Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten

Feldstudie 2011

von

Peter Huemer, Hannes Kühtreiber und Gerhard Tarmann

Innsbruck, November 2011

Tiroler Landesumweltanwaltschaft &
Tiroler Landesmuseen Betriebsgesellschaft m. b. H.

INHALT

Zuammenfassung **1**

1 Einleitung – Problemstellung **2**

2 Untersuchungsgebiet **3**

3 Methodik **4**

3.1 Leuchtmittelauswahl und Fallenkonstruktion 4

3.2 Untersuchungszeitraum – Witterung 8

3.3 Materialbehandlung – Determination 9

4 Ergebnisse **11**

4.1 Anlockwirkung – Übersicht 11

4.2 Einfluss des Fallenstandortes auf die Anlockwirkung 12

4.3 Einfluss des Fangdatums auf die Anlockwirkung 13

4.4 Anlockwirkung in Abhängigkeit vom Leuchtmittel 14

4.5 Anlockwirkung auf Schmetterlinge 17

5 Diskussion **20**

6 Dank **23**

7 Literaturverzeichnis **24**

8 Anhangstabelle **26**

Zusammenfassung

Aufbauend auf einem ersten Feldversuch 2010 wurden in einer vertiefenden Studie in Völs (Tirol) zwischen dem 17.6.2011 und dem 24.8.2011 in 18 Nächten alternierend an sechs Standorten in einem weitgehend homogenem Lebensraum sechs Lampentypen mit vergleichbarem Lichtstrom und Leuchtdichten auf ihre Anlockwirkung auf nachtaktive Insekten getestet:

- NAV - Natriumdampf-Hochdrucklampe, klar, Farbtemperatur 1844°K, Lichtstrom 6600 lm, Leistung 70 W
- NAV - Natriumdampf-Hochdrucklampe, diffus, Farbtemperatur 1844°K, Lichtstrom 5023 lm, Leistung 70 W
- LED warmweiß, klar, Farbtemperatur 2672°K, Lichtstrom 6684 lm, Leistung 70 W
- LED warmweiß, diffus, Farbtemperatur 2672°K, Lichtstrom 5087 lm, Leistung 70 W
- LED neutralweiß, klar, Farbtemperatur 4208°K, Lichtstrom 6630 lm, Leistung ca. 56W
- LED neutralweiß, diffus, Farbtemperatur 4208°K, Lichtstrom 5046 lm, Leistung ca. 56W

Insgesamt wurden 19.259 Insekten aus 14 Ordnungen angelockt. Das Material wurde auf Ordnungsniveau determiniert, Schmetterlinge auf Grund ihres hohen Anteils an der Biomasse sowie der verfügbaren Experten auf Artniveau. Kleine Zweiflügler mit einer Größe < 2mm wurden nach Schätzwerten quantifiziert und machen mit ca. 12.690 Individuen etwa zwei Drittel der angelockten Insekten aus. Abgesehen davon wurden Schmetterlinge 1542 (Exemplare), Hautflügler (1255 Exemplare), Wanzen (874 Exemplare) und Käfer (624 Exemplare) in erhöhter Anzahl gefunden.

Als ökologisch verträglichstes Leuchtmittel mit der geringsten Anlockwirkung erweisen sich LEDs mit folgenden Medianwerten: LED warmweiß (diffus 108 Individuen/Nacht, klar 119,5) und LED neutralweiß (diffus 103 Individuen/Nacht, klar 163,5) und erst mit deutlichem Abstand NAV (diffus 270 Individuen/Nacht, klar 211,5). Noch deutlicher sind die Differenzen bei Schmetterlingen: LED warmweiß (diffus 5,5 Individuen/Nacht, klar 5) und LED neutralweiß (diffus 5 Individuen/Nacht, klar 4,5) gegenüber NAV (diffus 28,5 Individuen/Nacht, klar 18). Ohne kleine Dipteren locken diffus abstrahlende Lampen etwas mehr Tiere an als klare (diffus: LED nw 1021 Ind., LED ww 854 Ind., NAV 1478; klar: LED nw 974 Ind., LED ww 809 Ind., NAV 1433).

1 Einleitung – Problemstellung

Künstliche Beleuchtung des urbanen Raumes hat in den letzten Jahren zusehends auf das Freiland übergegriffen mit einer Fülle von ökologischen Folgen. Vor allem die nachtaktive Tierwelt und hier insbesondere Insekten, Vögel und vermutlich viele andere Lebewesen sind von diesen Belastungen unmittelbar durch Störung und mittelbar durch direkte Verluste als Folge der Anlockwirkung betroffen. Überbordendes Kunstlicht hat aber auch gravierende Auswirkungen auf die Sichtbarkeit des Nachthimmels und somit einer wesentlichen Inspirationsquelle für die Menschheit - Astronomen habe daher den Begriff der Lichtverschmutzung („light pollution“) geprägt - und es benötigt eine Unmenge an Energie. Nicht zuletzt wirkt sich die ausufernde und vielfach weit über das Sicherheitsbedürfnis reichende Außenbeleuchtung auch direkt auf den Menschen aus. Störungen der Nachtruhe durch Immissionen führen letztlich zu Schlafstörungen mit allen negativen Konsequenzen für die Gesundheit. Eine kritische Durchleuchtung der Sinnhaftigkeit von Beleuchtung ist daher ein Gebot der Stunde und Stimmen welche die Kosten-Nutzen Rechnung ausufernder Beleuchtung hinterfragen rücken zunehmend in das öffentliche Interesse (LiTG, 1997; TIROLER UMWELTANWALTSCHAFT, 2009).

Die genannten ökologischen Probleme haben die Tiroler Landesumweltanwaltschaft und das Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum dazu bewogen 2001 das gemeinsame Projekt „Die Helle Not“ zu starten um die Problematik ins Bewusstsein weiter Bevölkerungskreise zu bringen und wo möglich entgegenzusteuern. Ziel und Motto der Initiative war und ist der sorgsame Umgang mit Licht. Neben der Entwicklung von Grundlagen wie einer inzwischen mehrfach verlegten Broschüre sowie einem Webauftritt (www.hellenot.org) wurden auch Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele sehr erfolgreich gestartet, insbesondere eine Umrüstung mit ökologisch verträglicheren Lampensystemen und Leuchten auf Gemeindeebene. Die Kombination aus verbesserter Energieeffizienz und gleichzeitig günstigerer ökologischer Bilanz hat in kurzer Zeit dazu geführt, dass überwiegend im langwelligen Bereich abstrahlende und dadurch relativ „insektenfreundliche“ Leuchtmittel (besonders Natrium-Hochdruckdampflampen) herkömmliche kurzwellige Quecksilber-Hochdruckdampflampen weitgehend ersetzt haben. Die ökologischen Auswirkungen alternativ eingesetzter Beleuchtungssysteme wie Halogendampf-Hochdrucklampen sowie in allerjüngster Vergangenheit LED-Systeme wurden hingegen erst unzureichend überprüft und daher starteten die Tiroler Umweltanwaltschaft und die Tiroler Landesmuseen 2010 einen wissenschaftlichen Freilandversuch um die Auswirkungen auch dieser Beleuchtungssysteme

abschätzen zu können. Die Ergebnisse sowohl aus Tirol als auch einer vergleichbaren Studie in Deutschland (EISENBEIS & EICK 2011; HUEMER, KÜHTREIBER & TARMANN 2011) waren überraschend und deuteten zweifelsfrei darauf hin, dass LEDs in ihrer Ökobilanz, sprich Energieeffizienz und Auswirkung auf die Tierwelt, die derzeit beste Lösung sein dürften. Zur Absicherung dieser Resultate wurden in einer neuen Versuchsreihe im Sommer 2011 Natriumdampf-Hochdrucklampen und zwei LED-Lampen unterschiedlicher Farbtemperatur auf Vergleichbare Lichtstrom und Leuchtdichtewerte dimensioniert. Die früher verwendeten 6 Fallen wurden umgebaut und auf die lichttechnischen Größen kalibriert und jeweils in einer klaren und diffusen Variante auf ihre Anlockwirkung getestet.

2 Untersuchungsgebiet

Die Wahl des Untersuchungsgebietes war im Wesentlichen von fachlichen, aber auch von praktischen Erwägungen geprägt. Als fachliche Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Durchführung der Feldversuche sollte der Lebensraum wenigstens einigermaßen akzeptable Diversitätswerte aufweisen und somit eine gewisse Naturnähe. Mindestens ebenso wichtig erschien und aber auch eine möglichst weitgehend Homogenität innerhalb der beprobten Fläche um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse einzelner Fallen zu gewährleisten. Nicht zu unterschätzen waren aber auch praktische Gesichtspunkte wie insbesondere Stromanschluss, Geländezugänglichkeit und damit verbundene Sicherheitsaspekte sowie schließlich auch Eigentumsverhältnisse.

Nach den ersten positiven Erfahrungen erfüllt das bereits für die Feldversuche 2010 ausgewählte Untersuchungsgebiet – der Blasiusberg (Marktgemeinde Völs, Tirol; GPS Koordinaten: E11°19‘28“ bis 11°19‘30“ / N 47°15‘03“) – sämtliche Vorbedingungen in hohem Ausmaß. Die nordexponierten Probeflächen werden von einem abwechslungsreichen Nadel-Laubmischwald bestockt. Die vielfältige Baumschicht setzt sich aus Fichte (*Picea abies*), Rotkiefer (*Pinus sylvestris*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Winterlinde (*Tilia cordata*), Stieleicheiche (*Quercus robur*), Birke (*Betula pendula*), Vogelkirsche (*Prunus avium*), Weißpappel (*Populus alba*) und Walnuss (*Juglans regia*) zusammen. Überdies existieren relativ junge, durch Schlägerungen verursachte Sukzessionsstadien mit diversen Sträuchern wie Haselnuss (*Corylus avellana*), Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*), Waldrebe (*Clematis vitalba*), Salweide (*Salix caprea* s.l.), Traubenkirsche (*Prunus padus*) und Heckenkirsche (*Lonicera xylosteum*). Die Krautschicht wird im wesentlichen von

Christophskraut (*Actaea spicata*), Geißbart (*Aruncus dioicus*), Brombeeren (*Rubus* spp.), Himbeere (*Rubus idaeus*), Wasserdost (*Eupatorium cannabinum*), Fuchs'sches Kreuzkraut (*Senecio fuchsi*), kleines Springkraut (*Impatiens minor*), Rupprechtskraut (*Geranium robertianum*), Brennessel (*Urtica dioica*), Schöllkraut (*Chelidonium majus*) und Geißfuß (*Aegopodium podagraria*) eingenommen.

3 Methodik

3.1 Leuchtmittelauswahl und Fallenkonstruktion

Nach den Feldversuchen des Jahres 2010 und den daraus zu ziehenden Rückschlüssen orientierte sich die Auswahl der Leuchtmittel an der ökologischen Verträglichkeit. Auf weiterführende Tests mit Metallhalogendampf-Hochdrucklampen wurde verzichtet und somit in der aktuellen Studie zwei LEDs unterschiedlicher Farbtemperatur (neutralweiß, warmweiß) und eine NAV getestet, wobei jeweils eine klare und eine diffuse abstrahlende Anlockfalle bei vergleichbaren lichttechnischen Größen angestrebt wurde (Abb. 1-6). Wesentliche Voraussetzung für die Versuchsreihe war daher der Umbau und die Kalibrierung der Fallen durch die Firma Bartenbach LichtLabor GmbH (Aldrans) um vergleichbare mittlere Leuchtdichten und Lichtstrom zu erreichen. Als Vorgabe für die Kalibrierung diente die NAV-Lampe, die vergleichbaren Lichtströme bei den LEDs wurden mittels Dimmer erzielt. Der bereits 2010 eingesetzte und das Leuchtmittel umgebende UV-undurchlässige Plexiglaszylinder wurde für alle 3 Leuchtmittel einmal ohne und einmal mit Diffusorfolie (=LEE Folie) eingesetzt.

Die in Tabelle 1 dargestellten Merkmale entsprechen somit weitestgehend der Prämisse lichttechnisch vergleichbarer Anlockfallen. Zur Prüfung der lichttechnischen Eigenschaften wurden darüber hinaus durch das Bartenbach LichtLabor eine Reihe von Messungen durchgeführt (LANER, 2011). Leuchtdichten wurden während des Freilandversuchs im August im Feld bestimmt. Die Farbtemperaturen geben die gemessenen Laborwerte wider und weichen etwas von den Herstellerangaben ab. Die ebenfalls durch das genannte Labor erfolgten Spektralmessungen ergeben für die getesteten Leuchtmittel eine ähnliche Spektralverteilung ohne UV-Anteil bei allen verwendeten Leuchtmitteln, mit einem zusätzlichen Peak im Bereich 450 nm für die LEDs, und im langwelligen Bereich um etwa 800 nm für die NAV (Abb. 7-9).

Abb. 1-6: Anlockfallen, 1-2, LED neutralweiß, 3-4, LED warmweiß, 5-6 NAV; rechts jeweils inkl. LEE-Folie (diffus) (Fotos S. Suchy)

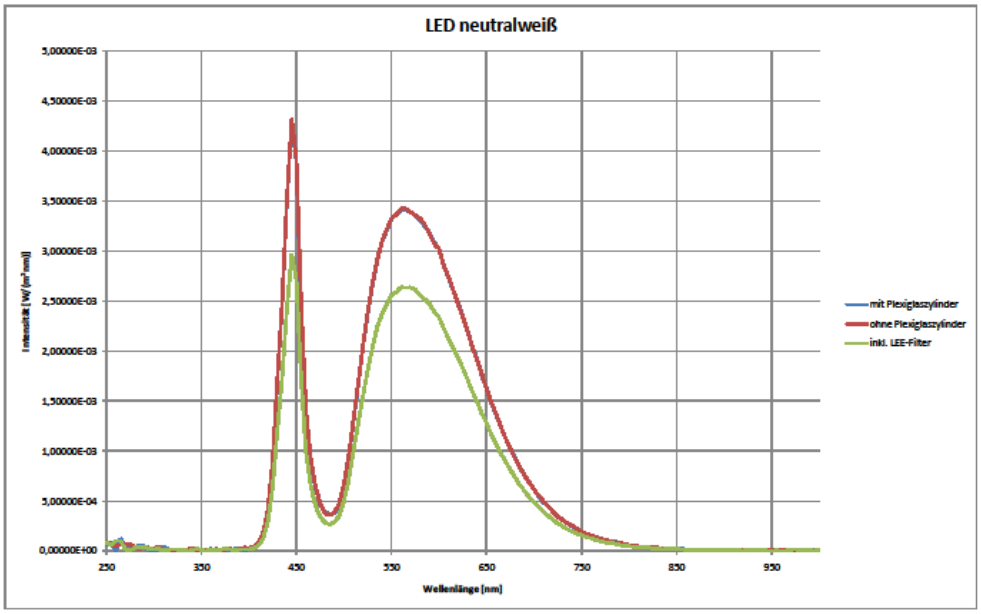

Abb. 7: Spektralmessung LED neutralweiß (Bartenbach LichtLabor)

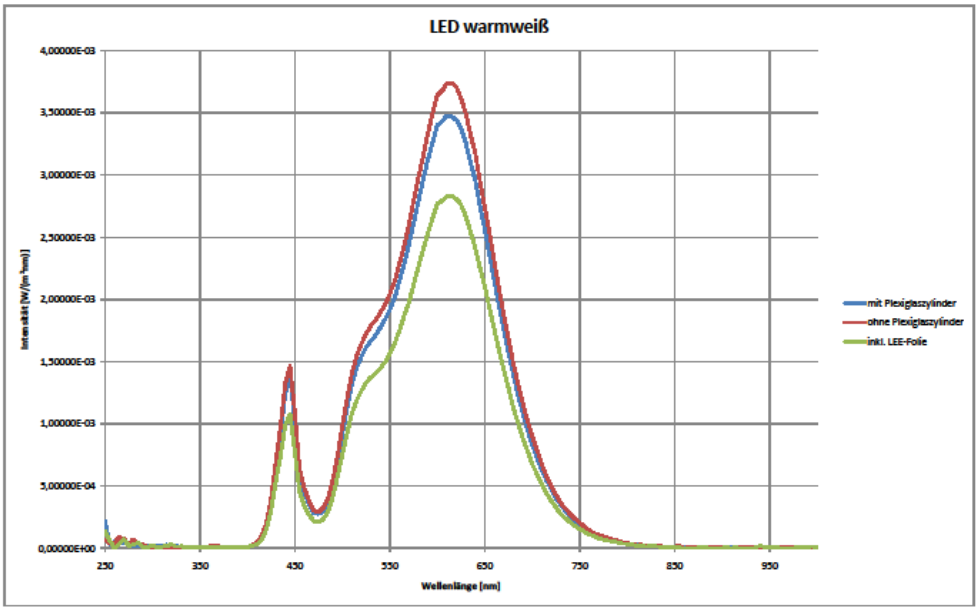

Abb. 8: Spektralmessung LED warmweiß (Bartenbach LichtLabor)

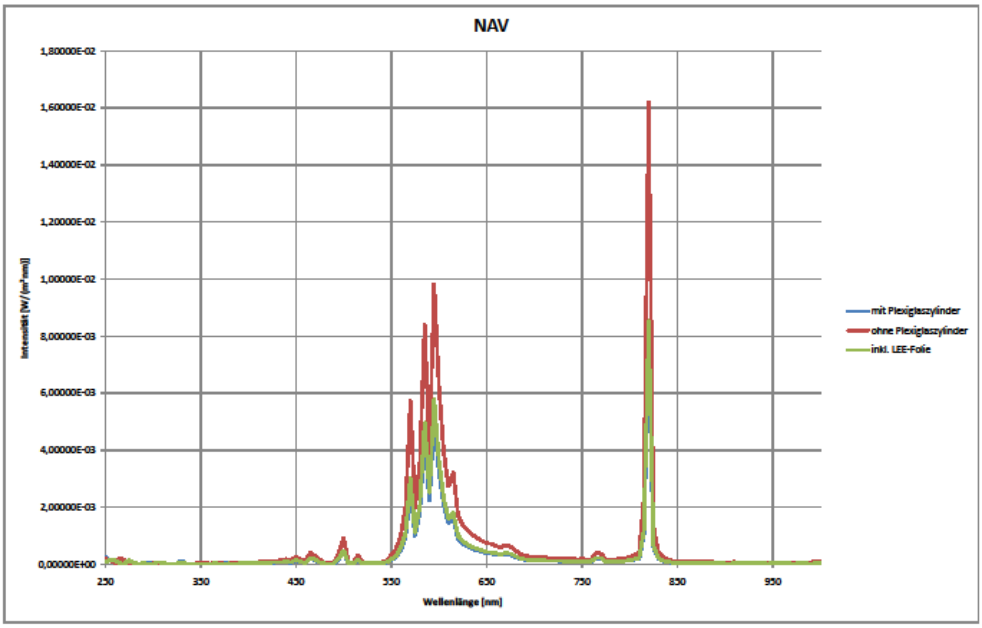

Abb. 9: Spektralmessung NAV (Bartenbach LichtLabor)

Tab. 1: Lichttechnische Merkmale der Anlockfallen (nach LANER 2011)

	LED nw diffus	**LED nw klar**	**LED ww diffus**	**LED ww klar**	**NAV diffus**	**NAV klar**
Typ	*Luxeon Rebel ES LXML-PWN2*	*Luxeon Rebel ES LXML-PWN2*	*Luxeon A LXH8-PW27*	*Luxeon A LXH8-PW27*	*Vialox NAV-T 70 SUPER 4Y*	*Vialox NAV-T 70 SUPER 4Y*
Farbtemperatur	4208°K	4208°K	2672°K	2672°K	1844°K	1844°K
lichtemittierende Fläche [mm²]	355 x 10^3	80 x 1,96 = 157	355 x 10^3	80 x 1,96 = 157	355 x 10^3	597
mittlere Leuchtdichte emittierende Flächen	4521cd/m²	$L_{LED\text{-}Chip}$ = 13,4 Mio cd/m²	4557 cd/m²	$L_{LED\text{-}Chip}$ = 13,4 Mio cd/m²	4500 cd/m²	$L_{Brenner}$ = 3,5 Mio cd/m²
maximale Leuchtdichte	6500 cd/m²	13,4 Mio cd/m²	6500 cd/m²	13,4 Mio cd/m²	16500 cd/m²	3,5 Mio cd/m²
mittlerere Leuchten-Lichtstrom	5046 lm	6630 lm	5087 lm	6684 lm	5023 lm	6600 lm

Die verwendete Fallenkonstruktion entspricht grundsätzlich der bei HUEMER, KÜHTREIBER & TARMANN (2011) ausführlich beschriebenen Trichterfalle. Insgesamt wurden wiederum 6 Fallen im Abstand von etwa 10 Metern in der Horizontale aufgestellt (Fallennummerierung 1-6 von West nach Ost). Die 3 getesteten Leuchtmittel mit klarem oder diffusem Plexiglaszylinder waren durch Schubladen transportabel und wurden zur Minimierung von Standortsfaktoren Nacht für Nacht von West nach Ost um eine Position verschoben (Abb. 10). Somit wurde in 6 aufeinanderfolgenden Nächten jeder Substandort mit einem der 6 geprüften Beleuchtungskörper beprobt.

Abb. 10: Wechsel der Beleuchtungskörper (Foto S. Suchy)

3.2 Untersuchungszeitraum - Witterung

Die Erhebungen erstreckten sich über 3 jeweils 6 Nächte dauernde Perioden: 17./18.6.2011 – 22./23.6.2011, 13./14.7.2011 – 18./19.7.2011 und 19./20.8.2011 – 24./25.8.2011.

Die Untersuchungen starteten somit im Vergleich zu 2010 zwei Wochen früher und endeten etwa 10 Tage später. Sie erstreckten sich jeweils über die gesamte Nacht, beginnend mit der frühen Abenddämmerung und endend mit der späten Morgendämmerung.

Die Erhebungsnächte waren von ausgesprochen unterschiedlicher Witterung geprägt (Tab. 2), wobei ein massiver Kaltlufteinbruch zu Beginn der Studie sowie weitgehend ungünstige Verhältnisse während der Julierhebungen die Häufigkeiten sowie Artenzahlen sicher negativ beeinflusst haben. Auf Grund simultaner Beprobungen als Basis für den Vergleich der Leuchtmittel waren diese Witterungsunbilden jedoch nur von eingeschränkter Bedeutung für die Ergebnisse und sind nicht unmittelbar ergebnisrelevant.

Tab. 2: Witterung in den einzelnen Erhebungsnächten

17./18.6.2011	bedeckt, leicht böiger Wind, am Morgen leichter Regen, 23-16°C
18./19.6.2011	Wettersturz, heftiger Regen, Schnee bis 2000m, 10-8°C
19./20.6.2011	stark bewölkt, windstill, 8-10°C (am Morgen wärmer)
20./21.6.2011	stark bewölkt, zeitweise Regen, windstill, 18-12°C
21./22.6.2011	stark bewölkt, zeitweise Regen, windstill, 21-14°C
22./23.6.2011	Gewitternacht mit Regen und stark böigen Winden, 23-15°C
13./14.7.2011	Am Abend Föhn, dann Gewitter mit starken Windböen, später Regen, 26-15°C
14./15.7.2011	Regen, 13-11°C
15./16.7.2011	Aufklarend, 14-9°C
16./17.7.2011	Am Abend klar, später Regen, am Morgen Föhn und heiter, 17-14°C
17./18.7.2011	Dauerregen, 12-10°C
18./19.7.2011	Dauerregen, 11-9°C
19./20.8.2011	bedeckt, leichte Regenspritzer, rundum Gewitter, böiger Wind, später auflockernd, dunstig und windstill, 25-16°C
20./21.8.2011	wolkenlos, windstill, 27-17°C
21./22.8.2011	wolkenlos, windstill, 27-18°C
22./23.8.2011	Am Abend bedeckt, windstill, am Morgen wolkenlos, mit böigem SW-Wind, 27-17°C
23./24.8.2011	wolkenlos, leichter S-Wind, 28-18°C
24./25.8.2011	Am Abend bedeckt, böiger S-Wind (Föhn), am Morgen wolkenlos, 26-19°C

3.3 Materialbehandlung - Determination

Die Materialversorgung erfolgte in Anlehnung an Erfahrungen aus dem Feldversuch 2010. D.h. das Material wurde in den Trichterfallen vergiftet (Abb. 11) und anschließend gruppenweise grob vorsortiert sowie mit entsprechender Beschriftung in Plastikschachteln tiefgefroren. Auszählungen und Bestimmungen des Materials wurden im Herbst 2011 in den Labors der Naturwissenschaftlichen Sammlungen des Tiroler Landesmuseums durchgeführt.

Die Determinationen von Schmetterlingen basieren auf überwiegend makroskopischer Untersuchung, vereinzelt wurden auch Genitaluntersuchungen angefertigt. Unschärfen in der Bestimmung sind für wenige Artenpaare die nur mit großem Aufwand zu differenzieren sind anzunehmen, insbesondere bei *Yponomeuta cagnagella*/*Y. malinella*, *Diachrysia chrysitis/D. stenochrysis* sowie *Dioryctria* spp. und *Mesapamea* spp.

Abb. 11: Vergiftung des Probematerials in den Fallen (Foto S. Suchy)

Die Bestimmung und quantitative Auswertung des Materials erfolgte auf Ordnungsniveau, lediglich bei den Schnabelkerfen (Hemiptera) wurden die Unterordnungen Wanzen (Heteroptera), Zikaden (Auchenorrhyncha) und Pflanzenläuse (Sternorrhyncha) separiert.
Für Zweiflügler (Diptera) mit einer Größe ca < 2mm ergeben sich bei stärkeren Anflügen Zählungenauigkeiten weil hier auf Zehnerwerte gerundet wurde.
Sämtliche Zähl- und Bestimmungsergebnisse wurden protokolliert und im Anschluss im museumseigenen Datenbankprogramm Biooffice digitalisiert.
Proben der gesammelten Schmetterlinge wurden nur in Ausnahmefällen wie bei seltenen Arten getrocknet und in die Naturwissenschaftlichen Sammlungen der Tiroler Landesmuseen integriert.

4 Ergebnisse

4.1 Anlockwirkung - Übersicht

Im Rahmen der Freilandstudie wurden insgesamt 19.259 Insekten aus 13 verschiedenen Ordnungen angelockt (Abb. 12, Tab. 2). Die mit Abstand individuenreichsten Gruppe sind kleine Zweiflügler (Diptera) (Größe < 2 mm), die mit (geschätzten) 12.690 Exemplaren etwa zwei Drittel aller Exemplare ausmachen, hinzu kommen noch gezählte 449 größere Diptera. Mit deutlichem Abstand folgen Schmetterlinge (Lepidoptera - 1542 Individuen), Hautflügler (Hymenoptera - 1255 Individuen), Wanzen (Heteroptera - 874 Individuen) und Käfer (Coleoptera – 624 Individuen). Aber auch Staubläuse (Psocoptera) und Steinfliegen (Plecoptera) sind mit 575 bzw. 411 Individuen wichtige Ordnungen. Am unteren Ende der Skala finden sich demgegenüber Schaben (Blattodea), Ohrwürmer (Dermaptera) und Kamelhalsfliegen (Rhaphidioptera) sowie Köcherfliegen (Trichoptera).

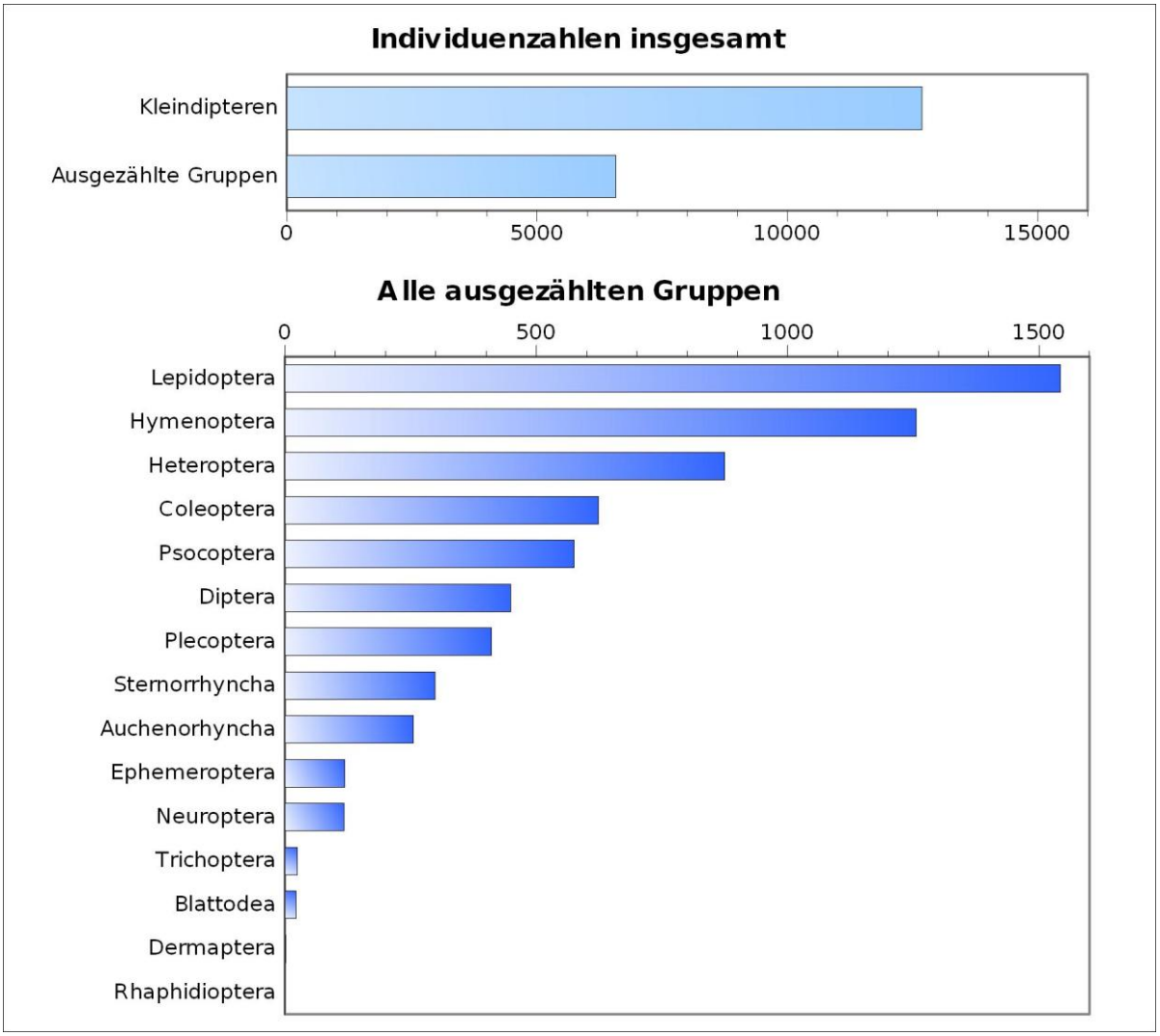

Abb. 12: Angelockte Individuenzahlen/Insektengruppe

Die auffallende Seltenheit mancher ansonsten häufig durch Kunstlicht angelockten Ordnungen wie insbesondere Köcherfliegen (Trichoptera) und Eintagsfliegen (Ephemeroptera) ist vermutlich durch den Mangel an geeignetem Habitat in der Untersuchungsfläche, aber auch durch die zeitlich eingeschränkte Beprobungsperiode zu erklären und spiegelt wohl nur bedingt die Anlockwirkung der getesteten Leuchtmittel auf diese Gruppen. Vertreter der beiden Ordnungen lassen sich zur geeigneten Jahreszeit und in Gewässernähe jedenfalls in großer Zahl von Kunstlicht anlocken (vgl. auch EISENBEIS & EICK, 2011).

Neben Individuen- und Artenzahl als wichtigen Kenngrößen - letztere sind nur für Lepidopteren verfügbar - wäre die gruppenbezogene Ermittlung der Biomasse möglicherweise von Interesse. Tatsächlich machen wie bereits bei HUEMER, KÜHTREIBER & TARMANN (2011) festgehalten wurde, nach ersten Schätzungen Lepidoptera mit Abstand den Großteil der Biomasse aus. Diese Einschätzung scheint für das Erhebungsjahr 2011 ebenfalls gültig, wenn auch mit der Einschränkung, dass in der August-Beprobungsserie größere Wanzen und Hautflügler gehäuft auftraten.

4.2 Einfluss des Fallenstandortes auf die Anlockwirkung

Der Einfluss eines Fallenstandortes auf den Anflug von Insekten ist zweifellos eine wesentlich potentielle Fehlerquelle für eine vergleichende Bewertung der Anlockwirkung von Beleuchtungskörpern. Einerseits sind viele Arten an Mikrohabitate wie z.B. bestimmte Futterpflanzen gebunden aber auch mikroklimatische Standortsfaktoren wie lokale Windströmungen können sich wesentlich auf das Ergebnis auswirken. Diesen Problemen wurde durch die Auswahl eines möglichst einheitlichen Lebensraumes ebenso gegengesteuert wie durch die Abwechslung der getesteten Lampen an jedem einzelnen Substandort.

Tatsächlich erscheint der Standortseinfluss durch diese methodischen Voraussetzungen eher von untergeordneter Bedeutung. Wie bereits 2010 wurden allerdings am Substandort F1 etwas höhere Anflüge registriert als an den anderen Fallenstandorten, vor allem fällt die erhöhte Zahl an Schmetterlingen auf (Abb. 13). Erklärungen für dieses Phänomen sind theoretischer Natur, möglicherweise spielen neben lokalen Faktoren auch die überwiegenden Westwetterlagen eine Rolle, da passiv verfrachtete Insekten somit zuerst aus dem Westen in den Einflussbereich der Fallen kamen und bevorzugt von der ersten angelockt wurden.

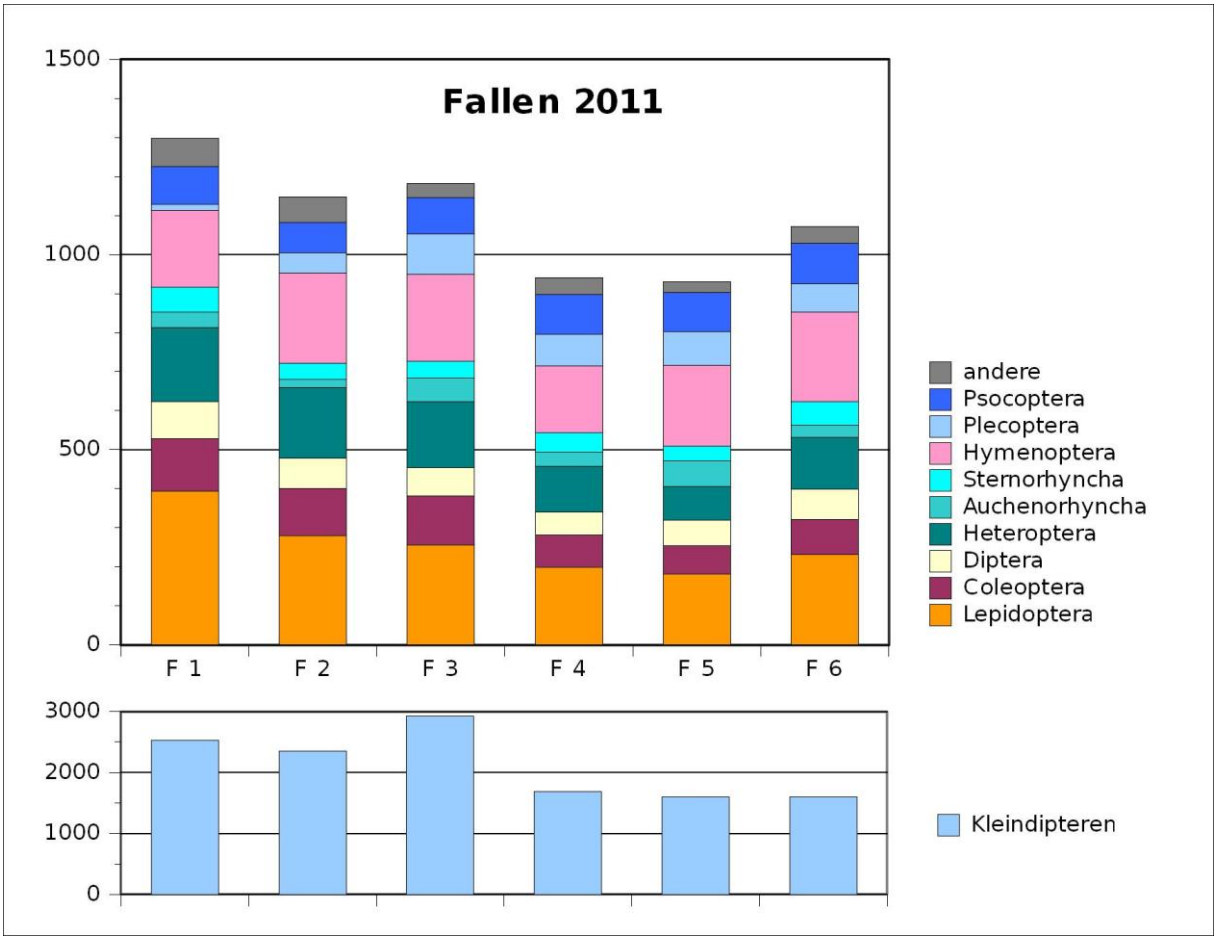

Abb. 13: Fallenstandort und angelockte Insekten (kumulierte Werte aus 18 Erfassungsnächten)

4.3 Einfluss des Fangdatums auf die Anlockwirkung

Das Beprobungsdatum ist auf Grund der unterschiedlichen jahreszeitlichen Aktivitätsperiodik von Insekten von besonderer Bedeutung für die Ergebnisse. Um zu möglichst hohen Diversitätswerten zu gelangen konzentrierten sich die Untersuchungen auf die Sommermonate. Tatsächlich ist in den gemäßigten Breitengraden ein Großteil der Arten während dieser Jahreszeit im adulten Stadium präsent, während die anderen Jahreszeiten der präimaginalen Entwicklung oder langen Diapausen dienen. Eine umfassende Studie in der auch die Artenbestände mit Flugaktivität im Frühjahr und Herbst zu erfassen wären, wurde aber auf Grund des hohen zeitlichen Aufwandes nicht angestrebt.

Die Erhebung eines möglichst repräsentativen Artenspektrums und einer maximalen Individuenzahl wurde über die Ausdehnung der Anlockversuche auf die gesamte Nacht erreicht.

Die Anlockwirkung aller Lampensysteme zeigt einen signifikanten Zusammenhang mit dem Beprobungsdatum (Abb. 14). So wurden vom 18.-19.6., 14.-15.7. und 17.-18.7.2011 massiv

weniger Tiere angelockt als in den Vornächten. Die Ursachen sind leicht auszumachen und in Kaltlufteinbrüchen mit extrem ungünstiger, feuchtkühler Witterung zu finden (v. auch Tab. 2). Als Konsequenz ergeben sich vor allem für die Juliperiode deutlich unterrepräsentierte Werte. Interessant ist aber auch der jahreszeitliche Wechsel in der Zusammensetzung angelockter Insektengruppen. Während im Juni und eingeschränkt im Juli Schmetterlinge noch in hohen Individuenzahlen angelockt wurden, waren es im August deutlich mehr Käfer, Wanzen und Hautflügler.

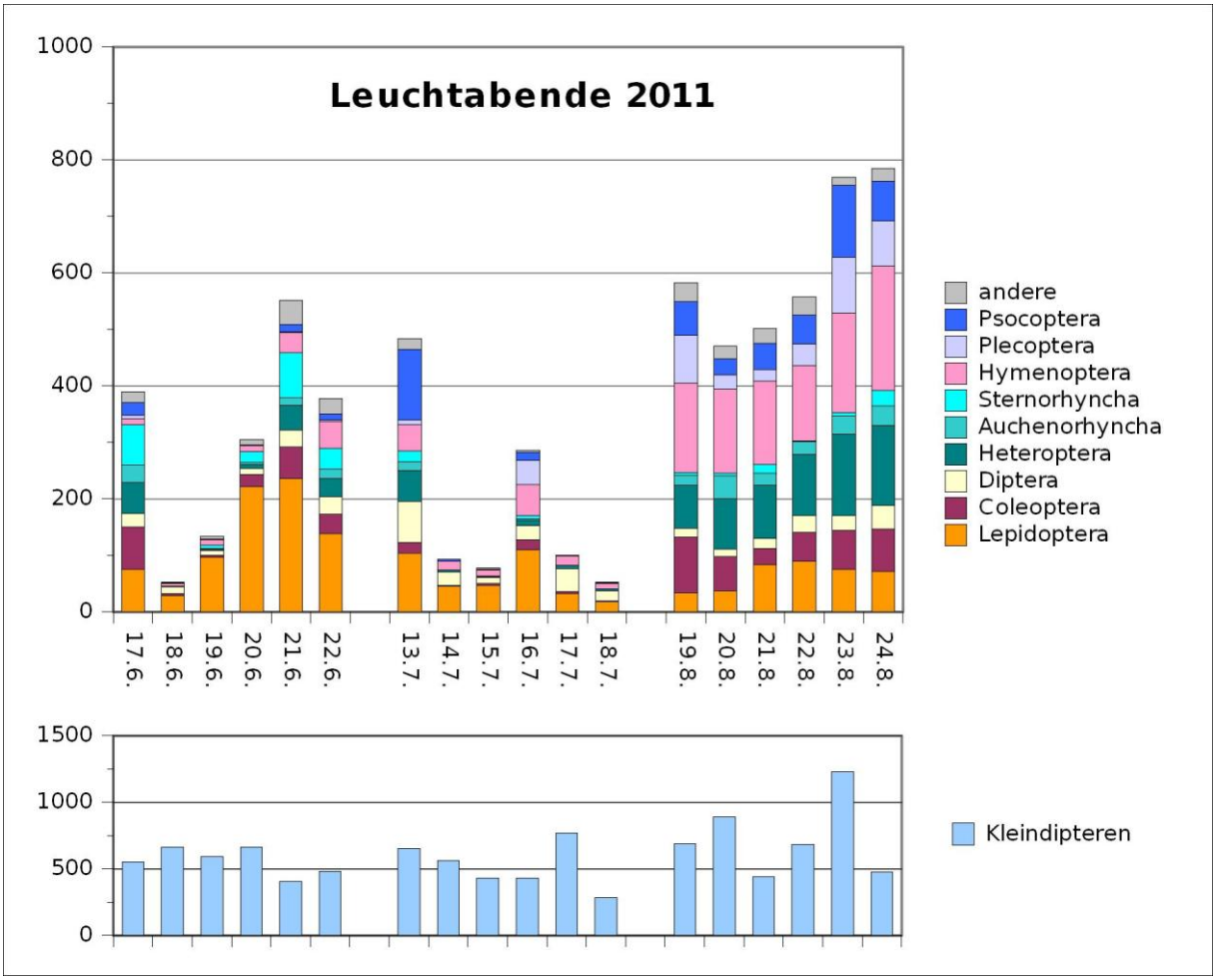

Abb. 14: Anzahl angelockter Insekten/Nacht

4.4 Anlockwirkung in Abhängigkeit vom Leuchtmittel

Die Anlockwirkung der Leuchtmittel zeigt insgesamt deutliche geringere Werte für die getesteten LEDs im Vergleich zu NAV. Insgesamt lockten die diffus strahlenden Natriumdampf-Hochdrucklampen etwa zwischen 60 und 70 % mehr Insekten an als die LEDs (ohne kleine Diptera) (Abb. 15), und auch klar strahlende NAV-Lampen zogen zwischen 56% und 68% mehr Individuen an. Die gesamten Anflüge an diffus strahlende Beleuchtungskörper

sind gegenüber jenen der klar abstrahlenden nur minimal erhöht (Abb. 15). Die Mittelwerte (Mediane) angelockter Insekten sind hingegen bei den klaren LEDs höher als bei diffusen. In Zahlen ergeben die Versuche folgende Mediane: LED warmweiß (diffus 108 Individuen/Nacht, klar 119,5) und LED neutralweiß (diffus 103 Individuen/Nacht, klar 163,5) und erst mit deutlichem Abstand NAV (diffus 270 Individuen/Nacht, klar 211,5). Noch deutlicher sind die Differenzen bei Schmetterlingen: LED warmweiß (diffus 5,5 Individuen/Nacht, klar 5) und LED neutralweiß (diffus 5 Individuen/Nacht, klar 4,5) gegenüber NAV (diffus 28,5 Individuen/Nacht, klar 18). Ohne kleine Dipteren locken diffus abstrahlende Lampen etwas mehr Tiere an als klare (diffus: LED nw 1021 Ind., LED ww 854 Ind., NAV 1478; klar: LED nw 974 Ind., LED ww 809 Ind., NAV 1433).

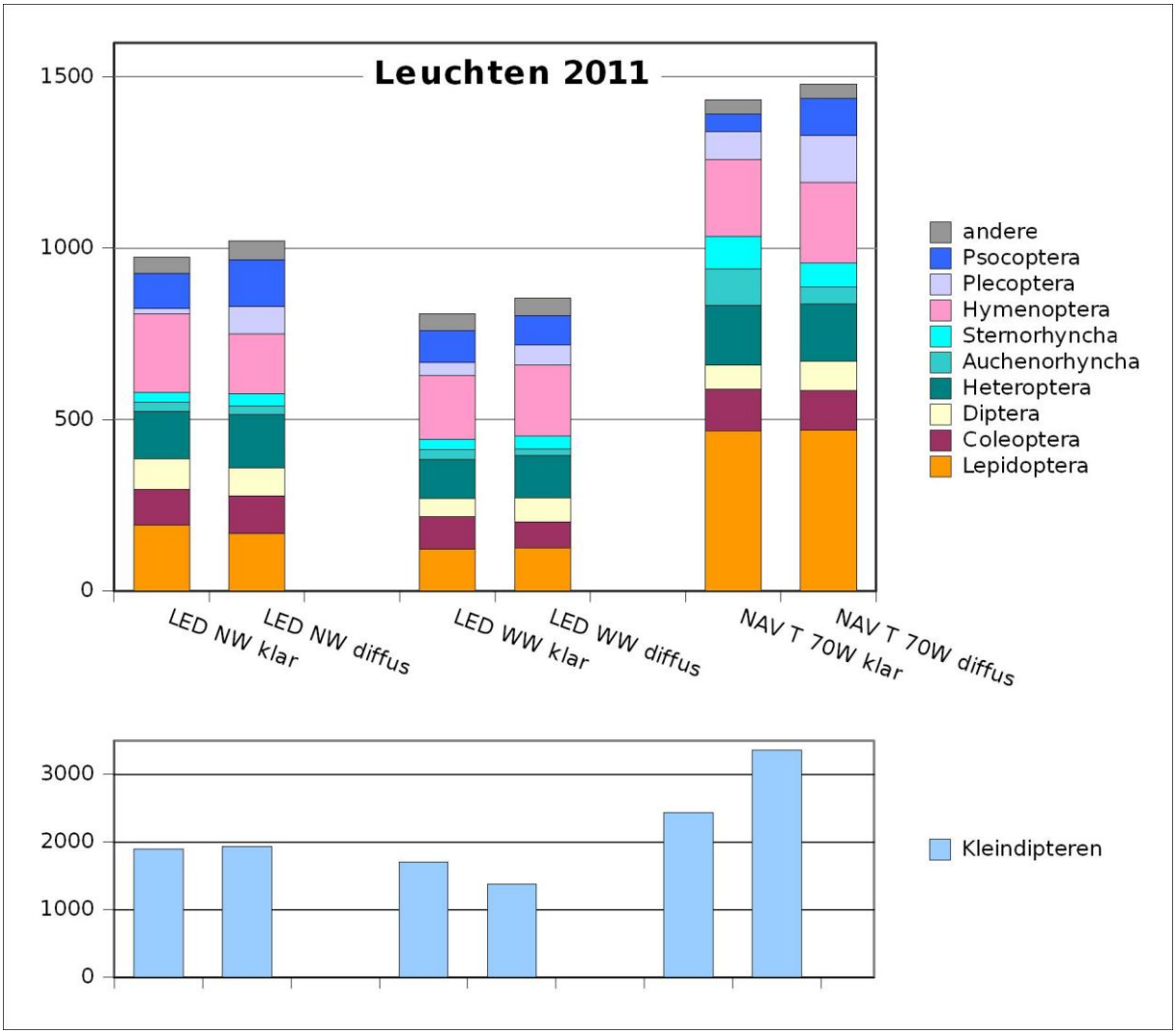

Abb. 15: Anlockwirkung der getesteten Lampentypen auf unterschiedliche Insektengruppen (kumulierte Werte aus 18 Erfassungsnächten)

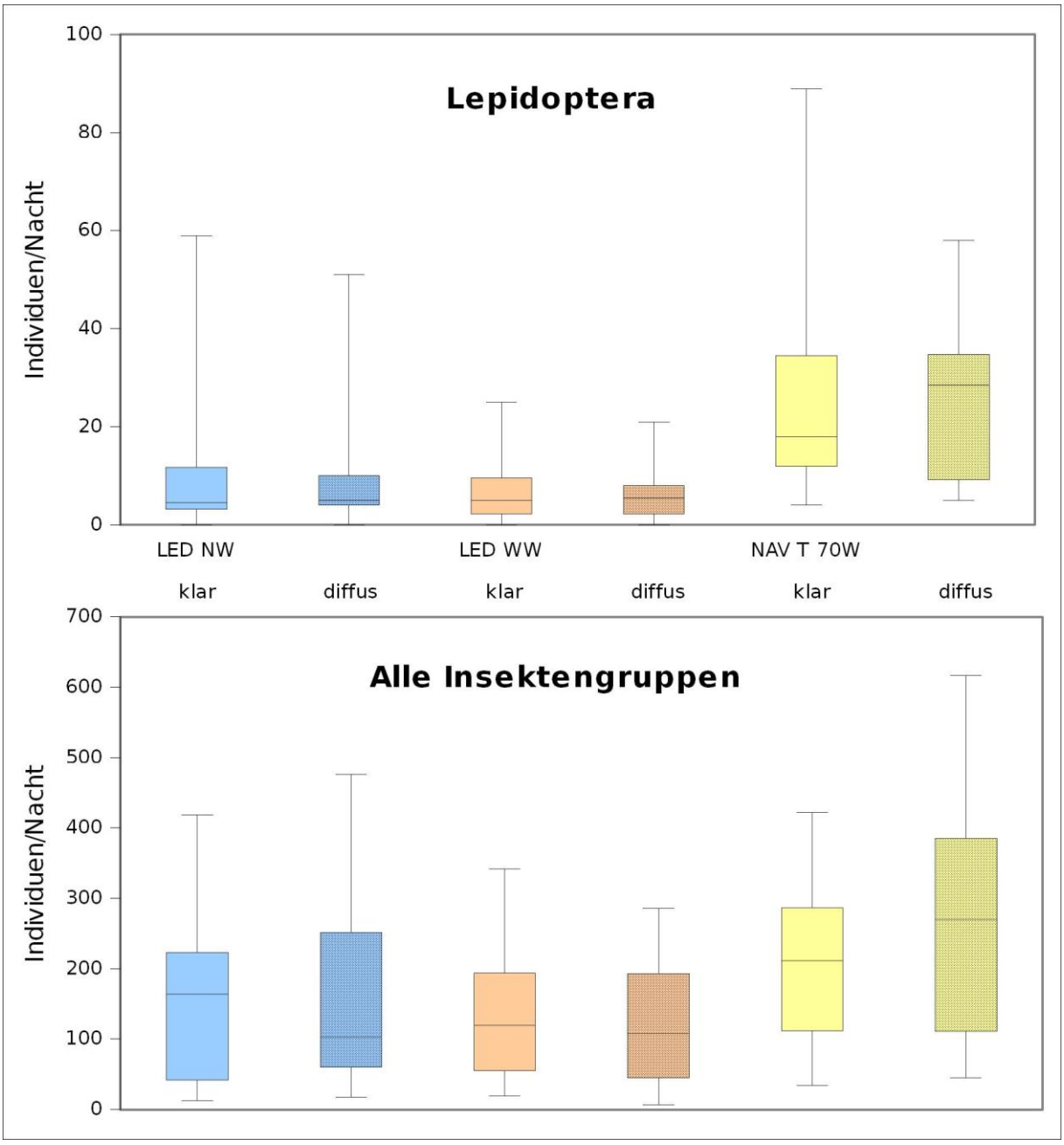

Abb. 16: Anlockwirkung der getesteten Fallen (Medianwertermittlung pro Nacht)

Die erhöhte Anlockwirkung der Natriumdampf-Hochdrucklampe gilt für fast alle Insektenordnungen, wenn auch in stark unterschiedlichem Ausmaß (Abb. 15, Tab. 3). Besonders signifikant erhöht ist der Anflug jedoch bei den aus Naturschutzgründen prioritären Schmetterlingen mit absolut 3-4 mal so viel angelockten Tieren, ähnliches gilt aber auch für Zikaden. Bei anderen Gruppen sind die Unterschiede in der Anlockwirkung allerdings deutlich geringer ausgeprägt. Nur ganz ausnahmsweise scheinen LEDs auch mehr Individuen anzulocken als NAV-Lampen, dies gilt besonders für die Eintagsfliegen (Ephemeroptera), allerdings bei dürftiger Datenlage.

Als Sonderfall werden wie in der Studie 2010 kleine Diptera in einer Größenklasse von < 2 mm behandelt. Aber auch in dieser Gruppe ist die Anlockwirkung der NAV-Lampen signifikant höher als jene der LEDs (Abb. 15, Tab. 3).

Tab. 3: Angelockte Individuen/Insektengruppe und Beleuchtungskörper

Leuchtmittel	LED NW diffus	LED NW klar	LED WW diffus	LED WW klar	NAV T 70W diffus	NAV T 70W klar	Summe
Blattodea	6	1	6	2	5	2	**22**
Coleoptera	111	104	76	95	116	122	**624**
Dermaptera	0	1	0	1	0	0	**2**
Diptera	82	90	70	52	85	70	**449**
Diptera klein	1931	1891	1374	1699	3360	2435	**12690**
Ephemeroptera	28	22	23	21	11	14	**119**
Heteroptera	154	139	124	115	167	175	**874**
Auchenorhyncha	26	25	20	28	50	106	**255**
Sternorrhyncha	36	30	38	30	69	95	**298**
Hymenoptera	174	229	206	187	236	223	**1255**
Lepidoptera	167	192	125	122	469	467	**1542**
Neuroptera	18	21	12	24	24	19	**118**
Plecoptera	80	15	59	37	137	83	**411**
Psocoptera	137	102	85	93	108	50	**575**
Rhaphidioptera	0	1	0	0	0	0	**1**
Trichoptera	2	2	10	2	1	7	**24**
Summe	**2952**	**2865**	**2228**	**2508**	**4838**	**3868**	**19259**

4.5 Anlockwirkung auf Schmetterlinge

Schmetterlinge wurden auf Grund ihrer naturschutzfachlichen und ökologischen Bedeutung, gut bekannter Taxonomie sowie der vorhandenen Spezialisten in Anlehnung an die Untersuchungen des Jahres 2010 auf Artniveau ausgewertet.

Individuen

Insgesamt wurden in 18 Nächten von den 6 Beleuchtungskörpern 1524 Schmetterlinge angelockt. Die Anzahl angelockter Individuen reicht von minimal 122 Exemplaren (LED warmweiß, klar) bis zu maximal 469 Individuen (NAV T 70W, diffus), wobei die am wenigsten lockende NAV-Leuchte immer noch knapp dreimal so viele Falter fing wie die attraktivste LED-Leuchte (Abb. 17, Tab. 3). Die Mittelwerte (Mediane) reichen von minimal 4,5 Individuen/Nacht (LED warmweiß, klar) bis zu maximal 28,5 Individuen (NAV T 70W diffus).

Arten

Die Gesamtzahl der registrierten Arten beträgt 265, eine auf Grund der relativ geringen Anlockwirkung der getesteten Leuchtmittel sowie ungünstiger Witterungsbedingungen überraschend hoher Wert. Die Anlockwirkung ist ähnlich wie bei den Individuenzahlen bei NAV T 70W diffus mit 164 Arten am höchsten, knapp gefolgt von NAV T 70W klar mit 137 Arten. Die LEDs erscheinen demgegenüber weit weniger attraktiv: 85 Arten (LED neutralweiß, diffus), 84 Arten (LED neutralweiß, klar), 78 Arten (LED warmweiß, diffus) und am unteren Ende der Skala LED warmweiß, klar mit nur noch 65 Arten (Abb. 17).

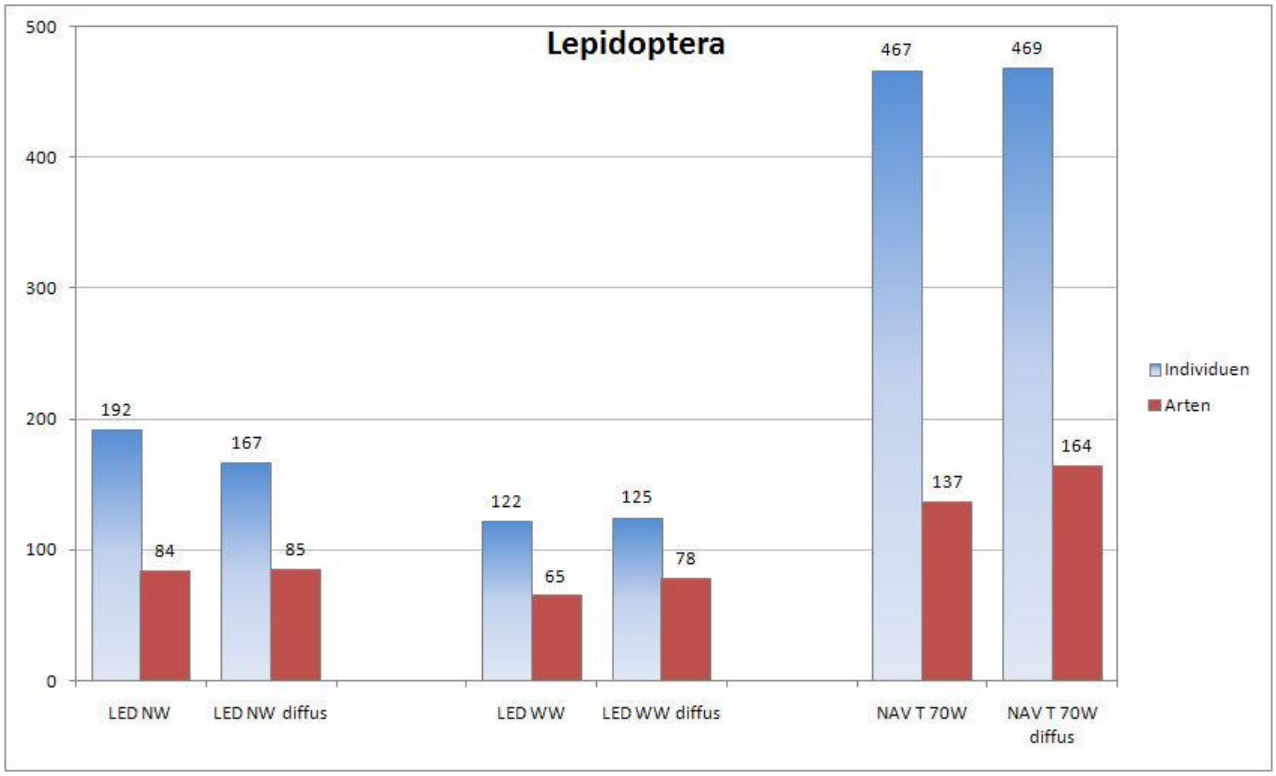

Abb. 17: Anlockwirkung der einzelnen Lampentypen auf Schmetterlinge (kumulierte Werte)

111 Arten wurden nur in einem Einzelexemplar nachgewiesen, und lediglich 31 Arten in mehr als 10 Exemplaren (Anhangstabelle). Mit Abstand die häufigste Schmetterlingsart war der Traubenkirschen-Gespinstfalter (*Yponomeuta evonymella*) mit insgesamt 254 angelockten Individuen, gefolgt vom Nadelwald-Flechtenbärchen (*Eilema depressa*) (49 Ind.), Wellenlinien-Rindenspanner (*Alcis repandata*) (43 Ind.) und Faulbaum-Gespinstfalter (*Yponomeuta plumbella*) (43 Ind.). Das Artenspektrum beinhaltet nur wenige eher seltene Arten (Abb. 18-19), darunter attraktive Arten wie Lindenschwärmer (*Mimas tiliae*), Pappelschwärmer (*Laothoe populi*), Grünes Blatt (*Geometra papilionaria*) oder das Blaue Ordensband (*Catocala fraxini*).

Abb. 18: Pappelschwärmer (*Laothoe populi*), aktiv in den frühen Morgenstunden

Abb. 19: Blaues Ordensband (*Catocala fraxini*), eine seltene Art der Auwälder Tirols

5 Diskussion

Die Ursachen weshalb Insekten Lichtquellen anfliegen sind zwar Gegenstand unterschiedlicher Theorien, jedoch bis heute unzureichend geklärt. Unabhängig davon gilt jedoch als gesichert, dass ein erheblicher Teil der nachtaktiven Insekten von künstlichen Lichtquellen angelockt wird und die Anlockwirkung wesentlich von der spektralen Zusammensetzung des emittierten Lichtes abhängt (CLEVE, 1967; ESCHE ET AL., 1989; EISENBEIS & HASSEL, 2000; HAUSMANN, 1990; HÖTTINGER & GRAF, 2003; LÖDL, 1984; KOLLIGS, 2000; WIROOKS, 2005). Insbesondere kurzwelliges Licht gilt auf Grund des Sehmaximums bei ca. 380-400 nm für Schmetterlinge, aber auch viele andere Insektengruppen als besonders attraktiv. Eine erste Feldstudie des Jahres 2010 in Tirol belegte die erhöhte Anlockwirkung von im kurzwelligen Bereich stärker abstrahlenden Leuchtmitteln (EISENBEIS & EICK, 2011; HUEMER, KÜHTREIBER & TARMANN, 2011). Insbesondere LEDs unterschiedlicher Farbtemperatur und bereits mit deutlichem Abstand eine Natriumdampf-Hochdrucklampe erwiesen sich als ökologisch verträglichste Varianten. Da sich diese Versuche aber auf Grund der Fragestellung weitgehend an marktüblichen und somit nur bedingt vergleichbaren Leuchtmitteln orientierten, wurde in einer neuen Versuchsreihe die bisher schon am besten abschneidenden 3 Leuchtmittel auf vergleichbaren Lichtstrom und Leuchtdichte dimensioniert und jeweils als punktförmige Lichtquelle sowie als diffus strahlende Fläche getestet. Die Ergebnisse bestätigen in ihrer Gesamtheit in verblüffender Weise jene aus 2010. Besonders auffallend sind die Übereinstimmungen des Anflugverhaltens bei den aus ökologischen und Naturschutzgründen intensiver und auf Artniveau bearbeiteten Schmetterlingen. Insgesamt wurden 2011 in 18 Nächten in den 6 Lampentypen 1524 Schmetterlinge angelockt, somit deutlich weniger als 2010 mit 3877 Tieren. Diese Abweichung ergibt sich einerseits aus der geringeren Anlockwirkung der getesteten Leuchtmittel (2010 waren 3 von 6 Lampen im kurzwelligen Bereich emittierend) ist aber andererseits wohl auch auf das ausgesprochen kühle und nasse Wetter in der Juliperiode zurückzuführen. Die einigermaßen vergleichbaren Leuchtmittel kommen jedoch unabhängig vom Beprobungsjahr zu weitgehend identen Ergebnissen. Die beiden LED-Leuchtmittel lockten in beiden Jahren deutlich weniger Falter als die NAV T 70 W-Lampen. So wurden 2010 von der NAV-Lampe 496 Individuen angelockt, von den LEDs hingegen nur 127 bzw. 107 Exemplare. 2011 schwankten die Werte für die Natriumdampf-Hochdrucklampe zwischen 467 und 469 Individuen für die LEDs zwischen 122 und 192 Exemplaren (Abb. 20). Auch der bereits 2010 festgestellte Trends innerhalb der getesteten LEDs mit einer geringeren

Anlockwirkung von warmweißem (LED warmweiß klar - 122 Individuen, diffus - 125 Individuen) gegenüber von neutralweißem Licht (LED neutralweiß klar - 192 Individuen, diffus - 167 Individuen) lässt sich bestätigen, wenngleich die gemessenen Lichtfarben beider Untersuchungsjahre abweichend sind und sich daher nicht direkt vergleichen lassen. Allerdings wurden auch 2010 von der kaltweißen LED 6000K etwa 20% mehr Schmetterlinge angelockt als von der warmweißen LED 3000 K (Abb. 20).

Was bei den neuen Versuchen besonders überrascht, ist die weitgehende Übereinstimmung der Anlockwirkung der verwendeten Leuchtmittel unabhängig von klarer oder diffuser Abstrahlung (Abb. 20). Diese Beobachtung ist für die Praxis von erheblicher Bedeutung, deutet sie doch darauf hin, dass die anlockende Wirkung von lichttechnisch vergleichbaren punktförmigen und diffusen Lichtquellen weitgehend ähnlich ist.

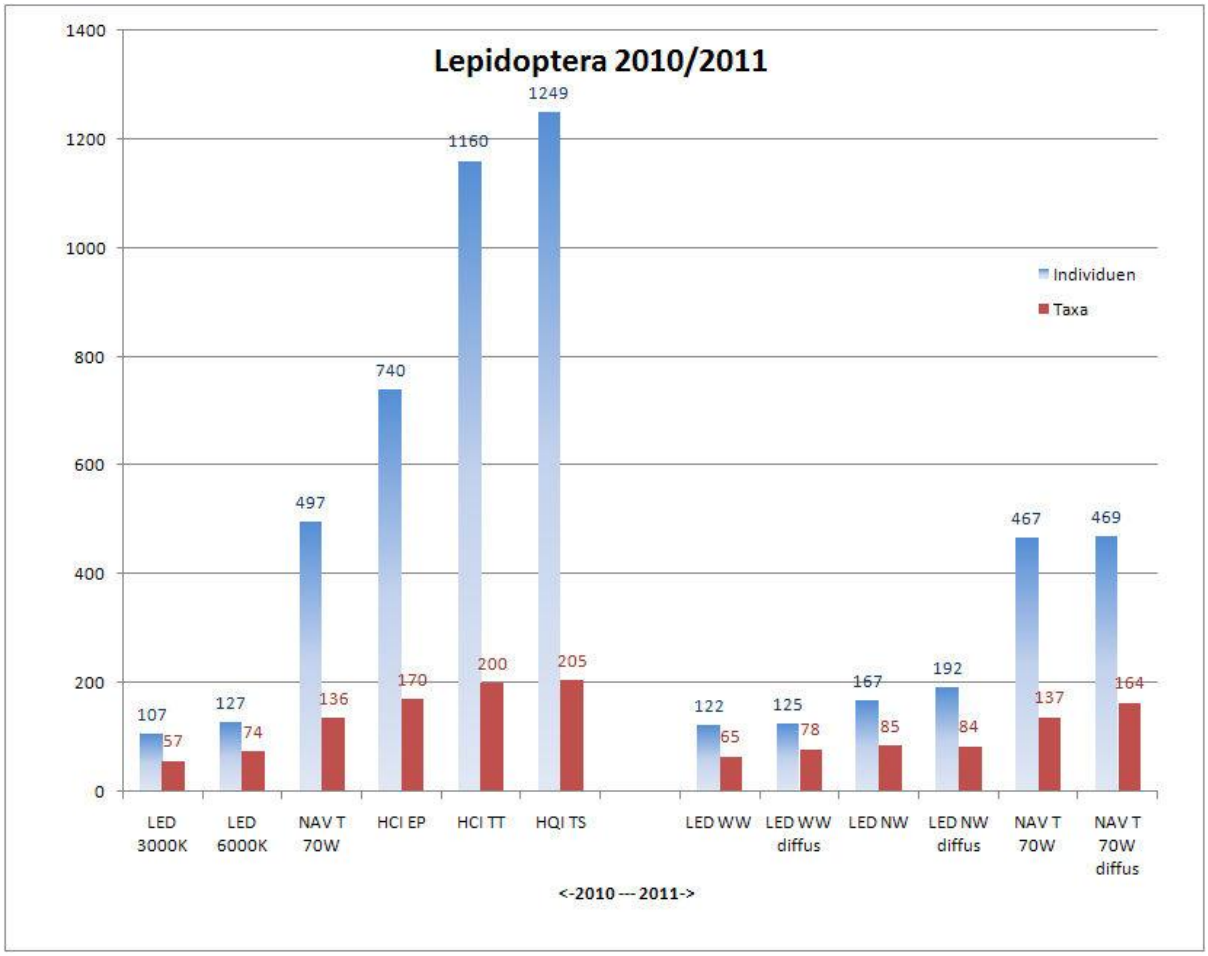

Abb. 20: Vergleich der Anlockwirkung der getesteten Lampentypen auf Schmetterlinge

Während diese Ergebnisse bei Schmetterlingen signifikant sind, verwischt sich jedoch das Bild bei anderen Insektengruppen etwas. Die im Vergleich zu den NAV-Lampen geringere Anlockwirkung der LEDs ist für wichtige, jedoch nicht für alle Insektenordnungen

festzustellen und bei Schmetterlingen und Steinfliegen, aber auch bei Zikaden (Auchenorrhyncha) und Kleinzikaden (Sternorrhyncha) besonders ausgeprägt (Tab. 3). Umgekehrt locken die LEDs nur bei einer Gruppe, den Eintagsfliegen (Ephemeroptera), mehr Tiere als vergleichbare NAV-Lampen. Im Gegensatz zum Untersuchungsjahr 2010 ist jedoch auffallend, dass einzelne Ordnungen wie Heteroptera, Hymenoptera oder Neuroptera ohne markante Unterschiede in der Häufigkeit von allen 3 Leuchtmitteln angelockt werden, während diese Gruppen im Jahr zuvor signifikant stärker an NAV-Lampen flogen. Käfer wurden hingegen bereits 2010 in vergleichbarer Häufigkeit an NAV-Lampen und LEDs registriert. Die vergleichende Interpretation der Ergebnisse zwischen beiden Untersuchungsjahren wird allerdings durch methodische Differenzen in den Leuchtmitteln, unterschiedliche Witterungsbedingungen sowie natürliche jahrweise Schwankungen der untersuchten Insektengruppen stark beeinflusst und direkte Vergleiche sind nur unter entsprechendem Vorbehalt zulässig. So sind sich zwar die gesamten Anflugzahlen aller Insekten in beiden Jahren mit etwa 21.000 bzw. 19.000 Individuen in der Dimension, aber durch die Verwendung von 3 stark lockenden Leuchtmitteln im Jahr 2010 wurden insgesamt deutlich weniger Insekten von den LEDs bzw. der NAV-Lampe angelockt als 2011 (Abb. 21).

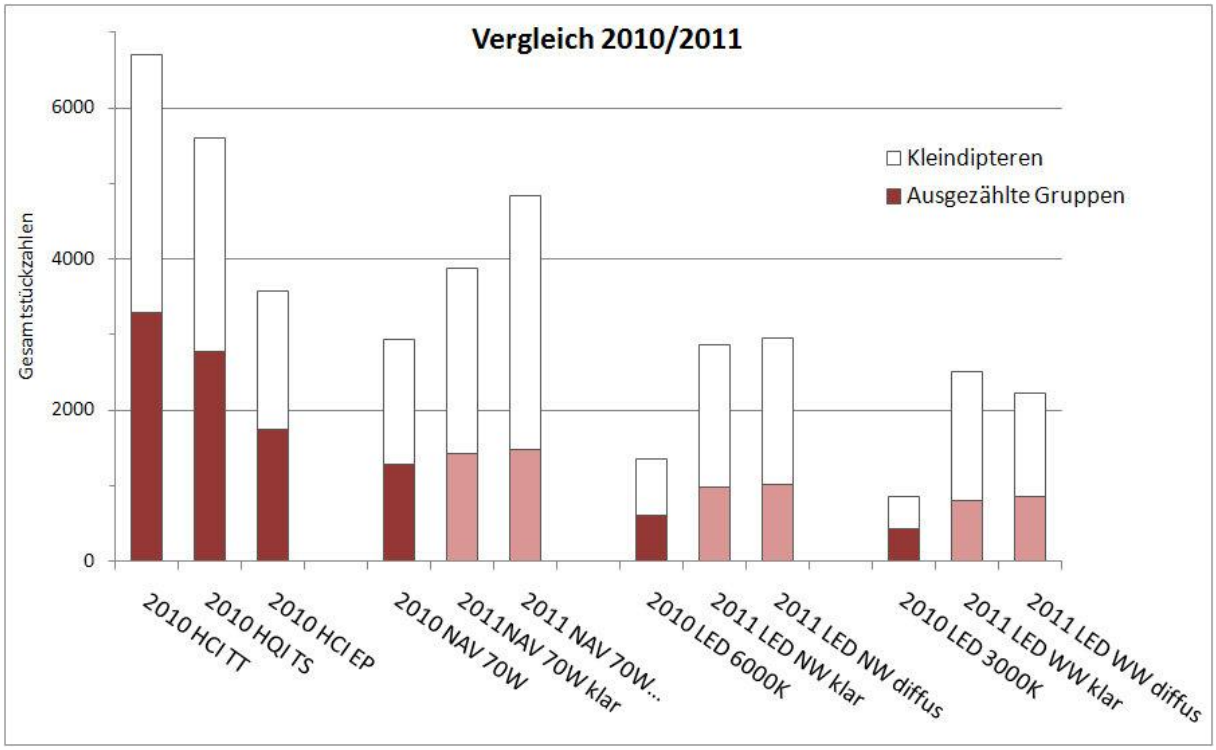

Abb. 21: Anlockwirkung der Lampentypen in den beiden Versuchsjahren

Die wesentlich besser vergleichbaren saisonbezogenen Resultate belegen jedoch in beiden Jahren nicht nur für Schmetterlinge sondern auch für andere Insektengruppen die geringste Anlockwirkung an LEDs. Aus ökologischer Sicht schneiden in beiden Jahren warmweiße LEDs am besten ab, die Differenzen zu neutralweißen LEDs sind jedoch 2011 relativ gering, mit Anlockraten von 809 bzw. 854 Insekten bei klaren bzw. diffus abstrahlenden warmweißen LEDs bzw. 974 und 1021 Individuen bei neutralweißen LEDs (ohne kleine Diptera). Beide Lampentypen schneiden jedoch signifikant besser ab als vergleichbare NAV-Lampen, die eine etwa 40-60% höhere Anlockwirkung haben. Diese Ergebnisse entsprechen tendenziell nicht nur den Freilandversuchen 2010 sondern auch jenen von EISENBEIS & EICK (2011) in Düsseldorf wo trotz methodischer Unzulänglichkeiten LEDs mit Abstand am wenigsten Insekten anlockten. Die Autoren vermuten, dass dies mit dem völligen Fehlen eines UV-Anteils am emittierten Spektrum zusammenhängt. Tatsächlich wurden in unserer Untersuchung durch die Verwendung eines UV-absorbierenden Zylinders jedoch von keiner einzigen getesteten Lichtquelle UV emittiert. Weshalb die LEDs im Vergleich zu anderen als ökologisch einigermaßen verträglich eingestuften Leuchtmitteln wie NAV in Summe signifikant weniger Insekten anlocken ist daher noch ungeklärt.

6 Dank

Die Studie entspringt einer Kooperation der Tiroler Landesmuseen und der Tiroler Landesumweltanwaltschaft und wir danken hier vor allem Landesumweltanwalt Mag. Johannes Kostenzer (Innsbruck) sowie Frau DI Stefanie Suchy als Projektleiterin für die umfassende Unterstützung. Den Mitarbeitern der Bartenbach LichtLabor GmbH (Aldrans) Christian Anselm, Frank Bunte und Markus Laner danken wir herzlichst für die kompetente Planung und Umsetzung vergleichbarer Anlockfallen sowie die Durchführung lichttechnischer Messungen. Die technische Umsetzung des Gerätebaues durch Helmut Förg (Schwaz) sowie Bernhard Plössl (Innsbruck) wird ebenso dankbar hervorgehoben wie die Unterstützung durch die Gemeinde Völs, vertreten durch Bürgermeister Erich Ruetz sowie Gemeindebauhofleiter Peter Kranz.

7 Literaturverzeichnis

CLEVE, K. (1967): Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge. Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen, 16, S. 33-35.

EISENBEIS, G. & EICK, K. (2011): Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Straßenbeleuchtung unter Einbeziehung von LEDs. Natur und Landschaft, 86, S. 298-306.

EISENBEIS, G. & HASSEL, F. (2000): Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Straßenlaternen – eine Studie kommunaler Beleuchtungseinrichtungen in der Agrarlandschaft Rheinhessens. Natur und Landschaft, 75, S. 145-156.

ESCHE, T., FREUNDT, S., PAUSCHERT, P. & SCHANOWSKI, A. (1989): Untersuchung zur Auswirkung unterschiedlicher Lichtquellen auf nachtaktive Grossschmetterlinge (Macrolepidoptera) im Rastatter Oberwald, Landkreis Rastatt. Institut für Ökologie und Artenschutz im DBV, Fachbereich Waldökologie, 24+17 S.

HAUSMANN, A. (1990): Zur Dynamik von Nachtfalter-Artenspektren. Turnover und Dispersionsverhalten als Elemente von Verbreitungsstrategien. Spixiana, München, Suppl. 16, 222 S.

HÖTTINGER, H. & GRAF, W. (2003): Zur Anlockwirkung öffentlicher Beleuchtungseinrichtungen auf nachtaktive Insekten. Hinweise für Freilandversuche im Wiener Stadtgebiet zur Minimierung negativer Auswirkungen. Studie im Auftrag der MA22 (Umweltschutz), Wien, 37 S.

HUEMER, P., KÜHTREIBER, H. & TARMANN, G. (2011): Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten – Ergebnisse einer Feldstudie in Tirol (Österreich). Wissenschaftliches Jahrbuch der Tiroler Landesmuseen, Band 4, im Druck.

KOLLIGS, D. (2000): Ökologische Auswirkungen künstlicher Lichtquellen auf nachtaktive Insekten, insbesondere Schmetterlinge (Lepidoptera). Faunistisch-Ökologische Mitteilungen, Kiel, Suppl. 28, 136 S.

LANER, M. (2011): Lichttechnischer Abschlussbericht der Insekten-Anlockfallen. Einsatz in der Leuchtmittel-Feldstudie in Tirol. Proj.Nr.: 1728. Unveröff. Bericht im Auftrag der Tiroler Landesumweltanwaltschaft. Bartenbach LichtLabor GmbH. Aldrans, 28 S.

LITG (1997): Zur Einwirkung von Außenbeleuchtungen auf nachtaktive Insekten. LiTG-Publikationen Nr. 15.

TIROLER UMWELTANWALTSCHAFT (Hrsg.) (2009): Die Helle Not. Künstliche Lichtquellen – ein unterschätztes Umweltproblem. Innsbruck, 43 S.

WIROOKS, L. (2005): Die ökologische Aussagekraft des Lichtfangs. Eine Studie zur Habitatbindung und kleinräumigen Verteilung von Nachtfaltern und ihren Raupen. Havixbeck-Hohenholte, 302 S.

Anschrift der Autoren:

Mag. Dr. Peter Huemer
Mag. Hannes Kühtreiber
Kustos Mag. Dr. Gerhard Tarmann
Tiroler Landesmuseen-Betriebsgesellschaft m.b.H.
Naturwissenschaftliche Sammlungen
Feldstraße 11a
A-6020 Innsbruck, Österreich
p.huemer@tiroler-landesmuseen.at
h.kuehtreiber@tiroler-landesmuseen.at
g.tarmann@tiroler-landesmuseen.at

8 Anhangstabelle

Anlockwirkung der getesteten Lampentypen auf Schmetterlinge (Lepidoptera)

Taxon	NAV 70W klar	NAV 70W diffus	LED NW klar	LED NW diffus	LED WW klar	LED WW diffus	Summe
Triodia sylvina (Linnaeus, 1761)	2		3	1	2	1	**9**
Stigmella tiliae (Frey, 1856)		1					**1**
Stigmella atricapitella (Haworth, 1828)		1					**1**
Ectoedemia sericopeza (Zeller, 1839)	1						**1**
Nemophora degeerella (Linnaeus, 1758)	1	1					**2**
Coptotriche angusticollella (Duponchel, 1843)		1		1			**2**
Agnathosia mendicella (D. & Schiff., 1775)						1	**1**
Tineola bisselliella (Hummel, 1823)		1					**1**
Tinea semifulvella Haworth, 1828						1	**1**
Monopis laevigella (D. & Schiff., 1775)				1			**1**
Roeslerstammia erxlebella (Fabricius, 1787)					1		**1**
Caloptilia alchimiella (Scopoli, 1763)		1					**1**
Caloptilia stigmatella (Fabricius, 1781)			1				**1**
Gracillaria syringella (Fabricius, 1794)	3	1	1	2			**7**
Parornix devoniella (Stainton, 1850)	1	7		2		1	**11**
Phyllonorycter blancardella (Fabricius, 1781)		3					**3**
Phyllonorycter coryli (Nicelli, 1851)	1	1					**2**
Phyllonorycter emberizaepenella (Bou., 1834)		1					**1**
Phyllonorycter harrisella (Linnaeus, 1761)			1				**1**
Phyllonorycter issikii (Kumata, 1963)	6	6	3	1	1	4	**21**
Phyllonorycter maestingella (Müller, 1764)		2					**2**
Phyllonorycter robiniella (Clemens, 1859)	3	11		3	2		**19**
Phyllonorycter strigulatella (Lienig & Z., 1846)	3	3	1	1	1	1	**10**
Cameraria ohridella Deschka & Dimic, 1986	1	1				1	**3**
Yponomeuta evonymella (Linnaeus, 1758)	106	76	32	21	9	10	**254**
Yponomeuta padella (Linnaeus, 1758)	1		1				**2**
Yponomeuta cagnagella (Hübner, 1813)	2	4	2	3	1	1	**13**
Yponomeuta irrorella (Hübner, 1796)		4			2	2	**8**
Yponomeuta plumbella (D. & Schiff., 1775)	11	11	9	2	3	7	**43**
Zelleria hepariella Stainton, 1849		1					**1**
Cedestis subfasciella (Stephens, 1834)						1	**1**
Prays ruficeps (Heinemann, 1854)		2	1	1	1	2	**7**
Argyresthia curvella (Linnaeus, 1761)	1						**1**
Ypsolopha dentella (Fabricius, 1775)	2		2				**4**
Ypsolopha ustella (Clerck, 1759)		1					**1**
Plutella xylostella (Linnaeus, 1758)	4	1	4			1	**10**
Lyonetia clerkella (Linnaeus, 1758)		2					**2**
Agonopterix liturosa (Haworth, 1811)	1		1				**2**
Orophia ferrugella (D. & Schiff., 1775)			2				**2**
Batia lambdella (Donovan, 1793)		1					**1**
Harpella forficella (Scopoli, 1763)	1						**1**
Carcina quercana (Fabricius, 1775)		1					**1**
Batrachedra praeangusta (Haworth, 1828)		1					**1**
Batrachedra pinicolella (Zeller, 1839)		1					**1**
Coleophora flavipennella (Duponchel, 1843)					1		**1**
Coleophora lusciniaepennella (Treit., 1833)		1		3			**4**

Coleophora sylvaticella Wood, 1892		1					**1**
Coleophora versurella Zeller, 1849		1					**1**
Coleophora vestianella (Linnaeus, 1758)	1	2	3	1			**7**
Oegoconia uralskella P.-G. & Capuse, 1965	1						**1**
Sorhagenia lophyrella (Douglas, 1846)			1				**1**
Caryocolum proximum (Haworth, 1828)		2				1	**3**
Bryotropha terrella (D. & Schiff., 1775)					1		**1**
Stenolechia gemmella (Linnaeus, 1758)	1						**1**
Teleiodes wagae (Nowicki, 1860)			1				**1**
Carpatolechia fugitivella (Zeller, 1839)		1					**1**
Athrips mouffetella (Linnaeus, 1758)	2		1				**3**
Dichomeris alacella (Zeller, 1839)						1	**1**
Helcystogramma rufescens (Haworth, 1828)	1	1	1				**3**
Sitotroga cerealella (Olivier, 1789)		1					**1**
Eana osseana (Scopoli, 1763)	2			1			**3**
Eana incanana (Stephens, 1852)		2		1			**3**
Cnephasia incertana (Treitschke, 1835)	1						**1**
Cnephasia stephensiana (Doubleday, 1849)	2	3	3	1		1	**10**
Pseudargyrotoza conwagana (F., 1775)	1						**1**
Epagoge grotiana (Fabricius, 1781)		1				1	**2**
Archips podana (Scopoli, 1763)	1						**1**
Archips xylosteana (Linnaeus, 1758)						1	**1**
Pandemis corylana (Fabricius, 1794)	1	3		1		2	**7**
Pandemis heparana (D. & Schiff., 1775)	2	3	1				**6**
Clepsis rurinana (Linnaeus, 1758)		2		2	1	2	**7**
Hedya pruniana (Hübner, 1799)			1				**1**
Celypha lacunana (D. & Schiff., 1775)	7	4	1	1		1	**14**
Pseudohermenias abietana (Fabricius, 1787)	1						**1**
Epinotia ramella (Linnaeus, 1758)	1						**1**
Epinotia tedella (Clerck, 1759)	1						**1**
Epinotia nisella (Clerck, 1759)	2			1			**3**
Zeiraphera griseana (Hübner, 1799)		2		1			**3**
Gypsonoma dealbana (Frölich, 1828)		1					**1**
Gypsonoma sociana (Haworth, 1811)			1			1	**2**
Notocelia uddmanniana (Linnaeus, 1758)	1	1					**2**
Notocelia roborana (D. & Schiff., 1775)		1					**1**
Rhyacionia buoliana (D. & Schiff., 1775)				1			**1**
Cydia pactolana (Zeller, 1840)				1			**1**
Cydia pomonella (Linnaeus, 1758)		1					**1**
Anthophila fabriciana (Linnaeus, 1767)			1			1	**2**
Epermenia illigerella (Hübner, 1813)	1	4		1			**6**
Pterotopteryx dodecadactyla Hübner, 1813	1	1	2	1			**5**
Hypsopygia costalis (Fabricius, 1775)	1	7				1	**9**
Endotricha flammealis (D. & Schiff., 1775)						1	**1**
Dioryctria abietella (D. & Schiff., 1775)	4	2					**6**
Phycita roborella (D. & Schiff., 1775)		1					**1**
Nephopterix angustella (Hübner, 1796)		1					**1**
Acrobasis advenella (Zincken, 1818)	1						**1**
Acrobasis consociella (Hübner, 1813)			2				**2**
Glyptoteles leucacrinella Zeller, 1848			2				**2**
Eccopisa effractella Zeller, 1848	5	3	2	1	2		**13**
Assara terebrella (Zincken, 1818)		1					**1**
Euzophera bigella (Zeller, 1848)						1	**1**
Scoparia basistrigalis Knaggs, 1866		1					**1**
Scoparia ambigualis (Treitschke, 1829)	1						**1**

Scoparia ancipitella (La Harpe, 1855)	2	1					**3**
Scoparia conicella (La Harpe, 1863)				1			**1**
Scoparia pyralella (D. & Schiff., 1775)						1	**1**
Eudonia lacustrata (Panzer, 1804)	3	6	2	6	3	1	**21**
Eudonia delunella (Stainton, 1849)			1				**1**
Eudonia truncicolella (Stainton, 1849)	1	1				1	**3**
Chrysoteuchia culmella (Linnaeus, 1758)		1		1			**2**
Crambus pascuella (Linnaeus, 1758)		1					**1**
Crambus lathoniellus (Zincken, 1817)	1	1	1				**3**
Agriphila tristella (D. & Schiff., 1775)	10	5	7	2	2	2	**28**
Catoptria myella (Hübner, 1796)	2	1	3	2			**8**
Catoptria pinella (Linnaeus, 1758)		4	1				**5**
Catoptria falsella (D. & Schiff., 1775)		3				2	**5**
Catoptria verellus (Zincken, 1817)			1			2	**3**
Pyrausta despicata (Scopoli, 1763)		1		1			**2**
Anania coronata (Hufnagel, 1767)						2	**2**
Anania hortulata (Linnaeus, 1758)	1						**1**
Anania lancealis (D. & Schiff., 1775)				1		2	**3**
Anania terrealis (Treitschke, 1829)		1					**1**
Udea prunalis (D. & Schiff., 1775)		1	2	1		1	**5**
Pleuroptya ruralis (Scopoli, 1763)		4		2	2	1	**9**
Dendrolimus pini (Linnaeus, 1758)		1					**1**
Mimas tiliae (Linnaeus, 1758)		1					**1**
Laothoe populi (Linnaeus, 1758)	1	1					**2**
Sphinx pinastri Linnaeus, 1758	1						**1**
Thyatira batis (Linnaeus, 1758)				2	1	1	**4**
Habrosyne pyritoides (Hufnagel, 1766)	3	2	1			1	**7**
Tetheella fluctuosa (Hübner, 1803)	1	1					**2**
Ochropacha duplaris (Linnaeus, 1761)						1	**1**
Ligdia adustata (D. & Schiff., 1775)	1	1					**2**
Angerona prunaria (Linnaeus, 1758)	1		1			1	**3**
Peribatodes rhomboidaria (D. & Schiff., 1775)	9	12	2	3	2		**28**
Peribatodes secundaria (D. & Schiff., 1775)	3		1	2	1		**7**
Deileptenia ribeata (Clerck, 1759)	2	2				1	**5**
Alcis repandata (Linnaeus, 1758)	18	7	6	4	7	1	**43**
Alcis bastelbergeri (Hirschke, 1908)		1					**1**
Hypomecis punctinalis (Scopoli, 1763)	2	2				1	**5**
Ectropis crepuscularia (D. & Schiff., 1775)	1	1	1	2	1	1	**7**
Cabera pusaria (Linnaeus, 1758)		1	1	1			**3**
Campaea margaritaria (Linnaeus, 1761)	3	1		1	1	1	**7**
Hylaea fasciaria (Linnaeus, 1758)		1					**1**
Kemtrognophos ambiguata (Duponchel, 1830)				1			**1**
Lomaspilis marginata (Linnaeus, 1758)	1						**1**
Selenia dentaria (Fabricius, 1775)		1					**1**
Selenia tetralunaria (Hufnagel, 1767)					1		**1**
Crocallis elinguaria (Linnaeus, 1758)	2	3	1	2		1	**9**
Macaria liturata (Clerck, 1759)	2	7	7	3	2	1	**22**
Geometra papilionaria (Linnaeus, 1758)	1						**1**
Hemistola chrysoprasaria (Esper, 1795)	1						**1**
Hemithea aestivaria (Hübner, 1789)	1	3		1	3		**8**
Asthena albulata (Hufnagel, 1767)			1				**1**
Asthena anseraria (Herrich-Schäffer, 1855)	1	2			1	3	**7**
Eulithis prunata (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1		**5**
Ecliptopera capitata (Herrich-Schäffer, 1839)		1					**1**
Dysstroma truncata (Hufnagel, 1767)	1	1		1	1		**4**

Thera cognata (Thunberg, 1792)						1	**1**
Thera variata (D. & Schiff., 1775)	1						**1**
Thera cembrae (Kitt, 1912)	2						**2**
Pennithera firmata (Hübner, 1822)	1	2			1		**4**
Electrophaes corylata (Thunberg, 1792)				1			**1**
Colostygia pectinataria (Knoch, 1781)					1		**1**
Eupithecia tenuiata (Hübner, 1813)	4	3				2	**9**
Eupithecia pyreneata Mabille, 1871	1	1					**2**
Eupithecia pusillata (D. & Schiff., 1775)				1			**1**
Eupithecia virgaureata Doubleday, 1861			1				**1**
Eupithecia tantillaria Boisduval, 1840		1					**1**
Eupithecia lariciata (Freyer, 1841)		2	1				**3**
Eupithecia subfuscata (Haworth, 1809)		1					**1**
Chloroclystis v-ata (Haworth, 1809)		4	2			2	**8**
Pasiphila rectangulata (Linnaeus, 1758)		1					**1**
Hydriomena furcata (Thunberg, 1784)	1						**1**
Hydriomena impluviata (D. & Schiff., 1775)					1		**1**
Horisme tersata (D. & Schiff., 1775)		1					**1**
Melanthia procellata (D. & Schiff., 1775)			2	2		1	**5**
Mesotype parallelolineata (Retzius, 1783)	4	1		1			**6**
Xanthorhoe ferrugata (Clerck, 1759)		1	1				**2**
Xanthorhoe designata (Hufnagel, 1767)			1		1	1	**3**
Xanthorhoe quadrifasiata (Clerck, 1759)	2			1			**3**
Epirrhoe alternata (Müller, 1764)				1			**1**
Cyclophora punctaria (Linnaeus, 1758)						1	**1**
Idaea pallidata (D. & Schiff., 1775)	1	3	3	5	2	1	**15**
Idaea biselata (Hufnagel, 1767)	3	6	4	3	1	2	**19**
Idaea aversata (Linnaeus, 1758)	8	12	3	3	2	3	**31**
Scopula subpunctaria (Herrich-Schäffer, 1847)		1		1			**2**
Timandra comae Schmidt, 1931		1					**1**
Clostera curtula (Linnaeus, 1758)			1				**1**
Notodonta dromedarius (Linnaeus, 1767)	1	1					**2**
Notodonta ziczac (Linnaeus, 1758)			1				**1**
Ptilodon capucina (Linnaeus, 1758)	2						**2**
Herminia tarsipennalis (Treitschke, 1835)	1	1		2			**4**
Herminia tarsicrinalis (Knoch, 1782)	4	1	1	1	1		**8**
Herminia grisealis (D. & Schiff., 1775)				1		2	**3**
Polypogon strigilata (Linnaeus, 1758)	2	1			1		**4**
Hypena proboscidalis (Linnaeus, 1758)	8	6		3	3	5	**25**
Laspeyria flexula (D. & Schiff., 1775)	2	3	1		1		**7**
Catocala fraxini (Linnaeus, 1758)	1						**1**
Atolmis rubricollis (Linnaeus, 1758)		1	1	1			**3**
Lithosia quadra (Linnaeus, 1758)		1					**1**
Eilema depressa (Esper, 1787)	13	16	3	9	4	4	**49**
Eilema complana (Linnaeus, 1758)						2	**2**
Spilosoma lutea (Hufnagel, 1766)		1					**1**
Arctia caja (Linnaeus, 1758)	1						**1**
Abrostola tripartita (Hufnagel, 1766)	1						**1**
Abrostola triplasia (Linnaeus, 1758)	1				1		**2**
Diachrysia chrysitis (Linnaeus, 1758)	1		1	1		1	**4**
Autographa gamma (Linnaeus, 1758)	2	1				1	**4**
Autographa pulchrina (Haworth, 1809)	3	1					**4**
Autographa jota (Linnaeus, 1758)		1					**1**
Autographa bractea (D. & Schiff., 1775)					1		**1**
Protodeltote pygarga (Hufnagel, 1766)		1	2	1		1	**5**

Panthea coenobita (Esper, 1785)	1						**1**
Acronicta psi (Linnaeus, 1758)	3						**3**
Acronicta rumicis (Linnaeus, 1758)	1	1				1	**3**
Craniophora ligustri (D. & Schiff., 1775)	2	3		1	1		**7**
Cucullia lactucae (D. & Schiff., 1775)		1					**1**
Cucullia umbratica (Linnaeus, 1758)		1					**1**
Amphipyra pyramidea (Linnaeus, 1758)	1	1					**2**
Amphipyra perflua (Fabricius, 1787)		3					**3**
Cryphia algae (Fabricius, 1775)	6	3			1		**10**
Caradrina kadenii Freyer, 1836	1						**1**
Hoplodrina octogenaria (Goeze, 1781)	7	8	2	3	4	2	**26**
Hoplodrina blanda (D. & Schiff., 1775)	5	2	1		4		**12**
Hoplodrina superstes (Ochsenheimer, 1816)					1		**1**
Hoplodrina respersa (D. & Schiff., 1775)	1	2	1		2		**6**
Hoplodrina ambigua (D. & Schiff., 1775)	1						**1**
Charanyca ferruginea (Esper, 1785)	2	2			2		**6**
Trachea atriplicis (Linnaeus, 1758)	2	2	2	1	2		**9**
Actinotia polyodon (Clerck, 1759)	1						**1**
Euplexia lucipara (Linnaeus, 1758)	1	1	2	1	1	1	**7**
Auchmis detersa (Esper, 1787)	4	3					**7**
Apamea epomidion (Haworth, 1809)		2		1			**3**
Apamea crenata (Hufnagel, 1766)	1						**1**
Apamea scolopacina (Esper, 1788)	7	6			2	1	**16**
Apamea monoglypha (Hufnagel, 1766)	3		2		1		**6**
Apamea sublustris (Esper, 1788)		1			1		**2**
Mesapamea secalis (Linnaeus, 1758)	5			1	2		**8**
Oligia strigilis (Linnaeus, 1758)	5	2	1	2	1	1	**12**
Oligia latruncula (D. & Schiff., 1775)	1	3		4			**8**
Xanthia icteritia (Hufnagel, 1766)		3		1			**4**
Cosmia trapezina (Linnaeus, 1758)	6	5			3		**14**
Cosmia pyralina (D. & Schiff., 1775)			1				**1**
Mniotype satura (D. & Schiff., 1775)	1	1	1	1			**4**
Polia nebulosa (Hufnagel, 1766)		1					**1**
Lacanobia w-latinum (Hufnagel, 1766)	1						**1**
Lacanobia thalassina (Hufnagel, 1766)		1	1	2			**4**
Lacanobia oleracea (Linnaeus, 1758)	1	1					**2**
Melanchra persicariae (Linnaeus, 1761)	2	1					**3**
Sideridis rivularis (Fabricius, 1775)		2					**2**
Mythimna albipuncta (D. & Schiff., 1775)	3						**3**
Mythimna ferrago (Fabricius, 1787)		1		1			**2**
Agrotis exclamationis (Linnaeus, 1758)	13	4	8	1	2	1	**29**
Agrotis ipsilon (Hufnagel, 1766)	1						**1**
Axylia putris (Linnaeus, 1761)	10	15	4	3	3	2	**37**
Ochropleura plecta (Linnaeus, 1761)		1					**1**
Diarsia brunnea (D. & Schiff., 1775)	6	1		2	3	1	**13**
Noctua pronuba (Linnaeus, 1758)		2	1				**3**
Noctua janthe (Borkhausen, 1792)	1						**1**
Anaplectoides prasina (D. & Schiff., 1775)			1	1			**2**
Xestia baja (D. & Schiff., 1775)	1	1			2		**4**
Xestia c-nigrum (Linnaeus, 1758)	4	2	1			1	**8**
Xestia ditrapezium (D. & Schiff., 1775)	10	10	3	4	4	1	**32**
Xestia triangulum (Hufnagel, 1766)		2		1	1	2	**6**
Eugraphe sigma (D. & Schiff., 1775)	1	2	1		1	2	**7**
Eugnorisma depuncta (Linnaeus, 1761)	3	1	2			1	**7**