



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Organismische Drift von *Gammarus fossarum* KOCH 1835  
(Amphipoda) und Baetidae (Ephemeroptera) in  
Bachabschnitten unterschiedlicher  
Prädatorenzusammensetzung

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Verfasser:	Philipp Alois Oberrisser
Matrikel-Nummer:	0304377
Studienrichtung /Studienzweig (lt. Studienblatt):	Ökologie/Limnologie
Betreuer:	Ao.Univ.Prof.Dr. Johann WARINGER

Wien, im Juli 2009



## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Material und Methodik</b> .....	<b>3</b>
2.1. Untersuchungsgebiet .....	3
2.1.1. Allgemeines .....	3
2.1.2. Beschreibung der Probenpunkte .....	5
2.1.2.1. Prädatorenzusammensetzung der Probenpunkte.....	6
2.2. Untersuchungszeitraum .....	7
2.2.1. Tagesgang der Lichteinstrahlung .....	8
2.3. Erhebung der hydrologischen Daten .....	10
2.4. Salamanderkartierungen .....	10
2.5. Driftmessung .....	11
2.5.1. Aufbau der Driftmessgeräte .....	11
2.5.2. Durchflussmessung und Berechnung des gefilterten Volumens .....	12
2.6. Behandlung des gefangenen Evertebraten in Freiland und Labor .....	14
2.7. Datenanalyse .....	15
2.7.1. Driftdichtenberechnung .....	15
2.7.2. Einteilung der Tag- und Nachtintervalle .....	15
2.7.3. Einteilung der Größenklassen bei Baetidae und <i>Gammarus</i> <i>fossarum</i> .....	16
2.7.4. Datenauswertung .....	16
<b>3. Ergebnisse</b> .....	<b>17</b>
3.1. Zusammensetzung der Driftproben .....	17
3.2. Drift von <i>Gammarus fossarum</i> .....	20
3.2.1. Driftzyklus von <i>Gammarus fossarum</i> .....	20
3.2.2. Driftende Größenklassen von <i>Gammarus fossarum</i> .....	23
3.2.3. Drift von <i>Gammarus fossarum</i> bei unterschiedlicher Prädatorenzusammensetzung .....	26
3.3. Drift von Baetidae .....	29
3.3.1. Driftzyklus der Baetidae .....	29
3.3.2. Driftende Größenklassen der Baetidae .....	33
3.3.3. Drift der Baetidae bei unterschiedlicher Prädatorenzusammensetzung .....	35

<b>4. Diskussion</b> .....	<b>39</b>
4.1. Zusammensetzung der Driftproben .....	39
4.2. Organismische Drift von <i>Gammarus fossarum</i> .....	39
4.2.1. Driftrhythmus .....	39
4.2.2. Drift unterschiedlicher Individuengrößen im Lebenszyklus .....	40
4.2.3. Auswirkungen unterschiedlicher Prädatoren auf das Driftverhalten ...	41
4.3. Organismische Drift von Baetidae .....	43
4.3.1. Driftrhythmus .....	43
4.3.2. Lebenszyklus von <i>Baetis rhodani</i> .....	44
4.3.3. Auswirkung unterschiedlicher Prädatoren auf das Driftverhalten .....	44
4.4. Conclusio und Ausblick .....	46
<b>5. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>49</b>
<b>7. Zusammenfassung</b> .....	<b>55</b>
<b>8. Summary</b> .....	<b>57</b>
<b>9. Danksagung</b> .....	<b>59</b>
<b>10. Lebenslauf</b> .....	<b>61</b>
<b>11. Appendix</b> .....	<b>63</b>

**1. Einleitung**

Unter Drift versteht man die Gesamtheit der im fließenden Wasser transportierten lebenden und toten sowie organischen und anorganischen Partikel. Als organismische Drift werden die driftenden lebenden Organismen bezeichnet (SCHWÖRBEL & BRENDELBERGER 2005).

NEEDHAM (1928) beschreibt erstmals das Verdriften von aquatischen Organismen. Seitdem wird die Drift hauptsächlich bei benthischen Makrovertebraten dokumentiert, in den letzten Jahren auch bei Bakterien, Ciliaten (PRIMC-HABDIJA et al. 1996) oder benthischen Algen (BLUHM 1954). Organismische Drift ist ein wichtiger Mechanismus zur Verbreitung von Benthosorganismen und zur Rekolonisation von frisch umgelagerten Habitaten (TOWNSEND & HILDREW 1976, WILLIAMS & HYNES 1976). Das Verdriften in der fließenden Welle stellt eine energiesparende Art der Fortbewegung dar, um neue Futterquellen (KOHLER 1985) oder Bereiche mit niedrigeren Prädatordichten zu erreichen (CORKUM & POINTING 1979, WILEY & KOHLER 1981).

Organismische Drift wird durch eine Vielzahl abiotischer und biotischer Faktoren, wie zum Beispiel Lichteinstrahlung, Strömung, Durchfluss, Wasserchemismus, Temperatur, Benthosdichten, Dichte und Zusammensetzung von Prädatoren beeinflusst (BRITTAIN & EIKELLAND 1988, WATERS 1972, MÜLLER 1974). Aufgrund der Lichteinstrahlung und des damit verbundenen Hell-/Dunkelwechsels kann bei den meisten aquatischen Evertebraten eine tageszeitliche Periodizität der Driftdichten beobachtet werden (MÜLLER 1970, HOLT & WATERS 1967). Viele Studien zeigen, dass die Driftdichten in der Nacht ein Maximum erreichen (BRITTAIN & EIKELAND 1988).

Die Mechanismen, die für das nächtliche Driftmaximum verantwortlich sind, wurden kontrovers diskutiert. Anfangs nahm man an, dass die nächtliche Vertikalbewegung von Benthosorganismen zu den Substratoberflächen für ein Ansteigen der passiven Drifteintritte aufgrund erhöhter Strömungsexposition verantwortlich ist (ELLIOTT 1968). Neuere Theorien unterstreichen das aktive Driftverhalten von Evertebraten. Vor allem die Theorie einer Prä-Kontakt Reaktion zur Vermeidung von optisch orientierten, tagaktiven Fischen hat immer mehr Zuspruch erfahren. Da driftfressende Fische ihre Beute nach der Größe selektieren, driften große Larvenstadien, Individuen oder Taxa stärker

nachts und reduzieren ihre tageszeitliche Aktivität. Kleine Larvenstadien, Individuen oder Taxa zeigen im Gegensatz dazu meist einen aperiodischen Driftzyklus (ALLAN 1978, KOHLER 1985). Kairomone, die von den Prädatoren abgegeben werden, lösen diese Prä-Kontakt-Reaktion der Beute aus, wie es beispielsweise bei Larven von *Baetis* sp. (DOUGLAS et al. 1994, MCINTOSH et al. 2002, TIKKANEN et al. 1994) oder *Gammarus* sp. (DAHL et al. 1998, FRIBERG et al. 1994) bekannt ist.

Die Post-Kontakt-Reaktion ist eine aktive Flucht vor Prädatoren in die strömende Welle oder das Eintreten in die Drift durch die Störung des Sediments, ausgelöst durch benthivore nachtaktive Fische (HUHTA et al. 2000, MCINTOSH & TOWNSEND 1994, WINKELMANN et al. 2008) oder nachtaktive evertbrate Prädatoren (MALMQVIST & SJÖSTRÖM 1987, LANCASTER 1990, PECKARSKY 1996) und kann ebenfalls zu nächtlichen Driftmaxima führen.

Die Larven des Feuersalamanders (*Salamandra salamandra salamandra* LINNAEUS, 1758) bevorzugen oligotrophe, kühle Fließgewässer, deren Jahresdurchschnittstemperatur nur geringen Schwankungen unterworfen ist (THIESMEIER 1994), wie es für die Quellbäche des Wienerwaldes typisch ist. Dort stellen die Feuersalamanderlarven über die Sommermonate die Top-Prädatoren dar und lösen die Fische als dominierende Konsumenten 2. Ordnung ab (THIESMEIER 1992). Dies zeigt sich in der hohen Gesamtproduktion innerhalb der viermonatigen Entwicklung bis zur Metamorphose von  $3,47 \text{ g m}^{-2}$  (THIESMEIER 1991), verglichen mit einer jährlichen Produktion von Fischen wie der Bachforelle (*Salmo trutta*) von  $13,5 \text{ g m}^{-2}$  oder der Mühlkoppe (*Cottus gobio*) von  $16,6 \text{ g m}^{-2}$  (WATERS 1977).

Die vorliegende Arbeit soll die Auswirkungen der Anwesenheit von Feuersalamanderlarven als Top-Prädatoren auf den Driftrhythmus von ausgewählten Evertbraten-Taxa in fischfreien Bachabschnitten klären. So sollen folgende Fragen beantwortet werden: Gibt es eine Änderung der Driftrhythmik bei der An-/Abwesenheit der Feuersalamanderlarven im Gewässer? Ist der Driftrhythmus im Bachabschnitt mit Salamanderlarven dem im Bachabschnitt mit Salmoniden ähnlich? Diese Thematik soll in einem Wienerwaldbach erster bis vierter Ordnung mittels Driftmessungen untersucht werden.

## 2. Material und Methodik

### 2.1 Untersuchungsgebiet

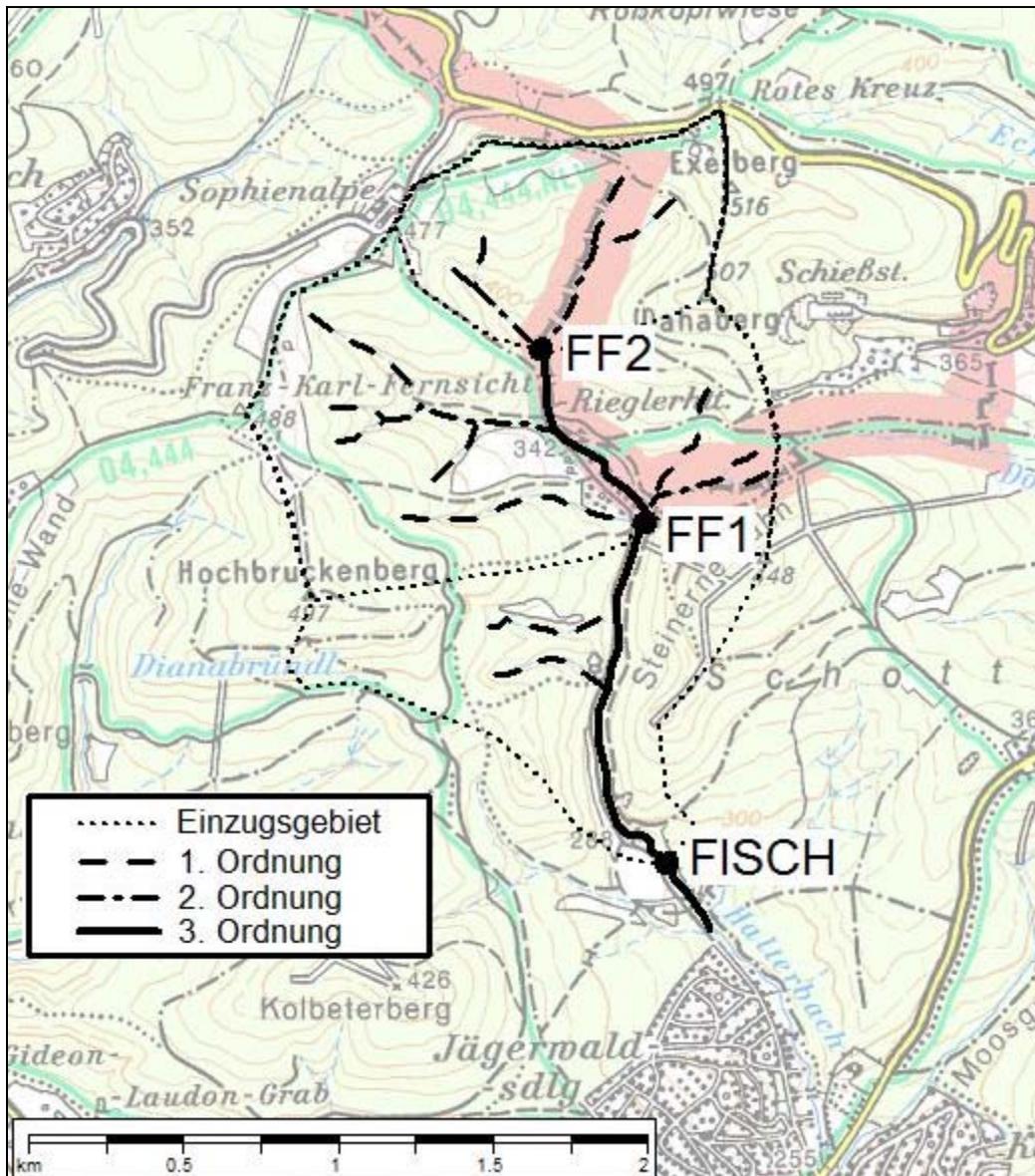
#### 2.1.1 Allgemeines

Der auf dem Wiener Stadtgebiet gelegene Halterbach entspringt nahe der Stadtgrenze am Exelberg und mündet nach einer zirka 6,2 km langen Fließstrecke erster bis vierter Ordnung bei Hütteldorf in den Wienfluß. Die Fließstrecke liegt je zur Hälfte in Siedlungsgebiet und bewaldetem Gebiet, welches durch forstwirtschaftlich genutzte Buchen-, Hainbuchen- und Eichenbestände geprägt ist. Der Bereich bis etwa 900 m unterhalb der Quelle, oberhalb der Rieglerhütte, kann als natürlich betrachtet werden. Der weitere Verlauf des Hauptgerinnes ist durch anthropogene Eingriffe geprägt. Für eine Strecke von etwa 2 km ist das Gewässer durch regelmäßig angeordnete Absturzbauwerke unterbrochen. Bei der Jägerwaldsiedlung durchfließt der Halterbach ein Retentionsbecken und fließt dann in einem hart verbauten Bachbett. Abbildung 1 zeigt einen Überblick über das Untersuchungsgebiet.

Das Abflussgeschehen des Halterbaches wird stark durch die geologischen Verhältnisse im Flysch geprägt. Diese Schichtfolge von Kalksandstein, Schieferton und Kalkmergel bildet einen weitgehend wasserundurchlässigen Untergrund. Aufgrund der daraus folgenden geringen Infiltrationsfähigkeit des Bodens ergeben sich sehr schnell aufbauende Hochwasserwellen. Das Maximum des Abflussgeschehens wird im Doppelmonat März-April erreicht. Trotz des Niederschlagsmaximums im Juni sinkt der Pegelstand über die Sommermonate auf ein Minimum, verursacht durch den Laubaustrieb im Einzugsgebiet und der damit verbunden hohen Transpiration und Evaporation. Für das Wienflusssystem gilt somit ein winterstarkes pluvio-nivales Abflussregime (MADER et. al. 1986)

Auch die über den Untersuchungszeitraum gemessen Durchflüsse (Q) decken sich sehr gut mit dem Abflussgeschehen dieses pluvio-nivalen Abflussregimes. Die höchsten Durchflüsse wurden im April gemessen, ein sekundäres Maximum

zeigt sich im September. Über die beprobten Sommermonate herrscht die typische Niederwassersituation (Abbildung 2).

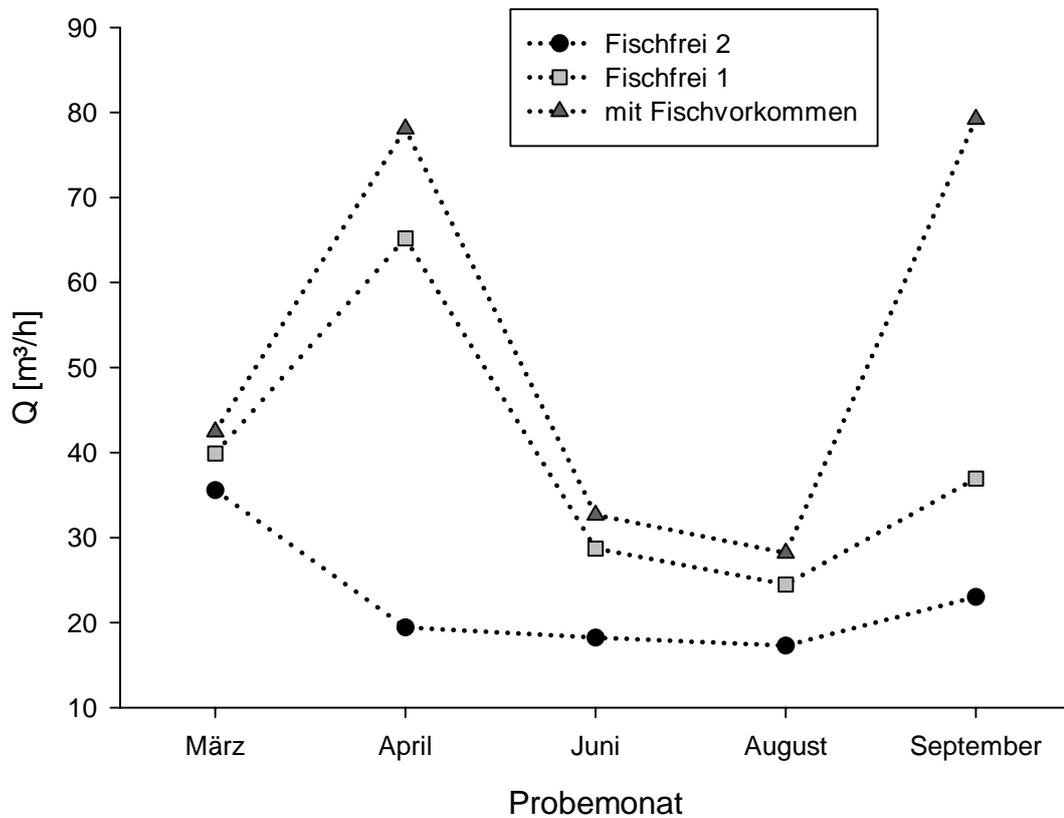


**Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den drei Probenstellen (FF2) Fischfrei 2, (FF1) Fischfrei 1 und (FISCH) mit Fischbesatz, Einzugsgebiete der drei Probenstellen und Flussordnung nach Strahler.**

Aufgrund der Temperaturverhältnisse mit hohen Sommertemperaturen und tiefen Wintertemperaturen kann der Halterbach als sommerwarm-winterkaltes Gewässer eingestuft werden.

In Bachabschnitten erster und zweiter Ordnung dominieren feinkörnige Sedimente wie Sande und Tone. Der Unterlauf weist einen hohen Anteil von

Grobkies und Blockwerk auf, mit sandigen und tonigen Fraktionen in den Sedimentporenräumen.



**Abbildung 2: Abflussdynamik des Halterbaches über den Untersuchungszeitraum an den drei Probenstellen.**

### 2.1.2. Beschreibung der Probenpunkte

Zur Untersuchung der organismischen Drift wurden drei Probenpunkte aufgrund ihrer Prädatorenzusammensetzung ausgewählt. Diese Punkte wurden in der Reihenfolge von der Quelle zur Mündung wie folgt benannt: Fischfrei 2, Fischfrei 1 und ein Probenpunkt mit Fischvorkommen („Fisch“). Tabelle 1 beschreibt die Probenpunkte bezüglich ihrer geographischen Lage, ihres Einzugsgebietes und gibt die Flussordnungszahl nach Strahler (FOZ) an.

**Tabelle 1: Geographische Lage, Einzugsgebietsgröße, Entfernung zur Quelle, Seehöhe ü. NN und Flussordnungszahl nach Strahler (FOZ) der drei Probenpunkte.**

Probenpunkt	Koordinaten (WGS 84)	Seehöhe ü. NN	Einzugsgebiet	Entfernung zur Quelle	FOZ
FF2	16°14'15" O 48°14'24" N	342 m	0,582 km <sup>2</sup>	0,870 km	3
FF1	16°14'30" O 48°14'16" N	320 m	1,889 km <sup>2</sup>	1,319 km	3
FISCH	16°14'33" O 48°13'40" N	279 m	2,725 km <sup>2</sup>	2,552 km	3

### 2.1.2.1. Prädatorenzusammensetzung der Probenpunkte

Zur Bewertung der Fischfauna wurden die Ergebnisse aus HOYER & KECKEIS (2007) herangezogen:

Das Fischaufkommen im Halterbach stellt sich aufgrund der regelmäßigen Querbauwerke als fragmentiert dar. Im unmittelbaren Mündungsbereich besteht die Fischfauna aus Bachforelle (*Salmo trutta* LINNAEUS 1758), Aitel (*Leuciscus cephalus* LINNAEUS 1758), Bachschmerlen (*Barbatula barbatula* LINNAEUS 1758) und Koppe (*Cottus gobio* LINNAEUS 1758). Die Fischgesellschaft des Unterlaufes ist geprägt von Elritzen (*Phoxinus phoxinus* LINNAEUS 1758) und Bachschmerlen (*Barbatula barbatula*) mit Bachforellen (*Salmo trutta*). Im Bereich der Probenstelle mit Fischvorkommen zeigen zwei Befischungspunkte ein Aufkommen der Bachforelle (*Salmo trutta*) (0,14 und 0,15 Individuen/m<sup>2</sup>), die wahrscheinlich auf Besatzmaßnahmen zurückgehen. Trotz Befischungen bis in den Quellbereich konnte ein Fischnachweis nur bis 2500 m vor dem Quellbereich erbracht werden.

Zur Bewertung des Aufkommens der Salamanderlarven wurden während des Untersuchungszeitraumes die Dichten und Größen der Larven sowie die vorhandenen Larvenstadien erhoben. Das Absetzen der Feuersalamanderlarven durch die adulten Weibchen beginnt ab Mitte März und dauert bis Mitte April, wobei die Metamorphose und das Abwandern zwischen Mitte Juli bis Mitte September dauern kann (THIESMEIER 1990, BAUMGARTNER et al. 1999).

Im Halterbach konnten im April und August an den Probenstellen Fischfrei 1 und Fischfrei 2 Feuersalamanderlarven nachgewiesen werden (Abbildung 3). In den meisten Fließgewässerabschnitten findet eine strikte Trennung zwischen

Forellen und Salamanderlarven statt (THIESMEIER 1992). So konnten auch im Halterbach im Abschnitt mit Fischvorkommen zu keinem Zeitpunkt Salamanderlarven nachgewiesen werden. Im Juni konnten aufgrund eines Hochwassers, wenige Tage vor der Kartierung, über die einzelnen Kartierungsstrecken keine Salamanderlarven nachgewiesen werden. Auch BAUMGARTNER et al. (1999) beschreibt eine sehr starke Abnahme der Feuersalamanderdichten durch ein Hochwasser Ende Mai 1996.

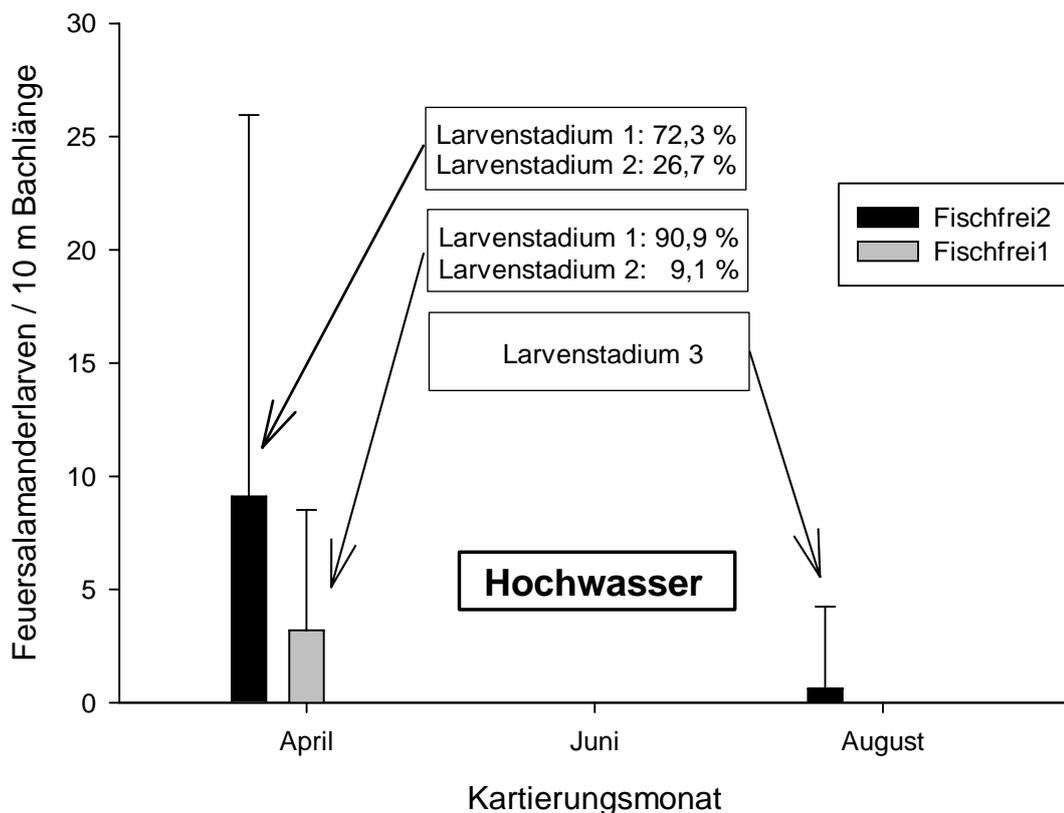


Abbildung 3: Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle der Feuersalamanderlarvendichten an den drei Probenstellen über den Untersuchungszeitraum.

## 2.2. Untersuchungszeitraum

Die Driftuntersuchungen mit fünf Sammelterminen wurden im Zeitraum von Mitte September 2007 bis Mitte August 2008 durchgeführt. Der Termin 12./13. September 2007 repräsentiert die Herbstsituation nach der Metamorphose und dem Verlassen des Baches durch die Feuersalamanderlarven. Der Termin 6./7. März repräsentiert die Frühjahrssituation vor dem Absetzen der Feuersalamanderlarven. Die drei Termine 8./9. April 2008, 3./4. Juni 2008 und

4./5. August 2008 decken den Zeitraum der Larvalentwicklung der Feuersalamanderlarven ab. Alle Termine wurden zu Zeiten der Neumondphasen gewählt, um eine Beeinflussung der Driftaktivität durch helles Mondlicht zu vermeiden.

### 2.2.1. Tagesgang der Strahlung

An den Sammelterminen April (Abbildung 4), Juni (Abbildung 5), August (Abbildung 6) und September (Abbildung 7) wurde die Strahlung an den drei Probenstellen gemessen. Die Morgendämmerung bzw. die Abenddämmerung fällt für alle Probenentnahmetermine in das dreistündige Entnahmeintervall von 6:00-9:00 Uhr MEZ bzw. 18:00-21:00 Uhr MEZ. Am Probenpunkt mit Fischvorkommen (Fisch) zeigt sich das Maximum der Strahlung im April und September um 9:00 Uhr. Dies kann auf die wechselnde Bewölkung an diesen Probetagen zurückgeführt werden.

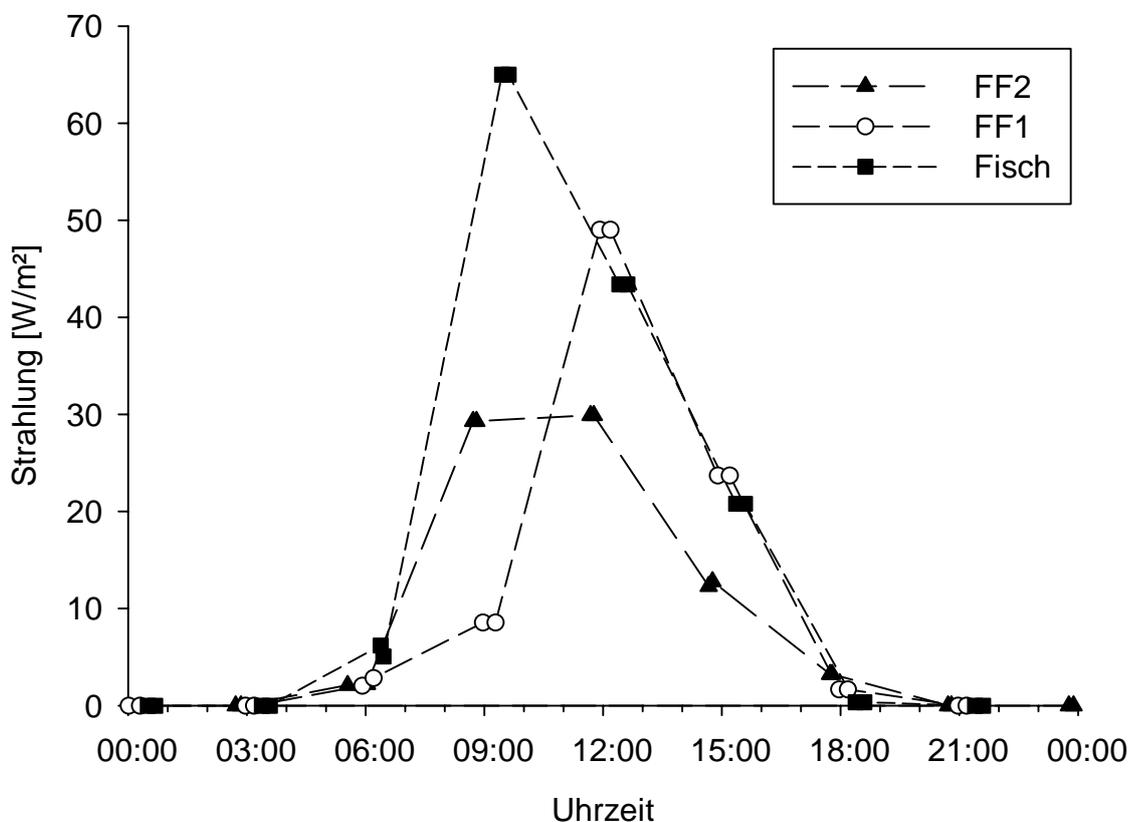


Abbildung 4: Tagesgang der Strahlung (Watt/m<sup>2</sup>) an den drei Probenstellen Fischfrei 2 (FF2), Fischfrei1 (FF1) und mit Fischvorkommen (Fisch) für den Probetermin April.

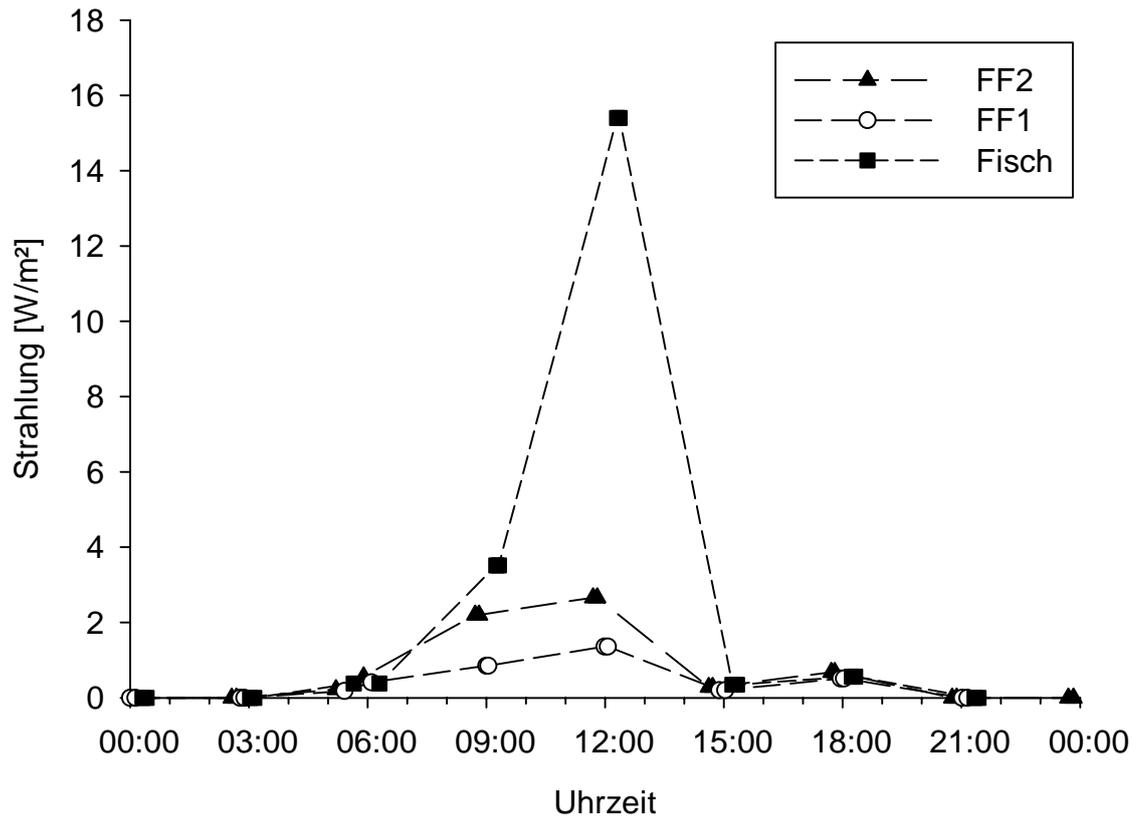


Abbildung 5: Tagesgang der Strahlung (Watt/m²) an den drei Probenstellen Fischfrei 2 (FF2), Fischfrei1 (FF1) und mit Fischvorkommen (Fisch) für den Probestern Jun.

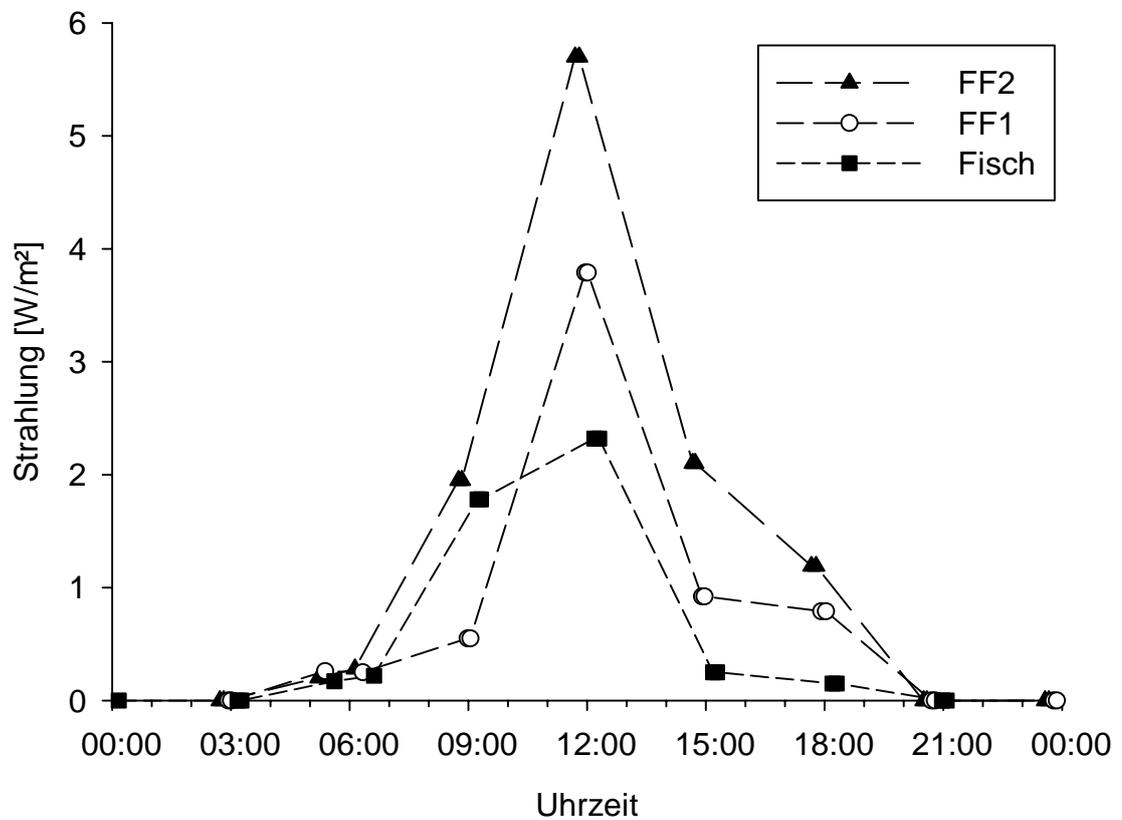


Abbildung 6: Tagesgang der Strahlung (Watt/m²) an den drei Probenstellen Fischfrei 2 (FF2), Fischfrei1 (FF1) und mit Fischvorkommen (Fisch) für den Probestern August.

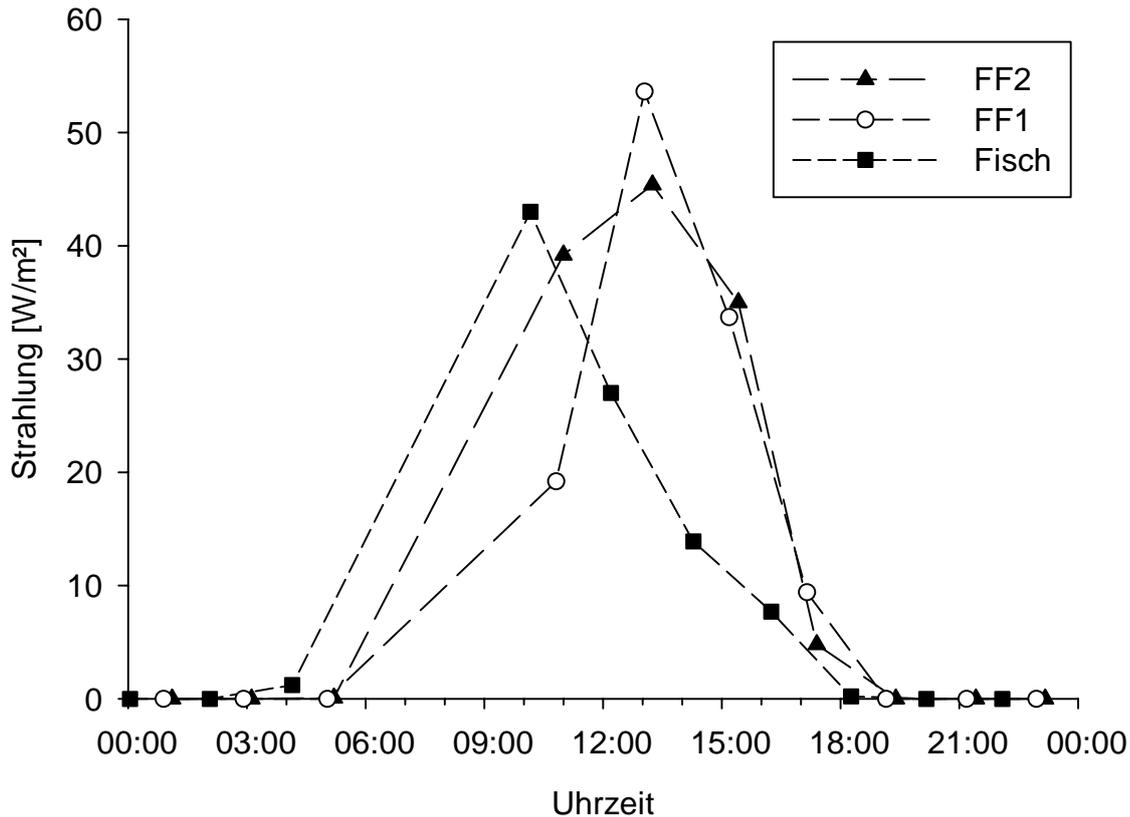


Abbildung 7: Tagesgang der Strahlung (Watt/m<sup>2</sup>) an den drei Probenstellen Fischfrei 2 (FF2), Fischfrei1 (FF1) und mit Fischvorkommen (Fisch) für den Probestern September.

### 2.3. Erhebung der hydrologischen Daten

Am jedem Sammeltermin wurde für jeden Probenpunkt die Abflussmenge berechnet. Dazu wurde über die gesamte Bachbreite ( $w$ ) in 10 cm-Intervallen die Strömungsgeschwindigkeit 40 % über Grund ( $v$ ) mit einem Strömungsmessgerät (Ott-Flügel) und die Wassertiefe ( $y$ ) gemessen. Die Abflussmenge ( $Q$ ) wurde nach folgender Formel berechnet (SCHWÖRBEL 1986):

$$Q = w \times \bar{y} \times \bar{v}$$

### 2.4. Salamanderkartierungen

An jedem Sammeltermin wurde für jede Probenstelle die Dichte der Feuersalamanderlarven erfasst. Dazu wurde oberhalb eines jeden Probenpunktes eine 100 Meter lange Strecke kartiert.

Jede Kartierungsstrecke wurde in 10 m lange Teilstrecken geteilt und der Bach entgegen der Fließrichtung nach Feuersalamanderlarven abgesucht. Beim Probenpunkt Fischfrei 2, der direkt unterhalb eines Zusammenflusses zweier Bachabschnitte 2. Ordnung liegt, wurden jeweils beide Bachabschnitte 100 m oberhalb der Probenstelle kartiert.

Bei der Behandlung der Larven wurde, ähnlich wie bei BAUMGARTNER et al. (1999) beschrieben, vorgegangen: Alle gesichteten Individuen wurden gekeschert und in einer mit Wasser gefüllten und mit Millimeterpapier unterlegten Petrischale fotografiert und wieder freigelassen.

Bei allen Individuen wurde die Gesamtlänge, die Kopflänge und die Kopfbreite anhand der Fotos mit dem public-domain Bildverarbeitungsprogramm ImageJ vermessen. Diese biometrischen Merkmale wurden gemeinsam mit der Körperfärbung zur Stadieneinteilung nach JUSZCYK & ZAKRZEWSKI (1981) herangezogen, wobei die Körperlänge als Hauptkriterium diente. Die Aufspaltung in das Larvenstadium 3a und 3b wurde nicht durchgeführt.

## 2.5. Driftmessung

### 2.5.1 Aufbau der Driftmessgeräte

Die Driftmessgeräte bestehen aus Durchflusskasten, Netz und Siebzylinder. Der Durchflusskasten aus Plexiglas weist eine Öffnung von 25 x 10 cm und eine Rahmenbreite von 10 cm auf. Die Höhe des Durchflusskastens wurde so gewählt, dass bei allen zu erwartenden Durchflüssen die gesamte Wassersäule von der Oberfläche bis knapp über die Sedimentdeckschicht beprobt werden konnte. Aufgrund des sehr glatten Plexiglases war ein Herausklettern der Organismen aus der Driftfalle, wie es in Vorversuchen mit Öffnungen aus einfachen Stahlrahmen bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten der Fall war, nicht möglich. Das verwendete Netz weist eine Maschenweite von 200 µm auf. Um einen Rückstau des Wassers durch ein Verstopfen des Netzes durch Detritus und Feinsediment zu verhindern, wurde ein sehr langes Netz (120 cm) gewählt. Zusätzlich soll die im Vergleich zum Durchflusskasten etwas größere Netzöffnung einem Verstopfen zusätzlich entgegenwirken (ELLIOT 1970). Zur einfacheren Entleerung der Driftfallen ist am Ende des Netzes ein

abschraubbarer Siebzylinder aus PVC mit einer Maschenweite von 200  $\mu\text{m}$  angebracht. Bei der Exposition der Fallen wurde darauf geachtet, dass die Einlassöffnung des Durchflusskastens einen Mindestabstand zum Bachboden hatte. Dieser Abstand soll verhindern, dass nicht driftende Invertebraten direkt in das Innere der Fallen kriechen können (ELLIOT 1970). Die Driftfallen wurden im Bachbett mit Eisenstangen fixiert (Abbildung 8).



**Abbildung 8: Driftmessgerät im Freiland.**

### 2.5.2. Durchflussmessung und Berechnung des gefilterten Volumens

Da die Driftmessgeräte keine integrierte Durchflussmessung aufwiesen, wurde der Durchfluss mit einem Strömungsmessgerät (Ottflügel) gemessen. Zur Bestimmung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit durch die Falle ( $\bar{v}_{\text{Falle}}$ ) wurde jeweils am Start- und Endzeitpunktes eines jeden Probenintervalls die Strömungsgeschwindigkeit unmittelbar vor dem Durchflusskasten gemessen und gemittelt.

Zur Berechnung der durchflossenen Fläche ( $F_{\text{Falle}}$ ) wurde der Wasserstand an der linken und rechten Seitenwand des Durchflusskastens gemessen und der

mittlere Wasserstand ( $\bar{h}$ ) berechnet. Die Breite (b) des Durchflusskastens beträgt 25 cm. Die durchflossene Fläche (F) wurde nach folgender Formel berechnet:

$$F_{Falle} = b \times \bar{h}$$

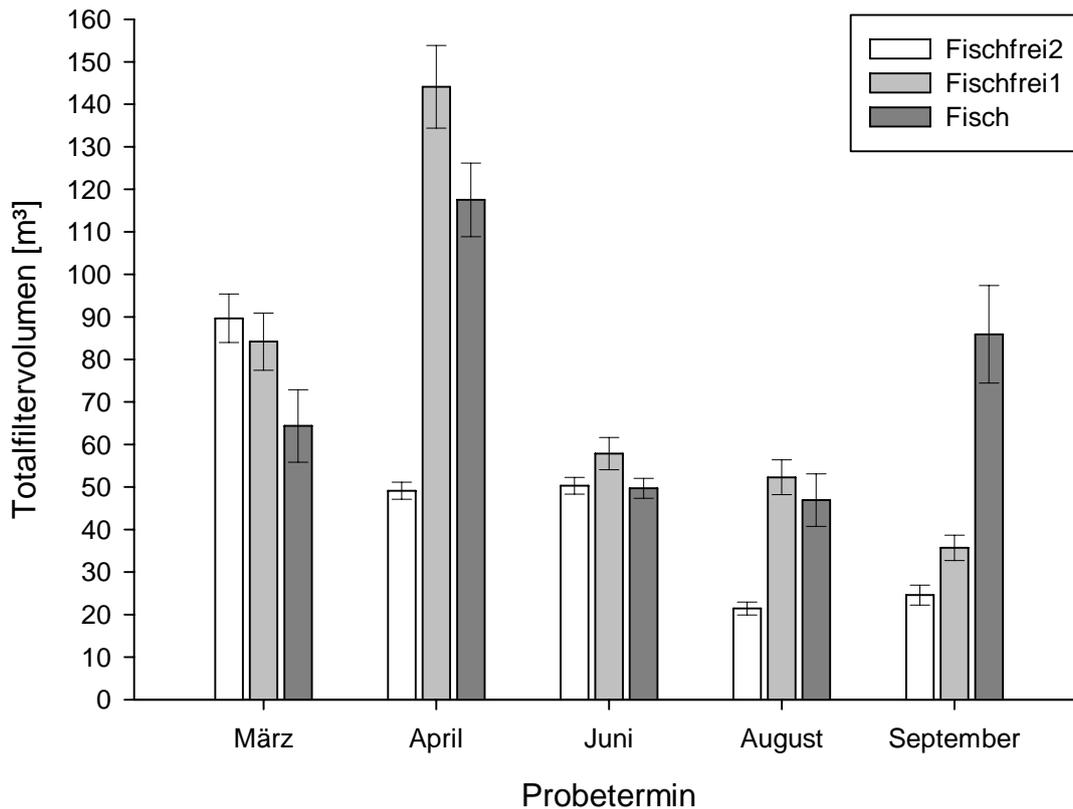
Zur Berechnung des Durchflusses durch die Driftfalle ( $Q_{Falle}$ ) wurde folgende Formel verwendet:

$$Q_{Falle} = F_{Falle} \times \bar{v}_{Falle}$$

Das Fallenfiltervolumen ( $V_{Falle}$ ) wurde nach folgender Formel berechnet:

$$V_{Falle} = Q_{Falle} \times Expositionzeit_{Falle}$$

Insgesamt wurden an 119 Beprobungsintervallen 7705,82 m<sup>3</sup> Wasser gefiltert. Abbildung 9 zeigt für die einzelnen Termine und Probenstellen die mittleren Filtervolumina. Ein Probeintervall (Probenstelle Fischfrei 1 im März von 9:00-12:00 Uhr) konnte aufgrund einer Beschädigung des Driftmessgerätes nicht ausgewertet werden, somit geht dieses Intervall in die späteren Auswertungen nicht ein. Das gefilterte Volumen korreliert nicht mit der Wasserschüttung des Halterbaches, da der gefilterte Querschnitt und die Strömungsgeschwindigkeit vor dem Driftmessgerät die für das gefilterte Volumen bestimmenden Größen sind. Diese beiden Größen sind stark abhängig von der Morphologie des Bachbettes und somit auch von der Tiefe, an welcher das Driftmessgerät positioniert wurde, und den an dieser Stelle herrschenden Strömungsverhältnissen.



**Abbildung 9: Mittelwert des Fallenfiltervolumens ( $V_{\text{Falle}}$ ) mit 95%-Konfidenzintervall, aufgliedert nach Probestellen und Probeterminen.**

## 2.6. Behandlung der gefangenen Evertebraten in Freiland und Labor

Die gefangenen Tiere wurden im Freiland direkt aus den Siebbehältern entnommen und in 250 ml Kunststoffbechern mit 70% Ethanol fixiert.

Die gefangenen Evertebraten wurden im Labor von Detritus getrennt, nach Taxa sortiert und ausgezählt.

Bei Baetidae und *Gammarus fossarum* KOCH 1835 wurde die Körpergröße mittels Okularmikrometer auf 30  $\mu\text{m}$  genau vermessen.

Bei *Gammarus fossarum* wurde die Länge des ersten dorsalen thorakalen Carapaxsegmentes vermessen (Abbildung 10 B). Bei Baetidae diente als biometrische Größe die Breite der Kopfkapsel an der breitesten Stelle (Abbildung 10 A). Bei einigen Tieren wurde außerdem die Körperlänge (exklusive Cerci) gemessen.

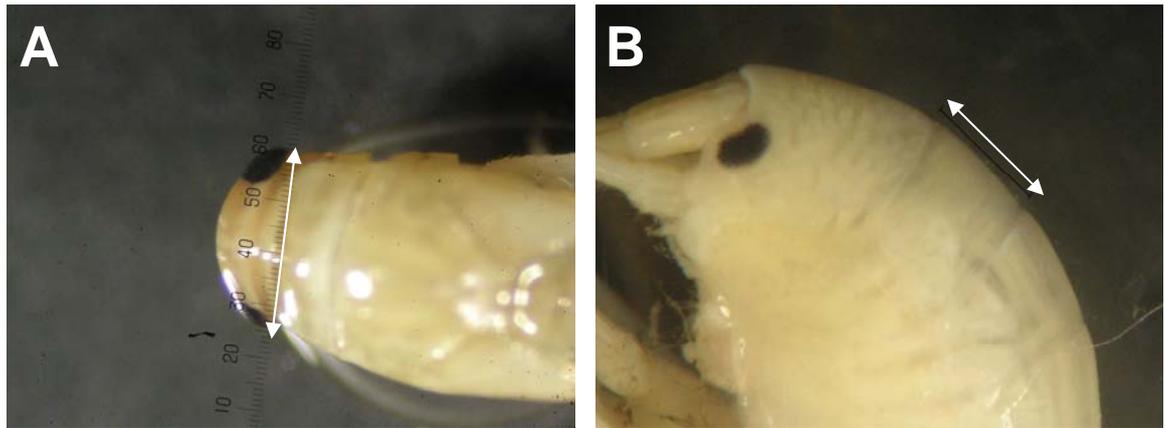


Abbildung 10: Verwendete biometrische Parameter (Pfeile) für die Größenklasseneinteilung: (A) Baetidae: Kopfkapselfbreite; (B) *Gammarus fossarum*: Länge des ersten Thorakalsegments.

## 2.7. Datenanalyse

### 2.7.1. Driftdichtenberechnung

Zur Datenanalyse wurden Driftdichten [Individuen/100 m<sup>3</sup>] herangezogen und nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Driftdichte} = \frac{\text{Abundanz}}{V_{\text{Falle}}} \times 100$$

Mit dieser Formel wurden die Driftdichten für jedes gemessene Dreistundenintervall, für die Tag- und Nachtstunden und für den Tagesgang berechnet.

Die Tag-/Nachtdriftdichte wurde berechnet aus der Summe der Abundanzen und der Filtervolumina aller vier Dreistundenintervalle des/der Tages/Nacht. Die Driftdichte pro 24 Stunden ergibt sich aus der Summe der Abundanzen und der Filtervolumina aller acht Dreistundenintervalle.

### 2.7.2. Einteilung der Tag- und Nachtintervalle

Für alle Sammeltermine wurde die Zeit von 18:00-06:00 als Nacht und von 06:00-18:00 Uhr als Tag angenommen. Obwohl die Tageslänge im Frühjahr kürzer und im Sommer länger ist, fiel die Abenddämmerung immer in das Probeintervall von 18:00-21:00 Uhr.

### 2.7.3. Einteilung der Größenklassen bei Baetidae und *Gammarus fossarum*

Die Baetidae-Larven wurden in Größenklassen mit Kopfkapselbreite <0,25 mm, 0,25-0,5 mm, 0,5-0,75 mm, 0,75-1,00 mm, 1,00-1,25 mm und >1,25 mm eingeteilt. Dieselbe Einteilung der Größenklassen in 0,25 mm Intervallen wurde auch in der Arbeit von HUHTA et al. (2000) verwendet. Zur Umrechnung der Kopfkapselbreite in die Körperlänge (HUMPESCH 1979 a) wird eine Korrelation zwischen Kopfkapselbreite und Körperlänge berechnet (siehe Appendix). Diese so erhaltenen Größenklassen stellen keine Einteilung in Larvenstadien dar, wie es durch Berücksichtigung der Ausbildung morphologischer Strukturen möglich wäre (HUMPESCH 1979 b).

### 2.7.4. Datenauswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit den Programmen Excel 2002 und SPSS für Windows (Version 16.0.2). Die Grafiken wurden mit Sigma Plot (Version 10.0) erstellt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Zusammensetzung der Driftproben

Über den gesamten Untersuchungszeitraum wurden 45331 Individuen gezählt, davon erreichten die Ephemeroptera (32,3%), Diptera (21,5%), Copepoda (17,8%), Amphipoda (17,4%), Plecoptera (5,4%), Coleoptera (3,5%) und die Trichoptera (1,2%) die höchsten Abundanzen.

Innerhalb der Ephemeroptera dominierten Baetidae (92%) mit 13457 Individuen, wobei die Gattung *Baetis* mit *Baetis rhodani* PICTET 1843-1845 (6956 Individuen), *Baetis muticus* LINNAEUS 1758 (60 Individuen) und juvenile *Baetis* spp. (6436 Individuen) die häufigsten waren. Lediglich 5 Individuen von *Centroptilum luteoleum* MÜLLER 1776 konnten erfasst werden. Den restlichen Anteil an den Ephemeroptera stellen Leptophlebiidae (4,0%), Heptageniidae (3,2%), Ephemeridae (0,3%) und nicht genauer bestimmbare juvenile Ephemeroptera (0,6%).

Innerhalb der Dipteren dominierten die Familien Chironomidae (73,6%), Dixidae (15,2%) und Simuliidae (8,2%).

Die Ordnung Amphipoda umfasst nur die Art *Gammarus fossarum*.

In Tabelle 2 werden die Driftdichten der vollständigen Tagesgänge (24 h) angegeben. Baetidae und *Gammarus fossarum* (Gammaridae) sind an allen Probenstellen und an allen Terminen unter den fünf dominanten Taxa vertreten. Mit einer Ausnahme sind auch Chironomidae immer unter den fünf dominanten Taxa vertreten. Im Mittel driften in 24 Stunden 659 Individuen/100m<sup>3</sup>, wobei diese Driftdichte zwischen 189 und 1335 Individuen/100m<sup>3</sup> schwankt.

Tabelle 2: Driftdichten pro 24h [Individuen/100 m<sup>3</sup>] aufgegliedert nach Taxa, Probenterminen und Probenstellen. Die fünf häufigsten Taxa pro Termin und Probenpunkt sind grau unterlegt. FF1 = Fischfrei 1, FF2 = Fischfrei 2, Fisch = mit Fischvorkommen.

Taxon	März			April			Juni			August			September		
	FF2	FF1	Fisch	FF2	FF1	Fisch	FF2	FF1	Fisch	FF2	FF1	Fisch	FF2	FF1	Fisch
<b>Plathelminthes</b>															
Turbellaria	0,28	0,34		0,51	0,26	0,11		1,08	0,25			0,80			
<b>Nematoda</b>				0,25											
<b>Clitellata</b>															
Oligochaeta	1,39	0,17	0,19	0,51		0,21	0,99	0,43	0,25		0,96	3,20	2,03	8,40	1,60
<b>Arachnida</b>															
Acari	0,98		0,97	1,27		0,85		2,81	4,02		0,48	0,80	20,34	3,85	13,68
<b>Crustacea</b>															
Copepoda	45,30	24,44	235,94	119,86	17,17	387,47	14,16	58,32	340,84	23,91	27,25	14,91	49,33	4,55	11,79
Ostracoda						0,11		0,43	1,26	2,33					
Isopoda					0,09	0,11	0,25	0,65		0,58	0,24		2,54	2,10	
<b>Amphipoda</b>															
Gammaridae	6,83	21,89	40,97	82,45	52,55	130,50	63,09	395,71	169,04	176,15	85,57	161,93	122,07	336,35	18,48
<b>Insecta</b>															
<b>Ephemeroptera</b>															
Baetidae	165,46	81,12	76,90	228,52	50,47	160,60	829,60	89,64	316,95	174,99	297,59	108,66	64,59	156,10	125,85
Heptageniidae	3,48	6,79	3,88	7,63	2,78	3,83	10,43	6,70	8,80	12,83	5,98	14,65	10,68	14,00	2,18
Ephemeridae			0,39	0,25		0,53			0,25	1,17		0,53	0,51	0,70	3,78
Leptophlebiidae	2,37	3,56	19,42	5,34	2,60	12,44	3,73	5,40	4,02	9,92	3,59	10,65	23,90	8,05	12,95
indet.	1,12	0,17	2,52							6,42	0,72	7,46	7,63	1,40	0,58
<b>Plecoptera</b>	3,90	3,39	13,79	9,16	1,65	12,66	85,69	105,19	48,04	28,00	8,37	15,71	89,51	80,85	89,92
<b>Heteroptera</b>				0,25			0,99			1,17	0,24				
<b>Neuroptera</b>					0,09										0,15
<b>Megaloptera</b>					0,09		3,73	1,51	2,01						0,15

Tabelle 2, Fortsetzung.

Taxon	März			April			Juni			August			September		
	FF2	FF1	Fisch	FF2	FF1	Fisch	FF2	FF1	Fisch	FF2	FF1	Fisch	FF2	FF1	Fisch
<b>Trichoptera</b>	1,12	2,04	2,91	1,02	0,95	1,91	6,95	9,50	16,60	47,83	14,82	3,46	8,14	15,05	17,46
<b>Coleoptera</b>															
Hydraenidae	0,28	0,85	0,97	6,11	3,73	9,79	7,45	4,75	15,34	5,83	4,06	3,73	6,61	2,80	9,60
Elmidae	0,42	0,00	0,19	0,76	0,61	3,72	5,22	7,56	32,70	4,08	5,98	2,40	5,59	12,60	13,09
Scirtidae	0,98	0,34	0,97	0,51	0,43	0,11				5,83	0,48	1,60	29,50	32,90	
andere	0,56	0,51		10,43	4,16	9,25	1,74	4,54	2,01	1,75	0,96	4,79	1,02	3,85	3,35
<b>Diptera</b>															
Ceratopogonidae		0,17			0,09	0,11	0,25	4,97	0,50	1,75		1,07			0,87
Chironomidae	51,85	41,92	118,84	99,25	88,98	39,88	115,25	262,44	296,32	321,97	73,62	54,86	32,04	24,85	12,37
Dixidae	0,28						94,63	164,81	18,87	57,16	30,83	2,13	3,56	3,85	1,16
Psychodidae							1,74	24,19	2,26	2,33	0,48	2,93			0,29
Rhagionidae	0,42						0,25	0,22				0,53			
Simuliidae	3,62	1,53	2,52	1,78	0,87	2,02	88,92	17,71	20,63	69,41	5,74	8,79	4,07	1,75	1,02
Stratiomyidae	0,14				0,09	0,21	0,50	1,51	2,52	0,58	1,20	1,33	2,03	2,10	2,47
Tipuloidea	0,14										0,24	0,27		0,35	0,15
<b>Summe</b>	<b>290,91</b>	<b>189,21</b>	<b>521,39</b>	<b>575,88</b>	<b>227,65</b>	<b>776,43</b>	<b>1335,55</b>	<b>1170,07</b>	<b>1303,50</b>	<b>956,01</b>	<b>569,37</b>	<b>427,20</b>	<b>485,72</b>	<b>716,44</b>	<b>342,94</b>

### 3.2. Drift von *Gammarus fossarum*

#### 3.2.1. Driftzyklus von *Gammarus fossarum*

Während des Untersuchungszeitraumes wurden 7900 Individuen von *Gammarus fossarum* gesammelt, wovon 5575 Individuen nachts und 2325 tagsüber in den Driftnetzen gezählt wurden. Insgesamt wurden signifikant höhere Driftdichten nachts gegenüber tags gemessen (Mann-Whitney-U Test  $p < 0,001$ ;  $Z = -4,074$ ;  $n = 119$ ).

Abbildung 11 zeigt den Driftzyklus von *Gammarus fossarum* über 24 h an den drei Probenstellen und den fünf Probenterminen. Für alle Probenstellen fällt am Frühjahrstermin (März) die höchste Driftdichte in das Beprobungsintervall von 18:00-21:00 Uhr. Im Sommer (Juni und August) verlagert sich das nächtliche Maximum in das Beprobungsintervall vor Mitternacht. Zur Herbstsituation im September verlagert sich das Driftmaximum wieder zurück in den Zeitraum von 18:00-21:00 Uhr. Die gemittelten Prozentanteile der dreistündigen Entnahmeintervalle an der Gesamtdrift fasst Abbildung 12 zusammen. Siebzig Prozent der driftenden Individuen entfallen auf die vier Nachtintervalle und 30% entfallen auf die vier Tagintervalle. Dies entspricht einem Verhältnis Nachtdrift : Tagdrift von 2,3. So zeigt sich generell im 24h-Zyklus das Driftmaximum nachts nach dem Einsetzen der Dunkelheit bis Mitternacht. Bis zur Morgendämmerung nimmt die Drift wieder ab und erreicht früh morgens das Minimum, danach steigt die Drift bis zur Abenddämmerung wieder kontinuierlich an.

Abbildung 13 zeigt im Überblick den einheitlichen Trend zu deutlich höheren Nachtdriftdichten gegenüber Tagdriftdichten an allen drei Probenstellen und über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Beim Vergleich der prozentualen Anteile von Tag- und Nachtdriftdichten für jede Probenstelle über den Untersuchungszeitraum zeigen sich bei allen Probenstellen signifikante Unterschiede. Die einzige Ausnahme stellt die Probenstelle Fischfrei 1 im März dar (Tabelle 3).

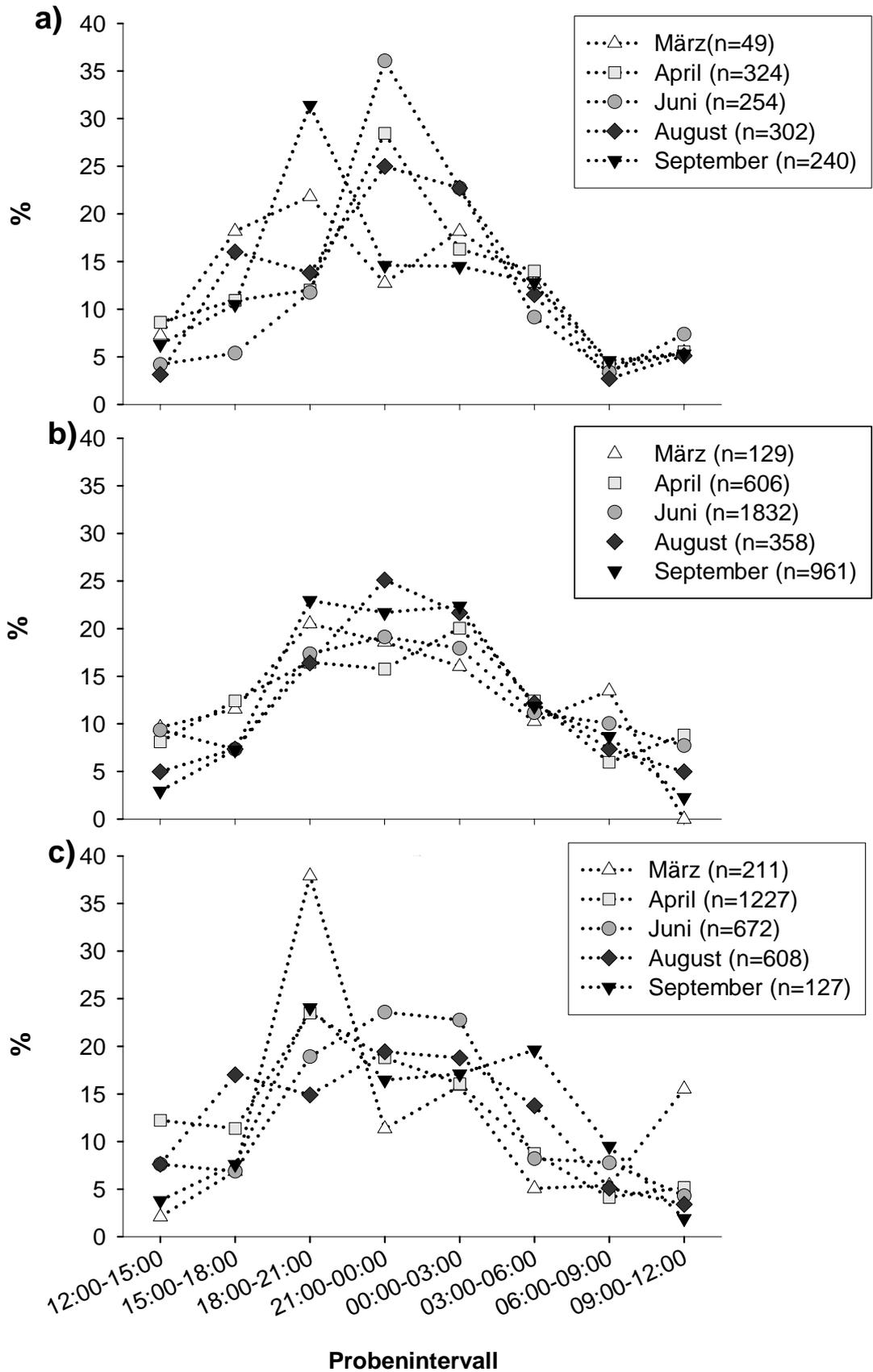


Abbildung 11: Prozentanteile der dreistündigen Entnahmeintervalle an der Gesamtdrift über 24 Stunden für *Gammarus fossarum*, aufgetrennt nach Probenstellen (a) Fischfrei 2, b) Fischfrei 1, c) mit Fischvorkommen.

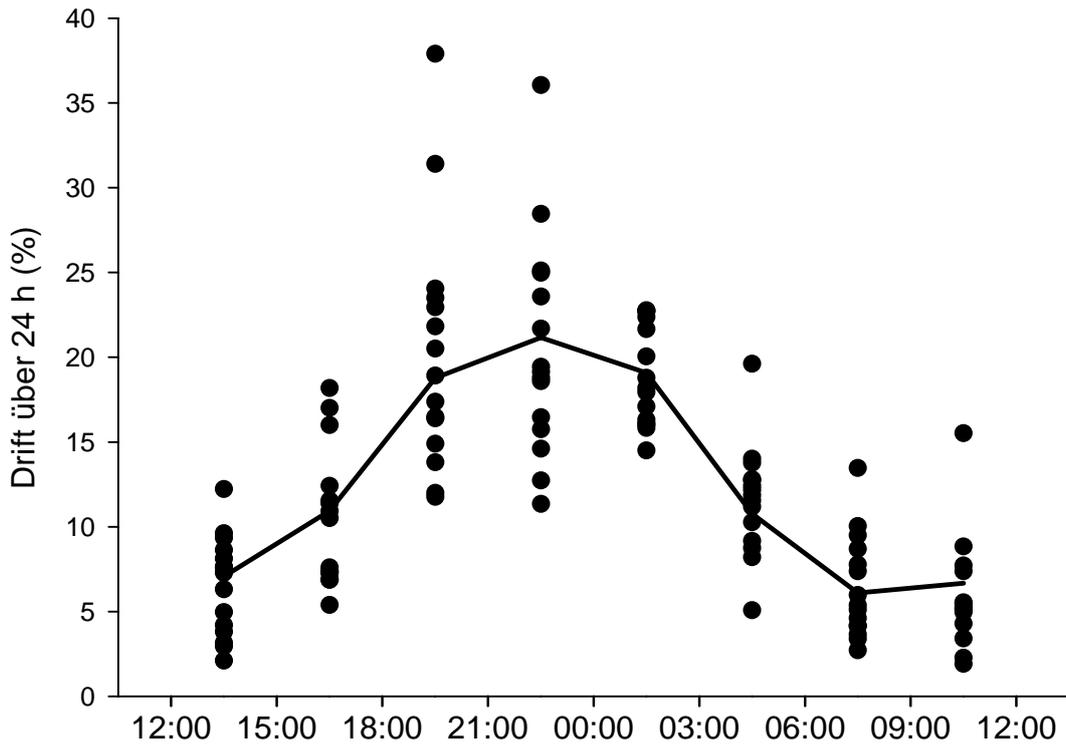


Abbildung 12: *Gammarus fossarum*: Einzelwerte für jedes dreistündige Entnahmeintervall pro Sammeltermin und Probenpunkt. Die Linien verbinden die Mittelwerte der jeweiligen Entnahmeintervalle.

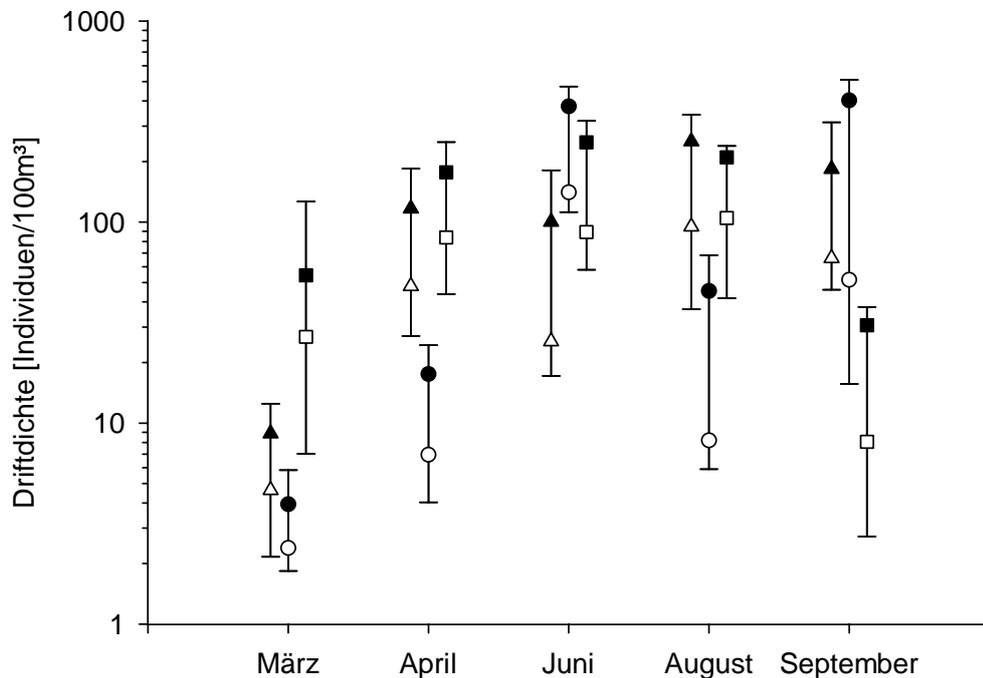


Abbildung 13: Mittlere Nachtdrift (gefüllte Symbole), mittlere Tagesdrift (offene Symbole) und maximale und minimale Driftdichten (Balken) für *Gammarus fossarum* an den drei Probenstellen Fischfrei 2 (Dreieck), Fischfrei 1 (Kreis) und mit Fischvorkommen (Quadrat) über den Untersuchungszeitraum.

**Tabelle 3: Mittlere Tages- und Nachtdrift von *Gammarus fossarum* mit Prozentwerten in Klammer, Verhältnis mittlere Nachtdrift:mittlere Tagdrift und Chi<sup>2</sup>-Teststatistik der Prozentwerte, angeführt für den Untersuchungszeitraum und alle drei Probenstellen (FF2 = Fischfrei 2, FF1 = Fischfrei 1 und Fisch = mit Fischvorkommen).**

Termin	Probenstelle	Driftdichte [Individuen/100m <sup>3</sup> ]		Verhältnis Nacht:Tag	n	Chi <sup>2</sup> Test	
		Nacht	Tag			Chi <sup>2</sup>	p
März	FF2	8,86 (65,65%)	4,64 (34,35%)	1,91	1	4,90	p<0,05
	FF1	24,99 (58,28%)	17,89 (41,72%)	1,40	1	1,37	n.s.
	Fisch	54,50 (66,93%)	26,92 (33,07%)	2,02	1	5,74	p<0,05
April	FF2	116,73 (70,87%)	47,98 (29,13%)	2,43	1	8,71	p<0,01
	FF1	67,53 (64,92)	36,49 (35,08)	1,85	1	4,45	p<0,05
	Fisch	177,28 (67,85)	84,00 (32,15%)	2,11	1	6,37	p<0,05
Juni	FF2	100,38 (79,77%)	25,45 (20,23%)	3,94	1	17,73	p<0,001
	FF1	521,60 (65,85%)	270,53 (34,15%)	1,93	1	5,02	p<0,05
	Fisch	249,86 (73,65%)	89,40 (26,35%)	2,79	1	11,19	p<0,001
August	FF2	252,46 (72,65%)	95,05 (27,35%)	2,66	1	10,26	p<0,01
	FF1	127,35 (75,79%)	40,67 (24,21%)	3,13	1	13,31	p<0,001
	Fisch	210,34 (66,71%)	104,95 (33,29%)	2,00	1	5,59	p<0,05
September	FF2	183,63 (73,55%)	66,05 (26,45%)	2,78	1	11,09	p<0,001
	FF1	546,14 (79,75%)	138,67 (20,25%)	3,94	1	17,70	p<0,001
	Fisch	30,73 (79,20%)	8,07 (20,85%)	3,8	1	17,05	p<0,001

### 3.2.2. Driftende Größenklassen von *Gammarus fossarum*

Die Verteilung der Größenklassen zeigt an den fünf Terminen zwischen den drei Probenstellen ein uneinheitliches Bild, und es ist nicht möglich, einzelne Kohorten zuzuordnen. Die Spannweite der Länge des ersten thorakalen Carapaxsegmentes reicht von 60 µm bis 1230 µm. Meist dominiert die Größenklasse <200 µm; so sind mit Ausnahme im März an der Stelle Fischfrei 1 und der Stelle mit Fischvorkommen immer eine große Zahl juveniler *Gammarus fossarum* in der organismischen Drift vertreten (Abbildung 14). Im März sind die Mittelwerte des ersten thorakalen Carapaxsegmentes in der kleinsten Größenklasse an den Probenstellen Fischfrei 1 und mit Fischbesatz mit 107 bzw. 100 µm gegenüber der Probenstelle Fischfrei 2 mit 134 µm sehr

klein. Über den restlichen Untersuchungszeitraum zeigen sich in der kleinsten Größenklasse Mittelwerte zwischen 129 und 154  $\mu\text{m}$ .

Da das Driftverhalten von *Gammarus fossarum* über den gesamten Untersuchungszeitraum und zwischen den drei Probenstellen auch für die einzelnen Größenklassen sehr einheitlich ausfällt, sind in Abbildung 15 für jede Größenklasse die Mittelwerte des Verhältnisses Nachdriftdichte : Tagdriftdichte, gepoolt für alle gemessenen 24h-Zyklen aufgeführt. Wie auch schon für die Gesamtheit der driftenden Bachflohkrebse zeigt sich auch für jede Größenklasse ein Überwiegen der Nachdriftdichte gegenüber der Tagdriftdichte. Die Individuen der kleinsten Größenklasse haben mit 2,4 ein niedrigeres Verhältnis Tagdriftdichte : Nachdriftdichte als die größeren Individuen. Die Größenklassen zwischen 200 und 800  $\mu\text{m}$  nehmen Werte von 3,2 an. Das Maximum dieses Verhältnisses zeigt sich in der Größenklasse 800-1000  $\mu\text{m}$  mit einem Wert von 3,9.

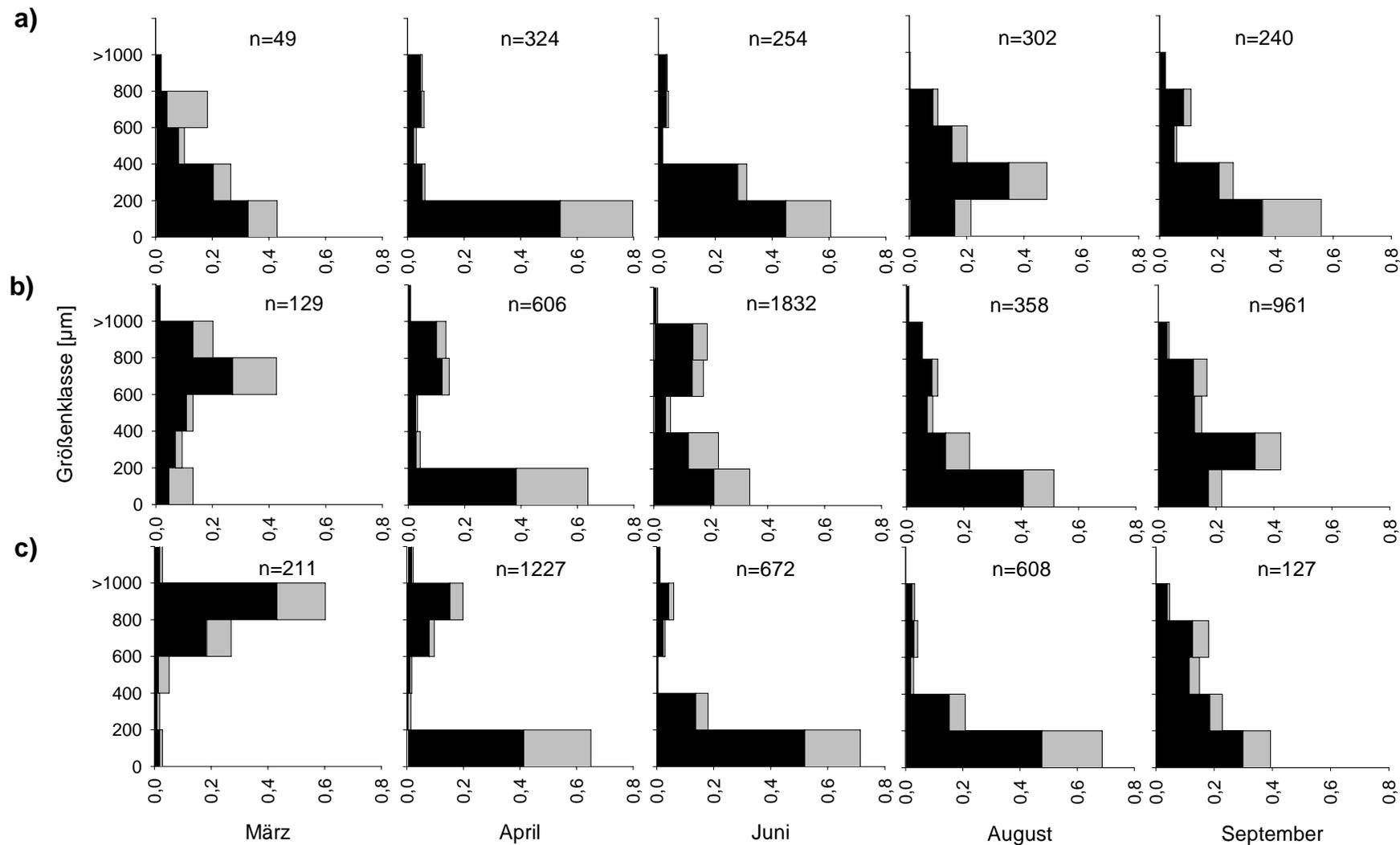
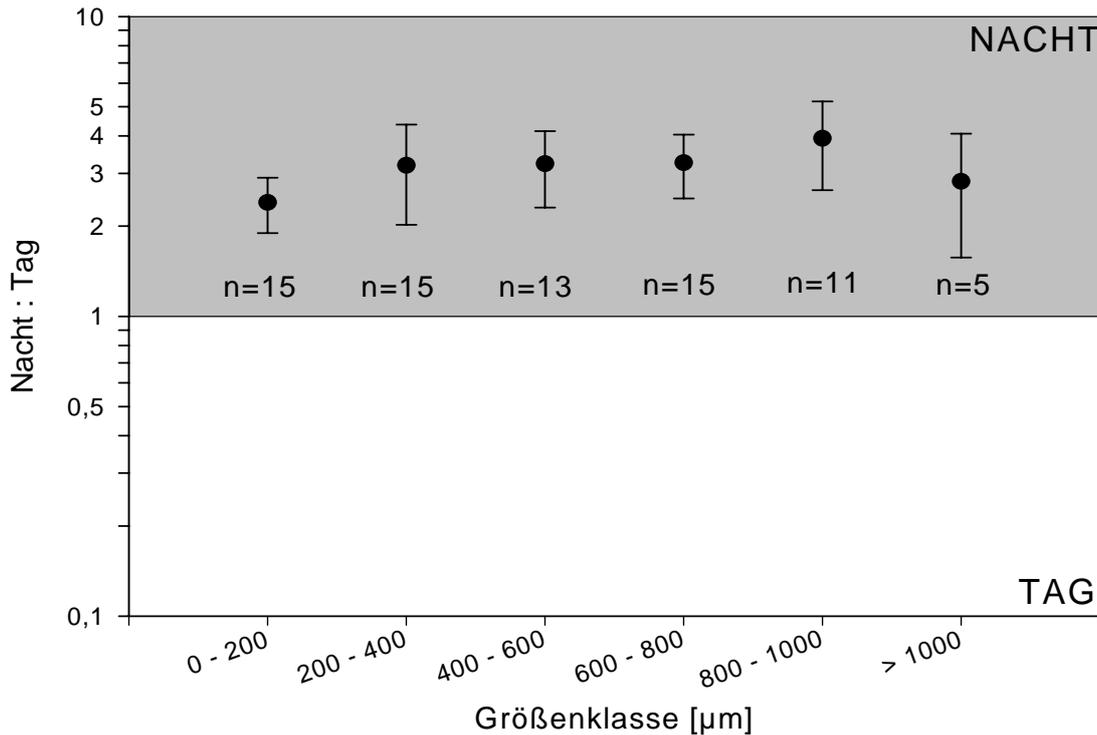


Abbildung 14: Relative Häufigkeiten der einzelnen Größenklassen von *Gammarus fossarum* in den Drift-Tagesgängen für die einzelnen Probenstellen a) Fischfrei 2 b) Fischfrei 1 c) mit Fischvorkommen und die fünf Sammeltermine. Nachtdrift: schwarze Balken, Tagdrift: graue Balken.



**Abbildung 15: Arithmetisches Mittel und 95%-Konfidenzintervalle des Verhältnisses Nachtdriftdichte : Tagdriftdichte der einzelnen Größenklassen von *Gammarus fossarum*. Termine und Probenstellen gepoolt.**

### 3.2.3. Drift von *Gammarus fossarum* bei unterschiedlicher Prädatoren-zusammensetzung

Für die gesamten driftenden Individuen von *Gammarus fossarum* zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den arithmetischen Mittelwerten des Verhältnisses Nachtdrift : Tagdrift bei Bachabschnitten mit unterschiedlichem Prädatorenvorkommen. Die arithmetischen Mittelwerte des Nachtdrift : Tagdrift-Verhältnisses erreichen in den Bachabschnitten ohne Fisch- und ohne Salamandervorkommen und im Bachabschnitt mit Fisch- und ohne Salamandervorkommen einen Wert von 2,5. Im Bachabschnitt ohne Fisch- und mit Salamandervorkommen ergibt sich ein Nachtdrift : Tagdrift-Verhältnis von 2,7 (Abbildung 16).

Aufgeteilt auf die einzelnen Größenklassen von *Gammarus fossarum* unterscheiden sich die drei Bachabschnitte mit unterschiedlichem Prädatorenvorkommen innerhalb der Größenklasse 400-600 µm bzw. 600-800 µm Länge des ersten Thorakalsegmentes signifikant voneinander (Abbildung 17 und Tabelle 4).

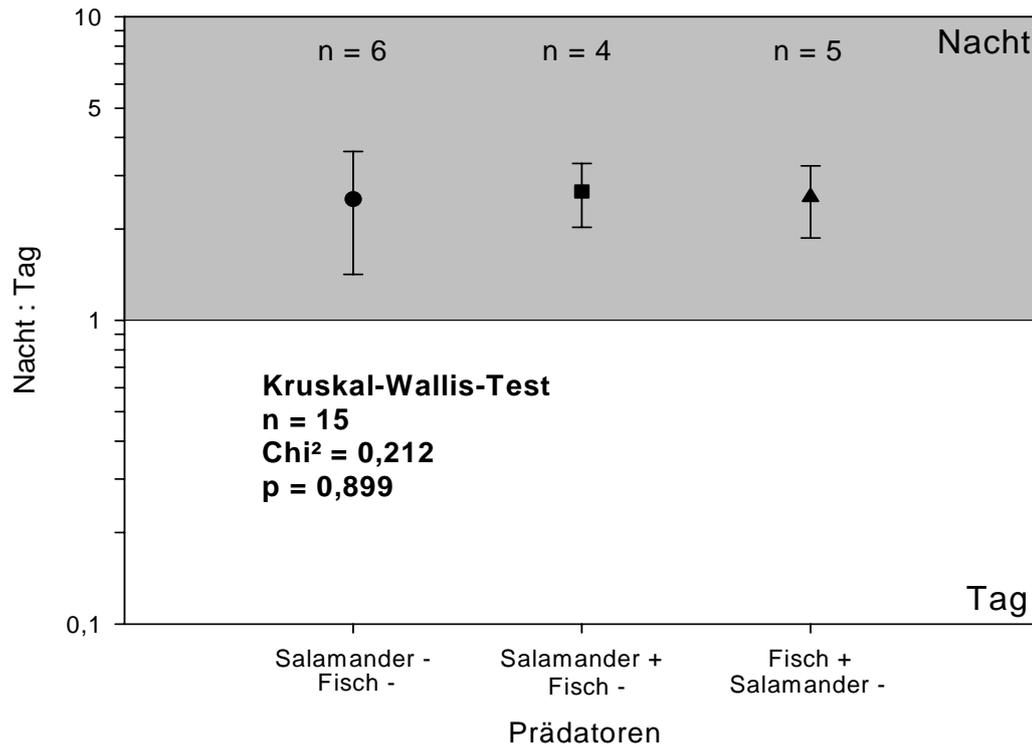


Abbildung 16: Arithmetisches Mittel und 95%-Konfidenzintervalle des Verhältnisses Nachtdrift : Tagdrift von *Gammarus fossarum* bei unterschiedlichem Prädatorenvorkommen: Fischfrei ohne Salamandervorkommen (Kreis), Fischfrei mit Salamandervorkommen (Quadrat), mit Fischvorkommen ohne Salamandervorkommen (Dreieck).

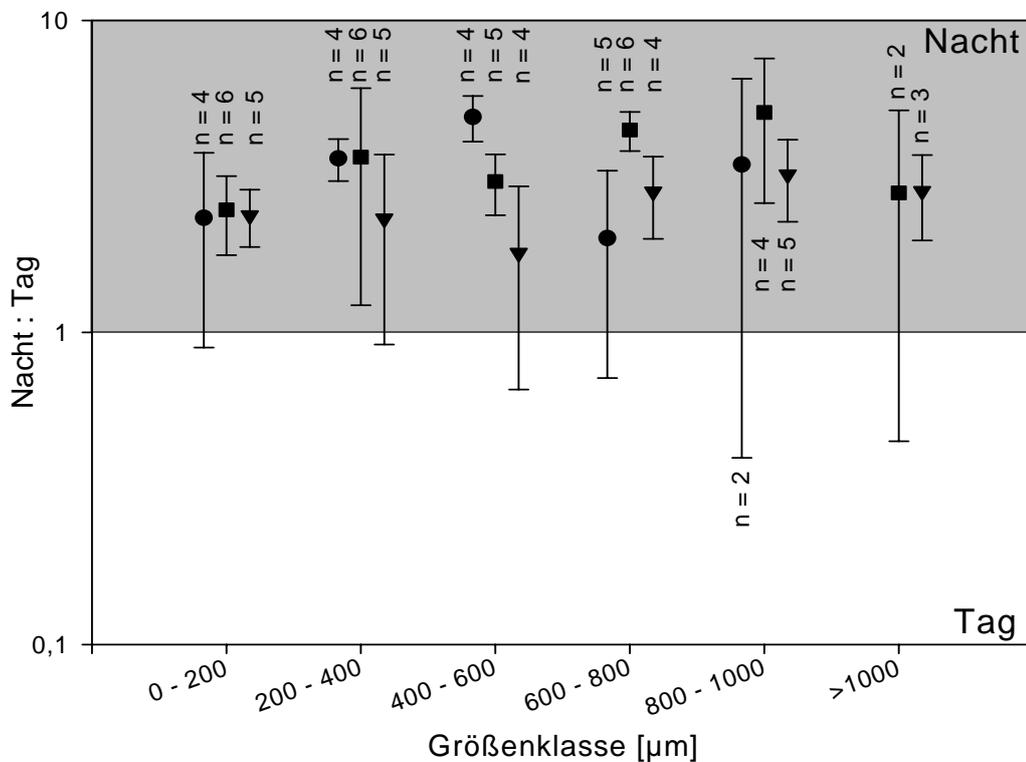


Abbildung 17: Arithmetisches Mittel und 95%-Konfidenzintervalle des Verhältnisses Nachtdriftdichte : Tagdriftdichte der Größenklassen von *Gammarus fossarum*, gepoolt für unterschiedliche Prädatorenvorkommen: Fischfrei ohne Salamandervorkommen (Kreis), Fischfrei mit Salamandervorkommen (Quadrat), mit Fischvorkommen ohne Salamandervorkommen (Dreieck).

Tabelle 4: Ergebnisse der Kruskal Wallis-Tests der arithmetischen Mittelwerte des Verhältnisses Nachtdrift : Tagdrift zwischen den drei Prädatorenvorkommen (mit Fischvorkommen ohne Salamandervorkommen, Fischfrei mit Salamandervorkommen, Fischfrei ohne Salamandervorkommen), gepoolt für die Größenklassen von *Gammarus fossarum*. Für die Größenklasse >1000 µm konnte wegen zu geringer Stichproben kein Kruskal Wallis-Test durchgeführt werden.

	Größenklasse [µm]				
	0 - 200	200 - 400	400 - 600	600 - 800	800 - 1000
Chi <sup>2</sup> =	0,22	2,068	8,864	9,021	1,774
d.f. =	2	2	2	2	2
n =	15	15	13	15	11
p =	0,989	0,356	0,012	0,011	0,412

### 3.3. Drift der Baetidae

#### 3.3.1. Driftzyklus der Baetidae

Während des Untersuchungszeitraumes wurden 13 458 Individuen der Familie Baetidae gefangen, welche sich auf *Baetis rhodani* (51,69%), unbestimmbare juvenile Baetidae (47,82%), *Baetis muticus* (0,45%) und *Centroptilum luteolum* (0,04%) aufteilen. Insgesamt wurden signifikant höhere Driftdichten nachts gegenüber tags gemessen (Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,001$ ;  $Z = -4,491$ ;  $n = 119$ ).

Abbildung 18 zeigt den Driftrhythmus über 24 Stunden an den drei Probenstellen für die unterschiedlichen Sammeltermine. Die Driftrhythmen zeigen kein einheitliches Bild. Das Maximum der Driftdichte wird zwar mit einer Ausnahme in den Nachtstunden erreicht und das Minimum der Driftdichte liegt mit zwei Ausnahmen am Tag, aber der Zeitpunkt des Maximums bzw. des Minimums variiert sehr stark innerhalb der Nacht- bzw. Tageszeiten.

Die mittlere Nachtdrift überwiegt mit einer Ausnahme (Fischfrei 1 im März) über die mittlere Tagesdrift (Abbildung 19). Wie aus Tabelle 5 ersichtlich, zeigt sich aber ein signifikanter Unterschied zwischen mittlerer Nachtdriftdichte und mittlerer Tagdriftdichte nur für sieben der fünfzehn untersuchten Tagesgänge. Das Verhältnis aus Nachtdriftdichte : Tagdriftdichte variiert während des Zeitraumes zwischen März und Juni an allen drei Probenstellen zwischen 0,92 und 2,03. Am Sammeltermin im August ergeben sich für drei Probenstellen auffällig hohe Verhältniswerte Nachtdriftdichte : Tagdriftdichte. Im September zeigt sich für die Probenstellen Fischfrei 1 und 2 gegenüber der Probenstelle mit Fischvorkommen wieder ein niedrigeres Verhältnis.

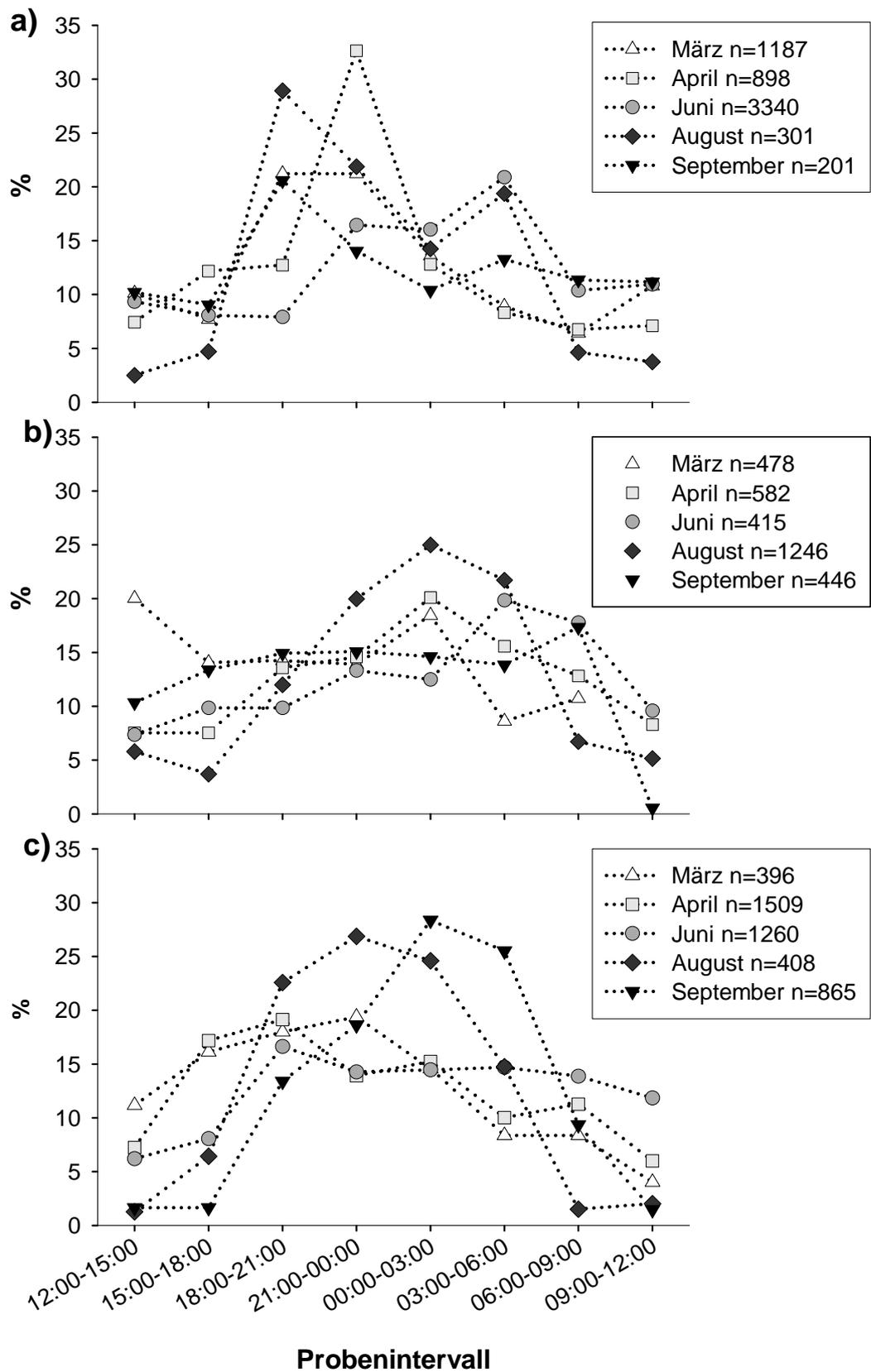


Abbildung 18: Prozentanteile der dreistündigen Entnahmeintervalle an der Gesamtdrift über 24 Stunden, aufgetrennt nach Probenstellen (a) Fischfrei 2, b) Fischfrei 1, c) mit Fischvorkommen für Baetidae an den fünf Probestermine.

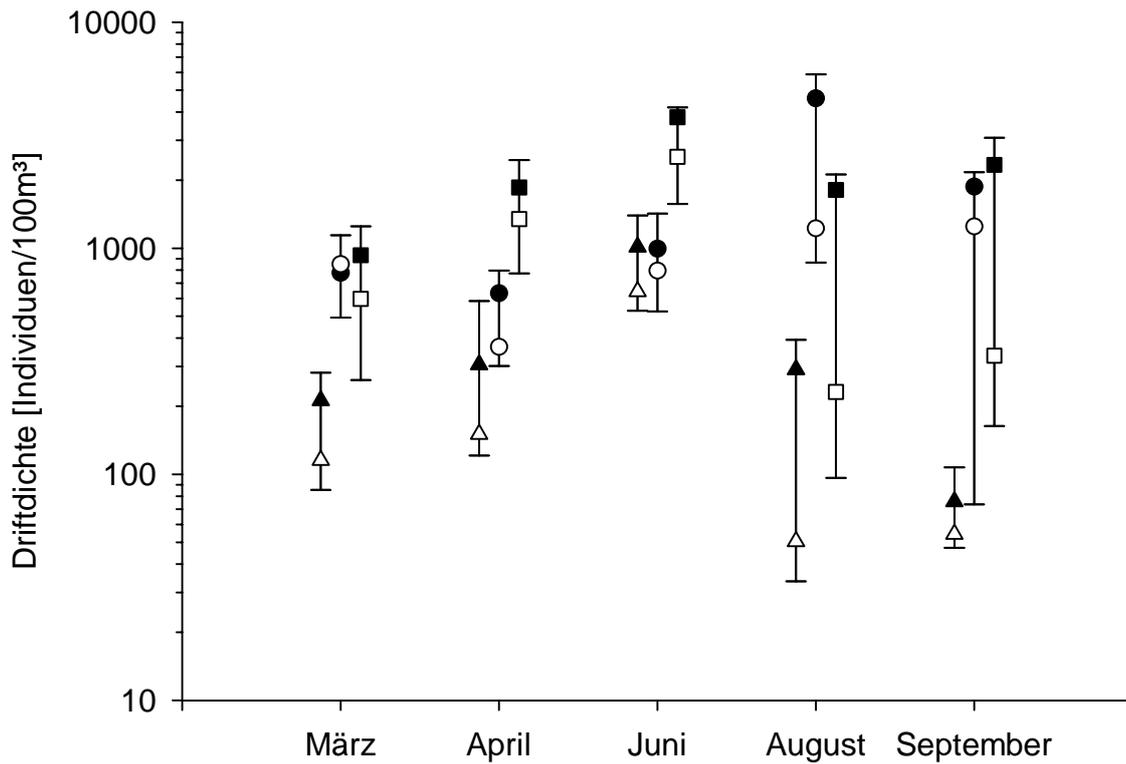


Abbildung 19: Mittlere Nachtdrift (gefüllte Symbole), mittlere Tagesdrift (offene Symbole) und maximale und minimale Driftdichte für Baetidae an den drei Probenstellen Fischfrei 2 (Dreieck), Fischfrei 1 (Kreis) und mit Fischvorkommen (Quadrat) und über den Untersuchungszeitraum.

**Tabelle 5: Mittlere Tages- und Nachtdriftdichte der Baetidae mit Prozentwerten, Verhältnis mittlere Nachtdrift : mittlere Tagdrift und Chi<sup>2</sup>-Teststatistik der Prozentwerte, angeführt für den Untersuchungszeitraum und alle drei Probenstellen (FF2 = Fischfrei 2, FF1 = Fischfrei 1, Fisch = mit Fischvorkommen).**

Termin	Probenstelle	Driftdichte [Individuen/100m <sup>3</sup> ]		Verhältnis Nacht:Tag	N	Chi <sup>2</sup> Test	
		Nacht	Tag			Chi <sup>2</sup>	p
März	FF2	211,88 (64,75%)	115,36 (35,25%)	1,84	1	4,35	p<0,05
	FF1	77,98 (47,8%)	85,17 (52,2%)	0,92	1	0,10	n.s.
	Fisch	93,37 (60,96%)	59,78 (39,04%)	1,56	1	2,40	n.s.
April	FF2	306,04 (67,03%)	150,56 (32,97%)	2,03	1	5,80	p<0,05
	FF1	63,34 (63,34%)	36,67 (36,66%)	1,73	1	3,56	n.s.
	Fisch	186,24 (57,99%)	134,90 (42,01%)	1,38	1	1,28	n.s.
Juni	FF2	1012,75 (61,1%)	644,76 (38,9%)	1,57	1	2,46	n.s.
	FF1	99,64 (55,56%)	79,69 (44,44%)	1,25	1	0,62	n.s.
	Fisch	380,61 (59,96%)	254,20 (40,04%)	1,50	1	1,98	n.s.
August	FF2	290,95 (85,2%)	50,53 (14,8%)	5,76	1	24,78	p<0,001
	FF1	460,48 (78,99%)	122,50 (21,01%)	3,76	1	16,80	p<0,001
	Fisch	181,27 (88,66%)	23,19 (11,34%)	7,82	1	29,89	p<0,001
September	FF2	75,80 (58,22%)	54,40 (41,78%)	1,39	1	1,35	n.s.
	FF1	187,58 (59,99%)	125,08 (40,01%)	1,50	1	2,00	n.s.
	Fisch	234,30 (87,49%)	33,50 (12,51%)	6,99	1	28,11	p<0,001

### 3.3.2. Driftende Größenklassen der Baetidae

Abbildung 20 zeigt die Verteilung der einzelnen Größenklassen der gesamten driftenden Population der Baetidae für die drei Probenstellen über den gesamten Untersuchungszeitraum. In den Monaten März und April sind an allen Probenstellen auch Individuen der Größenklassen  $>0,75$  mm vorhanden. Im Gegensatz dazu fehlen diese Größenklassen im Juni. Die Verteilung der Individuen verschiebt sich vom Juni bis in den September von den kleineren Größenklassen hin zu den größeren Individuen.

Ein Anstieg des Verhältnisses Nachtdriftdichte : Tagdriftdichte mit steigender Körpergröße zeigt sich für alle drei Probenstellen. Für die größeren Individuen (0,75-1,00 mm und 1,00-1,25 mm Kopfkapselbreite) wurde an der Probenstelle im Bachabschnitt mit Fischvorkommen ein deutlich höheres Nachtdrift : Tagdrift-Verhältnis (12,4 und 8,0) gegenüber den beiden Probenstellen im fischfreien Bachabschnitt (Fischfrei 1 und Fischfrei 2) gemessen (Abbildung 21).

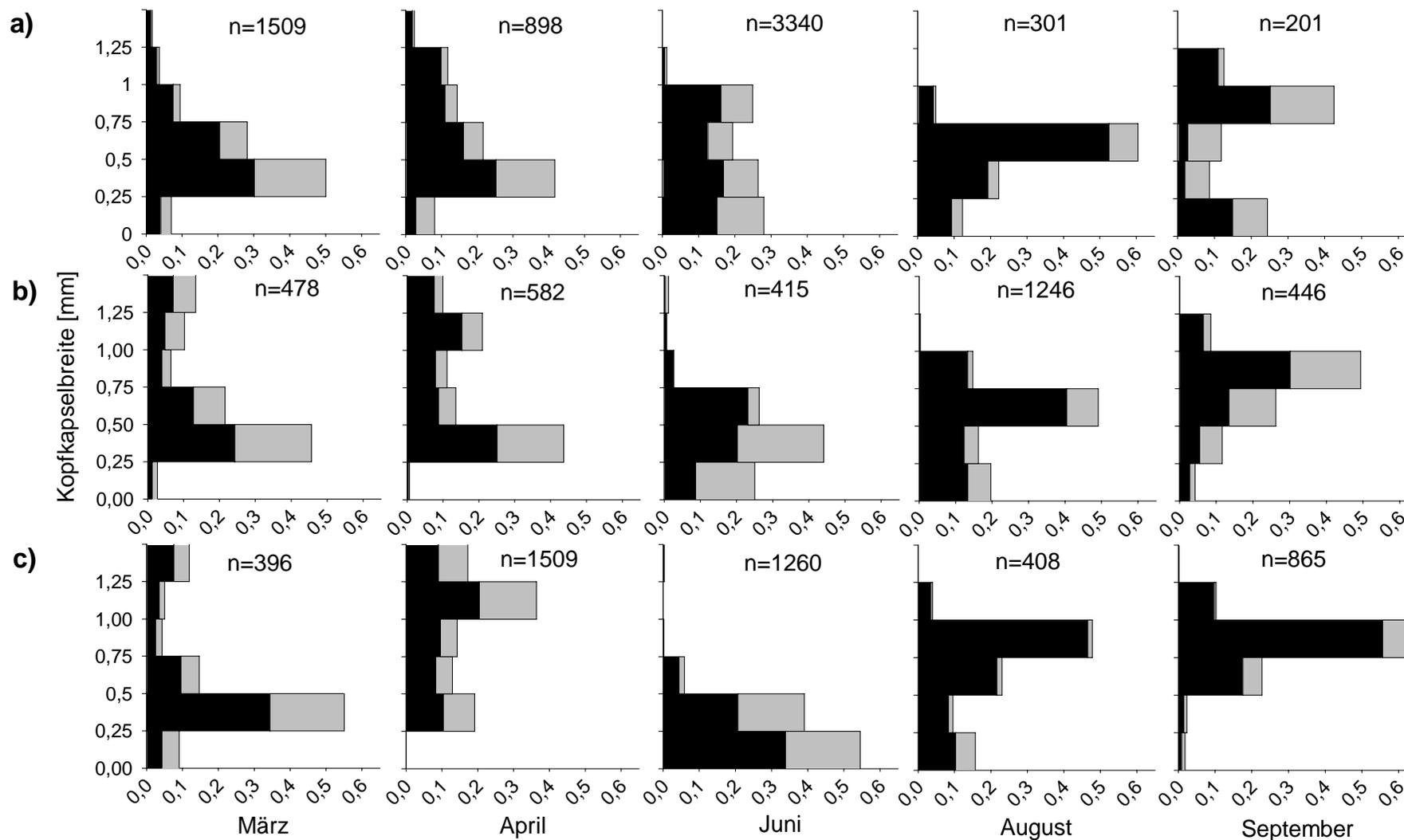
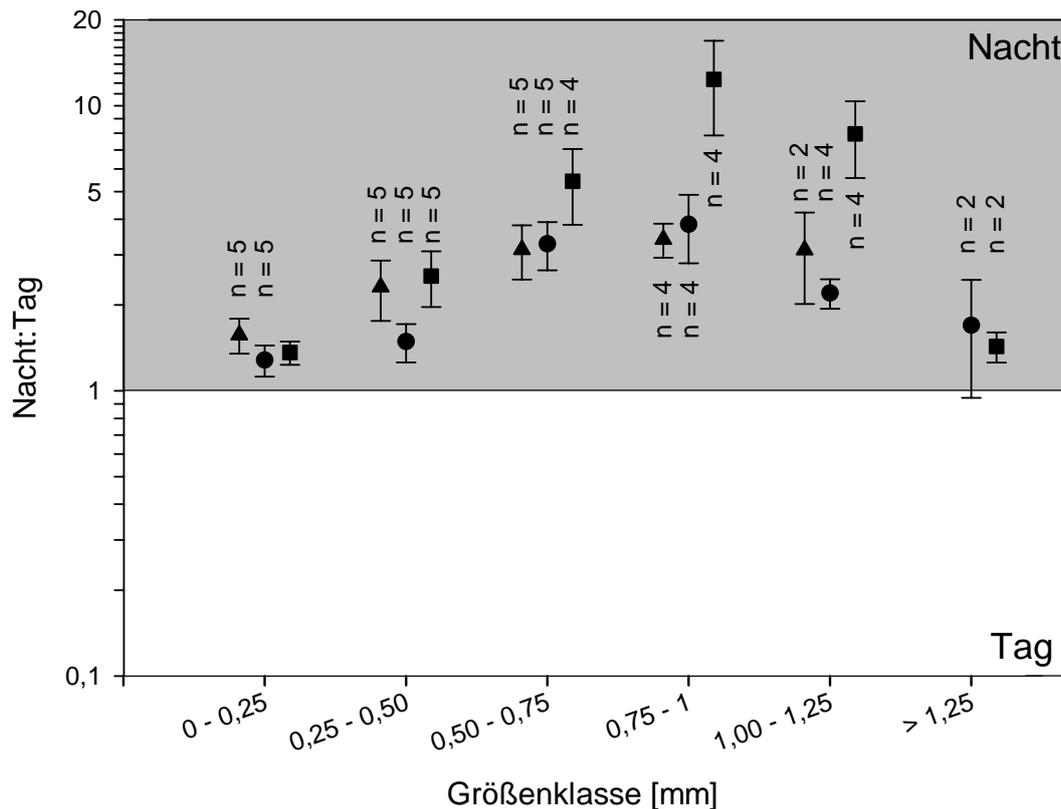


Abbildung 20: Relative Häufigkeiten der einzelnen Größenklassen der Baetidae in den Drift-Tagesgängen für die einzelnen Probenstellen a) Fischfrei 2 b) Fischfrei 1 c) mit Fischvorkommen und die fünf Sammeltermine. Nachtdrift (schwarze Balken) Tagdrift (graue Balken).



**Abbildung 21:** Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle des Verhältnisses Nachtdrift : Tagdrift der Größenklassen der Baetidae, gepoolt über den Untersuchungszeitraum für die drei Probenstellen Fischfrei 2 (Dreieck), Fischfrei 1 (Kreis) und mit Fischvorkommen (Quadrat).

### 3.3.3. Drift der Baetidae bei unterschiedlicher Prädatorenzusammensetzung

Für die gesamten driftenden Individuen der Baetidae ist ein Anstieg der arithmetischen Mittelwerte des Verhältnisses Nachtdrift : Tagdrift vom Bachabschnitt ohne vertebrierte Prädatoren mit einem Verhältnis von 1,4 über den Bachabschnitt ohne Fisch- mit Salamandervorkommen mit einem Verhältnis von 2,7 bis zum Bachabschnitt mit Fisch- ohne Salamandervorkommen mit einem Verhältnis von 3,9 zu beobachten, obwohl sich kein signifikanter Unterschied zwischen diesen drei Prädatorensituationen ergibt (Abbildung 22).

Ein Anstieg des Nachtdrift : Tagdrift-Verhältnisses mit der Körpergröße ist für alle drei Prädatorensituationen zu erkennen. Dieser fällt wiederum am schwächsten ohne vertebrierte Prädatoren, deutlicher mit Salamanderlarven- ohne Fischvorkommen und am deutlichsten ohne Salamanderlarven- mit Fischvorkommen aus (Abbildung 23). Innerhalb der einzelnen Größenklassen

der Baetidae ergeben sich aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei unterschiedlichen Prädatorenzusammensetzungen (Tabelle 6).

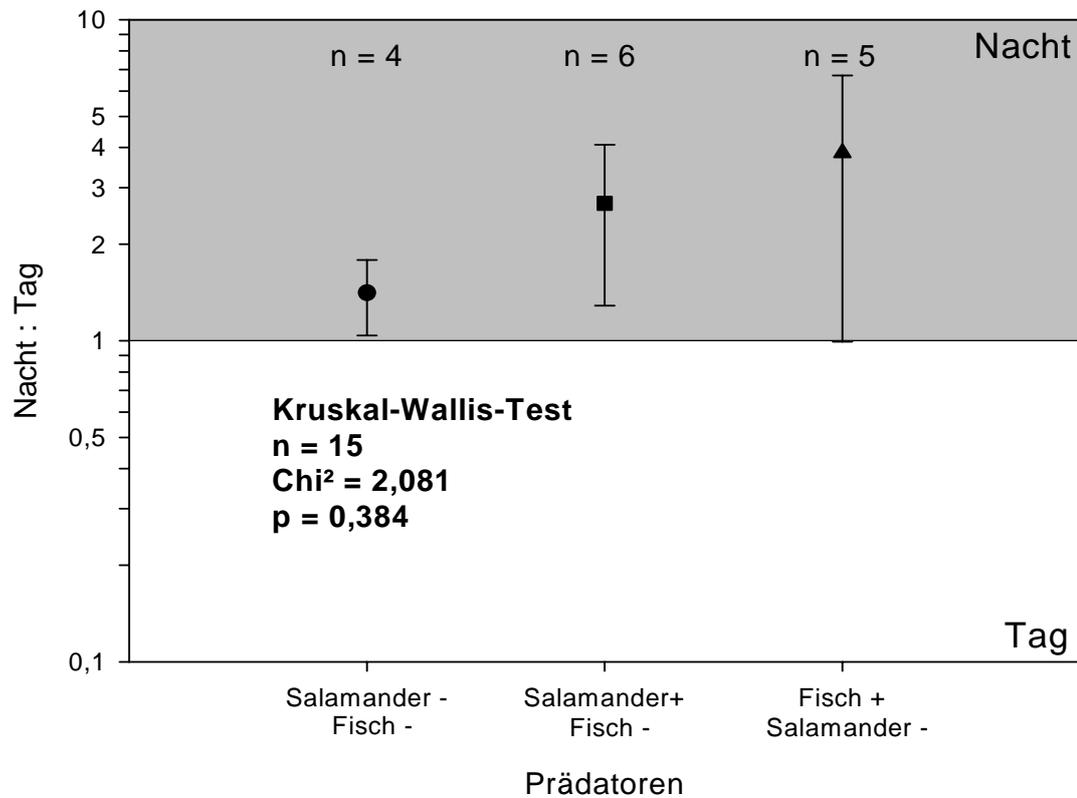


Abbildung 22: Arithmetisches Mittel und 95%-Konfidenzintervalle des Verhältnisses Nachtdrift : Tagdrift der Baetidae gepoolt für unterschiedliche Prädatorenvorkommen: Fischfrei ohne Salamandervorkommen (Kreis), Fischfrei mit Salamandervorkommen (Quadrat), mit Fischvorkommen ohne Salamandervorkommen (Dreieck).

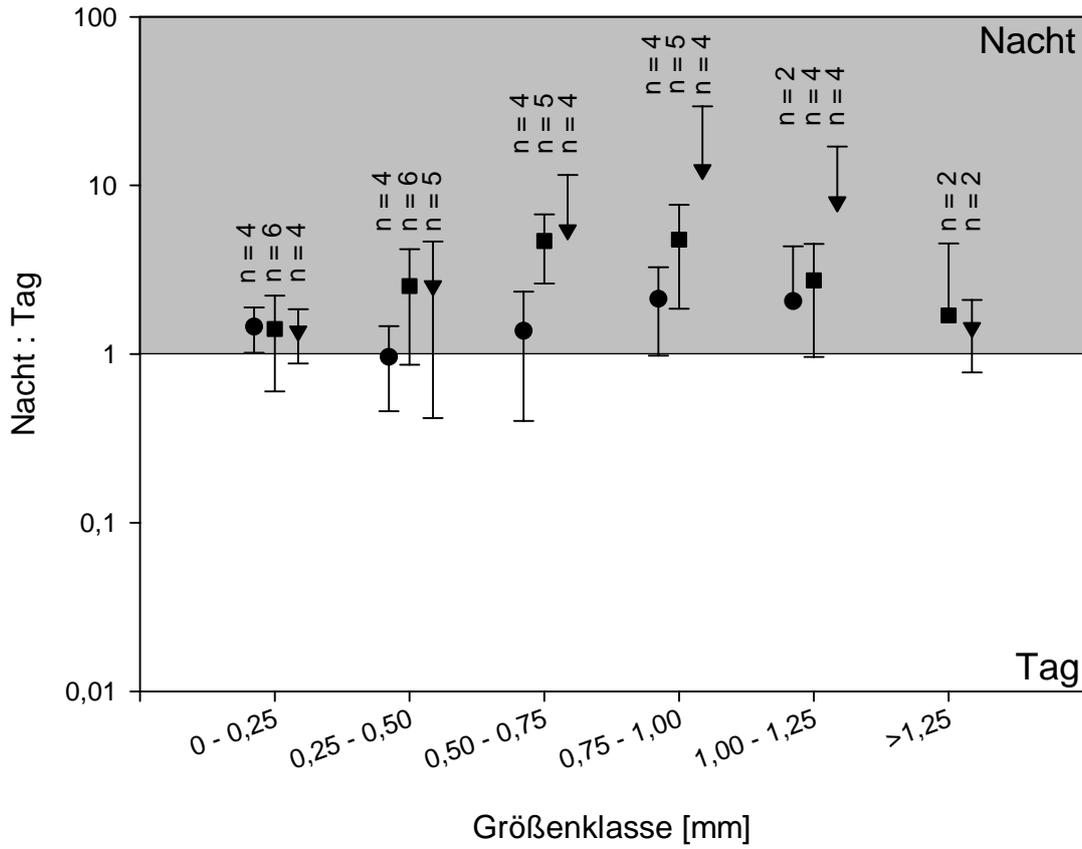


Abbildung 23: Arithmetisches Mittel und 95%-Konfidenzintervalle des Verhältnisses Nachtdriftdichte : Tagdriftdichte der Größenklassen für Baetidae, gepoolt für unterschiedliche Prädatorenvorkommen: Fischfrei ohne Salamandervorkommen (Kreis), Fischfrei mit Salamandervorkommen (Quadrat), mit Fischvorkommen ohne Salamandervorkommen (Dreieck).

Tabelle 6: Ergebnisse der Kruskal Wallis-Tests der arithmetischen Mittelwerte zwischen den drei Prädatorenvorkommen (mit Fischvorkommen ohne Salamandervorkommen, Fischfrei mit Salamandervorkommen, Fischfrei ohne Salamandervorkommen) gepoolt für die Größenklassen der Baetidae. Für die Größenklasse >1,25 mm konnte wegen zu geringer Stichproben kein Kruskal Wallis-Test durchgeführt werden.

	Größenklasse [mm]				
	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,5 - 0,75	0,75 - 1,00	1,00 - 1,25
Chi <sup>2</sup> =	0,121	3,836	5,568	2,443	1,282
d.f. =	2	2	2	2	2
n =	14	15	13	13	10
p =	0,942	0,147	0,062	0,295	0,527

## 4. Diskussion

### 4.1. Zusammensetzung der Organismischen Drift

Sehr viele der für den Wienerwald beschriebenen benthischen Taxa (BAUMGARTNER & WARINGER 1997, EISENDLE & WARINGER 1999, WARINGER 1996) zeigen sich auch in den Driftproben aus dem Halterbach. Auch WARINGER (1992) beschreibt für nahezu alle im Lunzer Seebach (NÖ) vorkommenden benthischen Taxa auch ein Vorhandensein in den gesammelten Driftproben.

Mit einer über den gesamten Untersuchungszeitraum gemittelten Driftdichte von 6,59 Individuen/m<sup>3</sup> zeigen sich deutlich höhere Werte wie etwa von WARINGER (1992) mit 2,5 Individuen/m<sup>3</sup> im Zeitraum Frühjahr-Sommer und 2,01 Individuen/m<sup>3</sup> für den Zeitraum Herbst-Winter im Lunzer Seebach, einem Kalkgebirgsbach, gezeigt. Auch ELLIOTT (1970) beschreibt über einen Zeitraum von zwei Jahren eine niedrigere mittlere Driftdichte von 0,32 Individuen/m<sup>3</sup> und Katastrophendriftdichten von 3,47-5,79 Individuen/m<sup>3</sup>. BRITTAIN & EIKELAND (1998) geben als mittlere jährliche Driftdichte von *Baetis* sp. 0,5 Individuen/m<sup>3</sup> und bis zu 5 Individuen/m<sup>3</sup> für *Gammarus* sp. an. Der Halterbach weist im Vergleich über den Untersuchungszeitraum eine mittlere Driftdichte von 1,95 Individuen/m<sup>3</sup> von Baetidae und 1,24 Individuen/m<sup>3</sup> von *Gammarus fossarum* auf.

### 4.2. Organismische Drift von *Gammarus fossarum*

#### 4.2.1. Driftrhythmus

Der Bachflohkrebs *Gammarus fossarum* ist typisch für die Quellen und Oberläufe der Wienerwaldbäche. Diese Art benötigt nichtsaures, hartes, ionen- und sauerstoffreiches, unverschmutztes Wasser und uferbegleitendes Gehölz. Als Nahrungsgrundlage dient von Mikroorganismen und Pilzen besiedeltes Falllaub (PÖCKL 1993). Somit stellt der Bachflohkrebs einen wichtigen Vertreter der Zerkleinerer (Shredder) im Halterbach dar.

*Gammarus fossarum* zeigt über den gesamten Untersuchungszeitraum für alle Bachabschnitte höhere Driftdichten in den Nachtstunden gegenüber dem Tag. Ein nachtaktives Driftverhalten wird für *Gammarus* sp. auch von BRITTAIN & EIKELAND (1988), ELLIOTT (1969), FRIBERG et al. (1994), HIROKI (1980), HOLT & WATERS (1967) beschrieben.

So zeigt auch der Driftrhythmus über 24 h ein sehr einheitliches Bild: Das Maximum der Driftdichte wird nach dem Einsetzen der Dunkelheit bis Mitternacht erreicht, dann sinken die Driftdichten und erreichen die minimale Driftdichte bis zum Morgen, darauf folgt ein Anstieg der Driftdichte im Tagesverlauf. STATZNER & BITTNER (1983) beschreibt eine sehr ähnliche Driftperiodizität. Der nächtliche Anstieg der Driftdichte entsteht aufgrund des negativ phototaktischen Verhaltens von *Gammarus fossarum*. Ein höherer Anteil der Individuen verlässt nachts den strömungsgeschützten Lückenraum im Substrat, dadurch sind mehr Individuen der Strömung ausgesetzt und werden in größerer Anzahl verdriftet.

#### 4.2.2. Drift unterschiedlicher Individuengrößen im Lebenszyklus

Die Lebensdauer des Bachflohkrebses beträgt 1-2 Jahre. Die Weibchen sind mit Ausnahme einer kurzen Pause im Herbst (Oktober/November) das ganze Jahr im Brutgeschäft tätig. Diese Ruhepause wird wahrscheinlich durch die sinkenden Wassertemperaturen ausgelöst. Nach dieser Ruhepause wird im Dezember die Reproduktion wieder aufgenommen, wobei Juvenile normalerweise nicht vor Mitte März auftauchen (PÖCKL 1993). Dieses Bild zeigt sich auch im Halterbach an zwei Probenstellen: Am 6. März ist der Anteil der kleinsten Größenklasse (<200 µm Länge des ersten thorakalen Carapaxsegments) an den Stellen Fischfrei 1 und mit Fischbesatz sehr gering (3% und 14%). Der Mittelwert der Länge des vermessenen ersten thorakalen Carapaxsegmentes für die kleinste Größenklasse für diese Probenstellen beträgt 107 bzw. 100 µm. In dieser kleinsten Größenklasse sind demnach sehr viele frisch geschlüpfte Individuen enthalten. Diese Individuen sind daher wahrscheinlich die ersten geschlüpfte Tiere, nachdem das Brutgeschäft im Winter wieder aufgenommen wurde.

Im Gegensatz dazu ist der Anteil der kleinsten Größenklasse in der Probenstelle Fischfrei 2 zum selben Zeitpunkt auffallend größer (>40%), und auch der Mittelwert der Längen der vermessenen ersten thorakalen Carapaxsegmente ist deutlich größer (134  $\mu\text{m}$ ). Dieses abweichende Bild könnte auf ein Fehlen der Reproduktionspause aufgrund der Quellnähe und der geringeren Temperaturschwankungen im Herbst zurückgeführt werden, wie es auch von PÖCKL (1993) beschrieben wird.

Über den Sommer bis in den Herbst stellt die kleinste Größenklasse meist den größten Anteil an den driftenden Bachflohkrebsen dar, und die mittlere Länge des ersten thorakalen Carapaxsegmentes variiert zwischen 129  $\mu\text{m}$  und 154  $\mu\text{m}$ . Im Gegensatz zu den meisten Süßwasserevertebraten und vor allem zu Insekten ist es bei *Gammarus fossarum* aufgrund der ständigen Reproduktion schwierig, Kohorten abzugrenzen (SUTCLIFFE & CARRICK 1981, GEE 1988, PÖCKL 1992, PÖCKL 2003).

#### 4.2.3. Auswirkung unterschiedlicher Prädatoren auf das Driftverhalten

Im Halterbach zeigt sich ein einheitlicher Driftrhythmus der gesamten driftenden Population von *Gammarus fossarum*. Die Driftrhythmen unterscheiden sich weder zwischen dem Zeitraum des Vorkommens von Feuersalamanderlarven im Sommer und den Zeiträumen des Fehlens von Feuersalamanderlarven im Frühjahr und Herbst, noch zwischen den Bachabschnitten mit unterschiedlicher Prädatorenzusammensetzung (Vorkommen von Fischen, fischfreie Bachabschnitte mit und ohne Salamanderlarvenvorkommen) signifikant.

Das Verhältnis der Tagdriftdichte : Nachtdriftdichte ist bei der kleinsten Größenklasse mit 2,4 deutlich in die Nachtstunden verlagert. Dieses Verhältnis steigt innerhalb der oberen Größenklassen von 3,2 bis 3,9 an. Ein aperiodisches Driftverhalten für kleine Individuengrößen, wie es in der „predator avoidance hypothesis“ von ALLAN (1978) angenommen wird, ist demnach für *Gammarus fossarum* nicht gegeben, obwohl das nächtliche Driftverhalten mit der Größe der Individuen deutlich ansteigt.

Auch FRIBERG et al. (1994) konnten keinen signifikanten Unterschied der Driftdichten der gesamten driftenden Population von *Gammarus pulex* LINNAEUS 1758 zwischen Bächen mit in Käfigen eingebrachten Forellen gegenüber den

unbehandelten Kontrollbächen feststellen. Die Driftdichte der obersten Größenklasse (700-1000 µm Länge des ersten thorakalen Carapaxsegmentes) sank aber in den drei Bächen nach Einbringen der Forellen und blieb in den unbehandelten Bächen nahezu gleich.

*Gammarus pulex* reagiert durch eine Verringerung der Aktivität auf Kairomone, die von Fischen abgegeben werden (WILLIAM & MOORE 1982, ANDERSSON et al. 1986). Die Reaktion auf Prädatoren ist bei *Gammarus pulex* abhängig von der Effektivität des Prädationsdruckes, den ein Prädatör auf diese Art ausübt. *Gammarus pulex* reagiert auf Fischkairomone, die von benthivoren Koppen (*Cottus gobio*) oder driffressenden Forellen (*Salmo trutta*) abgegeben werden, durch eine Verringerung der Aktivität (ABJÖRNSSON 2000). *Gammarus pulex* kann Kairomone sogar gegen die Strömungsrichtung aufgrund des Rückstaus durch Verwirbelungen detektieren (DAHL et al. 1998). Wahrscheinlich bevorzugt *Gammarus pulex* unter anderem aus diesem Grund gröbere Substrate bei der Anwesenheit von Prädatoren (DAHL & GREENBERG 1996), da aufgrund der erhöhten Rauigkeit mehr Verwirbelungen auftreten.

Im Gegensatz dazu löst ein ineffizienter Prädatör, wie der omnivore Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus* DANA 1852) bei *Gammarus pulex* keine solche Veränderung der Aktivität aus (ABJÖRNSSON 2000).

Eine Änderung der Aktivität und somit eine sinkende Zahl der Drifteintritte von *Gammarus fossarum* durch Kairomone, die von Salamanderlarven und von Bachforellen abgegeben werden, konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden. Dies wäre nur möglich, wenn auch die Benthosdichten der untersuchten Art bekannt sind. In diesem Fall wäre es möglich, eine Driftwahrscheinlichkeit, die die Driftdichten mit den Benthosdichten in Bezug setzt (ELLIOTT 1967), zu berechnen. In dieser Studie wurden die Dichten im Sediment („standing stock“) von *Gammarus fossarum* nicht erfasst, da der Schwerpunkt der Fragestellung die Driftrhythmik betrifft.

Zusammenfassend kann die nächtliche Driftaktivität von *Gammarus fossarum* als ein genetisch fixiertes Verhaltensmuster angenommen werden, welches unabhängig von der An- bzw. Abwesenheit von Prädatoren wirksam wird. Weiters ist dieses Verhaltensmuster bei großen Individuen von *Gammarus*

*fossarum* stärker ausgeprägt, da größere Individuen als bevorzugte Beute unter einem höheren Prädationsdruck stehen als kleinere Individuen. Die Aktivitätsverringerung als Prä-Kontakt-Reaktion bei Anwesenheit von Prädatoren könnte dazu dienen, Kontakte mit Prädatoren durch Drifteintritt zu vermeiden. Wenn eine Aktivitätsverringerung mit einer verminderten Driftwahrscheinlichkeit messbar ist, kann man bei einem gleich bleibenden Driftrhythmus eine solche Prä-Kontakt-Reaktion nicht ausschließen.

### 4.3. Organismische Drift von Baetidae

#### 4.3.1. Driftrhythmus

Die Driftdichte von Ephemeropterenlarven ist während des Tages meist niedrig, steigt aber vor allem nach Einsetzen der Dunkelheit drastisch an (ELLIOTT 1967, WATTERS 1972, MÜLLER 1974, WARINGER 1992). Auch im Halterbach überwiegt die Nachtdrift signifikant über die Tagdrift. Das Driftmaximum wird zwar recht einheitlich nachts beobachtet, erfolgt aber nicht in allen Fällen direkt nach Einsetzen der Dämmerung, sondern tritt zu verschiedenen Zeitpunkten während der Nacht auf.

Im Halterbach erreicht das Verhältnis Nachtdriftdichte : Tagdriftdichte Werte zwischen 0,92 und 7,82. Über den gesamten Untersuchungszeitraum liegt dieses Verhältnis meist unter 2,1, nur im August und September werden höhere Werte erreicht. Andere Studien stellten jedoch vor allem in Bachabschnitten mit Fischvorkommen ein Tagdrift : Nachtdrift-Verhältnis in der Größenordnung von 10:1 fest (MCINTOSH et al. 2002, HUHTA et al. 2000, ALLAN 1978). In der vorliegenden Studie sind also die Verhältnisse Tagdriftdichte : Nachtdriftdichte deutlich geringer. Eine mögliche Erklärung dafür sind die geringen Dichten der Bachforelle im Halterbach (0,15 bzw. 0,14 Individuen/m<sup>2</sup>; HOYER & KECKEIS 2007), weil durch die geringe Anzahl der Bachforellen ein niedriger Prädationsdruck ausgeübt wird. MCINTOSH (2002) konnte jedoch ab einem Schwellenwert von *mehr als* zwei Fischen per 100 l in vitro keinen Effekt der Fischbiomasse auf die Drift von Ephemeropteren feststellen, obwohl eine

Mindestdichte von zwei Fischen pro 100 l für eine Veränderung der Driftaktivität nötig ist.

Vor allem im August wurden höhere Nachtdrift : Tagdrift-Verhältnisse gemessen. Die Wachstumsrate bei Ephemeropterenlarven korreliert positiv mit der Wassertemperatur. Bei *Baetis rhodani* weist die Sommergeneration höhere Wachstumsraten als die Wintergeneration auf (BAUERNFEIND & HUMPESCH 2001, HUMPESCH 1979 a, HUMPESCH 1981). Somit könnte diese höhere Wachstumsrate während der Sommermonate für eine erhöhte Aktivität der Baetidae-Larven führen, womit sich die hohen Tagdrift : Nachtdrift-Verhältnisse und erhöhten Driftdichten während dieser Zeit erklären lassen. Weiters könnten die kürzeren Nächte im Sommer ebenfalls zu diesem Effekt beitragen.

#### 4.3.2. Lebenszyklus von *Baetis rhodani*

*Baetis rhodani* zeigt im Halterbach während des Untersuchungszeitraumes einen bivoltinen Entwicklungszyklus mit Sommer- und Wintergeneration. Im März und April sind große Individuen vorhanden, die jedoch im Juni fehlen. Dies spricht für eine Emergenz der Wintergeneration ab Mai. Im Juni ist an allen Probenstellen ein hoher Anteil an frisch geschlüpften Larven zu beobachten, die über den Sommer bis zum September zu schlupfreifen Individuen heranwachsen. BAUERNFEIND & HUMPESCH (2001) führt für *Baetis rhodani* univoltine, bivoltine oder polyvoltine Entwicklungszyklen auf. Untersuchungen im nahegelegenen Mauerbach und Weidlingbach sprechen für eine univoltine Entwicklung mit einer Wintergeneration (EISENDEL & WARINGER 1999, WARINGER 1996). Auch BAUMGARTNER & WARINGER (1997) führen eine univoltine Entwicklung für *Baetis rhodani* auf, wobei die Möglichkeit einer schnell wachsenden, kleinen Sommergeneration nicht ausgeschlossen wird.

#### 4.3.3. Auswirkung unterschiedlicher Prädatoren auf das Driftverhalten

Nächtliche Driftmaxima dominieren die erfassten Driftzyklen im Halterbach sowohl in den fischfreien Bachabschnitten mit jahreszeitlich unterschiedlichem Salamanderlarvenbesatz als auch in den Bachabschnitten mit Fischbesatz.

*Baetis*-Larven verringern ihre Aktivität während der Tagesstunden und verlagern ihre Aktivität in die Nachtstunden. Dieses Verhalten wird als Vermeidungsstrategie vor Prädatorkontakten angesehen (ALLAN 1978, DOUGLAS et al. 1994, HUHTA et al. 2000, KOHLER 1985) und wird durch von Fischen abgegebene Kairomone ausgelöst. Eine Erklärung für diese Aktivitätsveränderung ist, dass driftende Eintagsfliegenlarven am Tag einem vier- bis fünfmal höheren Prädationsdruck durch drifffressende Forellen ausgesetzt sind (MCINTOSH et al. 2002). Eintagsfliegen in fischfreien Bachabschnitten zeigen meist einen aperiodischen Driftzyklus, bei Ausbringung von Fischkairomonen erfolgt jedoch eine Verlagerung zu einem nachaktiven Driftrhythmus. Hat sich ein solcher Driftrhythmus etabliert, wird dieser auch meist in einem fischfreien Habitat beibehalten (KOHLER 1985, MCINTOSH & TOWNSEND 1994).

Beim Vergleich der verschiedenen Prädatorensituationen in Bezug auf das Nachtdrift : Tagdrift-Verhältnis der Baetidae zeigt sich ein Anstieg vom Fehlen vertebrater Prädatoren über Salamanderlarvenvorkommen und Fehlen von Fischen bis zum Fehlen von Salamanderlarven und Fischvorkommen, obwohl sich kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Prädatorensituationen ergibt. Auch auf dem Niveau der einzelnen driftenden Größenklassen ist dieser Trend erkennbar, wobei ein Anstieg des Verhältnisses Nachtdrift : Tagdrift von der kleinsten Größenklasse hin zu den oberen Größenklassen zu beobachten ist. Am stärksten zeigt sich dieser Anstieg bei der Anwesenheit von Fischen und dem Fehlen von Salamanderlarven, schwächer bei der Anwesenheit von Salamanderlarven und dem Fehlen von Fischen und am geringsten beim Fehlen vertebrater Prädatoren. Diese Aussagen stimmen mit der „predator avoidance hypothesis“ gut überein. Dieser Hypothese nach zeigen größere Larvenstadien eine stärkere Reaktion auf Fischkairomone, da Forellen größere Larvenstadien bevorzugt fressen (ALLAN 1978, DOUGLAS et al. 1994).

An den fischfreien Probenstellen ist ein periodischer Nachtdriftzyklus ausgeprägt, wie auch an dem Bachabschnitt mit Fischbesatz. Dies ist für fischfreie Stellen ungewöhnlich, da dort ein aperiodischer Driftzyklus zu erwarten wäre, und kann als Auswirkungen der Salamanderlarven als Prädatoren auf das Driftverhalten der Baetidae interpretiert werden. Die Ausprägung dieses Verhaltens ist vor allem für die großen Larvenstadien

geringer als unter Prädationsdruck von Fischen. Somit liegen die Auswirkungen von Salamanderlarven als Prädatoren in der Größenordnung von evertebraten Prädatoren, wie es zum Beispiel bei Steinfliegenlarven in Laborexperimenten nachgewiesen wurde (HUHTA et al. 1999).

Die Gründe für das Beibehalten eines periodischen Nachdriftzyklus in den fischfreien Bachabschnitten außerhalb der Zeit der Salamanderbesiedlung könnten einerseits darin liegen, dass es immer wieder Nachweise für im Bach überwinternde Salamanderlarven gibt (JUSZCZYK et al. 1984, THIESMEIER 1992). Da die meisten jungen Feuersalamander zwar zwischen März und Mai abgesetzt werden, einzelne Weibchen aber noch bis Juli/August gebären können, reicht für diese Larven die Zeit bis zum Winter wohl nicht mehr aus, um die Metamorphose zu beenden, was ein Überwintern nötig macht (THIESMEIER 1992). Somit könnten Geruchstoffe, die als Kairomone wirken könnten, ganzjährig im Wasser vorhanden sein und für ein Beibehalten der Prä-Kontakt-Reaktion der Baetidae sorgen. Andererseits wäre es möglich, dass ein an den Prädationsdruck von Salamanderlarven angepasster Driftrhythmus von Baetidae-Larven auch bei Fehlen dieser Prädatoren beibehalten wird, wie es auch für Baetidae an Stellen mit Fischvorkommen bekannt ist.

#### 4.4. Conclusio und Ausblick

Im Halterbach zeigen die gesamten driftenden Individuen von *Gammarus fossarum* als auch der Baetidae keinen Unterschied im Driftrhythmus zwischen den sich durch die Prädatorenzusammensetzung unterscheidenden Bachabschnitten. Beide Taxa zeigen ein nachtaktives Driftverhalten. Auch auf dem Niveau der Individuengrößen von *Gammarus fossarum*, die einen leichten Anstieg im Verhältnis Nachtdrift : Tagdrift zeigen, ist kein Unterschied zwischen den verschiedenen Prädatorensituationen und im Jahresverlauf gegeben. Somit kann dieser Driftrhythmus als fixes Verhaltensmuster angenommen werden, das unabhängig von der An- bzw. Abwesenheit von Prädatoren stattfindet. Bei Baetidae dagegen konnte im Bachabschnitt mit Fischbesatz eine deutliche Verlagerung der Driftaktivität in die Nachtstunden gegenüber quellnäheren, fischfreien Bachabschnitten mit Salamandervorkommen während der Sommermonate beobachtet werden. In fischfreien Bachabschnitten wäre ein

aperiodischer Driftzyklus zu erwarten, es zeigt sich jedoch über den gesamten Untersuchungszeitraum ein deutlich in die Nacht verlagertes Driftverhalten. Da die Möglichkeit eines Verbleibens von Salamanderlarven im Bach oder des Beibehaltens eines über die Sommermonate etablierten Driftrhythmus angenommen werden kann, zeigt sich eine - wenn auch geringe - Auswirkung von Feuersalamanderlarven auf das Driftverhalten der Baetidae.

Durch das alleinige Messen des Driftzyklus von Benthosorganismen ist es schwierig, Aussagen über die Driftaktivitäten zu treffen. Durch das simultane Beprobieren von Benthosdichten und Driftdichten könnten Drifteintrittswahrscheinlichkeiten berechnet werden (ELLIOTT 1967), die ein aussagekräftiges Maß für die Driftaktivität darstellen. Daher wäre es für eine Beurteilung der Driftaktivität von *Gammarus fossarum* sinnvoll, die Driftwahrscheinlichkeiten bei einem gleichbleibenden Driftrhythmus zu ermitteln.

Die Kombination des erworbenen Wissens über die Driftzyklen im natürlichen System mit Untersuchungen in Mikrokosmen im Labor wäre für einen Nachweis der Auswirkung von Feuersalamanderlarven auf den Driftrhythmus ihrer Beutetiere essentiell. Bis jetzt fehlen Studien, die in Laborexperimenten nachgewiesen haben, ob Feuersalamanderlarven tatsächlich über Kairomone verfügen und dadurch eine Prä-Kontakt-Reaktion ihrer Beutetiere auslösen. Andererseits könnte auch trotz des Fehlens von Kairomonen eine Änderung des Driftverhaltens der Beutetiere durch eine Post-Kontakt-Reaktion ausgelöst werden.



## 5. Literatur

ABJÖRNSSON K., DAHL J., NYSTRÖM P. & BRÖNMARK C. (2000): Influence of predator and dietary chemical cues on the behaviour and shredding efficiency of *Gammarus pulex*. *Aquatic Ecology* 34, 379-387.

ALLAN J. D. (1978): Trout predation and the size composition of stream drift. *Limnology and Oceanography* 23, 1231-1237.

ANDERSSON K. G., BRÖNMARK C. HERRMANN J. MALMQVIST B., OTTO C. & SJÖSTRÖM P. (1986): Presence of sculpins (*Cottus gobbio*) reduces drift and activity of *Gammarus pulex* (Amphipoda). *Hydrobiologia* 133, 209-215.

BAUERNFEIND E. & HUMPESCH U. H. (2001): Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie. Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, 239 pp.

BAUMGARTNER A. & WARINGER J. A. (1997): Longitudinal Zonation and Life Cycles of Macrozoobenthos in the Mauerbach near Vienna, Austria. *Int Revue gesamte Hydrobiologie* 82, 379-394.

BAUMGARTNER N., WARINGER A. & WARINGER J. (1999): Hydraulic microdistribution patterns of larval fire salamanders (*Salamandra salamandra salamandra*) in the Weidlingbach near Vienna, Austria. *Freshwater Biology* 41, 31-41.

CORKUM L. D. & POINTING P. J. (1979): Nymphal development of *Baetis vagans* McDunnough (Ephemeroptera: Baetidae) and drift habits of large nymphs. *Canadian Journal of Zoology* 57, 2348-2354.

BLUM, J. L. (1954): Evidence for a diurnal pulse in stream phytoplankton. *Science* 119, 732-734.

BRITAIN J. E. & EIKELAND T. J. (1988): Invertebrate drift – a review. *Hydrobiologia* 166, 77-93.

DAHL J. & GREENBERG L. (1996): Effects of habitat structure on habitat use by *Gammarus pulex* in artificial streams. *Freshwater Biology* 36, 487-495.

DAHL J., NILSSON P. A. & PETTERSSON L. B. (1998): Against the flow: chemical detection of downstream predators in running waters. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 265, 1339-1344.

DOUGLAS P.L., FORRESTER G. & COOPER S.D. (1994) Effects of trout on the diel periodicity of drifting in baetis mayflies, *Oecologia*, **98**, 48-56.

EISENDLE U. & WARINGER J. A. (1999): Faunistik und Pänologie der Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera eines Flysch-Wienerwaldbaches (Weidlingbach, Niederösterreich). *Lauterbornia* 35, 21-31.

ELLIOTT J. M. (1967): Invertebrate drift in a Dartmoor stream. *Archiv für Hydrobiologie* 63, 202-237.

ELLIOTT J. M. (1968): The daily activity patterns of mayfly nymphs (Ephemeroptera). *Journal of Zoology* 155, 201-221.

ELLIOTT J. M. (1969): Diel periodicity in invertebrate drift on the effect of different sampling periods. *Oikos* 20, 110-118.

ELLIOTT J.M. (1970): Methods of sampling invertebrate drift in running water. *Annales de Limnologie*, 6, 133-159.

FRIDBERG N., ANDERSEN T. H., HANSEN H. O., IVERSEN T. M., JACOBSON D., KROJGAARD L. & LARSEN S. E. (1994): The effect of brown trout (*Salmo trutta* L.) on stream invertebrate drift, with special reference to *Gammarus pulex* L., *Hydrobiologia* 294, 105-110.

GEE J. H. R. (1988): Population dynamics and morphometrics of *Gammarus pulex* L.: evidence of seasonal food limitation in a freshwater detritivore. *Freshwater Biology* 10, 333-343.

HIROKI M. (1980): Relation between the two diel phenomena shown by freshwater gammarids - drift and vertical migration. *Crustaceana (Supplements)* 6, 182-193.

HOLT C. S. & WATERS T. F. (1967): Effect of light intensity on the drift of stream invertebrates. *Ecology* 48, 225-234.

HOYER H. & KECKEIS H. (2007): Potentielle Fischlebensräume in den Bächen Wiens. Studie im Auftrag der MA 45 Wasserbau, 98 pp.

HUHTA A., MUOTKA T., JUNTUNEN A. & YRJÖNEN M. (1999): Behavioural interactions in stream food webs: the case of drift-feeding fish, predatory invertebrates and grazing mayflies. *Journal of Animal Ecology*, 68, 917-927.

HUHTA A., MUOTKA T. & TIKKANEN P. (2000): Nocturnal drift of mayfly nymphs as a post-contact antipredator mechanism. *Freshwater Biology* 45, 33-42.

HUMPESCH U. H. (1979 a): Life cycles and growth rates of *Baetis* sp. (Ephemeroptera: Baetidae) in the laboratory and in two stony streams in Austria. *Freshwater Biology* 9, 467-479.

HUMPESCH U. H. (1979 b): Autökologische Untersuchungen zum Entwicklungszyklus von *Baetis alpinus* (Pict.). *Proceedings of the Second International Conference on Ephemeroptera*, 159-173.

HUMPESCH U. H. (1981): Effect of temperature on larval growth of *Ecdyonurus dispar* (Ephemeroptera: Heptageniidae) from two English lakes. *Freshwater Biology* 11, 441-457.

JUSZCYK W. & ZAKRZEWSKI M. (1981): External morphology of larval stages of the spotted salamander, *Salamandra salamandra* (L.). Acta Biologica Cracoviana Seria Zoologica 23, 127-135.

JUSZCYK W., ZAKRZEWSKI M. & SWIERAD J. (1984): The hibernation and survival of larvae of the spotted salamander *Salamandra salamandra* (LINNAEUS, 1758) in natural water reservoirs of the Carpathian Uplands and West Beskids in Poland. Acta Zoologica Cracoviensia 27, 61-72.

KOHLER S. L. (1985): Identification of stream drift mechanisms: An experimental and observational approach. Ecology 66, 1749-1761.

LANCASTER J. (1990): Predation and drift of lotic macroinvertebrates during colonization. Oecologia 85, 48-56.

MADER H., STEIDL T. & WIMMER R. (1986): Abflussregime österreichischer Fließgewässer. Monographien Band 82 Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, 192 pp.

MALMQVIST B. & SJÖSTRÖM P. (1987): Stream drift as a consequence of disturbance by invertebrate predators. Oecologia 74, 396-403.

MCINTOSH A. R. & TOWNSEND C. R. (1994): Interpopulation variation in mayfly anti-predator tactics: differential effects of contrasting predatory fish. Ecology 75, 2078-2090.

MCINTOSH A. R., PECKARSKY B. L., TAYLOR B. W. (2002): The influence of predatory fish on mayfly drift: extrapolating from experiments to nature. Freshwater Biology 47, 1497-1513.

MÜLLER K. (1970): Tages- und Jahresperiodik der Drift in Fließgewässern in verschiedenen geographischen Breiten. Oikos Supplements 13, 21-44.

MÜLLER K. (1974): Stream Drift as a Chronobiological Phenomenon in Running Water Ecosystems. Annual Review of Ecology and Systematics 5, 309-323.

NEEDHAM P. R. (1928): A net for capture of stream drift organism. Ecology 9, 339-342.

PECKARSKY B.L. (1996): Alternative predator avoidance syndromes of stream-dwelling mayfly larvae. Ecology 77, 1888-1905.

PÖCKL M. (1992): Effects of temperature, age and body size on moulting and growth in the freshwater amphipods *Gammarus fossarum* and *G. roeseli*. Freshwater Biology 27, 211-225.

PÖCKL M. (1993): Beiträge zur Ökologie des Bachflohkrebses (*Gammarus fossarum*) und Flussflohkrebses (*Gammarus roeseli*). Natur und Museum 123, 114-125.

- PÖCKL M., WEBB B. W. & SUTCLIFFE D. W. (2003): Life history and reproductive capacity of *Gammarus fossarum* and *G. roeseli* (Crustacea: Amphipoda) under naturally fluctuating water temperatures: a simulation study. *Freshwater Biology* 48, 53-66.
- PRIMC-HABDIJA B., HABDIJA I., MESTROV M. & RADANOVIC I. (1992): Composition of ciliate fauna and its seasonal changes in fluvial drift. *Aquatic Science* 58, 224-240.
- SCHWÖRBEL J. (1986): Methoden der Hydrobiologie, Süßwasserbiologie. 3. neubearbeitete Auflage. Gustav Fischer Verlag.
- SCHWÖRBEL J. & BRENDLBERGER H. (2005): Einführung in die Limnologie. Spektrum Akademischer Verlag, 340pp.
- STATZNER B. & BITTNER A. (1983): Nature and causes of Migrations of *Gammarus fossarum* KOCH (Amphipoda). A Field Study using a light intensifier for the detection of nocturnal activities. *Crustaceana* 44, 271-291.
- SUTCLIFFE D. W. & CARRICK T. R. (1981): Number of flagellar segments and moulting in the amphipod *Gammarus pulex*. *Freshwater Biology* 11, 497-509.
- THIESMEIER B. (1990): Untersuchung zur Phänologie und Populationsdynamik des Feuersalamanders (*Salamandra salamandra* Lacépède, 1788) im Niederbergischen Land (BRD). *Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere* 117, 331-353.
- THIESMEIER B. (1991): Biomasse, Produktion und ökologische Einnischung der Larven des Feuersalamanders (*Salamandra salamandra terrestris*) in einem fischfreien Mittelgebirgs-Quellbach. *Acta Biologica Benrodis* 3, 87-89.
- THIESMEIER B. (1992) Ökologie des Feuersamamanders. Essen Westarp Wissenschaften Ökologie, Vol. 6, 125 pp.
- THIESMEIER B. (1994): Aspects of larval ecology of fire salamanders (*Salamandra salamandra*) in middle Europe. *Mertensiella* 4, 335-345.
- TIKKANEN P., MUOTKA T. & HUHTA A. (1994): Predator detection and avoidance by lotic mayfly nymphs of different size. *Oecologia* 99, 252-259.
- TOWNSEND C. R. & HILDREW A. G. (1976): Field experiments on the drifting, colonization and continous redistribution of stream benthos. *Journal of Animal Ecology* 45, 759-772.
- WARINGER J. A. (1992): The drifting of invertebrates and particulate organic matter in an Austrian mountain brook. *Freshwater Biology* 27, 367-378.
- WARINGER J. A. (1996): Phenology and Abundance of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera Caught by Emergence Traps at the Weidlingbach near Vienna, Austria. *Int Revue gesamte Hydrobiologie* 81, 63-77.

WATERS T. F. (1972): The drift of stream insects. *Annual Review of Entomology* 17, 253-272.

WATERS T. F. (1977): Secondary production in inland waters. *Advances in Ecological Research* 10, 91-164.

WILLIAMS D. D. & HYNES H. B. N. (1976): The recolonization mechanisms of stream benthos. *Oikos* 27, 265-276.

WILLIAMS D. D. & MOORE K. A. (1982): The effect of environmental factors on the activity of *Gammarus pseudolimnaeus* (Amphipoda). *Hydrobiologia* 96, 137-147.

WILEY M. J. & KOHLER S. L. (1981): An assessment of biological interactions in an epilithic stream community using time-lapse cinematography. *Hydrobiologia* 78, 183-188.

WINKELMANN C., PETZOLDT T., KOOP J. H. E., MATTHAEI C. D. & BENNDORF J. (2008): Benthivorous fish reduce stream invertebrate drift in a large-scale field experiment. *Aquatic Ecology* 42, 483-493.



## 6. Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht die Auswirkungen der Anwesenheit von Feuersalamanderlarven als Top-Prädatoren in fischfreien Bachabschnitten auf den Driftrhythmus von ausgewählten Evertebratentaxa und vergleicht diesen mit Driftrhythmen eines Bachabschnittes mit Bachforellenvorkommen. Dazu wurden in einem Flysch-Wienerwaldbach an drei Probenstellen mit räumlich und zeitlich unterschiedlichen Prädatorenzusammensetzungen die Driftrhythmen von je fünf Tagesgängen über den Zeitraum Frühjahr bis Herbst erfasst.

Bei *Gammarus fossarum* und bei den Baetidae dominieren nächtliche Driftmaxima die erfassten Driftzyklen. *Gammarus fossarum* zeigt für alle drei möglichen Prädatorenzusammensetzungen (ohne vertebrierte Prädatoren, mit Salamanderlarvenvorkommen, mit Fischvorkommen) sehr ähnliche Nachtdrift : Tagdrift-Verhältnisse. Auf dem Niveau der Individuengrößen zeigt sich ein Anstieg im Verhältnis Nachtdrift : Tagdrift von den kleinsten Individuen hin zu den großen Individuen, ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Prädatorenzusammensetzungen ist allerdings nicht gegeben. Bei Baetidae konnte eine nicht signifikante Verlagerung der Driftaktivität in die Nachtstunden von Stellen ohne vertebrierte Prädatoren über Salamanderlarvenvorkommen bis hin zu Fischvorkommen beobachtet werden. Auch auf Niveau der Individuengrößen zeigt sich bei Baetidae ein Anstieg des Nachtdrift : Tagdrift-Verhältnisses mit der Körpergröße, wobei dieser an dem Bachabschnitt mit Fischvorkommen am deutlichsten ausfällt.

Der vorliegende Driftrhythmus von *Gammarus fossarum* kann somit als fixiertes Verhaltensmuster angenommen werden, das unabhängig von der An- bzw. Abwesenheit von vertebraten Prädatoren stattfindet. Ein zu erwartender aperiodischer Driftzyklus der Baetidae in Bachabschnitten ohne vertebrierte Prädatoren konnte nicht nachgewiesen werden. Gemeinsam mit der Annahme eines Verbleibens von Salamanderlarven im Bach oder der Annahme des Beibehaltens eines etablierten Driftrhythmus, sowie eines Anstieges des Nachtdrift : Tagdrift-Verhältnis von fischfreien Bachabschnitten gegenüber

Bachabschnitten mit Salamanderlarvenvorkommen, zeigt sich eine – wenn auch geringe – Auswirkung von Feuersalamanderlarven auf das Driftverhalten der Baetidae.

## 7. Summary

The study investigates the effect of larval fire salamanders as top predators in fishless stream reaches on the drift frequency of selected invertebrate taxa and compares this effect with stream reaches where brown trout is present. Five diurnal drift cycles were collected on three sampling stations with different temporal and spatial predator compositions over a period from spring to autumn in a forest stream of the Wienerwald.

The collected drift frequencies of *Gammarus fossarum* and Baetidae are dominated by nocturnal drift maxima. For all possible predator combinations (without vertebrate predators, with fire salamander occurrence, with fish occurrence) nightdrift : daydrift ratios were not significant in *Gammarus fossarum*. In Baetis, however, the nightdrift : daydrift ratio showed an increase from the smallest to the larger nymphs with no significant differences between the different predator compositions. A non-significant shift of drift activity of Baetidae towards nighttime is detected, increasing from stream reaches without vertebrate predators over stream reaches with larval fire salamanders to stream reaches with fish occurrence. An increase of nightdrift : daydrift ratios at the level of individual size classes of Baetidae is correlated with an increase in body size, which is most apparent in stream reaches with fish occurrence.

The observed drift patterns of *Gammarus fossarum* is thought to be a fixed behavioural pattern that is insensitive to the presence or absence of vertebrate predators. The expected aperiodic drift cycle of Baetidae in stream reaches without predators could not be observed. Overwintering larval fire salamanders in the stream and/or the maintenance of an established drift periodicity as well as the observation of increasing nightdrift : daydrift ratios which increase from stream reaches without vertebrate predators to stream reaches with larval fire salamanders demonstrate a weak impact of larval fire salamanders on the drift behaviour of Baetidae.



**Danksagung**

Mein Dank gilt meinem Betreuer Herrn Ao. Univ. Prof. Dr. Johann Waringer für die Überlassung der interessanten Aufgabenstellung, die wissenschaftliche und organisatorische Betreuung, sowie für die zahlreichen Hinweise und Diskussionen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Freundin Julia Bauder, die mir durch ihr Interesse, ihre Tipps und konkrete Hilfe bei der Durchführung und Erstellung der Arbeit sehr geholfen hat.

Weiters bedanke ich mich bei Trautlinde Bauder, Hans Bauder und Thomas Pecina für die Unterstützung während der Freilandarbeit und während Erstellung des Manuskriptes. Herrn Stefan Jeitler von der Forstverwaltung des Stifts Schotten gilt mein Dank für die Erteilung der Einfahrtsgenehmigung zum Halterbach.

Da diese Arbeit den Abschluss meiner universitären Laufbahn darstellt, möchte ich die Gelegenheit nutzen, auch meinen Eltern Johanna und Helmut Oberrisser Danke zu sagen, die mich während meines gesamten Studiums immer unterstützt haben.



## Lebenslauf

### Persönliche Daten

Philipp Alois Oberrisser, geboren am 31.03.1978 in Wolfsberg

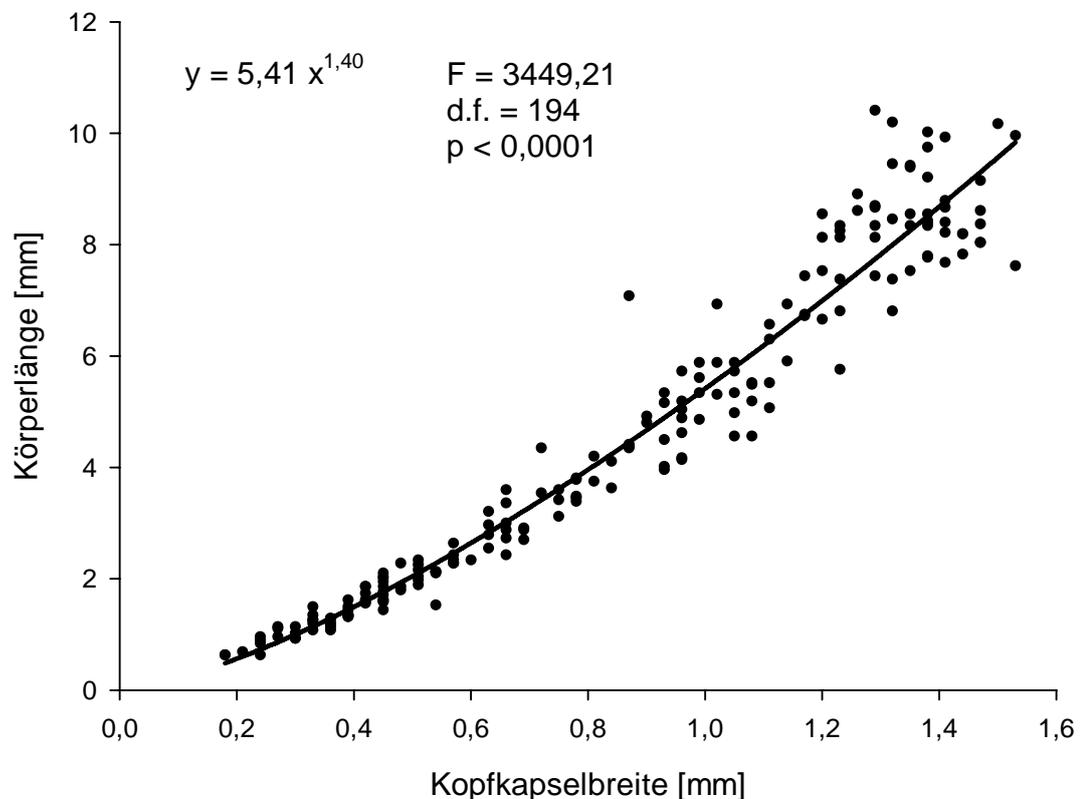
### Ausbildung

1985 - 1989	Volksschule in Wolfsberg
1989 - 1993	Hauptschule in Wolfsberg
1993 - 1998	Bundeshandelsakademie in Wolfsberg
seit 2003	Studium der Biologie im Bereich Ökologie/Limnologie
seit 2007	Diplomarbeit „Organismische Drift von <i>Gammarus fossarum</i> (Amphipoda) und Baetidae (Ephemeroptera) in Bachabschnitten unterschiedlicher Prädatorenzusammensetzung“

### Beruflicher Werdegang

1998 - 1999	Präsenzdienst in Klagenfurt
05/1999 – 07/1999	INTERSPORT Austria Zentrale, Wels
08/1999 – 01/2001	INTERSPORT Dusika SCS, Vösendorf
02/2001 – 08/2001	INTERSPORT XL, Graz-Webling
09/2001 – 06/2002	INTERSPORT Oberrisser, Wolfsberg
06/2002 – 09/2003	INTERSPORT XL SCS, Vösendorf
10/2003 – 03/2004	INTERSPORT XL Mariahilferstraße, Wien
06/2005 – 08/2005	INTERSPORT XL Donauzentrum, Wien
12/2005 – 03/2007	INTERSPORT XL, Schwechat
Seit 04/2006	INTERSPORT EYBL SCN, Wien



**Appendix**Appendix 1: Korrelation zwischen Kopfkapselbreite und Körperlänge von *Baetis rhodani*.Appendix 2: Mittelwerte für die Länge des ersten dorsalen Carapaxsegmentes [ $\mu\text{m}$ ] von *Gammarus fossarum* für die einzelnen Größenklassen.

Termin	Probenstelle	< 200	-400	-600	-800	-1000	>1000
März	Fischfrei2	134,29	295,38	444,00	680,00	930,00	
	Fischfrei1	107,65	310,00	529,41	686,73	871,15	1020,00
	Fisch	100,00	277,50	515,45	719,47	892,44	1030,00
April	Fischfrei2	149,77	271,50	495,00	682,11	885,88	
	Fischfrei1	151,24	258,46	496,50	711,14	877,78	1044,00
	Fisch	151,11	301,67	514,09	732,61	894,32	1046,67
Juni	Fischfrei2	152,53	269,62	487,50	643,33	858,75	
	Fischfrei1	142,78	275,33	521,14	728,57	875,23	1063,33
	Fisch	145,78	265,32	495,00	709,29	906,67	1032,00
August	Fischfrei2	147,69	305,79	473,61	650,00	840,00	
	Fischfrei1	152,12	284,05	500,00	690,00	877,50	1050,00
	Fisch	154,39	246,92	497,14	702,00	906,00	1020,00
September	Fischfrei2	129,09	269,20	488,57	674,55	882,00	
	Fischfrei1	136,96	305,19	482,06	692,02	861,06	
	Fisch	143,08	281,05	520,91	685,20	880,00	

Appendix 3: Driftdichte [Individuen/100m<sup>3</sup>] für *Gammarus fossarum*, aufgetrennt nach Probenstelle (FF2 = Fischfrei2, FF1 = Fischfrei 1, Fisch = mit Fischvorkommen), Termin und Probenintervall.

Probenstelle	Termin	Intervall MEZ							
		12:00-15:00	15:00-18:00	18:00-21:00	21:00-00:00	00:00-03:00	03:00-06:00	06:00-09:00	09:00-12:00
FF2	März	4,36	9,92	12,48	6,66	9,60	6,97	2,16	2,50
	April	55,73	71,34	78,16	184,67	106,14	90,96	27,08	35,99
	Juni	20,68	27,33	58,53	180,56	114,31	46,25	17,13	36,56
	August	43,20	219,39	188,61	341,77	311,29	158,28	36,81	70,15
	September	62,89	104,77	313,58	145,63	145,37	127,85	46,09	52,91
FF1	März	15,01	17,85	32,43	29,09	25,16	15,78	20,82	
	April	33,80	51,95	68,82	65,81	84,19	52,22	25,35	36,86
	Juni	296,80	232,62	552,45	607,73	569,87	355,23	318,60	244,84
	August	32,65	49,24	108,73	167,38	143,62	80,69	48,52	33,08
	September	82,39	201,85	639,15	604,14	623,18	330,05	242,42	62,64
Fisch	März	7,03	23,00	126,73	37,78	52,91	17,48	17,86	52,40
	April	130,24	121,23	250,31	199,86	171,35	92,90	43,90	54,73
	Juni	102,65	92,55	256,23	319,32	308,24	111,43	105,20	57,95
	August	94,30	209,59	184,45	239,97	232,06	169,88	62,82	41,90
	September	5,79	12,02	37,84	26,39	27,23	31,47	14,81	2,73

**Appendix 4: Driftdichte [Individuen/100m<sup>3</sup>] für Baetidae, aufgetrennt nach Probenstelle (FF2 = Fischfrei2, FF1 = Fischfrei 1, Fisch = mit Fischvorkommen), Termin und Probenintervall.**

Probenstelle	Termin	Intervall MEZ							
		12:00-15:00	15:00-18:00	18:00-21:00	21:00-00:00	00:00-03:00	03:00-06:00	06:00-09:00	09:00-12:00
FF2	März	72,09	103,52	116,02	125,37	94,06	53,68	53,57	26,20
	April	92,75	219,78	245,94	179,13	195,96	129,25	144,86	77,47
	Juni	157,26	203,60	420,67	360,72	366,03	372,12	351,34	299,75
	August	9,67	51,33	178,81	212,55	194,93	116,79	12,08	16,30
	September	18,32	17,75	144,29	203,41	309,07	277,66	101,55	16,40
FF1	März	114,29	79,72	81,06	79,33	105,19	49,45	61,29	
	April	30,20	30,43	54,26	58,21	79,91	62,40	50,71	32,86
	Juni	52,60	70,67	70,74	95,60	90,17	142,79	128,17	69,19
	August	126,77	86,65	282,03	477,21	588,48	511,03	158,22	120,66
	September	132,81	172,21	191,89	194,35	187,99	176,77	217,69	7,37
Fisch	März	133,95	101,71	281,32	280,83	180,34	118,49	85,25	142,68
	April	133,35	217,98	228,48	584,18	228,61	148,64	120,84	127,04
	Juni	624,02	538,72	528,64	1099,04	1072,19	1395,98	693,68	731,11
	August	33,60	59,42	393,62	297,95	193,99	263,80	57,84	51,45
	September	52,75	47,25	107,33	72,81	53,99	69,16	59,26	57,72

