383.
- KURECK, A., & FONTES, R.J. (1996): The life cycle and emergence of *Ephoron virgo*, a large potamal mayfly that has returned to the River Rhine. *Archiv für Hydrobiologie/Supplement (Large Rivers)* 10: 113: 319-323.
- MEYER-ARNDT, S., & BERGER, M. (1991): *Ephoron virgo* (OL.) (Ephemeroptera) erneut in Hessen. *Hessische Faunistische Briefe* 10: 61-62.
- NEUMANN, D. (1989): Circadian components of semilunar and lunar timing mechanisms. *Journal of Biological Rhythms* 4: 285-294
- NEUMANN, D., & SPINDLER, K.D. (1991): Circasemilunar control of imaginal disc development in *Clunio marinus*: temporal switching point, temperature-compensated developmental time and ecdysteroid profile. *Journal of Insect Physiology* 37: 101-109
- PUTHZ, V. (1984): Rote Liste der Eintagsfliegen (Ephemeroptera). S. 118-120 in: BLAB, J., NOWAK, E., TRAUTMANN, W., & SUKOPP, H. (Hrsg.): *Naturschutz Aktuell* Nr. 1, Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. 4. Auflage. Kildav-Verlag; Greven
- SCHLEUTER, A., SCHLEUTER, M., & TITTIZER, T. (1989): Beitrag zur Autökologie von *Ephoron virgo* (Olivier) (Ephemeroptera, Polymitarcidae). *Spixiana* 12: 135-144.
- THEW, T.B. (1958): Studies on the mating flights of the Ephemeroptera I. The mating flights of *Ephoron album* (SAY) and *Stenonema canadense* (WALKER). *Florida Entomologist* 41: 9-12.
- WATANABE, N.C., MORI, I., & YOSHITAKA, I. (1999): Effect of water temperature on the mass emergence of the mayfly, *Ephoron shigae*, in a Japanese river (Ephemeroptera: Polymitarcidae). *Freshwater Biology* 41: 537-541.

Dr. Armin Kureck
 Im Auel 13 a
 D-51491 Overath
 E-Mail: Armin.Kureck@uni-koeln.de
 bisher:
 Universität zu Köln
 Zoologisches Institut
 Allgemeine Ökologie und Limnologie
 und Ökologische Rheinstation

Dr. Fabian Seredszus
 Universität Köln
 Institut für Biologie und ihre Didaktik
 Gronewaldstr. 2
 50931 Köln
 E-Mail: Fabian.Seredszus@uni-koeln.de