

Quantitative Aspekte der Anziehungskraft von
Straßenbeleuchtungen auf die Emergenz aus nahegelegenen
Gewässern
(Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera: Simuliidae,
Chironomidae, Empididae)
unter Berücksichtigung der spektralen Emission verschiedener
Lichtquellen

Dissertation
zur Erlangung des Grades
„Doktor
der Naturwissenschaften“
am Fachbereich Biologie
der Johannes Gutenberg-Universität
in Mainz

2000

Mark Andreas Scheibe
geb. in Athen/Griechenland

Namen der Gutachter, Danksagung und Lebenslauf aus Datenschutzgründen
gestrichen

ERSTER TEIL:

Untersuchungen und Auswertung

ERSTER TEIL

A. EINLEITUNG	1
B. ÜBERSICHT DER UNTERSUCHUNGEN	3
I. Vergleich von Emergenz und Lichtfang an Straßenleuchte	3
II. Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL und PHILIPS SON	3
III. Fängigkeit unterschiedlicher Wellenlängenbereiche des Lichts	4
C. DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET	4
D. DIE UNTERSUCHUNGEN	6
I. Emergenz und Lichtfang an Straßenleuchte mit HQL-Bestückung	6
1. Emergenz	6
a) Emergenzzelte	6
b) Dauer des Emergenzfanges	7
- <i>Validierungstest I: Überlebensrate aquatischer Insekten im Emergenzzelt</i>	7
- <i>Val. I.1. Material und Methode</i>	7
- <i>Val. I.2. Ergebnis</i>	9
- <i>Validierungstest II: Test auf Emergenz in der Bachmitte</i>	9
- <i>Val. II.1. Material und Methode</i>	10
- <i>Val. II.2. Ergebnis</i>	10
c) Das Leeren der Zelte mit Saugfang	11
- <i>Validierungstest III: Test auf Funktionsfähigkeit des Saugfangs</i>	11
- <i>Val. III.1. Material und Methode</i>	12
- <i>Val. III.2. Ergebnis</i>	12
2. Lichtfang an Straßenleuchte	12
a) Die Lichtquelle	13

- Validierungstest IV: Das Emissionsspektrum der HLQ in der <i>Pilzleuchte</i>	13
- Val. IV.1. Test auf Alterung	13
- Val. IV.1.a) Material und Methode	13
- Val. IV.1.b) Ergebnis	14
- Val. IV.2. Test auf Veränderung der Emission im Dauerbetrieb	14
- Val. IV.2.a) Material und Methode	14
- Val. IV.2.b) Ergebnis	15
b) Der Lichtfang	15
aa) Ursprüngliche Fanganlage -Prototyp- (August bis Oktober 1998)	16
bb) Modifizierte Fanganlage -„Standard“-version- (November 1998 bis Januar 1999)	17
cc) Fanganlage mit Automation (ab Februar 1999)	17
- Validierungstest V: Vergleich der Fängigkeit verschiedener <i>Fanganlagen am Licht</i>	19
- Val. V.1. Material und Methode	19
- Val. V.2. Ergebnis	21
dd) Dauer des Lichtfangs	23
3. Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang	24
a) Methode	24
b) Ergebnisse	25
c) Diskussion	40
4. Verteilung der Taxa	42
II. Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL 125W und PHILIPS SON 70W	46
1. Abwechselnder Betrieb von HQL und SON (ohne Lichtkonkurrenz)	46
a) Material und Methode	46
- Validierungstest I: Emissionsspektren von HQL und SON in <i>Kastenleuchte</i>	47
b) Ergebnis	47
c) Diskussion	49

d) Korrelation der Fangdaten mit Wetterdaten (abwechselnder Fang HQL/SON)	50
aa) Material und Methode	50
bb) Ergebnis	51
cc) Bewertung	58
2. Parallelbetrieb von HQL und SON	59
a) Material und Methode	59
- <i>Validierungstest II: Emissionsspektren von HQL und SON in Pilzleuchte</i>	60
b) Ergebnis	60
3. Gegenüberstellung der Fangzahlen aus D.II.1. und D.II.2.	63
 III. Lichtfang mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen	65
1. Zielsetzung, Material und Methode	66
2. Ergebnis	67
 E. ZUR PROBLEMATIK DER ABGRENZUNG ZWISCHEN AQUATISCHEN UND TERRESTRISCHEN/SEMI-AQUATISCHEN INSEKTEN	68
 F. DETERMINATION DER INSEKTEN	70
 G. VON DER EMERGENZ ZUM LICHT – VERHALTEN UND VERHALTENS-PHYSIOLOGIE DES INSEKTS	73
I. Die Emergenz (=Schlupf) aquatischer Insekten	73
1. Das Aufsuchen des Ufers und der Schlüpfvorgang aquatischer Insekten	73
2. Die Lebensdauer der Imagines	75
3. Der Aktionsradius aquatischer Insekten	75
II. Der Anflug der Insekten zum Licht	77
1. Der Aufbau des Insektenauges	79
a) Die Ocellen (Stirnaugen)	80
b) Die Komplexaugen	81

aa) Die Morphologie der Komplexaugen	81
- Das Appositionsauge	84
- Das Appositionsauge ohne Kristallkegel	85
- Das afokale Appositionsauge	86
- Das optische Superpositionsauge	86
- Das neurale Superpositionsauge	87
- Abgrenzung zwischen des Augentypen	88
- Folgerung	88
bb) Die spektrale Empfindlichkeit der Photorezeptoren	89
cc) Die Anordnung der Photopigmente im Auge	94
dd) Die Hell-/Dunkeladaption	96
ee) Abschließende Bemerkungen zur Physiologie des Insektenauges	98
2. Die Lichtwahrnehmung und das Verhalten	98
a) Lichtfangversuche in der Literatur (aquatische Insekten)	102
aa) Tests mit farbigem Licht und unterschiedlicher Intensität	102
bb) Der Einfluß des Wetters auf den Insektenfang	107
cc) Der Einfluß von Entfernung und Leuchthöhe der Lampen auf den Insektenfang	109
3. Abschließende Bemerkungen zum Anflug der Insekten an Licht	111
H. ZUSAMMENFASSUNG	112
I. LITERATURVERZEICHNIS	115
Danksagung	
Lebenslauf	

ZWEITER TEIL

Anhang I: Lateinisch-Deutsche Insektenbezeichnungen (Auswahl)	1
Anhang II: Systematische Artenliste der aquatischen Insekten	3
Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)	13
Anhang IV: Gesamtzahl und Trockengewicht der aquatischen Tiere in Emergenz und Lichtfang	128
Anhang V: Wettermessungen und chemisch-physikalische Messungen im Dattenbach	133
Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.1)	136
Anhang VII: Parallelfang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.2)	145
Anhang VIII: Abwechselnder Lichtfang mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen (D.III.)	150
Anhang IX: Bachprofil (Ausschnitt)	151

Abkürzungsverzeichnis

a.A.	anderer Ansicht
Abb.	Abbildung
Em	Emergenzfang
f.	folgende
ff.	fortfolgende
k.A.	keine Angaben
Lifa	Lichtfang
m.w.N.	mit weiteren Nachweisen
n.k.	nicht kalkulierbar
ns	nicht signifikant
o.g.	oben genannt
s.o.	siehe oben
s.S.	siehe Seite
Tab.	Tabelle
ü. NN	über Normal-Null
v.l.n.r.	von links nach rechts

A. EINLEITUNG

Künstliche Beleuchtung, ihre Anziehungskraft auf viele verschiedene Insekten und die damit in Verbindung gebrachte Schädigung eines natürlichen Gleichgewichts von Natur und Umwelt, sind durch viele Untersuchungen und Veröffentlichungen unterstrichen worden (u.a. GEPP 1977, BECKER et al. 1990, SCHMIEDEL 1992, BAUER 1993, SCHANOWSKI 1994, KOLLIGS 1996, 2000, SCHEIBE 1997, 1999, EISENBEIS & HASSEL 2000). Durch das Licht angelockte Insekten schwärmen oft bis zum Morgengrauen vor Straßenleuchten. Bei hoher Hitze der Lichtquellen können die Tiere verbrennen, sie unterlassen im Banne der lockenden Lichtwirkung ihre eigentliche Aufgabe, die Fortpflanzung, und fallen nach Stunden des vergeblichen Schwärmens vor dem Licht zu Boden. Oft werden sie zum Opfer von Freßfeinden, wie Vögeln und Fledermäusen.

Die durch Insekten und Eigelege verschmutzten Leuchten stellen auch die Kommunen vor das Problem der Reinigung von Straßenleuchten.

Durch das massenhafte Auftreten von Chironomiden (Zuckmücken), die durch künstliches Licht angezogen werden, kann es auch zu allergischen Symptomen beim Menschen kommen (allg. CRANSTON 1995), die bis hin zu Atemnot und Herzstillstand führen können (spez. CRANSTON et al. 1983). Klinische Tests wiesen auch in Europa auf ein hohes Krankheitsrisiko hin (CRANSTON 1995 m.w.N.). Auch der wirtschaftliche Schaden, z.B. durch das Ausbleiben von Touristen infolge von Massenschwärmen, kann beträchtlich sein (z.B. ALI 1980).

Zum Schutz eines ungestörten Naturkreislaufes, in welchem die Insekten die wohl bedeutendste Gruppe bilden, außerdem im Sinne einer finanziellen Entlastung der Kommunen und möglicher medizinischer Indikationen, ist es erforderlich, möglichst nur solche Lampen und Leuchtgehäuse zu verwenden, die zu einem verminderten Anflug von Insekten führen.

In der Vergangenheit wurden viele herkömmliche sowie neue Lampen und Leuchten auf ihre anlockende Wirkung untersucht (s.o.). Die dabei gewonnenen Ergebnisse, wie beispielsweise, daß eine übliche Hochdruck-Quecksilber-Dampf Lampe (HQL) gegenüber einer Natrium-Dampf Lampe (NA) von größerer Anlockwirkung sei, sind jedoch sehr kritisch zu betrachten (SCHEIBE 1997, 1999), da in der Umgebung der Untersuchungen zumeist erhebliche Lichtkonkurrenz durch Lampen aller Art bestand.

Unstrittig kann jedoch davon ausgegangen werden, daß Leuchten mit geringerer seitlicher Abstrahlung gegenüber Leuchten mit kugelig oder Leuchten mit starker seitlicher Abstrahlung

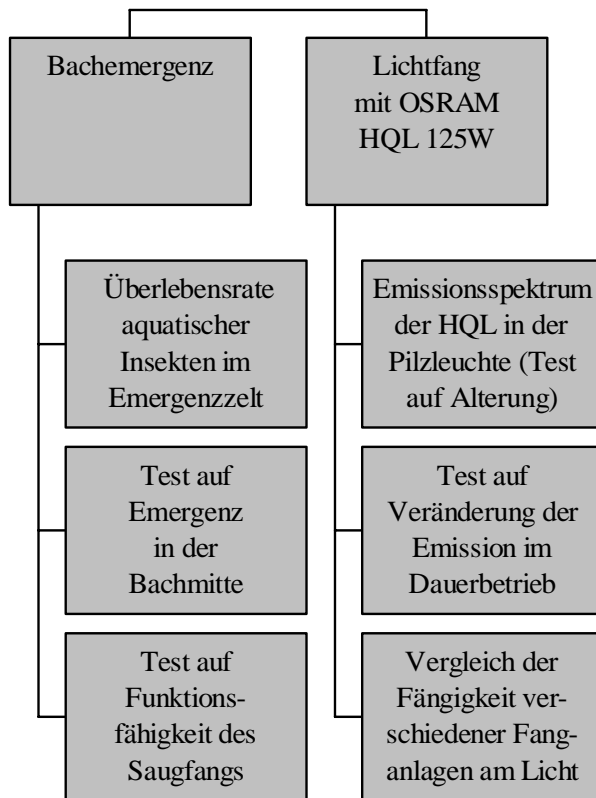
vorzuziehen sind. Leuchten mit geringerer seitlicher Abstrahlung weisen zudem eine wesentlich effektiver ausgeleuchtete Bodenfläche aus (BAUER 1993).

Die Frage nach dem Anteil aller Insekten, der aus der Umgebung angelockt wird, ist bisher noch nicht in ausreichendem Maße untersucht worden. Ein Hinweis auf eine mögliche Anlockwirkung großen Ausmaßes, bezogen auf die gesamte vorhandene Insektenpopulation, wurde erstmals von SCHEIBE (1997, 1999) gegeben.

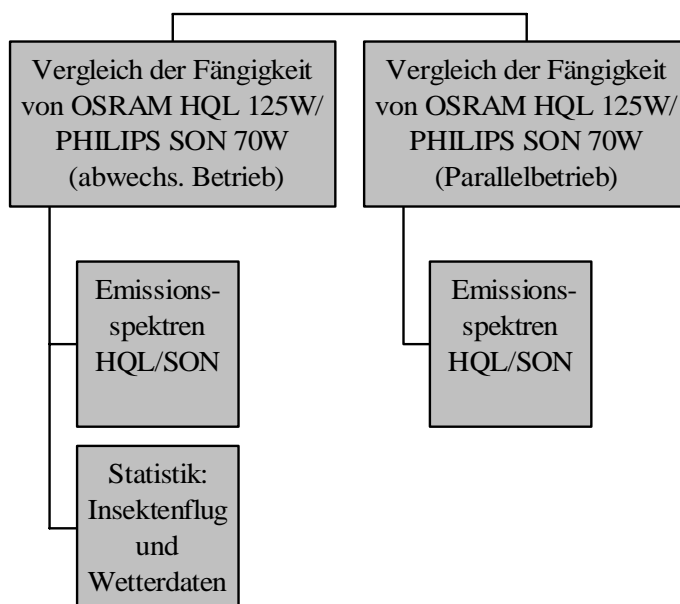
Die jetzt vorliegende, mehrjährige Untersuchung soll einmal darstellen, wie hoch der Anteil aquatischer Insekten ist, die von ihrem Schlupfort aus von einer nahegelegenen Straßenlaterne angelockt werden, aber auch, ob sich eine unterschiedliche Anlockwirkung von OSRAM HQL (herkömmliches weißes Mischlicht) und PHILIPS SON-Lampen (Gelblicht) ergibt. Weiter wird der Frage nachgegangen, welche Unterschiede sich im Anflug bei der Verwendung bestimmter Wellenlängenbereiche des Lichts ergeben.

B. ÜBERSICHT DER UNTERSUCHUNGEN

I. Vergleich von Emergenz und Lichtfang an Straßenleuchte



II. Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL und PHILIPS SON



III. Fängigkeit unterschiedlicher Wellenlängenbereiche des Lichts

Lichtfang
mit unterschiedlichen
Wellenlängenbereichen
(437nm, 579nm, 599nm)

C. DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

Alle Freilandstudien wurden am Dattenbach, 500 Meter südöstlich der Ortschaft Eppstein-Ehlhalten im Taunus, 50 Meter unterhalb der Kläranlage, durchgeführt (H 55595, R 34554, Höhe 230 Meter ü. NN, Meßtischblatt Königstein i. Taunus, Ausschnitt in Abb.1).

Der Dattenbach entspringt nördlich von Glashütten, im Gebiet des Großen Feldbergs (880 Meter ü. NN), der höchsten Erhebung des Taunus. Ab dem Stadtgebiet Eppstein wird er Schwarzbach genannt und mündet nach insgesamt 16km in den Unterlauf des Mains.

Das Untersuchungsgebiet ist Teil des Naturschutzgebietes Hochtaunus. Am Rande einer etwa 100 Meter breiten, extensiv genutzten Wiesenlandschaft in Tallage liegt der an dieser Stelle etwa drei Meter breite Dattenbach, der in die Kategorie der sommerkalten Fließgewässer, des Rhithrals, einzuordnen ist (BERNERTH et al. 1996).

Westlich erhebt sich der steilaufliegende, mit Mischwald bewachsene, unterdevonische Hang des Kippel (433m ü. NN), östlich der Hang mit der Ortschaft Kelkheim-Eppenhain (bis 515 Meter ü. NN).

Der biologische Gewässerzustand des Dattenbachs wurde im Bereich des Untersuchungsgebietes auf mäßig belastet eingestuft (Gütestufe II - UMLANDVERBAND FRANKFURT 1997). Zu einem entsprechenden Ergebnis weist auch der Chemische Index (CI=60) hin, s. Anhang V, S.135. Bachaufwärts, oberhalb der Kläranlage, beträgt die Gütestufe I bis II (gering belastet).

Untersuchungsgebiet

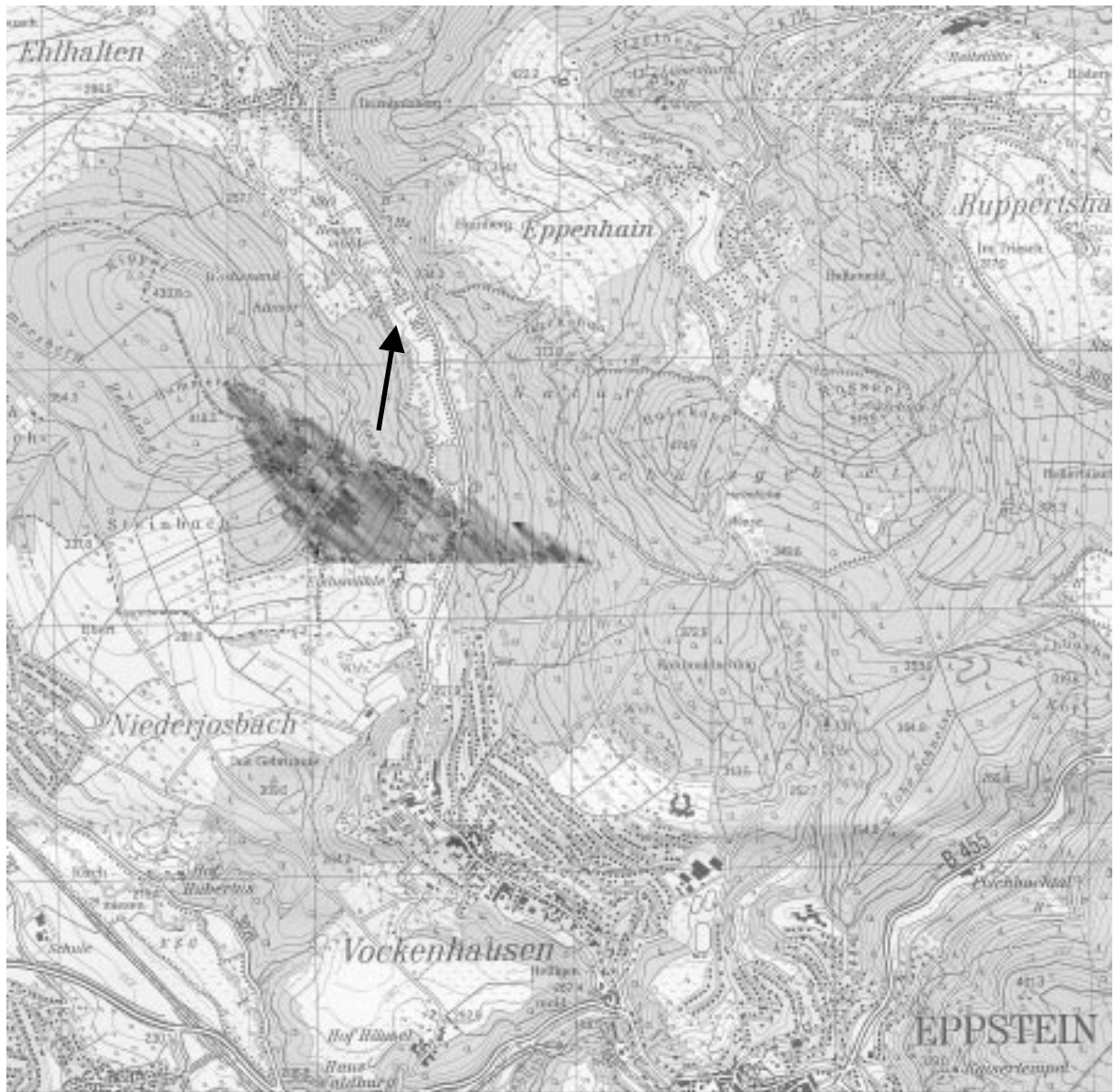


Abb.1: Das Untersuchungsgebiet südöstlich Eppstein-Ehlhalten im Taunus
(Maßstab ca. 1: 30.000; Pfeil markiert Testgelände)

D. Die Untersuchungen

I. Emergenz und Lichtfang an Straßenleuchte mit HQL-Bestückung

Dieser Versuch dient der Bestimmung des Anteils aquatischer Insekten, die von dem Ort ihrer Emergenz aus vom nahegelegenen Bach zum Licht einer Straßenleuchte fliegen. In den am Bachlauf aufgestellten Emergenzzelten wurden aus dem Wasser schlüpfende Insekten aufgefangen. An einer in der Nähe stehenden Straßenleuchte mit HQL-Bestückung wurden die an das Licht fliegenden Insekten eingesammelt.

1. Emergenz

a) Emergenzzelte

Zur Erfassung der Anzahl aus dem Wasser schlüpfenden (=aquatischen) Insekten wurden über Bachlauf und –ufer vier Emergenzzelte gespannt (Abb.2, Bachprofil s. Anhang IX, Seite 151).



Abb.2: Die Emergenzzelte am Dattenbach

Ein Zelt hat eine Grundfläche von 1,5qm. Die Rahmenkonstruktion aus 40x60mm starkem Kiefernholz ist mit Gaze (0,5 mm Öffnungsweite) bespannt. Zur Vermeidung von Fäulnisbefall wurde das Holz mit Holzlasur behandelt. Die aufgespannten Zelte wurden mit ihrer ansteigenden Seite zum Ufer ausgerichtet und standen etwa zehn Zentimeter weit auf festem Ufer. Die aus dem Wasser geschlüpfen Insekten sammelten sich bevorzugt im oberen Bereich des Zelt, wo sie nach vorsichtiger Öffnung des Zelt auf der lichtabgewandten Seite (hier waren keine Insekten) mit dem Saugfang abgefangen werden konnten (S.11f.). Die an den Seiten überlappende Gaze wurde mit

Reißzwecken so befestigt, daß hier keine Insekten aus dem Zelt weichen konnten. Die Zelte selbst wurden teilweise mit Seilen gesichert, um ein Abdriften durch die Wasserströmung zu vermeiden.

Ausgehend von dem Gedanken, daß ein mäandrierender Bachlauf an seinen Ufern teils aus Anlandungsflächen, schluffiger Feinsand mit geringer Strömung – lenitische Zone - , teils aus einem schneller fließenden Bereich mit kiesigem Substrat – lotische Zone - besteht, wurden jeweils zwei Emergenzzelte an die jeweiligen Ufertypen plaziert.

b) Dauer des Emergenzfanges

Die Untersuchungen zur Emergenz der Insekten und der sich daran anschließende Lichtfang wurden von August 1998 bis Juli 2000 durchgeführt. Sofern Witterung und Wasserstand die Aufstellung der Zelte und das Leeren zuließen, wurden jeweils einmal pro Woche in den Sommermonaten (April bis Oktober) die Fänge eingesammelt. In den Monaten November bis März wurden die Zelte in zeitlich größeren Abständen aufgestellt. Bei Hochwasser und Überschwemmung des Uferbereichs war ein Aufstellen der Zelte nicht gegeben. Durch die Beobachtung einer ausbleibenden Emergenz bei Frost im Winter 1998/99 wurden im darauffolgenden Winter 1999/2000 keine Zelte mehr errichtet.

Zur Bestimmung der Emergenz pro Test blieben die Zelte jeweils 72 Stunden aufgespannt (in Anlehnung an BÖTTGER & RUDOW (1995)).

- Validierungstest I: Überlebensrate aquatischer Insekten im Emergenzzelt

Es stellt sich dabei aber die Frage, ob innerhalb dieses Zeitraumes von 72 Stunden aquatische Insekten infolge ihres zumeist kurzen Imaginallebens oder durch mangelnde Nahrungszufuhr tot in den Bachlauf zurückfallen.

Val. I.1. Material und Methode

Zur Bestimmung der Überlebensrate wurden im Sommer 2000 Emergenznetze nach einer Aufstelldauer von 12 Stunden mit Hilfe eines Exhausters (s. Abb.3) geleert.

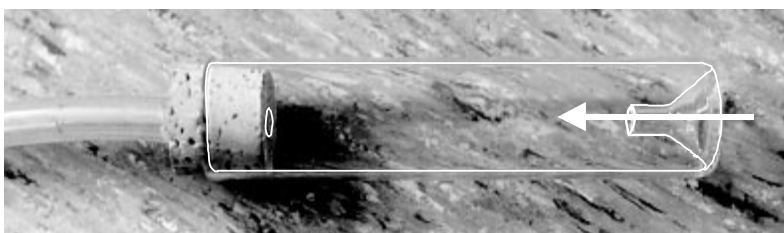


Abb.3: Exhauster (Länge 12cm, rechts Ansaugtrichter, Pfeil = Ansaugrichtung)

Die Insekten wurden darauf in einen mit Gaze überspannten Kasten (Maße 30x30x30cm) überführt, dessen verschiebbare Bodenplatte als Öffnung diente (Abb.4,5). Die aus dem Exhauster freigelassenen Tiere suchten so sofort den oberen Rand des Kastens auf.



Abb.4: „Insektenkäfig“; der mit Insekten gefüllte Exhauster wird hier von unten eingeführt; die Tiere werden im Käfig freigelassen

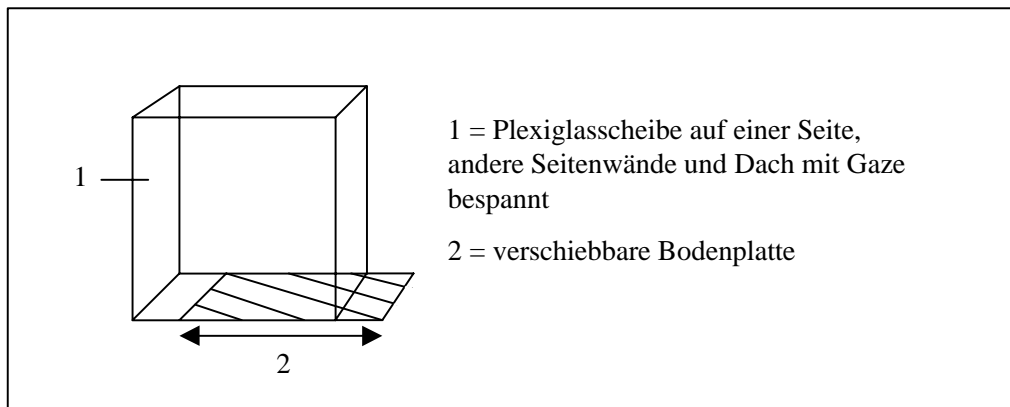


Abb. 5: „Insektenkäfig“-Zeichnung; durch eine mit Plexiglas bezogene Seitenfläche konnten die Tiere

beobachtet werden. Eine weiß lackierte Bodenplatte sollte zudem zu Boden gefallene Tiere leicht erkennbar machen.

Auf den Boden wurde ein flaches Schälchen mit Bachwasser und schluffigem Sand gestellt, so daß die Tiere ihren Feuchtigkeitsbedarf decken konnten.

Die Kästen verblieben an der Fangstelle unter einem gantztägig schattigem Platz, ähnlich dem der Emergenzzelte. Nach 72 Stunden wurden die Tiere freigelassen.

Val. I.2. Ergebnis

Bis auf eine Ausnahme überlebten die Tiere die Hälterung über 72 Stunden: In dem am 15.08. aufgestellten Kasten wurden am Versuchsende 12 tote Chironomiden gefunden. Möglicherweise ist dies auf das Fehlen von Wasser in der mittlerweile ausgetrockneten Schale zurückzuführen.

Die hohen Temperaturen an den Versuchstagen^x wirkten sich offenbar nicht auf die Mortalitätsrate aus. Käfige, die länger als drei Tage aufgestellt blieben, zeigten, daß die Sterblichkeit der Insekten nach etwa fünf Tagen einsetzte.

Entsprechende Daten bei ILLIES (1971) bestätigen die Gültigkeit der hier gewonnenen Ergebnisse.

In Tab.1 werden Anzahl und Ordnung bzw. Familie der aquatischen Insekten wie Überlebensrate dargestellt:

Tab.1: Überlebensrate aquatischer Insekten im Emergenzzelt

	<i>Beginn der Untersuchung</i>						
	<i>16.07.00</i>	<i>01.08.00</i>	<i>04.08.00</i>	<i>06.08.00</i>	<i>15.08.00</i>	<i>22.08.00</i>	<i>25.08.00</i>
<i>Ephemeroptera</i>	2	12	4	2	4	-	6
<i>Plecoptera</i>	-	2	2	-	-	-	-
<i>Trichoptera</i>	12	2	-	-	-	-	10
<i>Diptera:</i>	32	36	29	27	27	10	31
<i>Chironomidae</i>							
<i>nach 72 Std.</i>	<i>alle lebend</i>	<i>alle lebend</i>	<i>alle lebend</i>	<i>alle lebend</i>	<i>-12 Chir.^{xx} kein Wasser im Schälchen</i>	<i>alle lebend</i>	<i>alle lebend</i>

Validierungstest II: Test auf Emergenz in der Bachmitte

Zur Bestimmung der Emergenz war fraglich, ob das Schlüpfen auf „Meter Bachufer“ oder auf „Quadratmeter Bachfläche“ bezogen werden sollte, da zunächst offen war, ob die Emergenz der aquatischen Insekten bei der gegebenen Wassergeschwindigkeit von 0,3-0,8m/sec lediglich

direkt an der Uferlinie zum Halt der schlüpfenden Insekten oder auch in der Bachmitte ohne Substratkontakt auftritt.

Val. II.1. Material und Methode

Von Juni bis August 2000 wurde ein Emergenzzelt über der Bachmitte an einem umlaufenden Holzgestell so aufgehängt, daß das Zelt etwa 1-2cm über der Wasseroberfläche hing (Abb.6). Schlüpfenden Insekten sollte kein potentiell „Ufer“ mit Möglichkeit zum Festhalten und damit zum Schlüpfen bereitgestellt werden. Mit Hilfe einer Nylonschnur konnte das Zelt bei wechselndem Wasserstand in der Höhe reguliert werden.



Abb.6: Das 1-2cm über der Wasseroberfläche „schwebende“ Emergenzzelt

Val. II.2. Ergebnis

Ein eindeutiges Ergebnis konnte aufgrund schnell wechselnden Wasserstandes nicht erzielt werden. Es zeigte sich aber, daß bei einem verbliebenen Zwischenraum von 1-2cm zwischen Wasseroberfläche und Emergenzzelt keine Tiere in das Zelt gelangten. Sobald das Zelt Kontakt mit dem Wasser bekam, wurden vereinzelt Trichoptera und Chironomidae gefangen. Stieg der Abstand auf 4-5cm, so sammelten sich im Emergenzzelt eine hohe Zahl terrestrischer Empididae, die offenbar über der Wasseroberfläche – in einem genügend sicherem Abstand von Wasserturbulenzen – Beutetiere fingen. Die große Anzahl terrestrischer Empididae war auch am Uferstreifen deutlich.

Folglich ist davon auszugehen, daß bei der vorliegenden Fließgeschwindigkeit von 0,3-0,8m/sec. aus dem Wasser schlüpfende Insekten einen Halt am Ufer benötigen, um nicht von der Strömung

^x Wegen technischen Defekts der Wetteranlage liegen keine Daten vor. Es wurden jedoch mit einem einfachen Handthermometer Tagestemperaturen bis 30°C gemessen.

weggerissen zu werden. Es wurde deshalb im o.g. Versuch der Begriff „Emergenz pro Meter Bachufer“ verwendet.

c) Das Leeren der Zelte mit Saugfang

Nach Dauer des Emergenzfanges von 72 Stunden wurden die in das Netz geschlüpften (adulten) Insekten zur Bestimmung eingesammelt: Dazu diente ein Staubsauger (AEG Vampyr Compact electronic, regulierbar von 250-1400 Watt) mit einem vorgeschalteten Auffangbehälter mit 70%igem Ethanol. Das Ansaugrohr, ein durchsichtiger Plastikschlauch mit einem Innendurchmesser von 23mm, wurde seitlich durch vorsichtiges Zurücknehmen des Gazenetzes in das Zelt eingeführt. Die Insekten konnten so angesaugt und im Alkohol fixiert werden (Abb.7). Durch leichtes Anklopfen an der Zeltwand konnten auch kleinere Tiere durch ihr Auffliegen sichtbar werden und damit aufgesaugt werden.

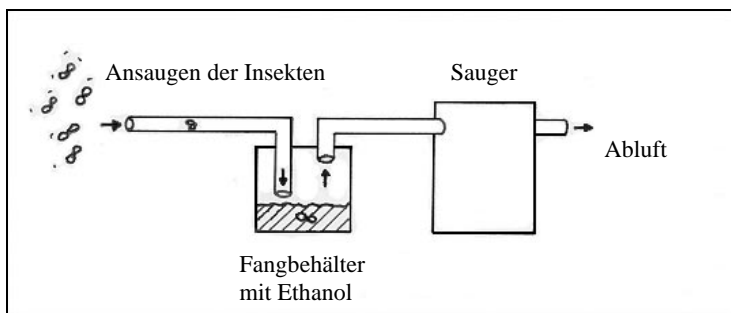


Abb. 7: Prinzip Saugfang

Das durch das Ansaugen entstehende Vakuum führte im Fangbehälter teilweise zu einem Verdampfen des Alkohols unter Blasenbildung. Nur durch eine sorgfältige Abstimmung der Ansaugleistung konnte das Verdampfen vermindert und damit eine zu starke Verwirbelung der Insekten im Alkohol unterbunden werden. Bei ersten Versuchen kam es bei zu starker Saugleistung gelegentlich zur Beschädigung von Insekten, so daß eine detaillierte Bestimmung nicht immer möglich war.

- Validierungstest III: Test auf Funktionsfähigkeit des Saugfangs

Das unter Abb.7, S.11. und Abb.17, S.19 beschriebene Prinzip des Insektenfangs mit Hilfe eines Saugers und einem vorgeschalteten Alkoholbehälter (Abb.17) wurde auf seine Wirksamkeit hin geprüft. Es sollte ausgeschlossen werden, daß Insekten an der Fixierflüssigkeit vorbeigeführt werden.

Val. III.1. Material und Methode

Dazu wurden weiße Papierschnitzel aus einem DIN A4-Blatt, 80g/qm, mit einer Größe von bis zu <0,5mm hergestellt, damit diese das Gazegitter am Ausgang des Alkoholbehälters (Abb.17, S. 19) passieren konnten. Der Sauger erhielt einen neuen Staubbeutel, um Papierschnitzel leichter nachweisen zu können.

Val. III.2. Ergebnis

Bei Versuchen mit einer Saugleistung von 250 Watt und einem Abstand des Aufsaugrohres von 10mm über dem Ethanolspiegel wurden weder Papierschnitzel am Gazegitter noch im Staubbeutel des Saugers gefunden. Somit kann das o.g. Saugverfahren zur Insekten Sammlung als geeignet angesehen werden.

2. Lichtfang an Straßenleuchte

In einem Abstand von sechs Metern zu den Emergenznetzen wurde eine Straßenleuchte zur Anlockung von Insekten aufgestellt (Abb.8).

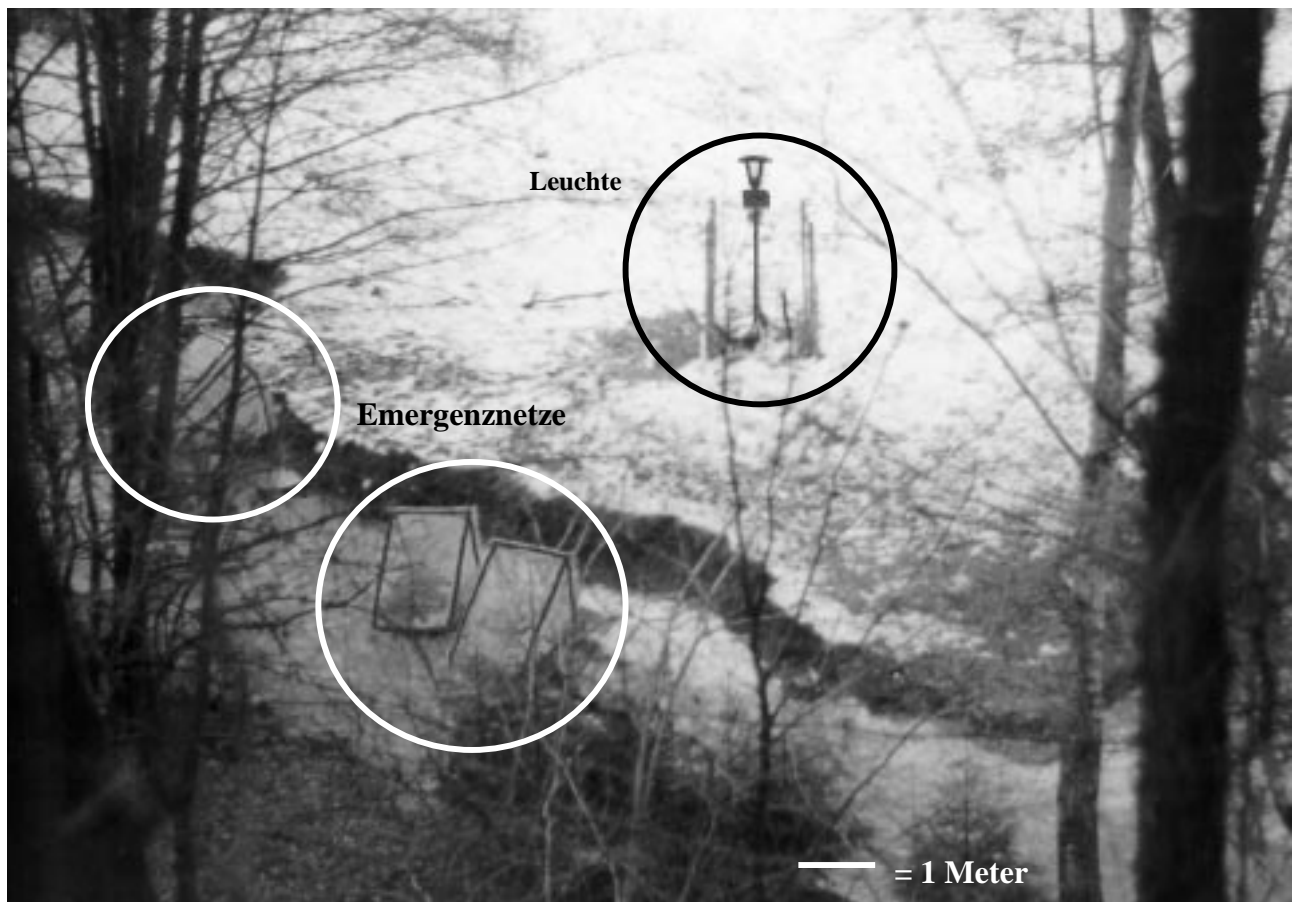


Abb.8: Emergenzzelte und Straßenleuchte am Bachlauf (Aufnahme Januar 1999 nach Schneefall)

a) Die Lichtquelle

Die in der Straßenleuchte verwendete Lichtquelle war eine OSRAM HQL 125 Watt.

Nach Werksangabe OSRAM besitzt die Lampe eine spektrale Verteilung im Bereich von 400 bis 720nm Wellenlänge (Abb.9 nach OSRAM LICHTKATALOG 1996/97):

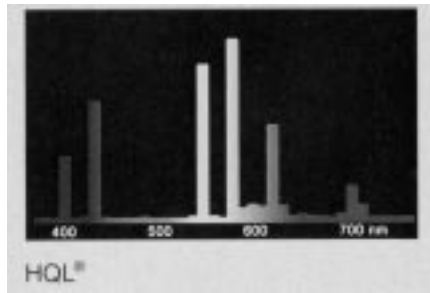


Abb.9: Die spektrale Strahlungsverteilung der OSRAM HQL

Die Straßenleuchte selbst ist eine sogenannte Pilzleuchte (=zylindrischer Leuchtkorpus) der Firma SITECO (vormals Siemens; Typbezeichnung 5LA522 O-OXH05; durchsichtige Kunststoffabdeckung 5LA5322-OXG). Die Leuchte wurde in einer Höhe von 3,5 Metern betrieben.

- Validierungstest IV: Das Emissionsspektrum der HQL in der Pilzleuchte

Die Emission der Lampe im Leuchtkorpus wurde im Labor nachgeprüft: Alle Tests bezüglich der Messung von Emission und Transmission von Lampe und Plexiglas wurden mit dem Photometer Spectro 100 der Fa. Electronic Systems unternommen. Im Anschluß daran wurde die Transmission des verwendeten Graufilters ermittelt und eingerechnet.

Val. IV.1. Test auf Alterung

a) Material und Methode

Um Alterungserscheinungen der OSRAM HQL (125W) aufzuzeigen, wurden die oben beschriebene HQL (im Leuchengehäuse der Pilzleuchte) nach ca. 20 Betriebsstunden und nochmals nach 300 Betriebsstunden auf ihre spektrale Strahlungsverteilung (im Bereich 200-750nm) hin verglichen. Die Messungen erfolgten jeweils nach einer Stunde Brenndauer.

Die Meßsonde (sog. „Faserbündel nackt“, geringer Meßwinkel unter 20° bei Eintritt des Lichts) des Photometers befand sich zum Zeitpunkt der Messung in 120cm Abstand horizontal zum Brennpunkt (Photometerlabor der Neurophysiologie - Frau Prof. Neumeyer).

b) Ergebnis

Das gemessene Spektrum (Abb.10) der HQL stimmte in der Ausprägung der Emissionsspitzen mit dem von OSRAM vorgegebenen Spektrum (Abb.9, OSRAM Lichtkatalog 1996/97) ab einer Wellenlänge von 450nm überein. Im niedrigwelligen Bereich zeigte sich jedoch nur eine geringe Strahlstärke, die vermutlich auf die Abschirmung der Leuchte zurückzuführen war (Abb.10).

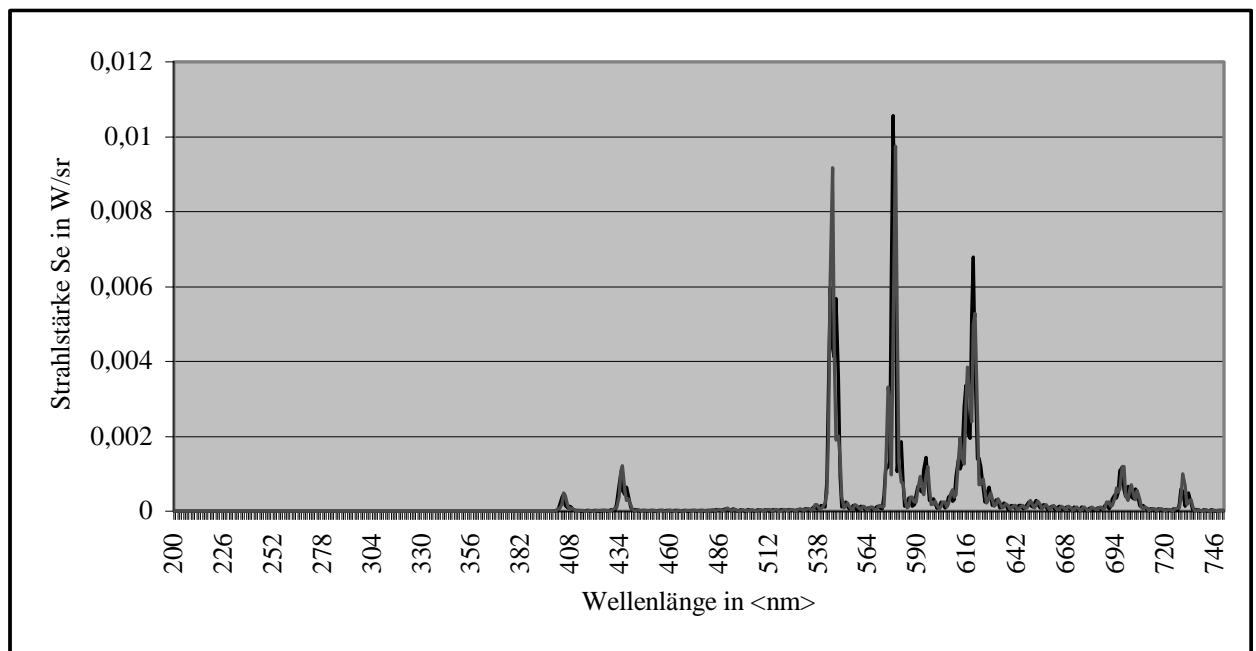


Abb.10: Emissionsspektrum der OSRAM HQL 125W in der Pilzleuchte (schwarze Linie=20 Betriebsstunden; rote Linie=300 Betriebsstunden u. 19 Monate Freilandexposition)

Eine Alterung der Lampe/Leuchte, die durch eine Veränderung des Emissionsspektrums gekennzeichnet wäre, war nach 300 Betriebsstunden und 19 Monaten Freilandexposition sehr geringfügig und somit vernachlässigbar.

Val. IV.2. Test auf Veränderung der Emission im Dauerbetrieb

Bei einer mehrstündigen Brenndauer (d.i. die Dauer der Nacht) ergab sich die Frage, ob mit einer Änderung der Emission zu rechnen war.

Val. IV.2.a) Material und Methode

(Versuchsaufbau, s. vorige Seite)

Die Emission der HQL (in Pilzleuchte; Brenndauer bisher ca. 300 Std.) wurde deshalb in folgenden Zeitabschnitten gemessen: 30min, 60min, 120min, 480min.

Val. IV.2.b) Ergebnis

Wie aus Abb.11 ersichtlich, brachte ein mehrstündiger Nachtbetrieb der Lampe keine Abschwächung der Strahlstärke. Zwar waren Schwankungen einzelner Peaks, hier insbesondere bei 578nm zu beobachten, eine Verschiebung des Spektrums bzw. einzelner Peaks auf der Ordinate lag jedoch nicht vor. Die OSRAM HQL 125W in Verbindung mit der Pilzleuchte (SITECO 5LA522 O-OXH05; durchsichtige Kunststoffabdeckung 5LA5322-OXG) zeichnet sich somit durch eine beständige Lichtemission aus.

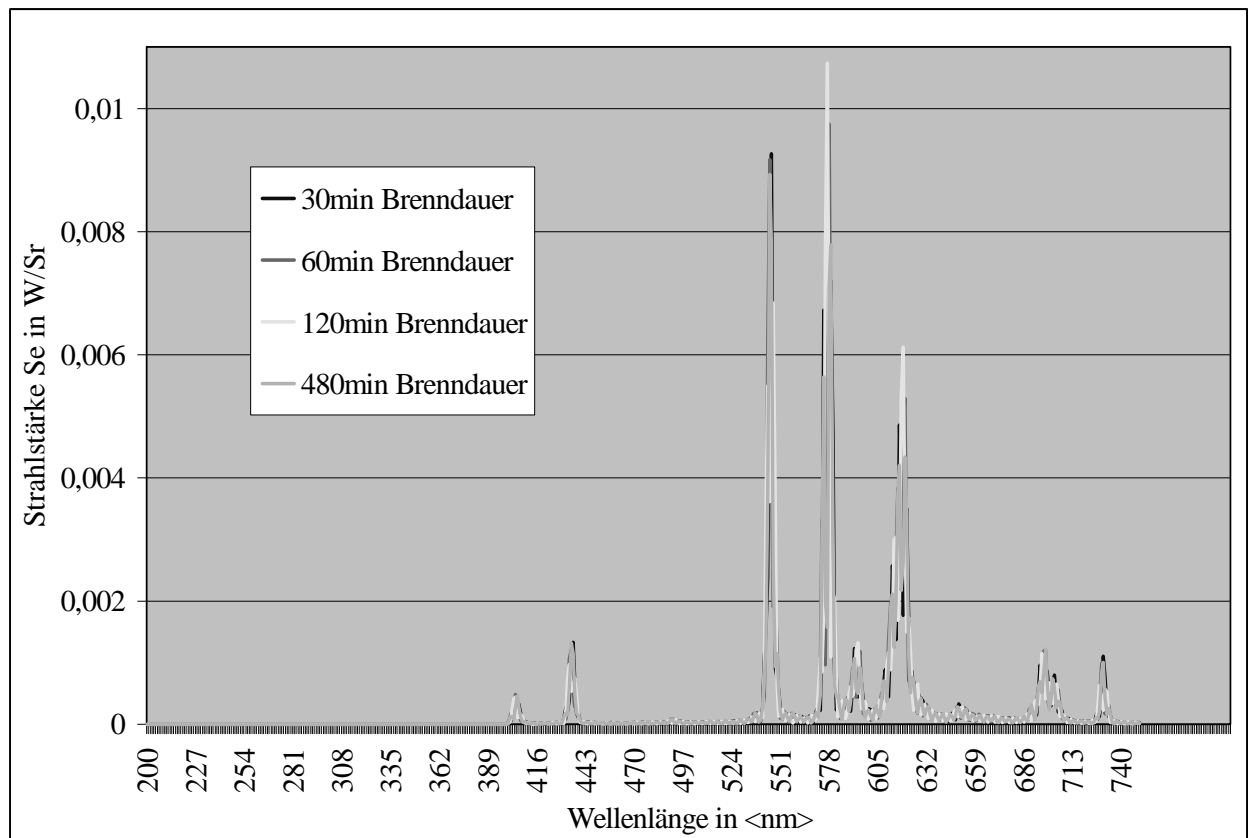


Abb. 11: Emissionsspektren OSRAM HQL 125W (in Pilzleuchte); Messungen von 30 – 480min Brenndauer

b) Der Lichtfang

Zur Erreichung optimaler Fangergebnisse war es am Anfang der Untersuchungen notwendig, die Fangmethode mehrfach zu modifizieren, bis sie im Februar 1999 ihre endgültige Form fand (s.S.17). Das Grundprinzip des Lichtfangs war das Ansaugen und Konservieren der ans Licht geflogenen Insekten in einer 70%igen Alkohollösung (Abb.7, Seite 11). Die im folgenden vorgenommenen Änderungen an der Fanganlage hatten jedoch kaum Einfluß auf die Anzahl und die

Zusammensetzung der seit August 1998 am Licht gefangenen Insekten gehabt (Validierungstest V, S.19ff.).

aa) Ursprüngliche Fanganlage - Prototyp - (August bis Oktober 1998) (Abb.12/13)

Die an das Licht fliegende Insekten wurden vom Luftstrom des unter dem Lampenschirm angebrachten Ventilators in einen darunterliegenden Trichter gedrückt (ähnlich bei MÜLLER & ULFSTRAND 1970). Dieser Trichter war über einen Schlauch mit einem mit 70%igem Ethanol gefüllten Behälter verbunden. Auch hier wurde der Sauger an einen Fangbehälter angeschlossen, so daß die in den Trichter gedrückten Insekten in den Fangbehälter gelangten. Zudem war neben dem Trichter im 90°-Winkel zum Leuchtenglas eine Plexiglasscheibe angebracht, die größere Insekten, die gegen diese Scheibe flogen, in den Trichter fallen lassen sollte.

Diese Anlage wurde von Beginn der Untersuchung an bis Oktober 1998 benutzt.

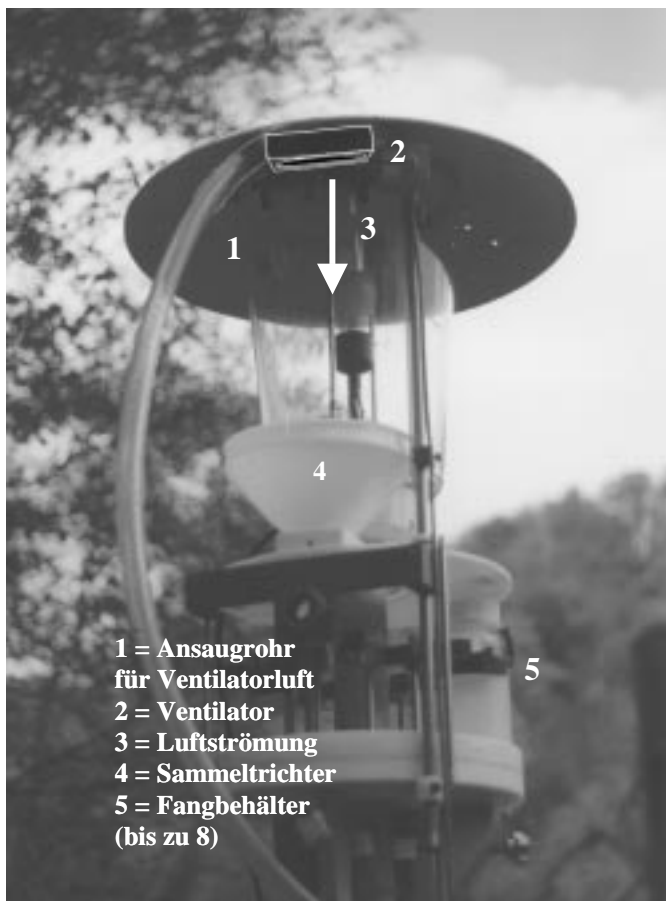
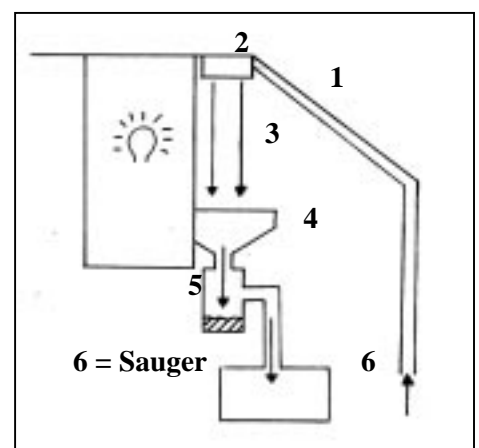


Abb.12/13: Prototyp der Fanganlage: Kombination zweier Fangmethoden - Luftstrom vom Lampenschirm in Trichter und Saugvorrichtung am Fangbehälter -. (Der unter der Leuchte angebrachte automatische Saugfang, s. S.17f., Punkt cc), war zu diesem Zeitpunkt noch nicht in Betrieb)



Mit der Kombination von verschiedenen Fangtechniken sollte ein im Vergleich zu einem einfachen Saugfang erhöhter Insektenfang erreicht werden. Durch den Luftstrom von oben, der anfliegende Insekten in einen Trichter drückte, konnte folgendes beobachtet werden:

Zart gebaute Insekten mit weniger guten Flugleistungen, wie z.B. Chironomiden, prallten im Anflug an dem zum Trichter führenden Luftstrom durch die entstandenen Luftverwirbelungen teilweise ab und gelangten so nicht in den Fang. Bei ersten Freilandtests im Botanischen Garten der Universität Mainz konnte dies nicht beobachtet werden, da vornehmlich terrestrische Tiere und starke Flieger, wie Brachyceren und Hymenopteren, an das Licht flogen. Aber auch hier wurden viele Tiere von den am Trichter angebrachten Saugstrom nicht erfaßt. Sie konnten sich zwar selbst zum Teil nicht mehr aus dem Trichter befreien, gelangten aber während des Versuchs nicht in den Einflußbereich des Saugstroms und damit nicht in den Fangbehälter. Diese Erkenntnisse führten zwangsläufig zur Modifikation des Prototyps. Bei allen folgenden Versuchen war der Saugstrom direkt in Lampenhöhe am Schutzglas der Leuchte angesetzt (s. u. Punkt bb).

bb) Modifizierte Fanganlage – „Standard“-version (November 1998 bis Januar 1999)

Der Saugfang an der Straßenleuchte bestand aus einem Sauger und zwischengeschalteter Alkoholammer, identisch mit dem Saugfang zum Leeren der Emergenzzelte. Im Vergleich zur Fanganlage unter (aa) fehlten Ventilator, Prallplatte und großer Auffangtrichter.

Der Schlauch zum Ansaugen der Insekten wurde an einem kleinen am Leuchtenglas befestigten Trichter (Ø 4cm) angebracht (Abb.14,15).

Diese Fangkonstruktion war von November 1998 bis Januar 1999 im regulären Lichtfang im Einsatz.

cc) Fanganlage mit Automation (ab Februar 1999) (Abb.14/15)

Um den Lichtfang in verschiedenen Zeitintervallen automatisch durchzuführen, wurden bis zu acht Fangbehälter auf einer sich drehenden Platte installiert und durch eine Zeitschaltuhr gesteuert. Die rotierende Platte lag auf einer am Leuchtenpfahl festinstallierten Platte auf. Ein Kugellager sorgte für reibungsarme Bewegung.

Eine Zeitschaltuhr brachte entsprechend der Programmierung den Fangbehälter in eine Stellung, bei der beide Öffnungen am Behälter mit den Schläuchen des Saugfangs verbunden wurden (Abb.14/15). Um einen Druckverlust der Saugluft zu minimieren, paßte sich das obere Ende des Behälters an einer elastischen Schaumstofflage (3mm Stärke) an, in deren Mitte sich die Öffnung mit der Verbindung des zur Leuchte führenden Schlauches befand (Abb.16, links oben).

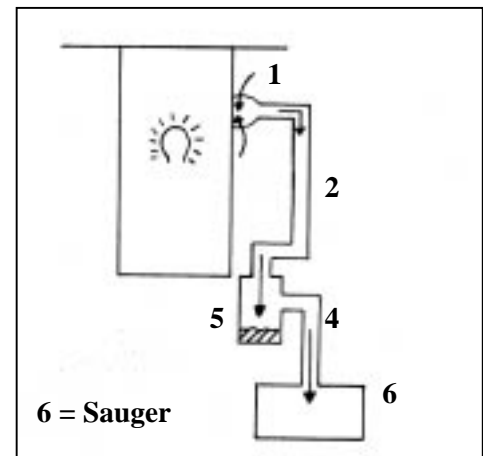
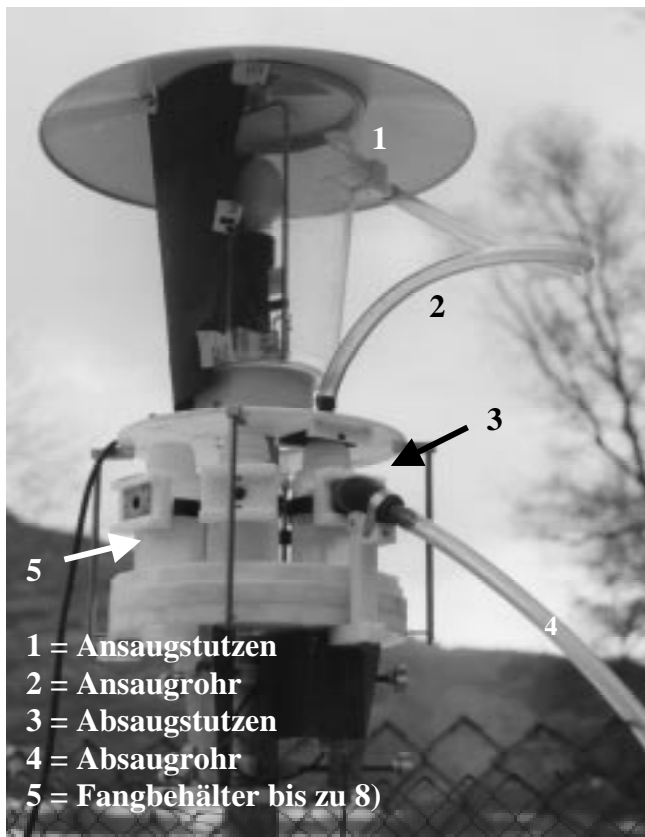


Abb.14/15: Automatisierter Saugfang mit Zeitsteuerung und bis zu acht Fangbehältern: Die an der Leuchte schwärmenden Insekten werden durch einen Luftstrom in den Fangbehälter gezogen

Die Abluft wurde seitlich aus dem Behälter geführt. Dort war das Schlauchende an einem herkömmlichen Staubsaugeraufsatz mit umlaufender Borstenreihe befestigt (Abb.16), der sich an dem ankommenden Behälter in eine Führungsschiene anpaßte, in deren Mitte sich die seitliche Öffnung des Behälters befand.



Abb.16: Saugstutzen mit Borstenrand am Auffangbehälter; links oben schwarze Schaumstofflage zur Abdichtung zwischen Fangbehälter und des zur Lampe führenden Schlauches

Um die angesaugten Insekten in die Fixierflüssigkeit zu drücken, wurde der Fangbehälter mit einem langesogenen Rohraufsatz mit nach unten gerichteter Öffnung versehen (Abb.17), so daß die Insekten im Luftstrom über den Alkohol geführt wurden, der sie durch seine geringe Oberflächenspannung aufnahm.

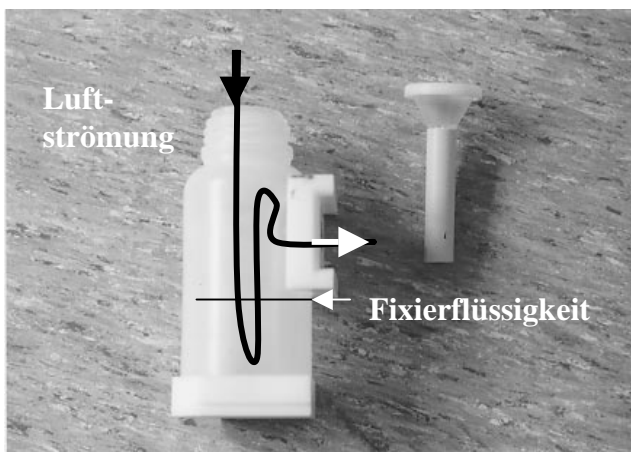


Abb.17: Auffangbehälter des automatisierten Lichtfangs mit Rohraufsatz, so daß angesaugte Insekten direkt in die Fixierflüssigkeit gedrückt wurden, bevor die Luft über die Absaugvorrichtung entwich (am Behälter ist die Öffnung rechts oben in der Führungsschiene für den Saugstutzen; vor der Öffnung befindet sich ein Gazegitter)

- Validierungstest V: Vergleich der Fängigkeit verschiedener Fanganlagen am Licht

Val. V.1. Material und Methode

Um die Effektivität verschiedener Fanganlagen festzustellen, wurden die in dieser Untersuchung verwendeten Fanganlagen (s. S.16-19, Prototyp und „Standard“-version) , sowie die von anderen Autoren (z.B. BAUER 1993, KOLLIGS 1996, 2000) benutzte Eklektorfalle („Lufteklektor“ Fa. EcoTech) hier mit zwei kreuzförmig angebrachten Plexiglasprallplatten von 63 cm Länge und 25 cm Breite) und darunter angebrachten Trichter mit Fangbehälter) zeitgleich auf ihre Fängigkeit hin getestet (Schemata s. Abb.18-20, folgende Seite).

Zu diesem Zweck wurden die drei Fanganlagen im gleichen Abstand zueinander an einer Leuchte befestigt, drei Bereiche durch schwarze Stoffvorhänge, die an unter dem Lampenschirm befestigten 60cm langen Leisten angebracht waren, voneinander getrennt (Abb.21).

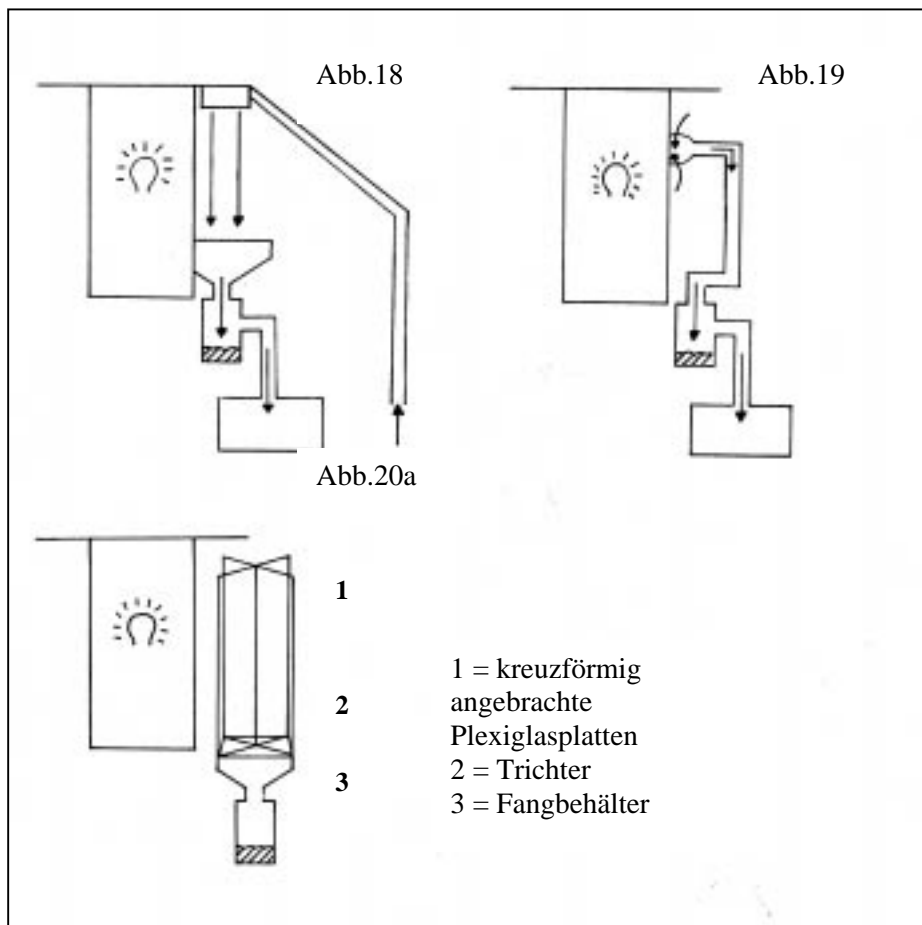


Abb.18-20a,b: Prototyp (s.S.16), Saugfang (s.S.17f.), Prallplatten (Abb.20a,b)

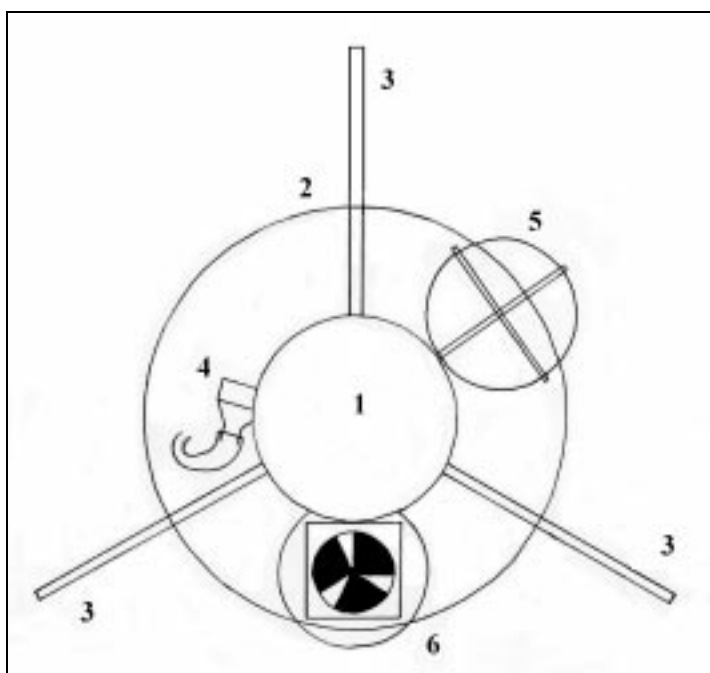


Abb. 21: Aufsicht der Leuchte mit den drei abgetrennten Sektionen und den Fanganlagen

Die Lampe wurde an drei Abenden jeweils über eine Stunde hinweg angeschaltet. Außerdem wurde die Leuchte mit den angeschlossenen Fanganlagen jeden Abend um eine Drittelumdrehung verschoben, so daß jede Fanganlage einmal in jeder Richtung angebracht war. Die Fangrelation der einzelnen Fänge wurde ermittelt und deren Einzelsummen durch die drei Fangtage dividiert, um das Gesamtverhältnis der Fänge der drei Eklektoren zu bestimmen. Ausgehend von dem Eindruck, daß Prallplatten fast ausschließlich zur Falle von Trichoptera/Lepidoptera werden und weniger zum Fang von kleineren Insekten bzw. von Insekten mit besseren Flugeigenschaften geeignet sind, wurde zudem das Fangverhältnis zwischen Trichopteren/Lepidopteren und anderen gefangenen Insekten ermittelt.

Val. V.2. Ergebnis

Die auf Seite 16 beschriebene Fanganlage (Prototyp) weist gegenüber der „Standard“-version Saugfang, s. S. 17f.) eine um den Faktor 1,6 verringerte Fangleistung auf (Tab.2).

Wie schon oben (S.16f.) beschrieben, prallten Insekten mit schwachen Flugleistungen beim Anflug an den Prototyp durch den zum Trichter abwärts führenden Luftstrom ab und gelangten nicht in den Fangbehälter. Dies erklärt die geringeren Fangzahlen. Diese Erkenntnisse führten zur Modifikation des Prototyps, so daß der Saugstrom direkt in Lampenhöhe am Schutzglas der Leuchte angesetzt wurde (siehe Seite 17f., in Tab.2 und 3 Saugfang genannt).

Dieser Fangtyp konnte hier im Vergleich den stärksten Fang verzeichnen. Den schwächsten Fang weist die Fanganlage mit den Prallplatten auf, die mit 265 Insekten nur ein Zehntel des Prototyp-Fanges erreichte.

Tab.2: Vergleich der unterschiedlichen Fangapparate

Datum	Prototyp	Saugfang	Prallplatten
29.07.99	60	155	151
30.07.99	383	3108	37
31.07.99	2135	823	77
gesamt	2578	4086	265

*Tab.3: Vergleich der unterschiedlichen Fangapparate;
Verhältnis der einzelnen Fänge zueinander*

<i>Datum</i>	<i>Prototyp</i>	<i>Saugfang</i>	<i>Prallplatten</i>
29.07.99	0,4	1,02	1
30.07.99	10,3	84	1
31.07.99	27,7	10,7	1
Ø	12,8	31,9	1

Der Vergleich der Fangsummen gibt aber nicht das Verhältnis der Fangzahlen der drei Fanganlagen wieder. Da an den drei Fangtagen Änderungen der Witterung zu berücksichtigen waren^x und zudem die Richtung der Fanganlage das Meßergebnis beeinflusste (die Leuchte wurde in drei Abschnitte für die Fanganlagen geteilt und zu jedem Fangtag zu einem Drittel Umdrehung weitergeführt) konnte die Fängigkeit der Anlagen nur durch die Bildung der am Fangtag zustande gekommenen Fangrelation ermittelt werden. Deutlich ist in Tab.3 der Saugfang als fangstärkste Anlage zu sehen.

Während der Fänge wurde weiter beobachtet, daß sich an den Prallplatten Trichopteren und Lepidopteren niederließen, was bei den anderen Fanganlagen aufgrund mangelnder Fläche nicht der Fall war; hier wurden die Trichopteren/Lepidopteren entweder sofort abgesaugt oder flogen wieder in die Umgebung ab. Die Tab.4 und 5 zeigen, inwieweit insbesondere Trichopteren und Lepidopteren von der Anlage mit Prallplatten gefangen wurden. Zurückzuführen war dies nicht auf die Bezeichnung „Prallplatte“; die anfliegenden Insekten „prallten“ nicht im Flug dagegen und fielen deshalb in den Behälter mit Fixierflüssigkeit. Die Insekten ließen sich auf den Plexiglasplatten nieder, wenn sie aber in Richtung Fangbehälter liefen, gelangten sie in den Trichter. Bei einem Ansetzen zum Flug taumelten sie gegen die nahe beieinander liegenden Wände und fielen in die direkt darunter liegende Fixierflüssigkeit.

Kleine Insekten konnten sich noch aus dem Trichter befreien.

^x Die Meßwerte Temperatur, Bewölkung, Luftdruck und Windgeschwindigkeit waren im wesentlichen gleich und wiesen auf eine stabile Wetterlage hin.

Tab.4: Vergleich der Fängigkeit von Trichoptera u. Lepidoptera zu anderen Insekten

<Trichoptera + Lepidoptera/ andere Insekten>

Datum	Prototyp	Saugfang	Prallplatten
29.07.99	1/59	1/154	63/88
30.07.99	7/376	11/3097	24/13
31.07.99	30/2105	5/818	49/28

Tab.5: Verhältnis der Fängigkeit von Trichoptera u. Lepidoptera zu anderen Insekten

<Trichoptera + Lepidoptera/ andere Insekten>

Datum	Prototyp	Saugfang	Prallplatten
29.07.99	1/59	1/154	1/1,4
30.07.99	1/53,7	1/281,5	1/0,54
31.07.99	1/70,2	1/17,6	1/0,57
Ø	1/60,9	1/151	1/0,87

Um den Fangtyp zu nennen, der einen relativ repräsentativen Querschnitt der anfliegenden Insekten einfängt, muß man sich auf das Augenmaß verlassen. Es fiel auf, daß die Fanganlagen I und II gegenüber dem Prallplattenfang einen Fang aufwiesen, der dem Anflug in etwa entsprach. Die Prallplatten fingen unverhältnismäßig viele Trichopteren und Lepidopteren, währenddessen hier viele der übrigen Insektengruppen der Falle entkommen konnten.

dd) Dauer des Lichtfangs

Während des Untersuchungszeitraums seit August 1998 wurde nach Leerung der Emergenzzelte eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang^x der Fang an der Straßenleuchte am Bachufer durchgeführt. Die hier gefangenen aquatischen Insekten wurden gezählt und – sofern möglich - auf die Art bestimmt (zur Problematik s.S.68f.).

Der Lichtfang beschränkte sich bis Oktober 1998 auf eine Stunde pro Fangnacht. Um einen Überblick über den gesamten nächtlichen Anflugs der Insekten an das Licht zu gewinnen, wurde seit November 1998 im weiteren Verlauf der Nacht der Lichtfang bis eine halbe Stunde vor

^x Je nach Grad der Bewölkung konnte zu diesem Zeitpunkt noch eine Helligkeit von 0-10 Lux gemessen werden. Völlige Dunkelheit (<0,5 Lux) setzte spätestens nach weiteren fünf Minuten ein.

Sonnenaufgang betrieben. Bei Regen bzw. Sturm in der Fangnacht wie auch der folgenden Nacht wurde der Lichtfang ausgesetzt.

Terrestrische und semi-aquatische Insekten (d.h. Insekten, deren Emergenz nicht ausschließlich aus dem Wasser heraus stattfindet, zur Abgrenzung s.S.68f.) wurden lediglich dem Familienniveau zugeordnet.

3. Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang

a) Methode

Ein wesentlicher Punkt dieser Untersuchung ist der Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang. Die hier gewonnenen Ergebnisse wurden tabellarisch und grafisch gegenübergestellt. Von den Ergebnissen aus Emergenz und Lichtfang läßt sich ermitteln, wieviel Emergenz von x Meter Uferlänge dem Lichtfang entsprechen (Formel s. Abb.22; Übersicht Tab.6-8, S.26ff.).

Anzahl gefangener Insekten im Lichtfang (einer Nacht) entspricht = Emergenz von x <m> Uferlänge/ 72 Std.	$\frac{\langle \text{Anzahl Insekten im Lichtfang} \rangle}{\langle \text{Anzahl Insekten in der Emergenz} \rangle \cdot \text{Anzahl Emergenzzelte}^x}$
--	--

Abb.22: Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang: Formel

Ausgehend von einem Gesamtvergleich der gefangenen Insekten in Emergenz und Lichtfang sollten diejenigen Arten in der Untersuchung besonders beachtet werden, die stark auf das Licht ansprechen. Diese hier auf eine quantitative Sammlung ausgelegte Untersuchung soll deutlich machen, daß bestimmte Arten vom künstlichen Licht besonders „bedroht“ werden. In die Untersuchung einbezogen wurde zunächst der Gesamtfang der Insekten - Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera mit Simuliidae, Chironomidae, Empididae (Tab.6, Seiten 26-31, über den gesamten Zeitraum 8.98-7.00) -. Darüber hinaus wurden die Chironomiden-Unterfamilien Tanypodinae, Orthocladiinae, Chironominae (Tab. 7, Seiten 32-35, Zeitraum vom 8.5.-18.9.99, 4.5.-16.7.00) und zuletzt die im

^x zumeist 4, s. Anh.I, S. 13-127

Gesamtfang zehn häufigsten Chironomiden-Arten (Tab.8, Seiten 36-38, 8.5.-18.9.99, 4.5.-16.7.00, nur ♂♂) untersucht.

Die Abb.24 (Seite 39) stellt die Ergebnisse aus Tab.6-8 grafisch dar. Die Darstellung bezieht sich auf die Fänge des Zeitraums vom 8.5. bis zum 18.9.99 und vom 4.5. bis zum 16.7.2000 und ergibt sich durch die Ergebnisse aus Tab.6-8, die durch die Anzahl Fänge geteilt wurden, in denen eine Emergenz stattfand (Formel s. Abb.23):

Anflugindex	♀ (Anzahl gefangener Insekten im Lichtfang (einer Nacht))
(Emergenz/ 72 Std., = die x <m> Uferlänge entspricht)	entspricht Emergenz von x <m> Uferlänge/ 72 Std.: Zeitraum 8.5.-18.9.99, 4.5.-16.7.00)

	Anzahl Fänge. in denen eine Emergenz stattfand

Abb.23: Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang: Übersicht zu den Fängen der Sommermonate

b) Ergebnisse

Die Tabellen 6 bis 8 zeigen auf, inwieweit eine Straßenleuchte durch ihr Licht die Emergenz unterschiedlicher Insektengruppen anlockte. An warmen Sommertagen konnten so große Teile der Emergenz aus der weiteren Umgebung von der Lampe ange lockt werden:

Die Spitzenwerte beim Gesamtfang ergaben, daß die Emergenz von 58 Meter Uferlänge/72h (24.06.00) an das Licht gelockt wurde. Bei den Ephemeropteren waren es lediglich 1,2m, bei den Plecopteren 4,0m, bei den Trichopteren ergab sich jedoch ein Höchstwert von 200,0m ! Die Dipteren-Familien konnten bei den Chironomiden einen Höchstwert von 65,3m aufweisen, die Empididen kamen auf 4,0m ihrer Emergenz. Innerhalb der Chironomiden-Unterfamilien ergab sich ein Maximum von 176,0m der Emergenz am Licht bei den Chironomiden-Intersexen; dieser Wert wurde jedoch dominiert von der Art *Polypedilum convictum*. Ein Spitzenwert ergab sich in der Artenliste von Tab.8 *Rheotanytarsus pentapoda*-♂♂, die in einer Nacht in einer Anzahl anfliegen, wie es einer (hypothetischen) Emergenz von 424,0m Uferlänge entsprach.

Die Abb.24 (s. S.39) veranschaulicht den mittleren Gesamtfang der an das Licht geflogenen Insekten, der pro Lichtfang einer Emergenz entsprach, wie sie an 7,3 Metern Ufer/ 72 Std. stattfand.

Einige Insektengruppen, wie Ephemeropteren, Plecopteren, Simuliidae, Empididae, Tanypodinae-♂♂ und die Chironomidae-Arten (♂♂) *Macropelopia nebulosa*, *Prodiamesa olivacea*, *Paratrissocladius excerptus* und *Micropsectra bidentata* und die *Micropsectra-notescens*-Gruppe wiesen offenbar eine nur geringe Neigung auf, an das dargebotene Licht zu fliegen. Die Lichtfängigkeit entsprach der Emergenz von weniger als einem Meter in 72 Stunden. Dagegen wurden die anderen dargestellten Gruppen in erhöhtem Maß vom Licht angelockt, eine Spitzengruppe nahmen die Trichopteren und *Rheotanytarsus pentapoda* (mit einer Lichtfängigkeit der Emergenz von über 60 Meter Uferlänge/72h) ein. Im allgemeinen wurde die Gruppe der Chironomiden-♂♂ bevorzugt vom Licht angezogen.

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

	Gesamtfang Insekten	Ephemeroptera	Plecoptera	Trichoptera	Diptera		Empididae
					Simuliidae	Chironomidae	
07.08.98	59 (o Chir.)	28	0	30	1	160	0
07.08.98	134*	0	0	95	0	k.A.	0
Lifa = x m Ufer	9,1						
14.08.98	432	79	0	5	0	348	0
14.08.98	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
22.08.98	808	13	0	0	1	794	0
22.08.98	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
30.08.98	823	34	0	1	0	788	0
30.08.98	214*	0	0	0	0	129	0
Lifa = x m Ufer	1,04						
07.09.98	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
07.09.98	19	0	0	0	0	19	0
13.09.98	514	21	0	0	0	493	0
13.09.98	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0						
20.09.98	317	4	8	0	2	303	0
20.09.98	28*	0	0	0	0	7	0
Lifa = x m Ufer	0,35						
28.09.98	568	19	5	4	1	539	0
28.09.98	79*	0	0	0	0	32	0
Lifa = x m Ufer	0,56						
05.10.98	218	1	1	1	0	215	0
05.10.98	2*	0	0	0	0	1	0
Lifa = x m Ufer	0,04						
13.10.98	90	0	0	0	0	90	0
13.10.98	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0						
20.10.98	45	0	0	0	0	45	0
20.10.98	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0						

Tab. 6. Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang
Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

* = Schätzwert, Erklärung s. Text Seite 19; ** = nur lenitische Emergenz.

k.A. = keine Angabe

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

	Gesamtfang Insekten	Ephemeroptera	Plecoptera	Trichoptera	Diptera		Empididae
					Simuliidae	Chironomidae	
04.11.98	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
04.11.98	0	0	0	0	0	10	0
21.11.98	0	0	0	0	0	0	0
21.11.98	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
04.12.98	0	0	0	2	0	0	0
04.12.98	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
18.12.98	0	0	0	0	0	0	0
18.12.98	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
02.01.99	0	0	0	0	0	0	0
02.01.99	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
17.01.99	1	0	0	0	0	1	0
17.01.99	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
16.02.99	0	0	0	0	0	0	0
16.02.99	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
02.03.99	0	0	0	0	0	0	0
02.03.99	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
17.03.99	18	5	0	0	0	13	0
17.03.99	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
31.03.99	121	9	5	0	1	106	0
31.03.99	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
16.04.99	113	4	14	0	0	95	0
16.04.99	1	0	0	0	0	1	0
Lifa = x m Ufer	<0,01	0	0	0	0	0,01	0

Tab. 6 (Fortsetzung): Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang
Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge
* = Schätzwert, Erklärung s. Text, ** = nur lenitische Emergenz
k.A. = keine Angabe

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

	Gesamtfang Insekten	Ephemeroptera	Plecoptera	Trichoptera	Diptera		Empididae
					Simuliidae	Chironomidae	
30.04.99	463	25	1	0	1	436	0
30.04.99	22	0	0	0	0	22	0
Lifa = x m Ufer	0,2	0	0	0	0	0,2	0
08.05.99	142	0	0	1	0	141	0
08.05.99	57	0	0	0	0	57	0
Lifa = x m Ufer	0,8	0	0	0	0	0,8	0
15.05.99	130	19	2	2	0	107	0
15.05.99	281	1	1	0	1	278	0
Lifa = x m Ufer	8,6	0,2	2	0	n.k.	10,4	0
22.05.99	766	60	2	6	2	696	0
23.05.99	88	0	0	0	0	88	0
Lifa = x m Ufer	0,5	0	0	0	0	0,5	0
30.05.99	614	13	1	0	3	597	0
30.05.99	1320	4	1	7	0	1308	0
Lifa = x m Ufer	8,6	1,2	4	n.k.	0	8,8	0
06.06.99	602	11	0	2	6	583	0
06.06.99	78	0	0	0	0	78	0
Lifa = x m Ufer	0,5	0	0	0	0	0,5	0
14.06.99	378	88	0	7	1	282	0
14.06.99	1225	0	0	5	0	1220	0
Lifa = x m Ufer	12,9	0	0	2,9	0	17,3	0
21.06.99	672	95	0	10	4	562	1
21.06.99	92	0	0	0	0	92	0
Lifa = x m Ufer	0,5	0	0	0	0	0,7	0
28.06.99	336	65	0	8	0	261	2
28.06.99	271	0	0	3	0	268	0
Lifa = x m Ufer	3,2	0	0	1,7	0	4,1	0
20.07.99	362	34	2	16	0	310	0
20.07.99	921	2	0	121	0	798	0
Lifa = x m Ufer	5,1	0,2	0	30,3	0	5,2	0

Tab. 6 (Fortsetzung): Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang
Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

** = nur lenitische Emergenz.

n.k. = nicht kalkulierbar

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

	Gesamtfang Insekten	Ephemeroptera	Plecoptera	Trichoptera	Diptera		Empididae
					Simuliidae	Chironomidae	
27.07.99	979	117	0	6	14	826	1
27.07.99	1358	26	0	87	0	1244	1
Lifa = x m Ufer	5,5	0,9	0	58	0	6	4
04.08.99	508	46	4	2	3	453	0
04.08.99	869	6	0	92	1	770	0
Lifa = x m Ufer	6,8	0,5	0	184	1,3	6,8	0
11.08.99	514	60	0	9	5	440	0
12.08.99	217	1	0	1	0	215	0
Lifa = x m Ufer	1,7	0,1	0	0,4	0	2	0
19.08.99	590	55	0	2	0	533	0
20.08.99	392	0	0	1	0	391	0
Lifa = x m Ufer	2,7	0	0	2	0	2,9	0
28.08.99	792	68	1	0	2	719	2
28.08.99	750	0	0	0	1	749	0
Lifa = x m Ufer	3,8	0	0	0	2	4,2	0
03.09.99	636	64	3	8	2	558	1
03.09.99	155	0	0	1	0	154	0
Lifa = x m Ufer	0,9	0	0	0,5	0	1,1	0
11.09.99	1545	123	33	7	4	1374	4
11.09.99	602	0	0	6	0	596	0
Lifa = x m Ufer	1,6	0	0	3,4	0	1,7	0
18.09.99	1493	16	2	2	1	1471	1
18.09.99	348	0	0	1	0	347	0
Lifa = x m Ufer	0,9	0	0	2	0	0,9	0
26.09.99	1239	12	3	3	3	1218	0
26.09.99	253	0	0	1	0	252	0
Lifa = x m Ufer	0,8	0	0	1,3	0	0,8	0
17.10.99	344	6	1	2	0	335	0
17.10.99	1	0	0	0	0	1	0
Lifa = x m Ufer	0,01	0	0	0	0	0,01	0

Tab. 6 (Fortsetzung): Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang
Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

	Gesamtfang Insekten	Ephemeroptera	Plecoptera	Trichoptera	Diptera		
					Simuliidae	Chironomidae	Empididae
31.10.99 Emergenz	189	0	0	0	0	189	0
31.10.99 Lichtfang	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
01.12.99 Emergenz	8	0	0	4	0	4	0
01.12.99 Lichtfang	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
28.01.00 Emergenz	0	0	0	0	0	0	0
28.01.00 Lichtfang	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
20.03.00 Emergenz	204	2	1	0	0	201	0
20.03.00 Lichtfang	0	0	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0	0	0
11.04.00 Emergenz	346	12	1	0	1	332	0
11.04.00 Lichtfang	9	0	0	0	0	9	0
Lifa = x m Ufer	0,1	0	0	0	0	0,1	0
04.05.00 Emergenz	938	77	0	0	0	855	0
04.05.00 Lichtfang	745	2	0	1	0	742	0
Lifa = x m Ufer	3,2	0,1	0	n.k.	0	3,5	0
10.05.00 Emergenz	458	180	6	6	1	261	4
10.05.00 Lichtfang	1534	4	3	26	0	1501	0
Lifa = x m Ufer	13,4	0,1	2,4	17,3	0	23	0
26.05.00 Emergenz	297	117	2	2	0	176	0
27.05.00 Lichtfang	342	3	0	5	0	334	0
Lifa = x m Ufer	4,6	0,1	0	10	0	7,6	0
02.06.00 Emergenz	245	97	2	1	0	143	2
02.06.00 Lichtfang	384	1	0	50	0	332	1
Lifa = x m Ufer	6,3	0,04	0	200	0	9,3	2
17.06.00 Emergenz	503	59	0	12	1	430	1
17.06.00 Lichtfang	103	0	0	1	0	102	0
Lifa = x m Ufer	0,8	0	0	0,3	0	0,9	0

Tab. 6 (Fortsetzung): Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang
 Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge
 k.A. = keine Angabe; n.k. = nicht kalkulierbar

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

	Gesamtfang Insekten	Ephemeroptera	Plecoptera	Trichoptera	Diptera		
					Simuliidae	Chironomidae	Empididae
24.06.00 Emergenz	442	32	0	4	1	405	0
24.06.00 Lichtfang	6404	0	0	8	0	6396	0
Lifa = x m Ufer	58	0	0	8	0	63,2	0
16.07.00 Emergenz	354	47	0	10	1	295	1
16.07.00 Lichtfang	1232	0	0	6	0	1226	0
Lifa = x m Ufer	13,9	0	0	2,4	0	16,6	0

Tab. 6 (Fortsetzung): Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang
Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

Anmerkung zu Tabelle 6:

Da von August bis Oktober 1998 der Lichtfang auf eine Stunde beschränkt war, wurden nach Auswertung der Daten aus 1999 der Gesamtfang am Licht von August bis Oktober 1999 hochgerechnet auf die gesamte Nachtdauer. Dieser Wert ergibt sich durch den Vergleich von Nachtfänge des entsprechenden Datums von 1999, wobei die Durchschnittswerte der Fänge von 1999 ermittelt wurden, die dem Fang aus 1998 zeitlich entsprechen (Bsp.: 7.8.98 = es wurden die Durchschnittswerte vom 3. und 11.8.99 genommen; 30.8.98 = 28.8., 3.9.99; 20.9.98= 11.,20.,26.9.99; 28.9.98= 26.9.99; 5.10.98= geschätzt)

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

	Gesamtfang Insekten	Tanypodinae		Orthocladinae		Chironominae		IS
		m	w	m	w	m	w	
08.05.99	Emergenz**	142	2	20	23	45	40	0
08.05.99	Lichtfang	57	0	3	29	5	20	0
Lifa = x m Ufer		0,8	0	0,3	2,5	0,2	1	0
15.05.99	Emergenz	130	5	25	17	11	38	0
15.05.99	Lichtfang	281	17	46	13	116	77	0
Lifa = x m Ufer		8,6	13,6	7,4	3,1	42,2	8,1	0
22.05.99	Emergenz	766	30	335	260	22	30	6
23.05.99	Lichtfang	88	0	12	33	8	34	0
Lifa = x m Ufer		0,5	0	0,1	0,5	1,5	4,5	0
30.05.99	Emergenz	616	13	211	279	12	46	17
30.05.99	Lichtfang	1320	4	90	196	64	621	329
Lifa = x m Ufer		8,6	1,2	1,7	2,8	21,3	54	77,4
06.06.99	Emergenz	602	75	111	195	29	82	12
06.06.99	Lichtfang	78	0	12	21	0	31	14
Lifa = x m Ufer		0,5	0	0,4	0	0	1,5	4,7
14.06.99	Emergenz	378	16	26	68	28	112	4
14.06.99	Lichtfang	1225	15	28	127	14	857	176
Lifa = x m Ufer		12,9	3,8	4,3	7,5	2,0	30,6	176
21.06.99	Emergenz	672	41	43	68	62	69	0
21.06.99	Lichtfang	92	0	33	8	21	28	1
Lifa = x m Ufer		0,5	0	3,1	0,5	1,4	1,6	n.k.
28.06.99	Emergenz	336	42	10	13	17	17	0
28.06.99	Lichtfang	271	9	33	51	10	164	0
Lifa = x m Ufer		3,2	0,9	13,2	15,7	2,4	38,6	0
20.07.99	Emergenz**	362	6	28	8	92	148	0
20.07.99	Lichtfang	921	4	71	94	151	476	0
Lifa = x m Ufer		5,1	1,3	5,1	24	3,3	6,4	0
27.07.99	Emergenz	117	13	163	193	190	205	0
27.07.99	Lichtfang	26	13	86	64	347	726	0
Lifa = x m Ufer		0,9	4	2,1	1,3	7,3	14,2	0

Tab. 7. Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang (Chironomiden-Unterfamilien)

Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

** = nur lenitische Emergenz

n.k. = nicht kalkulierbar

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

	Gesamtfang Insekten	Tanypodinae		Orthocladinae		Chironominae		IS
		m	w	m	w	m	w	
04.08.99 Emergenz	46	25	22	79	87	75	121	0
04.08.99 Lichtfang	6	1	5	86	59	171	446	0
Lifa = x m Ufer	0,5	0,2	0,9	4,4	2,7	9,1	14,7	0
11.08.99 Emergenz	60	18	18	86	62	105	142	0
12.08.99 Lichtfang	1	1	1	18	26	36	133	0
Lifa = x m Ufer	0,1	0,2	0,2	0,8	1,7	1,4	3,7	0
19.08.99 Emergenz	55	44	43	42	43	187	152	0
20.08.99 Lichtfang	0	1	1	12	11	182	184	0
Lifa = x m Ufer	0	0,1	0,1	1,1	1	3,9	4,8	0
28.08.99 Emergenz	68	30	37	65	65	243	247	0
28.08.99 Lichtfang	0	2	6	22	33	330	356	0
Lifa = x m Ufer	0	0,1	0,6	1,4	2,0	5,5	5,8	0
03.09.99 Emergenz	64	33	25	27	42	144	143	0
03.09.99 Lichtfang	0	3	1	7	6	55	82	0
Lifa = x m Ufer	0	0,4	0,2	1	0,6	1,5	2,3	0
11.09.99 Emergenz	123	98	66	75	76	600	326	0
11.09.99 Lichtfang	0	1	4	43	51	87	410	0
Lifa = x m Ufer	0	0,04	0,2	2,3	2,7	0,6	5	0
18.09.99 Emergenz	16	32	29	52	56	692	509	0
18.09.99 Lichtfang	0	0	0	136	70	43	98	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	10,5	5	0,2	0,8	0
04.05.00 Emergenz	938	0	2	101	167	214	371	0
04.05.00 Lichtfang	745	1	0	103	171	191	275	0
Lifa = x m Ufer	3,2	n.k.	0	4,1	4,1	3,6	3,0	0
10.05.00 Emergenz	458	13	6	27	66	39	109	0
10.05.00 Lichtfang	1534	2	11	104	141	552	686	0
Lifa = x m Ufer	13,4	0,6	4,4	15,4	8,5	56,6	25,2	0
26.05.00 Emergenz	297	9	18	45	47	19	25	11
27.05.00 Lichtfang	342	0	0	28	35	121	150	0
Lifa = x m Ufer	4,6	0	0	2,5	3	25,5	24	0
02.06.00 Emergenz	244	2	4	29	61	18	27	3
02.06.00 Lichtfang	384	1	11	26	43	10	166	7,5
Lifa = x m Ufer	6,3	2	11	3,6	2,8	2,2	2,5	100

Tab. 7 (Fortsetzung): Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang (Chironomiden-Unterfamilien)

Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

n.k. = nicht kalkulierbar

	Gesamtfang Insekten	Tanyptodinae		Orthocladinae		Chironominae		IS
		m	w	m	w	m	w	
17.06.00	503	11	15	53	65	134	150	1
17.06.00	103	1	0	3	1	24	73	0
Lifa = x m Ufer	0,8	0,4	0	0,2	0,06	0,7	1,9	0
24.06.00	442	5	8	12	18	231	129	0
24.06.00	6404	3	0	110	132	3695	2456	0
Lifa = x m Ufer	58	2,4	0	36,7	29,3	64	76,2	0
16.07.00	354	4	0	20	13	96	160	0
16.07.00	1232	1	2	88	84	262	789	0
Lifa = x m Ufer	13,9	1	n.k.	17,6	25,8	18,7	19,7	0

Tab. 7 (Fortsetzung): Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang (Chironomiden-Unterfamilien)

Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

n.k. = nicht kalkulierbar

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Gesamtfang Insekten									m	IS
08.05.99	Emergenz**	0	0	1	4	0	0	0	0	5	0
08.05.99	Lichtfang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Lifa = x m Ufer	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
15.05.99	Emergenz	0	0	0	4	0	0	0	0	2	0
15.05.99	Lichtfang	0	0	1	1	3	0	1	1	76	0
Lifa = x m Ufer	8,6	0	0	n.k.	1	n.k.	0	n.k.	n.k.	152	0
22.05.99	Emergenz	0	0	0	22	8	0	0	0	9	7
23.05.99	Lichtfang	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Lifa = x m Ufer	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7	0
30.05.99	Emergenz	1	0	0	11	31	5	3	0	2	17
30.05.99	Lichtfang	0	0	0	1	22	1	1	1	53	323
Lifa = x m Ufer	8,6	0	0	0	0,4	2,8	0,8	1,3	n.k.	106	76
06.06.99	Emergenz	0	0	3	4	22	11	10	0	2	12
06.06.99	Lichtfang	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Lifa = x m Ufer	0,5	0	0	0	0	0,9	0	0	0	0	0
14.06.99	Emergenz	0	12	2	0	8	2	14	3	0	3
14.06.99	Lichtfang	0	0	5	0	5	7	1	0	1	176
Lifa = x m Ufer	12,9	0	0	10	0	2,5	14	0,3	0	n.k.	234,7
21.06.99	Emergenz	32	135	5	0	7	6	29	8	0	0
21.06.99	Lichtfang	0	1	4	0	8	3	3	4	1	1
Lifa = x m Ufer	0,5	0	0,03	3,2	0	4,6	2	0,4	2	n.k.	n.k.
28.06.99	Emergenz	86	34	2	1	0	3	8	2	0	0
28.06.99	Lichtfang	0	1	0	0	20	2	1	0	0	6
Lifa = x m Ufer	3,2	0	0,1	0	0	n.k.	2,7	0,5	0	0	n.k.
20.07.99	Emergenz**	2	12	6	8	10	4	4	4	60	16
20.07.99	Lichtfang	0	1	0	0	50	14	1	1	74	57
Lifa = x m Ufer	5,1	0	0,3	0	0	10	7	0,5	0,5	2,5	7,1

Tab. 8: Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang (die zehn häufigsten Arten)

Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

Reihen 1-10 (Chironomidae, Diptera): 1= *Macropelopia nebulosa*, 2= *Procladius olivaceus*, 3= *Parametriocheilus excerptus*, 4= *Paratritocleadius excerptus*, 5= *Tytettia* sp.,6= *Microspectra atrociliata*, 7= *Microspectra bidentata*, 8= *Microspectra notescens*-Gruppe, 9= *Polyphemus convictum*, 10= *Rheotanytarsus pentapoda*

** = nur lenitische Emergenz

n.k. = nicht kalkulierbar

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Gesamtfang Insekten										
27.07.99	Emergenz	5	26	1	53	45	24	38	0	64	41
27.07.99	Lichtfang	0	2	1	3	38	40	5	0	167	95
	Lifa = x m Ufer	0	0,3	4	0	3,4	6,7	0,5	0	10,4	9,3
03.08.99	Emergenz	8	25	2	44	15	18	15	6	2	0
03.08.99	Lichtfang	0	0	4	6	37	45	3	2	72	19
	Lifa = x m Ufer	0	0	8	1	9,9	10	0,8	1,3	144	n.k.
11.08.99	Emergenz	0	4	6	47	6	26	19	7	13	5
11.08.99	Lichtfang	0	0	0	1	13	6	2	2	7	14
	Lifa = x m Ufer	0	0	0	0,09	8,7	0,9	0,4	1,1	2,2	11,2
19.08.99	Emergenz	4	11	6	16	0	19	32	16	11	70
19.08.99	Lichtfang	0	0	2	1	1	7	0	4	28	128
	Lifa = x m Ufer	0	0	1,3	0,3	n.k.	1,5	0	1	10,2	7,3
28.08.99	Emergenz	7	65	4	32	0	9	34	15	28	83
28.08.99	Lichtfang	0	33	3	2	2	1	3	6	11,5	191
	Lifa = x m Ufer	0	2	3	0,3	n.k.	0,4	0,4	1,6	16,4	9,2
03.09.99	Emergenz	19	101	1	4	3	20	33	47	23	3
03.09.99	Lichtfang	1	0	1	0	1	2	0	2	2,5	19
	Lifa = x m Ufer	0,2	0	4	0	1,3	0,4	0	0,2	4,3	25,3
11.09.99	Emergenz	64	78	8	16	19	33	329	147	28	0
11.09.99	Lichtfang	1	0	8	1	17	15	14	2	47	0
	Lifa = x m Ufer	0,06	0	4	0,3	3,6	1,8	0,2	0,05	6,7	0
18.09.99	Emergenz	29	38	2	8	18	73	394	203	0	0
18.09.99	Lichtfang	0	0	10	0	90	15	14	4	7	0
	Lifa = x m Ufer	0	0	5	0	20	0,8	0,1	0,08	n.k.	0
04.05.00	Emergenz	0	0	1	2	16	3	0	0	1	196
04.05.00	Lichtfang	0	0	2	0	76	2	0	0	3	183
	Lifa = x m Ufer	0	0	8	0	19	2,7	0	0	12	3,7

Tab. 8 (Fortsetzung): Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang (die zehn häufigsten Arten)

Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

Reihen 1-10 (Chironomidae, Diptera): 1= *Macropelopia nebulosa*, 2= *Procladius olivaceus*, 3= *Pedicia octopus*, 4= *Paratrichocentrus stylatus*, 5= *Tvetenia* sp.,6= *Microspectra bifasciata*, 7 = *Microspectra notescens*-Gruppe, 9= *Polypedium convictum*, 10= *Rheotanytarsus pentapoda*

n.k.= nicht kalkulierbar

Emergenz und Lichtfang an Straßenlaterne mit HQL-Bestückung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Gesamtfang Insekten									
10.05.00	0	0	1	13	0	0	0	0	9	0
10.05.00	0	0	6	0	14	7	0	8	17	0
Lifa = x m Ufer	0	0	24	0	n.k.	n.k.	0	n.k.	7,6	0
26.05.00	0	0	0	28	2	5	0	2	3	13
27.05.00	0	0	1	2	6	1	0	3	7	0
Lifa = x m Ufer	0	0	n.k.	0,3	12	0,8	0	6	0	0
02.06.00	0	0	0	6	9	9	1	6	0	3
02.06.00	0	0	1	0	15	3	0	1	5	75
Lifa = x m Ufer	0	0	n.k.	0	6,7	1,3	0	0,7	n.k.	0
17.06.00	0	0	8	12	13	62	34	21	1	0
17.06.00	0	0	0	0	1	13	0	1	7	0
Lifa = x m Ufer	0	0	0	0	0,3	0,8	0	0,2	28	0
24.06.00	0	0	2	2	5	67	24	45	0	82
24.06.00	0	0	4	0	61	33	0	1	0	3653
Lifa = x m Ufer	0	0	8	0	48,8	2	0	0,09	0	178,2
16.07.00	0	2	2	2	8	13	2	0	10	0
16.07.00	0	0	1	0	83	19	0	1	2	0
Lifa = x m Ufer	0	0	2	0	41,5	5,8	0	n.k.	0,9	0

Tab. 8 (Fortsetzung): Vergleich der Fangzahlen von Emergenz und Lichtfang (die zehn häufigsten Arten)

Lifa = x m Ufer = Zahlen aus Lichtfang entsprechen Emergenz von x Meter Uferlänge

Reihen 1-10 (Chironomidae, Diptera): 1= *Macropelopia nebulosa*, 2= *Procladius olivaceus*, 3= *Parametriocnemus stylatus*, 4= *Paratritocladus excerptus*, 5= *Tvetenia sp.*,6= *Microspectra bifasciata*, 7= *Microspectra notescens*-Gruppe, 9= *Polydillum convictum*, 10= *Rhectanytarsus pentapoda*

n.k. = nicht kalkulierbar

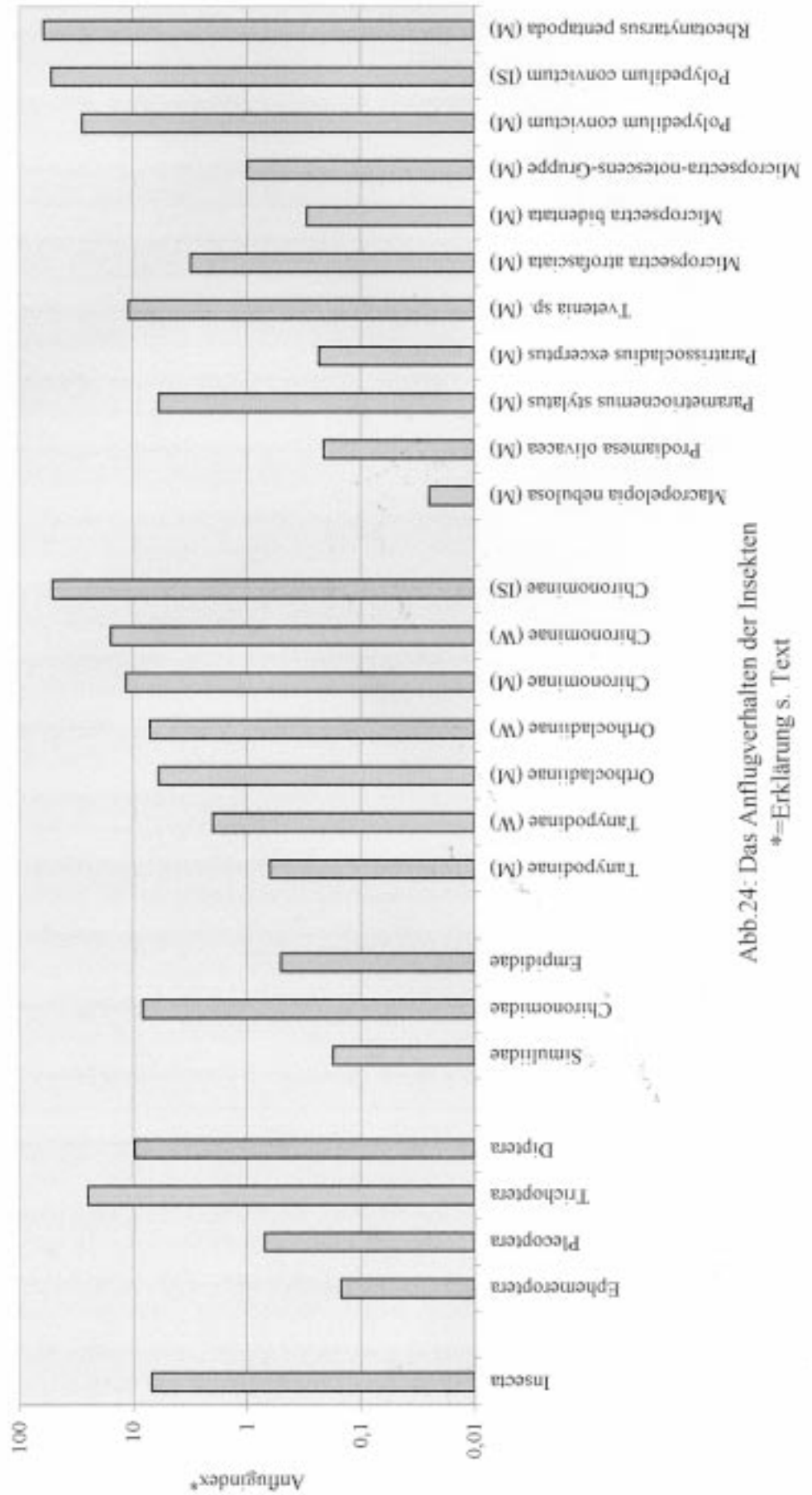


Abb.24: Das Anflugverhalten der Insekten
 *=-Erklärung s. Text

c) Diskussion

Der Vergleich der Fangzahlen von Emergenznetzen und Lichtfang beruht auf der Überlegung, daß die gewonnenen Ergebnisse auf die Emergenz am naheliegenden Bachabschnitt zu übertragen sind.

Die Auswertung einer zu geringen Anzahl von Emergenznetzen stellt einerseits eine gewisse Problematik dar, da sie möglicherweise nicht einen repräsentativen Ausschnitt der Gesamtemergenzen widerspiegelt. Wenn andererseits jedoch die Emergenz eines zu großen Bachabschnitts zur Auswertung eingesammelt wurde, kann der Anflug an das Licht zahlenmäßig geringer ausfallen. Es läßt sich in der Praxis nicht abschätzen, wie groß die abzusammelnde Gewässerfläche sein muß, um einen dem umliegenden Bachabschnitt entsprechenden Ausschnitt der Emergenz zu erhalten, ohne daß es durch den umfangreichen Emergenzfang zu einem geringeren Insektenfang am Licht kommt.

Die Emergenzbestimmung per Fangzelt stellt nur eine Momentaufnahme der örtlichen Biomasse-Produktion dar, da die Substratverhältnisse ein „sich ständig wandelndes Mosaik von unterschiedlichen Kleinhabitaten wie Steine, Sand, Pflanzen, Schlamm etc.“ bilden (ILLIES 1983). Die gewonnenen Meßwerte zeigen also nur die „Als-Ob“-Situation und lassen zunächst keine Aussage zu, ob diese Ergebnisse in der Art auch wiedergewonnen werden können, bzw. ob sie auf den umliegenden Gewässerbereich übertragen werden können.

Schwankungen in der Emergenz sind von Fangzelt zu Fangzelt aufgrund des unterschiedlichen Kleinhabitats beträchtlich. ILLIES (1982) zeigte am Beispiel jahrelanger Fänge an der gleichen Emergenzstelle, daß auch hier die Emergenz von Jahr zu Jahr um bis zu 500% schwanken konnte.

Zwischen zwei auseinanderliegenden Emergenzfallen auf ähnlichem Untergrund ergaben sich Schwankungen von bis zu 100%. Nach einer Auswertung der Emergenz von sieben Jahren ergab der Vergleich zweier auseinanderliegender Emergenzfänge über ähnlichem Habitat im Mittel schließlich doch ein nahezu identisches Ergebnis zwischen Emergenzort 1 und 2 !

Da der hier vorliegenden Arbeit eine nur zweijährige Messung zugrundeliegt, lassen sich keine eindeutigen Aussagen über Schwankungen in der Emergenz eines Ortes machen. An einem ausgewählten Beispiel bestätigt sich jedoch, daß Schwankungen in der Schlupfrate zwischen zwei nahe zueinander stehenden Emergenzzelten auf gleichem Untergrund in Höhe von etwa 150% nicht ungewöhnlich sind (Tab.9):

Tab.9: Variabilität der Schlupfrate über gleichen Habitaten
(Bsp. vom 07.08.98)

Artnamen (♂♂ u. ♀)	Emergenz 1	Emergenz 2	Variabilität in <%>
<i>Micropsectra bidentata</i>	4	2	100
<i>Paratrissocladius excerptus</i>	17	7	143
<i>Micropsectra notescens</i>	2	1	100
<i>Apsectrotanypus trifascipennis</i>	14	5	180
<i>Microtendipes rydalensis</i>	3	0	nicht kalkulierbar

Gegenstand dieser Untersuchung ist der Vergleich des Gesamtfanges der Emergenz mit dem Lichtfang. In Anhang III (S. 13 – 127, Fangzahlen in Emergenz und Lichtfang) wurde deshalb der Emergenzfang eines Habitatstyps zusammengefaßt. Die Darstellung der Variabilität der Emergenz zwischen Fangzelten auf ähnlichen Habitaten soll Gegenstand einer separaten Arbeit werden.

Hauptgegenstand des Vergleichs Emergenz-Lichtfang war die Bestimmung aquatischer Insekten auf Artniveau (Zusammenfassung s. Anhang III, Seite 13ff.), um so eine Nivellierung des Vergleichs Emergenz – Lichtfang auf niedrigerem Niveau der Systematik zu vermeiden und Ergebnisse zu liefern, die Rückschlüsse auf das unterschiedliche Verhalten einzelner Insektenarten zulassen. Eine Vergrößerung dieses Rasters hätte die Entschlüsselung von Ursachen verschleiert und einen Vergleich mit Untersuchungen an anderen Orten nicht zugelassen.

Nicht immer wies der Fang der Emergenz eine vollständige Validität auf. Es gab Fänge am Licht, die nicht durch Fänge im Emergenzzelt dokumentiert werden konnten. In Tab.8 ist dies an 19 aus 264 Fängen zu erkennen. In diesen 19 Fällen betrug die durchschnittliche Anzahl der am Licht gefangenen Tiere einer Art nur vier. Ein Höchstwert waren 22 Tiere einer Art im Lichtfang, von denen keines in der Emergenz nachgewiesen werden konnte.

Bei einer so geringen Fangquote am Licht ist aber auch die Wahrscheinlichkeit erhöht, daß keine Tiere in den Emergenzzelten gefunden werden.

Diese Situation zeigt, daß Vergleiche zwischen Emergenz und Lichtfang nur an Gültigkeit gewinnen können, je mehr Tiere in beiden Fanganlagen gefangen werden. Ein geringes Anfluginteresse an das Licht war von Ephemeropteren und Plecopteren (wie die Ergebnisse hier auch bestätigen) bekannt. Umgekehrt wurde auch in vielen Untersuchungen die leichte Fangbarkeit von Trichopteren am Licht genutzt. Es ergibt sich die Frage, ob die einzige, hier im Gelände aufgestellte Lampe tatsächlich die Trichopteren-Emergenz von 184 Meter

Uferlänge/72h angelockt hat (Tab.6, Fangdatum 4.8.99, S.30). Es muß angenommen werden, daß eine erhöhte Emergenz in den Tagen vor Aufstellung der

Emergenzzelte stattgefunden hat und diese Tiere in der Nacht des Lichtfangs noch am Leben waren. Außerdem konnten die Emergenzzelte die Emergenz der Trichoptera nur um wenige Meter verfehlt haben, so daß es zu einem Massenschlüpfen neben den Zelte gekommen war.

Unter Berücksichtigung der aufgezeigten Problematik weisen die Tab.6-8 und Abb.24 jedoch auf deutliche Trends hin. Gerade bei hohen Gesamtfangzahlen, die zur Auswahl der zehn Chironomiden-Arten in Tab.8 führten, sind solche Ergebnisse von hoher Validität.

4. Verteilung der Taxa

Die Ergebnisse der Emergenz- und Lichtfänge zeigen, daß nach den absoluten Zahlen die Familie der Chironomiden mit ca. 90 und 97% aller Insekten dominiert (Tab. 10 und Tab. 11).

Tab. 10: Verteilung der aquatischen Insekten in der Emergenz

	Anzahl	%
Ephemeroptera	1817	8,50
Plecoptera	100	0,47
Trichoptera	176	0,82
Diptera: Simuliidae	67	0,31
Diptera: Chironomidae	19187	89,80
Diptera: Empididae	20	0,09
gesamt	21367	100

Tab. 11: Verteilung der aquatischen Insekten im Lichtfang

	Anzahl	%
Ephemeroptera	50	0,25
Plecoptera	5	0,02
Trichoptera	515	2,53
Diptera: Simuliidae	3	0,01
Diptera: Chironomidae	19768	97,17
Diptera: Empididae	2	0,01
gesamt	20343	100

Die Zahlen unterstreichen die Bedeutung dieser Tiergruppe, der in bisherigen Untersuchungen zur Lichtfängigkeit künstlicher Beleuchtungen keine Bedeutung beigemessen wurde. Hier wurde vorwiegend in Gebieten mit terrestrischen Tieren gearbeitet (GEPP 1977, BECKER et al. 1990, BAUER 1993, SCHANOWSKI & SPÄTH 1994, KOLLIGS 1996, 2000, EISENBEIS & HASSEL 2000).

In bezug auf die Fangrelationen in der Emergenz kommt z.B. RÖSER (1980) an einem epirhitralen Fließgewässers des im Norden des Taunus anschließenden Vorderwesterwalds zu einer ähnlichen Verteilung. Emergenzfänge in der Rhön ergaben nur einen Anteil von knapp 50% an Chironomidae (ILLIES 1971). Bei solchen Ergebnissen ist jedoch zu berücksichtigen, daß eine unterschiedliche

Sorgfalt im Sammeln der Tiere zu erheblichen Unterschieden im Ergebnis führen kann; insbesondere Chironomiden mit einer Größe von 0,7mm (Flügelänge) sind von den meisten Menschen nicht mehr zu erkennen. JACOB (1986) wies jedoch am gleichen Ort eine Chironomidenemergenz nach, die 81% der Gesamtemergenz der aquatischen Insekten darstellte. Allgemein stellen also Chironomiden die mit Abstand häufigste Insektengruppe in aquatischen Ökosystemen dar (z.B. PINDER 1983, 1986). BERG & HELLENTHAL (1991,1992) errechneten in diesem Zusammenhang 7.500 bis 90.000 Chironomiden-Larven pro qm, die eine jährliche Sekundärproduktion von 29,7g/qm beträgt.

Bei der Betrachtung der absoluten Zahlen muß berücksichtigt werden, daß Ephemeropteren, Plecopteren und Trichopteren im Durchschnitt 4-6mal schwerer als Chironomiden mittlerer Größe sind: Eine Ephemeroptere wiegt also folglich etwa fünf Chironomiden auf.

Eine Verteilung der Taxa nach Messung des Trockengewichts sieht wie folgt aus:

Das Trockengewicht verschiedener Arten wurde durch Trocknung bei 60°C über 24 Stunden ermittelt (Anhang IV, Seite 128). Aufgrund der benötigten hohen Zahl kleiner Individuen zur Feststellung eines Ergebnisses im Mikrogramm-Bereich bzw. aufgrund zahlenmäßig gering vertretener Arten, konnte nur ein Teil der Tiere zur Trocknung verwendet werden. Das Gewicht der übrigen Tiere wurde anhand der mittleren Flügelänge der Tiere hochgerechnet.

So ergibt sich folgende Gegenüberstellung (Tab.12 und 13):

Tab. 12: Verteilung der aquatischen Insekten in der Emergenz (absolute Zahlen, wie Tab.10)

	Anzahl	%		<g>	%
Ephemeroptera	1817	8,50	Ephemeroptera	4,289	59,35
Plecoptera	100	0,47	Plecoptera	0,130	1,80
Trichoptera	176	0,82	Trichoptera	0,467	6,46
Diptera: Simuliidae	67	0,31	Diptera: Simuliidae	0,020	0,28
Diptera: Chironomidae	19187	89,80	Diptera: Chironomidae	2,224	30,77
Diptera: Empididae	20	0,09	Diptera: Empididae	0,097	1,34
gesamt	21367	100	gesamt	7,227	100

Der Anteil der Ephemeropteren steigt damit von 8,5% nach absoluten Zahlen auf 59% in der Verteilung nach dem Trockengewicht. Auch der Anteil der Trichopteren nimmt von 0,8% auf etwa 6% zu. Dagegen ist der in der Verteilung nach der Anzahl der Tiere klar dominierende Anteil der Chironomiden von 89,8% auf knapp 31% im Trockengewicht gefallen.

Der Vergleich der Fänge aus der Emergenz und derer am Licht ergibt sich dann folgende Verteilung (Tab.14 und 15):

Tab. 14: Verteilung der aquatischen Insekten in der Emergenz (Trockengewicht, im Lichtfang (Trockengewicht) wie Tab.13)

	<g>	%
Ephemeroptera	4,289	59,35
Plecoptera	0,130	1,80
Trichoptera	0,467	6,46
Diptera: Simuliidae	0,020	0,28
Diptera: Chironomidae	2,224	30,77
Diptera: Empididae	0,097	1,34
gesamt	7,227	100

Tab. 15: Verteilung der aquatischen Insekten im Lichtfang (Trockengewicht)

	<g>	%
Ephemeroptera	0,056	2,57
Plecoptera	0,004	0,18
Trichoptera	1,111	50,96
Diptera: Simuliidae	0,001	0,05
Diptera: Chironomidae	1,007	46,19
Diptera: Empididae	0,001	0,05
gesamt	2,180	100

Im Vergleich der Fänge von Emergenz und Lichtfang (nach Trockengewicht) sinkt der Anteil der Ephemeropteren deutlich von 59% auf nur noch 2,5%. Dagegen steigen die Werte der Trichopteren von 6% auf 50%, die der Chironomiden von 31% auf 46%.

Die Bedeutung der Chironomiden ist sowohl in der Emergenz wie im Lichtfang (nach ihrer Anzahl und nach ihrem Trockengewicht) sehr groß, obwohl ihre prozentuale Verteilung erheblich schwanken kann. Es war deshalb notwendig, die Chironomiden stärker zu beachten. Die Ephemeropteren sind dagegen aufgrund ihres hohen Körpergewichts zunächst nach der Gewichtsverteilung in der Emergenz zwar in auffällender Menge vertreten (59%), im Lichtfang kommt ihnen aber keine Bedeutung zu. Wenig Bedeutung kommt auch den Trichopteren in der Emergenz zu, sie erreichen aber nach ihrem Gewicht einen Anteil von 6%. Ihr Trockengewicht ist wiederum ausschlaggebend für ihren hohen Anteil im Lichtfang (50%).

Im gesamten Lichtfang von dieser Versuchsreihe ergab sich mit 60% ein überwiegender Anteil aquatischer Insekten (Tab. 16, folgende Seite; zur Unterscheidung terrestrischer und aquatischer Insekten s. S.68f.).

Tab. 16: Verteilung der aquatischen und terrestrischen Insekten im Lichtfang

	Anzahl	%
aquatisch:		
Ephemeroptera	50	0,15
Plecoptera	5	0,02
Trichoptera	515	1,51
Diptera: Nematocera: Simuliidae	3	0,01
Diptera: Nematocera: Chironomidae: Tanypodinae	145	0,43
Diptera: Nematocera: Chironomidae: Diamesinae	6	0,02
Diptera: Nematocera: Chironomidae: Prodiamesinae	12	0,04
Diptera: Nematocera: Chironomidae: Orthoclaadiinae	2882	8,46
Diptera: Nematocera: Chironomidae: Chironominae	16723	49,11
Diptera: Brachycera: Empididae	2	0,01
Gesamtfang aquatische Insekten	20343	59,74
terrestrisch:		
Dermaptera	1	0,00
Psocoptera	7	0,02
Thysanoptera	1	0,00
Rhynchota	63	0,19
Plannipennia	7	0,02
Coleoptera	38	0,11
Hymenoptera	280	0,82
Lepidoptera	367	1,08
Diptera: Nematocera	11585	33,90
Diptera: Brachycera	1362	4,00
Gesamtfang terrestrische Insekten	13711	40,26
gesamt	34054	100

II. Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL 125W und PHILIPS SON 70W

In zwei Versuchen wurde die Anziehungskraft zweier Lampen mit unterschiedlichem Lichtspektrum getestet. In Versuch 1 fanden die Untersuchungen ohne Lichtkonkurrenz statt: Die beiden Lampen wurde tageweise abwechselnd in Betrieb genommen. In Versuch 2 wurden beide Lampen mit einem Abstand von 30 Metern betrieben (Lichtkonkurrenz). Fraglich war zum einen, welche Lampe weniger Insekten anlockte, zum andern, ob sich durch den Versuch mit Lichtkonkurrenz das Ergebnis gegenüber dem Versuch ohne Lichtkonkurrenz verschob.

1. Abwechselnder Betrieb von HQL und SON (ohne Lichtkonkurrenz)

a) Material und Methode

Vom 21. Juli bis zum 23. September 1999 wurde täglich abwechselnd ein Lichtfang mit OSRAM HQL 125W (6300lm) und PHILIPS SON 70W (5600lm) durchgeführt. Jeweils eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang wurde die Lampe über die Dauer von einer Stunde betrieben. Zum Einfangen der Insekten diente der Saugfang (s.S.11f.). Das Ende des Ansaugstutzens wurde mittig an der Kunststoffabdeckung des Leuchtenglases befestigt. Als Leuchte wurde eine Kastenleuchte verwendet (HELLUX QWS 162-4/1x80-125W/K0/KL.II, durchsichtige Kunststoffabdeckung ohne Bezeichnung, Wölbung bis auf 6,5cm, Leuchthöhe von 4 Metern; Abb.25).



Abb.25: Abwechselnder Lichtfang von HQL und SON mit einer Kastenleuchte; der Schlauch zum Absaugen der Insekten ist in der Mitte der Kunststoffabdeckung der Leuchte befestigt

Bei dem Versuchsaufbau wurde besonderer Wert darauf gelegt, daß in der Umgebung keine anderen einsehbaren Lichtquellen vorhanden waren, um eine mögliche „Abwanderung“ der Insekten durch Lichtkonkurrenz zu vermeiden.

- Validierungstest I: Emissionsspektren von HQL und SON in Kastenleuchte

Die Emissionsspektren der in II.1. verwendeten OSRAM HQL (125W) und PHILIPS SON (70W) wurden nach jeweils 60 Minuten Brenndauer (in Kastenleuchte) gemessen (zur Methode s.S. 13). Die HQL hatte zu diesem Versuch bereits eine Brenndauer von 55 Stunden, die der SON von 30 Stunden. Gegenüber dem eingeschränkten Spektrum der SON, dessen größte Lichtemission im Bereich 560-630nm auftritt, hat die HQL drei Intensitätsmaxima bei 545nm, 578nm und 619nm (Abb.26).

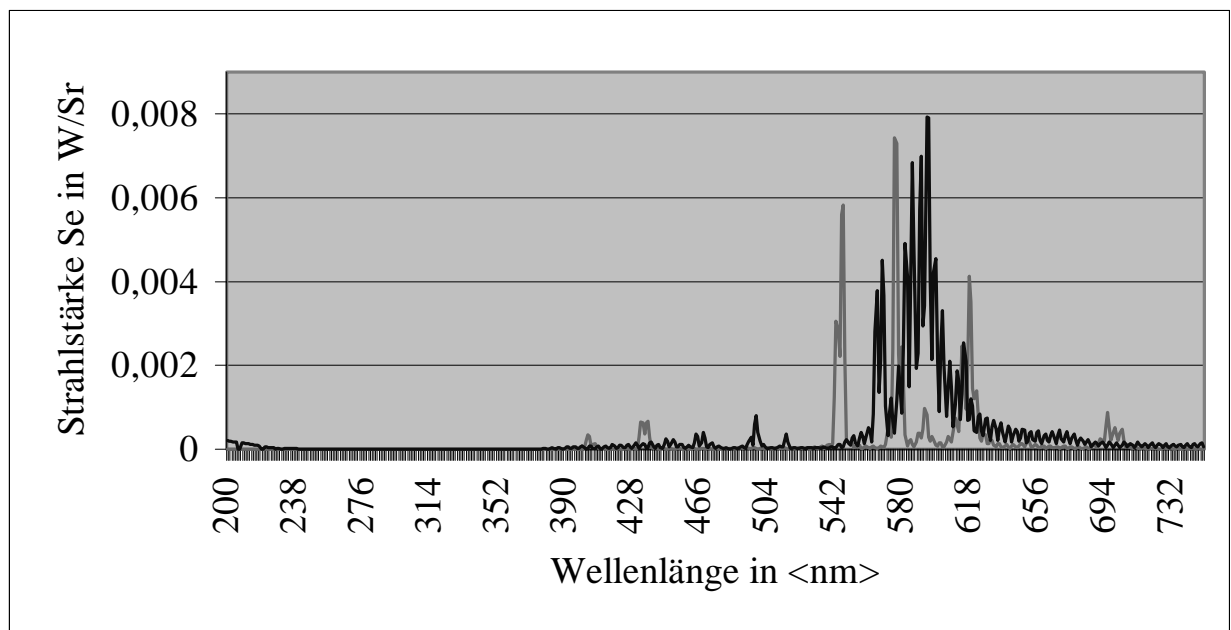


Abb.26: Die Emissionsspektren von HQL und SON in der Kastenleuchte
(blau=SON, rosa=HQL)

b) Ergebnis

In dem ohne Lichtkonkurrenz stattgefundenen Versuch zwischen OSRAM HQL 125W und PHILIPS SON 70W hat die HQL gegenüber der SON um den Faktor 1,6 mehr Insekten angezogen (Tab.16).

Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL und PHILIPS SON

Insgesamt wurden 8958 Insekten gefangen, 65,5% davon waren aquatische Insekten (Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera: Chironomidae). Die Fangergebnisse sind detailliert aufgeführt in Anhang VI, Seite 136.

Die Tab. 17 beinhaltet eine Zusammenfassung der Untersuchungen. Neben den Fangzahlen wurde in der rechten Spalte der Quotient aus den Fangzahlen von HQL und SON errechnet. Er zeigt an, ob bestimmte Tiergruppen über den Mittelwert des Gesamtfanges hinaus von der HQL angezogen wurden (Anflugpräferenz).

Es wurden nur Taxa mit Fangzahlen ab 130 Tieren/Lampe aufgelistet.

Tab.17: Die Quotienten bei den Insektenordnungen

	Fangzahlen		Ø der Quotienten (Bsp.: 1,6 = 1,6x höherer Anflug an HQL)
	HQL	SON	
Insecta	5454	3504	1,6
-davon terrestrisch/ semi-aquatisch ^x	2008	1171	1,7
-davon aquatisch	3446	2333	1,5
--Diptera	5237	3427	1,5
--Brachycera	177	46	3,8
--Nematocera	5058	3381	1,5
---Limoniidae	156	108	1,4
---Psychodidae	257	206	1,2
---Ceratopogonidae	739	293	2,5
---Chironomidae-♂♂	1106	633	1,7
---Chironomidae-♀	2152	1651	1,3
----Orthoclaadiinae-♂♂	89	55	1,6
----Orthoclaadiinae-♀	224	115	1,9
----Chironominae-♂♂	997	563	1,8
----Chironominae-♀	1879	1460	1,3
----- <i>Micropsectra atrofasciata</i> -♂♂	96	74	1,3
----- <i>Polypedilum convictum</i> -♂♂	337	151	2,2
----- <i>Rheotanytarsus pentapoda</i> -♂♂	412	230	1,8
---Cecidomyiidae	397	370	1,1
---Sciaridae	191	91	2,1

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse des abwechselnden Fanges HQL/SON macht deutlich, daß einige Insektengruppen über dem Mittelwert der Verteilung der Gruppen an HQL/SON den Anflug an die HQL präferierten. Deutlich bevorzugten Brachyceren, Ceratopogoniden und Sciariden das Licht der HQL (3,8-/ 2,5-/ 2,1-fach gesteigerter Anflug an die HQL). Demgegenüber fand sich keine ausgeprägte Präferenz des Leuchtmittels bei Psychodiden und Cecidomyiiden (nur 1,2-/ 1,1-fach erhöhter Anflug an die HQL). Erhöht war auch der Anflug

von Orthoclaadiinen-♀ im Vergleich zu ihren ♂♂ (1,9:1,6).

Umgekehrt zeigten sich Chironomiden-♀ unterdurchschnittlich vom Licht der HQL angezogen (1,3:1,8 bei den ♂♂). Große Unterschiede zeigten sich auch bei den drei zahlenmäßig stark vertretenen Arten (♂♂) der Chironomiden: Während *Micropsectra atrofasciata* nur in geringerem Maße mehr von der HQL im Vergleich zu der SON angelockt wurde (1,3-fach erhöhter Anflug an die HQL), verhielten sich die nahe verwandten Arten deutlich gegensätzlich: Der Anflug war hier um Faktor 2,2 (*Polypedilum convictum*) bzw. 1,8 (*Rheotanytarsus pentapoda*) an der HQL erhöht.

Ein Unterschied im Anflugverhalten zwischen aquatischen Insekten und terrestrisch/ semi-aquatischen Insekten ist kaum ersichtlich.

Die Ergebnisse zeigen, daß eine vereinfachte Betrachtungsweise der Ergebnisse von Fängen zwischen unterschiedlichen Lichtquellen unangebracht ist. Zwischen den einzelnen Insektengruppen ergaben sich auf verschiedenem systematischen Niveau auffällige Unterschiede.

c) Diskussion

Die Ergebnisse sollten jedoch immer kritisch betrachtet werden. Fangzahlen mögen das Produkt des Zufalls darstellen. Je höher die Fangzahlen ausfallen, desto sicherer ist die Gültigkeit der Ergebnisse anzunehmen. Probleme ergeben sich bei Freilandfängen durch das komplexe Zusammenspiel mehrerer Faktoren (Temperatur, periodenweise Schlupfzeiten etc.), so daß extreme Schwankungen in der Populationsdichte die Normalität darstellen.

Durch die Größe der hier gewonnenen Fangzahlen ist aber davon auszugehen, daß die beschriebenen Tendenzen im Anflug verschiedener Insektengruppen an das Licht von hoher Validität sind.

Darüberhinaus muß aber auch berücksichtigt werden, daß die Verteilung der Insekten von unterschiedlichen geographischen, naturräumlichen, klimatischen und vor allem mikro-räumlichen Bestandteilen (Wasserqualität bei aquatischen Tieren; die terrestrische Fauna bei landlebenden Insekten etc.) abhängt. Ändert sich die Zusammensetzung der Tiergruppen, so kann sich – im hypothetischen Fall – die Fängigkeit einer HQL dahingehend ändern, daß sie nicht wesentlich mehr Insekten anlockt als z.B. eine SON: Dieser Fall würde eintreten, wenn sich das Zahlenverhältnis zugunsten der Cecidomyiiden und Sciariden verschiebt.

^x zur Unterscheidung von Insekten terrestrischer/ semi-aquatischer und aquatischer Herkunft siehe S.68f.

Untersuchungen liegen zu dieser Problematik noch nicht vor. Es kann angenommen werden, daß solche Zustände in Laubwäldern ohne Wiesenanteil auftreten.

Aufgrund der hier eröffneten Problematik ist die Durchführung solcher Untersuchungen in verschiedenen Habitaten mit einer einheitlichen Methodik sinnvoll.

Zu beachten ist in dieser Untersuchung ferner der um 11,1% geringere Lichtstrom der SON gegenüber der HQL. Inwiefern dieser Unterschied sich auf den Insektenfang auswirkt, kann aufgrund unterschiedlicher Angaben in der Literatur nicht beantwortet werden (s.S. 104f.).

d) Korrelation der Fangdaten mit Wetterdaten (abwechselnder Fang HQL/SON)

aa) Material und Methode

Die in Punkt D.II.1.b. (S.46ff.) (abwechselnder Betrieb von HQL und SON) gewonnenen Fangzahlen wurden daraufhin untersucht, ob sie bezüglich der Wetterfaktoren eine statistische Signifikanz aufweisen. Diese Testreihe wurde ausgewählt, da sie im Vergleich zu den anderen in dieser Arbeit vorgenommenen Untersuchungen die höchste Anzahl an Fängen innerhalb eines kurzen Zeitraums (hier zwei Monate) hat.

Als geeignete Meßformel erweist sich hier, da es sich um eine nichtparametrische Verteilung handelt, der Spearman Rangkorrelationskoeffizient (Spearman R). Es werden nur Tiergruppen mit Gesamtfangzahlen ab 130 Tieren berücksichtigt (Tab.18, folgende Seiten). Für die mathematische Auswertung wurde das Programm STATISTICA (Stat. Soft Inc., Tulsa, OK, USA) verwendet. Mit folgender Formel können die Ergebnisse nachvollzogen werden (Abb.27, aus SACHS 1997 nach YULE & KENDALL 1965):

$$r_{S,B} = 1 - \frac{6 \sum D^2}{(n^3 - n) - (T_{x'} + T_{y'})}$$

$$T_{x'} = \frac{1}{2} \cdot \sum (t_{x'}^3 - t_{x'}) ; \quad T_{y'} = \frac{1}{2} \cdot \sum (t_{y'}^3 - t_{y'})$$

Abb.27: Spearmansche Rangkorrelation bei Bindungen; D = Rangdifferenzen, n = Anzahl Fänge, $t_{x'}$, $t_{y'}$ = Anzahl Bindungen in aufeinanderfolgenden Gruppen gleicher Ranggrößen der x' -Reihe bzw. der y' Reihe

Die Signifikanz (*, **, *** = p-Niveaus; $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$; ns = nicht signifikant) wurde SACHS (1997, nach ZAR 1984) entnommen.

Fangzahlen und Wetterdaten entstammen Anhang VI, Seite 136ff.

bb) Ergebnis

Die Tab. 18 führt die einzelnen Tiergruppen, den Korrelationskoeffizienten und die jeweilige Signifikanz der Wetterwerte in bezug auf den jeweiligen Insektenfang auf.

Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL und PHILIPS SON

OSRAM HQL		Diptera		Limoniidae		
Insecta	N=3454, MW=209,8, Min=2, Max= 651, Stdabw=152,0	N=5237, MW=201,4, Min=2, Max= 624, Stdabw=148,7	N=156, MW=6,0, Min=0, Max=33, Stdabw=7,4	Temperatur	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)
Temperatur	0,59	0,57	0,51	Temperatur	0,51	**
Bewölkung	0,48	0,48	0,49	Bewölkung	0,49	*
Mondhöhe	-0,08	-0,12	-0,16	Mondhöhe	-0,16	ns
Mondillumination	0,10	0,06	0,08	Mondillumination	0,08	ns
Rel. Polarisation	0,05	0,08	-0,19	Rel. Polarisation	-0,19	ns
Luftdruck	-0,16	-0,13	0,01	Luftdruck	0,01	ns
Regen	0,04	0,04	-0,05	Regen	-0,05	ns
Luftfeuchte	-0,03	0,03	0,03	Luftfeuchte	0,03	ns
Wind	-0,08	-0,07	0,08	Wind	0,08	ns
PHILIPS SON		Diptera		Limoniidae		
Insecta	N=3504, MW=134,8, Min=5, Max=464, Stdabw=124,4	N=3427, MW=131,8, Min=5, Max= 456, Stdabw=122,6	N=108, MW=4,2, Min=0, Max=16, Stdabw=4,3	Temperatur	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)
Temperatur	0,49	0,48	0,44	Temperatur	0,44	*
Bewölkung	-0,16	-0,16	-0,28	Bewölkung	-0,28	ns
Mondhöhe	-0,42	-0,43	-0,49	Mondhöhe	-0,49	*
Mondillumination	0,33	0,31	0,01	Mondillumination	0,01	ns
Rel. Polarisation	-0,14	-0,13	-0,06	Rel. Polarisation	-0,06	ns
Luftdruck	0,40	0,40	0,28	Luftdruck	0,28	ns
Regen	0,09	0,09	-0,09	Regen	-0,09	ns
Luftfeuchte	-0,31	-0,33	-0,45	Luftfeuchte	-0,45	ns
Wind	0,48	0,49	0,56	Wind	0,56	**

Tab. 18: Korrelation der Fangdaten mit Wetterfaktoren

Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL und PHILIPS SON

OSRAM HQL								
Psychodidae		Ceratopogonidae		Chironomidae (M)				
N=257, MW=9,9, Min=0, Max=115, Stdabw=22,6		N=739, MW=28,4, Min=0, Max=89, Stdabw=26,6		N=1106, MW=42,5, Min=0, Max=147, Stdabw=40,2				
	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)		
Temperatur	0,65	***	Temperatur	0,54	0,31	ns		
Bewölkung	0,43	*	Bewölkung	0,49	0,22	ns		
Mondhöhe	0,00	ns	Mondhöhe	-0,30	-0,15	ns		
Mondillumination	0,20	ns	Mondillumination	0,08	0,19	ns		
Rel. Polarisation	-0,06	ns	Rel. Polarisation	0,37	0,02	ns		
Luftdruck	-0,05	ns	Luftdruck	-0,19	-0,03	ns		
Regen	0,03	ns	Regen	0,28	-0,12	ns		
Luftfeuchte	-0,08	ns	Luftfeuchte	0,24	-0,12	ns		
Wind	-0,09	ns	Wind	0,10	-0,10	ns		
PHILIPS SON								
Psychodidae		Ceratopogonidae		Chironomidae (M)				
N=206, MW=7,9, Min=0, Max=44, Stdabw=12,7		N=293, MW=11,3, Min=0, Max=55, Stdabw=13,6		N=632, MW=24,3, Min=0, Max=109, Stdabw=28,5				
	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)		
Temperatur	0,57	**	Temperatur	0,51	0,31	ns		
Bewölkung	0,12	ns	Bewölkung	-0,02	-0,36	ns		
Mondhöhe	-0,20	ns	Mondhöhe	-0,33	-0,38	ns		
Mondillumination	0,48	*	Mondillumination	0,30	0,22	ns		
Rel. Polarisation	-0,15	ns	Rel. Polarisation	-0,03	-0,05	ns		
Luftdruck	0,23	ns	Luftdruck	0,06	0,49	*		
Regen	0,18	ns	Regen	0,20	-0,53	ns		
Luftfeuchte	-0,17	ns	Luftfeuchte	-0,01	-0,49	*		
Wind	0,23	ns	Wind	0,34	0,58	**		

Tab.18 (Fortsetzung): Korrelation der Fangdaten mit Wetterfaktoren

Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL und PHILIPS SON

OSRAM HQL	Chironominae (M)	Chironominae (W)	PHILIPS SON	Chironominae (M)	Chironominae (W)	
Chironomidae (W) N=2152, MW=82,8, Min=0, Max=218, Stdabw=60,8	Chironominae (M) N=997, MW=38,3, Min=0, Max=131, Stdabw=37,5	Chironominae (W) N=1879, MW=72,26, Min=0, Max=196, Stdabw=55,6	Chironomidae (W) N=1651, MW=63,5, Min=1, Max=296, Stdabw=72,3	Chironominae (M) N=563, MW=21,7, Min=0, Max=108, Stdabw=27,0	Chironominae (W) N=1460, MW=56,2, Min=0, Max=287, Stdabw=70,5	
Temperatur	Spearman R (rs) 0,46 Signifikanz (p) ns	Spearman R (rs) 0,46 Signifikanz (p) *	Temperatur	Spearman R (rs) 0,35 Signifikanz (p) ns	Temperatur	Spearman R (rs) 0,31 Signifikanz (p) ns
Bewölkung	Spearman R (rs) 0,36 Signifikanz (p) ns	Spearman R (rs) 0,37 Signifikanz (p) ns	Bewölkung	Spearman R (rs) -0,37 Signifikanz (p) ns	Bewölkung	Spearman R (rs) -0,26 Signifikanz (p) ns
Mondhöhe	Spearman R (rs) -0,09 Signifikanz (p) ns	Spearman R (rs) -0,09 Signifikanz (p) ns	Mondhöhe	Spearman R (rs) -0,33 Signifikanz (p) ns	Mondhöhe	Spearman R (rs) -0,49 Signifikanz (p) *
Mondillumination	Spearman R (rs) 0,01 Signifikanz (p) ns	Spearman R (rs) 0,02 Signifikanz (p) ns	Mondillumination	Spearman R (rs) 0,28 Signifikanz (p) ns	Mondillumination	Spearman R (rs) 0,16 Signifikanz (p) ns
Rel. Polarisation	Spearman R (rs) -0,05 Signifikanz (p) ns	Spearman R (rs) -0,06 Signifikanz (p) ns	Rel. Polarisation	Spearman R (rs) -0,04 Signifikanz (p) ns	Rel. Polarisation	Spearman R (rs) -0,06 Signifikanz (p) ns
Luftdruck	Spearman R (rs) 0,01 Signifikanz (p) ns	Spearman R (rs) 0,01 Signifikanz (p) ns	Luftdruck	Spearman R (rs) 0,46 Signifikanz (p) *	Luftdruck	Spearman R (rs) 0,24 Signifikanz (p) ns
Regen	Spearman R (rs) 0,01 Signifikanz (p) ns	Spearman R (rs) 0,01 Signifikanz (p) ns	Regen	Spearman R (rs) -0,01 Signifikanz (p) ns	Regen	Spearman R (rs) 0,01 Signifikanz (p) ns
Luftfeuchte	Spearman R (rs) 0,13 Signifikanz (p) ns	Spearman R (rs) 0,13 Signifikanz (p) ns	Luftfeuchte	Spearman R (rs) -0,50 Signifikanz (p) *	Luftfeuchte	Spearman R (rs) -0,23 Signifikanz (p) ns
Wind	Spearman R (rs) 0,09 Signifikanz (p) ns	Spearman R (rs) 0,10 Signifikanz (p) ns	Wind	Spearman R (rs) 0,62 Signifikanz (p) **	Wind	Spearman R (rs) 0,37 Signifikanz (p) ns

Tab. 18 (Fortsetzung): Korrelation der Fangdaten mit Wetterfaktoren

Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL und PHILIPS SON

OSRAM HQL			PHILIPS SON		
Micropsectra atrofasciata	Polypedilum convictum	Rheotanytarsus pentapoda			
N=96, MW=3,7, Min=0, Max=24, Stdabw=6,4	N=337, MW=13,0, Min=0, Max=98, Stdabw=24,0	N=412, MW=15,8, Min=0, Max=99, Stdabw=23,8			
Spearman R (rs)	Spearman R (rs)	Spearman R (rs)			
Signifikanz (p)	Signifikanz (p)	Signifikanz (p)			
Temperatur	Temperatur	Temperatur			
0,27	0,22	0,11			
ns	ns	ns			
Bewölkung	Bewölkung	Bewölkung			
0,23	-0,09	0,28			
ns	ns	ns			
Mondhöhe	Mondhöhe	Mondhöhe			
-0,27	-0,15	-0,12			
ns	ns	ns			
Mondillumination	Mondillumination	Mondillumination			
0,21	0,04	0,47			
ns	ns	*			
Rel. Polarisation	Rel. Polarisation	Rel. Polarisation			
0,11	0,08	-0,03			
ns	ns	ns			
Luftdruck	Luftdruck	Luftdruck			
-0,14	-0,07	0,27			
ns	ns	ns			
Regen	Regen	Regen			
-0,17	-0,31	-0,09			
ns	ns	ns			
Luftfeuchte	Luftfeuchte	Luftfeuchte			
0,22	-0,38	0,34			
ns	ns	ns			
Wind	Wind	Wind			
0,25	-0,22	0,21			
ns	ns	ns			
Micropsectra atrofasciata	Polypedilum convictum	Rheotanytarsus pentapoda			
N=74, MW=2,8, Min=0, Max=15, Stdabw=3,7	N=172, MW=6,6, Min=0, Max=52, Stdabw=11,5	N=230, MW=8,8, Min=0, Max=51, Stdabw=13,6			
Spearman R (rs)	Spearman R (rs)	Spearman R (rs)			
Signifikanz (p)	Signifikanz (p)	Signifikanz (p)			
Temperatur	Temperatur	Temperatur			
0,15	0,36	0,23			
ns	ns	ns			
Bewölkung	Bewölkung	Bewölkung			
-0,38	-0,45	-0,06			
ns	*	ns			
Mondhöhe	Mondhöhe	Mondhöhe			
-0,27	-0,47	-0,09			
ns	*	ns			
Mondillumination	Mondillumination	Mondillumination			
0,10	0,15	0,51			
ns	ns	**			
Rel. Polarisation	Rel. Polarisation	Rel. Polarisation			
-0,04	0,03	-0,10			
ns	ns	ns			
Luftdruck	Luftdruck	Luftdruck			
0,13	0,33	0,43			
ns	ns	ns			
Regen	Regen	Regen			
-0,23	-0,10	0,15			
ns	ns	ns			
Luftfeuchte	Luftfeuchte	Luftfeuchte			
-0,35	-0,47	-0,21			
ns	*	ns			
Wind	Wind	Wind			
0,57	0,66	0,35			
**	***	ns			

Tab. 18 (Fortsetzung): Korrelation der Fangdaten mit Wetterfaktoren

Vergleich der Fängigkeit von OSRAM HQL und PHILIPS SON

OSRAM HQL						
Orthoclaadiinae (M) N=89, MW=3,4, Min=0, Max=13, Stdabw=3,4	Orthoclaadiinae (W) N=224, MW=8,6, Min=0, Max=29, Stdabw=8,0	Cecidomyiidae N=397, MW=15,2, Min=0, Max=206, Stdabw=39,7				
Temperatur	Temperatur	Temperatur	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)
0,49	0,34 ns	0,25				ns
Bewölkung	Bewölkung	Bewölkung	0,39	0,16 ns	0,14	ns
0,02	0,20 ns	0,08				ns
Mondhöhe	Mondhöhe	Mondhöhe	-0,05	-0,14 ns	-0,28	ns
ns	ns	ns				ns
Mondillumination	Mondillumination	Mondillumination	0,12	0,22 ns	0,27	ns
ns	ns	ns				ns
Rel. Polarisation	Rel. Polarisation	Rel. Polarisation	-0,10	-0,19 ns	-0,16	ns
ns	ns	ns				ns
Luftdruck	Luftdruck	Luftdruck	0,31	0,13 ns	0,08	ns
ns	ns	ns				ns
Regen	Regen	Regen	-0,10	0,10 ns	0,03	ns
ns	ns	ns				ns
Luftfeuchte	Luftfeuchte	Luftfeuchte	-0,23	-0,33 ns	-0,46	*
ns	ns	ns				
Wind	Wind	Wind				
PHILIPS SON						
Orthoclaadiinae (M) N=55, MW=2,1, Min=0, Max=8, Stdabw=2,3	Orthoclaadiinae (W) N=115, MW=4,4, Min=0, Max=11, Stdabw=3,8	Cecidomyiidae N=370, MW=14,2, Min=0, Max=107, Stdabw=22,7				
Temperatur	Temperatur	Temperatur	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)	Spearman R (rs)	Signifikanz (p)
0,48	0,48 *	0,44				*
Bewölkung	Bewölkung	Bewölkung	0,06	-0,16 ns	0,39	*
ns	ns	ns				*
Mondhöhe	Mondhöhe	Mondhöhe	-0,58	-0,31 ns	-0,39	*
**	ns	ns				ns
Mondillumination	Mondillumination	Mondillumination	-0,07	0,08 ns	0,28	ns
ns	ns	ns				ns
Rel. Polarisation	Rel. Polarisation	Rel. Polarisation	-0,11	-0,18 ns	-0,23	ns
ns	ns	ns				ns
Luftdruck	Luftdruck	Luftdruck	0,26	0,23 ns	0,36	ns
ns	ns	ns				ns
Regen	Regen	Regen	-0,05	0,11 ns	0,31	ns
ns	ns	ns				ns
Luftfeuchte	Luftfeuchte	Luftfeuchte	-0,25	-0,14 ns	-0,05	ns
ns	ns	ns				ns
Wind	Wind	Wind	0,25	0,34 ns	0,00	ns
ns	ns	ns				ns

Tab. 18 (Fortsetzung): Korrelation der Fangdaten mit Wetterfaktoren

OSRAM HQL	
Sciaridae N=191, MW=7,3, Min=0, Max=44, Stdabw=10,4	
	Spearman R (rs) Signifikanz (p)
Temperatur	0,56 **
Bewölkung	0,19 ns
Mondhöhe	-0,14 ns
Mondillumination	0,07 ns
Rel. Polarisation	-0,15 ns
Luftdruck	-0,12 ns
Regen	-0,04 ns
Luftfeuchte	-0,23 ns
Wind	-0,17 ns
PHILIPS SON	
Sciaridae N=91, MW=3,5, Min=0, Max=15, Stdabw=3,9	
	Spearman R (rs) Signifikanz (p)
Temperatur	0,73 ***
Bewölkung	0,09 ns
Mondhöhe	-0,43 *
Mondillumination	0,09 ns
Rel. Polarisation	-0,10 ns
Luftdruck	0,21 ns
Regen	0,07 ns
Luftfeuchte	-0,29 ns
Wind	0,40 *

Tab.18 (Ende): Korrelation der Fangdaten mit Wetterfaktoren

Statistisch signifikant war im HQL-Fang bei den meisten Insektengruppen unter der hier gegebenen Artzusammensetzung die Korrelation zwischen Temperatur und Anzahl der gefangenen Tiere (Ausnahme Chironomidae^X, Chironominae-♂♂, Orthoclaadiinae-♀, Cecidomyiidae); die Anzahl der am Licht gefangenen Tiere stieg mit der Zunahme der Temperatur. Die drei Chironominae-Arten (*Micropsectra atrofasciata*, *Polypedilum convictum*, *Rheotanytarsus pentapoda* – alles ♂♂) wiesen dagegen keine signifikante Erhöhung der Fängigkeit mit steigender Temperatur auf.

Ein Zusammenhang zwischen zunehmender Bewölkung und steigenden Fangzahlen war bei den Insekten, Dipteren, Limoniiden, Psychodiden und Ceratopogoniden als signifikant anzunehmen. Die Mondhöhe über dem Horizont spielte offenbar keine signifikante Rolle bei der Fängigkeit der Tiere am Licht. Feststellbar ist aber der Trend, daß die Fangzahlen bei höherem Mondstand fast durchweg niedriger ausfielen (Lichtkonkurrenz!).

Ebenso schien der Mondillumination nur eine geringe Bedeutung zuzukommen (Ausnahme: *Rheotanytarsus pentapoda*), aber ein Trend ging auch hier zu geringeren Fangzahlen bei heller werdendem Mond.

Die relative Polarisierung des Mondlichtes, die kurz nach Voll- und Neumond am höchsten ist, spielte keine Rolle in bezug auf eine Zu- oder Abnahme der Fangzahlen am Licht.

Weitere Wetterbeobachtungen ergaben, daß Luftdruck und Luftfeuchte sich in keinem Fall signifikant auf den Fang auswirken.

Der Einfluß des Windes konnte sich bei den Cecidomyiiden signifikant auf die Fangzahlen auswirken. Die sehr zart gebauten Tiere wurden bereits bei geringen Windgeschwindigkeiten nicht mehr am Licht gefangen. Zur Messung der Windgeschwindigkeit war zu verzeichnen, daß die Windstärke im Bereich des Versuchsfeldes sich fast ausschließlich um etwa 0,5m/sec bewegte.

Anzumerken ist auch, daß die Rechnungen zum Niederschlag (am Tag der Durchführung des Lichtfangs) auf einen einmaligen Regenfall in der ganzen Fangperiode basierten. Auch hier zeigten sich keine Auffälligkeiten. Regnete es jedoch während der Durchführung des Lichtfangs, war das Fangergebnis gleich Null.

Ein differenziertes Bild ergab sich bei den Fangdaten der SON-Lampe: Der Einfluß der Temperatur in bezug auf die Anzahl der gefangenen Tiere war bei vielen Gruppen statistisch höchst signifikant (keine Signifikanz bei Chironomiden, Ausnahme Orthoclaadiinen). Eine zunehmende Bewölkung war bei dem Fang von *Polypedilum convictum* und den Cecidomyiiden

^X anders bei ALI et al. (1996)

dahingehend von signifikanter Bedeutung, daß bei *Polypedilum convictum* die Fangzahlen geringer ausfielen, bei den Cecidomyiiden aber mit zunehmender Bewölkung stiegen.

Die Mondhöhe (über dem Horizont) war von statistischer Signifikanz bei den SON-Fängen.

Bei einigen Insektengruppen wie Insekten, Dipteren, Limoniiden, Chironomiden-♀, Chironominen-♀, *Polypedilum convictum*, Orthoclaadiinen-♂♂, Cecidomyiiden und Sciariden führte ein höher steigender Mond zu geringeren Fangzahlen am Licht, was in der Korrelationsberechnung als signifikant auffiel.

Der Faktor der Mondillumination hatte statistische Signifikanz nur bei den Psychodiden und besonders bei *Rheotanytarsus pentapoda*. Die Fangzahlen stiegen hier bei heller werdendem Mond.

Wie schon bei der HQL-Lampe beobachtet, hatte auch die relative Polarisation des Mondlichtes bei Betrieb der SON-Lampe keinen signifikanten Einfluß auf den Fang.

Bei steigendem Luftdruck konnte ein signifikant stärkerer Anflug von Insekten, Dipteren, Chironomiden-♂♂ und Chironominen-♂♂ beobachtet werden. Im Detail zeigte sich das jedoch nur bei *Polypedilum convictum*. Stärkerer Wind beeinflusste deutlich die Zunahme von Insekten, Limoniiden, Chironomiden, Chironominen-♂♂ und *Micropsectra atrofasciata*, *Polypedilum convictum*, sowie von Sciariden. Auch hier war statistische Signifikanz gegeben.

cc) Bewertung

Zu hinterfragen ist, warum es zu Unterschieden in der statistischen Signifikanz zwischen den Fängen von HQL und SON kommt. Ein erster Gedanke ist hier, ob an HQL und SON unterschiedliche Insektenarten anfliegen. Die signifikanten Zusammenhänge zwischen Wetterfaktoren und den gefangenen Insekten lassen sich so erklären, daß an die SON und die HQL jeweils nur bestimmte Arten anfliegen, die das entsprechende Spektrum als „attraktiv“ empfanden. Eine Antwort auf diese Fragestellung liefert die Artbestimmung der Insekten. Hinsichtlich der Temperatur wiesen die drei Chironomiden-Arten sowohl an HQL als auch an SON keinen signifikant abhängigen Anflug auf. Dies war zu erwarten, setzt man voraus, daß Individuen gleicher Art ein identisches Verhalten am Licht aufweisen. Auch ergaben sich ähnlich signifikante Ergebnisse bei der Mondillumination in Verbindung mit der Fängigkeit von *Rheotanytarsus pentapoda*. Aus der Reihe fielen aber die unterschiedlichen Ergebnisse an HQL und SON zur Fängigkeit der drei Arten bei Wind, sowie bei *Polypedilum convictum* in bezug auf Mondhöhe und Luftfeuchte. Wie können solche Abweichungen erklärt werden ?

Zwei Erklärungsmodelle bieten sich an: Zum einen stellt die Signifikanzrechnung lediglich den damaligen Status der Fängigkeit dar. Es ist kein Ergebnis mit zwingender Gültigkeit, zumal die Anzahl der Fänge beschränkt werden mußte. Darüber hinaus sind Zufallsergebnisse möglich bei geringer Anzahl von Fängen.

Zum anderen muß in die Überlegung einbezogen werden, daß Tiere bei unterschiedlicher Qualität des dargebotenen Lichtes veränderte Verhaltensweisen zeigen können (s.S.99ff.).

2. Parallelbetrieb von HQL und SON

a) Material und Methode

Im August und September 1999 wurden HQL und SON in einem Abstand von 30 Metern im Parallelbetrieb auf ihre Fängigkeit hin getestet. Der Versuch wurde an 13 Abenden mit jeweils einer Stunde Leuchtdauer (Beginn: ½ Stunde nach SU) durchgeführt. Als Leuchten standen zwei Pilzleuchten zur Verfügung (Beschreibung s.S.11f.), die auf ihrer voneinander abgewandten Rückseite mit schwarzer Pappe abgedeckt wurden, um einen rückseitigen Anflug von Insekten zu minimieren (Schema Abb.28).

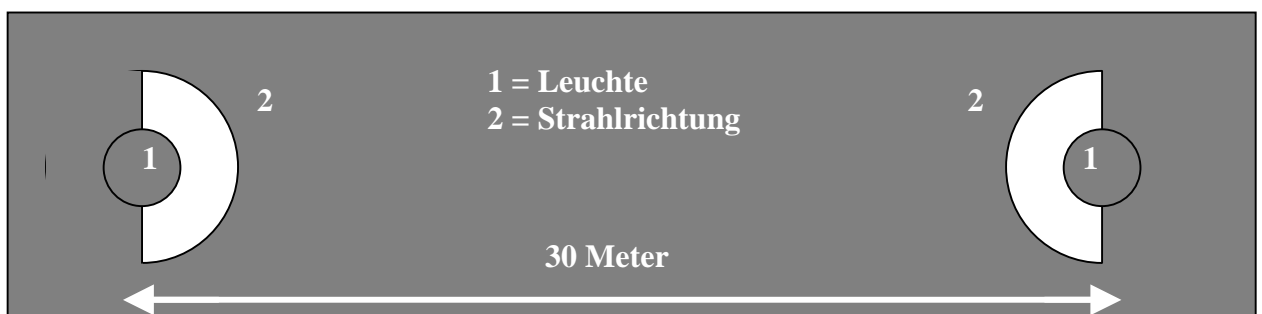


Abb.28: Parallelfang mit zwei in Lichtkonkurrenz stehenden Leuchten (Leuchtrichtung zueinander)

Um den denkbaren „Richtungseffekt“ des Insektenanflugs weiter zu verkleinern, wurden die beiden Lampen nach sechs Tagen vertauscht.

Mit diesem Versuch sollte der Frage nachgegangen werden, ob die Fangrelation HQL/SON sich **bei Lichtkonkurrenz** gegenüber den unter D.II.1. (S.46ff.) gewonnenen Ergebnissen (**ohne Lichtkonkurrenz**) verschiebt.

- Validierungstest II: Emissionsspektren von HQL und SON in Pilzleuchte

Da bei dem abwechselndem Fang mit HQL und SON die Kastenleuchte, bei dem entsprechenden Parallelfang mit HQL/SON Pilzleuchten verwendet wurden, mußte auch hier die Messung des Emissionsspektrums der Lampen in den verwendeten Pilzleuchten durchgeführt werden (Methode s.S.13).

Die Verwendung der Pilzleuchte führte zu keiner auffälligen Änderung der Emission von HQL und SON gegenüber der Emission der Kastenleuchte (s.S.47) und kann somit als Vergleich herangezogen werden (Abb. 29).

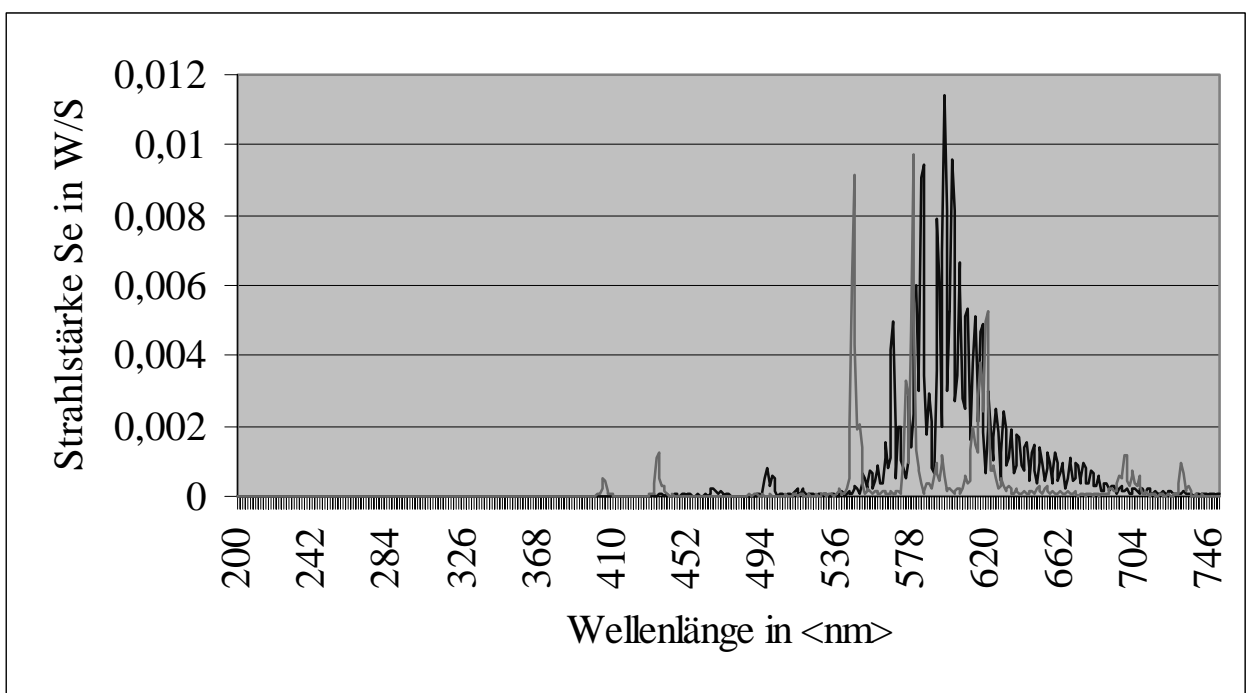


Abb.29: Die Emissionsspektren von HQL und SON in der Pilzleuchte

(blau = SON, rosa = HQL)

b) Ergebnis

Tab. 19 zeigt zusammenfassend die Fangzahlen von HQL und SON. Eine detaillierte Auflistung aller Arten findet sich in Anhang VII, Seite 145.

Tab.19: Parallelfang HQL/SON

Datum	Fangzahlen		Verhältnis	
	HQL	SON	HQL	SON
17.08.99	296	131	2,26	1
29.08.99	49	23	2,13	1
31.08.99	139	115	1,21	1
05.09.99	1161	672	1,73	1
07.09.99	413	157	2,63	1
08.09.99	219	57	3,84	1
09.09.99	444	345	1,29	1
14.09.99	235	176	1,34	1
15.09.99	118	14	8,43	1
16.09.99	15	24	0,63	1
20.09.99	399	29	13,76	1
21.09.99	451	122	3,70	1
23.09.99	178	137	1,30	1
			Ø 3,97	1

Der Parallelfang HQL/SON erbrachte eine Fangrelation von 3,97:1.

Die Gegenüberstellung der Fangzahlen aus dem Parallelfang HQL/SON zeigt wiederum, daß einige Insektengruppen über dem Mittelwert der Verteilung der Gruppen den Anflug an die HQL präferieren (Tab.20, folgende Seite).

In dieser Tabelle wurden nur Tiere aufgelistet, die bereits in die Berechnungen bei II.1., S.46ff. (abwechslnder Fang HQL/SON), eingegangen sind.

Tab.20: Die Quotienten bei den Insektenordnungen

	Ø der Quotienten (Bsp.: 1,6 = 1,6x höherer Anflug an HQL)
Insecta, s. Tab.19	3,97
-davon terrestrisch/ semi-aquatisch	5,84
-davon aquatisch	3,02
--Diptera	3,57
--Brachycera	12,5 ^x
--Nematocera	3,17
---Limoniidae	2,7 ^x
---Psychodidae	1,4 ^x
---Ceratopogonidae	7,33
---Chironomidae-♂♂	3,36
---Chironomidae-♀	3,02
----Orthoclaadiinae-♂♂	9,54
----Orthoclaadiinae-♀	5,22
----Chironominae-♂♂	2,87
----Chironominae-♀	2,68
----- <i>Micropsectra atrofasciata</i> -♂♂	3,60 ^x
----- <i>Polypedilum convictum</i> -♂♂	1,16 ^x
----- <i>Rheotanytarsus pentapodae</i> -♂♂	3,44 ^x
---Cecidomyiidae	2,23
---Sciaridae	1,14

Über dem Mittelwert von 3,97 (Insecta) liegt die Fangrelation der terrestrischen/semi-aquatischen Tiere: Die HQL zieht hier 5,84mal mehr Tiere an als die SON. Innerhalb der Diptera fällt die Unterordnung der Brachycera mit einem Quotienten von 12,5 auf . Hier lagen jedoch nur wenige Meßpaare vor. Bei den Chironomiden fällt die Unterordnung Orthoclaadiinae mit einem starken Anflug an die HQL auf (9,54 bei ♂♂ bzw. 5,22 bei ♀). Die drei Arten der Chironomiden liegen jedoch auch nur in wenigen Meßpaaren vor. Hervorzuheben ist hier der geringe Anflug von *Polypedilum convictum*-♂♂ an die HQL, der lediglich um das 1,16-fache des Anflugs an die SON liegt.

Ein unter dem Mittelwert liegendes Anfluginteresse zeigten Cecidomyiiden und Sciariden: Der Anflug an die HQL hatte hier den Faktor 2,23 bzw. 1,14.

3.) Gegenüberstellung der Fangzahlen aus D.II.1. und D.II.2. (abwechselnder Betrieb von HQL u. SON, S.46ff. / Parallelfang mit HQL u. SON, S.59ff.)

Durch den Vergleich der Fangzahlen aus dem abwechselndem Fang mit HQL/SON und dem Parallelfang HQL/SON zeigt sich, daß sich bei Lichtkonkurrenz verschiedener Lampen das Anflugverhalten der Insekten gegenüber einem Lichtfang ohne Lichtkonkurrenz verändert. Die SON ist nicht in dem Maße insektenfreundlich, wie sie bisher in der Literatur (BAUER 1993 u.a.) dargestellt wurde. Das Fangverhältnis bei Lichtkonkurrenz (HQL/SON - 3,97:1) verschob sich bei dem Versuch ohne Lichtkonkurrenz auf HQL/SON - 1,56:1. Dieses Ergebnis zeigt auf, daß die Insekten die für sie attraktivere Lichtquelle auswählen, sofern sie die Möglichkeit dazu haben. Sind keine einsehbaren Lichtquellen in der Nähe vorhanden, so nähern sich die Fangzahlen von Lampen unterschiedlicher Lichtemission bei abwechselndem Betrieb an. Innerhalb der einzelnen Tiergruppen kam es also zu unterschiedlichen Ergebnissen beim Lichtfang mit und ohne Lichtkonkurrenz (Tab.21):

Tab.21: Die Quotienten bei den Insektenordnungen

	Ø der Quotienten (Bsp.: 1,6 = 1,6x höherer Anflug an HQL)	
	abwechs. Fang	Parallel- fang
Insecta, s.o.	1,56	3,97
-davon terrestrisch/ semi-aquatisch	1,71	5,84
-davon aquatisch	1,48	3,02
--Diptera	1,53	3,57
--Brachycera	3,85	12,5 ^x
--Nematocera	1,50	3,17
---Limoniidae	1,44	2,7 ^x
---Psychodidae	1,25	1,4 ^x
---Ceratopogonidae	2,52	7,33
---Chironomidae-♂♂	1,75	3,36
---Chironomidae-♀	1,30	3,02
----Orthoclaadiinae-♂♂	1,62	9,54
----Orthoclaadiinae-♀	1,95	5,22
----Chironominae-♂♂	1,77	2,87
----Chironominae-♀	1,29	2,68
----- <i>Micropsectra atrofasciata</i> -♂♂	1,26	3,60 ^x
----- <i>Polypedilum convictum</i> -♂♂	2,23	1,16 ^x
----- <i>Rheotanytarsus pentapodae</i> -♂♂	1,79	3,44 ^x
---Cecidomyiidae	1,07	2,23
---Sciaridae	2,10	1,14

^x Ergebnis aus wenigen Zahlenpaaren, daher unsicher

^x Ergebnis aus wenigen Zahlenpaaren, daher unsicher

Beide durchgeführten Untersuchungen zeigen gleiche Trends. Bis auf die Gruppen der Chironomiden-♂♂ und Sciariden wiesen alle Tiere ein gruppenidentisches Verhalten in bezug auf eine Präferenz von HQL oder SON auf, d.h. ihre gruppenspezifischen Anflugwerte liegen in jedem Versuch jeweils unterdurchschnittlich zur HQL im Vergleich zum Durchschnitt aller Gruppen. Brachyceren und Ceratopogoniden liegen in beiden Versuchen jeweils über dem Mittelwert und flogen in beiden Fällen auffällig häufig die HQL an. Anders verhalten sich in beiden Tests die Cecidomyiiden, die in deutlich geringerem Maße vom Licht der HQL angelockt wurden, wie dies der Mittelwert aller anfliegenden Insektengruppen vorgibt.

Eine weitere Interpretation läßt Tab. 21 zu: Die Vergleichswerte zeigen, inwieweit sich der Anflug an die eine oder andere Lichtquelle durch eine der beiden Testmethoden verringerte oder vergrößerte. Am Beispiel der zahlenmäßig stark vertretenen Gruppe der Ceratopogoniden lag der Anflug an die HQL bei abwechselndem Test um 61% höher als der Mittelwert des Anflugs aller Tiere, im Paralleltest stieg der Anflug sogar auf knapp 85% über dem Mittelwert der Gruppe. Dies würde bedeuten, daß diese Tierarten bei Vorliegen von Lichtkonkurrenz zwischen der HQL und der SON einen gesteigerten Anflug an die HQL durchführten. Solche Betrachtungen müssen jedoch mit großer Vorsicht angestellt werden, da sich die Zusammensetzung der Tiergruppen schnell ändern kann, so daß Mittelwerte nur den jeweiligen Moment wiedergeben.

III. Lichtfang mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen

1. Zielsetzung, Material und Methode

Um die Anlockwirkung verschiedener Wellenlängen auf Insekten zu ermitteln, wurde das Licht eines Diaprojektors (Leitz, Prado Universal, Typ 31.047.500, Lampe: OSRAM Bellaphot 65655, 24V, 250 W; Lichtaustritt mit sogenannter „Streufolie“ unbekannter Herkunft abgedeckt) unter Verwendung von Farbfiltern zum Insektenfang eingesetzt (Abb.30).

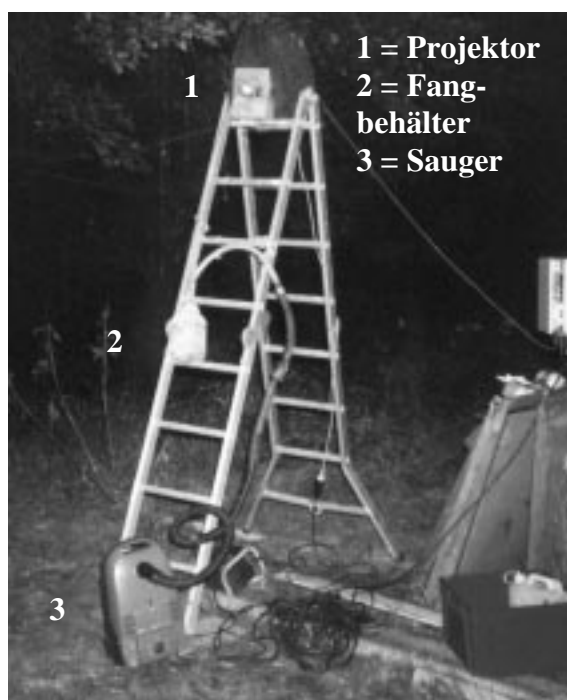


Abb.30: Aufbau des Lichtfangs:

Projektor oben auf der Leiter in einem Kasten mit seitlicher Abschirmung, Lichtaustritt vorne (\emptyset 6cm) mit Ansaugschlauch, links in der Mitte der Leiter der Alkoholbehälter, unten der Sauger; zusätzlicher Ventilator auf dem Projektor zur Kühlung, dessen Luft nach hinten abgeführt wird;

Drei Farbfilter mit den Farben Blau (437nm), Gelb (579nm – Natriumwellenlinie -) und Orange (599nm) wurden verwendet (zur Meßmethode s.S.13, Messung in 80cm Abstand vom Lichtaustritt; Spektrum s. Abb.31-33). Das Blau mit 437nm stellt in der in Punkt I und Punkt II verwendeten HQL-Lampe den herausragenden Emissions-Peak im kurzwelligen Lichtbereich dar. Da von einer starken Anziehungskraft von kurzwelligem (UV- und Blau-) Licht auf Insekten ausgegangen wird (s. S.101) und wie auch in der Literatur aufgeführt, soll diese weitverbreitete Auffassung hier überprüft werden.

Eine starke Lichtemission geht von der SON-Lampe im Bereich um 579nm aus (vgl. S. 47, 60). Es ist dann fraglich, ob auch Licht mit einer lediglich um 20nm veränderten Wellenlänge (599nm) bereits weniger Insekten anlockt.

Lichtfang mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen

Die drei Farbfilter wurden zunächst durch die Anpassung von Graufiltern auf eine Lichtemission von je etwa 1,5-1,6 Quanten in $1\text{W}/\text{cm}^2$ gebracht (Meßgerät EG&G Gamma Scientific DR-1600). Pro Fangabend wurde ein Farbfilter zum Fang genutzt, so daß die Filter täglich getauscht wurden. Der Versuch startete bei fast vollständiger Dunkelheit (0,3 Lux) und lief über eine Stunde pro Abend (Saugfang beschrieben auf S.11). Pro Filter wurden sieben Fangabende (also insgesamt 21 Fangabende) bei annähernd gleicher warmer Witterung ($14\text{-}18^\circ\text{C}$) genutzt^x. Der Versuch wurde im Juni und Juli 2000 durchgeführt.

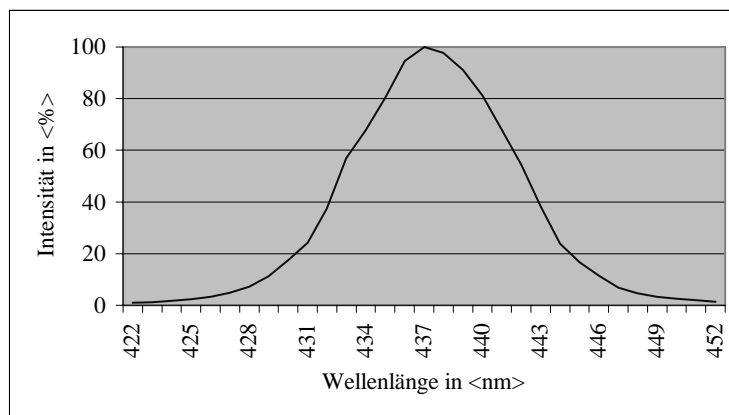


Abb.31: 439nm-Filter

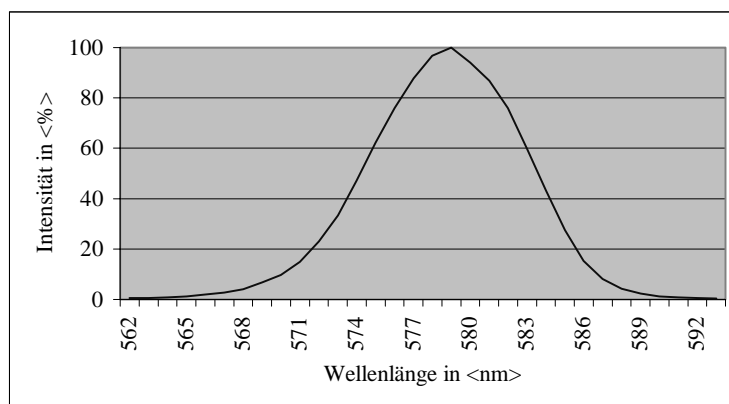


Abb.32: 579nm-Filter

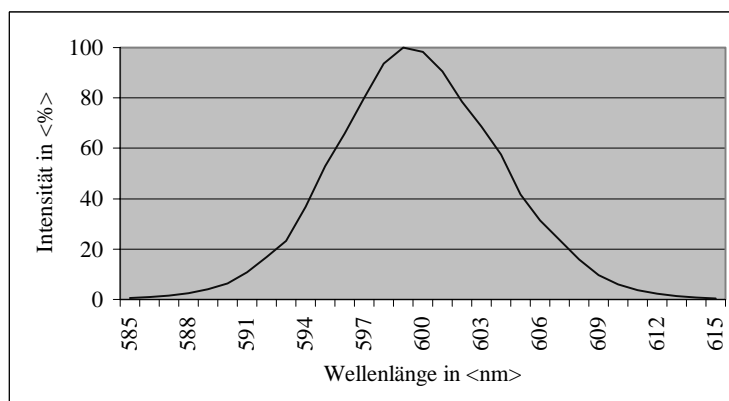


Abb.33: 599nm-Filter

^x Wegen technischen Defekts der Wetteranlage liegen keine Daten vor. Es wurden jedoch nur Fänge ab einer Temperatur von 14°C durchgeführt, da Erfahrungswerte der letzten beiden Sommer vorlagen.

2. Ergebnis

Die detaillierten Ergebnisse der Lichtfänge finden sich in Anhang VIII, Seite 150.

Tab.22 zeigt die Fangrelationen an den drei Farbfilter (437nm : 579nm : 599nm):

Tab.22: Die Fangrelation der drei Farbfilter

	437nm	579nm	599nm
Insecta	1,84	3,38	1
Diptera	1,9	3,46	1
Chironomidae-♂♂	2,17	5,08	1
Chironomidae-♀	1,92	3,55	1
Chironominae-♂♂	2,14	5,11	1
Chironominae-♀	1,86	3,54	1
<i>Rheotanytarsus pent.</i> -♂♂	2,24	5,71	1
Cecidomyiidae	1,7	2,15	1

Die größte Attraktivität ging deutlich von der Natrium-Wellenlinie (579nm) aus, der geringste Anflug fand an dem Licht mit dem Intensitätsmaximum von 599nm statt.

Diese Ergebnisse müssen mit dem Anflug der Tiere an HQL und SON verglichen werden. Die hier vorliegenden Ergebnisse zeigen Parallelen zu den bisher durchgeführten Tests: In den Lichtfängen an HQL und SON wich der Anflug der Dipteren, Chironomiden-♀ und Chironominen-♀ vom Mittelwert ab; die Tiere waren nicht in dem Maße von der HQL angelockt worden, wie es der Durchschnitt der Tiere vorgab. Das bedeutet, daß die Attraktivität der SON höher war als bei dem Durchschnittswert der Insekten. In diesem Fangversuch mit Farbfiltern zeigt sich ein ähnliches Ergebnis: Die Tiere wurden überdurchschnittlich von dem Licht mit dem Intensitätsmaximum von 579nm angelockt (Mittelwert ist hier der der an 579nm angefliegenen Insekten). Die Interpretation solcher Ergebnisse sollte jedoch mit der notwendigen Vorsicht erfolgen, da Zahl und Zusammensetzung der ans Licht geflogenen Tieren auch bei großen Testreihen Schwankungen unterliegen.

Zusammenfassend kann durch die Ergebnisse des Lichtfangs mit den drei Wellenlängenbereichen 437nm, 579nm und 599nm festgestellt werden, daß die Attraktivität des Lichts mit einem Wellenlängenbereich von etwa 437nm nicht so groß war wie angenommen (s.o.). Blaues Licht hatte in der vorliegenden Versuchsanordnung nicht eine unbedingte Anlockwirkung. Der niedrigwellige Lichtanteil war hier somit nicht maßgebend für einen gesteigerten Anflug von Insekten an künstliche Lichtquellen.

E. ZUR PROBLEMATIK DER ABGRENZUNG ZWISCHEN AQUATISCHEN UND TERRESTRISCHEN/SEMI-AQUATISCHEN INSEKTEN^X

Die Auflistung der in den Emergenznetzen und am Licht gefangenen Insekten umfaßt nur die Arten, die nachweislich ein rein aquatisches Larven- und Puppensein führen.

Die Ephemeropteren, Plekopteren und Trichopteren^{XX} und Simuliiden (zu den Simuliiden s.a. JENSEN 1997) sind rein aquatische Tiere, deren Larven- und – falls vorhanden – deren Puppenstadien zum Wachstum eine Wasserüberdeckung benötigen. Empididen (mit den Unterfamilien Hemerodromiinae und Clinocerinae) wurden nach STRESEMANN (1994) und WAGNER (1997B) in der Auflistung als aquatische Tiere geführt.

Innerhalb der Chironomiden wurden die Gattungen *Paraphaenocladus* (mit *P. exagitans* und *P. impensus*), *Gymnometriocnemus* (*G. subnudus* und *G. sp.*), *Bryophaenocladus* (*B. nidorum*, *B. vernalis* und *B. xanthogyne*) und *Pseudosmittia* (*P. cf. longicrus* und *P. sp.*) als nicht rein aquatisch betrachtet, die in den Emergenznetzen gefangenen Exemplare von *Pseudoorthocladus*, *Metriocnemus* und *Limnophyes* (unter Abwägung eigener Beobachtung und nach LINDEGAARD 1997, SAETHER 1990, SAETHER & WANG 1995, STRENZKE 1950 und WIEDERHOLM 1989) als aquatische Arten eingestuft.

Weiter entstanden zunächst Probleme in der Zuordnung zu aquatischen bzw. semi-aquatischen/terrestrischen Tieren, da durch das Aufstellen der Zelte Insekten, wie z.B. Sphaeroceriden und terrestrische Empididen eingeschlossen wurden, die am Uferstrand vom Wasser angespülte verrottende organische Reste als Nahrung aufnahmen, selbst aber Tiere mit rein terrestrischem Lebenszyklus waren; sie wurden aus der Liste der Emergenz herausgenommen. Limoniiden wurden ebenfalls aus der Emergenzliste genommen, da eine Unterscheidung zwischen aquatischen und semi-aquatischen/terrestrischen Arten nicht möglich ist (ILLIES 1971, REUSCH & OOSTERBROEK 1997). Aus gleichen Gründen wurden auch Ceratopogoniden nicht in der Emergenzliste aufgeführt: Zur problematischen Unterteilung zwischen aquatischen und semi-aquatischen/terrestrischen Arten ist hier die Schrift von SZADZIEWSKI, KRZYWINSKI & GILKA (1997) heranzuziehen. Ferner wurden folgende in den Emergenzzelten gefangene Insekten nicht

^X lateinisch-deutsche Insektenbezeichnungen s. Anhang I, S.1,2

^{XX} wenn Arten als Ausnahmen; hier aber kein Nachweis

in die Emergenzliste mit einbezogen: Psychodiden, deren Larven in mehr oder minder ausreichenden Maße auf atmosphärischen Sauerstoff angewiesen sind (WAGNER 1997A), Ptychopteriden, deren Puppen nicht unbedingt auf freies Wasser angewiesen sind (ANDERSSON 1997), Athericiden (Diptera), deren Verpuppung außerhalb des Wassers stattfindet (THOMAS 1997); Syrphiden, deren reife Larven und Puppen das Wasser verlassen (DOLEZIL & ROZKOSNY 1997), Ephydriden, da eine Zuweisung der Larven zu einer rein aquatischen Lebensweise aufgrund fehlender Untersuchungen nicht immer eindeutig gemacht werden kann (ZATWARNICKI 1997), ebenso Musciden (ROZKOSNY & GREGOR 1997). Hier wurde nur ein Exemplar im Emergenzzelt gefunden.

Da die Ökologie der Dolichopodiden-Larven (sie sind zumeist feuchten Biotopen zuzuordnen) weitgehend unbekannt ist (HEDSTRÖM 1997), werden auch sie in der vorliegenden Untersuchung als nicht rein aquatischer Herkunft betrachtet.

Aquatische Lepidopteren der Familie Pyraliden konnten nicht nachgewiesen werden; sie benötigen auch Wasser mit pflanzlichem Bewuchs. Dies war hier nicht gegeben.

F. BESTIMMUNG DER INSEKTEN

Zur Bestimmung der Insekten wurde eine Stereolupe der Fa. Wild (Typ M3C) und ein Mikroskop der Fa. Leitz (Typ Biomed) benutzt.

Folgende Literatur wurde zur Bestimmung der Insektenimagines herangezogen:

ALLGEMEIN: BROHMER (1992),

EPHEMEROPTERA: KLAPÁLEK & GRÜNBERG (1909), BROHMER et al. (1930A), SCHOENEMUND (1930), MÜLLER-LIEBENAU (1969), ELLIOTT & HUMPECH (1983), STUDEMANN et al. (1992), BAUERNFEIND (1994, 1995)

sowie det. Dr. Arne Haybach, Mainz,

PLECOPTERA: det. Dipl.-Biol. Klaus Enting, Mainz, und AUBERT (1959), ILLIES (1955),

COLEOPTERA: FREUDE et al. (1979), ZAHRADNÍK (1985),

HYMENOPTERA: BROHMER (1992),

TRICHOPTERA: TOBIAS & TOBIAS (1981), MALICKY (1983),

LEPIDOPTERA: BROHMER (1992), STRESEMANN (1994),

DIPTERA: BROHMER et al. (1930B), MÜLLER (1986), BROHMER (1992), STRESEMANN (1994), HAUPT & HAUPT (1998),

- Simuliidae: KNOZ (1965), JENSEN (1997), nur Angaben zur Verbreitung: SEITZ (1992),
sowie det. Dr. Günther Seitz, München
- Chironomidae: WIEDERHOLM (1989), PINDER (1978), FITTKAU, & REISS (1978)
(Regionalisierung) und bei
 - Tanypodinae: FITTKAU (1962),
 - Bryophaenocladus: STRENZKE (1950),
 - Corynoneura: SCHLEE (1968), HIRVENOJA & HIRVENOJA (1988),

Cricotopus: HIRVENOJA (1973), SIMPSON et al. (1983),
 Eukiefferiella: LEHMANN (1972),
 Gymnometriocnemus: STRENZKE (1950),
 Heleniella: SERRA-TOSIO (1967),
 Limnophyes: STRENZKE (1950), SAETHER (1990),
 Metriocnemus: STRENZKE (1950),
 Orthocladius: BRUNDIN (1947), BRUNDIN (1956), SOPONIS (1990)
 Paraphaenocladius u. Paratrissocladius: STRENZKE (1950), SAETHER (1976),
 SAETHER & WANG (1995),
 Polypedilum: HIRVENOJA (1962), ROSSARO (1985)
 Pseudoorthocladius: STRENZKE (1950), SAETHER & SUBLETTE (1983),
 Pseudosmittia: STRENZKE (1950),
 Rheocricotopus: LEHMANN (1969), SAETHER (1985), SAETHER & SCHNELL
 (1988),
 Tvetenia: LEHMANN (1972), SAETHER & HALVORSEN (1981),
 Chironomus: STRENZKE (1959), LINDEBERG & WIEDERHOLM (1979),
 Micropsectra: REISS (1969), SÄWEDAL (1976), SÄWEDAL & WILLASSEN (1980),
 SÄWEDAL (1982),
 Rheotanytarsus: LEHMANN (1970),
 Tanytarsus: LINDEBERG (1963), REISS & FITTKAU (1971), LINDEBERG (1976),
 PINDER (1982),

sowie det. Dr. Christine Becker, Hirschau

- Empididae: WAGNER (1997b) sowie det. Prof. Rüdiger H. Wagner, Schlitz

Anmerkungen zur Determination der Chironomiden:

Die Artbestimmung von Chironomiden-♀ ist schwierig, da nur wenig Literatur zur Verfügung steht. Es ist jedoch in vielen Fällen möglich, die passenden Partner durch bloßen Augenschein einander zuzuordnen, wenn keine ähnlichen Arten gefangen wurden. Da dies aber nicht auf alle Fälle zutrifft, wurden in der vorliegenden Arbeit nur Chironomiden-♂♂ determiniert.

Es muß dazu erwähnt werden, daß bis vor drei Jahrzehnten eine umfassende Artbestimmung der Chironomiden ausgeschlossen war (so auch z.B. von LEHMANN 1972 genannt). Darüberhinaus

beruht eine Vielzahl von Bestimmungsliteratur auf der Untersuchung von nur wenigen Exemplaren.

Ferner sind die morphologischen Abweichungen nicht nur interregional, sondern auch an einem Fundort (v.a. im Laufe des Jahres) groß, daß eine Artbestimmung teilweise zweifelhaft ist.

Z.B. ist die sichere Artbestimmung von *Chironomus* nur mit einer cytologischen Untersuchung der Speicheldrüsenchromosomen ausgewachsener Larven bzw. Vorpuppen durchzuführen (KEYL & KEYL 1959, STRENZKE 1959). Da hier jedoch nur Imagines vorliegen, ist die weitergehende Diagnostik möglicherweise unvollständig.

Die Artbestimmung von *Nanocladius* sp. und *Tvetenia* sp. (Chironomidae) benötigen meiner Meinung nach eine Revision, da die Tiere nicht bekannten Arten zugeordnet werden können, bzw. eine große Zahl verschiedener Zwischenformen vorliegt.

G. VON DER EMERGENZ ZUM LICHT – VERHALTEN UND VERHALTENSPHYSIOLOGIE DES INSEKTS

Der Weg des Insekts von der Emergenz bis zum Anflug an das Licht ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren und Verhaltensmustern, die bis auf das Artniveau des Insektes von großer Variabilität sein können (so bereits MILNE & MILNE 1945).

Die folgende Darstellung soll einen Überblick verschaffen, wie das aquatische Insekt als Imago das Juvenilhabitat Wasser verläßt, wie es sich in seiner Umgebung orientiert und aus welchen Gründen eine Vielzahl von Arten sich von künstlichen Lichtquellen anlocken läßt.

I. Die Emergenz (= Schlupf) aquatischer Insekten

1. Das Aufsuchen des Ufers und der Schlüpfvorgang aquatischer Insekten

Die Larven aquatischer Insekten besiedeln alle Habitattypen unter Wasser. Viele besitzen spezielle Anpassungen, um z.B. in strömungsstarkem Wasser zu überleben.

Ideale Wachstumsbedingungen für aquatische Insekten, wie z.B. Chironomiden, bieten von Bäumen überschattete Bachflächen. Eine Verminderung der Solarstrahlung von 50% führt zu einem deutlichen Anstieg der Chironomiden-Kolonisation (BOTHWELL et al. 1994). Um vor Freßfeinden unbehelligt zu bleiben, werden dunkle Habitate bevorzugt besiedelt (BAKER & BALL 1995).

Die unterschiedlichen Insektenarten bevorzugen zum Zeitpunkt des Schlupfes des adulten Tieres offenbar bestimmte Ufertypen, wie langsam strömende, sandige (=lenitische) oder schnellfließende, meist kiesig-steinige (=lotische) Bereiche (WAGNER (1984 -allgemeine Darstellung-, 1987 -Trichopteren-, 1989 -Ephemeropteren-, 1993 – Trichopteren-Emergenz im Längsschnitt eines Baches).

Grundsätzlich müssen dabei zwei verschiedene Formen der Emergenz aquatischer Insekten (hier: der Schlüpfvorgang von der Larve/Puppe zum adulten Tier) unterschieden werden: Hemimetabole Insekten, wie Ephemeropteren und Plecopteren, besitzen kein Puppenstadium und schlüpfen an der Wasseroberfläche (Ephemeroptera) bzw. kriechen an Land und schlüpfen dort (Plecoptera, ZWICK 1980) direkt aus der Larvenhaut. Holometabole aquatische Insekten wie

Trichoptera, einige Dipteren) verpuppen sich unter Wasser. Die Puppe schwimmt dann an die Wasseroberfläche, so daß das adulte Tier schlüpfen kann, bzw. das adulte Tier befreit sich aus der Puppe bereits unter Wasser und kriecht an Land (manche Trichopteren) (Übersicht bei z.B. ULMER 1928, BURMEISTER & REISS 1983). Im allgemeinen benötigen die Tiere an der Wasseroberfläche von Fließgewässern einen Halt (Ufer oder Pflanzen), um sich im Moment des Schlüpfens daran halten zu können (siehe dazu die Untersuchung in Punkt *Val.II.*, S.9f.).

Bei Chironomiden erfolgt die Emergenz innerhalb einer (eigene Beobachtung bei *Micropsectra-not.*-Gruppe) bzw. mehrerer Sekunden (RUSE 1995, zusammenfassend ARMITAGE 1995) bis das adulte Tier zum Flug übergeht. Bei größeren Tieren (z.B. bei Trichopteren, Ephemeropteren) muß erst eine Aushärtung der Flügel erfolgen.

Das Emergenzverhalten der Chironomiden ist dabei zumeist gruppenspezifisch:

Die Aufzeichnung saisonaler Emergenz einzelner Arten ist gut untersucht (zusammenfassend bei ARMITAGE 1995; umfangreiche Untersuchungen der Emergenz von 107 Chironomiden-Arten in England durch RUSE 1995; in Deutschland (nur neuere Veröffentlichungen): MAIWORM 1983, 1984 mit allen aquatischen Insekten, SCHLEUTER 1985, HOLM 1988, REIFF 1994, RISS 1994).

Aber auch im Tagesverlauf kommt es je nach Art- bzw. Gattungs- oder Familienzugehörigkeit zu unterschiedlichen, aber festgelegten Schlüpfrrhythmen: Bei den Chironomiden schlüpft der Tribus Chironomini spp. in der Abenddämmerung oder in der Nacht, Macropelopiini spp. (Tanypodinae) und die meisten Orthocladiinen während des Tages, bevorzugt aber am Morgen und am späten Nachmittag. Bei den Tanytarsini spp. (Chironominae; hier mit den dominanten Arten *Rheotanytarsus pentapoda* und *Micropsectra* spp.) liegen unterschiedliche Emergenzzeiten vor (LEARNER, WILES & PICKERING 1990). Es gibt offenbar keine Unterschiede zu verschiedenen Habitaten und Höhen. Andere Untersuchungen kommen zu entsprechenden Ergebnissen (MORGAN & WADDEL 1961, PINDER et al. 1993, BOOTHROYD 1988). Es ist also anzunehmen, daß die Emergenz der Chironomiden weitgehend von endogenen Faktoren abhängt; ein Einfluß von Lichtintensität und Wassertemperatur als exogene Faktoren ist aber gegeben (z.B. DANKS 1978, KURECK 1980, PINDER et al. 1993).

Allgemein konnte hier festgestellt werden, daß aquatische Insekten die tagsüber herrschende Helligkeit und Wärme zu vermeiden suchen und ihre Emergenz bzw. Aktivität in Tageszeiten mit Restlicht zu finden ist.

Betrachtet man die Zahlen der Emergenz, so muß berücksichtigt werden, daß oftmals nur ein geringer Teil der Tiere sich überhaupt zum Adulten entwickeln kann: So wurde z.B. von

WERNECKE & ZWICK (1992) bei *Baëtis rhodani* (Ephemeroptera) vom Ei bis zur Emergenz eine Mortalität von 91,1% festgestellt; bei *Apatania fimbriata* (Trichoptera) waren es 11,3% (ENDERS & WAGNER 1996 m.w.N.).

2. Die Lebensdauer der Imagines

Da viele Tiere im Adultstadium nur über verkümmerte Mundwerkzeuge verfügen (z.B. Ephemeropteren, Chironomiden), erfolgt zumeist keine Nahrungsaufnahme. Die einzige Aufgabe der Tiere ist deshalb das (rasche) Auffinden von Geschlechtspartnern und die Zeugung des Nachwuchses. Danach sterben die Tiere meist sofort ab. Die potamale Ephemeroptere *Ephoron virgo* z.B. lebt so nur eine Nacht (KURECK 1996; Übersicht zu Aufwuchs und Lebensspanne der Insekten allg. bei JACOBS & RENNER 1998 m.w.N.).

Adulte Weibchen von *Baëtis vernus* (Ephemeroptera) haben z.B. bis zur Eiablage eine Mortalitätsrate von 98,8% (WERNECKE & ZWICK 1992). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch JACKSON & FISHER (1986), die eine Biomasse von 3% der Emergenz ermittelten, die wieder zum Wasser zurückfand. Bei Weibchen von *Apatania fimbriata* (Trichoptera) betrug die Mortalität zwischen Emergenz und Eiablage 80% (ENDERS & WAGNER 1996).

Diese Zahlen verdeutlichen, daß die Tiere durch Räuber, Krankheiten und Witterungseinflüssen einem hohen Selektionsdruck ausgesetzt sind. In einem natürlichen, nicht anthropogen beeinflussten Umfeld beschreiben solche „Mortalitätsraten“ jedoch nicht den vorauszusehenden Untergang einer Art, da diese Tiere durch eine hohe Reproduktionsrate die durch sie ausgefüllte ökologische Nische auch in der kommenden Fortpflanzungsperiode wieder ausfüllen können. Die Beeinflussung des Verhaltens durch die starke Attraktivität von künstlichen Beleuchtungen kann jedoch möglicherweise eine Verschiebung des natürlichen Gleichgewichts der Arten zuungunsten mehrerer Insektengruppen bewirken.

3. Der Aktionsradius aquatischer Insekten

(Eine umfassende Beschreibung dazu findet sich bei SCHEIBE (1997)).

Da das meist kurze Leben eines Insekts nach der Emergenz zum Auffinden von Geschlechtspartnern und weniger zur Aufnahme von Nahrung dient, ist eine Entfernung von

seinem Brutgewässer unwahrscheinlich. So wurden in einer Untersuchung von JACKSON & RESH (1989) in einer Entfernung von 150 Metern vom Gewässer nur noch 10% aquatische Insekten festgestellt. Nach KOVATS et al. (1996 am Bsp. Trichoptera, m.w.N.) sinkt die Zahl der Tiere mit steigender Entfernung vom Gewässer mehr als exponentiell ab. Dabei führen gute Flugeigenschaften Insekten weiter von ihrem Brutbiotop fort; dies kann als Überlebensstrategie gewertet werden (JOHNSON 1969). So fliegen langflügelige Insekten besser als kurzflügelige (HARRISON 1980). Verschiedene morphologische Änderungen, wie z.B. ein reduzierter Anallobus, erlauben einen schnelleren Flügelschlag und damit ein besseres Fliegen bei Wind (SAETHER 1981 bei Chironomiden).

Aufgrund der von Feuchtgebieten, Fließgewässern und Seen geprägten Landschaften Deutschlands ist der Anteil aquatischer Insekten jedoch als hoch zu bewerten. Insofern kommt dem Ergebnis dieser Arbeit eine nicht unmaßgebliche Bedeutung bezüglich der ökologischen Beeinflussung der gesamten Insektenfauna durch künstliche Lichtquellen zu.

II. Der Anflug der Insekten zum Licht

Aus welchen Gründen fliegen Insekten zum Licht ?

Es ist zunächst festzustellen, daß viele Verhaltensweisen („höherer“ Diptera), wie Bewegungsaktivität, Flug, Paarung, Eiablage etc. durch endogene Oszillatoren gesteuert werden, die durch die Hell-Dunkel-Tagesphasen synchronisiert werden (SAUNDERS 1982, SAUNDERS 1997 m.w.N.). Zeitspannen von Aktivität und Ruhe wechseln sich dabei ab. Licht ist dabei nicht von unbedingter Attraktivität.

Die in dieser Arbeit vorliegenden Untersuchungen zum Lichtanflug von Insekten können nicht die natürliche (Nacht-)Aktivität der Tiere widerspiegeln (so z.B. nicht erkannt von KURTZE 1974 und dessen umfangreichen Untersuchungen mit Lichtfängen): Manche Arten fliegen während eines nächtlichen Lichtfangs gleich zu Beginn an und werden eingesammelt - so wird eine spätere Ruheperiode und ein erneutes Anfliegen, d.h. Aktivitätsphasen, nicht mehr erkannt, bzw. es werden darüberhinaus die natürlichen Tag- und Nachtrhythmen nicht mehr eingehalten (so auch MÜLLER & ULFSTRAND 1970 m.w.N.). *Philopotamus montanus* (Trichoptera) ist nach Sammlung mit einer (nicht-attraktiven) Luftstromfalle tagaktiv; mit einer Lichtfalle wurde die Tiere jedoch auch nachts gefangen. *Rhyacophila montana* (Trichoptera) ist dagegen eine nachtaktive Art, wie es die Fänge mit der Luftstromfalle zeigten. So zeigte sich bei MÜLLER & ULFSTRAND (1970), daß die normale Flugaktivität (ohne Lichteinfluß) der Trichoptere *Philopotamus montanus* aus 69% Männchen und 31% Weibchen bestand. An einer Lichtfalle kehrte sich das Geschlechterverhältnis um ! Bei *Rhyacophila nubila* aber blieb das Verhältnis in den Fallen bei 75% Männchen, 25 % Weibchen, gleich, unabhängig davon, ob die Falle mit Licht betrieben wurde oder nicht.

Es können sich also erhebliche Unterschiede in der Aktivität der Tiere bei Fängen mit nicht-attraktiven (Saug-, Prall- oder Klebfang) oder attraktiven Fallen (Licht) ergeben.

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es jedoch, herauszufinden, in welchem Maße Insekten vom Licht angezogen werden und inwieweit Witterungsfaktoren und Wellenlängen des emittierten Lichts dabei eine Rolle spielen.

Es ist anzunehmen, daß Aktivitätsphasen, wie der Paarungsflug, an bestimmte Tageszeiten gekoppelt sind, um die Wahrscheinlichkeit des Partnerfindens zu erhöhen. Gerade die Dämmerungszeit bietet sich dabei als zeitlich eingeschränkte Phase an, die von der Lichtintensität bestimmt wird und von tageszeitlicher Oszillation unabhängig sein könnte.

Je nach dem Vorhandensein bestimmter physiologischer Stimuli können also Insekten positiv oder negativ phototaktisch reagieren (z.B. bei Bienen VON FRISCH 1965). Zudem muß berücksichtigt werden, daß manche Tiere erst ab einem bestimmten physiologischen Status phototropisch reagieren (bei *Drosophila*, MCEWEN 1931).

Zu unterscheiden ist hier auch zwischen den verschiedenen Intensitäten von UV-Licht: Bei starker Sonneneinstrahlung ziehen sich zart gebaute Insekten in die Dunkelheit zurück, um sich vor Austrocknung zu schützen; erst in der Dämmerung nimmt man die Massen an fliegenden Insekten wieder wahr.

MAZOKHIN-PORSHNYAKOV (1969) nahm an, daß der Anflug ans Licht (speziell UV-Licht) von einem sehr ursprünglichen Fluchtmechanismus abzuleiten ist. Das Licht von Sonne, Himmel und Mond besitzt einen hohen Anteil kurzer Wellenlängen (<450nm), dem gegenüber die Reflektion von Blättern, Boden etc. im wesentlichen aus längeren Wellenlängen (>450nm) besteht (MENZEL 1979). Erste farbwahrnehmende Pigmente in der erdgeschichtlichen Entwicklungsreihe der Tiere mögen auf diese Unterscheidung hin entstanden sein. Verhaltensstudien bestätigen dieses Grundprinzip (CHITTKA 1996B).

Die ersten wissenschaftlichen Tests führten zu der Theorie des Tropismus (BOHN 1904, SCHÖNE 1975 m.w.N.): Die grundlegende Bewegung der Tiere ist die Tropotaxis; das Tier dreht seine Körperachse, bis beide Augen vom Licht gleichmäßig beleuchtet werden. Zur Unterstützung dieser Theorie zeigte sich, daß Arthropoden mit einem bedeckten Auge Kreise in Richtung des offenen (beleuchteten) oder des abgeschirmten Auges drehten, je nachdem, ob sie photopositiv oder -negativ reagierten.

Eine etwas differenzierte Betrachtung erfolgt durch die Theorie der Telotaxis (jede Art objektgerichteter Bewegung) bzw. Menotaxis (Navigation auf größeren Strecken): Die Tiere laufen entweder direkt auf das Licht zu (wie oben), oder sie halten einen entsprechenden Winkel zu der Lichtquelle ein (z.B. von BUDDENBROCK & SCHULZ 1933 m.w.N.).

Das mögliche Phänomen der Blendwirkung künstlicher Lichtquellen als Erklärung zur Anlockung an das Licht muß jedoch auch in eine Betrachtung miteinbezogen werden (SCHACHT & WITT 1986): Durch den hellen Schein eines Lichtes erscheint der außerhalb der Beleuchtung liegende Raum dunkel; je heller das Licht wird, umso mehr wird der nichtausgeleuchtete Raum „unsichtbar“. Es bleibt somit ein ausgeleuchteter Lichtkorridor. Für das fliegende Insekt scheint nur noch dieser Lichtraum zu existieren. Da Insekten ihre Augen niemals in ihrem Körperschatten halten, fliegen die Tiere weiter in den Lichtkorridor hinein und somit zur Lampe hin. Hier wird beobachtet, daß die Tiere oftmals in wilde Panikbewegungen verfallen, was sie

eventuell aus dem Lichtraum heraus trägt. Die meisten Tiere können jedoch dem Licht nicht entkommen. Nachtaktive Insekten haben zumeist ein niedriges Auflösungsvermögen ihrer Umwelt, das z.T. 1000mal geringer als das des Menschen ist. Insofern ist die Blendwirkung beim Insekt 1000fach erhöht, d.h., ein Insekt würde demnach von einer 1000m entfernten Lampe so geblendet, wie der Mensch von einer ein Meter entfernten Lichtquelle.

Eine Vielzahl weiterer Erklärungsversuche liegen vor, sie berücksichtigen jedoch immer nur Teilaspekte und niemals die Komplexität des Verhaltens (Überblick bei WEHNER 1981) und lassen vermissen, daß selbst von Art zu Art einer Gattung erhebliche Verhaltensdifferenzen vorliegen (wie in dieser Arbeit aufgezeigt wurde).

Um die Frage nach dem Anflug des Insekts an das Licht nachzugehen, bzw. um die Grundprinzipien des Sehens und der daraus folgenden Aktivität des Tieres zu verstehen, ist jedoch zuerst der Aufbau des Insektenauges zu betrachten. Ausgehend von der Morphologie des Auges können dann Vergleiche mit in der Literatur beschriebenen Anflügen von Insekten an das Licht gemacht werden.

Es stellt sich daher die Frage, ob bereits der Augentyp eine Einordnung der Insekten zuläßt.

Danach ist zu fragen, ob die Sensitivität der Sehpigmente bzw. die räumlichen Anordnung der Photorezeptoren einen Rückschluß auf den Lichtanflug gibt. Ein solcher Lichtanflug ist zudem unter dem Aspekt der dargebotenen Lichtqualität und –quantität zu betrachten. Darüberhinaus ist zu prüfen, inwiefern angeborenes und erlerntes Verhalten eine wichtige Rolle bei dem Anflug des Insekts spielt.

1. Der Aufbau des Insektenauges

Die Vielgestaltigkeit der Insekten drückt sich u.a. im unterschiedlichen Aufbau des Insektenauges aus, das sich in seiner Leistungsfähigkeit durch räumliche und zeitliche Auflösung, durch die Fähigkeit zum Sehen von bewegten Objekten, durch seine Sensitivitätsgrenzen, das Sehen von polarisiertem Licht und der Schnelligkeit der Dunkel- und Helladaptation wesentlich unterscheiden kann (CAVENEY 1998).

Es gibt zwei Typen von Augen: einlinsige Ocellen und Komplexaugen, in denen eine oft große Anzahl von Richtungsaugen zusammenrücken. Insekten besitzen entweder beide Typen oder nur die Komplexaugen. Beiden Augentypen ist gemeinsam, daß mehrere Sinneszellen zu einer ursprünglich rotationssymmetrischen Anordnung, dem Ommatidium, zusammentreten. Darüberhinaus sind bei einigen Insekten, wie *Drosophila melanogaster* oder *Luciola cruciata*, *L. lateralis* (Diptera), Nervenzellen im Hirn nachgewiesen worden, die photo-sensitiv sind und die Tag- und Nachtsynchronisation (mit-)steuern (z.B. SAUNDERS 1997, HARIYAMA & TSUKAHARA 1998).

a) Die Ocellen (Stirnaugen)

Die Ommatidien der Ocellen besitzen im Gegensatz zu den Komplexaugen (s.u.) oft eine gemeinsame Linse mit darunter liegendem Glaskörper. Ephemeropteren z.B. haben eine Kugel aus polygonalen Hypodermiszellen (HESSE 1901). Dieser Augentyp kann zur Helligkeitsbestimmung, Lagestabilisierung des Insekts im Flug bzw. zur Orientierung an der Sonne benutzt werden (ROSENZWEIG et. al. 1998 m.w.N.). Auch die Wahrnehmung von polarisiertem Licht ist möglich (WELLINGTON 1974B, bei *Bombus*). Entsprechende Feinstrukturen in den Ocellen sind bei Ephemeropteren und Dipteren nachgewiesen worden (WEBER & RENNER 1976 m.w.N.). Die Ocellen sollten dabei nicht als von den Komplexaugen unabhängige Lichtsinnesorgane angesehen werden, denn gerade das Zusammenwirken von Informationen der Ocellen und der Komplexaugen liefert die zur Orientierung erforderlichen Informationen (JANDER & BARRY 1968, STREBLE 1960). Die Bedeutung der Ocellen in bezug auf den nächtlichen Lichtenflug kann dabei erheblich sein; es fehlt jedoch an wissenschaftlichen Untersuchungen.

Es gibt keine, allen Insekten gemeinsame Funktion der Ocellen; vielmehr differiert die Funktion nach der Lebensweise der Tiere. Fraglich ist, ob die Sehleistung der Stirnaugen über ein bloßes Richtungssehen hinausreicht (nach HESSE 1901 ist eine differenzierte Bildwahrnehmung möglich; vergl. *Cloëon*, *Aeschna*, *Anabolia*); eine optische Isolierung der Sehzellen durch ein Tapetum ist möglich. Es wird jedoch inzwischen die Meinung vertreten, daß das Sehvermögen der Ocelli eingeschränkt ist, da die Bilder aufgrund der Wölbung der Linse erst jenseits der Rezeptoren scharf fokussiert werden. Die von den Ocelli wahrgenommenen Bilder sind somit unscharf (LAND 1985 m.w.N.).

Die Ocelli der Dipteren sind empfindlich gegenüber UV- und blau-grünem Licht (320-450nm, mit einem Maximum bei ca. 340nm und 425nm, z.B. KIRSCHFELD & LUTZ 1977, HU et al. 1978,

KIRSCHFELD et al. 1988); sie besitzen jedoch nur einen Photorezeptortyp (a.A. z.B. EATON 1976).

b) Die Komplexaugen

aa) Die Morphologie der Komplexaugen

Die folgende Beschreibung der Morphologie des Insektenauges soll aufzeigen, welche Augentypen überhaupt für ein Sehen in der Dämmerung und Dunkelheit geeignet sind.

Im einzelnen Element des Komplexauges, dem Ommatidium (Abb.34), fällt das Licht durch die hexagonale chitinige Kornealrinse über eine transparente Zone auf das Rhabdom, einem lichtbrechenden axialen Stäbchensaum der Sehzellengruppe, in dem sich die Photopigmente befinden.

Bei hemimetabolen Insekten (z.B. Ephemeropteren, Odonaten) sind die einzelnen Ommatidien ständig durch Pigmente gegeneinander abgeschirmt; es ergibt sich ein Mosaikbild (Appositionsauge). Demgegenüber kann bei einigen männlichen Ephemeropteren (s. S.87f.) und holometabolen Insekten (z.B. Trichopteren, Lepidopteren, Dipteren, z.T. Hymenopteren) in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke eine Pigmentwanderung stattfinden, die bei schwacher Beleuchtung dazu führt, daß nun mehrere, von verschiedenen Kristallkegeln entworfene Lichtstrahlen eines bestimmten Objektpunktes auf ein und dasselbe Rhabdom fallen (Superpositionsauge). Es entsteht ein einzelnes Bild auf der Retina.

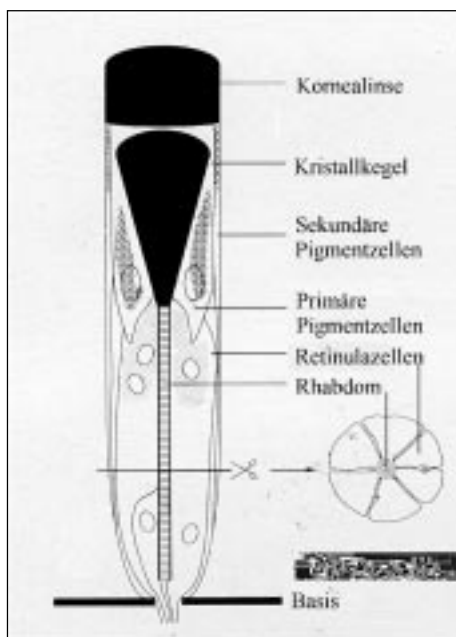
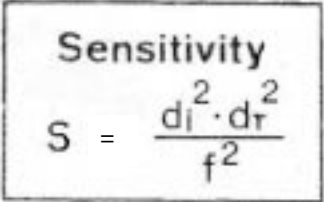


Abb. 34 : Schema eines Ommatidiums im Appositionsauge (nach WARRANT & MCINTYRE 1993)

Wichtig für das Dämmerungssehen ist, daß die Sensivität des Auges (S) (am Beispiel des Appositionsauges) u.a. durch Verkleinerung von f im Verhältnis f/d_i erhöht wird (Abb.35).

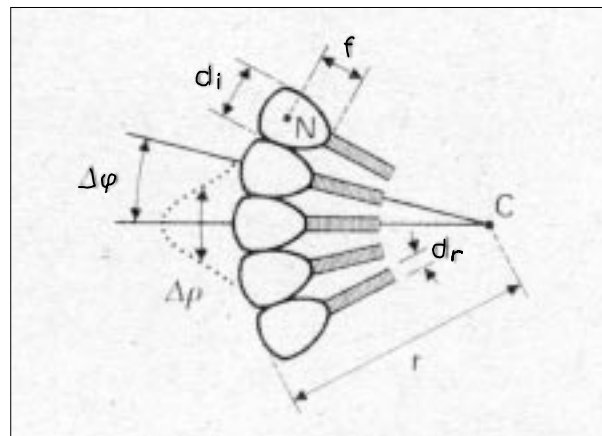
Werden f , d_i und d_r aufeinander abgestimmt, so kann eine dem Ein-Linsen-Auge vergleichbare Lichtempfindlichkeit erreicht werden. Je nach Lebensweise des Tieres (tag-, dämmerungs-, nachtaktiv) können sich die Empfindlichkeiten im Bereich von drei bis über fünf logarithmische Einheiten erstrecken (WEHNER & SRINIVASAN 1984, LAUGHLIN 1976); so variiert die Lichtempfindlichkeit der aquatischen Coleoptere *Dytiscus* um 3 logarithmische Einheiten (JAHN & WULFF 1943). Das entspricht dem Wechsel zwischen Sonnenlicht und Mondlicht (LAND 1981).



Sensitivity

$$S = \frac{d_i^2 \cdot d_r^2}{f^2}$$

Abb.35: Sensivität des Komplexauges
(aus WEHNER & SRINIVASAN 1984).



Die Photonenaufnahme eines Rezeptors steigt also mit der Breite von Ommatidium und Rhabdom und nimmt ab mit der Länge des gesamten optischen Apparates.

Nach ZEIL (1983) ist überdies auch die Länge der Rhabdomere (=verbesserter Photonenfang) relevant. Das Rhabdom streckt sich bei Dunkelheit (z.B. bei *Aedes aegypti*, BRAMMER et al. 1974; zusammenfassend bei AUTRUM 1981). Darüberhinaus muß die „sampling time“ t einer bestimmten Anzahl von Photonen, die im Rhabdom empfangen werden, berücksichtigt werden (SNYDER 1977): Schnellfliegende Insekten nehmen ihre Umwelt somit dunkler wahr.

Entscheidend für die Lichtadaption ist aber auch die Isomerisation der Photopigmente und die Änderung des Membranwiderstands (MENZEL 1975). Zudem kann die Lichtreflektion auf der Oberfläche der Kornealinsen verringert werden, so z.B. bei nachtaktiven Lepidoptera (BERNHARD et al. 1970 m.w.N.). Weitere Möglichkeiten, das Sehen unter ungünstigen Lichtverhältnissen zu verbessern, sind z.B. durch einen spiegelnder Augenhintergrund machbar; manche Insekten besitzen ein aus den Tracheenkapillaren gebildetes Tapetum, so daß das Licht reflektiert wird.

Es bieten sich also zahlreiche Erklärungsmöglichkeiten, die zu einem verbesserten Dämmerungssehen führen. Eine zusammenfassende Beschreibung liegt leider in der Literatur noch nicht vor.

Eine Verbesserung der Sehleistung erfolgt auch durch eine bei manchen Insekten z.T. sehr hohe Anzahl Ommatidien, was auf ein komplexes Sehvermögen schließen läßt. Bis zu 30.000 Ommatidien an einem Auge wurden bisher beschrieben (Odonata – WEHNER & SRINIVASAN 1984; 5500 bei *Apis*, 750 bei *Drosophila* - CAVENEY 1998). In völliger Dunkelheit lebende Insekten weisen bisweilen vollkommen reduzierte Augen auf (CAVENEY 1998).

Um so mehr Ommatidien ein Auge besitzen kann, desto größer ist die Möglichkeit, daß das Auge in verschiedene Bereiche mit unterschiedlichen Aufgaben unterteilt werden kann. Das Auflösungsvermögen des Komplexauges ist jedoch weit von dem des menschlichen Auges entfernt: Das Insektenauge müßte einen Durchmesser von 40 Metern haben, würde es dem menschlichen Auflösungsvermögen gleichkommen (WEHNER & SRINIVASAN 1984). Trotzdem ist das Sehvermögen vieler Insekten außerordentlich gut: Vorbeifliegende Geschlechtspartner bzw. Nahrungsquellen (Blüten) können mühelos durch Sehen erkannt werden. Einzelne Tiere, die durch Auf- und Abfliegen den Paarungstanz durchführen, werden aus mehreren Metern erkannt (z.B. bei Limoniiden aus drei Metern Entfernung und einem Winkel von ca. 30° – eigene Beobachtung). Die Erkennung beruht hier wohl im wesentlichen auf Bewegungsmustern der Tiere, erst bei größter Nähe (1-2cm) werden artspezifische Farbkontraste und Muster erkannt (z.B. bei *Mantis*: ROSSEL 1979). Bei Lepidoptera werden Geschlechtspartner durch die Frequenz des Flügelschlagens ins Verbindung mit der Farbkombination des Flügels erkannt (in WEHNER & SRINIVASAN 1984 nach KNOLL 1922). Zonen mit größerem interommatidialen Winkel bzw. weiterem Rhabdom/dichter gepackten Photorezeptoren, wie z.B. bei der fovea-ähnlichen Region von *Mantis* (ROSSEL 1979) oder bei Libellen, die mehrere Foveae in einem Auge besitzen können (SHERK 1978), sind sehschärfer als andere Regionen des Auges (zusammenfassend bei LAND 1990: Foveae sind bei vielen Insekten – je nach deren „field of interest“ – zu finden).

Aber nicht nur die räumliche Auflösung, sondern auch die Fähigkeit, geringe Intensitätsunterschiede zwischen verschiedenen Punkten im Sehfeld auszumachen, machen ein scharfes Sehen aus (WEHNER 1981).

Die großen Komplexaugen der Insekten lassen eine umfassende Schematisierung der Umgebung zu und sind wahrscheinlich als Anpassung an die eingeschränkte Kopfbeweglichkeit der Tiere zurückzuführen. Licht und Schatten, Bewegungsmuster von Geschlechtspartnern, Farbe und Formen mögen folglich als Reihenfolge der Bedeutung gelten.

Die Komplexaugen der Insekten lassen sich in fünf Typen aufteilen (zusammenfassend z.B. bei NILSSON 1989, LAND 1990, WARRANT & MCINTYRE 1993, CAVENEY 1998 m.w.N.):



Abb.36: Schemata der drei Haupttypen des Insektenauges:

a) Appositionsaug, b) Optisches Superpositionsaug, c) Neutrales Superpositionsaug
(Beschreibung s.u.; Abb. aus KIRSCHFELD 1967)

- Das Appositionsaug (Abb.36a)

Dieser ursprüngliche Augentyp ist bei fast allen Insektenfamilien zu finden (Tab.23, S.89). Der zusammenliegende Stäbchensaum des Rhabdoms liegt auf dem Focus der Kornealinse. Schräg einfallendes Licht wird durch den Pigmentmantel absorbiert, so daß nur durch den von außen nach innen zunehmenden Brechungsindex des unterhalb der Linse liegenden Kristallkegels gerade einfallendes Licht dem Rhabdom zugeleitet wird.

Eine Erweiterung des Lichteinfallwinkels im Ommatidium führt zu keiner erhöhten Lichtempfindlichkeit, da nur exakt vertikal eintreffende Strahlen in das Rhabdom gelangen; es entsteht lediglich ein gröberes Bildraster. Bei jagenden Insekten (Odonata) weisen bestimmte Ommatidien nur einen Winkel von $0,5^\circ$ auf, in der das Licht eintreten kann. Dadurch wird die Schärfe des Gesamtbildes wesentlich erhöht (HORRIDGE 1977).

Tipuliden sind jedoch in der Lage, durch Verbreiterung des Rhabdom-Durchmessers die Lichtempfindlichkeit bei Dunkelheit zu steigern; so treffen mehr einfallende Photonen das Rhabdom (nach MCINTYRE & CAVENEY, unveröffentlicht, aus WARRANT & MCINTYRE 1993).

Im Appositionsaug findet bei unterschiedlicher Beleuchtungsintensität keine Pigmentwanderung statt (s. Superpositionsaug), so daß das Auge nur an einen sehr schmalen

Lichtintensitätsbereich angepaßt ist und dieser liegt, wie aus dem Flug der Tiere zu erkennen ist, im Tageslicht bzw. bei zart gebauten Tieren (Chironomiden) im Dämmerungsbereich.

Es ist allgemein anzunehmen, daß dieser Augentyp für das Sehen unter nächtlichen Lichtverhältnissen ungeeignet ist; der Typus des AppositionsAuges findet sich so auch bei den meisten tagaktiven Insekten (z.B. STREBLE 1960, WEHNER & SRINIVASAN 1984).

Nachgewiesen ist das Appositionsauge u.a. bei semi-aquatischen/aquatischen Insekten wie z.B. bei *Culex*, *Aedes*, *Anopheles* (SATO 1950, 1953, SATO, KATO & TORIUMI 1957), Tipuliden, Limoniiden (SOTAVALTA, TUURALA & OURA 1962) und Chironomiden, darunter auch bei mehreren in dieser Arbeit vorkommenden Arten (TUURALA 1963).

Neben dem Vorhandensein eines Tapetums (s. S.82) zur Steigerung der Lichtempfindlichkeit, besitzen Chironomiden noch eine Möglichkeit zur Verbesserung des Dämmerungssehens: Bei lichtadaptiertem Auge findet eine Pigmentwanderung zwischen den Rhabdomeren statt; bei Dunkeladaption verbreitern sich die Rhabdomere, gleichzeitig wird der Kristallkegel kürzer, so daß sich die runde Grenzfläche zwischen Kristallkegel und Rhabdom vergrößert: Mehr Licht trifft so auf den Rhabdomstab, der Durchmesser der Grenzfläche ist so 1,5-1,7mal vergrößert, währenddessen die Länge des Rhabdoms unverändert bleibt (TUURALA 1963).

- Das Appositionsauge ohne Kristallkegel

Statt des Kristallkegels findet sich bei dieser Variante des Appositionstypus unterhalb der Kornealinse ein mit Cytoplasma und Nuclei gefüllter Raum der Kegelzellen. Dieser Augentyp scheint vor allem eine Anpassung bei sehr kleinen Insekten (1mm Größe) zu sein und findet sich bei ursprünglichen Dipteren, z.B. bei manchen Nematoceren (Tipuliden, RO & NILSSON 1994). Primäre Pigmentzellen sind hier in der Lage, oberhalb des Rhabdoms eine Art Pupille zu bilden, die je nach einfallender Lichtstärke mehr oder weniger Licht dem Rhabdom zukommen läßt (RO & NILSSON 1994; bereits in SOTAVALTA, TUURALA & OURA 1962). Die Pupille kann sich um das 100- bis 300-fache vergrößern. Dies ist wesentlich effektiver als eine Grenzflächenvergrößerung (s.o.).

Es ist anzunehmen, daß diese Tiere das Restlicht des Tages ausnutzen können.

- Das afokale (= teleskopartige) Appositionsaug

Dieser Augentyp ist gegenüber dem fokalen Appositionsaug wesentlich lichtempfindlicher und bietet eine bessere räumliche Auflösung: Der Kristallkegel spitzt sich zu einem tunnelartigen Trichter zu („Teleskop“), in dem das Licht wirkungsvoll gebündelt wird, bevor es auf das Rhabdom geleitet wird. Es entsteht wie beim optischen Superpositionsaug ein aufrechtes Bild auf dem Rhabdom, im Gegensatz zu dem invertierten Bild, wie es bei dem normalen Appositionsaugentyp festgestellt wurde. Obwohl der fokale Appositionsaugentyp offenbar das Sehen unter ungünstigen Lichtverhältnissen verbessert, besitzen gerade tagaktive und nur einige nachtaktive Schmetterlinge ein solches afokales Appositionsaug. Es ist davon auszugehen, daß dieser Typus eine frühe Entwicklungsstufe des optischen Superpositionsauges darstellt (NILSSON et al. 1984, 1988).

- Das optische Superpositionsaug (Abb.36b)

Im dunkeladaptierten Zustand zieht sich das die Ommatidien voneinander abschirmende Pigment zurück, so daß Licht auf das Rhabdom benachbarter Ommatidien fällt; dadurch besitzen die Tiere sehr große und effektive „Pupillen“. Die Umlenkung des Lichts erfolgt durch einen besonderen Kristallkegel (Linsenzylinder). Die Strahlen treten durch die Brennweite der langen Kegel am unteren Ende wieder aus und treffen wieder auf das Rhabdom, das von dem zentralen Lichtstrahl getroffen wird. Die Lichtstärke wird so gegenüber dem Appositionsbild um den Faktor 10^3 gesteigert (KIRSCHFELD 1974). Dies geht aber möglicherweise auf Kosten der räumlichen Auflösung, da die weitstreuenden Linsen des Superpositionsauges zu sphärischen Aberrationen führen (CAVENEY 1998).

Mit der Entfernung des Bildes vom Auge ändert sich die Stärke der Bildüberschneidung. Es ist anzunehmen, daß das Insekt dies nicht als optischen Mangel ansieht, sondern als Abstand vom gewählten Objekt (STREBLE 1960).

Bei stärkerer Belichtung wird durch Pigmentverlagerung in den primären und sekundären Pigmentzellen wieder eine Abschirmung der Ommatidien herbeigeführt, so daß jede Retinula nur noch Licht erhält, das durch den zugehörigen Kristallkegel getreten ist. Aus dem Superpositionsbild wird ein Appositionsbild. Manche Tiere besitzen jedoch ein permanentes Superpositionsaug, obwohl sie tagaktiv sind (WARRANT & MCINTYRE 1990).

Bei nachtaktiven Insekten liegt ein größerer Raum zwischen Kristallkegel und Rhabdomen (sog. „clear zone“) als bei tagaktiven Tieren, so daß bei Dunkeladaptation Licht aus einem Kristallkegel auf mehr Rhabdome trifft (CAVENEY 1998 nach MCINTYRE & CAVENEY,

unveröffentlicht; z.B. bei den Turbanaugen von *Cloëon dipterum* – Ephemeroptera – WOLBURG-BUCHHOLZ 1976).

Männliche Ephemeroptera mit sog. Turbanaugen besitzen sogar zwei Arten von Augentypen: Das Seitenauge des Männchens (identisch mit dem Auge des Weibchens) ist ein Appositionsauge, die nach oben gerichteten Turbanaugen dagegen sind dem (temporären) Superpositionstypus zuzuordnen (ZIMMER 1897, STREBLE 1960). Dieser Augentyp, wie er bei z.B. bei *Cloëon* zu finden ist, stellt das Ende einer Entwicklungsreihe dar, die bei *Baëtis cerea* mit einem äußerlich undifferenzierten Auge beginnt, das im Inneren jedoch in einen Seiten- und einen Frontteil zerfällt; bei *Baëtis*, dann bei *Potamanthus* ist bereits eine erhebliche Verlängerung des Frontteils zu erkennen (ZIMMER 1897, ausführliche Beschreibung der Morphologie verschiedener Ephemeropteren). Bei *Atalophlebia* sind die Kegelzellen von einem gelben Pigmentband umzogen, so daß hier ein Superpositionsehen nicht möglich ist (HORRIDGE & MCLEAN 1978).

Die Flugrichtung der Tiere mit Turbanaugen ist hauptsächlich ein Auf- und Abfliegen.

Das Superpositionsaugauge besitzt also im dunkeladaptierten Zustand im Vergleich zu den anderen Augentypen die höchste Lichtempfindlichkeit und ist zum Sehen unter geringsten Beleuchtungsverhältnissen geeignet (bereits ZIMMER 1897).

- Das neurale Superpositionsaugauge (Abb.36c)

Hier befindet sich statt des Kristallkegels eine transparente Flüssigkeit zwischen Linse und Rhabdom. Die Rhabdomere sind im Gegensatz zum Appositionsaugauge nicht fusioniert: Nur zwei der acht Sehzellen (R7 distal, R8 proximal) sind mittig entlang der Achse des Ommatidiums angelegt, um diese herum befinden sich die Zellen R1 bis R7 auf einer Ebene, wobei jede durch ihren Abstand zur nächsten Sehzelle verschiedene Punkte im Sichtfeld wahrnimmt (z.B. bei *Musca*, *Drosophila*). Sehfelder von benachbarten Ommatidien decken sich teilweise wegen der gestreuten Lage der Rhabdomere. Jeder Blickpunkt eines Ommatidiums wird von sieben Rhabdomeren von sieben verschiedenen Ommatidien erfaßt. Dadurch ergibt sich eine wesentlich höhere Empfindlichkeit gegenüber dem normalen Appositionsaugauge, dessen Bau ähnlich ist. Die Axone der Sehzellen verschmelzen mit fünf anderen aus verschiedenen Ommatidien, die den selben Blickpunkt besitzen.

Durch die Information von mehreren Sinneszellen aus mehreren Ommatidien können um den Faktor sechs erniedrigte Lichtintensitäten wahrgenommen werden (Dämmerungs- und Nachtsicht; DETTNER & PETERS 1999).

- Abgrenzung zwischen den Augentypen

Viele Versuche sprechen dafür, daß es gleitende Übergänge zwischen den verschiedenen Augentypen gibt. Bisherige Untersuchungen konnten jedoch nur einen Überblick verschaffen.

- Folgerung

Die Betrachtung der Funktionsfähigkeit der verschiedenen Komplexaugen scheint die Vermutung zu bestätigen, daß aus dem Augentyp auf die Nachtaktivität und damit auf die Möglichkeit des Anflugs an künstliches Licht geschlossen werden kann. Der Anteil der Tiere mit einfachem Appositionsauge, der bei völliger Dunkelheit ($<0,1$ Lux) an Lichtquellen fliegt, ist gering. Beobachtungen in der Nähe des Gewässers wiesen eine gesteigerte Flugaktivität der Chironomiden vom Eintreten der Dämmerung bis zu etwa 50 Minuten nach Sonnenuntergang auf. Nach dieser Zeit wurde kein freier Flug mehr beobachtet. Es kam lediglich zu einigen direkten Anflügen an das Straßenlampenlicht.

Daß die Problematik des nächtlichen Lichtenflugs aber nicht ausschließlich durch den Augentypus erklärt werden kann, fällt durch die Zusammensetzung des Lichtfangs im Laufe der Nacht auf (eigene Beobachtung): Zwar erhöht sich die Zahl der Tiere mit Superpositionsaugen (Trichoptera, nachtaktive Lepidopteren) im Verhältnis zu den Insekten mit Appositionsauge (Nematocera) im Laufe der Nacht, Flüge der letzteren Gruppe werden jedoch nur reduziert, nicht eingestellt. Dies mag dadurch begründet werden, daß jeder Augentyp das helle Licht wahrnimmt; die tageszeitlichen, endogen geregelten Aktivitätsmaxima liegen aber z.B. bei dämmerungsaktiven Chironomiden (mit Appositionsauge) eben zu Zeiten diffuser Lichtverhältnisse.

Betrachtet man den nächtlichen Massenanflug von *Ephoron virgo* (Ephemeroptera, Appositionsaugentyp) an Licht, so muß man weiter differenzieren. Zum einen ist davon auszugehen, daß von einigen punktuellen Untersuchungen zum Augentypus innerhalb einer Tiergruppe nicht auf alle Arten innerhalb dieser Gruppe zu schließen ist. Zum anderen ergibt sich die Frage, ob Ausnahmen, wie das Massenschwärmen am Licht, tatsächlich auf ein erhöhtes „Interesse“ am Licht zurückzuführen ist oder ob gerade nur eine sehr kleine Menge von Individuen das Licht ansteuert. Der Augentyp spricht dafür, daß diese Tiere nahezu nachtblind

sind; die Fähigkeit zur groben Hell-/Dunkelunterscheidung dient vermutlich nur dazu, daß im „Hellen“, also im freien Raum, die sich im Flug paarenden Insekten besser finden können. Die offensichtlich vom Appositionsauge abgeleiteten übrigen Augentypen weisen durchweg die Fähigkeit zum Sehen unter ungünstigen Lichtverhältnissen auf. Die Wahrscheinlichkeit von Nachtaktivität ist hier, wie oben besprochen, erhöht.

Zur Klärung der genannten Fragestellung wäre es sinnvoll, die Aktivitätszeiten verschiedener Insekten mit ihrem Augentyp zu vergleichen. Diese Untersuchungen würden aufzeigen, ob und inwieweit es Variationen in der Lichtsensitivität von Appositions- und Superpositionsaugen gibt.

Eine Zuordnung der Augentypen zu verschiedenen Insektenordnungen zeigt Tab.23 auf:

Ordnung	Einfaches Appositionsauge	Appositionsauge ohne Kristallkegel	Neurales Superpositionsaug	Afokales Appositionsauge	Optisches Superpositionsaug
Exopterygota					
Ephemeroptera	•				•
Odonata	•				
Plecoptera	•				
Endopterygota					
Coleoptera	•	•			•
Hymenoptera	•				
Trichoptera					•
Lepidoptera				•(tag- u. nachaktive)	•(nachtaktive)
Diptera, davon					
Nematocera	•	•	•		
Brachycera	?	?	•		

Tab.23: Komplexaugen bei Insekten (Auswahl; nach LAND 1985, NILSSON 1989, erweitert)

bb) Die spektrale Empfindlichkeit der Photorezeptoren

Zur Wahrnehmung der Umgebung ist das Auge nur in Verbindung mit den Lichtsinneszellen (Photorezeptoren) fähig. Die Lichtenergie wird zu elektrischen Signalen umgewandelt (allgemein hierzu z.B. PENZLIN 1991, DETTNER & PETERS 1999). Farbsehen setzt allerdings

üblicherweise Photorezeptoren mit verschiedenen spektralen Empfindlichkeiten voraus. Im allgemeinen muß dazu der Rezeptor Sehpigmente mit Absorptionsbereichen für unterschiedliche Wellenlängen besitzen. Eine Sehzelle sollte dabei nur eine Art von Photopigment besitzen.

Viele Insekten haben im Vergleich zum Menschen ein erweitertes Absorptionsspektrum, das in den UV-Bereich reicht; hierdurch wird auch die Lichtempfindlichkeit des Photorezeptors gesteigert. Im allgemeinen herrscht ein trichromatisches Farbsehen vor mit einem fehlendem Sehvermögen von rotem Licht. Bei einigen Insekten liegt tetrachromatisches Farbsehen vor, daß einen Empfindlichkeitsbereich vom kurzwelligem UV- bis hin zu langwelligem Rotlicht aufweist (s.u.). Das Vorhandensein von nur zwei Rezeptoren (UV und Grün) ist verbreitet (z.B. GOGALA 1967 bei Plannipennia, MENZEL & KNAUT 1973 bei der Ameise *F. polyctena*, HARRIS et al. 1976 bei *Drosophila*).

Farbsehen ist auch bei Vorhandensein eines einzigen Rhodopsins möglich; das bestätigen auch Verhaltensstudien (KONG et al. 1980). Möglich ist dies wohl durch das Vorhandensein von Farbfiltern in Linsen, die verschiedenen Ommatidien aufliegen (BERNARD & MILLER 1968, CRONIN & MARSHALL 1989). Mit Hilfe von Farbfiltern besitzt so die Crustacea *Pseudosquilla ciliata* elf verschiedene Photorezeptoren (CRONIN & MARSHALL 1989).

Lediglich einen Rezeptor (für grünes Licht) besitzt offensichtlich die Stechmücke *Aedes* (GOLDMAN 1971). MAGNUM & CALLAHAN (1968) wiesen jedoch auch einen Anflug an infrarotnahes Licht nach. Auch Nachschmetterlinge nutzen Infrarotquellen zum direkten Anflug (CALLAHAN 1965). Ob dieses Licht allerdings mit den Augen wahrgenommen wird, ist fraglich: Coleopteren der Art *Melanophila acuminata* (Buprestidae) sind in der Lage, durch extraokulare Rezeptoren am Thorax nahe der Mesocoxen punktgenau infrarotes Licht, d.h. Hitze, in der Entfernung von mehreren Kilometern wahrzunehmen (EVANS & KÜSTER 1980); die Tiere legen bevorzugt in von Feuer geschwächten Bäumen ihre Eier ab (durch das „Sehen“ der Hitze sind sie die ersten Tiere nach Waldbränden und haben so einen Selektionsvorteil).

Bei Fliegen (*Musca*) ist ferner ein Antennenpigment mit einem Absorptionsspektrum von 420nm bekannt, das die Energie ultravioletten Lichtes dem Rhodopsin zuleitet, dessen α -Band bei längeren Wellenlängen liegt (KIRSCHFELD et.al. 1977, ähnlich auch BRUCKLER & WILLIAMS 1981 bei der Caelifere *Romalea micoptera*). Auch liegen Untersuchungen über akzessorische Sehpigmente vor (so z.B. in *Calliphora* und *Musca*, AUTRUM & STUMPF 1953), die zu Sekundärpeaks z.B. im Rotbereich bei 620nm führen. Darüberhinaus ist auch elektrische Kopplung von Rezeptorzellen mit

unterschiedlichen Photorezeptoren möglich, bzw. können möglicherweise auch zwei Rhodopsintypen in einer Rezeptorzelle liegen (WHITE 1985 m.w.N.).

Schließlich ist eine negative elektrische Kopplung zwischen unterschiedlichen Rezeptoren möglich, so daß mit der Stimulation eines Farbrezeptors ein anderer unterdrückt wird (MENZEL & BLAKERS 1976). Auch können Intensität des Lichtes (FINGERMAN & BROWN 1952, BALLARD 1958, STERMER 1959, ECKERT 1972) und Temperatur (MORGAN 1968) die spektrale Empfindlichkeit verändern. Zudem verändern sich (bei Lepidopteren) im Laufe der Nacht die Reaktionen auf Blau und Grün (CALLAHAN 1957).

Bei den Turbanaugen der Ephemeropteren-♂♂ wird schräg einfallendes Licht so gefiltert, daß nur längerwelliges Licht eintritt, dieses dient den uv-empfindlichen Pigmenten der Photoreisomerisierung von Rhodopsin (HORRIDGE 1976, s.a. unten; zur Photoreisomerisierung schon HAMDORF et al. 1972, HAMDORF et al. 1973).

Mehrere Methoden zur Messung der Farbempfindlichkeit werden unterschieden: Rhodopsin-Extraktion, die extrazelluläre Ableitung der elektrischen Antwort vom ganzen Auge (Elektroretinogramm, ERG), die intrazelluläre Ableitung von einzelnen Zellen, die Mikrospektrometrie (zusammenfassend in WHITE 1985) und die „Fourier interferometric stimulation“ (FIS, dazu GEMPERLEIN 1982).

Ähnlich der breiten Vielfalt der Insekten ist auch die Wahrnehmung für bestimmte Wellenlängenbereiche unterschiedlich ausgeprägt: Untersuchungen zur Lichtempfindlichkeit von Insekten mit den o.g. Methoden zeigen, daß der UV-Rezeptor am empfindlichsten ist bei Wellenlängen um 340nm (artspezifische Schwankungen von 312 – 380nm, Sekundärpeaks nicht berücksichtigt), der Blau-Rezeptor, sofern vorhanden, bei 450nm (420-490nm), der Grün-Rezeptor bei 500nm (460-540nm) und – sofern vorhanden – der Rotrezeptor bei etwa 620nm (**Odonata** – AUTRUM & KOLB 1968, HORRIDGE 1969, EGUCHI 1971, CHAPPELL & DEVOE 1975, LAUGHLIN 1975, MEINERTZHAGEN et al. 1983-, **Blattariae** – WOLKEN & SCHEER 1963, MOTE & GOLDSMITH 1970 -, **Caelifera** – BENETT et al. 1967 -, **Heteroptera** - BRUCKMOSER 1968, BENETT & RUCK 1970, HAMANN & LANGER 1980 -, **Plannipennia** – GOGALA 1967, SCHWEMER et al. 1971 -, **Hymenoptera** - AUTRUM & ZWEHL 1964, MCCANN & ARNETT 1972, MENZEL & KNAUT 1973, MENZEL & BLAKERS 1976, BERTRAND et al. 1979, -, **Lepidoptera** – HASSELMANN 1962, HAMDORF et al. 1972, , STRUWE 1972, HÖGLUND et al. 1973, SCHWEMER & PAULSEN 1973, STEINER et al. 1987 -, **Coleoptera** - HASSELMANN 1962 - und **Diptera** - GOLDSMITH & FERNANDEZ 1968, ALAWI et al. 1972, BURKHARDT 1972, BURKHARDT & DE LA MOTTE 1972,

MINKE et al. 1972, BISHOP 1974, HORRIDGE et al. 1975, STARK 1975, HARRIS et al. 1976, MEFFERT & SMOLA 1976, HARDIE 1979, HARDIE et al. 1979).

Der zunächst oft in Frage gestellte Rot-Rezeptor (z.B. bei ERG-Messungen POST & GOLDSMITH 1969, allg. MENZEL 1979) konnte jedoch schließlich bei Vertretern unterschiedlicher Insektenordnungen nachgewiesen werden (Lepidoptera - BERNARD 1979, STEINER et al. 1987; Odonata – MEINERTZHAGEN et al. 1983; Hemiptera (*Notonecta*) - SCHWIND et al. 1984).

Aber auch bei Tieren, die über keinen Rotrezeptor verfügen, ist Sehen im Bereich roter Farben bedingt möglich; die Wahrnehmung von 700nm liegt aber so z.B. 6 logarithmische Einheiten geringer als die Empfindlichkeit bei 340-350nm (GOLDSMITH & FERNANDEZ 1968). Ähnliches berichten auch LYTHGOE & PARTRIDGE (1989 m.w.N.): Das Sehpigment für Wellenlängen von 630nm ist auch noch empfindlich bei Wellenlängen von 740nm, die Empfindlichkeit liegt hier noch bei 10% der maximalen Sensivität.

Abschließend muß festgehalten werden, daß die „luminosity curve“ des ERG lediglich die Empfindlichkeit der Photorezeptoren aufzeigt, aber ansonsten keine weitere physiologische Signifikanz besitzt. Zur Problematik von ERG-Messungen ist deshalb nachzulesen bei GOLDSMITH (1990), GOLDSMITH & BERNARD (1974).

Zum Farbsehen von aquatischen Insekten (außer Odonata, s.o.) konnten trotz intensiver Recherche nur zwei Literaturhinweise gefunden werden: Wie oben erwähnt, besitzen adulte *Aedes*-Mücken nur einen Grünrezeptor (GOLDMAN 1971). HORRIDGE (1976) führt in seiner Beschreibung der Morphologie von *Cloëon*-Ommatidien an, daß Ephemeropteren-♂♂, die im Paarungsflug Weibchen von unten her gegenüber dem Himmelslicht ausmachen und fangen, eine besondere Sensivität gegenüber kurzen Wellenlängen des Lichts haben müßten. In einer kurz vor Veröffentlichung hinzugefügten Anmerkung gibt er an, daß im ERG ausschließlich Sensivität für UV-Licht im dorsalen Auge von *Atalophlebia* (Leptoplebioidea) vorliegt (Angabe bezieht sich wahrscheinlich auf Messungen von MEYER-ROCHOW von 1975/1976, der Untersuchungen am dorsalen Auge von *Atalophlebia* durchgeführt hat - MEYER-ROCHOW 1971).

Verhaltensstudien bei Ephemeropterenlarven (Heptageniidae) zeigen eine Reaktion auf Rot- (650nm) und Grünlicht (HEISE 1992). Es ist ferner anzunehmen, daß ein solches Sehvermögen bei vielen aquatischen Insektenlarven zu finden ist, da in organisch angereicherten Gewässern das Spektrum zum Roten hin verschoben ist (z.B. HOWARD-WILLIAMS & VINCENT 1985; LYTHGOE & PARTRIDGE 1989). Es stellt sich dann die Frage, ob auch Adulte weiter über eine Rotempfindlichkeit verfügen. Bei Odonata ändern sich die Photorezeptoren von der Larve zum

adulten Tier (RUCK 1965). Es ist also anzunehmen, daß eine Rot-Sensivität bei adulten aquatischen Insekten verbreitet sein könnte (HEISE 1992).

Der Grund für fehlende Untersuchungen bei aquatischen Insekten mag darin liegen, daß sie nicht auf das Erkennen einer farbigen Umwelt (wie z.B. Bienen) angewiesen sind und so keine wissenschaftliche Aufmerksamkeit erregen.

Vergleiche zwischen der Farbempfindlichkeit der Insekten und ihrer Umgebung haben gezeigt, daß Rezeptortypen mit einer spektralen Empfindlichkeit von 340nm, 430nm und 540nm optimal geeignet sind zum Erkennen von in der Flora vorkommenden Farben (CHITTKA & MENZEL 1992, CHITTKA 1996A,B); Rezeptoren mit einer Empfindlichkeit von 320nm, 420-450nm und 480-560nm sind optimal in der Unterscheidung von grünen Blättern (LYTHGOE & PARTRIDGE 1989).

Durch geringe Änderungen auf molekularer Basis kann überdies die spektrale Empfindlichkeit verschoben werden:

Bei Vertebraten läßt sich die Empfindlichkeit eines Sehpigment, das für der Absorption langwelliger Strahlung vorgesehen ist, um 55nm nur durch die Bindung eines Chlorid-Ions verändern (KLEINSCHMIDT & HAROSI 1992). NEITZ et al. (1991) wiesen bei menschlichen Sehpigmenten nach, daß allein drei Aminosäuresubstitutionen ausreichen, um die spektrale Empfindlichkeit des Pigments zwischen 530 und 562nm zu verschieben. Die Verschiebung der spektralen Empfindlichkeit - durch die Substitution von Chromophoren - innerhalb eines Lebenszyklus ist bei Fischen nachgewiesen worden (SHAND et al. 1988 m.w.N.).

Bereits bei Tieren einer Art ist innerhalb einer Gruppe von Tauben eine um den Faktor 1000 verschiedene UV-Empfindlichkeit aufgezeigt worden (KREITHEN & EISNER 1978).

Es läßt sich also nicht sagen, daß sich Veränderungen in der spektralen Empfindlichkeit über einen Zeitraum von Jahrmillionen hinziehen müssen. Bereits bestehende Abweichungen in der Farbempfindlichkeit weisen auf die Möglichkeit einer schnellen Anpassung an unterschiedliche Lebensbedingungen hin.

Die obige Darstellung zeigt, daß Insekten über ein sehr breites Sehspektrum verfügen, das das menschliche im niedrigwelligen Bereich um ein Vielfaches übertrifft. Obere Grenze der Wahrnehmung bei Insekten scheint zumeist jedoch der Bereich mit Wellenlängen über 550nm.

Messungen neueren Datums sind mir nicht bekannt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Methodik von ERG, intrazellulärer Ableitung etc. sehr aufwendig und die Zahl der Fehlerquellen hoch ist (schriftliche Mitteilung Sommer 2000 von Prof. A. HORRIDGE, Canberra,

Australia, und mündliche Auskunft von Prof. K. HAMDORF); zudem hat sich der Schwerpunkt der Forschung z.B. in den DNA-Bereich verlagert.

cc) Die Anordnung der Photopigmente im Auge

In vielen Untersuchungen konnte eine Verteilung bestimmter Photorezeptoren im Auge festgestellt werden: Die Wahrnehmung von UV-Licht liegt häufig auf dem dorsalen Augenabschnitt (adulte Odonaten, z.B. AUTRUM & KOLB 1968, MEINERTZHAGEN et al. 1983, LABHART & NILSSON 1995; Ephemeroptera: HORRIDGE 1976; Diptera: Bibionidae, BURKHARDT & DE LA MOTTE 1972, ZEIL 1983; *Musca*, z.B. HARDIE et al. 1981; Simuliidae, KIRSCHFELD & WENK 1976; allgemein bei WELLINGTON 1974A, 1976; Hymenoptera – z.B. EDRICH 1977, BRINES & GOULD 1979- Coleoptera: *Melolontha* (Maikäfer) - LABHART et al. 1992). Diese ist offenbar gekoppelt mit der Wahrnehmung von polarisiertem Licht und dient der Orientierung im Raum (v. HELVERSEN & EDRICH 1974, zusammenfassend zuletzt bei WATERMAN 1981).

Zur Wahrnehmung muß das polarisierte Licht bei *Musca* in einem Winkel von 45° über den Augen stehen (KIRSCHFELD & REICHARDT 1970; tagsüber ist die Polarisation des Himmelslichts gegenüber der horizontnahen Sonne am größten - GEHRELS 1974).

Bei den Honigbienen findet die Orientierung am Himmelslicht aber nicht nur mit Hilfe der UV-Rezeptoren des oberen schmalen Augenrandes statt, die ausschließlich empfindlich gegenüber orthogonal polarisiertem Licht sind, sondern auch mit Hilfe unpolarisiertem und auch längerwelligerem Licht (ROSSEL & WEHNER 1984; ein punktuell Licht wird als Sonne interpretiert, EDRICH 1977). In der entwicklungs geschichtlich jüngeren Gruppe der Cyclorhapha (Diptera: Brachycera) ist diese Verteilung (als sog. „dorsal rim“) nicht mehr so ausgeprägt (z.B. HARDIE et al. 1981).

NOWINSZKY (1979) nimmt an, daß sich nachtaktive Insekten im wesentlichen nach dem polarisiertem Mondlicht richten. Dies ist aber offenbar nicht der Fall bei den von mir untersuchten aquatischen Insekten. Polarisiertes Himmelslicht dient Bienen z.B. zum Auffinden ihres Nestes oder ihrer Nahrung (JANDER 1963) und Libellen während ihres „Patrouillenflugs“ (während der Dämmerung oftmals parallel zur Richtung des polarisierten Himmelslichts im Zenith (WATERMAN 1981). Die Lagestabilisierung im Flug der Insekten erfolgt wohl ausschließlich über den dorsalen Teil des Auges (zusammenfassend bei WEHNER 1981).

Die Anordnung der UV-Rezeptoren ist offenbar auch darauf zurückzuführen, daß Objekte, wie Beutetiere oder Geschlechtspartner gegen den Himmel ausgemacht werden können (bereits in

DIETRICH 1909). Funktionell ähnlich den Turbanaugen männlicher Ephemeropteren besitzen männliche Bibioniden (ZEIL 1983) bzw. männliche Simuliiden (Diptera) (KIRSCHFELD & WENK 1976) am oberen Augenrand größere Facetten und längere Rhabdomere (Steigerung der Lichtempfindlichkeit, so.), um Geschlechtspartner gegen den Himmel auszumachen.

Darüberhinaus ist anzunehmen, daß Insekten, die ihren Flug nach dem Himmelsgestirn ausrichten, ebenfalls bevorzugt am oberen Augenrand UV-Rezeptoren aufweisen.

Der Rotrezeptor der Odonate *Sympetrum rubicundulum* auf der Ventralseite des Auges kann ebenfalls polarisiertes Licht wahrnehmen (MEINERTZHAGEN et al. 1983). Dieser dient wohl dazu, den Kontrast zwischen der Wasseroberfläche (die kürzerwelliges Himmelslicht zurückwirft) und einem Beutetier zu erhöhen. Darüberhinaus könnte der Rotrezeptor dazu dienen, die leuchtend rot gefärbten Geschlechtspartner auszumachen. Trächtige Chironomiden-♀ werden von polarisiertem UV-Licht, das von Wasseroberflächen reflektiert wird, angelockt (SCHWIND 1991, auch bei anderen aquatische Insekten, z.B. bei Coleoptera, Hemiptera); es ist also anzunehmen, daß die sensitiven Photorezeptoren (für polarisiertes UV-Licht) hier auf dem ventralen Augenabschnitt zu finden sind. Da jedoch fließendes Wasser keine glatte Oberfläche darstellt, ist diese Behauptung in Frage zu stellen (WATERMAN 1981).

Grünes Licht wird im wesentlichen durch den vorderen und unteren Augenabschnitt wahrgenommen (Übersicht in MENZEL 1975). Diese Unterteilung ist aber nicht bei allen Insekten zu finden (Coleoptera: *Dineutes ciliatus*, BENETT 1967, Hymenoptera: *Paravespula germanica*, MENZEL 1971). Trächtige Simuliiden-♀ (*Simulium (Sim.) verecundum* bzw. *S. (Eus.) euryadminiculum*) bevorzugten den Anflug auf grüne bzw. gelbe Farbflächen auf der Bachoberfläche, um dort ihre Eier abzulegen (GOLINI & DAVIES 1975, BENETT et al. 1972). Diese Farbe entsprach in diesem Versuch den im Bach flottierenden Pflanzen, auf denen die Tiere normalerweise ihre Eier ließen. Demgegenüber führte *Simulium venustum* seine Eiablage auf dunkelrosa bzw. -blauen oder -roten Flächen aus (DAVIES 1972). Der Schmetterling *Pieris brassicae* landete auf der Suche nach Futter auf rosa bzw. blauen Flächen und vermied grüne und graue Flächen (ILSE 1937).

Solche Untersuchungen können jedoch nur Hinweise geben auf das Vorhandensein und die Lokalisierung von Photorezeptoren.

dd) Die Hell-/Dunkeladaption

Es ist bekannt, daß bei geringer Lichtintensität Vertebraten keine Farben mehr erkennen können, da sie dann lediglich mit den hell-dunkel-empfindlichen Stäbchenzellen sehen („bei Nacht sind alle Katzen grau“). Auch Hymenopteren (*Apis*) sehen ab einer bestimmten Intensitätsschwelle achromatisch (ROSE & MENZEL 1981), besitzen aber keine achromatischen Zellen, wie diese bei Dipteren (*Musca*) nachgewiesen wurden (SNYDER & MILLER 1972). Dies würde bedeuten, daß dunkeladaptierte Tiere, sollten sie in der Ferne plötzlich ein Licht wahrnehmen, dessen spektrale Qualität nicht erkennen könnten. Ein Hinweis dazu geben die von mir durchgeführten Versuche zum Vergleich des abwechselnd stattgefundenen Fangs von HQL und SON (ohne Lichtkonkurrenz, S.46ff.); hier gleicht sich die Fängigkeit der Lampen einander an. Die Ergebnisse von S.59ff. (Parallelfang von HQL und SON – Lichtkonkurrenz) verdeutlichen aber, daß bei zwei gleichzeitig dargebotenen Lichtquellen deutlich diejenige mit dem „attraktiveren“ Spektrum angefliegen wird. Es muß also ein Teil der Tiere bis zum Fang an der Lampe wieder auf Helligkeit adaptiert haben, bzw. die Schwelle vom achromatischen zum chromatischen Sehen wieder überschritten haben. Fraglich ist die Schnelligkeit eines solchen Vorgangs. Der Anflug des Insekts an das Licht ist primär eine „Entweder-Oder“-Entscheidung, d.h. sie setzt offenbar sofort ein bei Beleuchtung des Auges oder gar nicht.

Zeitmessungen zur Dunkeladaption liegen hier vor allem von *Apis* vor. Es muß davon ausgegangen werden, daß die Lichtadaption die gleiche Zeit beansprucht:

Bei *Apis* kann größtenteils innerhalb einer Sekunde dunkeladaptiert werden (BADER et al. 1976). Andere Messungen ergeben eine Zeit zur Dunkeladaption von 1,5-4,5min (MENZEL & GREGGERS 1985). Dies wird auch durch die Ergebnisse von WOLF & ZERRAHN-WOLF (1935) bestätigt; zum Abschluß kommt die Dunkeladaption jedoch erst nach 25-30 Minuten.

BERNHARD et al. (1963) beschreiben bei nachtaktiven Insekten zwei Stufen der Dunkeladaption: Die erste Phase adaptiert innerhalb von ca. 6 Minuten über drei logarithmische Einheiten, die zweite, bis zu 60 Minuten dauernde Phase, führt zu völliger Dunkeladaption (am Beispiel der Motte *Monima gothica*, ähnliche Ergebnisse bei COLLINS 1934). Offenbar gibt es also eine für das Überleben der Tiere nötige schnelle Adaption, die für rasch wechselnde Lichtverhältnisse in der Natur vorgesehen ist.

Ausgehend von der Frage, ob alle Tiere eine Phase des achromatischen Sehens besitzen, ist zu überlegen, ob auf bestimmten Adaptionsstufen veränderte spektrale Empfindlichkeiten vorliegen. MENZEL (1967), v.HELVERSEN (1972), LIEKE (1984) wiesen bei dunkeladaptierten Bienen eine stark erhöhte UV-Empfindlichkeit nach. Bei *Drosophila* konnte im dunkeladaptierten Zustand (bei geringster Lichtintensität) ein Empfindlichkeitsmaximum bei 350nm (UV) und bei 501,5nm (Grün) gemessen werden (SCHÜMPERLI, 1973); bei steigender Intensität änderte sich der Grün-Peak nach 479nm und die UV-Sensitivität stieg um das 45fache der Grünempfindlichkeit. MIKKOLA (1972) beschrieb die erhöhte UV-Sensitivität dunkeladaptierter Tiere im Vergleich zur langwelligen Lichtempfindlichkeit gegenüber dem helladaptierten Zustand (bei nachtaktiven Lepidopteren und Trichopteren). Während des Tages dunkeladaptierte Tiere waren jedoch weniger UV-empfindlich als bei Nacht untersuchten Tieren, was auf einen internen Tag - und Nachtrhythmus schließen läßt (hierzu z.B. MAZOHIN-PORŠNAKOV 1969). Die Anpassung an Helligkeit und Dunkelheit ist bei Insekten wohl eher an eine innere Uhr als an äußere Beleuchtungsverhältnisse gebunden (bei Lepidoptera: YAGI & KOYAMA 1963, bei *Tenebrio*: WADA & SCHNEIDER 1968). Unterschiede im bei Tag und bei Nacht durchgeführten ERG wurden so z.B. auch von CRECITELLI & JAHN (1939) festgestellt (Caelifera): Das dunkeladaptierte Auge zeigte im ERG keine Reaktionen auf unterschiedliche Wellenlängen.

Die Sensivitätsschwelle in Hinblick auf eine phototaktische Antwort lag bei $8,3 \times 10^7$ quanta (537nm)/cm² x s nach Messungen von MENZEL & GREGGERS (1985, *Apis*). Ähnliches ist bei *Musca* festgestellt worden (REICHARDT 1969). Bei Menschen liegt diese offensichtlich wesentlich niedriger: 1,5 quanta (507nm)/ cm² x s (SELIGER & MCELROY 1965), in diesem Versuch war aber die zeitliche Lichtexposition gegenüber der o.g. Untersuchung nicht begrenzt. Die oben genannte erhöhte UV-Empfindlichkeit ist dabei auf die veränderten nächtlichen Beleuchtungsverhältnisse zurückzuführen (das Himmelslicht zur Tageszeit ist zwar im wesentlichen blau-grün; das Maximum liegt hier aber nicht im UV-Bereich; bei Bewölkungszunahme nimmt jedoch der spektrale Anteil von Blau-Grün gegenüber dem von UV deutlicher ab (KONDRATYEV 1969).

Es ist deshalb naheliegend, einen starken Anflug an Lampen mit einer Lichtemission im UV-Bereich anzunehmen.

Daß solche Thesen nur eingeschränkt gelten, wurde in dieser Arbeit nachgewiesen (weitere Belege s.a. S.102ff.).

Fragen, die an dieser Stelle nicht beantwortet werden können, sind u.a.:

- Ist das Phänomen des achromatischen Sehens dunkeladaptierter Insekten allgemeingültig bzw. verbreitet ? Zu welchem Zeitpunkt setzt ein Farbsehen wieder ein ? Welche Rolle spielt der endogene Rhythmus der Tiere, der offenbar verhindert, daß in der Nacht helladaptierte Tiere die Fähigkeit zur Wahrnehmung des Tagesspektrums wiedergewinnen ?

ee) Abschließende Bemerkungen zur Physiologie des Insektenauges

Ausgehend von dem Wissen über den Aufbau des Insektenauges, der Farbpigmente, der Hell- und Dunkeladaption wurde ein differenziertes Bild zur Frage nach dem Lichtanflug der Insekten gezeichnet. Augentypen mit unterschiedlichem Sehvermögen (Appositions-, Superpositionsaugen, zahlreiche Sonderformen), die Farbwahrnehmung (mono- bis tetrachromatisches Farbsehen) und die Lichtadaption (achromatisches Sehen während der dunkeladaptierten Phase, Schnelligkeit der Hell-/Dunkelanpassung) bieten eine komplexe Beschreibung der Problematik.

Es ist demnach ein vereinfachter Erklärungsversuch nicht möglich.

Die Antworten, die physiologische Untersuchungen geben, bilden jedoch nur einen Teilaspekt der Fragestellung. Der zweite ergibt sich durch das Verhalten der Tiere, das zwar durch ihre körperliche Disposition vorgegeben ist, aber Spielraum für weitere Variabilität gibt.

Dem wird im folgenden nachgegangen.

2. Die Lichtwahrnehmung und das Verhalten

Augentypus und spektrale Empfindlichkeit von Photorezeptoren lassen noch keine abschließende Aussage zu, inwiefern Tiere das Licht nun wahrnehmen. Es ist zwar davon anzunehmen, daß die Entwicklung des Sehapparats mit den ökologischen Gegebenheiten einhergeht, wie der zur Verfügung stehenden Nahrung^x und den optischen Merkmalen der Geschlechtspartner, fraglich ist nur, inwieweit der Aufbau des Auges und die Empfindlichkeit der Photorezeptoren eine Aussage über das tatsächliche Verhalten zuläßt.

^x CHITTKA & MENZEL (1992) und CHITTKA (1996) gehen davon aus, daß das Farbsehen (der Bienen) bereits in einer Prä-Angiospermen-Welt vorhanden war. Es ist also davon auszugehen, daß die Entwicklung der Farben bei Angiospermenblüten möglicherweise nach dem Sehvermögen ihrer Bestäuber erfolgte.

Wenn der optische Apparat ein Signal aufnimmt, ist anzunehmen, daß das Tier diese Information weiterverarbeiten kann. Diese Feststellung entsteht aus einem Umkehrschluß: Im Laufe der Evolution ist ein Sehapparat samt neuronaler Verarbeitung entstanden – wieso sollte das Insekt daraus keinen Nutzen ziehen? Die Behauptung ist jedoch nur schwer aufrecht zu erhalten, da Relikte von Rückbildungen und neu entstandene fragmentarische Verarbeitungswege vorhanden sein können, die im momentanen Zustand des Tieres nicht der vollständigen Signalrezeption dienen, aber in Labortests nachgewiesen werden können: Das wäre beispielsweise der Fall, wenn ein Rotrezeptor vorhanden wäre, die Tiere allein daraus jedoch keinen Nutzen ziehen könnten, da mögliche neuronale Verknüpfungen im Laufe der Evolution zurückgebildet wurden.

Diese Gedanken sollen die Problematik der o.g. Fragestellung aufzeigen.

Das Sehvermögen und das daraus resultierende Verhalten wird in besonderem Maße von dem endogenen Tag-/Nachtrhythmus der Tiere gesteuert (z.B. WHITEHEAD 1997 bei *Amara convexiuscula* (Coleoptera)). WHITEHEAD betont die Wichtigkeit solcher noch ausstehender Untersuchungen.

Deutlich wird dies am Beispiel tagaktiver Lepidopteren oder an *Apis*: Diese Tiere sind ab einem bestimmten Grad nachlassender Helligkeit nicht mehr mobil und finden sich nicht an künstlichen Lichtquellen. Es muß aber die Frage der Unbedingtheit solcher Annahmen gestellt werden: Nach eigenen Beobachtungen sind Chironomiden nicht nacht-, aber dämmerungsaktiv; trotzdem kommt es zu nächtlichen Lichtanflügen. Die Grenzen endogener Rhythmen sind offensichtlich in manchen Fällen unscharf.

Wenn die Tiere nun zur Wahrnehmung des Lichtes „bereit“ sind, so setzt eine Reaktion auf den Lichteinfall ein, die wiederum von Spezies zu Spezies bzw. vom spezifischen Zustands der „Wach“-phase abhängen: Es hat sich gezeigt, daß verschiedene Wellenlängen ein unterschiedliches Verhalten der Insekten herbeiführen können. Daß einer bestimmten Wellenlänge ein bestimmtes Verhalten folgt, ist kennzeichnend für Tiere mit kleinen Nervensystemen (WEHNER 1981). Das Verhalten des Schmetterlings *Pieris brassicae* (Lepidoptera) ist wohl ausschließlich wellenlängen-abhängig (SCHERER & KOLB 1987): Fluchtverhalten in den offenen Raum ist mit Wellenlängen von 320-420nm verbunden, die Futtersuche mit Licht von ca. 420-500nm bzw. 590-610nm, Eierlegen und Trommelbewegungen finden in einer Umgebung von Gelb-Grün (ca. 520-580/590nm) statt. Farbmischungen ergeben keine anderen Antworten. Erstaunlich ist die Übereinstimmung zwischen dem Sensitivitätsmaximum der Sehpigmente und dem Farbverhalten der Tiere. Zu einem ähnlichen

Ergebnis kamen WHITE et al. (1995), bei denen nachtaktive Lepidoptera der Familie Sphingidae zur Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme übergangen bei Gegenständen, die Wellenlängen über 400nm reflektierten oder transmittierten. Bevorzugt wurden violette und grüne Farben.

Ausgeschlossen war das Verhalten bei ultravioletten Wellenlängen. Bei der Raupe von *Bombyx mori* (Lepidoptera) führten unterschiedliche Farbmischungen zu einem komplexeren Verhalten, so daß hier schon von einem Farben“sehen“ gesprochen werden kann (KITABATAKE et al. 1982) und nicht nur ein schematisches Verhalten vorliegt (also Farbe x = Verhalten x wie bei *Pieris*). Da jedoch die Verteilung von floralen Nahrungsquellen ständigen Änderungen unterliegt, ist es naheliegend, daß gerade blumenbesuchende Insekten die Fähigkeit zur Unterscheidung „guter“ und „schlechter“ Nahrungsquellen bzw. zum Lernen haben. So kommt die Fähigkeit von Bienen, bestimmte Farbmischungen als Futterquellen zu verstehen (CHITTKA & MENZEL 1992 m.w.N.; das Farbsehen bezieht sich jedoch nur auf die Futtererkennung und die Heimkehr), dem menschlichen Sehen schon sehr nahe. Da hier sehr ausführliche Untersuchungen vorliegen, hat sich gezeigt, daß auch die Biene wellenlängen-abhängiges Verhalten besitzt (MENZEL 1985).

Das Vorhandensein von mehr als einer Klasse von Lichtrezeptoren muß also nicht zwangsläufig ein „Farbsehen“ bedeuten. Dies kann nur vorausgesetzt werden, wenn das Tier Lernfähigkeit besitzt, also in der Lage ist, der Farbe eines Objekts eine bestimmte Bedeutung beimessen zu können (GOLDSMITH 1994). Es ist fraglich, ob das Tier auf diese Weise „lernen“ kann, künstliche Lichtquellen zu vermeiden.

Das o.g. Farbsehen (=Farben„lernen“) findet sich offenbar nur bei Tieren, zu deren Überleben die Unterscheidung und das Erlernen von Farben wichtig ist. Vergleicht man das stereotype Farbverhalten von *Pieris* (s.o.) mit dem Verhalten von adulten aquatischen Insekten, die nach ihrer Emergenz in vielen Fällen keinerlei Nahrung mehr aufnehmen und ihr oft sehr kurzes Adultdasein unmittelbar mit der Kopulation abschließen, so erscheint ein Farbsehen unwahrscheinlich. Zur Verdeutlichung muß nochmals gesagt werden, daß der Begriff „Farbsehen“ hier im Sinne der Fähigkeit zur Unterscheidung und zum Erlernen von Farben zu verstehen ist, wie er in der neueren Literatur verwendet wird (s.o.). Offenbar sehen die Tiere künstliches Licht nicht als „Falle“ und erlernen auch nicht aus der Erfahrung die Bedeutung dieser Bedrohung. Obwohl UV-Rezeptoren nur in geringerer Anzahl gegenüber den anderen Rezeptortypen vorhanden sind, führt UV-Licht zu einer erheblich erhöhten Anflugrate (bei Lepidoptera):

HAMDORF et al. (1972, 1973, s.o.) wiesen nach, daß blaues Licht das UV-absorbierende Pigment regeneriert - Mischlicht, wie bei der HQL, führt somit zu einem weiter erhöhten Anflug an HQL gegenüber einer reinen UV-Lampe, wie von MIKKOLA (1972) und CLEVE (1966) bestätigt.

Während Gelblicht inhibitorisch auf das Flugverhalten (bei *Apis*) wirkt (KRING 1969, GUI et al. 1942), bzw. längerwelliges Licht den Flug verhindert, fördert kurzwelliges Licht den Insektenflug (bei *Melolontha* – Maikäfern -, COUTURIER & JACKY 1970; MOUND 1962).

Von besonderem Interesse sind auch die umfangreichen Ergebnisse von WEISS 1943B nach WEISS et al. (1941, 1942, 1943; weitere Zusammenfassungen mit Literaturangaben zu älteren Studien auch bei WEISS 1943A, 1944, 1946, WEISS et al. 1944): Die hier getesteten Insekten (vorwiegend Coleopteren, aber auch Dipteren: *Drosophila* und Hymenopteren: *Apis*) bevorzugten Licht mit einem Intensitätsmaximum von 365nm (UV-Licht). Sie zeigten aber auch eine Präferenz zu verschiedenen spektralen Bereichen, je nachdem, in welcher Entfernung sie zu dem Licht freigesetzt wurden. Im Nahbereich (1 Fuß = 33cm) wurden sie von Licht mit einer Wellenlänge von etwa 470-528nm (blau-blau-grün) angelockt, in einer Entfernung von sechs Fuß präferierten sie aber Licht mit einer spektralen Breite von 365-366nm (UV-Licht).

Eine separate Abhandlung über die Lichtempfindlichkeit von Insekten mit Hilfe elektrophysiologischer Methoden auf der einen Seite und das Verhalten von Insekten andererseits läßt die Frage nach der Vergleichbarkeit beider Ergebnisse offen.

MAZOHIN-PORŠNJAKOV (1969 m.w.N., bei *Apis*) unternahm Tests, in denen er zunächst feststellte, daß die UV-Sensivität im ERG um 20% unter der Gelb-Grün-Empfindlichkeit lag. Im Verhaltensexperiment erhöhte sich die Attraktivität des UV-Lichtes um den Faktor 4,5 !

Die von MIKKOLA (1972) verwendete UV-Lampe führte im Vergleich zur Gelblicht-Lampe im ERG zu ähnlichen Ergebnissen: Das ERG zeigte erst bei einer gegenüber dem Gelblicht um den Faktor 1,65 erhöhte Lichtintensität eine Reaktion auf das UV-Licht, währenddessen das Spektrum der HQL bereits zu einer Reaktion im ERG bei einer gegenüber der Erstreaktion auf Gelblicht um 20% erniedrigten Intensität führte. Der Insektenanflug zum UV-Licht betrug jedoch das Achtfache des Anflugs zum Gelblicht !

Es finden also im Insektenhirn Schaltvorgänge statt, die die im Auge gewonnenen Teilinformationen bewerten. Diese Vorgänge sind der Wissenschaft im Moment jedoch noch nicht faßbar. Diese vergleichenden Untersuchungen machen deutlich, daß elektrophysiologische

Meßmethoden o.ä. nicht ausreichen, um das natürliche Verhalten auch nur annähernd zu beschreiben. Es ist also nötig, verstärkt Verhaltensexperimente heranzuziehen, um die Frage des Lichtanflugs beantworten zu können.

Nach einer ersten Darstellung von Verhaltensexperimenten soll im folgenden nun nachgefragt werden, inwiefern aquatische Insekten auf künstliches Licht reagieren. Es soll nicht nur eine Abfolge verschiedener Veröffentlichungen erfolgen; vielmehr werden einzelne Publikationen auf ihre Methodik und ihre Aussagefähigkeit hin untersucht:

a) Lichtfangversuche in der Literatur (aquatische Insekten)

aa) Tests mit farbigem Licht und unterschiedlicher Intensität

Zahlreiche Versuche, der Massenschwärme von Chironomiden in Wohngebieten zu entgehen, wurden an den Fluß- und Seengebieten Floridas unternommen: ALI (1986) zeigte art- und gruppenspezifisch unterschiedliches Flugverhalten an Lampen mit Licht (Weißlicht, Gelb-, Orange-, Blau-, Grün- und Rotlicht) auf: Bei wechselnder Aufstellung der parallel betriebenen 100W starken Lampen wurden bei den Chironomiden *Glyptotendipes paripes* und *Chironomus crassicaudatus* eine gleichhohe Präferenz des Anflugs an Weiß- (37 Lux) und Gelblicht (550-590nm, 19 Lux) festgestellt; interessant sind diese Ergebnisse besonders wegen der starken Anziehungskraft des Gelblichts trotz geringerer Lichtintensität. Der Anflug auf die übrigen Lampen - Orange- (11 Lux), Blau- (1,2 Lux), Grün- (1,4 Lux) und Rotlicht (2,1 Lux) – war in diesem Test gering (ähnliche Ergebnisse in ALI et al. 1984). Dies ist aber meiner Meinung nach auf die geringe Lichtintensität zurückzuführen. Problematisch ist hier auch die Verwendung der Einheit Lux (s.u.). In einem zweiten Versuch wurden Lampen ähnlicher Lichtintensität (Lux; Farbspektrum wie oben) verwendet. Jedoch variierten hier die Werte der Lichtintensität immer noch um den Faktor 4,8. Die Ergebnisse waren ähnlich den oberen; der Anflug an Gelblicht war jedoch verstärkt gegenüber dem Anflug an Weißlicht (s.a. meine Anmerkungen dazu auf Seite 47f., 58ff.): Es läßt sich die Aussage anderer Autoren (GEPP 1977, BECKER 1990, SCHMIEDEL 1992, BAUER 1993, SCHANOWSKI 1994, KOLLIGS 1996, 2000, EISENBEIS & HASSEL 2000) nicht generalisieren, daß Weißlicht – wie HQL – unbedingt von größerer Attraktivität ist !

Der Anflug auf Rotlicht (620-770nm) war gering (vgl. ab Seite 90ff. zur Frage nach einem Rotrezeptor). Bemerkenswert ist hier jedoch der Anflug der Tanypodinae (Chironomidae) an Blaulicht (430-490nm; 30% der Tiere); es wurden nur etwa 8% der Tiere am Weißlicht gefunden.

Ein ähnlicher Versuchsaufbau wurde von HIRABYASHI et al. (1993) in Japan betrieben. In einem Abstand von neun bis 20 Metern wurden 100 Watt starke Lampen mit Weiß-, Blau-, Gelb-, Grün- und Rotlicht parallel auf ihre Fängigkeit gegenüber den Chironomiden *Chironomus plumosus* L. und *Tokunagayusurika akamusi* T. getestet. Die Positionen der Lampen wurden gewechselt.

In diesem Versuch wurden 56% der ans Licht geflogenen *C. plumosus* am Weißlicht gefangen, 22% am Gelblicht, jeweils 9% am Blau- und Grünlicht und nur 3% am Rotlicht eingesammelt. Eine ähnliche Verteilung ergab sich beim Anflug von *T. akamusi*.

Ein ähnlicher Test zeigte, daß *C. plumosus* anteilig mit 48% aller angeflogenen Individuen an einer Lampe mit einem Spektrum von 290-410nm zu finden war, wobei bei einem breiteren Spektrum von 290-500nm nur 36% aller Tiere anfliegen. Eine Lampe, die den breiten Bereich von 350-705nm ausstrahlte, konnte jedoch nur knapp 12% aller gefangenen *C. plumosus* anlocken. Im längerwelligen Spektrum von 500-705nm fanden sich nur knapp 4% der Tiere, wobei die Kontrolllampe (100W Weißlicht) das gleiche Fangergebnis aufwies.

Möglicherweise führen also längerwellige Anteile im Mischlicht (350-705nm) zu einem verminderten Anflug.

Bei einer Auswahl von fünf parallel dargebotenen Lichtquellen zwischen 400 und 900nm wurde die Hälfte aller gefangenen Tiere von *Tanytarsus barbitarsis* (Chironomidae) von dem Wellenlängenspektrum 510-590nm (gelbes Licht!) angezogen (KOKINN & WILLIAMS, 1989). Gegenüber angebotenen Weißlicht verlor das Spektrum jedoch an Attraktivität; nur ein Achtel der Tiere wurde im Licht von 510-590nm gefangen. Bei einer weiteren Messung unter Einschränkung des Spektrums auf 420 bis 610nm flogen die meisten Tiere (ein Drittel) den Bereich zwischen 435 und 550nm an.

Untersuchungen an anderen aquatischen Insekten weisen ebenfalls ein sehr heterogenes Bild auf: Die stechenden Gnitzen (Ceratopogonidae: *Culicoides*) bevorzugten UV-Licht in der Untersuchung von BELTON & PUCAT (1967). Bei *Chaoborus lacustris* konnte HERMS (1937) keine selektive Farbpräferenz (zwischen 350-700nm) nachweisen; die Fängigkeit verschiedener Farben war bei gleicher Lichtintensität identisch. Die Stechmücke *Aedes aegypti* währenddessen präferierte Licht nahe der Infra-Rot-Wellenlängen (MAGNUM & CALLAHAN 1968). Simuliidae bevorzugten in der Reihenfolge weißes, chromgelbes, dunkelrotes, waldgrünes und schließlich dunkelblaues Licht (DATTA et al. 1984). Hier wurden parallel ein weißes Licht und ein Licht, das jeweils mit einem farbigen Zellophanpapier abgedeckt war, gegeneinander getestet.

Bei den o.g. Aussagen muß beachtet werden, daß über die Qualität bzw. Quantität des Weißlichts, wie auch der Farbfilter, des farbigen Papiers oder des farblichen Lichts, zumeist keine Angaben vorliegen. Der als Meßlatte fungierende menschliche Eindruck über die Qualität des Lichtes (Blau, Rot, Grün) sagt wenig über die Zusammensetzung des dargebotenen Spektrums aus. Hier können sich einzelne Peaks entfernter Wellenlängenbereiche befinden, die dem Menschen nicht auffallen, aber dem anfliegenden Insekt den eigentlichen Reiz darbieten. Weiter werden keine Aussagen über den Kurvenverlauf des Spektrums gemacht; wieviel Prozent vom angegebenen Spektrum emittiert das Licht wirklich, läßt der Farbfilter transmittieren bzw. wird vom farbigen Papier remittiert ? Insofern sind die o.g. Untersuchungen methodisch unvollständig.

Es muß schließlich davon ausgegangen werden, daß bereits geringe Lichtemissionen im niedrigwelligen Bereich einen Anflug verursachen können, obwohl der Großteil der Lichtintensität einem anderen spektralen Bereich zuzuordnen ist. Auch wird in der Literatur niemals die Unterscheidung der Lichtwirkung bei parallelem bzw. abwechselndem Fang mit verschiedenen Lichtspektren berücksichtigt. Erstmals wurden dazu in der vorliegenden Arbeit Ergebnisse vorgelegt (S.45ff.).

Die bisherige Zusammenfassung und kritische Hinterfragung hat im Ansatz das Thema Lichtintensität berührt. Der zur Phototaxis nötige Stimulus besteht ja aus einem Maß an Lichtintensität, Wellenlänge, spektraler Zusammensetzung und auch der Dauer und der räumlichen Ausprägung dieser Parameter (MENZEL & GREGGERS 1985).

Deshalb soll zunächst noch auf die Rolle der Intensität künstlicher Lichtquellen eingegangen werden:

Von HIRABYASHI et al. (1993) liegt auch eine Untersuchung mit Lampen unterschiedlicher Wattstärke vor. Eine etwa gleiche Anflugstärke von etwa 30% aller angeflogenen *C. plumosus* war bei 100 W (474 Lux in 60cm Entfernung), 60W (251 Lux) und 40W (171 Lux) Weißlicht gegeben. Lediglich an der 20W (52 Lux) starken Lampe konnten nur 12% der angeflogenen Tiere eingefangen werden. *T. akamusi* wies ein nur leicht abweichendes Anflugverhalten auf mit je 35% angeflogenen Exemplaren bei 100 und 60 Watt und nur 20% bzw. 8% des Anflugs an die 40W und 20W-Lampen. Diesem Aufsatz fehlen leider auch Angaben zur Spezifikation und Art des Leuchtmittels; auch die Angabe „Watt“ dient nicht zur Beschreibung der wahrzunehmenden Lichtleistung (s.u.).

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen KOKINN & WILLIAMS (1989) mit *Tanytarsus barbitarsis*: Die Lichtintensität hatte hier keinen Einfluß auf die Stärke des Anflugs.

Im Unterschied dazu berichtet ALI et al. (1984), daß die Fängigkeit von *Glyptotendipes paripes* bei einer 100 Watt-Lampe Weißlicht (mit 39 Lux) gegenüber einer parallel betriebenen 60 Watt-Lampe (mit 14 Lux) um das fünffache erhöht war.

Die Anzahl der gefangenen Mücken von *Chaoborus lacustris* (HERMS 1937) und *Aedes nigromaculis*, *Culex tarsalis* und *C. peus* (BARR & BOREHAM 1960) stieg proportional mit der Lichtintensität.

Nach WEISS et al. (1941, 1942, 1943) ist bei solchen Untersuchungen zu beachten, daß das Verhalten der Tiere gegenüber einer bestimmten spektralen Zusammensetzung des Lichts bei wechselnder Intensität sich ändert.

Auch bei den Untersuchungen zur Fängigkeit der Insekten bei unterschiedlicher Lichtstärke fällt auf, daß die Lichtintensität in Lux bzw. in Watt angegeben wird. Die Bezeichnung Lux bezieht sich jedoch auf die Lichtintensität, wie sie vom menschlichen Auge wahrgenommen wird; sie wird aber in keinem Fall so von dem Insekt wahrgenommen, bzw. kann vollständig vom menschlichen Intensitätseindruck differieren: Ist z.B. die UV-Emission hoch (sie wird nicht von der Lux-Messung erfaßt !), so erscheint das Licht für das Insekt möglicherweise außerordentlich hell. Auch nimmt das Insekt Licht mit Wellenlängen jenseits von 600nm nur noch sehr eingeschränkt wahr.

Die Einheit Watt steht für die aufgenommene elektrische Leistung, gibt aber nur einen groben Hinweis auf die Helligkeit des Lichts, die u.a. vom Glühfaden bzw. von der Gasfüllung der Lampe und der Glasabdeckung abhängig ist.

Solche Bedenken, auch gegenüber der oben genannten Problematik bezüglich der Lichtqualität, wurden bereits von WEISS (1946), PHILOGÈNE (1982) und SHIELDS (1989) angesprochen, finden aber keine weitere Berücksichtigung in späteren Tests.

Es ist an dieser Stelle angebracht, ein aktuelles Beispiel zu der o.g. Problematik anhand der Arbeit von EISENBEIS & HASSEL (2000) aufzuzeigen. In Anbetracht der Zahl methodischer Fehler bei früheren Untersuchungen, soll diese Arbeit im folgenden detailliert hinterfragt werden: EISENBEIS & HASSEL (2000) testeten die Anlockwirkung von PHILIPS HQL- (80W), SON- (70 u. 50W) und OSRAM DSX-Lampen (80W) sowie HQL-Lampen mit UV-Sperrfolie; darüberhinaus führten sie Nullfänge durch. Die zumeist parallel, im Abstand von ca. 30 Metern

betriebenen Lampen (19 Lampen wurden auf drei Standorte verteilt) ergaben mittlere Fangzahlen von 140 – 107 – 64 – 15 – 6 (HQL, DSX, SON, HQL mit UV-Sperrfolie und Kontrollfang ohne Licht; unter Bezugnahme auf die jeweilige Zahl der Fangnächte). EISENBEIS & HASSEL (2000) haben jedoch in ihrer Auszählung die unterschiedliche Leistung der Lampen (sie testeten zwei verschiedene SON-Lampen – 50 und 70 Watt –) nicht berücksichtigt. Bei näherer Betrachtung zeigt sich ferner, daß die verwendeten Lampen sich in ihrem Lichtstrom stark unterscheiden: PHILIPS 50W = 3500lm bzw. 4400lm; PHILIPS 70W = 5600lm bzw. 6600lm; PHILIPS HQL = 3600lm bzw. 4000lm; OSRAM DSX 2T80 80W = 4500lm: Es wird so deutlich, daß die Angaben von EISENBEIS & HASSEL (2000) zu den von ihnen verwendeten Lampentypen unvollständig sind, da die Lichtausbeute bei gleicher Wattstärke von Typ zu Typ sehr variieren kann. Darüberhinaus ist ja nicht nur eine Variabilität zwischen ähnlichen HQL- bzw. SON-Typen gegeben, sondern die HQL, SON und DSX sind sich einander sehr unähnlich in ihrer Lichtausbeute.

Durch die fehlende Angabe der Lampentypen sind die Ergebnisse so nicht verwendbar. Aber auch mit bekanntem Typ wäre die unterschiedliche Lichtausbeute zu berücksichtigen gewesen. Ferner wurden die Lampen an den drei Standorten in unterschiedlicher Höhe betrieben (4,3m, 6m, 9m). Folgt man den Angaben von FROST (1958, s.u.), so differiert die Zusammensetzung der Insekten je nach Fanghöhe erheblich. Die unterschiedliche Höhe hätte hier folglich auch berücksichtigt werden müssen.

Zudem wurden unterschiedliche Leuchten verwendet, deren Außenglas (bzw. Kunststoffabdeckung) in unterschiedlichem Maße das Licht transmittiert. Angaben dazu wurden ebenfalls nicht gemacht. Es bleibt offen, welche Spektren noch emittiert wurden.

Außerdem führten EISENBEIS & HASSEL (2000) Lichtfangversuche mit Wechselbetrieb der Lampenbestückung durch. Am genannten Standort mit Darstellung der fünf Leuchten wurden „Einzelleuchten oder Leuchtenpaare für eine Dauer von 1-2 Tagen nur mit einer Lichtart betrieben. Danach wurde wieder auf die andere Lichtart eingestellt.“ Dies schließt zwar den Fehler der obigen Versuche aus, da von einer Richtung mehr Insekten anfliegen konnten und sich somit an der ersten Lampe einfanden, die Lampen sind jedoch weiterhin in Lichtkonkurrenz-Nähe zueinander betrieben worden. Eine Beeinflussung des Fangs durch die Abwanderung der Insekten zum „attraktiveren“ Spektrum ist somit gegeben (s. S.63f., Vergleich zwischen Parallelfang und abwechselndem Fang ohne Lichtkonkurrenz).

Es soll hier veranschaulicht werden, daß solche Untersuchungen in den meisten Fällen differenziert betrachtet werden müssen. In der Vielzahl von Fällen sind die Ergebnisse nicht brauchbar, da die Autoren sich mit elementaren Problempunkten nicht auseinandergesetzt haben.

bb) Der Einfluß des Wetters auf den Insektenfang

Die bisher genannten Untersuchungen, sofern sie im Freiland unternommen wurden, gehen nicht auf den Einfluß des Wetters auf die Fängigkeit der Tiere am Licht ein. Besonders der Mond wirft nachts oft Licht (0,2 Lux) auf die Umgebung. Es liegt deshalb nahe, den Einfluß des Mondes auf Insektenfänge an künstlichen Lichtquellen zu bestimmen:

Die größten (Licht-)Fänge wurden bei maximaler Polarisation des Himmelslichts erzielt (NOWINSZKY et al. 1979; DANTHANARAYANA 1986); bei Neu- und bei Vollmond, die unpolarisiertes Licht emittieren, hing die Zahl der gefangenen Insekten von der Lichtintensität in der Umgebung der Falle ab (NOWINSZKY et al. 1979).

Bei DANTHANARAYANA (1986) stellte die Polarisation des Mondlichtes sogar den einzigen signifikanten Faktor gegenüber anderen Witterungsfaktoren dar ! Untersuchungen zu aquatischen Insekten (Ephemeroptera, Trichoptera, Chironomidae) erbrachten ähnliche Ergebnisse (HARTLAND-ROW 1955, CORBET 1958, JOHNSON 1969). DANTHANARAYANA (1986) nimmt daher an, daß aquatische Insekten prinzipiell eine solche lunare Periodizität aufweisen.

Solche Ergebnisse konnten jedoch bei keiner der von mir gefangenen Insektengruppen nachgewiesen werden.

Verschiedene Untersuchungen ergaben eine erhöhte Fängigkeit während des Neumondes gegenüber Vollmond (z.B. WILLIAMS 1936, WILLIAMS 1940, Provost 1959, PERSSON 1971, KURTZE 1974 bei Lepidoptera). Es sind aber auch entgegengesetzte Ergebnisse bekannt (WILLIAMS et al. 1956 – ohne Diptera -, NEMEC 1971, KURTZE 1974 bei Nematocera). Manche nachtaktiven Fluginsekten zeigen sich offenbar unbeeindruckt von der Mondillumination (SYLVÉN 1958, DAY & REID 1969, PAPP & VOJNITS 1976).

Ähnliche Ergebnisse haben sich bei der vorliegenden Untersuchung ergeben. Von einer statistischen Signifikanz waren die bei heller werdendem Mond ansteigenden Fangzahlen von *Rheotanytarsus pentapoda* (Chironomidae) an HQL und SON. Bei der SON-Lampe stiegen zudem die Zahlen der Psychodiden signifikant. BIDLINGMAYER (1964) wies mit nicht-anlockenden Fallen (z.B. ohne Licht) die größte Flugaktivität bei Vollmond nach. Offensichtlich stieg mit der Umgebungsbeleuchtung die Zahl der nachts orientierfähigen Insekten. Eine

differenziertere Betrachtung ist jedoch nötig, da offenbar verschiedene Insektengruppen ihren Flug zu bestimmten Mondzyklen hin konzentrieren. Insbesondere Ephemeropteren schwärmen ein

bis drei Tage nach Vollmond (z.B. HARTLAND-ROW 1955). Ähnliches wurde auch bei tropischen Chironomiden beobachtet (FRYER 1959).

BOWDEN (1982, 1984 m.w.N.) konnte mittels eines mathematischen Modells die Lichtfänge von Noctuiden und Geometriden (Lepidoptera) unter Einbeziehung der Lichtintensität der Lichtfalle und der Hintergrundillumination berechnen: Je heller der Lichtfang gegenüber dem Hintergrund war, desto mehr Insekten konnten gefangen werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch PERSSON (1971) mit Lepidopteren: Hier setzte bei zunehmender nächtlicher Bewölkung auch ein stärkerer Lichtenflug ein. Signifikant war auch die Abnahme des Insektenfangs mit der Zunahme des Windes (ähnlich KURTZE 1974). Auch wurden wetterabhängige Unterschiede zwischen HQL- und UV-Licht festgestellt, was wahrscheinlich auf den Anflug unterschiedlicher Insektenarten zurückzuführen ist, jedoch in der Untersuchung nicht nachgeprüft wurde. Eine Halbierung der Windgeschwindigkeit ist offenbar mit einer Verdoppelung des Anflugs von Dipteren und Lepidopteren verbunden (WILLIAMS 1961). So stellte TAYLOR (1974) fest, daß Wind über 0.6m/s^{-1} für den Chironomidenflug ungünstig ist.

KURTZE (1974) geht auch auf andere Wetterfaktoren ein. Hohe Luftfeuchtigkeit geht mit einem erhöhten Nematoceren-Anflug einher. Diese Untersuchung hier ergab jedoch entgegengesetzte Werte von statistischer Signifikanz speziell bei *Polypedilum convictum*.

Unter Laborbedingungen war der Aktivitätsgrad von *Chironomus yoshimatsui* im wesentlichen vom Wechsel der Lichtintensität am Morgen und Abend abhängig; eine Temperatur von 23°C wirkte gegenüber einer Temperatur von 13°C inhibierend, als der Tag-/Nacht-Wechsel ausblieb (KON 1986). Die Temperatur stellt offenbar einen der wichtigsten flugbestimmenden Faktoren dar (KURTZE 1974). Dies zeigte sich auch im Untersuchungsgebiet am Dattenbach. Nahezu alle untersuchten Gruppen wiesen eine statistische Signifikanz zwischen Temperatur und der am Licht gefangenen Insekten auf. Temperaturen unter 12°C wirken fluginhibierend. Nur etwa die Hälfte aller Sommerabende weist höhere Temperaturen auf. In diesem Zusammenhang sollte der Lichtenflug von Insekten am Beispiel der gemäßigte Klimazone Deutschlands nicht überbewertet werden.

Durch die Vielzahl von Wettereinflüssen verschiedener Art auf den Insektenfang sowie deren Zusammenwirken ist eine Bewertung außerordentlich schwierig und von Unsicherheiten geprägt (z.B. BLOMBERG et al. 1978).

cc) Der Einfluß von Entfernung und Leuchthöhe der Lampen auf den Insektenfang

Als eines der wichtigsten Probleme bei zunehmender Beleuchtungsdichte in den Ballungsräumen ist die Lichtverschmutzung oder der „Lichtsmog“ zu nennen. Zusammenhängende Siedlungsgebiete sind schon aus der Entfernung an der hellen Lichtreflexion der Wolkenunterseite zu erkennen. Hochhaustürme und Beleuchtungsmasten sind bereits aus vielen Kilometern zu erkennen; Baudenkmäler werden mit Scheinwerfern ausgeleuchtet.

Ab welcher Entfernung reagiert das Insekt auf eine solche Lichtquelle ?

Künstliche Lichtquellen können je nach Einfluß verschiedener Wetterfaktoren und der Hintergrundbeleuchtung eine Anziehungskraft auf mehrere hundert Meter entfernte Insekten ausüben (Zusammenfassung bei BOWDEN 1982 m.w.N.). So besitzt eine 125W Quecksilberdampfampe – z.B. eine herkömmliche Straßenlampe - eine Anlockdistanz von 500 bis zu 700 Metern (DUFAY 1964, BOWDEN & MORRIS 1975).

Bei einer Lampenhöhe von 60cm wurde ein Anflug aus ein bis vier Metern bei der nachtaktiven Lepidoptere *Noctua pronuba* festgestellt; bei neun Meter Lampenhöhe wuchs die Anflugdistanz auf zehn bis 17 Meter (125 W HQL, nach SOTTHIBANDU & Baker 1979, ähnlich bei BAKER & SADOVY 1978). Hierbei erklärt die von diesen Tieren benutzte Mondorientierung den Winkel und die geringe Anflugentfernung (BAKER & SADOVY 1978). Hochfliegende Nachtschmetterlinge führen häufig sog. „diving responses“ durch, die möglicherweise auch dazu dienen, daß der für den Mondorientierung zuständige obere Augenrand beleuchtet wird (BAKER & SADOVY 1978). Die spektrale Zusammensetzung des Lichtes ist nicht so wichtig (BOWDEN & MORRIS 1975, BAKER & SADOVY 1978, siehe auch oben, Seite 96f.: „Bei Nacht sind alle Katzen grau“).

Künstliche Lichtquellen in Hanglagen sind hier zudem von größerer Attraktivität als Leuchten, die in flachem Gelände stehen; unabhängig von der Einsehbarkeit des Lichts (sog. „Hill-Topping“-Effekt von Lepidopteren, MALICKY 1974).

Es ist deshalb empfehlenswert, keine weitleuchtenden Einrichtungen zu installieren. Insbesondere der vor kurzem eingesetzte Trend, die Zimmerbeleuchtung von herausragenden Hochhausbauten aus Gründen der Firmenwerbung nachts brennen zu lassen, stellt nach den o.g. Tests eine in ihrer Größe nicht meßbare Anlockfalle dar.

Doch wie verändert sich die Insektenspektrum mit der Lampenhöhe ? Sind einige Gruppen besonders von hohen Beleuchtungen besonders betroffen ?

Am Beispiel der weitfliegenden nachtaktiven Lepidopteren wurde dieser Aspekt bereits aufgegriffen.

Eine umfangreiche Testserie aus Pennsylvania, USA, liegt vor von FROST (1958, Tab.24): Die meisten Fluginsekten präferierten niedrige Lampen (insbesondere Ephemeropteren– womöglich aufgrund ihrer Flugleistung), währenddessen Brachyceren, Culiciden und Noctuiden keinen Unterschied im Anflug auf Lampen mit einer Höhe zwischen 1,50m und 4,40m machten. Die meisten Insekten wurden an Lampen mit niedriger Höhe gefangen. In Tab. 24 ist das Verhältnis gefangener Insekten zwischen Lampen mit einer Höhe von 1,90m und 4,40m dargestellt:

Tab. 24: Fangrelation bei unterschiedlicher Lampenhöhe (FROST 1958)

	Höhe: 1,90m	4,40m
Nematocera (bes. Chironomidae, Psychodidae)	1,6	1
Nematocera (bes. Culicidae)	1,1	1
Brachycera	0,6	1
Tortricidae	1,3	1
Noctuidae	1,1	1
Microlepidoptera	1,8	1
andere Lepidoptera	1,7	1
Trichoptera (groß)	4,2	1
Trichoptera (klein)	2,5	1
Ephemeroptera	42	1

Auch hier ist eine differenziertere Betrachtung notwendig: HERMS (1947) konnte dagegen bei Lampen mit einer Leuchthöhe zwischen 2,13m und 4,57m nur geringe Unterschiede feststellen. Solche Untersuchungen sind jedoch auch abhängig von der Zusammensetzung der anfliegenden Tiere und anderen Voraussetzungen, wie Wetterfaktoren. Die Ergebnisse von FROST (1958) waren aber erste Detaildaten.

3. Abschließende Bemerkungen zum Anflug der Insekten an Licht

Wie oben schon genannt, ist eine vereinfachte Darstellung vom Insektenanflug an das Licht nicht möglich. Der Aufbau des Auges, die unterschiedlichen Ergebnisse der physiologischen Untersuchungen und der Verhaltensteste, die großen Unterschiede zwischen den Arten erschweren eine allgemeingültige Aussage über den Anflug. Der Einfluß endogener und exogener Faktoren, Aktivitätsmuster und die Frage nach der Fähigkeit zum Farbsehen (=Farben„lernen“) kann nur im Ansatz beantwortet werden. Leider beschränkt sich das Wissen hierbei auf eine kleine Gruppen von Insekten, die bereits über mehrere Dekaden Gegenstand der Untersuchung sind, wie Odonaten, *Apis* und *Musca* bzw. Lepidopteren. Über aquatische Insekten liegen dagegen keine auch nur im Ansatz ausreichenden Untersuchungen vor. Gegenstand dieser Arbeit war es deshalb, dieses Feld näher zu beleuchten, die vorhandene Literatur darüber zusammenzustellen und so die wesentlichen Wissenslücken aufzuzeigen.

H. ZUSAMMENFASSUNG

Beim Beobachten von nächtlichen Insektenschwärmen an Straßenbeleuchtungen kommt es zur Frage, inwieweit von einer Bedrohung eines geordneten Naturkreislaufes durch dieses Phänomen gesprochen werden kann. Mehrere Arbeiten haben sich damit bereits befaßt und sich mit der Attraktivität unterschiedlicher Beleuchtungen qualitativ auseinandergesetzt (u.a. GEPP 1977, BECKER 1990, SCHMIEDEL 1992, BAUER 1993, SCHANOWSKI 1994, KOLLIGS 1996, 2000, EISENBEIS & HASSEL 2000).

Erste Untersuchungen, die sich mit der Quantität eines solchen Anflugs bei Messung der Emergenz (=Schlupf) adulter Insekten beschäftigen, liegen bisher nur von SCHEIBE (1997, 1999) vor. Am Beispiel der bedrohten Artenvielfalt aquatischer Insekten im Bereich anthropogen bedingter verschmutzter Fließgewässer wurde der Problematik in der vorliegenden Arbeit umfassend begegnet.

Die Freilandtests erstreckten sich von Sommer 1998 bis Sommer 2000. Über 50.000 aquatische Insekten wurden gefangen und soweit wie möglich eine Artbestimmung vorgenommen.

Die vorliegende Arbeit geht mehreren Fragestellungen zur Problematik des Anflugs aquatischer Insekten an künstliche Lichtquellen nach:

1. - Wie hoch ist der Anteil aquatischer Insekten, der von dem Ort seiner Emergenz aus von einer naheliegenden Straßenleuchte angezogen wird ?
2. – Welcher Lampentyp lockt weniger Insekten an: OSRAM HQL (Hochdruckquecksilberdampf Lampe, herkömmliches Weiß-Mischlicht) oder PHILIPS SON (Natriumdampf Lampe mit gelber Lichtemission) ?
3. – Welche Wellenlängenbereiche des Lichts sind beim Anflug an die Lampe von besonderer Präferenz ?

zu 1. – Aquatische Insekten wiesen kein einheitliches Verhalten im Anflug an künstliches Licht auf. In den Sommermonaten kam es bei einigen Insektengruppen, wie z.B. den Trichopteren (Köcherfliegen), zu einem massenhaften Anflug an die eine, im Untersuchungsgebiet aufgestellte Straßenleuchte. In dieser Zeit ergaben sich im Mittelwert Fangzahlen in einer Nacht am Licht, die der Emergenz von 25 Metern Bachufer/72 Stunden entsprachen. Bei den Dipteren (Fliegen und Mücken) ergab der mittlere Wert eine Emergenz von knapp 10 Metern Uferlänge/72 Stunden. Als gering ist der Anflug der Ephemeropteren (Eintagsfliegen) am Licht zu bezeichnen: Lediglich die

Emergenz von umgerechnet 0,15 Metern wurde am Licht gefangen. Eine ähnlich geringe Zahl ergab sich bei den Plecopteren (Steinfliegen).

Aufgrund hoher Fangzahlen konnten Ergebnisse auf Artniveau bei den Chironomiden (Zuckmücken) erzielt werden. Bei den zehn häufigsten Arten aus Emergenz und Lichtfang zeigten sich starke Schwankungen, die einerseits eine gegen Null gehende Attraktivität an das Licht aufwiesen, andererseits aber auch hohe Fangzahlen ergaben. So entsprach z.B. ein nächtlicher Fang am Licht bei *Rheotanytarsus pentapoda*-♂♂ (Diptera: Chironomidae – Zuckmücken) einer Schlupfrate von etwa 61 Metern Ufer/72 Stunden (Mittelwerte der Fänge aus den Sommermonaten).

Micropsectra bidentata wies dagegen nur eine Emergenz von 0,3 Metern/72 Stunden auf, die in einer Nacht am Licht gefangen wurde. Unterschiede im Sehvermögen und im Verhalten (Anflug an künstliche Lichtquellen) finden sich also bereits zwischen nahe verwandten Arten (bereits MILNE & MILNE 1945).

zu 2. – In dem ohne Lichtkonkurrenz stattfindenden Vergleich zwischen PHILIPS SON 70W (5600lm) und OSRAM HQL 125W (6300lm) ergab sich eine Fangrelation von 1:1,6 (SON:HQL).

Bei einem Parallelfang (30 Metern Abstand der Leuchten) mit SON/HQL flogen wesentlich mehr Tiere an die HQL: Hier betrug die Relation 1:3,97 (SON:HQL).

Es fand somit bei Lichtkonkurrenz eine Abwanderung der Insekten zur „attraktiveren“ Lampe statt.

zu 3. – In der letzten Versuchsreihe wurde die Anlockwirkung dreier Farbspektren mit den Intensitätsmaxima einer Wellenlänge von 437nm (blaues Licht), 579nm (gelbes Licht) und 599nm (orangefarbiges Licht) getestet. 437nm war die in der HQL gemessene Intensitätsspitze im niedrigwelligen Bereich und somit nach Angaben verschiedener Publikationen (s.o.) von besonderer Anlockwirkung. Der Wellenlängenbereich um 579nm stellte das Intensitätsmaximum der SON-Lampe dar; 599nm war als Alternative für anlockschwache Beleuchtungen ausgewählt worden. Hier ergab sich bei abwechselndem Fang (ohne Lichtkonkurrenz) eine Fangrelation von 1,8 : 3,4 : 1 (437nm : 579nm : 599nm).

Verschiedene Untersuchungen bestätigen die hohe Attraktivität von Gelblicht (579nm) gegenüber Chironomiden (Zuckmücken) (ALI 1986, KOKINN & WILLIAMS 1989).

Es ist anzunehmen, daß künstliche Beleuchtungen insgesamt zu einer schleichenden Verschiebung innerhalb der Artenzusammensetzung der Insekten führen; einige Insektenarten mit einer hohen Anflugrate am Licht scheinen davon besonders betroffen. Bei einer regelmäßigen Straßenbeleuchtung ist folglich bei einigen Arten ein vollständiger Anflug der vorhandenen Population zu erwarten. Bei anderen Arten wird der Flug durch Lichteinwirkung verhindert, was dazu führt, daß sich weniger paarungsbereits Insekten zusammenfinden, oder die Oviposition findet nicht statt (TAYLOR & DEAY 1950, DEAY & HARTSOCK 1961, HIENTON 1974). Im besonderen Maße werden Insektenarten betroffen sein, die nur wenig mobil sind und in ihrer Lebensspanne nur eine geringe Wegstrecke zurücklegen bzw. an ein eng umgrenztes Habitat gebunden sind (SMITH et al. 1975). In neu eingerichteten Dauerlichtbereichen wurden in den ersten zwei Jahren ein hoher Insektenanflug gemessen, der nach drei Jahren jedoch auf ein konstantes Minimum absank (DANIEL 1950).

Probleme, wie Artenschwund und der Zusammenbruch eines geordneten Naturkreislaufes, sind in unserer industrialisierten Umgebung evident und werden durch den vorhandenen „Lichtsmog“ noch verstärkt.

So müßten eigentlich Lichtanlagen, wie Werbeschriften, die Anstrahlung von Häusern oder Denkmälern oder das nächtliche Brennenlassen von Hochhausinnenbeleuchtungen zu Dekorationszwecken (wie dies zur Zeit in Frankfurt/Main zu beobachten ist) vermieden bzw. verboten werden.

Nimmt der Insektenflug in Feuchtgebieten in solchen Massen zu, daß allergische Reaktionen, wie Asthmaanfälle und Atemnot, in der Bevölkerung auftreten, so ist von einer chemischen Bekämpfung der Insekten abzusehen. Ali (1980), ALI & BAGGS (1982) und ALI et al. (1984, 1986, 1994) schlagen hierzu das Aufstellen von hohen Lichtmasten außerhalb von Ortschaften vor. Es bleibt fraglich, ob sich die Insekten der Bedrohung durch künstliche Beleuchtung durch Veränderung ihrer Lebensgewohnheiten entziehen können. Durch die zunehmende Urbanisierung bzw. Differenzierung von städtischen und ländlichen Habitaten zeigen sich Anpassungen und Verhaltensänderungen wie auch genetische Unterschiede innerhalb einer Art (am Beispiel der Stechmücke *Aedes aegypti* aufgezeigt von CROVELLO & HACKER 1972, TRPIS & HAUSERMANN 1975, SCOTT & MCCLELLAND 1975). Weitere Untersuchungen zu diesem Thema sind selten oder fehlen. Es ist jedoch zu überlegen, ob bei gleichen Arten, die aus unterschiedlichen Habitaten stammen (urban, rural) sich nicht auch ein unterschiedliches - vererbbares - Verhalten gegenüber künstlicher Beleuchtung einstellt, da hier ein enormer Selektionsdruck anzunehmen ist.

I. LITERATURVERZEICHNIS

ALAWI, A.A., JENNINGS, V., GROSSFIELD, J., PAK, W. L. (1972): Phototransduction mutants of *Drosophila melanogaster*; in: G.B. ARDEN (ed.): The visual system; Neurophysiology, biophysics and their clinic application; Plenum Press, New York, 1-21

ALI, A. (1980): Nuisance chironomids and their control: a review; Bull. Entomol. Soc. Am. 26, 3-16

ALI, A. (1986): Attraction of some adult midges (Diptera: Chironomidae) of Florida to artificial light in the field; Florida Entomol. 69 (4), 644-650

ALI, A., BAGGS, R.D. (1982): Seasonal changes of chironomid populations in a shallow natural lake and in a man-made water cooling reservoir in central Florida; Mosq. News 42; 76-85

ALI, A., CERETTI, G., BARBATO, L., MARCHESE, G., D'ANDREA, F., STANLEY, B. (1994): Attraction of *Chironomus salinarius* (Diptera: Chironomidae) to artificial light on an island in the saltwater lagoon of Venice, Italy; J. Am. Mosqu. Ass. 10 (1), 35-41

ALI, A., STAFFORD, S.R., FOWLER, R.C., STANLEY, B.H. (1984): Attraction of adult Chironomidae (Diptera) to incandescent light under laboratory conditions; Environm. Entom. 13 (4), 1004-1009

ALI, A., STANLEY, B., CHAUDHURI, P.K. (1986): Attraction of some adult midges (Diptera: Chironomidae) of Florida to artificial light in the field; Florida Entom. 69 (4), 644-650

ANDERSSON, H. (1997): Diptera Ptychopteridae, Phantom Crane Flies; in: A. NILSSON (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 193-207

ARMITAGE, P.D. (1995): Behavior an ecology of adults; in: P.D. ARMITAGE, P.S. CRANSTON, L.C.V. PINDER (eds.): The Chironomidae; Biology and ecology of non-biting midges; Chapman & Hall, London, 194-224

AUBERT, J. (1959): Plecoptera, in: Insecta Helvetica, Fauna 1; Lausanne

AUTRUM, H. (1981): Light and dark adaptation in invertebrates; in: H. AUTRUM (ed.): Handbook of Sensory Physiology; vol. VII/6C, ; Springer, Berlin-Heidelberg- NY, 1-92

AUTRUM, H., KOLB, G. (1968): Spektrale Empfindlichkeit einzelner Sehzellen der Aeschniden; Z. vergl. Physiol. 60, 450-477

AUTRUM, H., STUMPF, H. (1953): Elektrophysiologische Untersuchungen über das Farbsehen von *Calliphora*; T. Vergl. Physiol. 35, 71-104

AUTRUM, H., v.ZWEHL, V. (1964): Spektrale Empfindlichkeit einzelner Sehzellen des Bienenauges; Z. vergl. Physiol. 48, 357-384

BADER, CH.R., BAUMANN, F., BERTRAND, D. (1976): Role of intracellular calcium and sodium in light adaptation in the retina of the honey bee drone (*Apis mellifera* L.); J. gen. Physiol. 67, 475-491

BAKER, R.L., BALL, S.L. (1995): Microhabitat selection by larval *Chironomus tentans* (Diptera: Chironomidae): effects of predators, food, cover and light; Freshwater Biology 34: 101-106

BAKER, R.R., SADOVY, Y. (1978): The distance and nature of the light-trap response to moths; Nature 276, 818-821

BALLARD, R.C. (1958): Responses of *Stomoxys calcitrans* L. to radiant energy and their relation to absorption characteristics of the eye; Ann. Entom. Soc. Amer. 51, 449-464

BAUER, R. (1993): Untersuchung zur Anlockung von nachtaktiven Insekten durch Beleuchtungseinrichtungen; unveröff. Diplomarbeit, Konstanz

BAUERNFEIND, E. (1994): Bestimmungsschlüssel für die österreichischen Eintagsfliegen (Insecta: Ephemeroptera), 1. Teil; Wasser und Abwasser, Suppl. 4/94, 92 S.

- BAUERNFEIND, E. (1995):** Bestimmungsschlüssel für die österreichischen Eintagsfliegen (Insecta: Ephemeroptera), 2. Teil; Wasser und Abwasser, Suppl. 4/94, 96 S.
- BECKER, M., BIERMANN, J., SCHRAMM, U., KRAUTER, H. (1990):** Auswirkungen großer Beleuchtungsanlagen innerhalb und außerhalb von Ortschaften auf nachtaktive Tiere, insbesondere Insekten; Ministerium für Umwelt, Baden-Württemberg
- BELTON, P., PUCAT, A. (1967):** A comparison of different lights in traps for *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae); Can. Entomol. 99: 267-272
- BENETT, G.F., FALLIS, A.M., CAMPBELL, A.G. (1972):** The response of *Simulium* (*Eusimulium*) *euryadminiculum* to some olfactory and visual stimuli; Can. J. Zool. 50, 793-800
- BENETT, R. (1967):** Spectral sensitivity studies on the whirling beetle *Dineutes ciliatus*; J. Insect Physiol. 13, 621
- BENETT, R., RUCK, P. (1970):** Spectral sensitivities of dark- and light adapted *Notonecta* compound eyes; J. Insect Physiol. 16, 83-88
- BENETT, R., HORRIDGE, G.A., TUNSTALL, J. (1967):** Spectral sensitivity of single retinula cells of the Locust; Z. vergl. Physiol. 55, 195-206
- BERG, M.B., HELLENTHAL, R.A. (1991):** Secondary production of Chironomidae (Diptera) in a north temperate stream; Freshwater Biology 25, 497-505
- BERG, M.B., HELLENTHAL, R.A. (1992):** The role of chironomidae in energy flow of a lotic ecosystem; Netherl. J. Aqu. Ecol. 26 (2-4), 471-476
- BERNARD, G.D. (1979):** Red-absorbing visual pigments in butterflies; Science 203, 1125-1127
- BERNARD, G.D., MILLER, W.H. (1968):** Interference filters in the corneas of diptera; Invest. Ophthalmol. 7, 416-434

BERNERTH, H., BÖRNERT, W., TOBIAS, W. (1996): Bäche des Rhein-Main-Gebietes im Spiegel unterschiedlicher Umweltbelastungen; Natur und Museum 126: 309-338

BERNHARD, C.G., GEMNE, G., SÄLLSTRÖM, J. (1970): Comparative ultrastructure of corneal surface topography in insects with aspects on phylogenesis and function; Z. vergl. Physiol. 67, 1-25

BERNHARD, C.G., HÖGLUND, G., OTTOSON, D. (1963): On the relation between pigment position and light sensitivity of the compound eye in different nocturnal insects; J. Ins. Physiol. 9, 573-586

BERTRAND, D., FUORTES, G., MURI, R. (1979): Pigment transformation and electrical responses in retinula cells of drone, *Apis mellifera*-♂; J. Physiol. 296, 431-441

BIDLINGMAYER, W. (1964): The effect of moonlight on the flight activity of Mosquitos; Ecology 45 (1), 87-93

BISHOP, L.G. (1974): An ultraviolet photoreceptor in a dipteran compound eye; J. comp. Physiol. 91, 267-275

BLOMBERG, O., ITÄMIES, J., KUUSELA, K. (1978): The influence of wheather factors on insect catches in traps equipped with different lamps in northern Finland; Ann. Ent. Fenn. 44 (2), 56-62

BÖTTGER, K., RUDOW, A. (1995): Die Chironomidae (Diptera: Nematocera) aus Emergenzfängen des norddeutschen Tieflandbaches Kossau; Limnologica 25 (1): 49-60

BOHN, G. (1904): Théorie nouvelle du phototropisme; Compt. Rend. Acad. Sci., Paris 139, 890-891

BOOTHROYD, I.K.G. (1988): Temporal and diel emergence of Chironomidae (Diptera: Insecta) from a New Zealand Stream; Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 23, 1399-1404

BOTHWELL, M.L., SHERBOT, D.M.J., POLOCK, C.M. (1994): Ecosystem response to solar ultraviolet-B radiation: Influence of trophic-level interactions; *Science* 265, 97-99

BOWDEN, J. (1982): An analysis of factors affecting catches of insects in light-traps; *Bull. ent. Res.* 72, 535-556

BOWDEN, J. (1984): Latitudinal and seasonal changes of nocturnal illumination with a hypothesis about their effect on catches of insects in light-traps; *Bull. ent. Res.* 74, 279,-298

BOWDEN, J. & MORRIS, M.G. (1975): The influence of moonlight on catches of insects in light-traps in Africa. III. The effective radius of a mercury-vapour light-trap and the analysis of catches using effective radius; *Bull. ent. Res.* 65, 303-348

BRAMMER, J.D., ANDERSON, R.A., STEIN, P.J. (1974): Membrane turnover in mosquito rhabdoms; *Assoc. Res. Vision Ophtalm., Spring Meeting Abstr.* 33

BRINES, M.L., GOULD, J.L. (1979): Bees have rules; *Science* 206, 571-573

BROHMER, P. (1992): *Fauna von Deutschland*; 18. Auflage; Verlag Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden

BROHMER, P., EHRMANN, P., ULMER, G. (1930A): *Die Tierwelt Mitteleuropas*; 1. Band; Ephemeroptera, Odonata; Verlag Quelle & Meyer, Leipzig

BROHMER, P., EHRMANN, P., ULMER, G. (1930B): *Die Tierwelt Mitteleuropas*; 6. Band; Insekten, III. Teil – Diptera, Aphaniptera; Verlag Quelle & Meyer, Leipzig

BRUCKLER, R.M., WILLIAMS, T.P. (1981): Adaptation properties of the ERG in the grasshopper, *Romalea microptera*; *Biophys. Struct. Mech.* 7, 205-208

BRUCKMOSER, P. (1968): Die spektrale Empfindlichkeit einzelner Sehzellen des Rückenschwimmers *Notonecta glauca* L. (Heteroptera); *Z. vergl. Physiol.* 59, 187-204

BRUNDIN, L. (1947): Zur Kenntnis der schwedischen Chironomidae; Ark. Zool. 39: 1-95

BRUNDIN, L. (1956): Zur Systematik der Orthocladiinae (Dipt., Chir.); Rep. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 37: 5-185

v.BUDDENBROCK, W., SCHULZ, E. (1933): Beiträge zur Kenntnis der Lichtkompaßbewegung und der Adaption des Insektenauges; Zool. Jb. allg. Zool. Physiol. 52, 513-536

BURKHARDT, D. (1972): Electrophysiological studies on the compound eye of a stalked-eye fly, *Cyrtodiopsis dalmanni* (Diopsidae, Diptera); J. comp. Physiol. 81, 203-214

BURKHARDT, D., DE LA MOTTE, J. (1972): Electrophysiological studies on the eyes of Diptera, Mecoptera and Hymenoptera; in: R. Wehner (ed.): Information Processing in the Visual System of Arthropods, 148-153

BURMEISTER, E.-G., REISS, F. (1983): Die faunistische Erfassung ausgewählter Wasserinsektengruppen in Bayern (Eintagsfliegen, Libellen, Steinfliegen, Köcherfliegen, Zuckmücken); Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft

CALLAHAN, P.S. (1957): Oviposition response of the imago of the corn earworm, *Heliothis zea* (Boddie), to various wave lengths of light; Ann. Ent. Soc. Amer. 50, 444-452

CALLAHAN, P.S. (1965): Far infra-red emission and detection by night-flying moths; Nature 206; 1172-1173

CAVENEY, ST. (1998): Compound eyes; in: Microscopic Anatomy of Invertebrates, Vol. 11B: Insecta; Wiley-Liss Inc., 423-445

CHAPPELL, R.L., DEVOE, R.D. (1975): Action spectra and chromatic mechanisms of cells in the median ocelli of dragonflies; J. gen. Physiol. 65, 399-419

CHITTKA, L. (1996A): Optimal sets of color receptors and color opponent systems for coding of natural objects in insect vision; *J. theor. Biol.* 181, 179-196

CHITTKA, L. (1996B): Does bee colour vision predate the evolution of flower colour ?; *Naturwissenschaften* 83, 136-138

CHITTKA, L., MENZEL, R. (1992): The evolutionary adaptation of flower colors and the insect pollinators' color vision systems; *J. Comp. Physiol. A* 171, 171-181

CLEVE, K. (1966): Das Sternenlicht und dessen vermutete Wahrnehmung durch nachts fliegende Schmetterlinge; *Dt. Entomol. Z.* 13, 359-375

COLLINS, D.L. (1934): Iris pigment immigration and its relation to behavior in the codling moth; *J. Exp. Zool.* 69 (2): 165-185

CORBET, P.S. (1958): Lunar periodicity of aquatic insects in Lake Victoria; *Nature* 182, 303-331

CRANSTON, P. S. (1995): Medical significance, 365-384; in: P. D. Armitage, P. S. Cranston and L. C. V. Pinder (Hg.): *The Chironomidae: the biology and ecology of non-biting midges*; Chapman and Hall, London

CRANSTON, P. S., TEE, R. D., CREDLAND, P. F., KAY, A. B. (1983): Chironomid hemoglobins: their detection and role in allergy to midges in the Sudan and elsewhere; *Mem. Am. Entomol. Soc.* 34: 71-87

CRESCITELLI, F., JAHN, T.L. (1939): The electrical response of the dark-adapted grasshopper eye to various intensities of illumination and to different qualities of light; *Jour. Cellular and Comp. Physiol.* 13, 105-112

CRONIN, T.W., MARSHALL, N.J. (1989): A retina with at least ten spectral types of photoreceptors in a mantis shrimp; *Nature* 339, 137-140

CROVELLO, T.J., HACKER, C.S. (1972): Evolutionary strategies in life table characteristics among feral and urban strains of *Aedes aegypti* (L.); *Evolution* 26, 185-196

COUTURIER, A. (1967): Sensibilité différentielle du hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) (Coleoptera, Scarabeidae) vis-à-vis de certaines longueurs d'onde du spectre visible; *Ann. Soc. Entomol. France (N.S.)* 3, 767-770

DANIEL, F. (1950): Mit welchen Organen nehmen Nachtfalter künstliche Lichtquellen wahr ?; *Ent. Z.* 59 (20), 153-157

DANKS, H.V. (1978): Some effects of photoperiod, temperature, and food on emergence in three species of Chironomidae (Diptera); *Can. Entomol.* 110, 289-300

DANTHANARAYANA, W. (1986): Lunar periodicity of insect flight and migration; in W. Danthanarayana (ed.), *Insect flight*; Springer, Berlin-Heidelberg

DATTA, M., CHOUDHURI, D.K., DASGUPTA, B. (1984): Response of blackflies (Diptera: Simuliidae) to certain coloured light sources; *Bull. zool. Surv. India* 5 (2 & 3), 1-6

DAVIES, D.M. (1972): The landing of blood-seeking female black-flies (Simuliidae, Diptera) on coloured materials; *Proc. Entomol. Soc. Ont.* 102: 124-155

DAY, A., REID, W.J.JR. (1969): Response of adult southern potato wireworms to light-traps; *J. Econ. Entomol.* 62; 314--318

DEAY, H.O., HARTSOCK, J.G. (1961): The use of light traps to protect tobacco in southern Indiana from tobacco and tomato hornworms; *Proc. Indiana Acad. Sci.* 70, 137

DETTNER, K., PETERS, W. (1999): *Lehrbuch der Entomologie*; 1. Aufl., Fischer-Verlag, Stuttgart

DIETRICH, W. (1909): Die Facettenaugen der Dipteren; *Z. wiss. Zool.* 92, 465-539

- DOLEZIL, Z. & ROZKOSNY, R. (1997):** Diptera Syrphidae, Hover Flies; in: A. NILSSON (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2, 347-362
- DUFAY, C. (1964):** Contribution à l'étude du phototropisme des Lépidoptères noctuides; *Annls Sci. nat. Zool. Biol. Anim.* (12) 6, 281-406
- EATON, J.L. (1976):** Spectral sensitivity of the ocelli of the adult cabbage looper moth; *Trichoplusia ni*; *J. comp. Physiol.* 109, 17-24
- ECKERT, H. (1972):** Spectral sensitivities of receptor systems in the eye of the fly *Musca* (Diptera: Muscidae); *Naturwiss.* 59, 80-81
- EDRICH, W. (1977):** Die Rolle einzelner Farbrezeptortypen bei den verschiedenen Lichtreaktionen der Biene; *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* 77, 236
- EGUCHI, E. (1971):** Fine structure and spectral sensitivities of reticular cells in the dorsal sector of the compound eyes in the dragonfly; *Z. vergl. Physiol.* 71, 201-218
- EISENBEIS, G., HASSEL, F. (2000):** Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Straßenlaternen – eine Studie kommunaler Beleuchtungseinrichtungen in der Agrarlandschaft Rheinhessens; *Natur & Landschaft* 75 (4), 145-156
- ELLIOTT, J.M., HUMPECH, U.H. (1983):** A key to the Adults of the British Ephemeroptera; *Freshwater Biological Ass. Publ.* 47: 101 S.
- ENDERS, G., WAGNER, R. (1996):** Mortality of *Apatania fimbriata* (Insecta: Trichoptera) during embryonic, larval and adult life stages; *Freshwater Biology* 36, 93-104
- EVANS, W.G., KÜSTER, J.E. (1980):** The infrared receptive fields of *Melanophila acuminata* (Coleoptera: Buprestidae); *The Canadian Entomologist* 112, 211-216

- FINGERMAN, M., BROWN, F.A. (1952):** A „Purkinje-shift“ in insect vision; *Science* 116, 171-172
- FITTKAU, E.J. (1962):** Die Tanypodinae (Diptera, Chironomidae) Tribus Anatopyniini, Macropelopiini, Pentaneurini; *Abh. zur Larvalsystematik d. Insekten* 6; Akademie-Verlag Berlin, 1-453
- FITTKAU, E.J. & REISS, F. (1978):** Chironomidae; in: J. ILLIES (ed.): *Limnofauna Europaea*; *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 55, 391-402
- FREUDE, H., HARDE, K.W., LOHSE, G.A. (1979):** Die Käfer Mitteleuropas; Goecke & Evers, Krefeld
- v.FRISCH, K. (1965):** Tanzsprache und Orientierung der Bienen; Springer Verlag, Berlin, New York
- FROST, J.W. (1958):** Insects attracted to light traps placed at different heights; *J. Econ. Entomol.* 51, 550-551
- FRYER, G. (1959):** Lunar rhythm of emergence, differential behavior of the sexes and other phenomena in the African midge, *Chironomus brevibucca* Kieff.; *Bull. Entomol. Res.* 50, 1-8
- GEHRELS, T. (1974):** Introduction and overview; in: T. GEHRELS(ed.): *Planets, stars, and nebulae*; University of Arizona Press, Tucson, 3-44
- GEMPERLEIN, R. (1982):** The determination of spectral sensitivities by Fourier interferometric stimulation (FIS). The basic principles and advantages; *Doc. Ophthalmol. Proc. Ser.* 31, 23-29
- GEPP, J. (1977):** Technogene und strukturbedingte Dezimierungsfaktoren der Stadttierwelt – ein Überblick; *Stadtökologie (Tagungsbericht)*, Graz/Österreich, 99-127
- GOGALA, M. (1967):** Die spektrale Empfindlichkeit der Doppelaugen von *Ascacephalus macaronius* Scop. (Neuroptera, Ascalaphidae); *Z. vergl. Physiol.* 57, 232-243

GOLDMAN, L. (1971): The electroretinogram and spectral sensitivity of the compound eye of *Aedes aegypti*; University of Florida Ph.D. thesis

GOLDSMITH, T.H. (1990): Optimization, constraint, and history in the evolution of eyes; Quart. rev. biol. 65, 281-321

GOLDSMITH, T.H. (1994): Ultraviolet Receptors and Color Vision: Evolutionary Implications and a Dissonance of Paradigms; Vision Res. 34: 1479-1487

GOLDSMITH, T.H., BERNARD, G.D. (1974): The visual system of Insects (Chapter 5); in: M. Rockstein (ed.): The Physiology of Insecta; Academic Press, NY, 2. ed., vol. 2

GOLDSMITH, T.H., FERNANDEZ, H.R. (1968): The sensitivity of housefly photoreceptors in the mid-ultraviolet and the limits of the visible spectrum; J. Exp. Biol. 49, 669-677

GOLINI, V.I., DAVIES, D.M. (1975): Relative response to colored substrates by ovipositing blackflies (Diptera: Simuliidae). I. Oviposition by *Simulium (Simulium) verecundum* STONE and JAMNBACK; Can. J. Zool. 53, 521-535

GUI, H.L., PORTER, L.C., PRIDEAUX, G.F. (1942): Response of insects to color, intensity and distribution of light; Agric. Engin. 23, 51-58

HAMANN, B., LANGER, H. (1980): Sehfärbstoffe im Auge des Wasserläufers *Gerris lacustris* L.; Verh. Dtsch. Zool. Ges. 73, 337

HAMDORF, K., HÖGLUND, G., LANGER, H. (1972): Mikrophotmetrische Untersuchungen an der Retinula des Nachtschmetterlings *Deilephia elpenor*; Verh. Dtsch. Zool. Ges. 65, 276-263

HAMDORF, K., PAULSEN, R. & SCHWEMER, J. (1973): Photoregeneration and sensitivity control of photoreceptors of invertebrates; in: H. Langer (ed.): Biochemistry and physiology of visual pigment; Springer-Verlag, Heidelberg, 155-166

- HARIYAMA, T., TSUKAHARA, Y. (1998):** The brain as a photoreceptor: Intracerebral ocelli; Zoological Science Tokyo 15 (Suppl.), 97
- HARDIE, R.C. (1979):** Electrophysiological analysis of fly retina. I. Comparative properties of R1-6 and R7 and 8; J. comp. Physiol. 129, 19-33
- HARDIE, R.C., FRANCESCHINI, N., MCINTYRE, P.D. (1979):** Electrophysiological analysis of fly retina. II. Spectral and polarisation sensitivity in R7 and R8; J. comp. Physiol. 133, 23-39
- HARDIE, R.C., FRANCESCHINI, N., RIBI, W., KIRSCHFELD, K. (1981):** Distribution and properties of sex-specific photoreceptors in the fly *Musca domestica*; J. comp. Physiol. 145, 139-152
- HARRIS, W.A., STARK, W., WALKER, J.A. (1976):** Genetic discussion of the photoreceptor system in the compound eye of *Drosophila melanogaster*; J. Physiol. (Lond.) 256, 415-439
- HARRISON, R.G. (1980):** Dispersal polymorphism in insects; Ann. Rev. Ecol. Syst. 11, 95-118
- HARTLAND-ROWE, R. (1955):** Lunar rhythm in the emergence of an Ephemeropteran; Nature (London) 196, 657
- HASSELMANN, E.M. (1962):** Über die relative spektrale Empfindlichkeit von Käfer- und Schmetterlingsaugen bei verschiedenen Helligkeiten; Zool. J. Physiol. 69, 537-576
- HAUPT, J. & HAUPT, H. (1998):** Fliegen und Mücken; Naturbuch-Verlag, Augsburg
- HEDSTRÖM, L. (1997):** Diptera Dolichopodidae, Long-legged Flies; in: A. Nilsson (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 345
- HEISE, B.A. (1992):** Sensitivity of mayfly nymphs to red light: implications for behavioural ecology; Freshwater Biology 28, 331-336

V.HELVERSEN, O., EDRICH, W. (1974): Der Polarisationsempfänger im Bienenaugen: Ein Ultraviolett-rezeptor; J. comp. Physiol. 94, 33-47

V.HELVERSEN, O. (1972): Zur spektralen Unterschiedsempfindlichkeit der Honigbiene; J. comp. Physiol. 80, 439-472

HERMS, W.B. (1937): The Clear Lake gnat; Univ. of Calif. Bull. 607, 20

HERMS, W.B. (1947): Some problems in the use of artificial light in crop protection; Hilgardia 17 (10), 364, 366

HESSE, R. (1901): Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindlichkeit bei niederen Thieren; VII. Von den Arthropoden-Augen; Z. wiss. Zool. 70, 347-473

HIENTON, T.E. (1974): Summary of investigations of electric insect traps; Tech. Bull. U.S. Dep. Agric. no. 1498, 136pp.

HIRABAYASHI, K., NAKAZATO, R., OHARA, A., OKINO, T. (1993): A study of phototaxis for adult Chironomidae (Diptera) by artificial light in Lake Suwa; Japanese Journal of Sanitary Zoology, Vol. 44, No. 1: 33-39

HIRVENOJA, M. (1962): Zur Kenntnis der Gattung *Polypedilum* KIEFF. (Dipt., Chironomidae); Annales Entomologici Fennici 28: 171-181

HIRVENOJA, M. (1973): Revision der Gattung *Cricotopus* VAN DER WULP und ihrer Verwandten (Dipt., Chir.); Annales Zoologici Fennici 10, 1-363

HIRVENOJA, M. & HIRVENOJA, E. (1988): *Corynoneura brundini* spec. nov. Ein Beitrag zur Systematik der Gattung *Corynoneura* (Dipt., Chir.). in E.J. FITTKAU(Hg.): Festschrift zu Ehren Lars Brundin; Spixiana Suppl. 14, 213-238

- HÖGLUND, G., HAMDORF, K., ROSNER, G. (1973):** Trichromatic visual system in an insect and its sensitivity control by blue light; *J. comp. Physiol.* 86, 265-279
- HOLM, U. (1988):** Ökologische Studien an den Chironomiden (Diptera, Nematocera) eines norddeutschen Tieflandbaches (unterer Schierenseebach); Diss. Kiel
- HORRIDGE, G.A. (1969):** Unit studies on the retina of dragonflies; *Z. vergl. Physiol.* 62, 1-37
- HORRIDGE, G.A. (1976):** The ommatidium of the dorsal eye of *Cloëon* as a specialization for photoisomerization; *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B* 193: 17-29
- HORRIDGE, G.A. (1977):** Insects which turn and look; *Endeavour (New Ser.)* 1: 7-17
- HORRIDGE, G.A., MCLEAN, M. (1978):** The dorsal eye of the mayfly *Atalophlebia* (Ephemeroptera); *Proc. R. Soc. Lond. B* 200, 137-150
- HORRIDGE, G.A., MIMURA, K., TSUKAHARA, Y. (1975):** Fly photoreceptors. Spectral and polarized light sensitivity in the drone fly *Eristalis tenax*; *Proc. Roy. Soc. B* 190, 225-237
- HOWARD-WILLIAMS, C., VINCENT, W.F. (1985):** Optical properties of New Zealand lakes: II. Underwater spectral characteristics and effects on PAR attenuation; *Archiv für Hydrobiologie* 104, 441-457
- HU, K., REICHERT, H., STARK, W.S. (1978):** Electrophysiological characterization of *Drosophila ocelli*; *J. Comp. Physiol.* 126, 15-24
- ILLIES, J. (1955):** Steinfliegen oder Plecoptera; in: F. DAHL (Hg.): *Die Tierwelt Deutschlands* 43; Gustav Fischer Verlag, Jena
- ILLIES, J. (1971):** Emergenz 1969 im Breitenbach; *Arch. Hydrobiol.* 69, 14-59

- ILLIES, J. (1982):** Längsprofil des Breitenbachs im Spiegel der Emergenz (Ins.: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera); Arch. Hydrobiol. 95, 157-168
- ILLIES, J. (1983):** Ökosystemforschung an einem Mittelgebirgsbach (Emergenzanalyse); Verh. Ges. f. Ökol., 10, 247-253
- ILSE, D. (1937):** New observations on responses to colours in egg-laying butterflies; Nature (Lond.) 140, 544-545
- JACKSON, J.K., FISHER, S.G. (1986):** Secondary production, emergence, and export of aquatic insects of a Sonoran Desert stream; Ecology 67, 629-638
- JACKSON, J.K., RESH, V.H. (1989):** Distribution and abundance of adult aquatic insects in the forest to a northern Californian stream; Env. Entomol. 18, 278-283
- JAKOBS, W., RENNER, M. (1998):** Biologie und Ökologie der Insekten, überarbeitet v. K. HONOMICHL; Fischer-Verlag, Stuttgart etc.
- JAHN, T.L., WULFF, V.J. (1943):** Electrical aspects of diurnal rhythm in the eye of *Dytiscus fasciventris*; physiol. Zool. 16, 101-109
- JAKOB, U. (1986):** Analyse der Ephemeroptera-Jahresemergenz des Breitenbachs bei Schlitz/Hessen (Bundesrepublik Deutschland); Arch. Hydrobiol. 107 (2), 215-247
- JANDER, R. (1963):** Insect orientation; Ann. Rev. Entomol. 8, 95-114
- JANDER, R., BARRY, C.K. (1968):** Die phototaktische Gegenkopplung von Stirnocellen und Facttenaugen in der Phototropotaxis der Heuschrecken und Grillen (Saltatoptera: *Locusta migratoria* und *Gryllus bimaculatus*); Z. vergl. Physiol. 57, 432-458
- JENSEN, F. (1997):** Diptera Simuliidae, Blackflies; in: A. Nilsson (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 209-241

JOHNSON, C.G. (1969): Migration and dispersal of insects by flight; Methuen, London

KEYL, H.-G., KEYL, L. (1959): Die cytologische Diagnostik der Chironomiden. I. Bestimmungstabelle für die Gattung *Chironomus* aufgrund der Speicheldrüsenchromosomen; Arch. Hydrobiol. 56, 43-57

KIRSCHFELD, K. (1967): Die Projektion der optischen Umwelt auf das Raster der Rhabdomere im Komplexauge von *Musca*; Exp. Brain Res. 3, 248-270

KIRSCHFELD, K. (1974): The absolute sensitivity of lens and compound eyes; in: F. ZETTLER, R. WEILER (eds.), Neural principles in vision, 354-370; Springer, Berlin, Heidelberg, NY

KIRSCHFELD, K., FEILER, R., VOGT, K. (1988): Evidence for a sensitizing pigment in the ocellar photoreceptors of the fly (*Musca, Calliphora*); J. Comp. Physiol. A 163, 421-424

KIRSCHFELD, K., FRANCESCHINI, N., MINKE, B. (1977): A photostable pigment within the rhabdomere of fly photoreceptors; Nature 269, 386-390

KIRSCHFELD, K., LUTZ, B. (1977): The spectral sensitivity of the ocelli of *Calliphora* (Diptera); Z. Naturforsch. 32c, 439, 441

KIRSCHFELD, K., REICHARD, W. (1970): Optomotorische Versuche an *Musca* mit linear polarisiertem Licht; Z. Naturforsch. 25b, 228

KIRSCHFELD, K., WENK, P. (1976): The dorsal compound eye of simuliid flies: An eye specialized for the detection of small, rapidly flying objects; Z. Naturforsch. 31c, 764-765

KITABAKE, S., SHIMIZU, I., KATO, M. (1983): Wavelength-dependent properties of phototaxis in larvae of *Bombyx mori*; Photochem. Photobiol. 37, 321-327

KLAPÁLEK, FR., GRÜNBERG, K (1909): Ephemera, Plecoptera, Lepidoptera, in: BRAUER (Hg.): Die Süßwasserfauna Deutschlands; Heft 8; Verlag Gustav Fischer, Jena

- KLEINSCHMIDT, J., HAROSI, F.I. (1992):** Anion sensitivity and spectral tuning of cone visual pigments in situ; Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 89 (19): 9181-9185
- KNOLL, F. (1922):** Lichtsinn und Blumenbesuch des Falters von *Macroglossum stellatarum*; Abh. Zool. Bot. Ges. Wien 12, 125-377
- KNOZ, J. (1965):** To Identification of Czechoslovakian Black-Flies (Simuliidae, Diptera); Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis (biologia 2) VI (5): 1-54
- KOKINN, M.J., WILLIAMS, W.D. (1989):** An experimental study of phototactic responses of *Tanytarsus barbitarsis* (Diptera: Chironomidae); Aust. J. Mar. Freshwater Res., 40, 693, 702
- KOLLIGS, D. (1996):** Ökologische Auswirkungen von flächenhaften Lichtquellen unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung von künstlichem Licht auf wirbellose Tiere; FE-Vorhaben des Umweltbundesamtes (108 03 075)
- KOLLIGS, D. (2000):** Ökologische Auswirkung künstlicher Lichtquellen auf nachtaktive Insekten, insbesondere Schmetterlinge (Lepidoptera); Diss. Kiel
- KON, M. (1986):** Activity patterns of *Chironomus yoshimatsui* (Diptera: Chironomidae), II. Effect of temperature on the response of adults to light conditions; Appl. Ent. Zool. 21 (4), 620-622
- KONDRATYEV, K.Y. (1969):** Radiation in the atmosphere; Academic Press, London, New York
- KONG, K.-L., FUNG, Y.M., WASSERMAN, G.S. (1980):** Filter-mediated color vision with one visual pigment; Science 207, 783-786
- KOVATS, Z.E., CIBOROWSKI, J.J.H., CORKUM, L.D. (1996):** Inland dispersal of adult aquatic insects; Freshwater Biology 36, 265-276

KREITHEN, M.L., EISNER, T. (1978): Ultraviolet light detection by the young pigeon; *Nature* 272, 347-348

KRING, J.B. (1969): Behavioral responses of winged bean aphids to colored fluorescent lamps; *J. Econ. Entomol.* 62, 1450-1455

KURECK, A. (1980): Circadian eclosion rhythm in *Chironomus thummi*; ecological adjustment to different temperature levels and the role of temperature cycles, in Chironomidae, in: D.A.Murray (ed.), *Chironomidae, Ecology, Systematics, Cytology and Physiology*; Pergamon Press, New York, 73-80

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; *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 113, 1-4

KURTZE, W. (1974): Synökologische und experimentelle Untersuchungen zur Nachtaktivität von Insekten; *Zool. Jb. Syst.* 101, 297-344

LABHART, T., E.P. MEYER, L. SCHENKER (1992): Specialized ommatidia for polarization vision in the compound eye of cockchafers *Melolontha melolontha* (Coleoptera, Scarabaeidae), *Cell Tissue Res.* 268, 419-429

LAND, M.F. (1981): Optics and vision in invertebrates; in: H. AUTRUM (ed.), *Handbook of Sensory Physiology*; vol. VII/6B, 471-594; Springer, Heidelberg-Berlin-NY

LAND, M.F. (1985): The Eye: Optics; in: G.A.KERKUT, L.J. GILBERT, (eds.): *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*; Vol.6 Nervous System: Sensory; Pergamon Press, Kronberg, 225-276

LAND, M.F. (1990): The eye: Optics; in G.A. Kerkun & L.F. Gilbert (eds.): *Comprehensive Insect Physiology, Broch. and Pharm.*; Vol VI, Nervous System: Sensory; Pergamon Press, Oxford, 225-275

-
- LAND, M.F. (1990):** The design of the compound eye; in: C. BLACKMORE (ed.), *Vision: Coding and Efficiency*, 55-64; Cambridge University Press, Cambridge
- LAUGHLIN, S.B. (1975):** Receptor function in the apposition eye: An electrophysiological approach; in: A.W. SNYDER, R. MENZEL (eds.): *Photoreceptor Optics*; Springer, Berlin-Heidelberg-NY, 479-498
- LAUGHLIN, S.B. (1976):** Adaptation of the dragonfly retina for contrast detection and the elucidation of neural principles in the peripheral visual system; F. Zettler, R. Weiler (eds.), *Neural principles in vision*, 175-193, Springer, Berlin-Heidelberg-NY
- LEARNER, M., WILES, R., PICKERING, J. (1990):** Diel emergence patterns of Chironomids; *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 75 (5), 569-581
- LEHMANN, J. (1969):** Die europäischen Arten der Gattung *Rheocricotopus* THIEN. und HARN. und drei neue Artvertreter dieser Gattung aus der Orientalis (Diptera: Chironomidae); *Archiv f. Hydrobiologie* 66: 348-381
- LEHMANN, J. (1970):** Revision der europäischen Arten (Imagines und Puppen) der Gattung *Rheotanytarsus* BAUSE (Diptera, Chironomidae); *Zoologischer Anzeiger* 185: 344-378
- LEHMANN, J. (1972):** Revision der europäischen Arten (Puppen-♂♂ und Imagines-♂♂) der Gattung *Eukiefferiella* THIENEMANN; *Beiträge zur Entomologie* 22 (7/8), 347-405
- LIEKE, E. (1984):** Farbensehen bei Bienen: Wahrnehmung der Farbsättigung; Diss., Freie Universität Berlin
- LINDEBERG, B. (1963):** Taxonomy, biology and biometry of *Tanytarsus curticornis* KIEFF. and *T. brundini* n. sp.; *Annales Entomologici Fennici* 29: 118-130
- LINDEBERG, B. (1976):** Taxonomy of some species of the *Tanytarsus eminulus* group (Dipt., Chir.); *Annales Entomologici Fennici* 42, 47-53

- LINDEBERG, B. & WIEDERHOLM, T. (1979):** Notes on the Taxonomy of European species of *Chironomus* (Dipt., Chir.); Entomologica Scandinavica, Suppl. 10, 99-116
- LINDEGAARD, C. (1997):** Diptera Chironomidae, Non-biting Midges; in: A. NILSSON (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 265-294
- LYTHGOE, J.N., PARTRIDGE, J.C. (1989):** Visual pigments and the acquisition of visual information; J. exp. Biol. 146, 1-20
- MAGNUM, C.L., CALLAHAN, P.S. (1968):** Attraction of near-infrared radiation to *Aedes aegypti* (L.); J. Econ. Entomol. 61: 36-37
- MAIWORM, M. (1983):** Limnologische Untersuchungen an sauerländischen Fließgewässern unter besonderer Berücksichtigung der Chironomiden (Diptera); Diss. Bonn
- MAIWORM, M. (1984):** Die Insektenfauna sauerländischer Fließgewässer; Decheniana 137: 203-225
- MALICKY, H. (1974):** Der Einfluß des Standortes einer Lichtfalle auf das Anflugergebnis der Noctuidae (Lepidoptera); Fol. Ent. Hung. Suppl. 27, 113-127
- MALICKY, H. (1983):** Atlas der europäischen Köcherfliegen; Dr. W. Junk Publishers, The Hague, London, Boston
- MAZOKHIN-PORSHNYAKOV, G.A. (1969):** Insect Vision; Plenum Press, New York
- MCCANN, G.D., ARNETT, D.W. (1972):** Spectral and polarization sensitivity of the dipteran visual system; J. gen. Physiol. 54, 534-558
- MCEWEN, W.C. (1931):** Concerning the relative phototropism of vestigial and wild type *Drosophila*; Biol. Bull. 49, 354-34

MEFFERT, P., SMOLA, U. (1976): Electrophysiological measurements of spectral sensitivity of central visual cells in the eye of the blowfly; *Nature (Lond.)* 260, 342-344

MEINERTZHAGEN, I.A., MENZEL, R. & KAHLE, G. (1983): The identification of spectral receptor types in the retina and lamina of the dragonfly *Sympetrum rubicundulum*; *J. comp. Physiol.* 151, 295-310

MENZEL, R. (1967): Untersuchungen zum Erlernen von Spektralfarben durch die Honigbiene, *Apis mellifera*; *Z. vergl. Physiol.* 56, 22-62

MENZEL, R. (1971): Über den Farbensinn von *Paravespula germanica* F. (Hymenoptera) ERG und selektive Adaption; *Z. vergl. Physiol.* 57, 86

MENZEL, R. (1975): Colour receptors in insects; in: G.A. HORRIDGE (ed.), *The Compound eye and vision of insects*; Clarendon Press, Oxford, 121-153

MENZEL, R. (1979): Spectral sensitivity and colour vision in invertebrates, in: H. AUTRUM (ed.): *Handbook of Sensory Physiology*; Vol. VII/6A, 503-580; Springer, Berlin, Heidelberg, NY

MENZEL, R. (1985): Colour pathways and colour vision in the honeybee; in: S. ZEKI (ed.): *Central and peripheral mechanisms of colour vision*; Pergamon Press, Oxford, 211-233

MENZEL, R., BLAKERS, M. (1976): Colour receptors in the bee eye: Morphology and spectral sensitivity; *J. Comp. Physiol.* 108: 11-33

MENZEL, R., GREGGERS, U. (1985): Natural phototaxis and its relationship to colour vision in honeybees; *J. comp. Physiol. A* 157, 311-321

MENZEL, R., KNAUT, R. (1973): Pigment moving during light and chromatic adaptation in the retinula cells of *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae); *J. Comp. Physiol.* 86, 125-138

MEYER-ROCHOW, V.B. (1971): Fixierung von Insektenorganen mit Hilfe eines Netzmittels. Das Dorsalauge der Eintagsfliege *Atalophlebia costalis*; Mikrokosmos 60, 348-352

MIKKOLA, K. (1972): Behavioural and electrophysiological responses of night-flying insects, especially Lepidoptera, to near-ultraviolet and visible light; Ann. Zool. Fennici 9, 245-254

MILNE, L.J., MILNE, M. (1945): Selection of colored lights by night-flying insects; Ent. Amer. (n.s.) 24, 21-86

MINKE, B., WU, C.F., PAK, W.L. (1975): Isolation of light induced response of central retinula cells from electroretinogramm in *Drosophila*; J. comp. Physiol. 98, 345-355

MORGAN, N.C., WADDELL, A.B. (1961): Insect emergence from a small trout loch and its bearing on the food supply of fish; Freshwat. Salm. Fish. Res. 25: 1-39

MORGAN, N.C. (1968): House fly responses to light traps; Fol. Entom. Mexicana 18-19, 79-80

MOTE, M.J., GOLDSMITH, T.H. (1971): Compound eyes: localization of two receptors in the same ommatidium; Science 171, 1254-1255

MOUND, L.A. (1962): Studies on the olfaction and colour sensitivity of *Bemisia tabaci* (Genn.); Entomol. Exper. Appl. 5, 99-104

MÜLLER, H.J. (1986): Bestimmung wirbelloser Insekten im Gelände; 2. Auflage, 1986; Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

MÜLLER, K., ULFSTRAND, S. (1970): Die Tagesperiodik der Flugaktivität von *Philopotamus montanus* Don. und *Rhyacophila nubila* Zett. (Trichoptera); Oikos Suppl. 13, 80-86

MÜLLER-LIEBENAU, I. (1969): Revision der europäischen Arten der Gattung *Baëtis* LEACH, 1815 (Insecta, Ephemeroptera); Gewässer und Abwässer 48/49: 48-64

- NEITZ, M., NEITZ, J., JACOBS, G..H. (1991):** Spectral tuning of pigments underlying red-green color vision; *Science* 252, 971-974
- NEMEC, S.J. (1971):** Effects of lunar phases on light-trap collections and populations of bollworm moths; *J. Econ. Entomol.* 64, 860-864
- NILSSON, D.E. (1989):** Optics and evolution of the compound eye; in: D.G. STAVENGA, R.C. HARDIE (eds.): *Facets of Vision*; Berlin: Springer, 30-73
- NILSSON, D.E., M.F. LAND, J. HOWARD (1984):** Afocal apposition optics in butterfly eyes; *J. comp. Physiol. A* 162: 341-366
- NILSSON, D.E., M.F. LAND, J. HOWARD (1984):** Optics of the butterfly eye; *J. comp. Physiol. A* 162, 341-366
- NOWINSZKY, L., SZABÓ, S., TÓTH, G., EKK, I., KISS, M. (1979):** The effect of the moon phases and of the intensity of polarized moonlight on the light-trap catches; *Z. ang. Entomol.* 88, 337-353
- OSRAM (1996):** Lichtkatalog 1996/97
- PAPP, J., VOJNITS, A. (1976):** zoological collections by the Hungarian Natural History Museum in Korea; *Folia Entomol. Hungaria.* 19, 59-74
- PENZLIN, H. (1991):** Lehrbuch der Tierphysiologie; 5. Auflage, Gustav Fischer Verlag Jena
- PERSSON, B. (1971):** Influence of light on flight activity of Noctuids (Lepidoptera) in South Sweden; *Ent. scand.* 2, 215-232
- PHILOGÈNE, B.J.R. (1982):** Experiments with artificial light: necessity for properly identifying the source; *The Canadian Entomologist* 114, 377, 379

PINDER, A.M., TRAYLER, K.M., MERCER, J.W., ARENA, J., DAVIS, J.A. (1993): Diel periodicities of adult emergence of some chironomids (Diptera: Chironomidae) and a mayfly (Ephemeroptera: Caenidae) at a western australian wetland; J. Aust. ent. Soc. 32, 129-135

PINDER, L.C.V. (1978): A key to the adult males of the British Chironomidae (Diptera) the non-biting midges; Feshwater Biological Association Scientific Publication 37; Vol. 1 & 2

PINDER, L.C.V. (1982): *Virgatanytarsus* new genus – for the „triangularis“ group of the genus *Tanytarsus* VAN DER WULP; Spixiana 5 (1), 31-34

PINDER, L.C.V. (1986): Biology of freshwater Chironomidae; Ann. Rev. Entomol. 31, 1-23

POST, C.T. & GOLDSMITH, T.H. (1969): Physiological evidence for colour receptors in the eye of a butterfly; Ann. Ent. Soc. Am. 62, 1497

PROVOST, M.W. (1959): The influence of moonlight on light trap catches of mosquitos; Ann. Ent. Soc. Amer. 52 (3), 261-271

REICHARDT, W. (1969): Transduction of single-quantum effects (Evidence from behavioral experiments on the fly (*Musca*); in: Proceedings of the Intern. School of Physics „Enrico Fermi“ Course XLIII, Processing of optical data by organisms and by machines; Academic Press, New York, London, 176-186

REIFF, N. (1994): Chironomiden (Diptera: Nematocera) oberbayerischer Seen und ihre Eignung zur Trophienindikation; Diss. München

REISS, F. (1969): Revision der Gattung *Micropsectra* KIEFF., 1909 (Diptera: Chironomidae). 1. Die *attenuata*-Gruppe der Gattung *Micropsectra*; Dt. Entomol. Zeitschrift, N.F. 16: 431-449

REISS, F. & FITTKAU, E.J. (1971): Taxonomie und Ökologie europäisch verbreiteter *Tanytarsus*-Arten (Dipt., Chir.); Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 40 (1/2): 75-200

REUSCH, H. & OOSTERBROEK, P. (1997): Diptera Limoniidae and Pediciidae, Short-palped Crane Flies, in: A. NILSSON (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 105-132

RISS, H.W. (1994): Chironomiden (Diptera) im Periphyton von Seen und die Bedeutung der Trophie; Diss. München

RO, A.-I., NILSSON, D.E. (1994): Circadian and light dependent control of the pupil mechanism in tipulid flies; J. Insect Physiol. 40: 883-891

RÖSER, B. (1980): Emergenz eines Mittelgebirgsbaches des Vorderwesterwaldes; Arch. Hydrobiol./Suppl. 58, 56-96

ROSE, R., MENZEL, R. (1981): Luminance dependence of pigment color discrimination in bees; J. Comp. Physiol. 141, 379-388

ROSENZWEIG, E, SOLOMON, A.S., KIRSHBOIM, S., ISHAY, J.S., VAN DER WANT, H., KALICHARAN, D., JONGEBLOED, W.L. (1998): Micromorphology of the dorsal ocelli of the Oriental hornet and its possible function in navigation; Physiol. Chem. Physics Medical NMR 30 (Suppl.), 241-269

ROSSARO, B. (1985): Revision of the genus *Polypedilum* Kieffer, 1912. 1. Key to adults, pupae and larvae of the species known to occur in Italy (Diptera, Chironomidae); Memorie della Societa Entomologica Italiana 62/63: 3-23

ROSSEL, S. (1979): Regional differences in photoreceptor performance in the eye of the praying mantis; J. comp. Physiol. 131, 270-273

ROSSEL, S., WEHNER, R. (1984): Celestial orientation in bees: The use of spectral cues; J. comp. Physiol. A 155, 605-613

- ROZKOSNY, R. & GREGOR, F. (1997):** Diptera Muscidae, Muscid Flies; in: A. NILSSON (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 411-425
- RUCK, P. (1965):** The components of the visual system of a dragonfly; J. of General Physiol. 49, 289-307
- RUSE, L. (1995):** Chironomid emergence from an English chalk stream during a three year study; Archiv für Hydrobiol. 133 (2), 223-244
- SACHS, L. (1997):** Angewandte Statistik; Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York
- SAETHER, O.A. (1976):** Revision of *Hydrobaenus* FRIES, *Trissocladius* KIEFFER, *Zalutschia* LIPINA, *Paratrissocladius* ZAVREL and some related genera (Diptera: Chironomidae); Bull. Fish. Res. Bd. Can. 195, 1-287, Ottawa
- SAETHER, O.A. (1985):** A revision of the genus *Rheocricotopus* THIENEMANN & HARNISCH, 1932, with the description of three new species; Spixiana Suppl. 11: 59-108
- SAETHER, O.A. (1990):** A review of the genus *Limnophyes* EATON from the holarctic and afrotropical regions (Diptera: Chironomidae, Orthoclaadiinae); Ent. Scand. Suppl. 35, 1-139
- SAETHER, O.A., HALVORSEN, G.A. (1981):** Diagnoses of *Tvetenia* KIEFFER emend., *Dratnalia* n. gen. and *Eukiefferiella* THIENEMANN emend., with a phylogeny of the *Cardiocladius*-group (Diptera: Chironomidae); Ent. Scand. Suppl. 15, 269-285
- SAETHER, O.A., SCHNELL, O.A. (1988):** Two new species of the *Rheocricotopus* (R.) *effusus*-group (Dipt.: Chironomidae); Spixiana Suppl. 14: 65-74
- SAETHER, O.A., SUBLETTE, J.E. (1983):** A review of the genera *Doithrix* n. gen., *Georthocladus* STRENZKE, *Parachaetocladus* WÜLKER and *Pseudoorthocladus* GOETGHEBUER (Diptera: Chironomidae, Orthoclaadiinae); Ent. Scand. Suppl. 20; 1-99

- SAETHER, O.A., WANG, X. (1995):** Revision of the genus *Paraphaenocladus* THIENEMANN, 1924 of the world (Diptera: Chironomidae, Orthoclaadiinae); Ent. scand. Suppl. 48, 1-69
- SÄWEDAL, L. (1976):** Revision of the *notescens*-group of the genus *Micropsectra* KIEFFER, 1909 (Diptera: Chironomidae); Ent. Scand. 7: 109-144
- SÄWEDAL, L. (1982):** Taxonomy, morphology, phylogenetic relationships and distribution of *Micropsectra* KIEFFER, 1909 (Diptera: Chironomidae); Ent. Scand. 13: 371-400
- SÄWEDAL, L. & WILLASSEN, A. (1980):** Redescription of *Micropsectra borealis* (KIEFFER, 1922) n. comb. (Dipt., Chir.); Ent. Scand. 11, 56-60
- SATO, S. (1950):** Compound eyes of *Culex pipiens var. pallens* Coquillet. (Morphological studies on the compound eye in the mosquito, No.1); Sci. Rep. Tohoku Univ., ser. 4, 18, 330-341
- SATO, S. (1953):** Structure and development of the compound eye of *Anopheles hyrcanus sinensis* Wiedemann. (Morphological studies of the compound eye in the mosquito, No.IV); Sci. Rep. Tohoku. Univ., ser. 4, 20, 45-53
- SATO, S., KATO, M., TORIUMI, M. (1957):** Structural changes of the compound eye of *Culex pipiens var. pallens* Coquillet in the process to dark adaptation; Sci. Rep. Tohoku. Univ., ser. 4, 23, 91-100
- SAUNDERS, D.A. (1982):** Insect clocks, 2nd ed., Pergamon Press, Oxford
- SAUNDERS, D.A. (1997):** Insect circadian rhythms and photoperiodism; Invertebrate Neuroscience 3, 155-164
- SCHACHT, W. & WITT, TH. (1986):** Warum nachtaktive Insekten künstliche Lichtquellen anziehen; Entomofauna, Bd.7, Heft 9, 121-128

SCHANOWSKI, A. & SPÄTH, V. (1994): Überbelichtet – Vorschläge für eine umweltfreundliche Außenbeleuchtung; Naturschutzbund Deutschland (NABU) Landesverband Baden-Württemberg e.V. (Hg.)

SCHEIBE, M.A. (1997): Quantitative Aspekte der Anziehungskraft von Straßenbeleuchtungen auf die Emergenz aus nahegelegenen Gewässern, Diplomarbeit, Mainz

SCHEIBE, M.A. (1999): Über die Attraktivität von Straßenbeleuchtungen auf Insekten aus nahegelegenen Gewässern unter Berücksichtigung unterschiedlicher UV-Emission der Lampen; Natur & Landschaft 74: 144-146

SCHERER, C., KOLB, G. (1987): Behavioral experiments on the visual processing of color stimuli in *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera); J. Comp. Physiol. A, 155: 605-613

SCHLEE, D. (1968): Vergleichende Merkmalsanalyse zur Morphologie und Phylogenie der *Corynoneura*-Gruppe (Dipt., Chir.); Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde 180, 1-150

SCHLEUTER, A. (1985): Untersuchungen der Makroinvertebratenfauna stehender Kleingewässer des Nationalparks Kottenforst-Ville unter besonderer Berücksichtigung der Chironomiden; Diss. Bonn

SCHMIEDEL, J. (1992): Auswirkungen von künstlichen Lichtquellen auf die wildlebende Tierwelt; unveröff. Diplomarbeit, Hannover

SCHÖNE, H. (1975): Orientation in space: Animals; in: O. Kinne (ed.), Marine ecology II. Physiological mechanisms, 499-553; J. Wiley, London

SCHOENEMUND, E. (1930): Eintagsfliegen oder Ephemeroptera; in: Dahl – Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresgebiete, 19. Teil; Gustav Fischer Verlag, Jena

SCHÜMPERLI, R.A. (1973): Evidence for colour vision in *Drosophila melanogaster* through spontaneous phototactic choice behaviour; J. comp. Physiol. 86, 77-94

SCHWEMER, J., GOGALA, M., HAMDORF, K. (1971): Der UV-Sehfarbstoff der Insekten: Photochemie *in vitro* und *in vivo*; Z. Vergl. Physiol. 75, 174-188

SCHWEMER, J., PAULSEN, R. (1973): Three visual pigments in *Deilephila elpenor* (Lepidoptera, Shigidae); J. Comp. Physiol. 86, 215-229

SCHWIND, R. (1991): Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate; J. Comp. Physiol. A 169; 531-540

SCHWIND, R., SCHLECHT, P., LANGER, H. (1984): Microspectrophotometric characterization and localization of three visual pigments in the compound eye of *Notonecta glauca* L. (Heteroptera); J. comp. Physiol. A 154, 341-346

SCOTT, J.A., MCCLELLAND, G.A.H. (1975): Electrophoretic differences between sympatric ecotypes; Nature 256; 405-406

SEITZ, G. (1992): Verbreitung und Ökologie der Kriebelmücken (Diptera: Simuliidae) in Niederbayern; Lauterbornia 11, 230 S.

SELIGER, H.H., MCELROY, W.D. (1965): Light: Physical and biological action; Academic Press, New York

SERRA-TOSIO, B. (1967): Sur les Orthocladiinae du genre *Heleniella* GOWIN; Dt. Entomol. Zeitschrift, N. F. 14; Heft I/II: 153-162

SERRA-TOSIO, B. (1971): Contribution à l'étude taxonomique, phylogénétique, biogéographique et écologique des Diamesini (Dipt., Chir.) d'Europe; Thèse Université scientifique et médical de Grenoble; T.I: 1-303, T.II: 304-462

SHAND, J., PARTRIDGE, J.C., ARCHER, S.N., POTTS, G.W., LYTHGOE, J.N. (1988): Spectral absorbance changes in the violet/blue sensitive cones of the juvenile pollack, *Pollachius pollachius*; J. comp. Physiol. A 163, 699-703

SHAW, S.R. (1989): The retina-lamina pathway in insects, particularly Diptera, viewed from an evolutionary perspective; in: D.G. Stavenga, R.C. Hardie (eds.), *Facets of Vision*, 186-212; Springer, Berlin

SHERK, T.E. (1978): Development of the compound eyes of dragonflies (Odonata). III. Adult compound eyes; IV. Development of the adult compound eye; *J. Exp. Zool.* 203, 61-80, 183-199

SHIELDS, E.J. (1989): Artificial light: Experimental problems with insects; *Ent. Soc. Am.*, Summer 89, 40-44

SIEBERT, M. (1980): DIE Emergenz der Chironomiden im Breitenbach 1969-1973; *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 58: 310-355

SIMPSON, K.W., BODE, R.W. & ALBU, P. (1983): Keys for the genus *Cricotopus* adapted from „Revision der Gattung *CRICOTOPUS* VAN DER WULP und ihrer Verwandten (Dipt., Chir.)“ by M. Hirvenoja; *New York State Museum, Bulletin* 450, 1-133

SMITH, J.S., GENTRY, C.R., EDWARDS, G.W., BLYTHE, J.L. (1975): Use of black-light traps to suppress lepidopteran insects on pecans; *Trans. Am. Soc. agric. Engrs* 18, 707, 710

SNYDER, A.W. (1977): Acuity of compound eyes: physical limitations and design; *J. comp. Physiol.* 116, 161-182

SNYDER, A.W., MILLER, W.H. (1972): Fly colour vision; *Vis. Res.* 12, 1389

SOPONIS, A.R. (1990): A revision of the Holarctic species of *Orthocladius* (*Euorth.*) (Diptera: Chironomidae); *Spixiana Suppl.* 13, 1-61

SOTAVALTA, O., TUURALA, O., OURA, A. (1962): On the structure and photomechanical reactions of the compound eyes of crane flies (Tipulidae, Limnobiidae); *Ann. Acad. Sci. Fenn. A*, IV, 62, 1-14

- SOTTHIBANDU, S., BAKER, R.R. (1979):** Celestial orientation by the large underwing moth, *Noctua pronuba* L.; *Animal Behav.* 27 (3), 786-800
- STARK, W.S. (1975):** Spectral sensitivity of visual response alterations mediated by interconversions of native and intermediate photopigments in *Drosophila*; *J. comp. Physiol.* 96, 343-356
- STERMER, R.A. (1959):** Spectral responses of certain stored-product insects to electromagnetic radiation; *J. Econ. Entomol.* 52, 888-892
- STEINER, A., PAUL, R., GEMPERLEIN, R. (1987):** Retinal receptor types in *Aglais urticae* and *Pieris brassicae* (Lepidoptera), revealed by analysis of the electroretinogram obtained with Fourier interferometric stimulation FIS; *J. comp. Physiol. A* 160 (2), 247-258
- STREBLE, H. (1960):** Die Augen der Eintagsfliege *Cloeon dipterum*; *Mikrokosmos* 49, 237-244
- STRENZKE, K. (1950):** Systematik, Morphologie und Ökologie der terrestrischen Chironomiden; *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 18: 207-414
- STRENZKE, K. (1959):** Revision der Gattung *Chironomus* MEIG. I. Die Imagines von 15 norddeutschen Arten und Unterarten; *Arch. Hydrobiol.* 56, 1-42
- STRESEMANN, E. (1994):** Exkursionsfauna von Deutschland; Band 2, Teil 1, 2; Wirbellose, Insekten; Gustav Fischer Verlag, Jena
- STRUWE, G. (1972):** Spectral sensitivity of single photoreceptors in the compound eye of a tropical butterfly; *J. comp. Physiol.* 79, 197-201
- STUEDEMANN, D., LANDOLT, P., SARTORI, M., HEFTI, D., TOMKA, I. (1992):** Ephemeroptera; in: Schweizerische Entomologische Gesellschaft (Hg.): *Insecta Helvetica – Fauna* Bd.9, 173 S.

SYLVEN, E. (1958): Studies on fruit leaf torticids (Lepidoptera); Stat. Växtskyddsanstalts med. 11:74, 135-296

SZADZIEWSKI, R., KRZYWINSKI, J. & GILKA, W. (1997): Diptera Ceratopogonidae, Biting Midges; in: A. NILSSON (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 193-207

TAYLOR, J.G. & DEAY, H.O. (1950): Electric lamps and traps in corn borer control; Agric. Engng, St. Joseph, Mich. 31, 503-505, 532

TAYLOR, L.R. (1974): Insect migration, flight periodicity and the boundary layer; J. Anim. Ecol. 43, 225-238

THOMAS, A. (1997): Rhagionidae and Athericidae, Snipe-Flies; in: NILSSON, A. (Hg.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 311-320

TOBIAS, W., TOBIAS, D. (1981): Trichoptera Germanica, Bestimmungstabern für die deutschen Köcherfliegen, Teil I (Imagines); Cour. Forsch. Inst. Senckenberg 49: 1-671

TRPIS, M., HAUSERMANN, W. (1975): Demonstration of differential domesticity of *Aedes aegypti* (L.) in Africa by mark-release-recapture; Bull. Entomol. Res. 65, 199-208

TUURALA, O. (1963): Bau und photomechanische Erscheinungen im Auge einiger Chironomiden (Dipt.); Ann. Ent. Fenn. 29: 4, 209-217

ULMER, G. (1928): Unsere Wasserinsekten; Quelle & Meyer, Leipzig

UMLANDVERBAND FRANKFURT (1997): Bericht zur Gewässergüte 1993-1995

WADA, S., SCHNEIDER, G. (1968): Circadianer Rhythmus der Pupillenweite im Ommatidium von *Tenebrio molitor*; Z. vergl. Physiol. 58, 395-397

- WAGNER, R. (1984):** Effects of an artificially changed stream bottom on emerging insects; Verh. Int. Verein. Limnol. 22, 2042-2047
- WAGNER, R. (1987):** Effects of an artificially silted stream bottom on species composition and biomass of Trichoptera in Breitenbach; Proc. of 5th Int. Symp. Trichopt., 349-352
- WAGNER, R. (1989):** The influence of artificial stream bottom siltation on Ephemeroptera in emergence traps; Arch. Hydrobiol. 115, 71-80
- WAGNER, R. (1993):** Beobachtungen an Trichopterenpopulationen; Verh. Westdt. Entomol. Tag. 1991, Löbbecke-Mus., Düsseldorf, 143-152,
- WAGNER, R. (1997A):** Diptera Psychodidae, Moth Flies; in: A. Nilsson, (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 133-144
- WAGNER, R. (1997B):** Diptera Empididae, Dance Flies; in: A. Nilsson, (ed.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 333-344
- WARRANT, E.J.; MCINTYRE, P.D. (1990):** Screening pigment, aperture and sensitivity in the dung beetle superposition eye; J. comp. Physiol. A 167, 805-815
- WARRANT, E.J.; MCINTYRE, P.D. (1993):** Arthropod eye design and the physical limits to spatial resolving power; Progr. Neurobiol. 40: 413-461
- WATERMAN, T.H. (1981):** Polarization sensitivity; in: H. AUTRUM (ed.): Handbook of Sensory Physiology; vol. VII/6B, 281-469; Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin, New York
- WEBER, G., RENNER, M. (1976):** The ocellus of the cockroach, *Periplaneta americana* (Blattariae), Receptory area; Cell Tissue Res. 168, 209-222

WEHNER, R. (1981): Spatial vision in arthropods; in: H. AUTRUM, (ed.): Handbook of sensory physiology, comparative physiology and evolution of vision in invertebrates; Vol. VII/6C, Springer, Berlin-Heidelberg-NY

WEHNER, R., SRINIVASAN, M.V. (1984): The world as the insect sees it; in: T. LEWIS (ed.), Insect communication, 29-47; Academic Press, London etc.

WEISS, H.B. (1943A): Colour perception in insects; J. Ecol. Entomol. 36, 1-17

WEISS, H.B. (1943B): The group behaviour of 14.000 insects to colours; Entomol. News 54, 152-156

WEISS, H.B. (1944): Insects responses to colours; J.N.Y. Entomol. Soc. 52, 267-271

WEISS, H.B. (1946): Insects and the spectrum; J.N.Y. Entomol. Soc. 54, 17-30

WEISS, H.B.; SORACI, F.A.; MCCOY, JR. E.E. (1941): Notes on the reaction of certain insects to different wavelengths of light; J.N.Y. Entomol. Soc. 49, 1-20, 149-159

WEISS, H.B.; SORACI, F.A.; MCCOY, JR. E.E. (1942): Insect behavior to various wavelengths of light; J.N.Y. Entomol. Soc. 50, 1-35

WEISS, H.B.; SORACI, F.A.; MCCOY, JR. E.E. (1943): Insect behavior to various wavelengths of light; J.N.Y. Entomol. Soc. 51, 117-131

WEISS, H.B., MCCOY, JR. E.E., BOYD, W.M. (1944): Group motor responses of adult and larval forms of insects to different wave lengths of light; J. N.Y. Ent. Soc. 52, 27-43

WELLINGTON, W.G. (1974A): Changes in mosquito flight associated with natural changes in polarized light; Can. Entomol. 106, 941-948

WELLINGTON, W.G. (1974B): Bumblebee ocelli and navigation at dusk; Science 183, 550-551

WELLINGTON, W.G. (1976): Mountain cloud barriers to the dispersal of alpine mosquitos; Bull. Am. Meteorol. Soc. 57, 283-284

WERNECKE, U., ZWICK, P. (1992): Mortality of the terrestrial adult and aquatic nymphal life stages of *Baëtis vernus* and *Baëtis rhodani* in the Breitenbach, Germany (Insecta: Ephemeroptera); Freshwater Biology 28 (2), 249-255

WIEDERHOLM, T. (1989): Chironomidae of the Holarctic region, Part 3: Adult males; Ent. Scand. Suppl. 34; 1-533

WHITE, R.H. (1985): Insect visual Pigment; in: G.A.KERKUT, L.J. GILBERT, (eds.): Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology; Vol.6 Nervous System: Sensory; Pergamon Press, Kronberg

WHITE, R.H., STEVENSON, R.D., BENETT, R.R., CUTLER, D.E., HABER, W.A. (1995): Wavelength discrimination and the role of ultraviolet vision in the feeding behavior of the hawkmoths; Biotropica, 26 (4): 427-435

WHITEHEAD, P.F. (1997): The climate of 1995 and its impacts on insects in central England, including assemblages at artificial light; Entomologist's Gazette 48, 23-33

WILLIAMS, C.B. (1936): The influence of moonlight on the activity of certain nocturnal insects, particularly of the family Noctuidae as indicated by a light trap; Phil. Trans. Roy. Soc. (London) B 226, 357-389

WILLIAMS, C.B. (1940): An analysis of four years captures of insects in a light trap; Phil. Trans. Roy. Entomol. Soc. (London) 90, 228-306

WILLIAMS, C.B. (1961): Studies in the effect of weather conditions on the activity and abundance of insect populations; Phil. Trans. R. Soc. B 244, 331-378

- WILLIAMS, C.B., SINGH, B.P., ELZIADY, S. (1956):** An investigation into the possible effects of moonlight on the activity of insects in the field; Proc. Roy. Ent. Soc. (Lond.) A 31 (10-12), 135-144
- WOLF, E., ZERRAHN-WOLF, G. (1935):** The dark adaptation of the eye of the honey bee; J. Gen. Physiol. 19, 229-237
- WOLBURG-BUCHHOLZ, K. (1976):** The dorsal eye of *Cloëon dipterum* (Ephemeroptera); Z. Naturf. 31c, 335-336
- WOLKEN, J.J., SCHEER, I.J. (1963):** An eye pigment of the cockroach; Exp. Eye Res. 2, 182-188
- YAGI, N., KOYAMA, N. (1963):** The compound eye of Lepidoptera; Shinkyō Press & Co. (Maruzen & Co.), Tokyo
- YULE, G.U., KENDALL, M.G. (1965):** Introduction to the theory of statistics; London, 264-266
- ZAHRADNIK, J. (1985):** Käfer Mittel- und Nordeuropas; Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin
- ZAR, J.H. (1984):** Biostatistical Analysis; 2nd ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, pp.718
- ZATWARNICKI, T. (1997):** Diptera Ephydriidae, Shore-Flies; in: NILSSON, A. (Hg.): Aquatic Insects of Northern Europe – A Taxonomic Handbook. Volume 2; 383-399
- ZEIL, J. (1983):** Sexual dimorphism in the visual system of flies: The compound eyes and neural superposition in Bibionidae (Diptera); J. Comp. Physiol. 150: 379-393
- ZIMMER, C. (1897):** Die Facettenaugen der Ephemeriden; Z. wiss. Zool. 63, 236-262
- ZWICK, P. (1980):** Plecoptera (Steinfliegen); Handb. Zool. 4 (2) (2/7), 1-111

Quantitative Aspekte der Anziehungskraft von
Straßenbeleuchtungen auf die Emergenz aus nahegelegenen
Gewässern (...)

Dissertation
von
Mark Andreas Scheibe

ZWEITER TEIL:

Listen und Tabellen

ZWEITER TEIL

Anhang I: Lateinisch-Deutsche Insektenbezeichnungen (Auswahl)	1
Anhang II: Systematische Artenliste der aquatischen Insekten	3
Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)	13
Anhang IV: Gesamtzahl und Trockengewicht der aquatischen Tiere in Emergenz und Lichtfang	128
Anhang V: Wettermessungen und chemisch-physikalische Messungen im Dattenbach	133
Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.1)	136
Anhang VII: Parallelfang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.2)	145
Anhang VIII: Abwechselnder Lichtfang mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen (D.III.)	150
Anhang IX: Bachprofil (Ausschnitt)	151

Anhang I: Lateinisch-Deutsche Insektenbezeichnungen (Auswahl)

Ephemeroptera -	Eintagsfliegen
Plecoptera -	Steinfliegen
Dermaptera -	Ohrwürmer
Mantodea -	Fangschrecken
<i>Mantis</i> -	Gottesanbeterin
Caelifera -	Feldheuschrecken
Psocoptera -	Rindenläuse
Thysanoptera -	Fransenflügler
Rhynchota -	Schnabelkerfe
Megaloptera -	Schlammfliegen
Plannipennia -	Plattflügler
Coleoptera -	Käfer
Hymenoptera -	Hautflügler (=Bienen, Wespen)
<i>Apis</i> -	Biene (hier: Honigbiene)
<i>Bombus</i> -	Hummel
Trichoptera -	Köcherfliegen
Lepidoptera -	Schmetterlinge
Diptera -	Zweiflügler (=Fliegen i.e.S., Mücken)
<i>Nematocera – Mücken</i>	
Trichoceridae -	Wintermücken
Tipulidae -	Schnaken
Limoniidae -	Stelzmücken
Ptychopteridae -	Faltenmücken
Psychodidae -	Schmetterlingsmücken
Chaoboridae -	Phantommücken
Culicidae -	Stechmücken
Simuliidae -	Kriebelmücken
Ceratopogonidae -	Gnizen
Chironomidae -	Zuckmücken
Anisopodidae -	Fenstermücken
Cecidomyiidae -	Gallmücken
Mycetophilidae -	Pilzmücken

Anhang I: Lateinisch-Deutsche Insektenbezeichnungen (Auswahl)

Sciaridae -	Trauermücken
<i>Brachycera - Fliegen</i>	
Stratiomyidae -	Waffenfliegen
Tabanidae -	Bremsen
Rhagionidae -	Schnepfenfliegen
Asilidae -	Raubfliegen
Empididae -	Tanzfliegen
Dolichopodidae -	Dolichopodidae
Lonchopteridae -	Lanzenfliegen
Phoridae -	Buckelfliegen
Pipunculidae -	Augenfliegen
Syrphidae -	Schwebfliegen
Sciomyzidae -	Netzfliegen
Lauxaniidae -	Faulfliegen
Lonchaeidae -	Lanzenfliegen
Agromyzidae -	Minierfliegen
Milichiidae -	Nistfliegen
Chloropidae -	Halmfliegen
Ephydridae -	Sumpffliegen
Drosophilidae -	Taufliegen
<i>Drosophila</i> -	Taufliege (i.e.S.)
Heleomyzidae -	Scheufliegen
Sphaeroceridae -	Dungfliegen
Scatophagidae -	Dungfliegen
Anthomyiidae -	Blumenfliege
Muscidae -	Echte Fliegen
Tachinidae -	Schmarotzerfliegen

ANHANG II: Systematische Artenliste der aquatischen Insekten

(Fundort südöstlich Kläranlage Eppstein-Ehlhalten/Taunus; H 55595, R 34554, Meßtischblatt Königstein i. Taunus)

Ephemeroptera

Baetidae	Baetis sp. Baetis rhodani PICTET Baetis muticus (L.) Baetis niger (L.) Baetis scambus EATON Baetis vernus CURTIS Centroptilum luteolum (MÜLLER)
Heptageniidae	Ecdyonurus sp. Ecdyonurus macani THOMAS & SOWA Ecdyonurus torrentis KIMMINS Epeorus sylvicola (PICTET) Rhithrogena puytoraci SOWA & DEGRANGE Rhithrogena semicolorata (CURTIS)
Ephemerellidae	Seratella ignita (PODA)
Leptophlebiidae	Habroleptoides confusa JACOB & SARTORI Habrophlebia lauta EATON Paraleptophlebia submarginata (STEPHENS)
Ephemeridae	Ephemera danica MÜLLER

Plecoptera

Taeniopterygidae	Brachyptera risi (MORTON) Brachyptera seticornis (KLAPALEK)
------------------	--

Nemouridae	Amphinemura sulcicollis (STEPHENS) Nemoura sp. Nemoura cinerea (RETZIUS) Nemoura dubitans MORTON Nemoura flexuosa AUBERT Protonemura sp. Protonemura intricata (RIS) Protonemura meyeri (PICTET) Protonemura nitida (PICTET)
Leuctridae	Leuctra albida KEMPNY Leuctra fusca (L.) Leuctra hippopus KEMPNY
Perlodidae	Isoperla sp. Isoperla grammatica (PODA) Perlodes microcephalus (PICTET)
 <i>Trichoptera</i>	
Rhyacophilidae	Rhyacophila sp. Rhyacophila dorsalis (CURTIS) Rhyacophila nubila (ZETTERSTEDT)
Glossosomatidae	Agapetus ochripes (CURTIS)
Hydroptilidae	Hydroptila sp. Hydroptia sparsa (CURTIS)
Philopotamidae	Philopotamus montanus DONOVAN
Hydropsychidae	Hydropsyche sp. Hydropsyche instabilis (CURTIS) Hydropsyche siltalai DÖHLER
Polycentropodidae	Polycentropus flavomaculatus (PICTET) Cyrnus trimaculatus CURTIS

Psychomyiidae	Psychomyia sp. Tinodes sp. Tinodes waeneri L.
Limnephilidae	Chaetopteryx villosa (FABRICIUS) Drusus annulatus (STEPHENS) Potamophylax cingulatus (STEPHENS) Potamophylax latipennis (CURTIS)
Goeridae	Silo pallipes (FABRICIUS)
Lepidostomatidae	Lasiocephala basalis KOLENATI
Leptoceridae	Arthripsodes sp. Arthripsodes bilineatus (L.)
Sericostomatidae	Oecismus monedula (HAGEN) Sericostoma flavicorne SCHNEIDER Sericostuma personatum (KIRBY & SPENCE)
Odontoceridae	Odontocerum albicorne (SCOPOLI)

Diptera

Simuliidae

Eusimulium sp.
Odagmia sp.
Odagmia monticola FRIEDERICHS
Odagmia ornatum (MEIGEN)
Odagmia variegatum MEIGEN
Prosimulium sp.
Prosimulium rufipes (MEIGEN)
Simulium sp.
Simulium argyreatum
Simulium (Nevermannia) lundstromi
Simulium (Nevermannia) vernum

Chironomidae

Tanypodinae	Ablabesmyia monilis (L.)
	Apsectrotanypus trifascipennis (ZETTERSTEDT)
	Arctopelopia sp.
	Arctopelopia griseipennis (VAN DER WULP)
	Brundiniella eumorpha (SUBLETTE)
	Conchapelopia sp. FITTKAU
	Conchapelopia melanops (MEIGEN)
	Conchapelopia pallidula (MEIGEN)
	Conchapelopia viator (KIEFFER)
	Krenopelopia sp.
	Macropelopia sp.
	Macropelopia nebulosa (MEIGEN)
	Monopelopia tenuicalar (KIEFFER)
	Nilotanypus dubius (MEIGEN)
	Procladius barbatus BRUNDIN
	Procladius choreus (MEIGEN)
	Procladius culiciformis (MEIGEN)
	Procladius crassinervis (ZETTERSTEDT)
	Procladius culiciformis (MEIGEN)
	Procladius simplicistilus FABRICIUS
	Thienemannimyia fusciceps (EDWARDS)
	Trissopelopia longimana (STAEGER)
	Zavreliomyia barbatipes (KIEFFER)
	Zavreliomyia nubila (MEIGEN)
Diamesinae	Diamesa insignis (KIEFFER)
	Pagastia sp.
	Potthastia gaedii (MEIGEN)
Prodiamesinae	Compteromesa sp.
	Prodiamesa olivacea (MEIGEN)

Orthocladiinae	Brilla longifurca KIEFFER
	Brilla modesta (MEIGEN)
	Chaetocladius piger (GOETGHEBUER)
	Corynoneura sp.
	Corynoneura celeripes WINNERTS
	Corynoneura coronata (EDWARDS)
	Corynoneura lacustris EDWARDS
	Corynoneura lobata EDWARDS
	Corynoneura scutellata WINNERTS
	Cricotopus sp.
	Cricotopus (Cric.) annulator GOETGHEBUER
	Cricotopus (Cric.) bicinctus (MEIGEN)
	Cricotopus (Cric.) caducus HIRVENOJA
	Cricotopus (Cric.) festivellus (KIEFFER)
	Cricotopus (Cric.) flavocinctus (KIEFFER)
	Cricotopus (Cric.) septentrionalis HIRVENOJA
	Cricotopus (Cric.) sylvestris (FABRICIUS)
	Cricotopus (Cric.) tremulus LINNÉ
	Cricotopus (Isoclad.) curtus HIRVENOJA
	Cricotopus (Isoclad.) ornatus (MEIGEN)
	Cricotopus (Isoclad.) tricinctus (MEIGEN)
	Epoicocladius flavens (MALLOCH)
	Eukiefferiella sp.
	Eukiefferiella bövrensis BRUNDIN
	Eukiefferiella brevicar (KIEFFER)
	Eukiefferiella claripennis (LUNDBECK)
	Eukiefferiella clypeata (KIEFFER)
	Eukiefferiella coerulescens KIEFFER
	Eukiefferiella devonica (EDWARDS)
	Eukiefferiella ilklyensis (EDWARDS)

Eukiefferiella minor (EDWARDS)
Eukiefferiella pseudomontana GOETGHEBUER
Eukiefferiella similis GOETGHEBUER
Eukiefferiella tirolensis GOETGHEBUER
Gymnometriocnemus sp.
Gymnometriocnemus brumalis EDWARDS
Gymnometriocnemus subnudus (EDWARDS)
Heleniella ornatcollis (EDWARDS)
Heterotanytarsus sp.
Krenosmittia sp.
Linnophyes sp.
Linnophyes asquamatus ANDERSEN
Linnophyes exiguus GOETGHEBUER
Linnophyes gurgicola (EDWARDS)
Linnophyes habilis (WALKER)
Linnophyes minimus (MEIGEN)
Linnophyes pentaplastus (KIEFFER)
Metriocnemus sp.
Metriocnemus fusciceps (MEIGEN)
Metriocnemus gracei EDWARDS
Metriocnemus tristellus EDWARDS
Microcricotopus rectinervis (KIEFFER)
Nanocladius sp.
Orthocladius sp.
Orthocladius consobrinus HOLMGREN
Orthocladius dentifer BRUNDIN
Orthocladius frigidus (ZETTERSTEDT)
Orthocladius fuscimanus KIEFFER
Orthocladius lignicola KIEFFER
Orthocladius oblidens (WALKER)
Orthocladius obtexens BRUNDIN
Orthocladius obumbratus JOHANNSEN
Orthocladius rivicola KIEFFER

Orthocladius rivulorum KIEFFER
Orthocladius rubicundus MEIGEN
Orthocladius thienemanni KIEFFER
Orthosmittia sp.
Parakiefferiella batophila (KIEFFER)
Parametriocnemus sp.
Parametriocnemus stylatus (KIEFFER)
Paratrichocladius sp.
Paratrichocladius fontinalis (SAETHER)
Paratrissocladius excerptus (WALKER)
Pseudoorthocladius sp.
Pseudoorthocladius curtistylus (GOETGHEBUER)
Pseudoorthocladius filiformis (KIEFFER)
Pseudoorthocladius lunatus SAETHER & SUBLETTE
Pseudoorthocladius pilosipennis Brundin
Pseudoorthocladius uniserrata SAETHER & SUBLETTE
Rheocricotopus sp.
Rheocricotopus chalybeatus (EDWARDS)
Rheocricotopus dispar GOETGHEBUER
Rheocricotopus effusus (WALKER)
Rheocricotopus foveatus EDWARDS
Rheocricotopus gallicus LEHMANN
Rheocricotopus unidentatus SAETHER & SCHNELL
Smittia sp.
Smittia atterima (MEIGEN)
Smittia edwardsi (GOETGHEBUER)
Smittia nudipennis GOETGHEBUER
Synorthocladius semivirens (KIEFFER)
Thienemanniella sp.
Thienemanniella clavicornis (KIEFFER)
Thienemanniella morosa EDWARDS
Thienemanniella obscura BRUNDIN

	Thienemanniella vittata (EDWARDS)
	Tvetenia sp.
Chironominae	Chironomus sp.
	Chironomus annularis MEIGEN
	Chironomus cingulatus (MEIGEN)
	Chironomus-thummi-Gruppe
	Cladopelma viridula (FABRICIUS)
	Demicryptochironomus vulneratus (ZETTERSTEDT)
	Dicrotendipes nervosus (STAEG.)
	Endochironomus tendens FABRICIUS
	Glyptotendipes sp.
	Glyptotendipes pallens MEIGEN
	Glyptotendipes foliicola KIEFFER
	Kiefferulus tendipediformis GOETGHEBUER
	Micropsectra atrofasciata (KIEFFER)
	Micropsectra bidentata (KIEFFER)
	Micropsectra-notescens-Gruppe
	Microtendipes sp.
	Microtendipes chloris (MEIGEN)
	Microtendipes diffinis EDWARDS
	Microtendipes pedellus (DE GEER)
	Microtendipes rydalensis (EDWARDS)
	Parachironomus arcuatus GOETGHEBUER
	Paracladopelma sp.
	Paracladopelma camptolabis (KIEFFER)
	Paracladopelma mikiana (GOETGHEBUER)
	Paratendipes albimanus (MEIGEN)
	Paratendipes nudisquama EDWARDS
	Pentapedilum sp.
	Pentapedilum nubens EDWARDS
	Pentapedilum sordens (VAN DER WULP)

Phaenops flavipes (MEIGEN)
Polypedilum sp.
Polypedilum (Polyped.) *acutum* KIEFFER
Polypedilum (Polyped.) *albicorne* (MEIGEN)
Polypedilum (Polyped.) *apfelbecki* (STROBL)
Polypedilum (Polypedilum) *convictum* (WALKER)
Polypedilum (Polyped.) *laetum* (MEIGEN)
Polypedilum (Polyped.) *nubeculosum* (MEIGEN)
Polypedilum (Tripodura) *pullum* (ZETTERSTEDT)
Rheotanytarsus sp.
Rheotanytarsus curtistylus (GOETGHEBUER)
Rheotanytarsus pentapoda (KIEFFER)
Rheotanytarsus ringei LEHMANN
Stempellinella brevis (EDWARDS)
Tanytarsus sp.
Tanytarsus arduennis GOETGHEBUER
Tanytarsus brundini LINDEBERG
Tanytarsus buchonius REISS & FITTKAU
Tanytarsus chinyensis GOETGHEBUER
Tanytarsus ejuncidus (WALKER)
Tanytarsus eminulus (WALKER)
Tanytarsus fimbriatus REISS & FITTKAU
Tanytarsus gregarius KIEFFER
Tanytarsus heusdensis GOETGHEBUER
Tanytarsus holochlorus EDWARDS
Tanytarsus-lestagei-Gruppe
Tanytarsus pallidicornis (WALKER)
Tanytarsus signatus V.D. WULP

Empididae

Chelifera sp.
Chelifera diversicauda
Chelifera stigmata
Chelipoda sp.

Hemerodromia sp.

Hemerodromia unilineata

Wiedemannia sp.

ANHANG III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Die vorliegende Tabelle faßt die in den Emergenzzelten und im Lichtfang gesammelten Insekten der Untersuchung von Punkt D.I., Seite 6ff., zusammen.

Hellgrau unterlegte Reihen () weisen auf terrestrische/semi-aquatische Tiere hin, dunkelgrau unterlegte Spalten () bedeuten, daß zu diesem Zeitpunkt aufgrund von ungünstigen Witterungsbedingungen oder Hochwasser keine Untersuchung durchgeführt werden konnte.

Ein * an der Bezeichnung „Em“ (=Emergenzfang) weist auf nur ein ausgewertetes Zelt hin (sonst zwei Zelte); die Daten wurden zur Angleichung der übrigen Ergebnisse mit Zwei multipliziert.

„Lifa“ bedeutet Lichtfang.

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	30.08.98			07.09.98			13.09.99					
		Em1/2		Em3/4	Lifa 1h	Em1/2		Em3/4	Lifa 1h	Em1/2		Em3/4*	Lifa 1h
		m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
	Rheocricotopus dispar												
	Rheocricotopus effusus												
	Rheocricotopus foveatus												
	Rheocricotopus gallicus												
	Rheocricotopus unidentatus												
	Smittia sp.												
	Smittia cf. atterima												
	Smittia cf. edwardsi												
	Smittia cf. nudipennis			1									
	Synorthocladius semivirens												
	Thienemanniella sp.												
	Thienemanniella clavicornis												
	Thienemanniella morosa												
	Thienemanniella obscura												
	Thienemanniella vittata												
	Tvetenia sp.		2					1	1				
	non det.	2							1				
	<i>Chironominae</i>	264	11	88				14	216				
	Chironomus sp.												
	Chironomus annularis												
	Chironomus cingulatus												
	Chironomus crassimanus												
	Chironomus dorsalis												
	Chironomus-thummi-Gruppe	1							3				
	Cladopelma viridula												
	Demicryptochironomus vulneratus												
	Glyptotendipes foliicola												
	Kiefferulus tendipediformis												
	Micropectra atrofasciata	2	2	2					7				
	Micropectra bidentata	6		1				1	83				
	Micropectra-notescens-Gruppe	275						3	101				
	Microtendipes sp.												
	Microtendipes chloris												
	Microtendipes diffinis												
	Microtendipes pedellus	2											
	Microtendipes rydalensis												
	Parachironomus arcuatus												
	Paracladopelma camptolabis												
	Paracladopelma mikiana												
	Paracladopelma sp.												
	Paratendipes albimanus												
	Paratendipes nudisquama												
	Pentapedilum nubens												
	Phaenops flavipes												
	Polypedilum sp.												
	Polypedilum acutum												
	Polypedilum albicorne	1							1				
	Polypedilum apfelbecki												
	Polypedilum convictum		3	4									
	Polypedilum laetum												
	Polypedilum nubeculosum												
	Polypedilum pedestre												
	Polypedilum pullum												
	Rheotanytarsus curtistylus												
	Rheotanytarsus pentapoda	1	1	9									
	Rheotanytarsus ringei												
	Stempellinella brevis												
	Tanytarsus sp.			11									
	Tanytarsus arduennis												
	Tanytarsus brundini												
	Tanytarsus buchonius												
	Tanytarsus chinensis												
	Tanytarsus ejuncidus	47							19				
	Tanytarsus eminulus	15											
	Tanytarsus heusdensis												
	Tanytarsus holochlorus												
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe	2											
	Tanytarsus pallidicornis												
	Tanytarsus signatus								1				
	non det.								1				
<i>Anisopodidae</i>													
<i>Cecidomyiidae</i>				1	2			1	6				

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	20.09.98			28.09.98			05.10.98		
		Em1/2	Em3/4	Lifa1h	Em1/2	Em3/4	Lifa1h	Em1/2	Em3/4	Lifa1h
		m w	m w	m w	m w	m w	m w	m w	m w	m w
	Rheocricotopus dispar									
	Rheocricotopus effusus									
	Rheocricotopus foveatus									
	Rheocricotopus gallicus									
	Rheocricotopus unidentatus									
	Smittia sp.									
	Smittia cf. atterima									
	Smittia cf. edwardsi									
	Smittia cf. nudipennis									
	Synorthocladius semivirens									
	Thienemanniella sp.					1				
	Thienemanniella clavicornis									
	Thienemanniella morosa									
	Thienemanniella obscura									
	Thienemanniella vittata									
	Tvetenia sp.	1					5			
	non det.		2		3	5		1	3	
	<i>Chironominae</i>	64	22	1	198	5	12	84	7	
	Chironomus sp.									
	Chironomus annularis									
	Chironomus cingulatus									
	Chironomus crassimanus									
	Chironomus dorsalis									
	Chironomus-thummi-Gruppe	4	1	1	1			2	1	1
	Cladopelma viridula									
	Demicryptochironomus vulneratus									
	Glyptotendipes foliicola									
	Kiefferulus tendipediformis									
	Micropsectra atrofasciata	6	1		1			1	1	
	Micropsectra bidentata	27	14	1	18	4	1	10	8	
	Micropsectra-notescens-Gruppe	29	2	3	119		1	33		
	Microtendipes sp.									
	Microtendipes chloris									
	Microtendipes diffinis									
	Microtendipes pedellus	1								
	Microtendipes rydalensis									
	Parachironomus arcuatus									
	Paracladopelma camptolabis									
	Paracladopelma mikiana									
	Paracladopelma sp.									
	Paratendipes albimanus									
	Paratendipes nudisquama									
	Pentapedilum nubens									
	Phaenops flavipes									
	Polypedilum sp.									
	Polypedilum acutum									
	Polypedilum albicorne									
	Polypedilum apfelbecki									
	Polypedilum convictum									
	Polypedilum laetum									
	Polypedilum nubeculosum									
	Polypedilum pedestre									
	Polypedilum pullum									
	Rheotanytarsus curtistylus									
	Rheotanytarsus pentapoda									
	Rheotanytarsus ringei									
	Stempellinella brevis									
	Tanytarsus sp.									
	Tanytarsus arduennis									
	Tanytarsus brundini									
	Tanytarsus buchonius									
	Tanytarsus chinensis									
	Tanytarsus ejuncidus									
	Tanytarsus eminulus									
	Tanytarsus heusdensis									
	Tanytarsus holochlorus									
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe									
	Tanytarsus pallidicornis				1					
	Tanytarsus signatus									
	non det.									
<i>Anisopodidae</i>										
<i>Cecidomyiidae</i>							7			

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum Fang	13.10.1998			20.10.98			04.11.98		
		Em1/2	Em3/4*	Lifa1h	Em1/2	Em3/4	Lifa1h	Em1	Em3	Lifa
		m w	m w	m w	m w	m w	m w	m w	m w	m w
	Rheocricotopus dispar									
	Rheocricotopus effusus									
	Rheocricotopus foveatus									
	Rheocricotopus gallicus									
	Rheocricotopus unidentatus									
	Smittia sp.									
	Smittia cf. atterima									1
	Smittia cf. edwardsi									
	Smittia cf. nudipennis									
	Synorthocladius semivirens									
	Thienemanniella sp.									
	Thienemanniella clavicornis									
	Thienemanniella morosa									
	Thienemanniella obscura									
	Thienemanniella vittata									
	Tvetenia sp.					1				
	non det.	2			2					
	<i>Chironominae</i>	45	4		20	3				
	Chironomus sp.									
	Chironomus annularis									
	Chironomus cingulatus									
	Chironomus crassimanus									
	Chironomus dorsalis									
	Chironomus-thummi-Gruppe	1								
	Cladopelma viridula									
	Demicryptochironomus vulneratus									
	Glyptotendipes foliicola									
	Kiefferulus tendipediformis									
	Micropsectra atrofasciata	7								
	Micropsectra bidentata	11	4		10	1				
	Micropsectra-notescens-Gruppe	1								
	Microtendipes sp.									
	Microtendipes chloris									
	Microtendipes diffinis									
	Microtendipes pedellus									
	Microtendipes rydalensis									
	Parachironomus arcuatus									
	Paracladopelma camptolabis									
	Paracladopelma mikiana									
	Paracladopelma sp.									
	Paratendipes albimanus									
	Paratendipes nudisquama									
	Pentapedilum nubens									
	Phaenops flavipes									
	Polypedilum sp.									
	Polypedilum acutum									
	Polypedilum albicorne									
	Polypedilum apfelbecki									
	Polypedilum convictum									
	Polypedilum laetum									
	Polypedilum nubeculosum									
	Polypedilum pedestre									
	Polypedilum pullum									
	Rheotanytarsus curtistylus									
	Rheotanytarsus pentapoda									
	Rheotanytarsus ringei									
	Stempelinella brevis									
	Tanytarsus sp.									
	Tanytarsus arduennisis									
	Tanytarsus brundini									
	Tanytarsus buchonius									
	Tanytarsus chinynensis									
	Tanytarsus ejuncidus									
	Tanytarsus eminulus									
	Tanytarsus heusdensis									
	Tanytarsus holochlorus									
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe									
	Tanytarsus pallidicornis									
	Tanytarsus signatus									
	non det.									
<i>Anisopodidae</i>										
<i>Cecidomyiidae</i>				1						

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	15.05.99						22.05./23.05.1999							
		Em1/2		Em3/4		Lifa		Em1/2			Em3/4*			Lifa	
		m	w	m	w	m	w	m	w	IS	m	w	IS	m	w
<i>Mycetophilidae</i>				11	17								5	14	
<i>Sciaridae</i>				3	14									3	
<i>Xylophygidae</i>															
<i>Stratiomyidae</i>															
<i>Tabanidae</i>															
<i>Rhagionidae</i>				2											
<i>Asilidae</i>														1	
<i>Empididae</i>	Chelifera diversicauda														
	Chelifera stigmatica														
	Chelifera sp.														
	Chelipoda sp.														
	Hemerodromia sp.														
	Hemerodromia unilineata														
	Wiedemannia sp.														
	non det.														
<i>Empididae</i>		53	18	2		41	26	1		12	2			1	
<i>Dolichopodidae</i>															
<i>Lonchoceridae</i>						3	2							1	
<i>Phoridae</i>						1									
<i>Platypozidae</i>															
<i>Pipunculidae</i>						1									
<i>Syrphidae</i>															
<i>Sciomyzidae</i>															
<i>Lauxaniidae</i>							3								
<i>Lonchaeidae</i>															
<i>Periscelidae</i>															
<i>Aulacigastridae</i>							1								
<i>Anthomyzidae</i>						1									
<i>Odiniidae</i>															
<i>Agromyzidae</i>															
<i>Milichiidae</i>														1	
<i>Chloropidae</i>															
<i>Diastatidae</i>															
<i>Ephydriidae</i>															
<i>Drosophilidae</i>							1							1	
<i>Heleomyzidae</i>						4	16						1	2	
<i>Canaceidae</i>															
<i>Sphaeroceridae</i>							2								
<i>Scatophagidae</i>															
<i>Anthomyiidae</i>															
<i>Muscidae</i>						2	2							1	
<i>Tachinidae</i>							1								

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum Fang	30.05.99									06.06.99								
		Em1/2			Em3/4			Lifa			Em1/2*			Em3/4			Lifa		
		m	w	IS	m	w	IS	m	w	IS	m	w	IS	m	w	IS	m	w	IS
Ephemeroptera																			
<i>Baetidae</i>																			
	Baetis sp.																	1	1
	Baetis rhodani				1				1									2	3
	Baetis muticus																		
	Baetis niger																		
	Baetis scambus																	2	
	Baetis vernus																		
	Centroptilum luteolum																		
<i>Heptageniidae</i>																			
	Ecdyonurus sp.																		
	Ecdyonurus macani																		
	Ecdyonurus torrentis																		
	Epeorus sylvicola																		
	Rhithrogena sp.																		
	Rhithrogena puytoraci																		
	Rhithrogena semicolorata				2	3			1	1									
<i>Ephemerellidae</i>																			
	Serratella ignita																		
<i>Leptophlebiidae</i>																			
	Habroleptoides confusa																		
	Habrophlebia lauta																	1	1
	Paraleptophlebia submarginata								1										
<i>Ephemeridae</i>																			
	Ephemera danica				3	4													
Plecoptera																			
<i>Taeniopterygidae</i>																			
	Brachyptera risi																		
	Brachyptera seticornis																		
<i>Nemouridae</i>																			
	Amphinemura sulcicollis							1											
	Nemoura sp.																		
	Nemoura cinerea																		
	Nemoura dubitans																		
	Nemoura flexuosa																		
	Protonemura intricata									1									
	Protonemura meyeri																		
	Protonemura nitida																		
<i>Leuctridae</i>																			
	Leuctra albida																		
	Leuctra fusca																		
	Leuctra hippopus																		
<i>Perlodidae</i>																			
	Isoperla sp.																		
	Isoperla grammatica																		
	Perlodes microcephala																		
Dermaptera																			
<i>Forficulidae</i>																			
Psocoptera																			
<i>Elipsocidae</i>																			
<i>Mesoposcidae</i>																			
<i>Peripsocidae</i>																			
<i>Psocidae</i>																			
Thysanoptera																			
<i>Aelothripidae</i>																			
<i>Thripidae</i>																			
Rhynchota																			
<i>Miridae</i>																			
<i>Pentatomidae</i>																			
<i>Cixiidae</i>																			
<i>Issidae</i>																			
<i>Cicadellidae</i>																			
<i>Drepanosiphidae</i>																			
<i>Aphididae</i>																			
																			1
Plannipennia																			
<i>Conioperygidae</i>																			
<i>Hemerobiidae</i>																			
									1	1									
Coleoptera																			
<i>Carabidae</i>																			
<i>Staphilinidae</i>																			
<i>Pselaphidae</i>																			
<i>Cantharidae</i>																			
<i>Dermestidae</i>																			
<i>Anobiidae</i>																			

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum Fang	14.06.99						21.06.99						28.06.99															
		Em1/2		Em3/4			Lifa			Em1/2		Em3/4			Lifa			Em1/2		Em3/4			Lifa						
		m	w	m	w	IS	m	w	IS	m	w	m	w	IS	m	w	m	w	IS	m	w	m	w	IS	m	w	IS		
Ephemeroptera																													
<i>Baetidae</i>																													
	Baetis sp.				1																								
	Baetis rhodani				28	9					29	42										17	16						
	Baetis muticus																					1							
	Baetis niger				2																								
	Baetis scambus																												
	Baetis vernus																					1		1					
	Centroptilum luteolum																												
<i>Heptageniidae</i>																													
	Ecdyonurus sp.					1																							
	Ecdyonurus macani																												
	Ecdyonurus torrentis																												
	Epeorus sylvicola																												
	Rhithrogena sp.																												
	Rhithrogena puytoraci																						1						
	Rhithrogena semicolorata																												
<i>Ephemerellidae</i>																													
	Serratella ignita				3					1	1											5	5		3				
<i>Leptophlebiidae</i>																													
	Habroleptoides confusa																					1							
	Habrophlebia lauta	1	1		3					1	1	2																	
	Paraleptophlebia submarginata																												
<i>Ephemeridae</i>																													
	Ephemerella danica	13	16		5	5				8	9		1									2	3		2	7			
Plecoptera																													
<i>Taeniopterygidae</i>																													
	Brachyptera risi																												
	Brachyptera seticornis																												
<i>Nemouridae</i>																													
	Amphinemura sulcicollis																												
	Nemoura sp.																												
	Nemoura cinerea																												
	Nemoura dubitans																												
	Nemoura flexuosa																												
	Protonemura intricata																												
	Protonemura meyeri																												
	Protonemura nitida																												
<i>Leuctridae</i>																													
	Leuctra albida																												
	Leuctra fusca																												
	Leuctra hippopus																												
<i>Perlodidae</i>																													
	Isoperla sp.																												
	Isoperla grammatica																												
	Perlodes microcephala																												
Dermaptera																													
<i>Forficulidae</i>																													
Psocoptera																													
<i>Elipsocidae</i>																													
<i>Mesoposcidae</i>																													
<i>Peripsocidae</i>																													
<i>Psocidae</i>																													
Thysanoptera																													
<i>Aelothripidae</i>																													
<i>Thripidae</i>																													
Rhynchota																													
<i>Miridae</i>																													
<i>Pentatomidae</i>																													
<i>Cixiidae</i>																													
<i>Issidae</i>																													
<i>Cicadellidae</i>																													
<i>Drepanosiphidae</i>																													
<i>Aphididae</i>																													
Plannipennia																													
<i>Conioperygidae</i>																													
<i>Hemerobiidae</i>																													
Coleoptera																													
<i>Carabidae</i>																													
<i>Staphilinidae</i>																													
<i>Pselaphidae</i>																													
<i>Cantharidae</i>																													
<i>Dermestidae</i>																													
<i>Anobiidae</i>																													

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	20.07.99			27.07.99			04.08.99					
		Em1/2*		Em3/4	Lifa	Em1/2		Em3/4	Lifa	Em1/2		Em3/4	Lifa
		m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
<i>Pyralidae</i>				2	2			2				10	4
<i>Geometridae</i>				1	3			3	3			3	8
<i>Drepanidae</i>				3				1				1	
<i>Lasiocampidae</i>													
<i>Notodontidae</i>				1									
<i>Lymantriidae</i>													
<i>Arctiidae</i>				1	1			2				2	1
<i>Noctuidae</i>				3				4	1			6	
<i>non det.</i>													
Diptera													
<i>Trichoceridae</i>													
<i>Tipulidae</i>				1									
<i>Limoniidae</i>				2	3			14	19			16	20
<i>Ptychopteridae</i>													
<i>Psychodidae</i>					17			2	89			1	85
<i>Chaoboridae</i>													
<i>Culicidae</i>								4					
<i>Simuliidae</i>													
	Eusimulium sp.					1				1	1		
	Odagmia sp.												1
	Odagmia monticola												
	Odagmia ornatum					1							
	Odagmia variegatum						2						
	Prosimulium sp.												
	Prosimulium rufipes												
	Simulium sp.												
	Simulium argyreatum												
	Simulium (Nevermannia) lundstromi					6	2	2			1		
	Simulium (Nevermannia) vernum												
<i>Ceratopogonidae</i>				17	45			8	69			4	328
<i>Chironomidae</i>	<i>Tanypodinae</i>		6		4	10	3	13		17	5		5
	Apsectrotanypus trifascipennis					2				3			
	Arctopelopia sp.									4	1		
	Arctopelopia griseipennis												
	Brundiniella eumorpha							1					
	Conchapelopia sp.												
	Conchapelopia melanops					1		1					
	Conchapelopia pallidula	4				4		3	5	3		1	
	Conchapelopia viator												
	Krenopelopia sp.												
	Macropelopia sp.							1					
	Macropelopia nebulosa	2				5			8				
	Monopelopia tenuicalcar	2											
	Nilotanypus dubius												
	Procladius choreus												
	Procladius crassinervis												
	Procladius culiciformis												
	Procladius simplicistilus												
	Thienemannimyia fusciceps												
	Trissopelopia longimana									1			
	Zavrelimyia barbatipes												
	Zavrelimyia nubila												
	<i>non det.</i>												
	<i>Diamesinae</i>												1
	Diamesa insignipes												
	Pagastia sp.												
	Potthastia gaedii												
	<i>non det.</i>												
	<i>Prodiamesinae</i>		8		1	24				19			1
	Compteromesa sp.												
	Prodiamesa olivacea	12			1	26		2	25				
	<i>Orthocladinae</i>		8			94	97	96	64	42	45		59
	Brillia longifurca				2			2					2
	Brillia modesta	4			3	1	2	7		1	1		15
	Bryophaenocladus sp.												
	Bryophaenocladus nidorum												
	Bryophaenocladus vernalis												
	Bryophaenocladus xanthogyne												
	Chaetocladus piger												
	Corynoneura sp.				1	2	11				5		1
	Corynoneura celebris						1						

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	20.07.99			27.07.99			04.08.99				
		Em1/2*		Em3/4	Lifa		Em1/2		Em3/4	Lifa		
		m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	
	Rheocricotopus dispar											
	Rheocricotopus effusus											
	Rheocricotopus foveatus										1	
	Rheocricotopus gallicus											
	Rheocricotopus unidentatus											
	Smittia sp.											
	Smittia cf. atterima											
	Smittia cf. edwardsi			1								
	Smittia cf. nudipennis			1								
	Synorthocladius semivirens								1			
	Thienemanniella sp.					1						
	Thienemanniella clavicornis											
	Thienemanniella morosa											
	Thienemanniella obscura											
	Thienemanniella vittata											
	Tvetenia sp.	10		50	9	36	38	6	9	37		
	non det.					1	2					
	<i>Chironominae</i>	148		476	78	127	726	78	43	446		
	Chironomus sp.											
	Chironomus annularis										1	
	Chironomus cingulatus											
	Chironomus crassimanus											
	Chironomus dorsalis											
	Chironomus-thummi-Gruppe							1				
	Cladopelma viridula			1			6				4	
	Demicyptochironomus vulneratus				1							
	Glyptotendipes foliicola											
	Kiefferulus tendipediformis											
	Micropectra atrofasciata	4		14	9	15	40	12	6	45		
	Micropectra bidentata	4		1	33	5	5	9	6	3		
	Micropectra-notescens-Gruppe	4		1				6		2		
	Microtendipes sp.											
	Microtendipes chloris				1							
	Microtendipes diffinis				1							
	Microtendipes pedellus											
	Microtendipes rydalensis										1	
	Parachironomus arcuatus											
	Paracladopelma camptolabis											
	Paracladopelma mikiana											
	Paracladopelma sp.											
	Paratendipes albimanus						2				14	
	Paratendipes nudisquama											
	Pentapedilum nubens											
	Phaenops flavipes											
	Polypedilum sp.											
	Polypedilum acutum						4					
	Polypedilum albicorne			1	2	1	8	2			1	
	Polypedilum apfelbecki						1					
	Polypedilum convictum	60		74	16	48	167	2			72	
	Polypedilum laetum				4		1				1	
	Polypedilum nubeculosum			1			2				2	
	Polypedilum pedestre											
	Polypedilum pullum											
	Rheotanytarsus curtistylus						1					
	Rheotanytarsus pentapoda	16		57	4	37	95				19	
	Rheotanytarsus ringei							1				
	Stempelinella brevis				2							
	Tanytarsus sp.			1	1			14	6			
	Tanytarsus arduennis											
	Tanytarsus brundini						2	1			1	
	Tanytarsus buchonius											
	Tanytarsus chinensis											
	Tanytarsus ejuncidus				1			2	5			
	Tanytarsus eminulus	4			9		10	1			2	
	Tanytarsus heusdensis											
	Tanytarsus holochlorus											
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe											
	Tanytarsus pallidicornis										1	
	Tanytarsus signatus											
	non det.						3	1			2	
	<i>Anisopodidae</i>										2	
	<i>Cecidomyiidae</i>			31	113		47	127			104	441

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	11./12.08.1999			19./20.08.1999			28.08.99					
		Em1/2		Em3/4		Lifa		Em1/2		Em3/4		Lifa	
		m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
	Rheocricotopus dispar												
	Rheocricotopus effusus												
	Rheocricotopus foveatus												
	Rheocricotopus gallicus												
	Rheocricotopus unidentatus												
	Smittia sp.							1					
	Smittia cf. atterima												
	Smittia cf. edwardsi												
	Smittia cf. nudipennis												
	Synorthocladius semivirens									1			
	Thienemanniella sp.		1				1						
	Thienemanniella clavicornis												
	Thienemanniella morosa												
	Thienemanniella obscura												
	Thienemanniella vittata									2			
	Tvetenia sp.		6	13			1					2	
	non det.					1		1	4				
	<i>Chironominae</i>	50	92	133	66	86	184	81	166	356			
	Chironomus sp.												
	Chironomus annularis						1						
	Chironomus cingulatus											1	
	Chironomus crassimanus												
	Chironomus dorsalis												
	Chironomus-thummi-Gruppe				2	1		1	3				
	Cladopelma viridula						1	1			1		
	Demicyptochironomus vulneratus												
	Glyptotendipes foliicola												
	Kiefferulus tendipediformis												
	Micropectra atrofasciata	5	21	6	9	10	7	4	5	1			
	Micropectra bidentata	8	11	2	8	24		16	18	3			
	Micropectra-notescens-Gruppe	7		2	14	2	4	15		6			
	Microtendipes sp.												
	Microtendipes chloris						1	1					
	Microtendipes diffinis												
	Microtendipes pedellus												
	Microtendipes rydalensis												
	Parachironomus arcuatus												
	Paracladopelma camptolabis												
	Paracladopelma mikiana												
	Paracladopelma sp.												
	Paratendipes albimanus		1	2	6		4	1			3		
	Paratendipes nudisquama											1	
	Pentapedilum nubens												
	Phaenops flavipes												
	Polypedilum sp.												
	Polypedilum acutum	1			1	1		2					
	Polypedilum albicorne	2	4			1	3	3	1	2			
	Polypedilum apfelbecki												
	Polypedilum convictum	3	10	7	1	10	28	8	20	115			
	Polypedilum laetum		1					1	2				
	Polypedilum nubeculosum											2	
	Polypedilum pedestre												
	Polypedilum pullum												
	Rheotanytarsus curtistylus												
	Rheotanytarsus pentapoda	2	3	14		70	128	3	80	191			
	Rheotanytarsus ringei												
	Stempellinella brevis	1			2			3	1				
	Tanytarsus sp.	1	1	1			1						
	Tanytarsus arduennis												
	Tanytarsus brundini	1	1	1			2						
	Tanytarsus buchonius												
	Tanytarsus chinensis												
	Tanytarsus ejuncidus	1			7		1	10	1	1			
	Tanytarsus eminulus	17	2	1	8	6		23	8	2			
	Tanytarsus heusdensis							1					
	Tanytarsus holochlorus												
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe												
	Tanytarsus pallidicornis						1	11					
	Tanytarsus signatus												
	non det.		1		4							1	
<i>Anisopodidae</i>												1	
<i>Cecidomyiidae</i>				7	37		10	24				60	278

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	03.09.99			11.09.99			18.09.99			
		Em1/2	Em3/4	Lifa	Em1/2	Em3/4	Lifa	Em1/2	Em3/4	Lifa	
		m w	m w	m w	m w	m w	m w	m w	m w	m w	
	Rheocricotopus dispar									8	
	Rheocricotopus effusus									2	
	Rheocricotopus foveatus										
	Rheocricotopus gallicus										
	Rheocricotopus unidentatus					1					
	Smittia sp.										
	Smittia cf. atterima										
	Smittia cf. edwardsi										
	Smittia cf. nudipennis										
	Synorthocladius semivirens					1					
	Thienemanniella sp.										
	Thienemanniella clavicornis										
	Thienemanniella morosa										
	Thienemanniella obscura										
	Thienemanniella vittata										
	Tvetenia sp.		3	1	1	18	17	2	16	90	
	non det.										
	<i>Chironominae</i>	101	42	82	194	132	410	456	53	98	
	Chironomus sp.										
	Chironomus annularis										
	Chironomus cingulatus										
	Chironomus crassimanus										
	Chironomus dorsalis						2				
	Chironomus-thummi-Gruppe						2			1	
	Cladopelma viridula										
	Demicryptochironomus vulneratus										
	Glyptotendipes foliicola										
	Kiefferulus tendipediformis										
	Micropectra atrofasciata	17	3	2		33	15	19	54	15	
	Micropectra bidentata	28	5		237	92	14	332	62	14	
	Micropectra-notescens-Gruppe	47		2	139	8	2	196	7	4	
	Microtendipes sp.										
	Microtendipes chloris				1						
	Microtendipes diffinis										
	Microtendipes pedellus										
	Microtendipes rydalensis										
	Parachironomus arcuatus										
	Paracladopelma camptolabis				5					1	
	Paracladopelma mikiana										
	Paracladopelma sp.										
	Paratendipes albimanus	1		1	2		1				
	Paratendipes nudisquama										
	Pentapedilum nubens										
	Phaenops flavipes										
	Polypedilum sp.										
	Polypedilum acutum										
	Polypedilum albicorne		1	1	3		3	1			
	Polypedilum apfelbecki										
	Polypedilum convictum	6	17	25	2	26	47			7	
	Polypedilum laetum										
	Polypedilum nubeculosum				2			2			
	Polypedilum pedestre										
	Polypedilum pullum										
	Rheotanytarsus curtistylus					1					
	Rheotanytarsus pentapoda		3	19							
	Rheotanytarsus ringei	3									
	Stempellinella brevis	2									
	Tanytarsus sp.										
	Tanytarsus arduennis										
	Tanytarsus brundini										
	Tanytarsus buchonius										
	Tanytarsus chinensis										
	Tanytarsus ejuncidus	10			24			11		1	
	Tanytarsus eminulus	1		4	14	10	1	5			
	Tanytarsus heusdensis										
	Tanytarsus holochlorus										
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe										
	Tanytarsus pallidicornis					1		3			
	Tanytarsus signatus										
	non det.			1							
<i>Anisopodidae</i>				1							
<i>Cecidomyiidae</i>			8	20			7	50		26	32

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	26.09.99			17.10.99			31.10.99			
		Em1/2		Em3/4	Lifa		Em1/2		Em3/4	Lifa	
		m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
	Rheocricotopus dispar			5							
	Rheocricotopus effusus		2	2							
	Rheocricotopus foveatus										
	Rheocricotopus gallicus										
	Rheocricotopus unidentatus										
	Smittia sp.										
	Smittia cf. atterima										
	Smittia cf. edwardsi										
	Smittia cf. nudipennis										
	Synorthocladius semivirens										
	Thienemanniella sp.										
	Thienemanniella clavicornis										
	Thienemanniella morosa										
	Thienemanniella obscura										
	Thienemanniella vittata										
	Tvetenia sp.	3	36	33		3			1		
	non det.										
	<i>Chironominae</i>	359	214	113	82	68		54	28		
	Chironomus sp.										
	Chironomus annularis										
	Chironomus cingulatus										
	Chironomus crassimanus										
	Chironomus dorsalis										
	Chironomus-thummi-Gruppe						1				
	Cladopelma viridula										
	Demicryptochironomus vulneratus										
	Glyptotendipes foliicola										
	Kiefferulus tendipediformis										
	Micropectra atrofasciata	9	43	7		3			4		
	Micropectra bidentata	115	29	4	51	32		44	17		
	Micropectra-notescens-Gruppe	114	10	1	21	3		4	1		
	Microtendipes sp.										
	Microtendipes chloris										
	Microtendipes diffinis										
	Microtendipes pedellus										
	Microtendipes rydalensis										
	Parachironomus arcuatus										
	Paracladopelma camptolabis	1									
	Paracladopelma mikiana										
	Paracladopelma sp.										
	Paratendipes albimanus										
	Paratendipes nudisquama										
	Pentapedilum nubens										
	Phaenops flavipes										
	Polypedilum sp.										
	Polypedilum acutum										
	Polypedilum albicorne		1								
	Polypedilum apfelbecki										
	Polypedilum convictum			1							
	Polypedilum laetum										
	Polypedilum nubeculosum										
	Polypedilum pedestre										
	Polypedilum pullum										
	Rheotanytarsus curtistylus										
	Rheotanytarsus pentapoda										
	Rheotanytarsus ringei										
	Stempellinella brevis										
	Tanytarsus sp.										
	Tanytarsus arduennensis										
	Tanytarsus brundini										
	Tanytarsus buchonius										
	Tanytarsus chinensis										
	Tanytarsus ejuncidus	1									
	Tanytarsus eminulus	3	1	1							
	Tanytarsus heusdensis										
	Tanytarsus holochlorus					1					
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe										
	Tanytarsus pallidicornis		1								
	Tanytarsus signatus										
	non det.										
	<i>Anisopodidae</i>										
	<i>Cecidomyiidae</i>			3	9		1				

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	11.04.00			04.05.00			10.05.00					
		Em1/2*		Em3/4	Lifa	Em1/2		Em3/4*	Lifa	Em1/2		Em3/4	Lifa
		m	w	m	w	Zwi	m	w	m	w	m	w	m
	Rheocricotopus dispar						1						
	Rheocricotopus effusus			1									
	Rheocricotopus foveatus												
	Rheocricotopus gallicus												
	Rheocricotopus unidentatus												
	Smittia sp.												
	Smittia cf. atterima												
	Smittia cf. edwardsi												
	Smittia cf. nudipennis												
	Synorthocladius semivirens												
	Thienemanniella sp.			3									
	Thienemanniella clavicornis	4		5									
	Thienemanniella morosa												
	Thienemanniella obscura						2						
	Thienemanniella vittata												
	Tvetenia sp.			11		1	2	14	76				14
	non det.	2		12									
	<i>Chironominae</i>		32		76			97	274	275	54	55	686
	Chironomus sp.												
	Chironomus annularis											1	
	Chironomus cingulatus												
	Chironomus crassimanus												
	Chironomus dorsalis												
	Chironomus-thummi-Gruppe												
	Cladopelma viridula												
	Demicryptochironomus vulneratus												
	Glyptotendipes foliicola												
	Kiefferulus tendipediformis												
	Micropsectra atrofasciata	18		23	1		1	2	2				7
	Micropsectra bidentata												
	Micropsectra-notescens-Gruppe	2		5									8
	Microtendipes sp.												
	Microtendipes chloris												3
	Microtendipes diffinis						1						
	Microtendipes pedellus												
	Microtendipes rydalensis												
	Parachironomus arcuatus												1
	Paracladopelma camptolabis			1			1						7
	Paracladopelma mikiana											2	
	Paracladopelma sp.									5			
	Paratendipes albimanus												
	Paratendipes nudisquama												
	Pentapedilum nubens												
	Phaenops flavipes												
	Polypedilum sp.												
	Polypedilum acutum												
	Polypedilum albicorne						4		2	1			13
	Polypedilum apfelbecki												
	Polypedilum convictum						1		3	5	4		17
	Polypedilum laetum												
	Polypedilum nubeculosum												
	Polypedilum pedestre												
	Polypedilum pullum						1						
	Rheotanytarsus curtistylus												3
	Rheotanytarsus pentapoda						28	168	183	6	14		490
	Rheotanytarsus ringei												
	Stempelinella brevis												
	Tanytarsus sp.												
	Tanytarsus arduennsis												
	Tanytarsus brundini												
	Tanytarsus buchonius												
	Tanytarsus chinyensis												
	Tanytarsus ejuncidus												
	Tanytarsus eminulus												1
	Tanytarsus heusdensis						1	6	1		1		
	Tanytarsus holochlorus												
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe												
	Tanytarsus pallidicornis												
	Tanytarsus signatus												
	non det.												2
	<i>Anisopodidae</i>												1
	<i>Cecidomyiidae</i>							13	104				71 320

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum Fang	26./27.05.00						02.06.00											
		Em1/2			Em3/4			Lifa			Em1/2			Em3/4			Lifa		
		m	w	IS	m	w	IS	m	w	IS	m	w	IS	m	w	IS	m	w	IS
Ephemeroptera																			
<i>Baetidae</i>																			
	Baetis sp.				5	16							8	5					
	Baetis rhodani		3		14	9				2			14	18					
	Baetis muticus																		
	Baetis niger																		
	Baetis scambus																		
	Baetis vernus				12					2			11						
	Centroptilum luteolum		3	1							1								
<i>Heptageniidae</i>																			
	Ecdyonurus sp.																		
	Ecdyonurus macani																		
	Ecdyonurus torrentis																		
	Epeorus sylvicola																		
	Rhithrogena sp.				17	11							2	7				1	
	Rhithrogena puytoraci																		
	Rhithrogena semicolorata				1	1							2						
<i>Ephemerellidae</i>																			
	Serratella ignita				2	1							3	1					
<i>Leptophlebiidae</i>																			
	Habroleptoides confusa																		
	Habrophlebia lauta		1		5	7				1	2		1	10					
	Paraleptophlebia submarginata								1	2									
<i>Ephemeridae</i>																			
	Ephemera danica		2	3	2	1				4	2		1						
Plecoptera																			
<i>Taeniopterygidae</i>																			
	Brachyptera risi																		
	Brachyptera seticornis																		
<i>Nemouridae</i>																			
	Amphinemura sulcicollis																		
	Nemoura sp.																		
	Nemoura cinerea																		
	Nemoura dubitans																		
	Nemoura flexuosa																		
	Protonemura intricata												1						
	Protonemura meyeri																		
	Protonemura nitida																		
<i>Leuctridae</i>																			
	Leuctra albida																		
	Leuctra fusca																		
	Leuctra hippopus																		
<i>Perlodidae</i>																			
	Isoperla sp.																		
	Isoperla grammatica				1	1							1						
	Perlodes microcephala																		
Dermaptera																			
<i>Forficulidae</i>																			
Psocoptera																			
<i>Elipsocidae</i>																			
<i>Mesoposcidae</i>																			
<i>Peripsocidae</i>																			
<i>Psocidae</i>																			
Thysanoptera																			
<i>Aelothripidae</i>																			
<i>Thripidae</i>																			
Rhynchota																			
<i>Miridae</i>																			
<i>Pentatomidae</i>																			
										3									
<i>Cixiidae</i>																			
<i>Issidae</i>																			
										1									
<i>Cicadellidae</i>																			
<i>Drepanosiphidae</i>																			
<i>Aphididae</i>																			
																			1
Plannipennia																			
<i>Conioperygidae</i>																			
<i>Hemerobiidae</i>																			
										1									
Coleoptera																			
<i>Carabidae</i>																			
																			2
<i>Staphilinidae</i>																			
																			2
<i>Pselaphidae</i>																			
<i>Cantharidae</i>																			
										2									
<i>Dermestidae</i>																			
<i>Anobiidae</i>																			

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	26./27.05.00						02.06.00										
		Em1/2			Em3/4			Lifa		Em1/2			Em3/4			Lifa		
		m	w	IS	m	w	IS	m	w	m	w	IS	m	w	IS	m	w	IS
	Rheocricotopus dispar																	1
	Rheocricotopus effusus																	
	Rheocricotopus foveatus																	
	Rheocricotopus gallicus																	
	Rheocricotopus unidentatus																	
	Smittia sp.																	
	Smittia cf. atterima																	
	Smittia cf. edwardsi																	
	Smittia cf. nudipennis																	
	Synorthocladius semivirens																	
	Thienemanniella sp.																	
	Thienemanniella clavicornis	1																
	Thienemanniella morosa	1																
	Thienemanniella obscura																	
	Thienemanniella vittata																	
	Tvetenia sp.	1			1			6	5			4					15	
	non det.																	
	<i>Chironominae</i>		19			6		150	13			14					166	
	Chironomus sp.	5																
	Chironomus annularis																	
	Chironomus cingulatus																	
	Chironomus crassimanus																	
	Chironomus dorsalis																	
	Chironomus-thummi-Gruppe																	
	Cladopelma viridula																	1
	Demicryptochironomus vulneratus																	
	Glyptotendipes foliicola																	
	Kiefferulus tendipediformis																	
	Micropsectra atrofasciata	3			2			1	5			4					3	
	Micropsectra bidentata								1									
	Micropsectra-notescens-Gruppe	2						3	6								1	
	Microtendipes sp.																	
	Microtendipes chloris																	
	Microtendipes diffinis																	
	Microtendipes pedellus																	
	Microtendipes rydalensis																	
	Parachironomus arcuatus							1										
	Paracladopelma camptolabis	2						2	1									
	Paracladopelma mikiana																	
	Paracladopelma sp.																	
	Paratendipes albimanus																	
	Paratendipes nudisquama																	
	Pentapedilum nubens																	
	Phaenops flavipes																	
	Polypedilum sp.																	
	Polypedilum acutum																	
	Polypedilum albicorne				1			4										
	Polypedilum apfelbecki								1									
	Polypedilum convictum	3		11		2		4					3		5		75	
	Polypedilum laetum																	
	Polypedilum nubeculosum																	
	Polypedilum pedestre																	
	Polypedilum pullum																	
	Rheotanytarsus curtistylus																	
	Rheotanytarsus pentapoda				1			106										
	Rheotanytarsus ringei																	
	Stempellinella brevis																	
	Tanytarsus sp.																	
	Tanytarsus arduennis																	
	Tanytarsus brundini																	
	Tanytarsus buchonius																	
	Tanytarsus chinyensis																	
	Tanytarsus ejuncidus																	
	Tanytarsus eminulus																	
	Tanytarsus heusdensis																	
	Tanytarsus holochlorus																	
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe																	
	Tanytarsus pallidicornis																	
	Tanytarsus signatus																	
	non det.																	
	<i>Anisopodidae</i>																	
	<i>Cecidomyiidae</i>							33	205						26		180	

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum Fang	17.06.00			24.06.00			16.07.00		
		Em1/2 m w	Em3/4 m w IS	Lifa m w	Em1/2 m w	Em3/4 m w	Lifa m w	Em1/2* m w	Em3/4 m w	Lifa m w
Ephemeroptera										
<i>Baetidae</i>										
	Baetis sp.	5 15				1				12
	Baetis rhodani	8	1			1			11	
	Baetis muticus									
	Baetis niger									
	Baetis scambus									
	Baetis vernus	3							2	
	Centroptilum luteolum		2		3 2					
<i>Heptageniidae</i>										
	Ecdyonurus sp.									
	Ecdyonurus macani									
	Ecdyonurus torrentis									
	Epeorus sylvicola									
	Rhithrogena sp.	1 4				1				
	Rhithrogena puytoraci									
	Rhithrogena semicolorata									
<i>Ephemerellidae</i>										
	Serratella ignita	1 1						2	6 4	
<i>Leptophlebiidae</i>										
	Habroleptoides confusa									
	Habrophlebia lautata	3 3	1 5		3 12	1 2		4 2	1	
	Paraleptophlebia submarginata		1 3							
<i>Ephemeridae</i>										
	Ephemera danica		2		3 3			2	1	
Plecoptera										
<i>Taeniopterygidae</i>										
	Brachyptera risi									
	Brachyptera seticornis									
<i>Nemouridae</i>										
	Amphinemura sulcicollis									
	Nemoura sp.									
	Nemoura cinerea									
	Nemoura dubitans									
	Nemoura flexuosa									
	Protonemura intricata									
	Protonemura meyeri									
	Protonemura nitida									
<i>Leuctridae</i>										
	Leuctra albida									
	Leuctra fusca									
	Leuctra hippopus									
<i>Perlodidae</i>										
	Isoperla sp.									
	Isoperla grammatica									
	Perlodes microcephala									
Dermaptera										
<i>Forficulidae</i>										
Psocoptera										
<i>Elipsocidae</i>										
<i>Mesoposcidae</i>										
<i>Peripsocidae</i>										
							1 1			
<i>Psocidae</i>										
Thysanoptera										
<i>Aelothripidae</i>										
<i>Thripidae</i>										
Rhynchota										
<i>Miridae</i>										
										1
<i>Pentatomidae</i>										
<i>Cixiidae</i>										
							1			
<i>Issidae</i>										
<i>Cicadellidae</i>										
<i>Drepanosiphidae</i>										
							1			
<i>Aphididae</i>										
Plannipennia										
<i>Conioperygidae</i>										
<i>Hemerobiidae</i>										
Coleoptera										
<i>Carabidae</i>										
<i>Staphilinidae</i>										
<i>Pselaphidae</i>										
<i>Cantharidae</i>										
<i>Dermestidae</i>										
<i>Anobiidae</i>										

Anhang III: Insekten in Emergenz und Lichtfang (Untersuchung D.I.)

Ordnung/ Familie	Datum (Fortsetzung von oben) Fang	17.06.00					24.06.00			16.07.00										
		Em1/2		Em3/4		Lifa	Em1/2		Em3/4	Lifa	Em1/2*		Em3/4	Lifa						
		m	w	m	w	IS	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w				
	Rheocricotopus dispar																			
	Rheocricotopus effusus																			
	Rheocricotopus foveatus																			
	Rheocricotopus gallicus																			
	Rheocricotopus unidentatus																			
	Smittia sp.																			
	Smittia cf. atterima																			
	Smittia cf. edwardsi																			
	Smittia cf. nudipennis																			
	Synorthocladius semivirens	1						2		15										
	Thienemanniella sp.																			
	Thienemanniella clavicornis																			
	Thienemanniella morosa																			
	Thienemanniella obscura																			
	Thienemanniella vittata																			
	Tvetenia sp.	7		6		1		3		2		61		6		2		83		
	non det.																			
	<i>Chironominae</i>		55		95		73		50		79		2456		48		112		789	
	Chironomus sp.																			
	Chironomus annularis																			
	Chironomus cingulatus																			
	Chironomus crassimanus																			
	Chironomus dorsalis																			
	Chironomus-thummi-Gruppe													6		2		1		
	Cladopelma viridula																			
	Demicryptochironomus vulneratus							1												
	Glyptotendipes foliicola																1			
	Kiefferulus tendipediformis																			
	Micropsectra atrofasciata	45		17		1		13		13		54		33		4		9		19
	Micropsectra bidentata	11		23						21		3				2				
	Micropsectra-notescens-Gruppe	2		19			1		44		1		1							1
	Microtendipes sp.																			1
	Microtendipes chloris																			
	Microtendipes diffinis																1			
	Microtendipes pedellus																			
	Microtendipes rydalsensis																			
	Parachironomus arcuatus																			
	Paracladopelma camptolabis								2											
	Paracladopelma mikiana																			
	Paracladopelma sp.																			
	Paratendipes albimanus																			
	Paratendipes nudisquama					1														
	Pentapedilum nubens																			
	Phaenops flavipes																			
	Polypedilum sp.																			
	Polypedilum acutum																			
	Polypedilum albicorne																			
	Polypedilum apfelbecki					1														
	Polypedilum convictum	1						7								4		6		2
	Polypedilum laetum																			
	Polypedilum nubeculosum																			
	Polypedilum pedestre																			
	Polypedilum pullum																			
	Rheotanytarsus curtistylus																			
	Rheotanytarsus pentapoda	3		3			3		22		60		3653		22		40		238	
	Rheotanytarsus ringei																			
	Stempellinella brevis																			
	Tanytarsus sp.					1														
	Tanytarsus arduennensis																			
	Tanytarsus brundini																			
	Tanytarsus buchonius																			
	Tanytarsus chinensis																			
	Tanytarsus ejuncidus					3			6											
	Tanytarsus eminulus	1		3					5											
	Tanytarsus heusdensis												1							
	Tanytarsus holochlorus																			
	Tanytarsus-lestagei-Gruppe																			
	Tanytarsus pallidicornis																			
	Tanytarsus signatus																			
	non det.												7							
	<i>Anisopodidae</i>																			
	<i>Cecidomyiidae</i>						2	4					285	1784					16	65

ANHANG IV: Gesamtzahl und Trockengewicht der aquatischen Tiere in Emergenz und Lichtfang (D.I.)

In der folgenden Tabelle werden Gesamtzahl und Trockengewicht der aquatischen Tiere in Emergenz und Lichtfang (D.I.) gegenübergestellt.

Die in D.I.4., Seite 42f., zusammengefaßte Verteilung der Insektengruppen nach ihrem Trockengewicht entspricht der Summe der in der folgenden Tabelle aufgelisteten aquatischen Arten.

Arten, deren Trockengewicht (60°C über 24 Std.) ermittelt wurde, sind durch hellgrau unterlegte Felder () gekennzeichnet. Das Gewicht der übrigen Tiere wurde anhand des Vergleichs ihrer Flügellängen ermittelt. Teilweise mußten dazu die Mittelwerte zweier Arten, deren Trockengewicht bekannt war, verwendet werden. Das Gewicht der Chironomiden-♀ wurde durch das Gesamtgewicht der ♂♂ errechnet.

Die vorliegende Tabelle ist nur als Übersicht gedacht und soll näherungsweise das Gesamtgewicht der Gruppen beschreiben.

Anhang IV: Gesamtzahl und Trockengewicht der aquatischen Tiere in Emergenz und Lichtfang

Ordnung/ Familie		Flügel- länge <mm>	Sex	Gesamtzahl aller Tiere in Em	Gesamtzahl aller Tiere in Lifa	Individual- gewicht <g>	Gesamtgewicht aller Tiere in Em <g>	Gesamtgewicht aller Tiere in Lifa <g>
Ephemeroptera								
Baetidae	Baetis sp.	5,5	M/W	134	5	0,0002305	0,030887	0,0011525
	Baetis rhodani	5,25		720	14	0,0002200	0,1584	0,00308
	Baetis muticus	6		52	0	0,0002514	0,0130728	0
	Baetis niger	6		23	0	0,0002514	0,0057822	0
	Baetis scambus	5,5		2	0	0,0002305	0,000461	0
	Baetis vernus	5,5		75	2	0,0002305	0,0172875	0,000461
	Centroptilum luteolum	6		66	0	0,0002514	0,0165924	0
Heptageniidae	Ecdyonurus sp.	17		1	0	0,0084093	0,0084093	0
	Ecdyonurus macani	17,5		2	0	0,0086567	0,0173134	0
	Ecdyonurus torrentis	17		4	0	0,0084093	0,0336372	0
	Epeorus sylvicola	14		3	0	0,0069253	0,0207759	0
	Rhithrogena sp.	10		112	1	0,00254	0,28448	0,00254
	Rhithrogena puytoraci	10		2	0	0,00254	0,00508	0
	Rhithrogena semicolorata	10		79	2	0,00254	0,20066	0,00508
Ephemerellidae	Serratella ignita	8,25		262	9	0,0026194	0,6862828	0,0235746
Leptophlebiidae	Habroleptoides confusa	8		8	0	0,002032	0,016256	0
	Habrophlebia lauta	6,5		120	10	0,0002724	0,032688	0,002724
	Paraleptophlebia submarginata	10		7	0	0,00254	0,01778	0,01778
Ephemeridae	Ephemerella danica	22	81	7	0,0262	2,1222	0	
	Ephemerella danica	15	64	0	0,00742	0,60102	0	
			1817	50	SUMME:	4,2890655	0,0563921	
Plecoptera								
Taeniopterygidae	Brachyptera risi	3	M/W	2	0	0,0002735	0,000547	0
	Brachyptera seticornis	3		1	0	0,0002735	0,0002735	0
Nemouridae	Amphinemura sulcicollis	7		3	0	0,0006382	0,0019146	0
	Nemoura sp.	9		1	1	0,0008206	0,0008206	0,0008206
	Nemoura cinerea	10		1	0	0,000912	0,000912	0
	Nemoura dubitans	9		1	0	0,0008206	0,0008206	0
	Nemoura flexuosa	8		2	0	0,0007294	0,0014588	0
	Protonemura intricata	9		4	4	0,0008206	0,0032824	0,0032824
	Protonemura meyeri	11		6	0	0,0010029	0,0060174	0
	Protonemura nitida	8,5		13	0	0,0007	0,0091	0
Leuctridae	Leuctra albida	7		7	0	0,0006382	0,0044674	0
	Leuctra fusca	8		43	0	0,0008	0,0344	0
	Leuctra hippopus	6		6	0	0,0005471	0,0032826	0
Perlodidae	Isoperla sp.	10,5		3	0	0,0009574	0,0028722	0
	Isoperla grammatica	10,5		5	0	0,0009574	0,004787	0
	Perlodes microcephala	8,5		2	0	0,0277	0,0554	0
				100	5	SUMME:	0,1303561	0,004103
Trichoptera								
Rhyacophilidae	Rhyacophila sp.	11	M/W	1	0	0,003072	0,003072	0
	Rhyacophila dorsalis	11,7		11	4	0,0032675	0,0359425	0,01307
	Rhyacophila nubila	10,15		44	26	0,0039	0,1716	0,1014
Glossosomatidae	Agapetus ochripes	4,7		0	4	0,0002045	0	0,000818
Hydroptilidae	Hydroptila sp.	3		0	1	0,0001305	0	0,0001305
	Hydroptila sparsa	3,1		0	1	0,0001349	0	0,0001349
Philopotamidae	Philopotamus montanus	9,8		0	1	0,0027369	0	0,0027369
Hydropsychidae	Hydropsyche sp.	10,5		27	147	0,0029324	0,0791748	0,4310628
	Hydropsyche instabilis	10,1		8	15	0,0028207	0,0225656	0,0423105
	Hydropsyche sitalai	10,9		11	156	0,0019	0,0209	0,2964
Polycentropidae	Polycentropus flavomaculatus	8,9		5	4	0,0003	0,0015	0,0012
	Cyrnus trimaculatus	4,2		0	1	0,0001827	0	0,0001827
Psychomyiidae	Psychomyia sp.	4,9		0	1	0,0002132	0	0,0002132
	Tinodes sp.	6,5		0	1	0,0002828	0	0,0002828
	Tinodes waeneri	6,5		0	1	0,0002828	0	0,0002828
	non det.	6,5		0	1	0,0002828	0	0,0002828
Limnephilidae	Chaetopteryx villosa	11,5		8	0	0,0032117	0,0256936	0
	Drusus annulatus	10		1	0	0,0027930	0,002793	0
	Limnophilus flavicorne	12,5	0	1	0,0034909	0	0,0034909	
	Potamophylax cingulatus	20	0	1	0,004967	0	0,004967	
	Potamophylax latipennis	20	0	1	0,004967	0	0,004967	
Goeridae	Silo pallipes	12,5	10	46	0,0034909	0,034909		
Lepidostomatidae	Lasiocephala basalis	8	9	22	0,000348	0,003132	0,007656	
	Lepidostoma sp.	10,1	1	1	0,0028207	0,0028207	0,0028207	
Leptoceridae	Arthripsodes sp.	8,8	0	1	0,0003828	0	0,0003828	
	Arthripsodes bilineatus	8,8	31	12	0,0011	0,0341	0,0132	
Sericostomatidae	Oecismus monedula	11,8	1	7	0,0032954	0,0032954	0,0230678	
	Sericostoma flavicorne	13	4	41	0,0020	0,008	0,082	

Anhang IV: Gesamtzahl und Trockengewicht der aquatischen Tiere in Emergenz und Lichtfang

Ordnung/ Familie		Flügel- länge <mm>	Sex	Gesamtzahl aller Tiere in Em	Gesamtzahl aller Tiere in Lifa	Individual- gewicht <g>	Gesamtgewicht aller Tiere in Em <g>	Gesamtgewicht aller Tiere in Lifa <g>
Diptera								
Simuliidae	<i>Simuliidae</i>							
	<i>Eusimulium</i> sp.	2,95	M/W	20	0	0,0002852	0,005704	0
	<i>Odagmia</i> sp.	3,4		3	1	0,0003287	0,0009861	0,0003287
	<i>Odagmia monticola</i>	4,4		3	0	0,0004253	0,0012759	0
	<i>Odagmia ornata</i>	2,7		3	0	0,000261	0,000783	0
	<i>Odagmia variegata</i>	3,2		9	1	0,0003093	0,0027837	0,0003093
	<i>Prosimulium</i> sp.	4,2		1	0	0,000406	0,000406	0
	<i>Prosimulium rufipes</i>	4,2		1	0	0,000406	0,000406	0
	<i>Simulium</i> sp.	3,2		1	0	0,0003093	0,0003093	0
	<i>Simulium argyreatum</i>	3,8		1	0	0,0003673	0,0003673	0
	<i>Simulium</i> (Nevermannia) lundstromi	3		24	1	0,0002900	0,00696	0,00029
	<i>Simulium</i> (Nevermannia) venum	2,8		1	0	0,0002707	0,0002707	0
				67	3	SUMME:	0,020252	0,000928
Chironomidae	Tanypodinae		W	721	105		0,2537009	0,0263117
	<i>Apsectrotanypus trifascipennis</i>	3,3		161	0	0,0002	0,0322	0
	<i>Arctopelopia</i> sp.	4,3		8	1	0,00053	0,00424	0,00053
	<i>Arctopelopia griseipennis</i>	4,3		1	0	0,00053	0,00053	0
	<i>Brundiniella eumorpha</i>	2,6		0	1	0,0001916	0	0,0001916
	<i>Conchapelopia</i> sp.	3		0	2	0,0002211	0	0,0004422
	<i>Conchapelopia melanops</i>	3,3		17	2	0,0002432	0,0041344	0,0004864
	<i>Conchapelopia pallidula</i>	2,65		174	14	0,00023	0,04002	0,00322
	<i>Conchapelopia viator</i>	3		6	2	0,0002211	0,0013266	0,0004422
	<i>Krenopelopia</i> sp.	2,7		1	0	0,0001990	0,000199	0
	<i>Macropelopia</i> sp.	4,3		2	1	0,00053	0,00106	0,00053
	<i>Macropelopia nebulosa</i>	4,3	M	315	2	0,00053	0,16695	0,00106
	<i>Monopelopia tenuicalcar</i>	2,2		2	0	0,0001621	0,0003242	0
	<i>Nilotanypus dubius</i>	1,2		4	2	0,0000884	0,0003536	0,0001768
	<i>Procladius choreus</i>	2,5		0	2	0,0001824	0	0,0003648
	<i>Procladius crassinervis</i>	3,1		0	1	0,0002285	0	0,0002285
	<i>Procladius culiciformis</i>	2,4		1	0	0,0001769	0,0001769	0
	<i>Procladius simplicistilus</i>	3,7		0	2	0,0002727	0	0,0005454
	<i>Thienemannimyia fusciceps</i>	3,1		44	1	0,0002285	0,010054	0,0002285
	<i>Trissopelopia longimana</i>	3,6		5	0	0,0002653	0,0013265	0
	<i>Zavrelimyia barbatipes</i>	2,8		3	1	0,0002064	0,0006192	0,0002064
	<i>Zavrelimyia nubila</i>	2,35		9	1	0,0001732	0,0015588	0,0001732
	non det.	3,25		1	5	0,0002395	0,0002395	0,0011975
				1475	145	SUMME:	0,5190136	0,0363352
	Diamesinae		W	1	2		0,0004197	0,001807
	<i>Diamesa insignipes</i>	3,5		1	0	0,000408	0,000408	0
	<i>Pagastia</i> sp.	4,2	M	1	0	0,0004896	0,0004896	0
	<i>Potthastia gaedii</i>	3,1		1	4	0,0003614	0,0003614	0,0014456
	non det.	3,6		2	0	0,0004198	0,0008396	0
				6	6	SUMME:	0,0020986	0,0032526
	Prodiamesinae		W	459	5		0,2032714	0,002215
	<i>Compteromesa</i> sp.	3,1	M	1	0	0,0003614	0,0003614	0
	<i>Prodiamesa olivacea</i>	3,8		570	7	0,000443	0,25251	0,003101
				1030	12	SUMME:	0,4561428	0,005316
	Orthoclaadiinae		W	2751	1605		0,2364977	0,2333034
	<i>Brillia longifurca</i>	3,2		2	9	0,0001148	0,0002296	0,0010332
	<i>Brillia modesta</i>	2,5		102	40	0,000096	0,009792	0,00384
	<i>Corynoneura</i> sp.	0,8		62	2	0,0000111	0,0006882	0,0000222
	<i>Corynoneura celebris</i>	0,7		1	0	0,0000097	0,0000097	0
	<i>Corynoneura coronata</i>	0,8		4	0	0,0000111	0,0000444	0
	<i>Corynoneura lacustris</i>	0,8		3	0	0,0000111	0,0000333	0
	<i>Corynoneura lobata</i>	0,8		127	1	0,0000111	0,0014097	0,0000111
	<i>Corynoneura scutellata</i>	0,8		1	1	0,0000111	0,0000111	0,0000111
	<i>Cricotopus</i> sp.	2	M	5	1	0,0000717	0,0003585	0,0000717
	<i>Cricotopus bicinctus</i>	2		0	2	0,0000717	0	0,0001434
	<i>Cricotopus caducus</i>	2		4	0	0,0000717	0,0002868	0
	<i>Cricotopus curtus</i>	2,1		22	20	0,0000753	0,0016566	0,001506
	<i>Cricotopus flavocinctus</i>	2		3	0	0,0000717	0,0002151	0
	<i>Cricotopus ornatus</i>	2		2	0	0,0000717	0,0001434	0
	<i>Cricotopus septentrionalis</i>	2,2		0	1	0,0000789	0	0,0000789
	<i>Cricotopus sylvestris</i>	1,3		11	0	0,000018	0,000198	0
	<i>Cricotopus tremulus</i>	2		0	2	0,0000717	0	0,0001434

Anhang IV: Gesamtzahl und Trockengewicht der aquatischen Tiere in Emergenz und Lichtfang

Ordnung/ Familie	Flügel- länge <mm>	Sex	Gesamtzahl aller Tiere in Em	Gesamtzahl aller Tiere in Lifa	Individual- gewicht <g>	Gesamtgewicht aller Tiere in Em <g>	Gesamtgewicht aller Tiere in Lifa <g>
			1	0	0,0000825	0,0000825	0
			15	13	0,0000257	0,0003855	0,0003341
			5	3	0,0000194	0,000097	0,0000582
			1	0	0,0000153	0,0000153	0
			32	21	0,0000222	0,0007104	0,0004662
			26	27	0,0000229	0,0005954	0,0006183
			1	0	0,0000222	0,0000222	0
			15	3	0,0000139	0,0002085	0,0000417
			3	2	0,0000208	0,0000624	0,0000416
			3	0	0,0000139	0,0000417	0
			0	3	0,0000166	0	0,0000498
			0	2	0,0000222	0	0,0000444
			2	0	0,0000125	0,000025	0
			1	2	0,0000194	0,0000194	0,0000388
			102	65	0,000022	0,002244	0,00143
			1	0	0,0000166	0,0000166	0
			2	1	0,0000194	0,0000388	0,0000194
			34	41	0,000014	0,000476	0,000574
			10	6	0,0000153	0,000153	0,0000918
			1	2	0,0000208	0,0000208	0,0000416
			12	62	0,0000166	0,0001992	0,0010292
			44	13	0,0000139	0,0006116	0,0001807
			8	12	0,0000717	0,0005736	0,0008604
			0	2	0,0000933	0	0,0001866
			1	1	0,000018	0,000018	0,000018
			1	0	0,0000139	0,0000139	0
			82	50	0,0000208	0,0017056	0,00104
			35	18	0,0000879	0,0030765	0,0015822
			20	0	0,0000968	0,001936	0
			2	0	0,0000753	0,0001506	0
			2	0	0,0001004	0,0002008	0
			2	0	0,0000880	0,000176	0
			13	10	0,0000789	0,0010257	0,000789
			250	24	0,0001022	0,02555	0,0024528
			0	4	0,0000861	0	0,0003444
			14	17	0,0000933	0,0013062	0,0015861
			1	0	0,0000880	0,000088	0
			1	3	0,000025	0,000025	0,000075
			30	20	0,0000717	0,002151	0,001434
			118	3	0,0001076	0,0126968	0,0003228
			0	1	0,0000194	0	0,0000194
			0	1	0,0000236	0	0,0000236
			136	66	0,0000236	0,0032096	0,0015576
			2	1	0,0000236	0,0000472	0,0000236
			564	19	0,00007	0,03948	0,00133
			0	5	0,0000111	0	0,0000555
			0	3	0,0000125	0	0,0000375
			0	1	0,0000097	0	0,0000097
			0	1	0,0000111	0	0,0000111
			10	2	0,0000222	0,000222	0,0000444
			1	5	0,0000236	0,0000236	0,000118
			15	16	0,000025	0,000375	0,0004
			6	5	0,0000208	0,0001248	0,000104
			0	1	0,0000208	0	0,0000208
			0	5	0,0000208	0	0,000104
			1	0	0,0000125	0,0000125	0
			0	1	0,0000188	0	0,0000188
			0	1	0,0000188	0	0,0000188
			0	1	0,0000222	0	0,0000222
			0	2	0,0000153	0	0,0000306
			8	16	0,0000208	0,0001664	0,0003328
			10	1	0,0000166	0,000166	0,0000166
			17	0	0,0000153	0,0002601	0
			1	0	0,0000166	0,0000166	0
			2	0	0,0000166	0,0000332	0
			5	0	0,0000166	0,000083	0
			348	610	0,00026	0,09048	0,1586
			51	4	0,0000236	0,0012036	0,0000944
			5168	2882	SUMME:	0,4441967	0,4189089

Anhang IV: Gesamtzahl und Trockengewicht der aquatischen Tiere in Emergenz und Lichtfang

Ordnung/ Familie	Flügel- länge <mm>	Sex	Gesamtzahl aller Tiere in Em	Gesamtzahl aller Tiere in Lifa	Individual- gewicht <g>	Gesamtgewicht aller Tiere in Em <g>	Gesamtgewicht aller Tiere in Lifa <g>
		W	6066	9573		0,4228497	0,2321468
Chironominae							
Chironomus sp.	4,05		5	1	0,0005958	0,002979	0,0005958
Chironomus annularis	3,8		1	2	0,000559	0,000559	0,001118
Chironomus cingulatus	4,8		0	1	0,0007061	0	0,0007061
Chironomus crassimanus	3,4		0	1	0,0005001	0	0,0005001
Chironomus dorsalis	3,3		0	2	0,0004854	0	0,0009708
Chironomus-thummi-Gruppe	4,1		55	8	0,00063	0,03465	0,00504
Cryptocladopelma viridula	1,9		2	15	0,00008	0,00016	0,0012
Demicryptochironomus vulneratus	3,3		2	0	0,0004854	0,0009708	0
Glyptotendipes foliicola	4,3		1	0	0,0006325	0,0006325	0
Kiefferulus tendipediformis	4,1		0	1	0,0006031	0	0,0006031
Micropsectra atrofasciata	2,4		613	245	0,000058	0,035554	0,01421
Micropsectra bidentata	2,45		1548	57	0,000066	0,102168	0,003762
Micropsectra-notescens-Gruppe	2,4		1528	52	0,0000647	0,0988616	0,0033644
Microtendipes sp.	3,7		1	1	0,0005443	0,0005443	0,0005443
Microtendipes chloris	4,2		4	6	0,0006178	0,0024712	0,0037068
Microtendipes diffinis	3,5		4	0	0,0005148	0,0020592	0
Microtendipes pedellus	3,5		5	0	0,0005148	0,002574	0
Microtendipes rydalensis	3,5		1	1	0,0005148	0,0005148	0,0005148
Parachironomus arcuatus	2,7		0	2	0,0000727	0	0,0001454
Paracladopelma camptolabis	2,35		25	16	0,0000633	0,0015825	0,0010128
Paracladopelma mikiana	2,5		2	0	0,0000673	0,0001346	0
Paracladopelma sp.	2,4		5	0	0,0000647	0,0003235	0
Paratendipes albimanus	2,7		14	33	0,0000727	0,0010178	0,0023991
Paratendipes nudisquama	2,3		1	0	0,000062	0,000062	0
Pentapedilum nubens	2,1		0	1	0,0000566	0	0,0000566
Phaenops flavipes	2,5	M	1	0	0,0000674	0,0000674	0
Polypedilum sp.	2,5		3	1	0,0000674	0,0002022	0,0000674
Polypedilum albicorne	2,45		37	70	0,000066	0,002442	0,00462
Polypedilum apfelbecki	2		15	5	0,0000539	0,0008085	0,0002695
Polypedilum convictum	2,35		332	1295	0,000082	0,027224	0,10619
Polypedilum cf. acutum	3,2		12	5	0,0004707	0,0056484	0,0023535
Polypedilum laetum	3,4		11	3	0,0005001	0,0055011	0,0015003
Polypedilum nubeculosum	2,7		4	7	0,0000727	0,0002908	0,0005089
Polypedilum pullum	1,7		2	2	0,0000458	0,0000916	0,0000916
Rheotanytarsus curtistylus	1,7		1	4	0,0000458	0,0000458	0,0001832
Rheotanytarsus pentapoda	2		619	5243	0,000029	0,017951	0,152047
Rheotanytarsus ringei	2		4	0	0,0000539	0,0002156	0
Stempellinella brevis	1,5		19	0	0,0000404	0,0007676	0
Tanytarsus sp.	2,1		161	14	0,0000566	0,0091126	0,0007924
Tanytarsus arduennis	2,1		0	1	0,0000566	0	0,0000566
Tanytarsus brundini	1,8		3	6	0,0000485	0,0001455	0,000291
Tanytarsus buchonius	2,1		1	0	0,0000566	0,0000566	0
Tanytarsus chinyensis	2,1		0	1	0,0000566	0	0,0000566
Tanytarsus ejuncidus	2,25		182	3	0,0000606	0,0110292	0,0001818
Tanytarsus eminulus	2,1		166	22	0,00004	0,00664	0,00088
Tanytarsus heusdensis	2,15		9	2	0,0000579	0,0005211	0,0001158
Tanytarsus holochlorus	2,1		1	0	0,0000566	0,0000566	0
Tanytarsus-lestagei-Gruppe	2,1		2	1	0,0000566	0,0001132	0,0000566
Tanytarsus pallidicornis	2,1		18	2	0,0000566	0,0010188	0,0001132
Tanytarsus signatus	2,2		1	0	0,0000593	0,0000593	0
non det.	2,8		18	18	0,0000753	0,0013554	0,0013554
			11505	16723	SUMME:	0,8020328	0,5443277
Empididae		M/W					
Chelifera sp.	2,4		3	0	0,0003373	0,0003373	0
Chelifera diversicauda	2,4		1	0	0,0003373	0,0003373	0
Chelifera stigmata	2,4		1	0	0,0003373	0,0003373	0
Chelipoda sp.	4,3		12	0	0,0006043	0,0072516	0
Hemerodromia sp.	2,7		1	0	0,0003800	0,00038	0
Hemerodromia unilineata	2,7		0	1	0,0003800	0	0,00038
Wiedemannia sp.	3,7		2	0	0,00052	0,00104	0
non det.	3		0	1	0,0004215	0	0,0004215
			20	2	SUMME:	0,0096835	0,0008015

Anhang V: Wettermessungen und chemisch-physikalische Messungen im Dattenbach

I. Wettermessung

Wetterfaktoren wurden mit einem Meßdatenerfassungssystem MDS II der Fa. Wasser-Abwasser-Systemtechnik GmbH, Braunschweig, aufgezeichnet. Folgende Messungen wurden unternommen:

Temperatur (Luft; Wassertemperaturmessung mit herkömmlichem Min./Max.-Thermometer)

Windmessungen ab Oktober 1998 („Windgeber compact“, Fa. Thies Klima),

Luftfeuchtigkeit (OEM Modul 0699.2703, Fa. Testo),

Niederschlag (Regenmonitor, Fa. Westfalia).

II. Chemisch-physikalischen Daten des Dattenbachs

Die chemisch-physikalischen Messungen im Dattenbach, die monatlich am Ort der Emergenznetze erhoben werden, wurden freundlicherweise vom Schwarzbachverband GmbH, Hofheim, zur Verfügung gestellt.

Bei diesen Messung kam es zur Anwendung einer falschen Methode: Zur BSB₅-Ermittlung wurde die E-Norm 1899-1 (ab 3mg/l) statt der erforderlichen E-Norm 1899-2 (ab 0,5mg/l; s. DEV) verwendet. Insofern konnte der Chemische Index nach BACH (1980) nur einmal errechnet werden.

Anhang V: Wettermessungen und chemisch-physikalische Messungen im Dattenbach

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Datum	<°C>	<°C>	<m/s>	<m/s>	*1	*1	*2	*3	<°C>	<°C>
7.8.98	18,9	21,3	k.A.	k.A.	0	0	0	0	13	16
14.8.98	18,5	18,1	k.A.	k.A.	0	0	0	0,5	13	15,5
22.8.98	17,9	17	k.A.	k.A.	0	1	0	1	12	15
30.8.98	13	18,9	k.A.	k.A.	0	0,5	0	0,5	11,5	13,1
7.9.98	13	12	k.A.	k.A.	0,5	0	0	0	11	15
13.9.98	10	8,4	k.A.	k.A.	0	0,5	0	0,5	11	16
20.9.98	11,5	12,8	k.A.	k.A.	0	0	0	1	11	12
28.9.98	15,5	15	k.A.	k.A.	0	0	0	0,5	11,5	12,8
5.10.98	10,2	10,5	k.A.	k.A.	0	0	0	0	8,5	12,5
13.10.98	9	9,2	k.A.	k.A.	1	0	0	0,5	8,5	11
20.10.98	7,8	9,8 (4,6)	k.A.	k.A.	0	0	0	1	8,5	11,5
4.11.98	5	3,1	0,4	0,1	0,5	0	0	0	8	9
21.11.98	-2,3	-4,8	0	0,05	0,5	0	0	1	5,5	6,5
4.12.98	-2,5	-1,2	0,1	0	0	0	1	0	3	3,8
18.12.98	ca. 6	4	k.A.	k.A.	0	0	0	1	4,5	6,5
2.1.99	-0,8	1,4	0,1	0	0	0	0	0	4	4,5
17.1.99	4,7	4,9	0,5	0	0,5	0	0	1	4,5	6
31.1.99	-2,1	-2,1	0,15	0	1	1	0	0	4,5	5,5
16.2.99	-1,7	0,8	0,3	0,4	0,5	0,5	1	1	1,5	4,5
2.3.99	5,9	1,3	0,5	0,6	0	1	0	0	2	5
17.3.99	5,3	-2,1	0,2	0	0	0	0	1	2	5
31.3.99	6,4	2,6	0,15	0,1	0	0	0	0	2,5	6,5
16.4.99	4,1	1,5	0,2	0	0	0	0	1	6,5	11,5
30.04.99	12,2	7,8	0,1	0,1	0	0	0	0	5	12,5
08.05.99	15,7	8,5	0,04	0,02	0	0	0	0,5	5	13,5
/17.05.99	12,2	14	0,08	0,08	0	0	0	0	k.A.	k.A.
/23.05.99	13,7	9,7	0,1	0	0,5	0	0	0,5	9,5	13,5
30.05.99	18,2	14,7	0,1	0,04	0,5	0	0	1	5	17,5
06.06.99	14,8	8,5	0,1	0	0	0	0	0,5	k.A.	k.A.
14.06.99	15,1	11,2	68	43	0	0	0	0	11	13
21.06.99	14,4	10,5	10,8	8,8	0	0	0	0,5	k.A.	k.A.
/29.06.99	17,5	15,7	8,5	1,4	0	0	0	1	8	15
20.07.99	20,3	15,7	1,1	0,7	0	0	0	0,5	13	15,5
27.07.99	19	15,5	0,89	1,1	0	0	0	1	12	14,5
04.08.99	19,2	16,4	0,8	0,63	0	0	0	0,5	12,5	15
/12.08.99	17,6	11,2	0,8	0,48	0	0	0	0	11,5	12
/20.08.99	14,2	13,4	0,8	0,57	0	0	0	0,5	k.A.	k.A.
28.08.99	19	13,3	0,82	0,57	0	0	0	1	k.A.	k.A.
03.09.99	15,3	14,5	0,78	0	0	0	0	0,5	11,5	13
11.09.99	18	11,8	0,7	0,43	0	0	0	0	11	13,5
18.09.99	15,8	11	0,7	0,42	0	0	0	0,5	11	13
26.09.99	15,7	10,5	0,5	0,36	0	0	0	1	10,5	12
17.10.99	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	0	0	0,5	8	11,5
31.10.99	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	0	0	0,5	7	10,5
/02.12.99	5,1	4,2	k.A.	k.A.	0	0	0	0,5	3,5	7,5
28.01.00	-0,8	-2,1	k.A.	k.A.	0	0	0	0,5	2	5
20.03.00	7,1	4,8	1,3	0,8	0	0	0	1	4	8
11.04.00	7,4	7,5	0,8	0,75	0	0,5	0	0,5	4,5	8
04.05.00	16	7,3	0,8	0,7	1	0	0	0	7	13
10.05.00	17	7,3	0,68	0,7	0	0	0	0,5	7,5	13
26.05.00	12	13,2	0,3	0,6	0,5	0	0	0,5	k.A.	k.A.
02.06.00	9,5	13,5	0,45	0,7	0	0	0	0	7	11,5
17.06.00	18	12,5	0,6	0,62	0	0	0	1	13	16,5
24.06.00	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	0	0	0,5	k.A.	k.A.
16.07.00	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,5	0	0	1	k.A.	k.A.

Wetterdaten im Testgebiet (zu D.I.)

Zeilen 1/2 = 72 Stunden Temperaturmittelwert/Mittelwert Fangnacht; Zeilen 3/4 = mittlere Windgeschwindigkeit von 72 Stunden/von Fangnacht; Zeilen 5/6 = Niederschlag von 72 Stunden/von Fangnacht (*1: 0,5 = geringer Niederschlag, 1= starker Niederschlag); Zeile 7 = Schneefall (*2: 0 = kein Schneefall, 1= Schneefall); Zeile 8 = Mondphase (*3: 1= Vollmond, 0,5 = Halbmond, 0 = Neumond); Zeilen 9/10 = Min./Maximaltemperatur von 72 Stunden

Anhang V: Wettermessungen und chemisch-physikalische Messungen im Dattenbach

Datum	Probe- stelle	BSB5	CSB	O-PO ₄ -P	Pges	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	Leitfähig- keit	Temperatur	pH- Wert	O ₂ - Gehalt	O ₂ - Sättigung	CI
		<mg/l>							<µS/cm>	<°C>	<mg/l>		<%>	
12.08.98	OH	<5	9	0,07	0,10	<0,03	0,02	1,8	160	18	7,9	7,5	80,4	
12.08.98	UH	<5	8	0,34	0,40	<0,03	0,03	4,9	248	18	7,1	7,3	87,1	
30.11.98	OH	<5	3	<0,05	<0,05	0,04	<0,015	2,9	164	4	8	12,9	100	
30.11.98	UH	<5	3	0,07	0,11	0,09	<0,015	3,1	188	4,4	7,4	12,1	92	
09.12.98	OH	7	19	<0,05	0,07	0,05	<0,015	2,8	179	1,5	8,2	12,0	83,2	
09.12.98	UH	k.A.	<5	0,16	0,2	0,04	<0,015	4,3	275	2,2	7,78	11,4	81,4	
16.03.99	OH	1	7	<0,05	0,09	0,10	0,02	2,9	185	9,8	6,9	9,93	88,6	
16.03.99	UH	<1	10	0,07	0,13	0,10	0,02	3,5	198	8,4	6,9	10,5	88,6	
22.04.99	OH	k.A.	5	<0,05	0,09	0,16	<0,015	2,2	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
22.04.99	UH	<1	8	0,07	0,12	0,11	<0,015	2,5	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
25.05.99	OH	<1	8	0,06	0,08	<0,03	<0,015	1,9	149	12,4	8,53	8,9	90,2	
25.05.99	UH	<1	13	0,14	0,18	0,11	0,03	1,9	175	12,2	8,31	9,15	86,3	
25.08.99	OH	1	8	<0,05	0,06	<0,03	<0,015	1,8	146	17,7	8,2	8,48	89,2	
25.08.99	UH	1	9	0,12	0,14	<0,03	<0,015	2	188	16,4	8,32	8,32	90,2	60,96
19.01.00	OH	<3	10	<0,05	<0,05	0,03	<0,015	3,1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
19.01.00	UH	3	11	0,09	0,13	0,04	<0,015	4,1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	

Chemisch-Physikalische Bachparameter (zu D.I.)

OH = Dattenbach oberhalb der Kläranlage Ehlhalten

UH = Dattenbach unterhalb der Kläranlage Ehlhalten (= Probestelle der Emergenzzelte)

Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPPS SON (D.II.1.)

Die folgende Tabelle faßt die im abwechselnden Lichtfang von HQL und SON gesammelten Insekten der Untersuchung von Punkt D.II.1, Seite 46ff., zusammen.

Die oberen Reihen beinhalten die Werte der Wetterdaten. Die verwendeten Meßgeräte wurden auf S. 133 genannt. Das Luftdruckmeßgerät ist von der Fa. Lufft, Typ Compens. No. 28425.

Daten bezüglich der Mondillumination, -polarisation und der Höhe des Mondes über dem Horizont wurden vom Astronomical Applications Department des U.S. Naval Observatory, Washington D.C., eingeholt.^X

Hellgrau unterlegte Reihen () weisen im folgenden auf terrestrische/semi-aquatische Tiere hin.

Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.1)

OSRAM HQL		21.07.99	24.07.99	26.07.99	28.07.99	30.07.99	01.08.99	03.08.99	05.08.99	07.08.99	12.08.99	15.08.99	19.08.99	21.08.99
	Temperatur <°C>	14,3	15,3	19,1	16,7	14,6	16,1	17,5	17,1	16	12,6	14,2	12,2	12,4
	Bewölkung <0-8/8>	4	7	6	0	2	1	8	3	0	0	8	0	2
	Mondhöhe <° ü. Horizont>	21,8	19,7	14,35	6,5	-2,35	<-8	<-8	<-8	<-8	-3,1	9,15	18,25	18,95
	Mondillumination <%>	65	89	98	100	93	80	80	40	20	0	20	59	77
	Rel. Polarisation Mondlicht <%>	5,89	3,43	0,08	0	0,15	4,18	7,08	8,59	7,21	0	4,08	6,54	5,89
	Luftdruck <Torr>	739,5	744,5	745	740	741	739	733	742	736	742	744	744	740
	Regen am Fangtag <0=nein, 1=ja>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Luftfeuchte <%>									92	91,3	94	95	84,7
	Wind <m/s>	0,65	0,67	0,95	1,08	0,75	0,75	0,59	0,71	0,59	0,82	0,54	0,53	0,93
	Gesamtzahl Insekten	272	308	265	225	221	339	651	220	339	2	223	86	32
	Ephemeroptera							1		1				
	Thysanoptera		1						1					
	Rhynchota			2			1	1						
	Plannipennia													
	Coleoptera		1	1			1	11		3				
	Hymenoptera	1		3			1	7	1	1				
	Trichoptera		1			4	1	2						
	Lepidoptera	2	7	7	1	2	1	5	1	2			1	
	Diptera	269	298	252	224	215	334	624	217	332	2	223	85	32
	Nematocera	269	293	235	211	212	326	594	211	327	2	197	81	30
	Brachycera		5	17	13	3	7	30	6	5		25	4	2
	<i>Nematocera:</i>													
	<i>Tipulidae</i>							1						
	<i>Limoniidae</i>	6	6	7	4	9	6	33	5	4	1	3	2	1
	<i>Psychodidae</i>	1	18	18	14		4	115	5	3		3		
	<i>Culicidae</i>		2				1	4	1	4				
	<i>Ceratopogonidae</i>	M		1	2	2		3	1			1		
		W	12	41	36	40	32	83	86	54	48		81	11
	<i>Chironomidae</i>	M	118	27	18	51	63	78	74	14	36		17	9
		W	115	179	129	94	105	136	41	128	218		80	47
	<i>Tanypodinae</i>	M				5		1		1				
		W		1	6	5	2	1	3	1	1			
	<i>Prodiamesinae</i>	M				1					1			
		W												
	<i>Orthoclađiinae</i>	M	6	2	2	3	1	5	8	2	1		11	3
		W		21	4	4	6	8	20	10	21		10	8
	<i>Chironominae</i>	M	112	25	16	48	56	73	65	12	33		6	6
		W	115	157	119	85	97	127	18	117	196		70	39
	<i>Tanypodinae</i>						5							
	<i>Conchapelopia pallidula</i>													
	<i>Macropelopia nebulosa</i>									1				
	<i>Nilotanytus dubius</i>													
	<i>Procladius barbatus</i>													
	<i>Thienemannimyia fusciceps</i>								1					
	<i>Zavrelimyia nubila</i>													
	<i>Prodiamesinae</i>						1				1			
	<i>Orthoclađiinae</i>													
	<i>Brillia longifurca</i>													
	<i>Brillia modesta</i>													
	<i>Bryophaenoclađius illimbatus</i>		1											
	<i>Corynoneura lobata</i>													
	<i>Cricotopus sp.</i>													
	<i>Cricotopus annulator</i>													
	<i>Cricotopus bicinctus</i>													
	<i>Cricotopus caducus</i>												1	
	<i>Cricotopus curtus</i>						1		1		1			1
	<i>Cricotopus festivellus</i>													
	<i>Eukiefferiella coeruleascens</i>							1						
	<i>Heleniella ornatocollis</i>				1									
	<i>Limnophyes cf. asquamatus</i>		3				4					2		
	<i>Linophyes exiguus</i>													

nur M

X Sämtliche in Deutschland erhältliche Daten zur Position von Himmelslichtern z.B. aus Tageszeitungen oder dem Bundesamt für Seeschifffahrt sind auf diese Quelle zurückführbar und werden teilweise mit erheblichen Fehlern wiedergegeben.

Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.1)

OSRAM HQL (Fortsetzung)		21.07.99	24.07.99	26.07.99	28.07.99	30.07.99	01.08.99	03.08.99	05.08.99	07.08.99	12.08.99	15.08.99	19.08.99	21.08.99
	Pseudosmittia sp.											1		
	Pseudosmittia trilobata													
	Rheocricotopus sp.	1												
	Smittia sp.			1				3				1	1	1
	Smittia atterima													
	Synorthocladius semivirens													
	Tvetenia sp.		1		1			2	2			1		
	non det.													
	<i>Chironominae</i>													
	Chironomus annularis													
	Chironomus-thummi-Gruppe													
	Cryptocladopelma viridula			1	1	1								
	Demicryptochironomus vulneratus													
	Endochironomus tendens					1								
	Glyptotendipes sp.													
	Glyptotendipes fallens									2				
	Micropsectra atrofasciata	5	2	4	8	18	11	24	3	15				
	Micropsectra bidentata		1			4	12	5		1				
	Micropsectra-notescens-Gruppe								1					
	Microtendipes sp.													
	Microtendipes diffinis				1		3							
	Parachironomus arcuatus							1						
	Paracladopelma sp.													
	Paracladopelma camptolabis												1	
	Pentapedilum sp.													
	Pentapedilum nubens													
	Pentapedilum sordens													
	Polypedilum sp.													
	Polypedilum acutum													
	Polypedilum albicorne													
	Polypedilum convictum	6	1	3	26	12	29	8	1	1			1	2
	Polypedilum nubeculosum							1	1			1		
	Polypedilum pullum			1										
	Rheotanytarsus sp.													
	Rheotanytarsus curtistylus													
	Rheotanytarsus pentapoda	99	20	5	11	18	12	18	5	6		4	4	
	Rheotanytarsus ringei			1		2	1	3		4				1
	Stempellinella brevis			1										
	Tanytarsus buchoni													
	Tanytarsus ejuncidus													
	Tanytarsus eminulus	2	1		1		4	3	1	4		1		
	Tanytarsus holochlorus						1							
	non det.							2						
	<i>Cecidomyiidae</i>	14	19	6	2	1	6	206	3	8	1	8	11	1
	<i>Mycetophilidae</i>	2		4			4	6		2		2		1
	<i>Sciaridae</i>	1		15	4	2	7	26		4		2	1	1

nur M

Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.1)

OSRAM HQL (Fortsetzung)		23.08.99	25.08.99	27.08.99	29.08.99	31.08.99	03.09.99	05.09.99	09.09.99	11.09.99	14.09.99	16.09.99	19.09.99	21.09.99	Summe	
	Temperatur <°C>	11,2	22,2	18,1	14	13,5	15,3	14,4	16,4	15,5	11,4	11,4	18,9	16,5		
	Bewölkung <0-8/8>	0	3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0		
	Mondhöhe <° ü. Horizont>	16,65	11,35	3,70	-4,7	<-8	<-8	<-8	<-8	-0,5	10,15	15,4	18,45	16,85		
	Mondillumination <%>	91	99	99	89	72	40	18	0	10	17	40	70	87		
	Rel. Polarisation Mondlicht <%>	3,43	0,8	0	0,15	5,41	8,59	7,21	0,9	1,2	5,18	6,37	5,89	3,43		
	Luftdruck <Torr>	744	740	743	743	743	743	739	746,5	742	736	740	735	735		
	Regen am Fangtag <0=nein, 1=ja>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Luftfeuchte <%>	92	54,6	89	93,7	94			93	93	88	92	86,5	83	88,5	
	Wind <m/s>	0,66	1,44	0,88	0,77	0,53	0	0,39	0,62	0,47	0,53	0,52	0,47	0,38		
	Gesamtzahl Insekten	43	56	292	97	148	260	22	183	461	129	23	366	191	5454	
	Ephemeroptera			1											3	
	Thysanoptera													1	3	
	Rhynchota			1						2			3	96	106	
	Plannipennia														0	
	Coleoptera				1		2		2	6	1		8		37	
	Hymenoptera		1	1	2				2	1	1		1	1	24	
	Trichoptera				1					1					10	
	Lepidoptera	1	1				1	1	1				1		35	
	Diptera	42	54	289	93	148	257	22	178	451	127	23	353	93	5237	
	Nematocera	34	46	285	93	147	247	22	171	448	124	22	340	91	5058	
	Brachycera	8	8	4		1	10	0	7	3	3	1	13	2	177	
	Nematocera:															
	Tipulidae														1	
	Limoniidae		1	16	2	5	1		8	22	3	2	7	2	156	
	Psychodidae	1		20	1	2	5		2	8	2		20	15	257	
	Culicidae	2						1				1	1		17	
	Ceratopogonidae	M	2				1		1	2					16	
		W	1	2	36	13	12	30	1	15	35	18	32	4	723	
	Chironomidae	M	23	25	39	21	71	107	6	15	147	20	14	102	6	1106
		W	6	12	157	48	46	79	14	106	176	61	3	112	39	2152
	Tanypodinae	M	1	1	1			2		2	3		1		18	
		W	1		8	2	2	2	1	4	7	2			49	
	Prodiamesinae	M													2	
		W													0	
	Orthoclaadiinae	M		3	3		2	8	1	4	13		6	3	89	
		W		1	12	5	5	14		7	29	7	6	22	224	
	Chironominae	M	22	21	35	21	69	97	5	9	131	20	14	95	3	997
		W	5	11	137	41	39	63	13	95	140	52	3	106	17	1879
	Tanypodinae			1				2		1	3				12	
	Conchapelopia pallidula														1	
	Macropelopia nebulosa														1	
	Nilotanypus dubius			1											1	
	Procladius barbatus												1		1	
	Thienemannimyia fusciceps		1							1					2	
	Zavrelimyia nubila														1	
	Prodiamesinae														0	
	Prodiamesa olivacea														2	
	Orthoclaadiinae														0	
	Brillia longifurca					1									1	
	Brillia modesta														0	
	Bryophaenocladus illimbatus														1	
	Corynoneura lobata												1		1	
	Cricotopus sp.							1							1	
	Cricotopus annulator														0	
	Cricotopus bicinctus										1				1	
	Cricotopus caducus														1	
	Cricotopus curtus										4				8	
	Cricotopus festivellus														0	
	Eukiefferiella coerulescens														1	
	Heleniella ornaticollis														1	
	Limnophyes cf. asquamatus		1				6			3			3		22	
	Limnophyes exiguus														0	

nur M

Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.1)

OSRAM HQL (Fortsetzung)		23.08.99	25.08.99	27.08.99	29.08.99	31.08.99	03.09.99	05.09.99	09.09.99	11.09.99	14.09.99	16.09.99	19.09.99	21.09.99	Summe
	Pseudosmittia sp.									1					2
	Pseudosmittia trilobata														0
	Rheocricotopus sp.														1
	Smittia sp.		1			1				1					10
	Smittia atterima														0
	Synorthocladius semivirens														0
	Tvetenia sp.			1					1						9
	non det.									4					4
	Chironomus annularis														0
	Chironomus-thummi-Gruppe		1						1	4	1		4		11
	Cryptocladopelma viridula														3
	Demicroptochironomus vulneratus														0
	Endochironomus tendens														1
	Glyptotendipes sp.						1								1
	Glyptotendipes fallens														2
	Micropsectra atrofasciata				2		3				1				96
	Micropsectra bidentata						2	2		5	5				37
	Micropsectra-notescens-Gruppe								1	3	1			1	7
	Microtendipes sp.														0
	Microtendipes diffinis														4
	Parachironomus arcuatus														1
	Paracladopelma sp.														0
	Paracladopelma camptolabis									1					2
	Pentapedilum sp.														0
	Pentapedilum nubens														0
	Pentapedilum sordens									1					1
	Polypedilum sp.														0
	Polypedilum acutum									2					2
	Polypedilum albicorne			1		1	1						3		6
	Polypedilum convictum		4	1	2	5	25	2	4	98	11	14	80	1	337
	Polypedilum nubeculosum														3
	Polypedilum pullum														1
	Rheotanytarsus sp.														0
	Rheotanytarsus curtistylus														0
	Rheotanytarsus pentapoda	22	16	26	17	62	62	1		4					412
	Rheotanytarsus ringei			7											19
	Stempellinella brevis														1
	Tanytarsus buchoni														0
	Tanytarsus ejuncidus						1								1
	Tanytarsus eminulus					1	2		3	13	1		7	1	45
	Tanytarsus holochlorus														1
	non det.												1		3
	Cecidomyiidae		2		6	4	17		12	33	7	1	15	14	397
	Mycetophilidae	1		1	1	2	2		2	2	2	1	7		42
	Sciaridae		2	16	1	5	5		10	23	11		44	11	191

nur M

Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.1)

PHILIPPS SON		25.07.99	27.07.99	29.07.99	31.07.99	02.08.99	04.08.99	06.08.99	08.08.99	11.08.99	13.08.99	17.08.99	22.08.99	24.08.99	26.08.99
	Temperatur <°C>	17,2	17,1	16,5	16,2	15,5	18,3	18,8	15,1	13,9	11,4	12,8	10,4	17,2	17,5
	Bewölkung <0-8/8>	0	2	0	2	0	3	2	0	8	3	8	1	8	3
	Mondhöhe <° ü. Horizont>	17,3	10,1	2,15	-6,9	<-8,0	<-8,0	<-8,0	<-8,0	-7,65	1,15	14,9	18,15	14,5	7,75
	Mondillumination <%>	94	100	98	87	69	47	25	8	0	8	31	84	96	100
	Rel. Polarisation Mondlicht <%>	0,08	0	0,15	4,18	7,08	8,59	7,21	4,36	0,00	1,20	6,37	3,43	0,80	0,00
	Luftdruck <Torr>	745	741,5	741	740	738	736	735,5	732	744,5	739,5	741	744	743	740
	Regen am Fangtag <0=nein, 1=ja>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Luftfeuchte <%>							79,0	98,0	94,2	92,0	95,0	91,7	93,5	100
	Wind <m/s>	0,68	0,88	1,48	0,85	0,73	0,72	0,68	0,62	0,55	0,51	0,61	0,56	0,67	0,61
	Gesamtzahl Insekten	378	464	226	237	164	342	209	65	123	23	30	28	106	137
	Ephemeroptera														
	Thysanoptera		1	1											
	Rhynchota									1					4
	Plannipennia							1							
	Coleoptera	1					1								
	Hymenoptera	3	2	1			3	2		1					
	Trichoptera									1					
	Lepidoptera	3	5	1		5	3	1	1	2				1	2
	Diptera	371	456	223	237	159	335	205	64	118	23	30	28	105	128
		378	464	226	237	164	342	209	65	123	23	30	28	106	134
	Nematocera	370	452	219	234	158	328	204	63	116	23	30	28	101	128
	Brachycera	1	4	4	3	1	7	1	1	2				4	
	<i>Nematocera:</i>														
	<i>Tipulidae</i>														
	<i>Limoniidae</i>	3	7	5	12	3	16	6	3	4			1	5	2
	<i>Psychodidae</i>	6	44	15	29		31	12		1			1	4	9
	<i>Culicidae</i>	1	1	3		1	3				1			1	1
	<i>Ceratopogonidae</i>	M	1	2		1	1	2							
		W	8	23	53	24	14	36	24	6	11		5	14	22
	<i>Chironomidae</i>	M	48	105	30	37	40	34	33	12	13		3	13	21
		W	296	225	102	109	97	180	100	41	60	20	19	13	29
	<i>Tanypodinae</i>	M		1	1			2							
		W		1	3	4	3	1	1	1	1			1	
	<i>Prodiamesinae</i>	M													
		W													
	<i>Orthocladinae</i>	M		8	2	1	2	5	5	2	5			7	1
		W	9	11	6	1	3	11	10	5	9			6	6
	<i>Chironominae</i>	M	39	96	28	35	38	29	26	10	8		3	13	14
		W	287	212	91	105	92	167	89	21	50	19	15	7	25
	<i>Tanypodinae</i>					1									
	<i>Conchapelopia pallidula</i>				1										
	<i>Macropelopia nebulosa</i>							2							
	<i>Nilotanypus dubius</i>														
	<i>Procladius barbatulus</i>														
	<i>Thienemannimyia fusciceps</i>														
	<i>Zavrelimyia nubila</i>		1												
	<i>Prodiamesinae</i>														
	<i>Prodiamesa olivacea</i>														
	<i>Orthocladinae</i>														
	<i>Brillia longifurca</i>														
	<i>Brillia modesta</i>														
	<i>Bryophaenocladus illimbatus</i>														
	<i>Corynoneura lobata</i>													1	
	<i>Cricotopus sp.</i>														
	<i>Cricotopus annulatus</i>								1						
	<i>Cricotopus bicinctus</i>														
	<i>Cricotopus caducus</i>														
	<i>Cricotopus curtus</i>		1							2					
	<i>Cricotopus festivellus</i>					2	4	2							
	<i>Eukiefferiella coerulescens</i>														1

nur M

Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.1)

PHILIPPS SON (Fortsetzung)		25.07.99	27.07.99	29.07.99	31.07.99	02.08.99	04.08.99	06.08.99	08.08.99	11.08.99	13.08.99	17.08.99	22.08.99	24.08.99	26.08.99
	Pseudosmittia sp.														
	Pseudosmittia trilobata									1					
	Rheocricotopus sp.														
	Smittia sp.														
	Smittia atterima														
	Synorthocladius semivirens														
	Tvetenia sp.		3		1			1	1	1					
	non det.														
	<i>Chironominae</i>														
	Chironomus annularis				1										
	Chironomus-thummi-Gruppe														
	Cryptocladopelma viridula					1									
	Demicryptochironomus vulneratus						1								
	Endochironomus tendens														
	Glyptotendipes sp.														
	Glyptotendipes fallens														
	Micropsectra atrofasciata	7	8	6	8	15	5	6	5	2		1	1		
	Micropsectra bidentata		1	3	6	9	10	2							
	Micropsectra-notescens-Gruppe														
	Microtendipes sp.						1								
	Microtendipes diffinis				1										
	Parachironomus arcuatus		3		1										
	Paracladopelma sp.		1												
	Paracladopelma camptolabis														
	Pentapedilum sp.														
	Pentapedilum nubens														
	Pentapedilum sordens														
	Polypedilum sp.							1							
	Polypedilum acutum														
	Polypedilum albicorne		2		1										
	Polypedilum convictum	2	23	11	9	6	2	1						3	1
	Polypedilum nubeculosum		3		1		1	1							
	Polypedilum pulum														
	Rheotanytarsus sp.							1							
	Rheotanytarsus curtistylus														
	Rheotanytarsus pentapoda	29	49	7	7	7	9	5	5	5		2	12	11	8
	Rheotanytarsus ringei	1						7		1					1
	Stempelinella brevis														
	Tanytarsus buchonius														
	Tanytarsus ejuncidus		1												
	Tanytarsus eminulus		5	1				2							1
	Tanytarsus holochlorus														
	non det.														
	<i>Cecidomyiidae</i>	5	42	4	20	1	12	22		26	1	3		19	45
	<i>Mycetophilidae</i>	1		1				2			1			1	3
	<i>Sciaridae</i>	1	5	4	3	1	15	3	1	1				7	3
		7	47	9	23	2	27	27	1	27	2	3	0	27	51


nur M

Anhang VI: Abwechselnder Fang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.1)

PHILIPS SON (Fortsetzung)		28.08.00	30.08.00	02.09.00	04.09.00	07.09.00	08.09.00	10.09.00	13.09.00	15.09.00	18.09.00	20.09.00	23.09.00	Summe
	Pseudosmittia sp.													0
	Pseudosmittia trilobata													1
	Rheocricotopus sp.													0
	Smittia sp.													0
	Smittia atterima	1			2									3
	Synorthocladius semivirens				1									1
	Tvetenia sp.	1												8
	non det.													0
														0
	Chironomus aprilius													1
	Chironomus-thummi-Gruppe	3		1	2			2				1		9
	Cryptocladopelma viridula													1
	Demicrochironomus vulneratus													1
	Endochironomus tendens													0
	Glyptotendipes sp.													0
	Glyptotendipes fallens													0
	Micropsectra atrofasciata	3		1			1	3	1			1		74
	Micropsectra bidentata							3						34
	Micropsectra-notescens-Gruppe				1	1		1						3
	Microtendipes sp.													1
	Microtendipes diffinis													1
	Parachironomus arcuatus													4
	Paracladopelma sp.													1
	Paracladopelma camptolabis	1			1									2
	Pentapedilum sp.	1												1
	Pentapedilum nubens					1								1
	Pentapedilum sordens													0
	Polypedilum sp.													1
	Polypedilum acutum													0
	Polypedilum albicorne	1												4
	Polypedilum convictum	2	2	52	6	2	1	21	7					151
	Polypedilum nubeculosum													6
	Polypedilum pullum													0
	Rheotanytarsus sp.									1				2
	Rheotanytarsus curtistylus	1												1
	Rheotanytarsus pentapoda	13	3	51	4	3								230
	Rheotanytarsus ringei	4		1	1			1						17
	Stempelinella brevis													0
	Tanytarsus buchonius													0
	Tanytarsus ejuncidus	1												2
	Tanytarsus eminulus			1	3			1	1					15
	Tanytarsus holochlorus													0
	non det.													0
														0
	<i>Cecidomyiidae</i>	107	21	7	9	15	5	1				4	1	370
	<i>Mycetophilidae</i>	2			1		1		2				1	16
	<i>Sciaridae</i>	12	9	1	2	8	1	6	5	2	1			91
		121	30	8	12	23	7	7	7	2	1	4	2	

Anhang VII: Parallelfang mit OSRAM HQL und PHILIPPS SON (D.II.2.)

Die Tabelle der Seiten 146-149 zeigt die Verteilung der Insekten vom Parallelfang HQL und SON der Untersuchung von Punkt D.II.2., Seite 59ff..

Hellgrau unterlegte Reihen () weisen auf terrestrische/semi-aquatische Tiere hin.

Anhang VII: Parallelfang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.2)

Parallelfang mit HQL und SON (Lichtkonkurrenz)		17.08.99		29.08.99		31.08.99		05.09.99		07.09.99		08.09.99		09.09.99	
		HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON
Gesamtzahl Insekten		296	131	49	23	139	115	1161	672	413	157	219	57	444	345
Psocoptera										1					
Ephemeroptera								1							1
Thysanoptera															
Rhynchota							1	4	2	38	22		2	2	5
Coleoptera							1		2	5					
Hymenoptera				1		2		9		3	2		2	3	2
Trichoptera								2		1		1			
Lepidoptera								1		1		1			
Diptera		296	131	48	23	137	113	1144	668	364	133	218	52	439	337
Nematocera		296	131	47	23	136	113	1135	667	357	132	214	52	439	335
Brachycera				1		1		9	1	7	1	4			2
Nematocera: Limoniidae		2				1		1		1	1	7	1	19	13
Psychodidae		2		2					22	3	3		1	1	1
Culicidae								1							1
Ceratopogonidae		M	1					4	5	1		1	1	1	1
		W	56	10	1	33	19	653	169	109	25	65	9	142	139
Chironomidae		M	55	12	11	6	32	40	70	57	22	12	23	7	48
		W	160	98	27	13	66	38	165	101	187	60	108	23	198
Tanypodinae		M				1				1		1			
		W		1		1		2	4	5	2	2	2	2	6
Prodiamesinae		M				1									
Orthoclaadiinae		M	5	1			1	17	4	7	1	2		17	5
		W	14	8	3	3	7	15	14	33	14	26	4	26	26
Chironominae		M	50	11	11	6	30	39	53	52	15	10	7	31	19
		W	146	89	24	10	58	36	148	83	149	44	80	17	170
Tanypodinae															
Ablabesmyia monilis															
Conchapelopia melanops															
Conchapelopia pallidula											1				
Procladius barbatus									1						
Procladius culiciformis															
Thienemannimyia fusciceps						1									
Prodiamesinae						1									
Prodiamesa olivacea						1									
Orthoclaadiinae									1						
Brillia longifurca									1						
Brillia modesta									1						1
Cricotopus sp.															1
Cricotopus annulator															
Cricotopus bicinctus															
Cricotopus curtus		1								3	1			3	
Cricotopus ornatus															
Cricotopus tricinctus															
Eukiefferiella brevicar											1				
Eukiefferiella claripennis		1													
Gymnometriocnemus brumalis							1								
Krenosmittia sp.															
Limnophyes minimus								4		1				1	
Metriocnemus sp.															
Nanocladius sp.		1												1	
Parametriocnemus stylatus								1							
Paraphaenocladus impensus															
Paratrachocladus sp.			1												
Paratrissocladus excerptus								2	2	1				3	2
Pseudoorthocladus curtistylus								3							
Pseudosmittia sp.									1						
Pseudosmittia trilobata								1							
Rheocricotopus dispar															1
Tvetenia sp.								2		1		1		5	1
non det.		2						2	1			1		3	

nur M

Anhang VII: Parallelfang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.2)

Parallelfang mit HQL und SON (Lichtkonkurrenz)		17.08.99		29.08.99		31.08.99		05.09.99		07.09.99		08.09.99		09.09.99	
		HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON
<i>Chironominae</i>	Chironomus-thummi-Gruppe		1					1		1	1	2		2	2
	Cryptocladopelma viridula				1					1		1			1
	Cryptocladopelma krusemani														
	Dicrotendipes nervosus														
	Micropsectra atrofasciata	4	4			1	1		2	3			1	4	
	Micropsectra bidentata										1	1		1	
	Micropsectra-notescens-Gruppe							2	1						
	Microtendipes sp.														
	Paracladopelma sp.														1
	Paracladopelma camptolabis							1			1				
	Paratendipes albimanus								1						
	Pentapedilum sp.							3							
	Pentapedilum sordens														
	Polypedilum acutum											1	1	1	
	Polypedilum convictum	7			2		4	14	8	4		7	3	5	9
	Polypedilum nubeculosum														1
	Rheotanytarsus sp.								18						
	Rheotanytarsus curtistylus														
	Rheotanytarsus pentapoda	36	6	11	3	25	26		26	4	4	6	1	9	3
	Rheotanytarsus ringei									1					
	Stempellinella brevis														
	Tanytarsus sp.														1
	Tanytarsus brundini														
	Tanytarsus ejuncidus										1	1			
	Tanytarsus eminulus	3				1	4	1	1	1	2	2	1	4	4
	Tanytarsus fimbriatus					1									
	Tanytarsus pallidicornis														
	non det.					2	4	13	13						2
	<i>Anisopodidae</i>														1
	<i>Cecidomyiidae</i>	17	11	5	4	3	8	224	295	26	25	7	5	25	20
	<i>Mycetophilidae</i>	1		1				3	1	2					
	<i>Sciaridae</i>	2				1	8	14	17	7	6	3	5	4	13

Anhang VII: Parallelfang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.2)

Parallelfang mit HQL und SON (Lichtkonkurrenz)		14.09.99		15.09.99		16.09.99		20.09.99		21.09.99		23.09.99		Summe HQL	Summe SON
		HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON		
Gesamtzahl Insekten		235	176	118	14	15	24	399	29	451	122	178	137	4117	2002
Psocoptera														1	0
Ephemeroptera			1							1				2	2
Thysanoptera						1					1			1	1
Rhynchota			4					16	5	90	28	19	11	169	80
Coleoptera		1	1							1		1		8	4
Hymenoptera		3	1					1		54	1			76	8
Trichoptera												1		4	1
Lepidoptera														3	0
Diptera		231	169	118	14	14	24	382	24	305	92	157	126	3853	1906
Nematocera		231	168	35	12	14	24	378	23	305	91	156	125	3743	1896
Brachycera			1	83	2			4	1		1	1	1	110	10
Nematocera: Limoniidae		3	9			1		1	2	4	1	2		41	27
Psychodidae		1	4	3				5			4	1		18	35
Culicidae		1				1								4	0
Ceratopogonidae		M 3					1	7					1	18	8
		W 54	66	2	1			90	2	111	32	49	19	1365	491
Chironomidae		M 48	18	5	2	7	16	76	4	35	15	9	8	441	221
		W 110	54	6	9	2	7	173	12	100	23	91	92	1393	654
Tanypodinae		M								1		3		4	2
		W 1	2					1						14	17
Prodiamesinae		M 1												2	0
Orthoclaadiinae		M 6	5		1		1	53	1	18	9	3	7	127	36
		W 22	11	1		1	1	60	2	58	8	30		296	93
Chironominae		M 41	13	5	1	7	15	23	3	16	6	3	1	306	183
		W 87	41	5	9	1	6	112	10	42	15	61	92	1083	544
Tanypodinae										1				1	0
Ablabesmyia monilis														1	0
Conchapelopia melanops												1		1	0
Conchapelopia pallidula												1		1	1
Procladius barbatus														0	1
Procladius culiciformis												1		1	0
Thienemannimyia fusciceps														1	0
														0	0
Prodiamesinae		1												2	0
Prodiamesa olivacea														0	0
Orthoclaadiinae			1					1						2	1
Brillia longifurca														1	1
Brillia modesta														1	1
Cricotopus sp.														0	1
Cricotopus annulator		4										1		5	0
Cricotopus bicinctus										1				1	0
Cricotopus curtus			3							1				8	4
Cricotopus ornatus					1									0	1
Cricotopus tricinctus											1			0	1
Eukiefferiella brevicar														1	0
Eukiefferiella claripennis														1	0
Gymnometriocnemus brumalis														0	1
Krenosmittia sp.								1							
Limnophyes minimus								1		1				8	0
Metriocnemus sp.									1					0	1
Nanocladius sp.								1		1	2			4	2
Parametriocnemus stylatus														1	0
Paraphaenocladius impensus											1			0	1
Paratrichocladius sp.														0	1
Paratrissocladius excerptus			1					1		4				11	5
Pseudoorthocladius curtistylus														3	0
Pseudosmittia sp.														0	1
Pseudosmittia trilobata														1	0
Rheocricotopus dispar									1		1			2	1
Tvetenia sp.		2						1	43		8	3	1	5	63
non det.								4		2	1	1	2	15	4

nur M

Anhang VII: Parallelfang mit OSRAM HQL und PHILIPS SON (D.II.2)

Parallelfang mit HQL und SON (Lichtkonkurrenz)		14.09.99		15.09.99		16.09.99		20.09.99		21.09.99		23.09.99		Summe HQL	Summe SON
		HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON	HQL	SON		
														0	0
<i>Chironominae</i>	Chironomus-thummi-Gruppe	1		3				1		1				12	4
	Cryptocladopelma viridula	2												4	2
	Cryptocladopelma krusemani	1												1	0
	Dicrotendipes nervosus		1											0	1
	Micropsectra atrofasciata	10	3			1		11	3	6	1	1		41	15
	Micropsectra bidentata	11				2	1							15	2
	Micropsectra-notescens-Gruppe	1						1		2	2	1		7	3
	Microtendipes sp.						1							0	1
	Paracladopelma sp.	1												2	0
	Paracladopelma camptolabis													1	1
	Paratendipes albimanus													0	1
	Pentapedilum sp.													3	0
	Pentapedilum sordens	1												1	0
	Polypedilum acutum													2	1
	Polypedilum convictum	8	8	2		4	13	5		3	3			59	50
	Polypedilum nubeculosum													1	0
	Rheotanytarsus sp.													18	0
	Rheotanytarsus curtistylus													0	0
	Rheotanytarsus pentapoda	2								2			1	95	70
	Rheotanytarsus ringei													1	0
	Stempellinella brevis	1												1	0
	Tanytarsus sp.													1	0
	Tanytarsus brundini							1						1	0
	Tanytarsus ejuncidus	1	1					1						3	2
	Tanytarsus eminus	1			1			1		2				16	13
	Tanytarsus fimbriatus													1	0
	Tanytarsus pallidicornis							1						1	0
	non det.							1				1		19	17
														0	0
	<i>Anisopodidae</i>					1								1	1
	<i>Cecidomyiidae</i>	7	6	8				24	2	36	12	3	4	385	392
	<i>Mycetophilidae</i>			1				1				1		10	1
	<i>Sciaridae</i>	4	11	10		2		1	1	19	4		1	67	66

Anhang IX: Bachprofil (Ausschnitt)

Anhang IX: Bachprofil (Ausschnitt)

