

Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten

Ergebnisse einer Feldstudie in Tirol

von

Mag. Dr. Peter Huemer, Mag. Hannes Kühtreiber, Mag. Dr. Gerhard Tarmann



Innsbruck, Dezember 2010

Kooperationsprojekt

Tiroler Landesumweltanwaltschaft

& Tiroler Landesmuseen Betriebsgesellschaft m.b.H.

INHALT

Zusammenfassung	1
1 Einleitung – Problemstellung	2
2 Untersuchungsgebiet	4
3 Methodik	5
3.1 Leuchtmittelauswahl	5
3.2 Fallenkonstruktion und Aufstellung	5
3.3 Untersuchungszeitraum – Witterung	8
3.4 Materialbehandlung – Determination	9
3.5 Digitalisierung – Datenauswertung	12
4 Ergebnisse	13
4.1 Anlockwirkung – Übersicht	13
4.2 Anlockwirkung in Abhängigkeit vom Leuchtmittel	14
4.3 Einfluss des Fallenstandortes auf die Anlockwirkung	16
4.4 Einfluss des Fangdatums auf die Anlockwirkung	17
4.5 Anlockwirkung auf Schmetterlinge	19
5 Diskussion	29
6 Dank	31
7 Literaturverzeichnis	31

Zusammenfassung

In einer Feldstudie in Völs (Tirol) wurden zwischen dem 2.7.2010 und dem 14.8.2010 in 18 Nächten alternierend an sechs Standorten in einem möglichst homogenen Lebensraum sechs in der modernen Straßenbeleuchtung eingesetzte Leuchtmittel vergleichbarer Leistung auf ihre Anlockwirkung auf nachtaktive Insekten getestet:

HQI-TS Metallhalogendampf -Hochdrucklampe mit Quarzbrenner, 5600 K, 78 W;

HCI-TT Metallhalogendampf- Hochdrucklampe mit Keramikbrenner, 3.000 K, 74 W

HCI-E/P Metallhalogendampf-Hochdrucklampe mit Keramikbrenner, 4.200 K, 73 W

NAV-T Natriumdampf- Hochdrucklampe, 2.000 K, 70 W

LED 6000 K, 2 x 72 Stk. LED, 2 x 25 W

LED 3000 K, 2 x 72 Stk. LED, 2 x 25 W

Insgesamt wurden 21.001 Insekten aus 13 Ordnungen angelockt. Die Bestimmungen des Materials basieren auf Ordnungsniveau, lediglich bei den Schmetterlingen auf Artniveau. Diese Gruppe macht auch nach ersten Schätzungen großen Teil der Biomasse aus, während gut die Hälfte der Individuen zu winzigen Zweiflüglern mit einer Größe < 2mm gehört.

Die Anlockwirkung der einzelnen Lampentypen ist über alle Ordnungen ähnlich. Als ökologisch verträglichste Leuchtmittel erweisen sich LED 3000 K mit durchschnittlich 41,1 Insekten/Nacht (5,9 Lepidoptera), gefolgt von LED 6000 K mit 74,9 Individuen (7,1 Lepidoptera) und NAV-T mit 162,9 Individuen (27,4 Lepidoptera). Metallhalogendampf-Hochdrucklampen besitzen eine signifikant höhere Anlockwirkung: HCI-E/P mit 198,7 Individuen/Nacht (41,1 Lepidoptera), HQI-TS mit 310,9 Individuen (69,4 Lepidoptera) und HCI-TT mit 372,1 (64,4 Lepidoptera). In Absolutwerten wurden von der für Insekten attraktivsten Lampe HCI-TT 6698 Exemplare angelockt, von der ökologisch sinnvollsten LED 3000 K hingegen nur 848.

1 Einleitung – Problemstellung

Die grundsätzlichen Vorteile der künstlichen Beleuchtung für den Menschen sind unbestreitbar und unbestritten, ermöglichte sie doch die Ausdehnung sämtlicher Aktivitäten in die Nachtstunden und vermittelte sie doch zusätzlich ein subjektiv gesteigertes Sicherheitsempfinden. Straßenbeleuchtungen, Autoscheinwerfer, Schaufensterwerbung, Flutlichter auf Parkplätzen und viele weitere Außenbeleuchtungsanlagen haben aber im Laufe der letzten Jahrzehnte vom Siedlungsbereich ausgehend extrem zugenommen und dringen zunehmend in die offene Landschaft vor. Viele in den Initialstadien der künstlichen Lichtquellen noch marginale Probleme drohen nunmehr zusehends dominant zu werden, der ursprüngliche Zweck der Beleuchtung ist schon lange nicht mehr das alleinige Ziel. Licht wird heute vielerorts reflexionslos und ohne objektivierbare Gründe eingesetzt. In jüngerer Zeit kommen daher vermehrt kritische Stimmen auf, welche die Kosten-Nutzen Rechnung überbordender Beleuchtung in Frage stellen sowohl das ökologische Gefahrenpotenzial als auch die ökonomische Verschwendung durch übertriebene künstliche Beleuchtung rücken zunehmend in das öffentliche Interesse (LiTG, 1997; TIROLER UMWELTANWALTSCHAFT, 2009). Gerade Tirol hat in den letzten Jahren, mit dem durch die Tiroler Landesumweltanwaltschaft und das Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum initiierten und international preisgekrönten Projekt „Die Helle Not“ wichtige Anstöße für einen sorgsamen Umgang mit Licht gegeben. Vertretbare Alternativen zu einer sinnentleerten Beleuchtung wurden aufgezeigt und in vielen Gemeinden umgesetzt. Aus ökologischer Sicht bringt die propagierte Verwendung von langwelligem Licht (besonders Natrium-Hochdruckdampflampen), anstatt von bisher bevorzugtem kurzwelligem Licht (besonders Quecksilber-Hochdruckdampflampen) durch die deutlich verminderte Anlockwirkung auf Insekten beachtliche Vorteile. Die gleichzeitig massiv verbesserte Energieeffizienz wirkt sich aber auch ökonomisch positiv aus und spart etwa 30-40% Energiekosten. Dass diese Kosten beachtlich sind, belegen hard facts eindrucksvoll. Beleuchtung entspricht weltweit 19% des Elektrizitätsverbrauchs, selbst im ansonsten eher zurückhaltenden Europa sind es noch 16%, wovon 80% auf professionelle Beleuchtung von Büros, Verkaufsflächen und Verkehrswege entfallen. Der Anteil der Straßenbeleuchtung am Gesamtenergieverbrauch beträgt in Deutschland 0.7% und durchschnittlich „beleuchten“ bereits 111 Lichtpunkte 1000 Bewohner (www.strassenlicht.de/). Gerade in Zeiten zunehmender Budgetengpässe in den Kommunen, aber auch neuer Herausforderungen als Folge der Klimaerwärmung, ist der enorme Energieverbrauch durch Kunstlicht somit ein brisantes Thema. Trotzdem fehlen strenge und

rechtsverbindliche Rahmenbedingungen mit wenigen Ausnahmen wie Slowenien und Tschechien weitgehend, obwohl es auf europäischer Ebene immerhin bereits zielführende Ansätze gibt, die primär der höheren Energieeffizienz und somit der Kostenreduktion Rechnung tragen (LTG, 2009).

Neben ökonomischen Faktoren stehen die Auswirkungen von künstlicher Beleuchtung auf die nachtaktive Tierwelt, auf die Astronomie und nicht zuletzt auf die menschliche Gesundheit zunehmend im Mittelpunkt intensiver Diskussionsprozesse. Zwar sind Auswirkungen von Lichtimmissionen auf die Tierwelt in ihrer gesamthaften Dimension noch unzureichend bekannt, umfassendere Studien belegen jedoch erhebliche Belastungen, vor allem für verschiedenste Insektengruppen wie Nachtfalter, Zweiflügler, Käfer, Netzflügler, Köcherfliegen etc. und Vögel (ABT & SCHULTZ, 1995; HÖTTINGER & GRAF, 2003; KOLLIGS, 2000). Untersuchungen wie beispielsweise von KOBLER (2002) in der Schweiz belegen einen Verlust von etwa 150 Insekten pro Straßenlampe und Nacht. Diese Dezimierung der Populationen wirkt sich in Folge negativ auf weitere Tiere wie Fledermäuse aus, die zunehmend unter Nahrungsmangel zu leiden haben, und generell wird der ökologische Kreislauf in seiner Gesamtheit zunehmend gestört.

Die im Projekt „Die Helle Not“ geforderte Verwendung von ökologisch verträglicheren Lampen (insbesondere Natrium-Hochdruckdampflampen) führt neben der Energieeinsparung zu einer verbesserten Situation für die meisten nachtaktiven Insektenarten, weil diese Lampen schlechter oder gar nicht wahrgenommen werden. Alternativ eingesetzte Beleuchtungssysteme wie Halogendampf-Hochdrucklampen sowie in allerjüngster Vergangenheit LED-Systeme wurden hingegen erst unzureichend auf ihre ökologische Auswirkung getestet. Die Risiken ihres täglichen Einsatzes sind daher weitgehend unbekannt. Das Ziel der Feldstudie ist daher die Schließung dieser Kenntnislücken durch wissenschaftlich fundierte Daten zur Anlockwirkung dieser rezent entwickelten Beleuchtungssysteme auf Insekten. Insbesondere die Prüfung unterschiedlicher Lampenarten soll zu einer objektiveren Bewertung der einzelnen Typen in bezug auf ihre Umweltverträglichkeit führen. Die Ergebnisse der Feldstudie sollen somit letztlich in die Planung nachhaltiger und umweltverträglicher Beleuchtungskonzepte einfließen.

2 Untersuchungsgebiet

Die Wahl des Untersuchungsgebietes war für die erfolgreiche Durchführung der Studie von besonderer Bedeutung. Ein befriedigendes Ergebnis konnte *a priori* nur erzielt werden, wenn der Versuch in einem diversen Lebensraum stattfindet, in dem es eine hohe Arten- und Individuendichte gibt. Das Untersuchungsgebiet musste ferner eine horizontale Aufstellung der sechs Fallen in einer Linie zulassen und die einzelnen Standorte sollten sich nur unwesentlich in ihrer kleinräumigen Vegetationsstruktur und Exposition unterscheiden. Ein guter Zugang zu den einzelnen Fallen und geeignete elektrische Anschlussmöglichkeiten waren ebenfalls von Bedeutung. Weiteres erwies sich die Überwachungsmöglichkeit des Versuchsgeländes als vorteilhaft, um Vandalismus zu verhindern.

Nach den beschriebenen Kriterien fiel die Wahl auf den in der Marktgemeinde Völs westlich von Innsbruck im mittleren Inntal gelegenen Blasiusberg (GPS Koordinaten: E11°19'28" bis 11°19'30" / N 47°15'03"). Dieser leicht ins Inntal vorspringende Moränenhügel weist an seiner Nordseite artenreiche Laubmischwaldsukzessionen verschiedenen Alters auf, die im oberen Teil noch ein einigermaßen offenes Gelände darstellen.

Die Vegetation besteht aktuell aus höheren Bäumen wie Fichte (*Picea abies*), Rotkiefer (*Pinus sylvestris*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Winterlinde (*Tilia cordata*), Stieleiche (*Quercus robur*), Birke (*Betula pendula*), Vogelkirsche (*Prunus avium*), begleitet von einzelnen Weißpappeln (*Populus alba*) und Walnussbäumen (*Juglans regia*), aus nachwachsenden, zum Teil nachgepflanzten Laubbäumen (besonders Esche und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) und einer dichten Busch- und Krautvegetation in zwei Sukzessionsstadien (Schlägerungen im unteren Hangteil vor ca. 5-6 Jahren, im oberen Hangteil am Fallenstandort vor 2 Jahren). Dominierende Gehölzarten sind Haselnuss (*Corylus avellana*), Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*), Waldrebe (*Clematis vitalba*), Salweide (*Salix caprea* s.l.), Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*), 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*), Geißfuß (*Aegopodium podagraria*) u.a. eingenommen.

3 Methodik

3.1 Leuchtmittelauswahl

Die Auswahl der Leuchtmittel orientierte sich an gängigen und vergleichbaren Modellen im Bereich der Außenbeleuchtung, wobei eine möglichst vergleichbare Lichttechnik in Bezug auf Lichtströme, Intensität und Abstrahlung angestrebt wurde. Zur Prüfung der postulierten geringeren Anlockwirkung von langwelligerem Licht wurden Lampen unterschiedlicher Farbtemperatur getestet.

Die getesteten LED's ersetzen herkömmliche 80-100W-Lampen (<http://www.l-e-d.com/LED-leuchtmittel/led-power-birne.php?lang=de>), es wurden jedoch zur Erhöhung der Leistung jeweils 2 dieser Lampen pro Falle verwendet.

- Metallhalogenlampf -Hochdrucklampe mit Quarzbrenner; Typenbezeichnung: Powerstar HQI-TS Excellence 70 WD (daylight – Farbtemperatur 5600 K, Leistung 78 W), UV-Filter (Osram)
- Metallhalogenlampf- Hochdrucklampe mit Keramikbrenner; Typenbezeichnung: Powerball HCI-TT 70/830 WDL PB (warm white de Luxe - Farbtemperatur 3.000 K, Leistung 74 W), UV-Filter (Osram)
- Metallhalogenlampf- Hochdrucklampe mit Keramikbrenner; Typenbezeichnung: Powerball HCI-E/P 70/942 ND L PB clear (Neutral White - Farbtemperatur 4.200 K, Leistung 73 W), UV-Filter (Osram)
- Natriumdampf- Hochdrucklampe; Typenbezeichnung: Vialox NAV-T 70 SUPER 4Y (Farbtemperatur 2.000 K, Leistung 70 W), (Osram)
- LED; Typenbezeichnung: LED Power Torch 25W (E27/E40) (cool white - Farbtemperatur 6000 K, 2 x 72 Stk. LED, Leistung 2 x 25 W) (Merlin group)
- LED; Typenbezeichnung: LED Power Torch 25W (E27/E40) (warm white - Farbtemperatur 3000 K, 2 x 72 Stk. LED, Leistung 2 x 25 W) (Merlin group)

3.2 Fallenkonstruktion und Aufstellung

Zur Erfassung der Insekten wurden speziell für diesen Versuch konstruierte Lichtfallen verwendet (Abb. 1). Jede Falle besteht aus einer Zarge (Rahmen) (Größe 130 × 100 × 60 cm) aus verzinktem Eisenblech (Stärke 0,55 mm), die an den Seiten an einem Metallrohr befestigt ist. Die Metallrohre wurden, um die Stabilität zu gewährleisten, etwa 60-70 cm in den Boden versenkt und einbetoniert. Am Innenboden der Zarge befindet sich eine genietete Halterung

aus Winkeleisen, in die eine Trichterfalle eingesteckt werden kann. Dies verhindert Kippen und Rutschen bei starkem Seitenwind. Im obersten Viertel der Zarge sind auf jeder Seite zwei Schienen montiert (Breite 10 cm), in die die komplette Beleuchtungsanlage schubladenartig eingeschoben werden kann. Die Zarge wurde innen mit schwarzem Mattlack beschichtet, um Lichtreflexionen an der hellen Metalloberfläche zu vermeiden.

Die Beleuchtungsanlage besteht aus einer Metallschublade (Größe 90 × 55 cm) aus Aluminiumblech (Stärke 1,5 mm), in der oben in einem Kasten (Höhe 10 cm) die Transformatoren und Zündspulen untergebracht sind (spritzwasserfest abgeschlossen) und aus der nach unten hin die Fassungen herauschauen, in die die Beleuchtungskörper eingeschraubt werden. Über die Beleuchtungskörper musste aus Sicherheitsgründen ein Plexiglaszylinder (40 × 30 cm) montiert werden, der ebenfalls am Unterboden der Aluminiumschublade befestigt ist. Um Hitzestau zu vermeiden, wurde die Unterseite der Schublade innerhalb des Zylinders mit Lüftungslöchern perforiert. Die Stromzufuhr erfolgt über Spezialkabel mit Sicherheitskupplungen. Von einer Stromzentrale mit Drehstromanschluss geht ein Hauptkabel zu einem Verteilerkasten, von dem die einzelnen Kabel zu den Fallen abzweigen. Die Kabel wurden teilweise offen, teilweise in den Boden verlegt. Die Gegenkupplung befindet sich seitlich an der Metallschublade der Lichtfalle. Somit ist höchste Sicherheit und Wasserdichte gewährleistet.

Die Trichterfalle besteht aus einem zylindrischen Kübel (Höhe 35 cm, Durchmesser 30 cm) aus Kunststoff und einem aufgesteckten Trichter (Höhe 40 cm, Durchmesser oben 45 cm, Durchmesser unten 5 cm) aus verzinnem Edelstahlblech „UGINOX“ (Stärke 0,40 mm) mit besonders glatter Oberfläche. Dieser Zylinder steckt 20 cm tief in der Mündung des Fallenzylinders und wurde zusätzlich mit drei Gummispannern am Fallenkübel befestigt, um bei starkem Wind seitliches Abrutschen zu vermeiden. Der Fallenkübel hat am Boden in der Mitte ein kreisrundes Loch (Durchmesser 3 cm), in das ein Trichter eingesteckt wurde, der oben mit einem feinen Gitternetz zugeklebt ist. Diese Bauweise lässt Wasser durch die Falle durch, wenn bei besonders schrägem Regen doch Nässe in die Falle käme, verhindert aber das Entkommen der angelockten Tiere durch den Trichter. Ferner wurden in den Boden des Zylinders Teile von Eierkartons gelegt, damit sich die Insekten sofort hinsetzen und festhalten können, was eine bessere Qualität des Untersuchungsmaterials zur Folge hat. Da es bei diesem Versuch sowohl um eine qualitative als auch eine quantitative Erfassung ging, musste das gesamte gefangene Material abgetötet werden. Dies erfolgte durch Begiftung mit Tetrachlorkohlenstoff (CCl₄), weil diese Substanz schwerer ist als Luft und sich so die Giftmenge minimieren lässt, da das Gas einen „Giftsee“ in der Falle bildet und sich nicht so

leicht verflüchtigt. Der Abstand des Trichters zur Unterkante des Plexiglaszylinders beträgt 15 cm.



Abb. 1: Lichtfallenkonstruktion



Abb. 2: Aufstellung der Lichtfallen in horizontaler Linie

Sechs baugleiche Lichtfallen wurden in einer horizontalen Linie im Abstand von ca. 10 m aufgestellt (Abb. 2), wobei der Fallenstandort 1 ganz im Westen lag, jener der Falle 6 im Osten des Untersuchungsraumes. Nach jeder Nacht wurden die Schubladen mit der Beleuchtungseinrichtung um eine Position verschoben, sodass nach sechs Untersuchungs Nächten jeder Beleuchtungskörper an jeder der sechs Fallen ein Mal zu Einsatz kam. Dieser Aufwand schien uns notwendig, um Fehler, die durch die unterschiedlichen Standortpositionen gegeben sein könnten, zu minimieren.

3.3 Untersuchungszeitraum - Witterung

Die Erhebungen erstreckten sich über 3 jeweils 6 Nächte dauernde Perioden: 2./3.7.2010 – 7./8.7.2010, 8./9.7.2010 – 13./14.7.2010 und 8./9.8.2010 – 13./14.8.2010.

Zur Abdeckung eines möglichst umfangreichen Artenspektrums erstreckten sich die Untersuchungen jeweils von der frühen Abenddämmerung bis zur späten Morgendämmerung. Die Erhebungsnächte waren von unterschiedlicher Witterung geprägt (Tab. 1), erwiesen sich aber subsumierend als günstig für eine hohe Flugaktivität der Insekten und somit auch für eine entsprechend repräsentative Anlockwirkung der getesteten Lampen.

Tab. 1: Witterung in den einzelnen Erhebungsnächten

2./3.7.2010	warme, schwüle Sommernacht, windstill, 25-18°C
3./4.7.2010	wolkenlos, warm, windstill, trocken, 23-16°C
4./5.7.2010	Regen, windstill, 20-18°C
5./6.7.2010	Auflockerung nach Regentag, ab Mitternacht erneut Regen, leichter Wind, 20-17°C
6./7.7.2010	bedeckt, leichter NW-Wind, 18-15°C
7./8.7.2010	wolkenlos, leichter Wind, 19-13°C
8./9.7.2010	wolkenlos, windstill, 23-16°C
9./10.7.2010	leicht wolbig, windstill, 24-21°C
10./11.7.2010	heiter, leichte Schleierbewölkung, leichter SE-Wind, 28-21°C,
11./12.7.2010	abends Gewitter und Regen, stark böiger Wind bis nach Mitternacht, morgens heiter, dunstig, 21-17°C
12./13.7.2010	sehr stürmische Gewitternacht, wenig Regen, 24-21°C
13./14.7.2010	abends gewittrig mit böigen Winden, etwas Regen, 2.Nachthälfte dunstig, 25-19°C
8./9.8.2010	bedeckt, leichter Regen, windstill, 16-15°C
9./10.8.2010	leicht wolbig, windstill, 19-15°C
10./11.8.2010	stark bewölkt, zeitweise leichter Regen, NW-Wind, 21-17°C
11./12.8.2010	Regen, NW-Wind, 19-17°C
12./13.8.2010	starker Regen, böiger Wind zuerst S dann NW, 19-15°C
13./14.8.2010	abends sehr starker Regen und NW-Wind, am Morgen dunstig und windstill, 16-15°C

3.4 Materialbehandlung - Determination

Die Trichterfallen wurden am Morgen nach den Beprobungen sofort mit einem Kunststoffkorken verschlossen, beschriftet und eine Stunde kühl gelagert. Danach wurden die Fallen geöffnet und die gefangenen Insekten nach Gruppen grob vorsortiert und in Plastikschachteln zwischen Küchenrollenlagen gelagert. Die beschrifteten Boxen wurden schließlich zur weiteren Auswertung tiefgefroren (Abb. 3-7). Die weitere Bestimmung des Materials aus den tiefgekühlten Sammelproben erfolgte im Herbst 2010. Sämtliche Schmetterlinge wurden auf Artniveau determiniert und ausgezählt. Die Determinationen basieren auf überwiegend makroskopischer Untersuchung, vereinzelt wurden auch Genitaluntersuchungen angefertigt. Unschärfen in der Bestimmung sind für wenige Artenpaare anzunehmen, weil hier ein unverhältnismäßig großer Aufwand für eine gesicherte Artbestimmung nötig gewesen wäre. Besonders hervorzuheben sind diesbezüglich *Yponomeuta cagnagella* und die nicht separierte *Yponomeuta malinella*, die im Untersuchungsgebiet ebenfalls vorkommt, sowie als taxonomisch kritisches „Artenpaar“ *Diachrysia chrysis* und *D. stenochrysis*. Mögliche Verwechslungen betreffen aber auch *Dioryctria* spp. sowie *Mesapamea* spp. Da hier nur ausnahmsweise Genitaluntersuchungen durchgeführt wurden.



Abb. 3: Erste Sichtung und Sortierarbeiten



Abb. 4: Schmetterlinge wurden grob vorsortiert



Abb. 5: Insekten in einer Größenklasse von $> 2-3$ mm wurden ebenfalls vorsortiert



Abb. 6: Kleininsekten in einer Größenklasse < 2 mm blieben unsortiert



Abb. 7: Zwischenlagerung des Materials in tiefgefrorenem Zustand in Kühlboxen

Die Bestimmung und quantitative Auswertung aller anderen Insekten erfolgte auf Ordnungsniveau, allerdings wurden die Hemiptera in die Unterordnungen (Heteroptera, Auchenorrhyncha und Sternorrhyncha) separiert. Zählgenauigkeiten ergeben sich vor allem in der Ordnung Diptera. Kleine Dipteren unter 1-2 mm wurden oberflächlich gezählt und auf Zehnerwerte aufgerundet.

Sämtliche Bestimmungsergebnisse wurden händisch in vorgefertigte Protokolle eingetragen. Proben der gesammelten Schmetterlinge wurden nur in Ausnahmefällen wie bei seltenen Arten getrocknet und in die Naturwissenschaftlichen Sammlungen der Tiroler Landesmuseen integriert. Die Proben aus allen anderen Insektengruppen werden nach Überführung in 75%igem Äthanol in den genannten Sammlungen aufbewahrt und stehen für allfällige gruppenspezifische weitere Auswertungen zur Verfügung.

3.5 Digitalisierung - Datenauswertung

Die Protokolldaten der auf Artniveau bestimmten Schmetterlinge wurden im Programm Biooffice digitalisiert. Sie umfassen einen Bestand von etwa 2000 Objektdaten. Die Daten aus den anderen Insektengruppen wurden in vorgefertigte EXCEL-Tabellen eingetragen.

4 Ergebnisse

4.1 Anlockwirkung - Übersicht

Im Rahmen der Freilandstudie wurden insgesamt 21.001 Insekten aus 13 verschiedenen Ordnungen angelockt (Tab. 2). Die mit Abstand individuenreichsten Gruppe sind kleine Zweiflügler (Diptera) (Größe < 2 mm) mit annähernd 11.000 Exemplaren sowie die Schmetterlinge (Lepidoptera) mit 3877 Exemplaren (s. Besprechungen unten).

Die extrem individuenarmen Blattodea, Dermaptera und Raphidioptera werden auf Grund der statistischen Irrelevanz nicht berücksichtigt.

Tab. 2: Kumulierte Individuenzahlen nach Leuchtmittel und angelockten Insektengruppen

	HQI TS	HCI TT	HCI EIP	NAV T 70W	LED 6000K	LED 3000K	Summe
Blattodea	1	1	1	3	3	3	22
Coleoptera	486	427	277	137	135	117	1579
Dermaptera	2	0	0	0	0	0	2
Diptera	103	109	75	50	53	36	426
Diptera klein	2820	3400	1830	1650	750	421	10871
Ephemeroptera	13	14	10	12	5	7	61
Heteroptera	298	242	126	93	73	46	878
Auchenorrhyncha	46	38	17	117	17	14	249
Sternorrhyncha	108	282	129	84	29	14	646
Hymenoptera	227	819	206	171	88	42	1553
Lepidoptera	1249	1160	740	494	127	107	3877
Neuroptera	69	38	17	11	2	2	139
Plecoptera	108	99	107	84	50	28	476
Psocoptera	52	63	35	26	13	11	200
Raphidioptera	3	0	1	0	1	0	5
Trichoptera	12	6	6	1	2	0	27
Summe	5597	6698	3577	2933	1348	848	21001

Käfer (Coleoptera) und Hautflügler (Hymenoptera) sind mit jeweils mehr als 1500 Exemplaren ebenfalls reich vertreten, allerdings dominieren auch hier ähnlich wie bei den Diptera mit großer Mehrheit kleine Arten. Die Anzahl der Hymenopteren wurde überdies durch ein singuläres Ereignis am 10.8.2010 mit 835 angeflogenen Individuen beeinflusst, davon allein 598 Ameisen an der Lampe HCI-TT. Eine hohe Lockwirkung wird weiteres für die Schnabelkerfe (Hemiptera) (Wanzen (Heteroptera), Zikaden (Auchenorrhyncha), Pflanzenläuse (Sternorrhyncha) konstatiert, die mit insgesamt 1773 Individuen präsent in den Fallen präsent waren. Größere Dipteren mit gut 400 Exemplaren und Steinfliegen (Plecoptera) mit annähernd 500 Individuen sind weitere wichtige Gruppen. Alle anderen Insektenordnungen fallen demgegenüber deutlich zurück, teilweise ist aber die scheinbar

geringe Anlockwirkung durch das ungeeignete Habitat bzw. phänologische Aspekte erklärbar, wie insbesondere bei den aquatischen Köcherfliegen (Trichoptera) und Eintagsfliegen (Ephemeroptera). Vertreter dieser beiden Ordnungen lassen sich zur geeigneten Jahreszeit und in Gewässernähe oft in großer Zahl von Kunstlicht anlocken.

4.2 Anlockwirkung in Abhängigkeit vom Leuchtmittel

Die Anlockwirkung der verwendeten Leuchtmittel ist tendenziell für fast alle Insektenordnungen ähnlich (Abb. 8, Tab. 2), mit jeweils deutlich höheren Individuenzahlen zwischen 3577 und 6698 Exemplaren bei allen getesteten Metallhalogendampf-Hochdrucklampen. Beachtlich ist hier der Abfall bei HCI-E/P und somit der Lampe mit Keramikbrenner und einem vergleichsweise weißen Licht (4200 K). Den Spitzenwert an angelockten Insekten hält der Lampentyp HCI-TT mit etwa 6700 Individuen (inkl. kleiner Dipteren), das für Schmetterlinge attraktivste Leuchtmittel, die Metallhalogendampf-Hochdrucklampen mit Quarzbrenner, weist insgesamt eine etwas geringere Anlockwirkung auf.

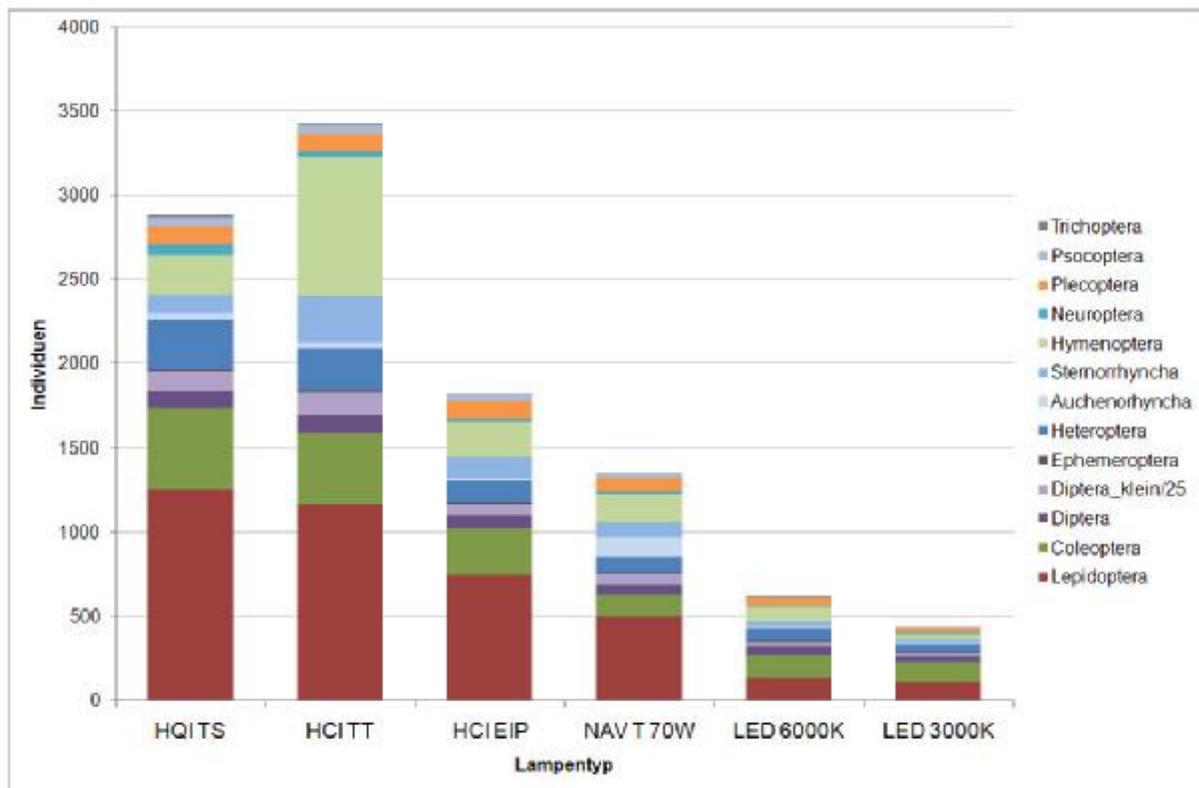


Abb. 8: Anlockwirkung der unterschiedlichen Lampentypen auf unterschiedliche Insektengruppen (kumulierte Werte aus 18 Erfassungsnächten)

Die aus ökologischen Erwägungen vielfach empfohlene Natriumdampf- Hochdrucklampe ist mit insgesamt knapp 3000 angelockten Insekten weniger attraktiv als sämtliche getesteten Metallhalogendampf-Hochdrucklampen. Dies gilt für alle Insektengruppen, mit der überraschenden Ausnahme von Kleinzikaden (Auchenorrhyncha) die mit Abstand am häufigsten an diesem Lampentyp registriert wurden.

Eine auffallend geringe Anlockwirkung kann schließlich für die beiden getesteten LED-Systeme konstatiert werden. Während die kalt-weiße LED 6000K insgesamt 1348 Insekten anlockte, waren es bei der warm-weißen LED 3000K nur mehr 848 Individuen und somit etwa 1/8 der fängigsten Lampe und im Vergleich zur bisher propagierten NAV-Lampe 29% bzw. 46% des Anflugs. Mit Ausnahme der statistisch irrelevanten Schaben (Blattodea) (es wurden nur jeweils drei Tiere gefangen) gelten diese niedrigen Anlockwerte für alle untersuchten Insektenordnungen.

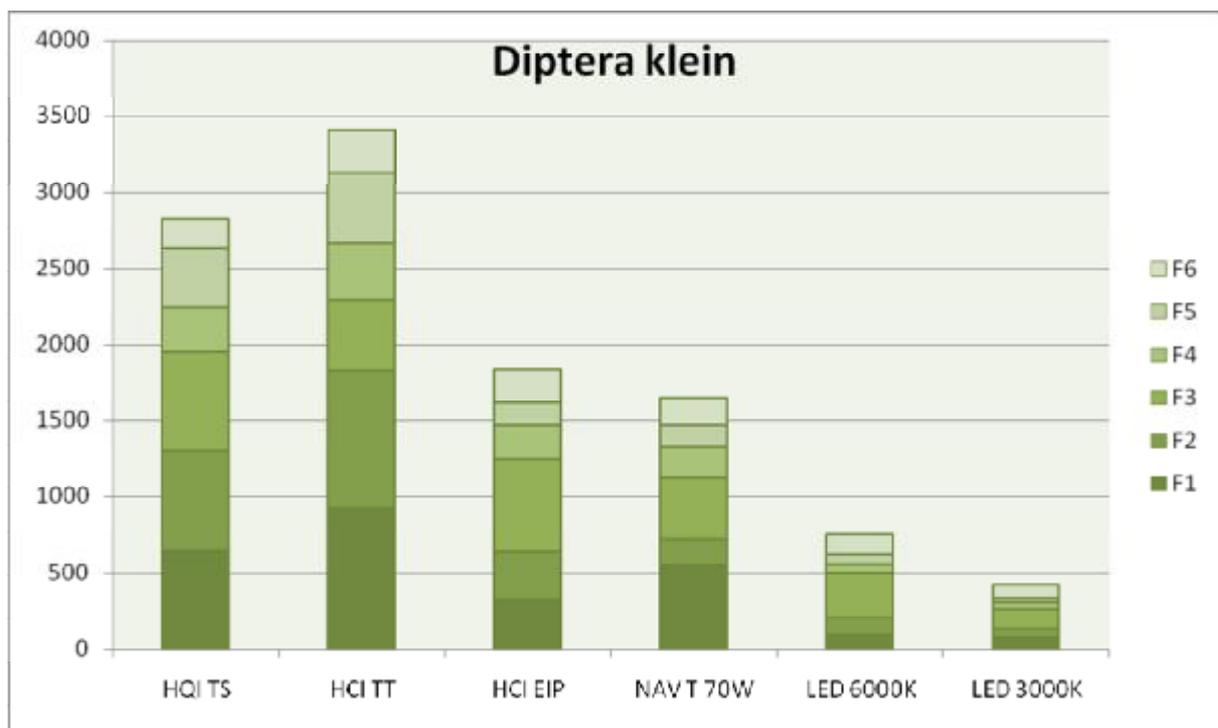


Abb. 9: Anlockwirkung der unterschiedlichen Lampentypen auf Diptera < 2mm (kumulierte Werte aus 18 Erfassungsnächten)

Als Sonderfall werden kleine Diptera in einer Größenklasse von < 2 mm behandelt. Sie stellen mit beinahe 11.000 Individuen etwa so viele Einzeltiere wie alle anderen Insekten zusammen. Auf Grund der niedrigen Biomasse erscheint eine zu starke Gewichtung dieser Gruppe jedoch nicht zweckmäßig und die entsprechenden Zahlenwerte wurden in den

Auswertungen auf 1/25 reduziert (Abb. 8). Tatsächlich unterscheidet sich jedoch auch der absolute Anflug von kleinen Dipteren nicht fundamental von jenem anderer Insektenordnungen, mit der höchsten Anlockwirkung der Metallhalogendampf-Hochdrucklampen unterschiedlicher Typisierung, gefolgt von der Natriumdampf-Hochdrucklampe und mit großem Abstand von den beiden LED's (Abb. 9).

4.3 Einfluss des Fallenstandortes auf die Anlockwirkung

Der Einfluss des Fallenstandortes z.B. durch mikroklimatische Unterschiede oder kleinräumige Differenzen in der Vegetationsstruktur und/oder -zusammensetzung ist eine wichtige potentielle Fehlerquelle, die den direkten Vergleich der Anlockwirkung verwässern kann. Um diese Risiken zu minimieren wurden die Lampen/Leuchten gewechselt (s. Methodik), d.h. jeder Fallenstandort wurde dreimal mit jedem der 6 Lampentypen beprobt.

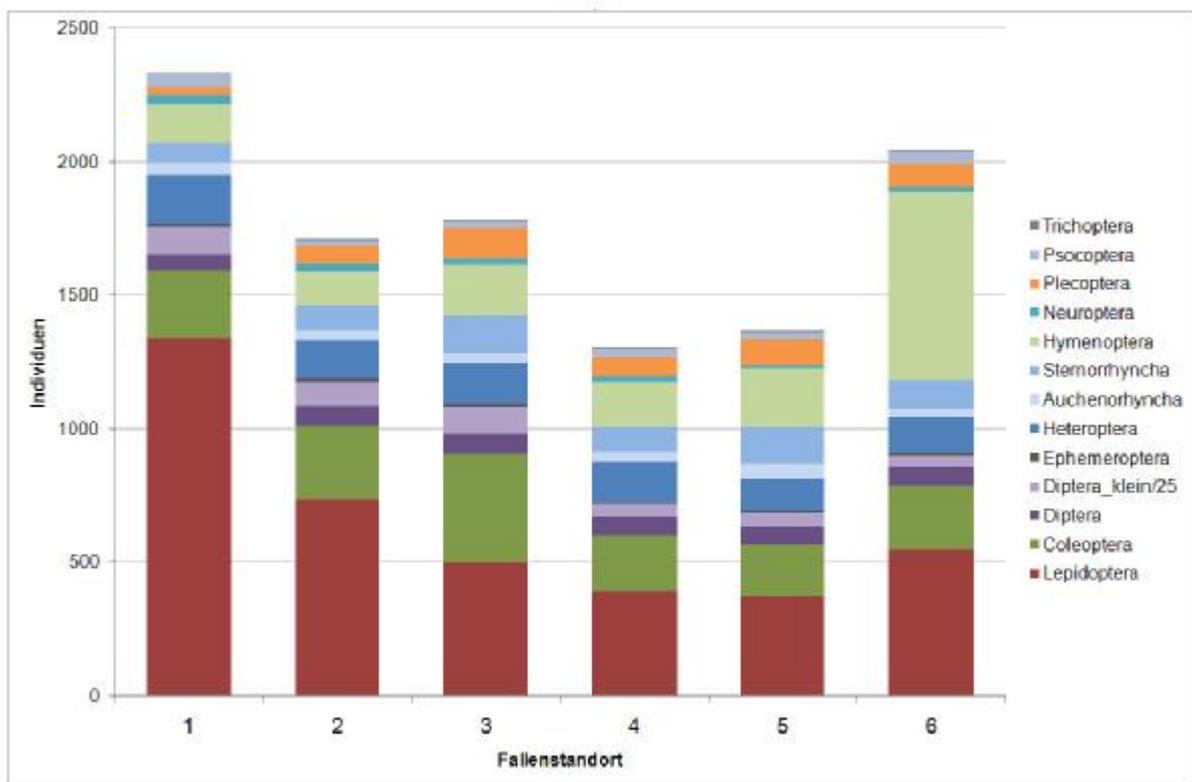


Abb. 10: Fallenstandort und angelockte Insekten (kumulierte Werte aus 18 Erfassungsnächten)

Der Standortseinfluss erscheint durch die gewählte Methodik der abwechselnden Beprobung eher mäßig. Auffallend sind aber die erhöhten Anflüge an den beiden randlichen Standorten im Westen bzw. im Osten des Untersuchungsgebietes (Abb. 10). Während Standort 6 jedoch

von einem singulären Massenanflug von Ameisen stark beeinflusst wurde, flogen zum Standort 1 ganz im Westen in den meisten Nächten überdurchschnittliche viele Schmetterlinge, hingegen auffallend wenige Plecoptera. Möglicherweise hat die häufige Nordwestwetterlage durch Verdriftungseffekte zu einem verstärkten Anflug von Schmetterlingen an diesem Standort geführt.

4.4 Einfluss des Fangdatums auf die Anlockwirkung

Jahreszeitliche Aktivitätsperioden und circadiane Rhythmik der einzelnen Arten sind wesentliche Voraussetzungen um überhaupt eine Anlockwirkung zu erreichen. So würden beispielsweise während der Wintermonate kaum Insekten zum Kunstlicht fliegen weil sich fast alle Arten in Diapause befinden. Die Aktivitätszeit eines großen Teiles der Insekten Mitteleuropas konzentriert sich auf die Vegetationsperioden, vor allem auf die Sommermonate. Um eine möglichst hohe Arten- und Individuenzahl zu erfassen wurden die Erhebungen daher im Juli und August durchgeführt. Die circadiane Rhythmik wiederum ist dafür verantwortlich, dass die tägliche Aktivitätszeit vieler Arten eingeschränkt ist. Um auch hier einen möglichst großen Anteil des potentiell anzulockenden Artenspektrums zu erfassen, erstreckten sich die Versuche immer auf die gesamte Nacht.

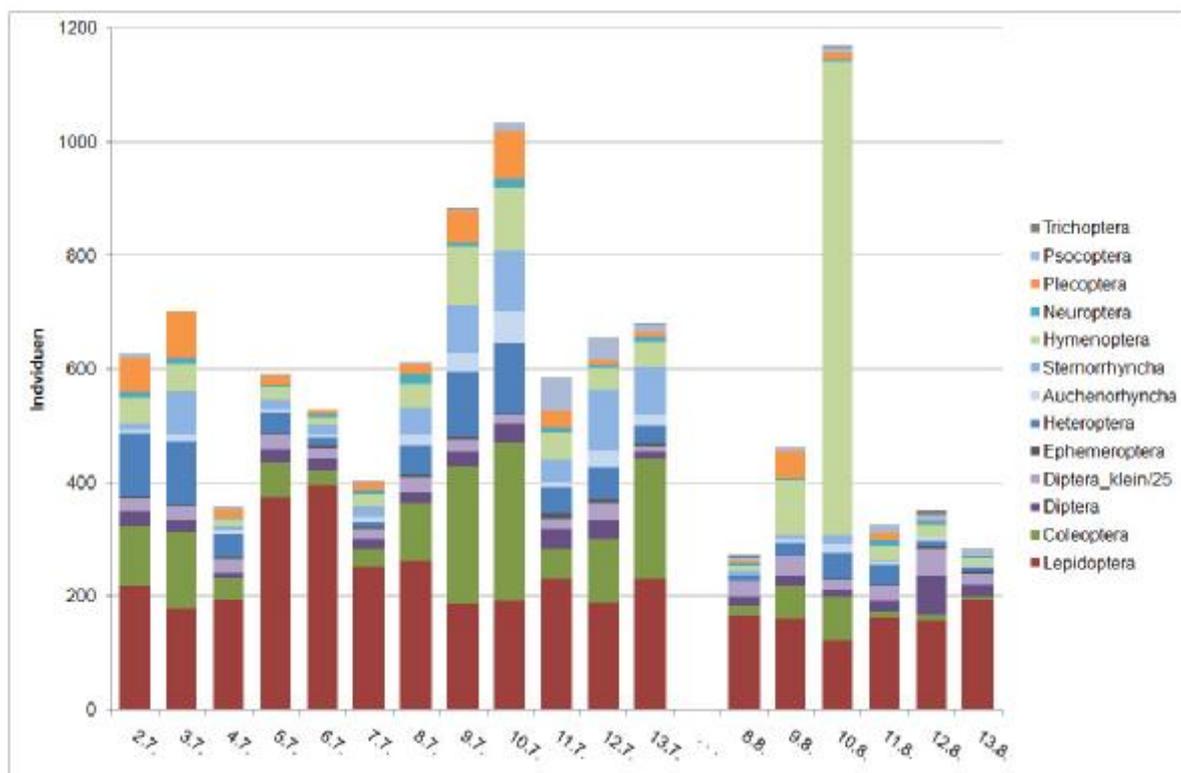


Abb. 11: Beprobungsdatum und angelockte Insekten

Neben diesen endogenen und meist artspezifischen Faktoren erwiesen sich aber auch exogene Faktoren als einflussreich auf den Anflug, allen voran die Witterung. Hohe Temperaturen, wenig Wind, Luftfeuchtigkeit etc. sind Faktoren die den Insektenflug wesentlich beeinflussen. Daher wurde versucht die Beprobungen in einigermaßen günstigen und stabilen Wetterlagen durchzuführen, was aber auf Grund der großen Schwankungen nur in Ansätzen möglich war. Als Konsequenz aus diesen Witterungsschwankungen (Tab. 1) variierte die Anlockwirkung von Nacht zu Nacht beträchtlich (Abb. 11). Die Fangwerte im Juli waren bedingt durch die Phänologie vieler Arten, mit einem Aktivitätsmaximum in diesem Monat, durchschnittlich deutlich höher als jene im August, mit der schon mehrfach erwähnten Ausnahme durch einen Ameisenmassenflug am 10.8.2010.



Abb. 12: Die Meldeneule (*Trachea atriplicis*) ist eine der zahlreichen nur im Juli nachgewiesenen Schmetterlingsarten (Foto P. Buchner (Tiroler Landesmuseen))

4.5 Anlockwirkung auf Schmetterlinge

Die separate Behandlung der Schmetterlinge basiert einerseits auf dem hohen taxonomischen Kenntnisstand der eine Determination auf Artniveau ermöglichte.

Individuen

Insgesamt wurden von den 6 Lampentypen 3877 Schmetterlinge angelockt. Sie machen den Großteil der Biomasse aller Insekten aus. Die Verteilung auf die einzelnen Lampentypen reicht von minimal 107 Exemplaren (LED 3000K) bis zu maximal 1248 Exemplare (HQT-S). Der Durchschnittliche Anflug pro Lampe und Nacht schwankt von 5,9 Exemplaren bis zu 69,4 Exemplaren (Abb. 13-14). Auffallend ist der vergleichsweise extrem geringe Anflug zu den beiden LED-Lampen mit kumulierten 107 bzw. 127 Exemplaren in allen 18 Probenächten, das sind weniger als 10% der Individuen im Vergleich zu den beiden fängigsten Lampentypen HQT-S und HCI-TT. Die Natriumdampf- Hochdrucklampe lockte zwar mit fast 500 Exemplaren erheblich mehr Tiere als die LED's, allerdings immer noch weniger als die Hälfte im Vergleich zur Metallhalogendampf-Hochdrucklampe mit Quarzbrenner. Die Metallhalogendampf- Hochdrucklampen mit Keramikbrenner liegen in der Anlockwirkung ebenfalls deutlich über jener der Natriumdampf-Hochdrucklampe, die Anflugzahlen an HCI-TT sind überraschenderweise trotz niedrigerer Farbtemperatur erhöht.

Arten

Die Gesamtzahl der registrierten Arten beträgt 348, eine für die kurze Erhebungsperiode überraschend hoher Wert, der wohl ca. 50% des im Untersuchungsgebiet vorhandenen Artenspektrums abdeckt. Allerdings wurden 132 Arten in lediglich 1 Exemplar nachgewiesen, immerhin 60 Arten aber in mehr als 10 Exemplaren und davon 7 Arten mit mehr als 100 Individuen (Tab. 3). Die Unterschiede der getesteten Lampen in der Anlockwirkung auf Schmetterlingsarten sind tendenziell ähnlich wie bei den Individuen, allerdings weisen die weniger fängigen Lampentypen vergleichsweise etwas höhere Artenzahlen auf, weil sich Einzelstückarten verstärkt auf die Artenzahlen auswirken. Die Durchschnittswerte pro Nacht und Lampe variieren von 4,9 bis 31,9 Arten. Wiederum locken LED's mit 57 bzw. 74 Arten mit Abstand am wenigsten Arten an, bei der NAV-Lampe sind es mit 136 Arten bereits schon etwa doppelt so viele. Die Metallhalogendampf-Hochdrucklampen sind mit Artenzahlen von 170 bis 205 nochmals deutlich attraktiver, wie bereits bei den Individuenzahlen ist die Lampe mit Quarzbrenner HQT-S die ökologisch gesehen schlechteste, während die Metallhalogendampf- Hochdrucklampe mit Keramikbrenner und höherer Farbtemperatur HCI-E/P relativ am besten abschneidet, aber immer noch etwa drei- bis viermal so viele Arten anlockt wie die LED-Systeme.

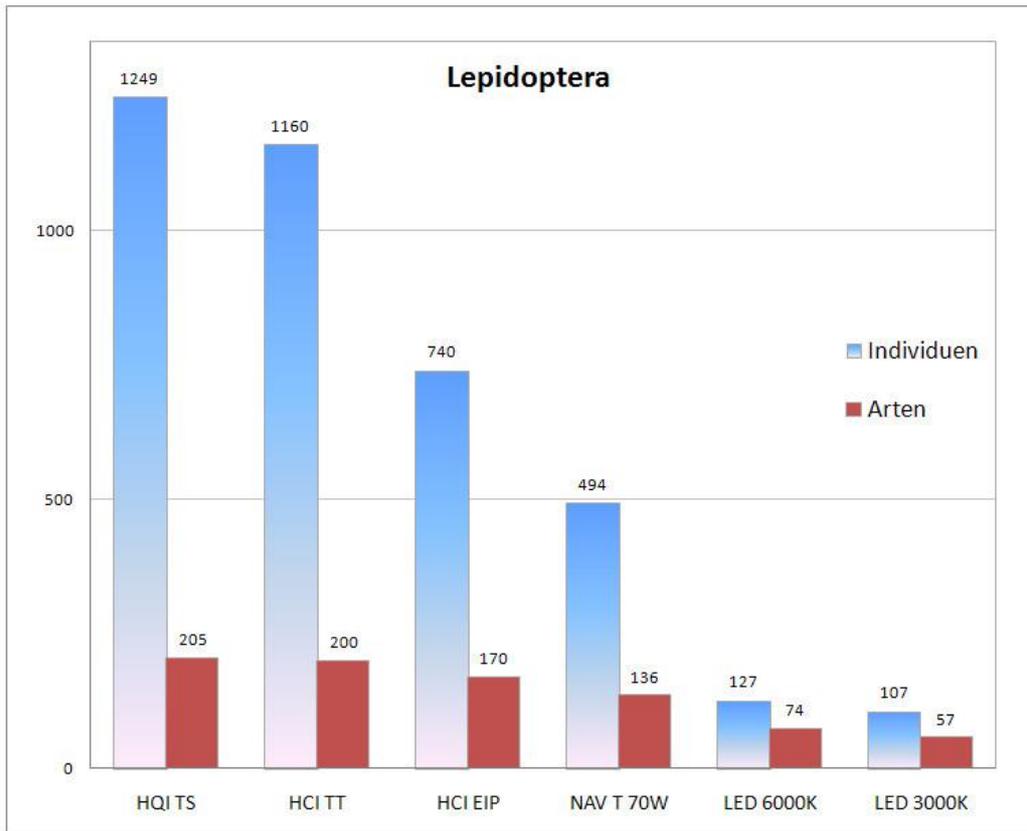


Abb. 13: Anlockwirkung der einzelnen Lampentypen (kumulierte Werte)

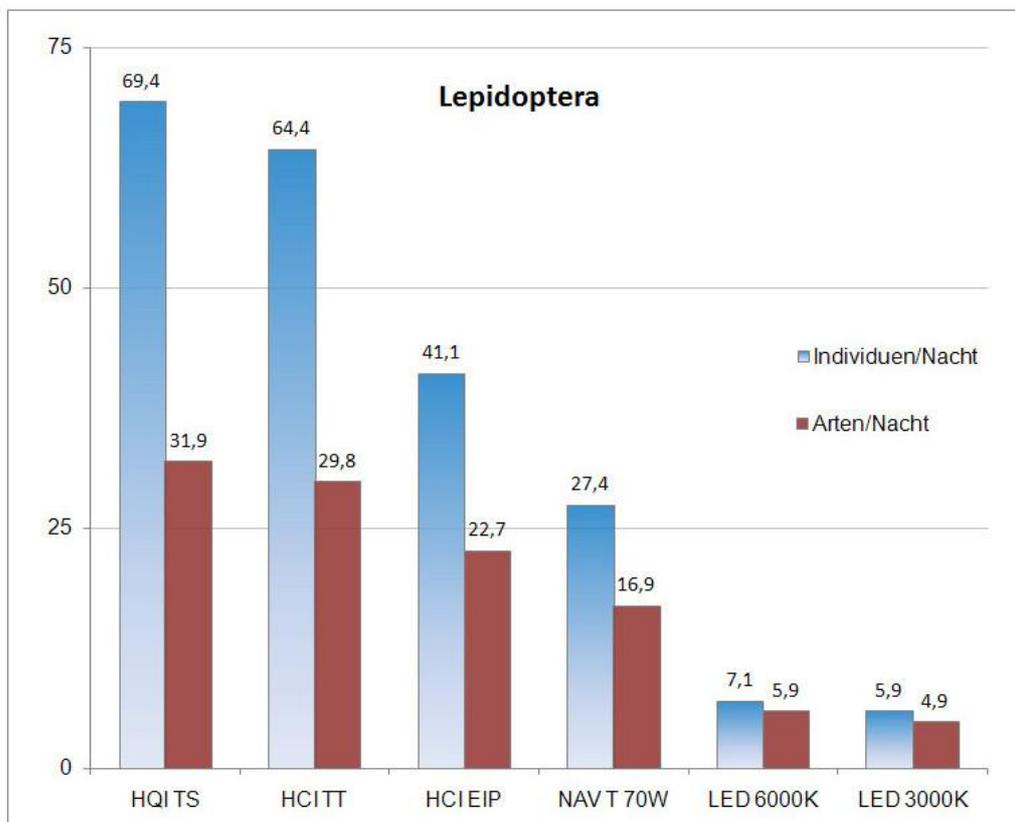


Abb. 14: Durchschnittliche Anlockwirkung der einzelnen Lampentypen/Nacht

Die Anlockwirkung der Lampen auf einzelne Arten schwankte erheblich, von maximal 177 Exemplaren (*Yponomeuta evonymella*) an einem Lampentyp in 18 Nächten bis zu zahlreichen Einzelnachweisen. Grundsätzlich spiegeln aber die Anflüge der Arten fast immer die kumulierte Reihung der Individuen wider, d.h. mit dem Maximum an Individuen an der HQI-TS-Lampe und dem Minimum an der LED 3000K. Nur in wenigen Einzelfällen und zumeist nur Arten die in Einzelindividuen registriert wurden ist die Anlockwirkung der LED's höher als jene der anderen getesteten Lampentypen. Ähnliches gilt auch für die NAV-Lampen, die bei fast allen Arten unter den Werten der Metallhalogendampf- Hochdrucklampen liegen, jedoch deutlich über jenen der LED-Lampensysteme.

Von Interesse ist auch die Qualität des angelockten Artenspektrums. In Ermangelung einer landesweiten Roten Liste können zwar keine Aussagen über den Anteil gefährdeter Arten am Inventar gemacht werden. Nachweise von seltenen Taxa wie *Xestia collina* oder der drei Landesneufunde *Caryocolum proxima*, *Cymolomia hartigiana* und *Glyptoteles leucacrinella* unterstreichen, dass nicht nur ubiquitäre Schmetterlinge von der Beleuchtung betroffen sind.

Tab. 3: Anlockwirkung der getesteten Lampentypen auf Schmetterlinge (Lepidoptera) (kumulierte Werte aus 18 Probenächten)

Taxon	HQI TS	HCI TT	HCI E/P	NAV T70W	LED 6000K	LED 3000K	Summe
<i>Triodia sylvina</i> (Linnaeus, 1761)					1		1
<i>Stigmella tiliae</i> (Frey, 1856)			1				1
<i>Stigmella atricapitella</i> (Haworth, 1828)		2					2
<i>Nemophora degeerella</i> (Linnaeus, 1758)	1						1
<i>Coptotriche angusticollis</i> (Duponchel, 1843)						1	1
<i>Tineola bisselliella</i> (Hummel, 1823)			1		1		2
<i>Monopis laevigella</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1						1
<i>Monopis obviella</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		2					2
<i>Monopis imella</i> (Hübner, 1813)					1		1
<i>Roeslerstammia erxebella</i> (Fabricius, 1787)		1		2			3
<i>Caloptilia rufipennella</i> (Hübner, 1796)	1						1
<i>Gracillaria syringella</i> (Fabricius, 1794)	1	3	2	3	1	2	12
<i>Parornix devoniella</i> (Stainton, 1850)	1	2	1				4
<i>Parornix scoticella</i> (Stainton, 1850)				1			1
<i>Phyllonorycter blancardella</i> (Fabricius, 1781)				1			1
<i>Phyllonorycter harrisella</i> (Linnaeus, 1761)					1		1
<i>Phyllonorycter heegeriella</i> (Zeller, 1846)	1	1	1				3
<i>Phyllonorycter issikii</i> (Kumata, 1963)	3	5	1	2	1		12
<i>Phyllonorycter maestingella</i> (Müller, 1764)	1	1					2
<i>Phyllonorycter robiniella</i> (Clemens, 1859)	1	5	2	1	1		10

Phyllonorycter sagitella (Bjerkander, 1790)			2					2
Cameraria ohridella Deschka & Dimic, 1986	3							3
Yponomeuta evonymella (Linnaeus, 1758)	177	145	80	62	19	17		500
Yponomeuta padella (Linnaeus, 1758)	4	4	2	6		1		17
Yponomeuta cagnagella (Hübner, 1813)	6	12	6	4	4			32
Yponomeuta irrorella (Hübner, 1796)	1	1		2		2		6
Yponomeuta plumbella (Denis & Schiffermüller, 1775)	7	7	4	5	1	2		26
Cedestis gysselella Zeller, 1839	1	1						2
Prays fraxinella (Bjerkander, 1784)			1					1
Prays ruficeps (Heinemann, 1854)	1	1						2
Argyresthia brockeella (Hübner, 1813)				1				1
Argyresthia retinella Zeller, 1839					1			1
Argyresthia conjugella Zeller, 1839				1				1
Argyresthia bonnetella (Linnaeus, 1758)		1	1					2
Ypsolopha nemorella (Linnaeus, 1758)			1					1
Ypsolopha falcella (Denis & Schiffermüller, 1775)			1					1
Ypsolopha parenthesesella (Linnaeus, 1761)		1						1
Plutella xylostella (Linnaeus, 1758)	1	2	1		1	1		6
Acrolepiopsis assectella (Zeller, 1839)	1							1
Lyonetia clerkella (Linnaeus, 1758)				1				1
Ethmia quadrillella (Goeze, 1783)	1							1
Orophia ferrugella (Denis & Schiffermüller, 1775)	1			1				2
Perittia herrichiella (Herrich-Schäffer, 1855)					1			1
Elachista gleichenella (Fabricius, 1781)	1	1						2
Bisigna procerella (Denis & Schiffermüller, 1775)	4			1				5
Hofmannophila pseudospretella (Stainton, 1849)	1	1		1	2			5
Crassa unitella (Hübner, 1796)			1					1
Batia internella Jäckh, 1972	2	1						3
Stathmopoda pedella (Linnaeus, 1761)		2		1				3
Batrachedra praeangusta (Haworth, 1828)	2							2
Coleophora lutipennella (Zeller, 1838)	3		2		1			6
Coleophora flavipennella (Duponchel, 1843)				1				1
Coleophora lusciniapennella (Treitschke, 1833)			1					1
Coleophora lithargyrinella Zeller, 1849	1							1
Coleophora ibipennella Zeller, 1849	1							1
Coleophora laricella (Hübner, 1817)	1				1			2
Coleophora sternipennella (Zetterstedt, 1839)		1						1
Coleophora vestianella (Linnaeus, 1758)	1							1
Pseudatemelia josephinae (Toll, 1956)				1	1			2
Argolamprotes micella (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
Bryotropha senectella (Zeller, 1839)	2	1						3
Exoteleia dodecella (Linnaeus, 1758)	2	1				1		4
Parachronistis albiceps (Zeller, 1839)	1							1
Teleiodes vulgella (Denis & Schiffermüller, 1775)	1							1
Carpatolechia decorella (Haworth, 1812)	1							1
Carpatolechia fugitivella (Zeller, 1839)	1							1
Carpatolechia alburnella (Zeller, 1839)				1				1

<i>Gelechia sororculella</i> (Hübner, 1817)							1	1
<i>Athrips mouffetella</i> (Linnaeus, 1758)							1	1
<i>Anarsia lineatella</i> Zeller, 1839							1	1
<i>Dichomeris alacella</i> (Zeller, 1839)						1		1
<i>Helcystogramma lutatella</i> (Herrich-Schäffer, 1854)							1	1
<i>Helcystogramma rufescens</i> (Haworth, 1828)							1	1
<i>Acompsia cinerella</i> (Clerck, 1759)							1	1
<i>Caryocolum proximum</i> (Haworth, 1828)	2	1	3				1	7
<i>Apoda limacodes</i> (Hufnagel, 1766)							1	1
<i>Synanthedon spuleri</i> (Fuchs, 1908)	1							1
<i>Cossus cossus</i> (Linnaeus, 1758)							1	2
<i>Zeuzera pyrina</i> (Linnaeus, 1761)							1	1
<i>Phalonidia gilvicomana</i> (Zeller, 1847)							1	1
<i>Aethes rubigana</i> (Treitschke, 1830)	1							1
<i>Cochylidia rupicola</i> (Curtis, 1834)							1	1
<i>Acleris laterana</i> (Fabricius, 1794)								1
<i>Acleris cristana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)							1	1
<i>Eana incanana</i> (Stephens, 1852)	4	3	5	1				13
<i>Cnephasia incertana</i> (Treitschke, 1835)	1	4						5
<i>Cnephasia stephensiana</i> (Doubleday, 1849)							1	1
<i>Cnephasia asseclana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	2	2						4
<i>Epagoge grotiana</i> (Fabricius, 1781)							1	1
<i>Archips oporana</i> (Linnaeus, 1758)	1	1					2	1
<i>Archips podana</i> (Scopoli, 1763)	5	2	2	2				11
<i>Archips xylosteara</i> (Linnaeus, 1758)	2							2
<i>Argyrotaenia ljungiana</i> (Thunberg, 1797)	1						1	2
<i>Ptycholomoides aeriferana</i> (Herrich-Schäffer, 1851)	6	10	7	2				25
<i>Pandemis cinnamomeana</i> (Treitschke, 1830)	1						1	2
<i>Pandemis heparana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)							2	1
<i>Dichelia histrionana</i> (Frölich, 1828)							1	1
<i>Clepsis rurinana</i> (Linnaeus, 1758)	1	4	1	2	3	4		15
<i>Isotrias rectifasciana</i> (Haworth, 1811)	1							1
<i>Apotomis betuletana</i> (Haworth, 1811)	1							1
<i>Celypha striana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)							1	1
<i>Celypha lacunana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	2	2						4
<i>Celypha aurofasciana</i> (Haworth, 1811)	3	1	2	1				7
<i>Phiaris schulziana</i> (Fabricius, 1776)							1	1
<i>Phiaris micana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)							1	1
<i>Cymolomia hartigiana</i> (Saxesen, 1840)							1	1
<i>Piniphila bifasciana</i> (Haworth, 1811)	1	1	2					4
<i>Spilonota ocellana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1							1
<i>Spilonota laricana</i> (Heinemann, 1863)	3						2	5
<i>Epinotia nanana</i> (Treitschke, 1835)	3	1						4
<i>Epinotia tenerana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)							1	1
<i>Epinotia tedella</i> (Clerck, 1759)	6	5	2	3	1			17
<i>Epinotia nisella</i> (Clerck, 1759)							1	1
<i>Zeiraphera isertana</i> (Fabricius, 1794)							2	2

<i>Zeiraphera diniana</i> Guenée, 1845							1
<i>Gypsonoma dealbana</i> (Frölich, 1828)	5	3	2	1	1		12
<i>Notocelia uddmanniana</i> (Linnaeus, 1758)		1	2				3
<i>Rhyacionia pinicolana</i> (Doubleday, 1849)	3	4			1		8
<i>Cydia pomonella</i> (Linnaeus, 1758)	1	1					2
<i>Cydia splendana</i> (Hübner, 1799)	1	1		1			3
<i>Cydia fagiglandana</i> (Zeller, 1841)	1						1
<i>Pammene albuginana</i> (Guenée, 1845)				1			1
<i>Epermenia illigerella</i> (Hübner, 1813)	4	6	4	7			21
<i>Pteropteryx dodecadactyla</i> Hübner, 1813		1					1
<i>Amblyptilia acanthadactyla</i> (Hübner, 1813)		1					1
<i>Hellinsia osteodactylus</i> (Zeller, 1841)		1					1
<i>Emmelina monodactyla</i> (Linnaeus, 1758)	1						1
<i>Galleria mellonella</i> (Linnaeus, 1758)				1			1
<i>Hypsopygia costalis</i> (Fabricius, 1775)		1					1
<i>Endotricha flammealis</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	3	3	2		2	1	11
<i>Salebriopsis albicilla</i> (Herrich-Schäffer, 1849)	1	3	1				5
<i>Sciota hostilis</i> (Stephens, 1834)		1					1
<i>Dioryctria sylvestrella</i> (Ratzeburg, 1840)	2		2	1			5
<i>Dioryctria schuetzeella</i> Fuchs, 1899	1			1	1		3
<i>Dioryctria abietella</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	147	104	62	23	3	2	341
<i>Phycita roborella</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		1					1
<i>Hypochalcia ahenella</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1						1
<i>Acrobasis advenella</i> (Zincken, 1818)		2	1				3
<i>Glyptoteles leucacrinella</i> Zeller, 1848	2			1			3
<i>Eccopisa effractella</i> Zeller, 1848	7	7	6			1	21
<i>Assara terebrella</i> (Zincken, 1818)	18	8	2	1			29
<i>Euzophera bigella</i> (Zeller, 1848)	1	1					2
<i>Rhodophaea formosa</i> (Haworth, 1811)				1			1
<i>Scoparia basistrigalis</i> Knaggs, 1866	3	1	2	1			7
<i>Scoparia ambigualis</i> (Treitschke, 1829)						1	1
<i>Scoparia ancipitella</i> (La Harpe, 1855)			1	1	1		3
<i>Eudonia lacustrata</i> (Panzer, 1804)	11	9	9	3	1	1	34
<i>Eudonia truncicolella</i> (Stainton, 1849)	3	5	1			1	10
<i>Eudonia mercurella</i> (Linnaeus, 1758)			1				1
<i>Chrysoteuchia culmella</i> (Linnaeus, 1758)	2		1	1			4
<i>Crambus pascuella</i> (Linnaeus, 1758)		1					1
<i>Crambus silvella</i> (Hübner, 1813)		1					1
<i>Crambus lathoniellus</i> (Zincken, 1817)	3	1	1	2		1	8
<i>Crambus perlella</i> (Scopoli, 1763)		1	1	1		1	4
<i>Catoptria myella</i> (Hübner, 1796)	4	2	1	1	1		9
<i>Catoptria pinella</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1			1	4
<i>Catoptria margaritella</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)			1				1
<i>Catoptria falsella</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	2	3		1			6
<i>Catoptria verellus</i> (Zincken, 1817)	13	9	11	4			37
<i>Evergestis pallidata</i> (Hufnagel, 1767)	1						1
<i>Pyrausta aurata</i> (Scopoli, 1763)		1					1

Anania coronata (Hufnagel, 1767)	1		1				2
Anania hortulata (Linnaeus, 1758)	1		2				3
Anania lancealis (Denis & Schiffermüller, 1775)		2	2	2			6
Paratalanta hyalinalis (Hübner, 1796)	2						2
Udea ferrugalis (Hübner, 1796)	3	2	3				8
Udea prunalis (Denis & Schiffermüller, 1775)	1		2	2	2		7
Pleuroptya ruralis (Scopoli, 1763)	18	21	12	15	1	3	70
Sphinx pinastri Linnaeus, 1758	11	4	1	2			18
Deilephila elpenor (Linnaeus, 1758)	1	1					2
Thyatira batis (Linnaeus, 1758)		1		1			2
Habrosyne pyritoides (Hufnagel, 1766)		3	3	3	1		10
Tetheella fluctuosa (Hübner, 1803)					1		1
Ochropacha duplaris (Linnaeus, 1761)			1				1
Watsonalla binaria (Hufnagel, 1767)	1			1			2
Drepana falcataria (Linnaeus, 1758)				1			1
Ligdia adustata (Denis & Schiffermüller, 1775)	1						1
Angerona prunaria (Linnaeus, 1758)	4	2	1				7
Biston betularia (Linnaeus, 1758)	6	2					8
Peribatodes rhomboidaria (Denis & Schiffermüller, 1775)		4		3	2		9
Peribatodes secundaria (Denis & Schiffermüller, 1775)	1	2				1	4
Deileptenia ribeata (Clerck, 1759)	3	2	1	1	2		9
Alcis repandata (Linnaeus, 1758)	1	9	4	3	4		21
Hypomecis punctinalis (Scopoli, 1763)	1	1					2
Ectropis crepuscularia (Denis & Schiffermüller, 1775)		1			1		2
Cabera pusaria (Linnaeus, 1758)	6	6	2	1			15
Cabera exanthemata (Scopoli, 1763)	2	1				1	4
Campaea margaritaria (Linnaeus, 1761)		4					4
Lomaspilis marginata (Linnaeus, 1758)		2	3				5
Apeira syringaria (Linnaeus, 1758)		1					1
Selenia tetralunaria (Hufnagel, 1767)			1	1			2
Odontopera bidentata (Clerck, 1759)	1		1				2
Crocallis elinguaris (Linnaeus, 1758)	1		1				2
Macaria liturata (Clerck, 1759)	12	11	11	2			36
Chiasmia clathrata (Linnaeus, 1758)						1	1
Hemithea aestivaria (Hübner, 1789)	1		1	1		1	4
Euchoeca nebulata (Scopoli, 1763)	2						2
Hydrelia flammeolaria (Hufnagel, 1767)		1					1
Nebula nebulata albicans (Sohn-Rethel, 1929)		1					1
Ecliptopera silaceata (Denis & Schiffermüller, 1775)				1			1
Dysstroma truncata (Hufnagel, 1767)	4	3	3	1			11
Dysstroma citrata (Linnaeus, 1761)				1			1
Thera britannica (Turner, 1925)	1		2				3
Thera obeliscata (Hübner, 1787)			1				1
Pennithera firmata (Hübner, 1822)	3	5	5	1			14
Colostygia pectinataria (Knoch, 1781)					1		1
Eupithecia tenuiata (Hübner, 1813)	4	1				1	6
Eupithecia abietaria (Goeze, 1781)			1		1		2

<i>Eupithecia virgaureata</i> Doubleday, 1861							1	1
<i>Eupithecia tantillaria</i> Boisduval, 1840	1							1
<i>Eupithecia lariciata</i> (Freyer, 1841)	1							1
<i>Eupithecia absinthiata</i> (Clerck, 1759)						1		1
<i>Eupithecia subfuscata</i> (Haworth, 1809)		1	1	1				3
<i>Chloroclystis v-ata</i> (Haworth, 1809)	7	7	3	1			2	20
<i>Pasiphila rectangularata</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	2	1		1	7
<i>Hydriomena furcata</i> (Thunberg, 1784)	2		1					3
<i>Hydriomena impluviata</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
<i>Horisme tersata</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)							1	1
<i>Horisme aemulata</i> (Hübner, 1813)		1						1
<i>Melanthia procellata</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)			1			1		2
<i>Perizoma alchemillata</i> (Linnaeus, 1758)		3	1	2				6
<i>Perizoma flavofasciata</i> (Thunberg, 1792)		1						1
<i>Pareulype berberata</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		2	2				1	5
<i>Scotopteryx chenopodiata</i> (Linnaeus, 1758)		1	1					2
<i>Xanthorhoe ferrugata</i> (Clerck, 1759)	1							1
<i>Xanthorhoe designata</i> (Hufnagel, 1767)	1	2	1			1		5
<i>Xanthorhoe quadrifasiata</i> (Clerck, 1759)	1	1		1				3
<i>Epirrhoe alternata</i> (Müller, 1764)	1		1	1				3
<i>Cyclophora punctaria</i> (Linnaeus, 1758)		1						1
<i>Idaea pallidata</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1	1		1	1		1	5
<i>Idaea dimidiata</i> (Hufnagel, 1767)				1				1
<i>Idaea biselata</i> (Hufnagel, 1767)	13	9	7	9	1		4	43
<i>Idaea aversata</i> (Linnaeus, 1758)	27	42	18	22	2		2	113
<i>Scopula nigropunctata</i> (Hufnagel, 1767)			1					1
<i>Scopula subpunctaria</i> (Herrich-Schäffer, 1847)						1	1	2
<i>Notodonta dromedarius</i> (Linnaeus, 1767)	1	2						3
<i>Notodonta ziczac</i> (Linnaeus, 1758)		1						1
<i>Pheosia tremula</i> (Clerck, 1759)	3	1	2					6
<i>Pheosia gnoma</i> (Fabricius, 1776)	1							1
<i>Pterostoma palpina</i> (Clerck, 1759)			1					1
<i>Ptilodon capucina</i> (Linnaeus, 1758)			1	1				2
<i>Furcula furcula</i> (Clerck, 1759)	1	1	1					3
<i>Phalera bucephala</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	1					5
<i>Stauropus fagi</i> (Linnaeus, 1758)	1							1
<i>Rivula sericealis</i> (Scopoli, 1763)	1		1					2
<i>Herminia tarsipennalis</i> (Treitschke, 1835)		2	1	1			1	5
<i>Herminia tarsicrinalis</i> (Knoch, 1782)	1							1
<i>Herminia grisealis</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1							1
<i>Polypogon strigilata</i> (Linnaeus, 1758)	1	1		1				3
<i>Hypena proboscidalis</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	4	1			1	10
<i>Trisateles emortalis</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	2	3						5
<i>Laspeyria flexula</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	5	6	2	1				14
<i>Lygephila viciae</i> (Hübner, 1822)	1			1				2
<i>Atolmis rubricollis</i> (Linnaeus, 1758)	9	4	3	4	2		1	23
<i>Lithosia quadra</i> (Linnaeus, 1758)	2	1	1					4

<i>Eilema depressa</i> (Esper, 1787)	38	55	33	29	3	5	163
<i>Eilema lurideola</i> (Zincken, 1817)	1		1				2
<i>Eilema complana</i> (Linnaeus, 1758)	10	7	1	2	1		21
<i>Eilema costalis</i> (Zeller, 1847)				1			1
<i>Phragmatobia fuliginosa</i> (Linnaeus, 1758)					1		1
<i>Arctia caja</i> (Linnaeus, 1758)	1				1		2
<i>Lymantria monacha</i> (Linnaeus, 1758)		1	2				3
<i>Orgyia antiqua</i> (Linnaeus, 1758)		1					1
<i>Abrostola tripartita</i> (Hufnagel, 1766)	1	2					3
<i>Abrostola asclepiadis</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		2	1				3
<i>Abrostola triplasia</i> (Linnaeus, 1758)	1	1					2
<i>Macdunnoughia confusa</i> (Stephens, 1850)			1				1
<i>Diachrysia chrysitis</i> (Linnaeus, 1758)	6	3	5	2		1	17
<i>Autographa gamma</i> (Linnaeus, 1758)	11	10	4	5	1		31
<i>Autographa pulchra</i> (Haworth, 1809)	1	3			1		5
<i>Protodeltote pygarga</i> (Hufnagel, 1766)		2	1	1		1	5
<i>Bena bicolorana</i> (Fuessly, 1775)	3	1	1	1		1	7
<i>Nycteola revayana</i> (Scopoli, 1772)			1				1
<i>Panthea coenobita</i> (Esper, 1785)	1						1
<i>Acronicta psi</i> (Linnaeus, 1758)	3	5	4	1			13
<i>Acronicta aceris</i> (Linnaeus, 1758)	1						1
<i>Acronicta leporina</i> (Linnaeus, 1758)		1		1			2
<i>Acronicta megacephala</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1	1	1				3
<i>Acronicta euphorbiae</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1	2					3
<i>Acronicta rumicis</i> (Linnaeus, 1758)	6	7	7	3		2	25
<i>Craniophora ligustri</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	53	56	21	9	1	1	141
<i>Cucullia lactucae</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	3						3
<i>Cucullia lucifuga</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		1					1
<i>Cucullia umbratica</i> (Linnaeus, 1758)			1				1
<i>Cryphia algae</i> (Fabricius, 1775)	1	1	4	1			7
<i>Caradrina gilva</i> (Donzel, 1837)	2			1			3
<i>Caradrina clavipalpis</i> Scopoli, 1763	1						1
<i>Hoplodrina octogenaria</i> (Goeze, 1781)	28	23	11	16		4	82
<i>Hoplodrina blanda</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	3	2	3	2			10
<i>Hoplodrina superstes</i> (Ochsenheimer, 1816)	3	2	1	3	1		10
<i>Hoplodrina respersa</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	2	1	1		1		5
<i>Charanyca ferruginea</i> (Esper, 1785)	6			1			7
<i>Trachea atriplicis</i> (Linnaeus, 1758)	25	19	14	8	3	2	71
<i>Hyppa rectilinea</i> (Esper, 1788)			2				2
<i>Actinotia polyodon</i> (Clerck, 1759)			1				1
<i>Euplexia lucipara</i> (Linnaeus, 1758)	1		2	2	1		6
<i>Auchmis detersa</i> (Esper, 1787)	5	4	5	1			15
<i>Amphipoea fucosa</i> (Freyer, 1830)	1	1					2
<i>Apamea epomidion</i> (Haworth, 1809)	1		1	2			4
<i>Apamea crenata</i> (Hufnagel, 1766)	1		2				3
<i>Apamea scolopacina</i> (Esper, 1788)	1	9	6	4	2		22
<i>Apamea monoglypha</i> (Hufnagel, 1766)	4	1	1	1			7

<i>Apamea lithoxylaea</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		1					1
<i>Apamea furva</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)				1			1
<i>Mesapamea secalis</i> (Linnaeus, 1758)	6	1	2	4			13
<i>Mesapamea secalella</i> Remm, 1983		3	1		1		5
<i>Mesoligia furuncula</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		1					1
<i>Oligia strigilis</i> (Linnaeus, 1758)	12	7	9	4	3		35
<i>Oligia latruncula</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	21	28	9	12			70
<i>Enargia paleacea</i> (Esper, 1788)				1			1
<i>Ipimorpha subtusa</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)			1				1
<i>Cosmia trapezina</i> (Linnaeus, 1758)	8	12	5	5		1	31
<i>Cosmia pyralina</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	3	3	2				8
<i>Mniotype adusta</i> (Esper, 1790)	4	2			1		7
<i>Anarta myrtilli</i> (Linnaeus, 1761)			1				1
<i>Polia nebulosa</i> (Hufnagel, 1766)	8	4	4				16
<i>Lacanobia w-latinum</i> (Hufnagel, 1766)	1			2			3
<i>Lacanobia thalassina</i> (Hufnagel, 1766)	6	8	4	1			19
<i>Lacanobia contigua</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		1					1
<i>Lacanobia suasa</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1						1
<i>Lacanobia oleracea</i> (Linnaeus, 1758)	1	2	1	1	1		6
<i>Melanchra persicariae</i> (Linnaeus, 1761)	23	15	12	4			54
<i>Papestra biren</i> (Goeze, 1781)			2				2
<i>Mamestra brassicae</i> (Linnaeus, 1758)	3	3	2	1			9
<i>Sideridis rivularis</i> (Fabricius, 1775)			1				1
<i>Sideridis reticulata</i> (Goeze, 1781)			1				1
<i>Hecatera bicolorata</i> (Hufnagel, 1766)			1				1
<i>Mythimna albipuncta</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	2	2	1	3		1	9
<i>Mythimna ferrago</i> (Fabricius, 1787)	1	1					2
<i>Agrotis exclamationis</i> (Linnaeus, 1758)	36	26	23	12		2	99
<i>Agrotis segetum</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1						1
<i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel, 1766)	6	4	1	2			13
<i>Axylia putris</i> (Linnaeus, 1761)	29	42	20	21	1	3	116
<i>Ochropleura plecta</i> (Linnaeus, 1761)	7	7	4	2			20
<i>Diarsia brunnea</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	9	10	5	2	3		29
<i>Lycophotia porphyrea</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	2	2					4
<i>Chersotis multangula</i> (Hübner, 1803)	1						1
<i>Noctua pronuba</i> (Linnaeus, 1758)		2	1				3
<i>Noctua fimbriata</i> (Schreber, 1759)	3	1		1			5
<i>Noctua comes</i> Hübner, 1813			1	1		1	3
<i>Noctua janthe</i> (Borkhausen, 1792)	19	9	8	3			39
<i>Anaplectoides prasina</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	11	14	14	9			48
<i>Xestia baja</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)		2	2		1		5
<i>Xestia collina</i> (Boisduval, 1840)						1	1
<i>Xestia c-nigrum</i> (Linnaeus, 1758)	66	70	62	31	6	6	241
<i>Xestia ditrapezium</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	10	9	4	6	5	1	35
<i>Xestia triangulum</i> (Hufnagel, 1766)	8	1	12	4	1	2	28
<i>Eugraphe sigma</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1	3	1	3		3	11
	1249	1160	740	497	127	107	3880

5 Diskussion

Die eigentlichen Ursachen weshalb Insekten Lichtquellen anfliegen sind Gegenstand unterschiedlicher Theorien, jedoch bis heute unzureichend geklärt. Nachtaktive Schmetterlinge und wohl auch andere Insekten orientieren sich nach der Theorie der Mondorientierung an den Himmelskörpern (BUDDENBROCK, 1937; CLEVE, 1964) und fliegen im rechten Winkel zu diesen Fixlichtern. Eine Kunstlichtquelle wird mit diesen Himmelskörpern verwechselt und das versuchte Einhalten des konstanten Winkels zu einer solchen Quelle in geringer Entfernung führt zu einer stetigen Annäherung. Nach der March-Band-Theorie hingegen reagieren die Tiere in der Nähe einer künstlichen Lichtquelle negativ phototrop (HSIAO, 1972) und verhalten sich bedingt durch die Blendung in Lampennähe so wie im Tageslicht, d.h. die Tiere werden inaktiv bzw. flüchten in dunkle Bereiche, die sich auf Grund physiologischer Effekte in unmittelbarer Nähe der Lichtquelle befinden. Unabhängig von den möglichen Ursachen ist aber zweifelsfrei nachgewiesen, dass ein erheblicher Teil der nachtaktiven Insekten von künstlichen Lichtquellen angelockt wird (ESCHE ET AL., 1989; EISENBEIS & HASSEL, 2000; HAUSMANN, 1990; LÖDL, 1984; KOLLIGS, 2000; WIROOKS, 2005). Die Anlockwirkung hängt wesentlich von der spektralen Zusammensetzung des emittierten Lichtes ab (CLEVE, 1967; MENZEL, 1979). Da sich die relative spektrale Sehempfindlichkeit des Insektenauges erheblich vom menschlichen Auge unterscheidet und viele Gruppen wie Schmetterlinge ein Sehmaximum im UV-Bereich bei ca. 380-400 nm haben, werden langwellige Spektralbereiche weniger stark wahrgenommen. Daher haben beispielsweise die verstärkt im kurzwelligen Bereich ausstrahlenden Quecksilberdampflampen gegenüber eher langwellig emittierenden Leuchtmitteln wie Natriumdampf-Hochdrucklampen eine 6-10mal höhere Anlockwirkung auf Nachtfalter. Dies mag auch an der unterschiedlichen Helligkeitsempfindung liegen. So empfindet ein Insektenauge eine im Gelbbereich strahlende Natriumdampf-Hochdrucklampe nur etwa 1/10 so hell wie der Mensch, eine Quecksilberdampf-Hochdrucklampe hingegen ca. 9 mal heller (LITG, 1997).

Wie stark ist aber die Anlockwirkung von ökologisch als einigermaßen verträglich eingestuften Leuchtmitteln abseits der abzulehnenden HQL-Lampen und wie groß sind die Unterschiede zwischen diesen Systemen? Diese Fragestellung lässt sich auch nach unserer Testserie nicht pauschal beantworten, dazu wären viel umfassendere Erhebungen in unterschiedlichen Lebensräumen und zu allen Jahreszeiten nötig. Immerhin wurden aber in 18 Nächten durch die 6 getesteten Lampentypen etwa 21.000 Insekten angelockt und die Wirkung selbst als „günstig“ eingestufte Lampen auf die nachtaktive Insektenfauna erscheint

somit immer durchaus erheblich. Dass die bislang aus ökologischen Aspekten propagierte Natriumdampf-Hochdrucklampe deutlich geringere Anlockwirkungen erzielte, als die getesteten Metallhalogendampf-Hochdrucklampen überrascht auf Grund der spektralen Strahlungsverteilung dieser Lampen nicht wirklich, sie emittieren im Bereich unter 570 nm fast überhaupt nicht und sind somit wenig attraktiv. Metallhalogendampf-Hochdrucklampen umfassen hingegen ein viel breiteres Lichtspektrum und werden offensichtlich auch von mehr Arten und Individuen wahrgenommen. Wirklich überraschend ist hingegen die extrem geringe Anlockwirkung der getesteten LED's, wobei die LED 3000K und somit jene mit warmweißem Licht die besten Resultate bringt. Dieses Ergebnis bestätigt eine noch unveröffentlichte Studie in Düsseldorf (EISENBEIS, in litt) voll und ganz.

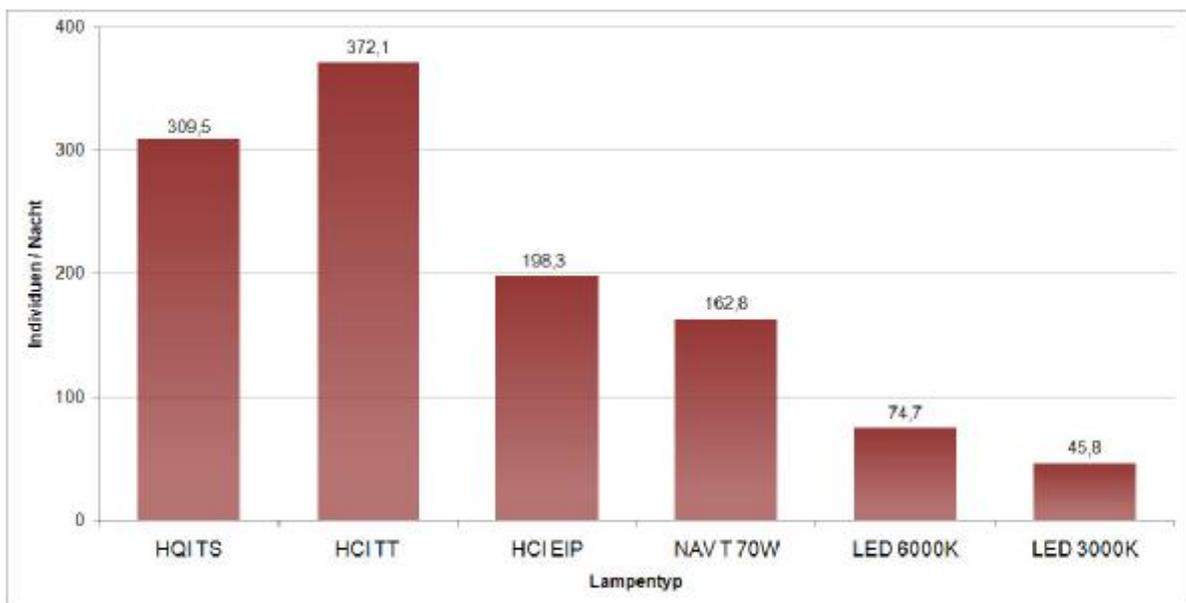


Abb. 15: Durchschnittliche Anlockwirkung der einzelnen Lampentypen/Nacht (alle Insekten)

Die durchschnittlich angelockte Individuenzahl/Nacht beträgt für die LED-Lampen zwischen 45,8 und 74,7 Individuen während sie bei den anderen Leuchtmitteln zwischen minimal 162,8 und maximal und 372,1 Tieren liegt (davon jeweils etwa die Hälfte winzige Dipteren) (Abb. 15). Die verhältnismäßig geringe Anlockwirkung der LED's ist bei allen relevanten Insektenordnungen festzustellen, und gerade bei Schmetterlingen besonders ausgeprägt. Hier stehen 5,9 bzw. 7,1 Exemplare/Nacht mindestens 27,4 bis zu 69,4 Exemplaren/Nacht bei den anderen Lampentypen gegenüber. Bei Berücksichtigung der hohen Energieeffizienz und breiter Einsatzmöglichkeiten dürfte LED's zukünftig eine extrem wichtige Rolle im Außenbeleuchtungsbereich zukommen.

6 Dank

Die Studie entspringt einer Kooperation der Tiroler Landesmuseen und der Tiroler Landesumweltanwaltschaft und wir danken hier vor allem Herrn Landesumweltanwalt Mag. Johannes Kostenzer (Innsbruck) für seine vielfältige Förderung. Während der Projektplanungsphase war uns Frau Mag. Maria Siegl (Thaur) als damalige Projektleiterin der „Hellen Not“ eine wesentliche Unterstützung. Leuchtmittel wurden dankenswerterweise von den Herren Hannes Stolz (OEM Vertrieb OSRAM GmbH, Wien) und Roland Schrettl (LED Lampenvertrieb, MERLIN GROUP, Lans) zur Verfügung gestellt. Die technische Umsetzung des Gerätebaues oblag den Herren Helmut Förg (Schwaz) sowie Bernhard Plössl (Innsbruck). Die Gemeinde Völs erlaubte großzügig die Nutzung von Gemeindegrund und war beim Aufbau der Fallen behilflich, wofür insbesondere Herrn Bürgermeister Erich Ruetz sowie Gemeindebauhofleiter Peter Kranz gedankt wird.

Unserem Kollegen Stefan Heim danken wir für die Anfertigung der Fallenfotos.

7 Literaturverzeichnis

ABT, K. & SCHULTZ, G. (1995): Auswirkungen der Lichtemission einer Großgewächshausanlage auf den nächtlichen Vogelzug. – Corax, 16: 17-29.

BUDDENBROCK, W. VON (1937): Grundriß der Vergleichenden Physiologie. 1. Band. Physiologie der Sinnesorgane und des Nervensystems. Berlin, 567 S.

CLEVE, K. (1964): Der Anflug der Schmetterlinge an künstliche Lichtquellen. Mitteilungen der Deutschen Entomologischen Gesellschaft, 23, S. 66-76.

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

EISENBEIS, G. (2001): Künstliches Licht und Insekten: eine vergleichende Studie in Rheinhessen. Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz, 67, S. 75-101.

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.

HSIAO, H. S. (1972): Attraction of moths to light and to infrared radiation. San Francisco, 89 S.

KOBLER, R. L. (2002): Die Lichtverschmutzung in der Schweiz. Mögliche Auswirkungen und praktische Lösungsansätze. Diplomarbeit FHFB, Fachhochschule beider Basel, 43 S.

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

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

LTG (2009): Umsetzungs-Leitfaden der EU-Verordnung für die Außenbeleuchtung. Lichttechnische Gesellschaft Österreichs.

LÖDL, M. (1984): Kritische Darstellung des Lichtfanges, seiner Methode und seiner Bedeutung für die ökologisch-faunistische Entomologie. Dissertation, Univ. Wien.

MENZEL, R. (1979): Spectral sensitivity and colour vision in invertebrates. In: AUTRUM, H. (Hrsg.): Handbook of Sensory Physiology. Vol. VII/6A. Berlin, Heidelberg, New York, S. 503-580.

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

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 Kührtreiber

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