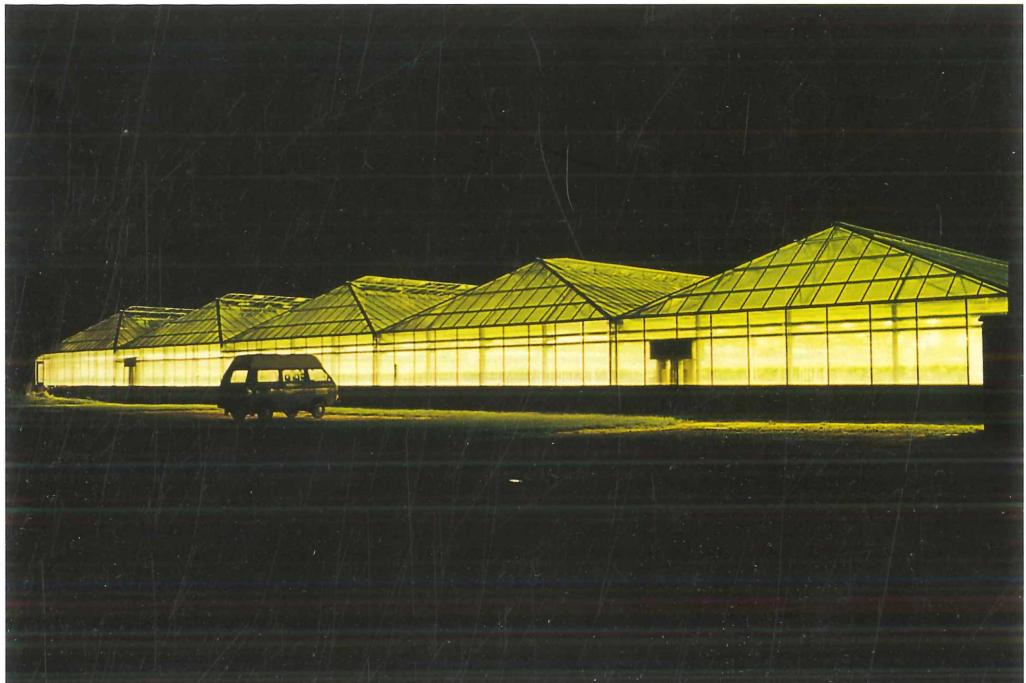


BIO I 90,168/28

SUPPLEMENT

zu Faunistisch-Ökologische
Mitteilungen

Ökologische Auswirkungen künstlicher
Lichtquellen auf nachtaktive Insekten,
insbesondere Schmetterlinge (Lepidoptera)



Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Supplement 28

Herausgegeben im Auftrage der Faunistisch-Ökologischen Arbeitsgemeinschaft
von B. Heydemann, U. Irmler und E. Lipkow
Zoologisches Institut und Museum der Universität Kiel

Kiel, 2000

Ökologische Auswirkungen künstlicher Lichtquellen auf nachtaktive Insekten, insbesondere Schmetterlinge (Lepidoptera)

Detlef Kolligs

Kiel 2000

Titelbild: Die „Grüne Fee“, ein ständig beleuchtetes Gewächshaus zur Produktion von Salat in Albersdorf (Foto: D. Kolligs)

BIO I 90,168/28

Inv. 2001/15,292

Herausgegeben im Auftrage der
Faunistisch-ökologischen Arbeitsgemeinschaft
von B. Heydemann, U. Irmler und E. Lipkow
Zoologisches Institut und Museum
der Universität Kiel

Zu beziehen durch:
Faunistisch-ökologische Arbeitsgemeinschaft
Biologiezentrum, Universität
Olshausenstraße 40
D-24098 Kiel .

Wachholz Druck, Neumünster, 2000

This publication is included in the abstracting and indexing coverage of the
Bio Sciences Service of Biological Abstracts.

ISSN 0430-1285

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Recycling-Papier

Inhalt

**ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN KÜNSTLICHER LICHTQUELLEN AUF
NACHTAKTIVE INSEKTEN, INSBSONDERE SCHMETTERLINGE (LEPIDOPTERA)**

von Detlef Kolligs

1.	Einführung in die Problematik und Fragestellung	5
2.	Warum und wie wirkt Licht auf Insekten	6
2.1	Problematik künstlicher Lichtquellen	6
2.2	Die Entwicklung der Straßenbeleuchtung einer Großstadt im Zeitraum der letzten 50 Jahre, am Beispiel von Kiel	9
3.	Untersuchungsgebiete in Schleswig-Holstein	10
3.1	Albersdorf (Kreis Dithmarschen) und die Lage des untersuchten Gewächshauses	10
3.2	Stadt Kiel und die Lage der beprobten Straßenleuchten	11
3.3	Witterungsverlauf im Untersuchungszeitraum	14
4.	Material und Methoden	15
4.1	Methodik, Zeit und Frequenz der Probennahme	15
4.1.1	Flächenhafte Lichtquelle	15
4.1.2	Straßenleuchten	16
4.1.3	Experimentelle Lichtfanggeräte	17
4.1.4	Köderfänge	19
4.1.5	Raupensuche	19
4.1.6	Markierungsexperimente	20
4.2	Untersuchte Tiergruppen (Insektenordnungen und -familien)	20
4.3	Auswertungsmethoden	21
4.3.1	Beispielhafte Modellrechnung für qualitative Betrachtungen	23
4.4	Methodenkritik	24
5.	Ergebnisse	25
5.1	Familien- und Artenliste	25
5.2	Wirkung flächenhafter Lichtquellen am Beispiel des Großgewächshauses „Grüne Fee“	29
5.2.1	Anteile der verschiedenen Insektenordnungen am Anflug	33
5.2.2	Hochrechnung über den Gesamtanflug am Gewächshaus	34
5.3	Wirkung punktueller Lichtquellen	35
5.3.1	Anteile der verschiedenen Insektenordnungen am Anflug	47
5.3.2	Fangeffektivität der unterschiedlichen Fallentypen	51

5.4 Vergleich punktueller (kleinflächiger) Lichtquellen mit großflächigen Lichtquellen	52
5.5 Vergleich der Anlockwirkung unterschiedlicher Lampentypen, der Fallenkonstruktionen und der Standorte der Lampen	57
5.6 Einfluß künstlicher Lichtquellen auf gefährdete Arten	60
5.7 Häufigkeitsverteilung der erfaßten Familien und Arten	61
5.7.1 Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Reaktion auf künstliche Lichtemission	68
5.8 Versuche zu Anlockentfernungen / Markierungsversuche	70
5.8.1 Versuche mit gezüchteten Faltern	70
5.8.2 Versuche mit freilebenden Faltern	71
5.9 Raupennachweise im Umfeld künstlicher Lichtquellen	74
5.10 Köderfänge zum Nachweis wenig auf Licht reagierender Lepidoptera	75
5.11 Einfluß der Witterung und des Mondes auf den Insektenanflug	77
6. Diskussion	81
6.1 Gesichtspunkte des Artenschutzes und der Reaktion der festgestellten Insektenordnungen im Hinblick auf künstliche Lichtquellen	81
6.2 Allgemeine Schlußfolgerungen und Ableitung von Empfehlungen	101
7. Zusammenfassung	104
8. Summary	107
9. Literatur	109
Anhang	114

1. Einführung in die Problematik und Fragestellung

Die anlockende Wirkung künstlicher Lichtquellen auf Insekten ist ein bekanntes biologisches Phänomen. Trotzdem ist die Frage, warum Insekten diese Lichtquellen anfliegen, bisher noch nicht befriedigend geklärt (SCHMIEDEL 1992). Auch die Erforschung der ökologischen Auswirkungen – also der dauerhaften Beeinträchtigungen von Tierpopulationen und Ökosystemen – steht noch am Anfang, weil die ökosystemaren Auswirkungen von künstlichen Lichtimmissionen bisher kaum untersucht wurden. Diese Untersuchungslücken waren Anlaß für die vorliegende Arbeit.

Hinzu kam, daß die Errichtung eines nachts beleuchteten Großgewächshauses in Schleswig-Holstein die Öffentlichkeit verstärkt auf die Problematik des Anfluges von Vögeln und Insekten an künstlichen Lichtquellen aufmerksam gemacht und die generelle Frage zur ökologischen Verträglichkeit intensiver bzw. massiv anlockender künstlicher Lichtquellen aufgeworfen hat (ABT & SCHULTZ 1995, KOLLIGS & MIETH 1996).

Aber auch generell ist die Landschaft heute immer stärker von Lichtemissionen künstlicher Lichtquellen betroffen. Dabei sind Flughäfen, Sportanlagen, Gewerbegebiete oder Tankstellen mit flächenhaft massiver Lichtwirkung und punktuelle, in hoher Dichte installierte Straßen- und Hausbeleuchtungen die wesentlichen Verursacher solcher Emissionen.

Auch das Lichtspektrum der künstlichen Lichtquellen spielt in diesem Zusammenhang eine Rolle. Es werden zumeist Quecksilberdampflampen zur Beleuchtung eingesetzt; diese haben auf Insekten eine besonders starke Anlockwirkung (SCHMIEDEL 1992).

Eine populationsbeeinflussende bzw. ökosystemare Wirkung leuchtstarker, großflächiger oder in hoher Dichte linear installierte Lichtquellen (z.B. Straßenlampen) auf nachtaktive Insekten kann besonders aus zwei Gründen angenommen werden:

1. Ein bisher nicht genau bekannter Anteil der durch das Licht angelockten Individuen kommt durch unterschiedliche Einflüsse an den Lichtquellen zu Tode (z.B. durch Prädatoren wie Spinnen oder Fledermäuse, durch mechanische Verletzungen, durch die Hitzeeinwirkung der Lichtquelle oder durch Falleneffekte der Gehäusekonstruktion der verwendeten Leuchten).
2. Angelockte Insekten, die aufgrund der Desorientierung durch die Lichtquelle nicht mehr in ihre Herkunftsbiotope zurückfinden, können sich durch die überwiegend ungeeigneten Lebensbedingungen im Umfeld der Lichtquellen nicht ansiedeln. Die Reproduktionsrate ohnehin schon seltener und auf Licht reagierender Arten kann dabei so stark beeinträchtigt werden, daß diese Arten in ihrem Bestand zusätzlich stark reduziert werden. Ein solcher „Leerfang-Effekt“ von Biotopen muß insbesondere in stark anthropogen geprägten Landschaften in Bezug auf besonders leicht durch Licht anlockbare Arten vermutet werden. Das gilt vor allem für das Vorkommen gefährdeter und seltener Arten, die auf kleine, isolierte Reste natürlicher oder naturnaher Biotope beschränkt sind.

In der vorliegenden Arbeit wurde in zwei Untersuchungsschwerpunkten unterschiedlichen Fragekomplexen nachgegangen. Erstmals wurden die Auswirkungen einer großflächig strahlenden Lichtquelle auf die nachtaktive Insektenfauna am Beispiel eines Großgewächshauses über einen zweijährigen Zeitraum untersucht und außerdem die Auswir-

kungen punktueller Lichtquellen am Beispiel von Straßenlaternen über einen mehrjährigen Zeitraum und bei täglicher Probenahme analysiert. Zur Untersuchung der Problematik des Schutzes einzelner, gefährdeter oder besonders geschützter Arten wurden die nachtaktiven Schmetterlinge, als in ihrer Ökologie und Biologie besonders gut bekannte (WEIDEMANN 1995) und zugleich mit vielen Arten gefährdete Insektenordnung ausgewählt.

Folgende Fragestellungen standen im Vordergrund dieser Arbeit:

- Welche taxonomisch-ökologische Struktur weist die vom Kunstlicht angelockte Fauna auf ?
- Welche Auswirkungen haben großflächige, künstliche Lichtquellen ?
- Welche Auswirkungen haben punktuelle, künstliche Lichtquellen ?
- Aus welchen Entfernungen werden die Insekten angelockt ?
- Haben die angelockten Nachtfalter in den vom Kunstlicht beeinflußten Biotopen noch Entwicklungsmöglichkeiten ?
- Ist die gesamte Nachtfalterzönose in der Umgebung einer künstlichen Lichtquelle betroffen ?
- Welche Konsequenzen haben die Ergebnisse für den Artenschutz ?

2. Warum und wie wirkt Licht auf Insekten ?

2.1 Problematik künstlicher Lichtquellen

Zahlreiche nachtaktive Insektenarten werden durch künstliche Lichtquellen angelockt. Die Reaktionsweise ist dabei nach Art und Geschlecht unterschiedlich (SCHMIEDEL 1992). So gibt es nachtaktive Arten, die nicht oder nur im geringen Maße auf künstliche Lichtquellen reagieren. Das für die meisten Insekten sichtbare Lichtspektrum liegt im blauen bis roten Farbbereich zwischen 300 und 650 nm Wellenlänge (CLEVE 1964). Durch besonders starken Insektenanflug zeichnen sich Lampen mit hohen Anteilen im blauen und im UV-Spektralbereich aus.

Die Stärke des Anfluges angelockter Insekten ist unter anderem von der Helligkeit (Strahlungs-Intensität) der Lichtquelle abhängig. Die Reflektion der Strahlung von angeleuchteten Flächen (z.B. weißen Wänden) kann den Leuchteffekt einer Lampe verstärken. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die subjektive Helligkeitswahrnehmung (also die spektrale Helligkeitsempfindlichkeitskurve der jeweiligen Insekten) maßgebend ist. Eine vom Menschen vergleichsweise als „hell“ wahrgenommene Lichtquelle kann auf Insekten unter Umständen nur eine relativ geringe Attraktivität ausüben und umgekehrt.

Erhöht man die Leuchtstärke einer Lichtquelle dann fliegen auch bei gleichbleibender spektraler Zusammensetzung des Lichtes deutlich mehr Insekten an. CLEVE (1964) registrierte bei einer Verdoppelung der Lichtintensität der jeweiligen Lichtquelle eine Zunahme im Anflug von Insekten um 70 %.

Die Gefährdung der Insekten durch künstliche Lichtquellen beruht auf sehr unterschiedlichen Faktoren:

- Größere Arten können durch die Wucht des Aufpralles an die Leuchtengehäuse verletzt oder getötet werden.
- Kleinere Arten können allein durch die Hitzeentwicklung bei Berührung ungeschützter Lampen (offene oder beschädigte Leuchtengehäuse) getötet werden.
- Prädatoren wie Fledermäuse und Spinnen suchen gezielt Lichtquellen auf, um die anfliegenden Insekten zu fangen.
- Die Tiere einer Population werden aus ihren Herkunftsbiotopen herausgelockt und finden bei den Lichtquellen keine geeigneten Entwicklungshabitate, Nahrungspflanzen und Geschlechtpartner. Sie fallen auf diese Weise für die Reproduktion der Population aus („Leerfang-Effekt“).
- Die nächtliche zeitliche Synchronisation der Tiere, beispielsweise zur Paarfindung und Nahrungsaufnahme, wird gestört (Störung der Inneren Uhr).

Auf die Frage warum Insekten und speziell Schmetterlinge überhaupt auf Licht reagieren, gibt es bis heute keine eindeutige Erklärung. Es existieren hierzu zahlreiche, aber teilweise sehr unterschiedliche Theorien; im folgenden werden kurz die wichtigsten vorgestellt:

Die Theorie des mondorientierten Flugverhaltens geht vereinfachend davon aus, daß fliegende Insekten einen bestimmten, meist spezifisch festgelegten Winkel zum Mond einhalten. Bei einer fast unendlich weit entfernten Lichtquelle, wie sie der Mond darstellt, ergibt sich daraus ein horizontaler Geradeausflug. Gerät ein so navigierendes Tier in die Nähe einer künstlichen Lichtquelle, kann es diese nicht mehr vom Mond unterscheiden; und zwar dann nicht, wenn aus seiner Sicht die Winkelgrößen beider Leuchtkörper übereinstimmen. Aus dem Geradeausflug wird dann eine spiralförmige „Annäherung“, also das bekannte Umkreisen der Lichtquelle (BUDDENBROCK 1937). Das mondorientierte Flugverhalten würde auch den in mondlosen Nächten verstärkten Anflug an künstliche Lichtquellen erklären.

Nach der sogenannten March-Band-Theorie (HSIAO 1972) verhalten sich nachtaktive Schmetterlinge, die in Reichweite einer künstlichen Lichtquelle gelangen, aus nicht näher bekannten Gründen zunächst positiv phototaktisch (Far-Phase). In nächster Nähe zur Lichtquelle schlägt das Verhalten in eine negativ phototaktische Reaktion um (Near-Phase). Als würde der Nachtfalter plötzlich Tageslicht ausgesetzt sein, versucht er, der hohen Lichtintensität zu entfliehen. Sein Flug ist dabei auf den Bereich des größten Hell-Dunkel-Kontrastes, d. h. auf die Grenzlinie zwischen Leuchtkörper und umgebender Dunkelheit gerichtet (March-Band-Effekt). Dieses Verhalten führt auch zu den bereits bekannten kreis- und spiralförmigen Flugbahnen um die Lichtquelle herum (ROBINSON & ROBINSON 1950, VERHEIJEN 1958). In der Nähe des Lichtes ruhende Nachtfalter nehmen in der Regel eine der Lichtstrahlung abgewandte Haltung ein, so daß möglichst wenig direktes Licht auf ihre Augen fällt.

Darüber hinaus verfügen Nachtfalter und wahrscheinlich auch alle anderen nachtaktiven Insekten über sehr komplex aufgebaute Orientierungsmechanismen. So unterliegt das Flugverhalten des wandernden Eulenfalters *Noctua pronuba* L. nach SOTTHIBANDHU & BAKER (1979) einer Hierarchie fakultativ einsetzbarer Orientierungsmöglichkeiten. *N. pronuba* L.

orientiert sich primär mit Hilfe des Mondes. Ist dieser nicht präsent, übernehmen die Sterne die Funktion des Mondes, und bei völliger Dunkelheit kann vermutlich das Erdmagnetfeld genutzt werden. BAKER (1987) konnte solch eine magnetische Kompaßorientierung bei der Noctuidae *Agrotis exclamationis* L. nachweisen.

Die bei den Untersuchungen eingesetzten Natriumdampf- und Quecksilberdampflampen sind die am meisten – besonders bei Straßenbeleuchtungen – verwendeten Modelle zur künstlichen nächtlichen Beleuchtung. Die Hauptkomponente des Lichtspektrums der Natriumdampflampe liegt im roten Spektralbereich von 600-700 nm. Demgegenüber weist die Quecksilberdampflampe ein breiter gestreutes Lichtspektrum auf (s. Abb. 1). Es besteht aus Hauptkomponenten bei 400, 430, 550, 580 und 620 nm und liegt damit in einem Bereich, den die Fazettlenaugen der nachtaktiven Insekten besonders gut wahrnehmen können (CLEVE 1964).

Wesentliches Merkmal für die Beschreibung der Lichtleistung einer Lampe ist nicht der Energieverbrauch (Wattzahl), sondern die abgestrahlte Leuchtdichte. Sie bestimmt die physikalisch messbare Helligkeit einer Lampe; diese wird aber von den Insekten unterschiedlich wahrgenommen. Abbildung 1 verdeutlicht die Lichtempfindlichkeit des Nachtfalterauges im Vergleich zu den Strahlungsspektren der Quecksilberdampf- und der Natriumdampflampe.

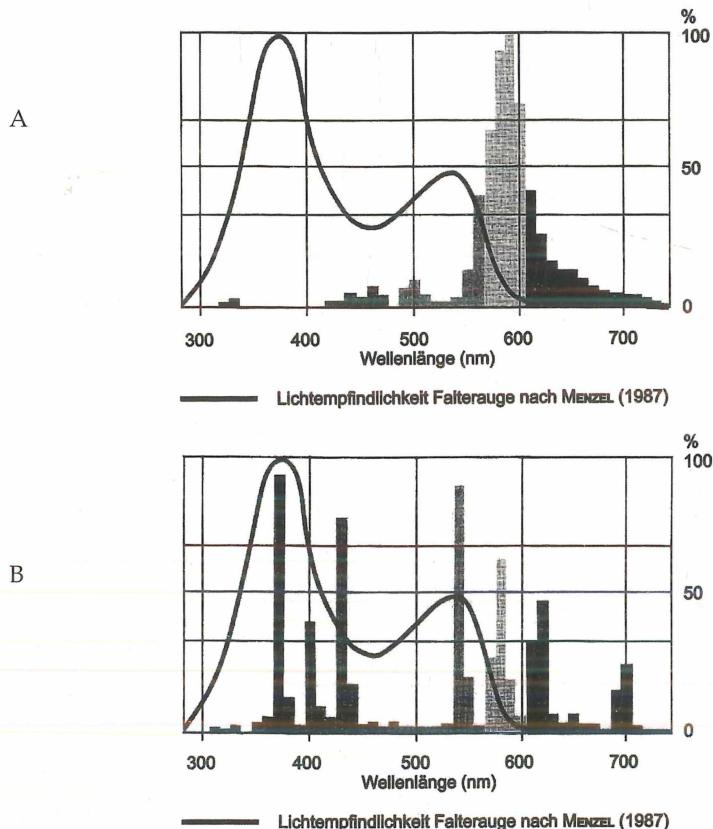


Abb. 1: Spektrale Zusammensetzung des emittierten Lichtes einer Quecksilberdampflampe (A) und einer Natriumhochdruckdampflampe (B) im Vergleich zur Lichtwahrnehmung des Nachtfalterauges nach MENZEL (1987); verändert nach OSRAM (1999)

2.2 Die Entwicklung der Straßenbeleuchtung einer Großstadt im Zeitraum der letzten 50 Jahre, am Beispiel von Kiel

Abbildung 2 verdeutlicht die Entwicklung der Straßenbeleuchtung der knapp 50 letzten Jahre im Stadtgebiet von Kiel. Kurz nach dem Zweiten Weltkrieg (1949) waren in dem gesamten Stadtbereich 380 Leuchten aufgestellt, 1998 hingegen betrug ihre Zahl fast 20.000, mit steigender Tendenz. Bei der Annahme, daß die Leuchten in einem Abstand von durchschnittlich 30 m zueinander aufgestellt sind, ergibt sich daraus eine Zunahme von 11,4 beleuchteten Straßenkilometern im Jahr 1949 auf 585,36 Straßenkilometer 1998. Dies entspricht einer Zunahme um das 50-fache in den 50 Jahren.

Über die Entwicklung bei den verwendeten Lampentypen lassen sich keine Angaben über den obigen Zeitraum machen. Verwendet werden in Reihenfolge der Häufigkeit der letzten fünf Jahre: Quecksilberdampflampen, Leuchtstoffröhren, Natriumhochdruckdampflampen und Glühlampen. Die Stadtwerke sind hierbei nach eigener Auskunft bemüht, den Anteil der Natriumdampflampen zu erhöhen. Die Lebensdauer der Natriumdampflampen in den Bereichen 50 - 70 Watt ist jedoch deutlich geringer als die der anderen Lampen. Eine höhere Lebensdauer haben die Lampen über 100 Watt, so daß aus Kostengründen ab einer benötigten Leistung von 100 Watt vor allem Natriumdampflampen eingesetzt werden.

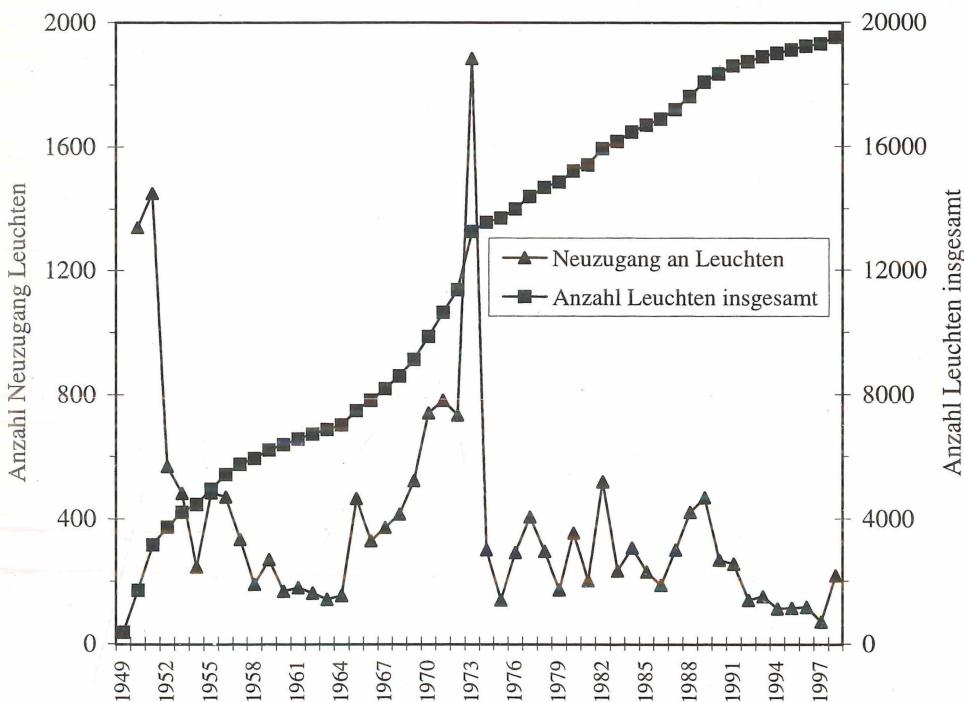


Abb. 2: Die Entwicklung der Anzahl der Straßenleuchten von 1949-1998 im Kieler Stadtgebiet und der jährliche Zugang an Straßenleuchten über den gleichen Zeitraum.

3. Untersuchungsgebiete in Schleswig-Holstein

Abbildung 3 zeigt die Lage der beiden Untersuchungsgebiete in Schleswig-Holstein. Der Standort „Kiel“ liegt im Ostholsteinischen Hügelland nahe der Ostsee, demgegenüber der Standort „Albersdorf“ am westlichen Rand des Geestrückens liegt.

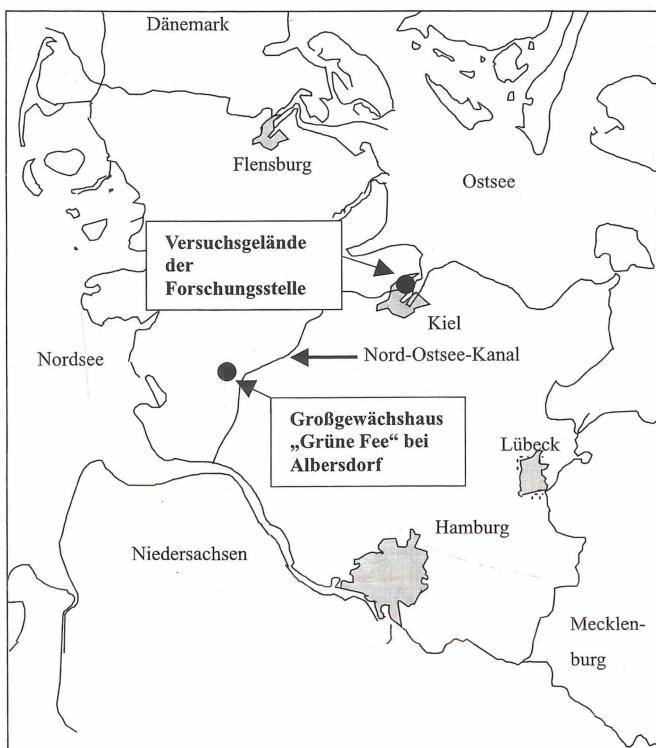


Abb. 3: Die Lage der Untersuchungsgebiete in Schleswig-Holstein

3.1 Albersdorf (Kreis Dithmarschen) und die Lage des untersuchten Gewächshauses

Das Großgewächshaus „Grüne Fee“ liegt am Ortsrand von Albersdorf, im Landkreis Dithmarschen und ist seit Februar 1992 in Betrieb. Der Standort zwischen den beiden größeren Städten Rendsburg und Heide am westlichen Geestrand, inmitten einer typischen schleswig-holsteinischen Agrarlandschaft, ist geprägt durch Acker- und Weidewirtschaft. Zahlreiche Knicks bestimmen noch das Landschaftsbild. Der Waldanteil ist relativ hoch, es herrschen dabei Fichtenforste oder Buchen-Reinbestände vor. Die Fließgewässer Gieselau und Westerau sind neben dem nahe gelegenen Nord-Ostsee-Kanal und einigen Kleingewässern die bedeutendsten Gewässerbiotope in der Umgebung.

Die nachfolgende Karte zeigt die Lage des Untersuchungsstandortes.

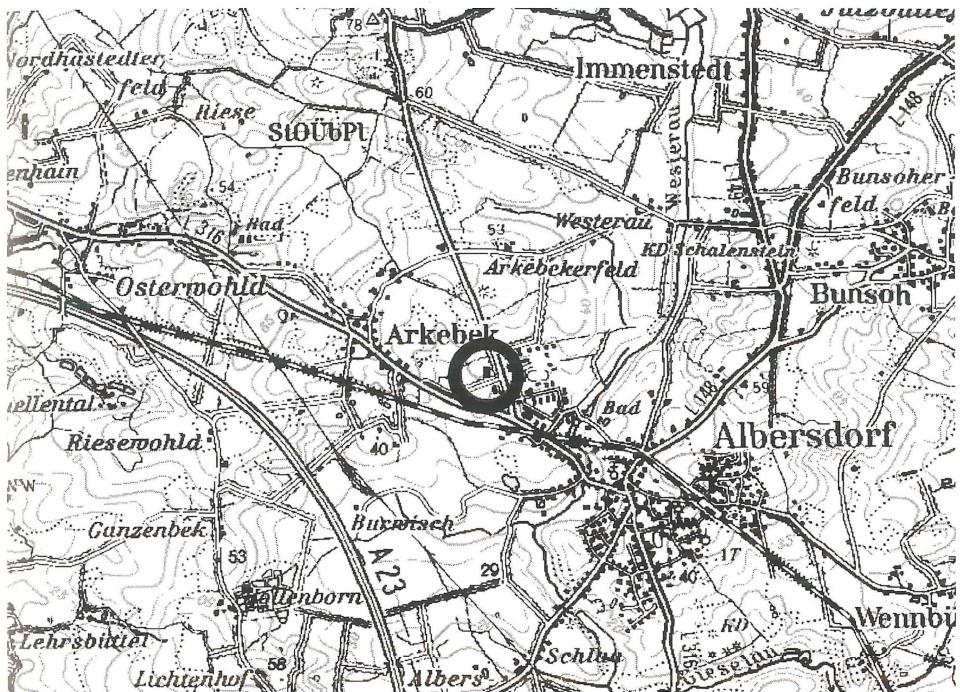


Abb. 4: Lage des Großgewächshauses bei Albersdorf

Die nächtliche, künstliche Beleuchtung des Gewächshauses erfolgte, um durch eine 24-stündige Lichtwirkung die Pflanzenproduktion zu erhöhen. Die Beleuchtung wird computergesteuert eingeschaltet, sobald das Außenlicht nicht mehr zur Photosynthese ausreicht. Ausnahmen bilden Phasen mit saisonbedingter Absatzschwäche.

Zur Beleuchtung werden spezielle Natriumdampflampen eingesetzt, deren Licht in seiner spektralen Zusammensetzung auf die Bedürfnisse der Salatpflanzen abgestimmt sein soll. Sie strahlen vornehmlich im gelb-roten Bereich, dem wirksamen Absorptionsmaximum des Chlorophyll a.

Anfangs strahlte die gesamte Gewächshausfläche das Licht nach außen ab. Später wurden auf Teilflächen zur Thermoregulation und Vermeidung von extremem Lichtimmissionen Vorhänge vor die seitlichen Glasflächen des Gewächshauses gezogen. Jedoch wurden diese Vorhänge niemals vollständig zugezogen, weil sonst die Abwärme der Lampen schnell zur Überhitzung der Kulturen geführt hätte. Im Jahr 1996 wurde die nächtliche Beleuchtung aufgrund betrieblicher Schwierigkeiten eingestellt.

Der Grundriß des Gewächshauses mit seiner engeren Umgebung ist aus der nachfolgenden Zeichnung ersichtlich (Abb. 5).

3.2 Stadt Kiel und die Lage der beprobten Straßenleuchten

Das Untersuchungsgebiet liegt im Osten der Stadt Kiel an der Grenze zwischen den Stadtteilen Ravensberg und Wik. Im Norden wird es von der B 76, im Süden und Osten von der Olshausenstraße begrenzt. Im Westen schließt sich die Leibnizstraße (Universitäts-

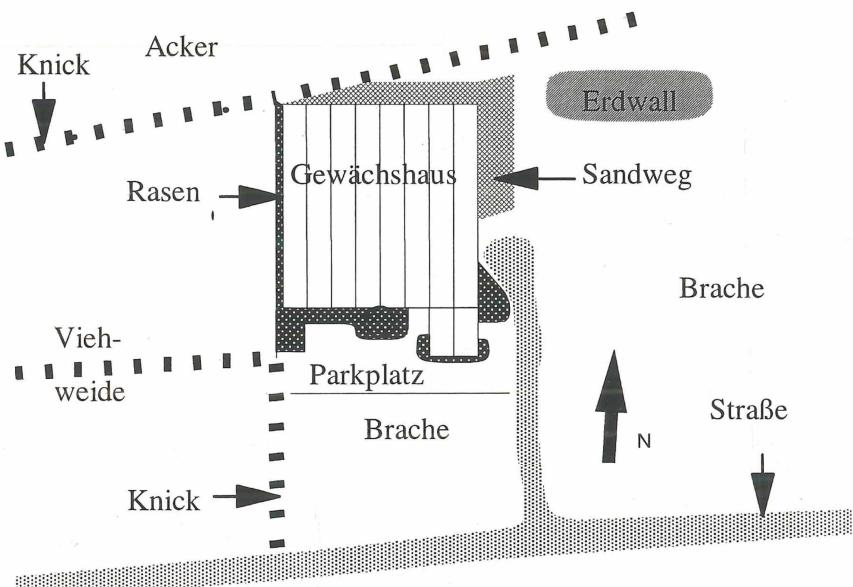


Abb. 5: Grundrisszeichnung des Gewächshauses im Maßstab 1: 5000

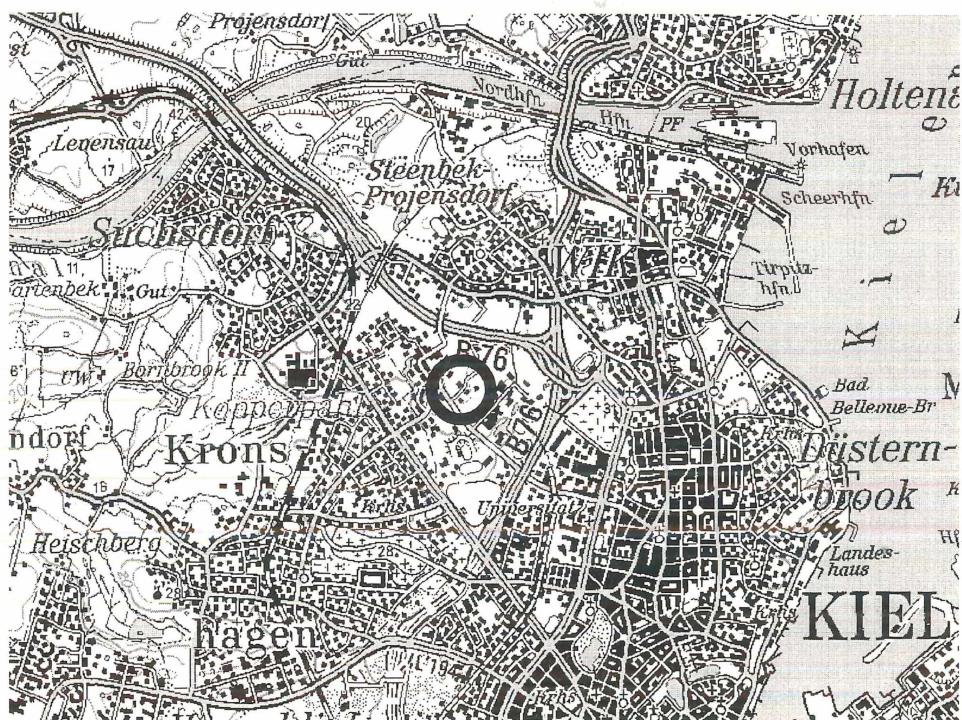


Abb. 6: Lage der Forschungsstelle für Ökotechnologie in Kiel

gelände) an. Die untersuchten Straßenleuchten waren auf dem Versuchsgelände, die Kastenfallen auf dem benachbarten Gelände der „Ökotechnikhalle“ der Forschungsstelle für Ökotechnologie der Universität Kiel aufgestellt. Geologisch ist das Gebiet dem Naturraum „Ostholsteinisches Hügelland“ zuzuordnen.

Das Untersuchungsgebiet und dessen Umfeld ist durch eine hohe Strukturvielfalt gekennzeichnet. Es beherbergt eine Vielzahl unterschiedlicher Biotoptypen, die meist kleinräumig über das Gebiet verteilt liegen. Kleingärten in unterschiedlich intensiver Gartenutzung in Form von Zier- und Nutzgärten wechseln auf engem Raum mit Grünland, kleinen Gehölzgruppen und alten Obstbäumen. Ein erheblicher Teil des Grünlandes hat sich durch Nutzungsaufgabe zur Brache entwickelt. Begleitet werden Wege und Gärten von zahlreichen alten Knicks, insbesondere mit alten Weißdornbüschchen. Ökologisch unterschiedliche Kleingewässer, vor allem auf dem Versuchsgelände der Forschungsstelle, erhöhen zusätzlich die biologische Strukturvielfalt.

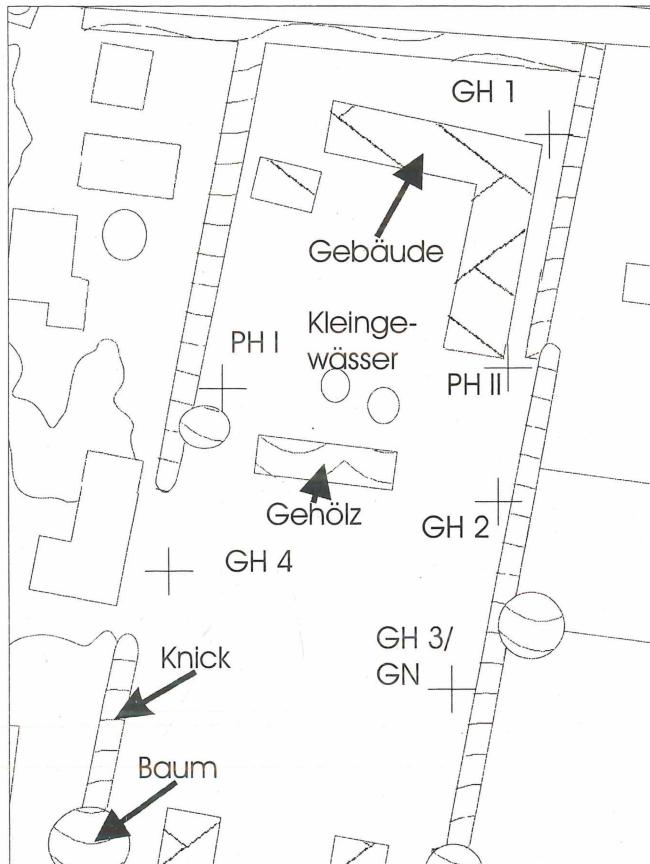


Abb. 7: Grundrisszeichnung des Versuchsgeländes der Forschungsstelle für Ökotechnologie mit den Standorten der beprobteten Straßenleuchten. Maßstab 1 : 5000;
GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe,
PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4, I-II) = Leuchten-Nummer

3.3 Witterungsverlauf im Untersuchungszeitraum

Einen Überblick über den Verlauf der monatlichen Durchschnittstemperaturen und -niederschläge im Vergleich zu den jeweiligen langjährigen Mitteln im Untersuchungszeitraum geben nachfolgende Abbildungen. Die meteorologischen Daten wurden vom Deutschen Wetterdienst ermittelt. Diese waren auch Grundlage bei der Analyse des Witterungseinflusses auf das Anflugverhalten der Insekten.

Der Temperaturverlauf der drei Untersuchungsjahre zeigt von Frühjahr bis Herbst keine besonderen Abweichungen von den langjährigen Mitteln, nur Juli und August 1994 und 95 waren jeweils wärmer. Die Wintermonate der Jahre 1995 und 96 hingegen waren deutlich kälter als im Durchschnitt, insbesondere Dezember bis März 1996.

Der Verlauf der Niederschläge war im Untersuchungszeitraum sehr uneinheitlich. Einige Monate sind durch überdurchschnittlich hohe Niederschläge, so März, August, September, Dezember 1994, Januar 1995 und November 1996, andere Monate durch sehr niedrige Niederschläge, so Juli, November 1994, August, Oktober, Dezember 1995, Januar, März, April, Juni, Juli, August und Dezember 1996, gekennzeichnet.

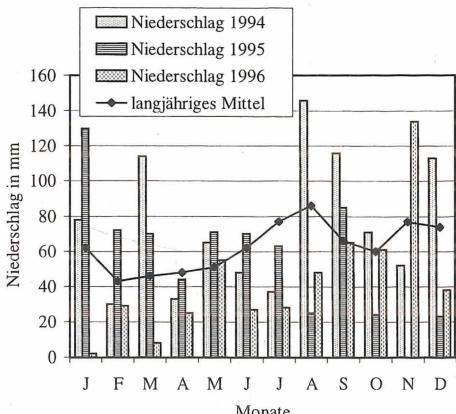
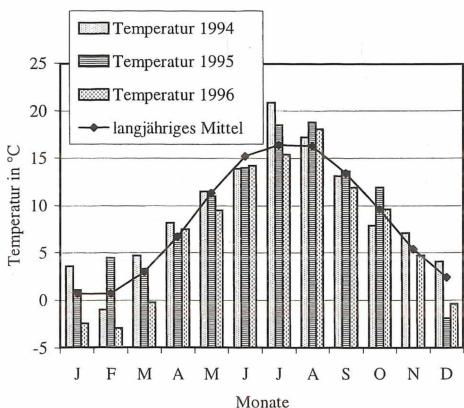


Abb. 8: Monatliche Durchschnittstemperaturen und -niederschläge der Jahre 1994-96 an der Station Kiel-Holtenau

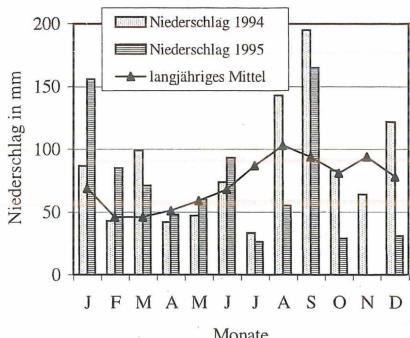
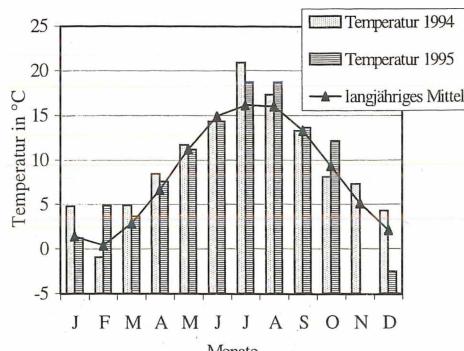


Abb. 9: Monatliche Durchschnittstemperaturen und -niederschläge der Jahre 1994-95 an der Stati Heide/Holstein

4. Material und Methoden

4.1 Methodik, Zeit und Frequenz der Probennahme

4.1.1 Flächenhafte Lichtquelle

Die Freilanduntersuchungen am Gewächshaus „Grüne Fee“ wurden im Zeitraum von 20. April bis zum 7. November 1994 und vom 23. April bis zum 31. Oktober 1995 mit unterschiedlichen Programmschwerpunkten durchgeführt. 1994 wurde jeweils wöchentlich eine Erfassung der Insekten am Gewächshaus vorgenommen. Die Beobachtungsduer betrug jeweils von Beginn der Dämmerung an 4 Stunden. 1995 wurden nur noch die Nachtfalter bearbeitet und ab Mitte Juli erfolgte die Probennahme am Gewächshaus im zweiwöchigen Abstand, da das Gewächshaus aufgrund betrieblicher Schwierigkeiten nachts häufig nicht oder in unterschiedlich kurzen Zeitintervallen beleuchtet wurde. Insgesamt wurden an 52 Fangtagen 428 Proben genommen.

Die Beleuchtung des Gewächshauses bestand aus 800 Natriumhochdruckdampflampen a 400 Watt der Firma Lucalox.

Die Gewächshausseiten wurden in beiden Untersuchungsjahren bei der Probennahme mehrfach systematisch abgegangen und die durchleuchteten Glasflächen auf der gesamten Höhe von 0,80 m bis 3,20 m nach Nachtfaltern abgesucht. Die auf den Glasflächen sitzenden Tiere wurden nach Arten bestimmt, die Individuenzahl protokolliert und die Falter am Ende der Probennahme wieder freigelassen. Nur schwer bestimmbarer Nachtfalter wurden abgesammelt und später im Labor determiniert.

Im Jahr 1994 wurden darüberhinaus sämtliche anderen angeflogenen Insekten an definierten und stets gleichen Probeflächen auf den unterschiedlich exponierten Seiten (je Seite



Abb. 10: Das nachts beleuchtete Großgewächshaus „Grüne Fee“

zwei Probeflächen von je 1,5 m², insgesamt 12 m²) des Gewächshauses erfaßt. Dabei wurden über einen Zeitabstand von jeweils zwei Stunden alle auf diesen Probeflächen angeflogenen Insekten mit Hilfe eines Spezialeinsauggerätes (Exhaustor) abgesaugt. Die gesammelten Tiere wurden anschließend im Labor – nach Flächenexposition getrennt – sortiert und sowohl qualitativ (nach Insektenfamilien) als auch quantitativ (nach Individuenzahlen) analysiert. Die Daten der repräsentativen Probeflächen wurden später auf die gesamte Gewächshausfläche hochgerechnet (s. Kap. 4.3.1).

4.1.2 Straßenleuchten

Auf dem Versuchsgelände II der Forschungsstelle für Ökotechnologie wurden von insgesamt acht dort aufgestellten handelsüblichen 4 m hohen Kastenleuchten der Firma Siemens, Typ 5NA5832-1C mit Quecksilberdampflampen (HQL/70W/Osram), vier mit Hilfe selbst konstruierter Fallen untersucht. Sie standen in einem Abstand von 30 m zueinander. Über die Anordnung der Straßenlaternen und das Biotopumfeld siehe Abbildung 7. Die Fallen wurden über den Untersuchungszeitraum von 1994 bis 1995 in der Regel täglich beprobzt. 1996 wurden die Fallen in zweitägigem Rhythmus gewechselt. Zusätzlich wurden zwei weitere Fallen (s. u. Fallentyp II) an den zu den bereits beprobzten Leuchten benachbart stehenden Leuchten aufgestellt und die Quecksilberdampflampe der Leuchte der Parallele 3 am 11.7. gegen eine Natriumdamplampe ausgetauscht. Der Untersuchungszeitraum war witterungsbedingt unterschiedlich lang: 1994 vom 29. Juni bis 30. September,

1995 vom 24. April bis 31. Oktober und 1996 vom 3. Mai bis 30. September. Insgesamt wurden an 268 Fangtagen 1408 Proben genommen.



Fallentyp I
für
Straßenleuchten

Zur Automatisierung des Insektenfangs an den Straßenleuchten wurde ein selbstentwickelter Gazezyylinder mit seitlichen 2,5 x 15 cm großen Öffnungsschlitten im oberen Bereich über die Kastenleuchte gestülpt (s. Abb. 11). Eine nach unten laufende Verengung des Gazebeutels mündet in einen Pulvertrichter an dem der Fangbehälter, eine 750 ml fassende Weithals-Flasche aus Polyethylen gefüllt mit 4 %igem Formalin mit Agepon, angeschraubt war. Die gefangenen Tiere wurden dann mit Wasser gespült und in 70%iges Ethanol überführt. Die Determination erfolgte später im Labor.

Die Leuchten wurden über einen Dämmerungsschalter automatisch ein- und ausgeschaltet.

Abb. 11: Straßenleuchte mit Fallentyp I

Fallentyp II für Straßenleuchten

Der zweite an den Straßenlampen zu Vergleichszwecken verwendete Fallentyp wurde von Bauer im Rahmen seiner Diplomarbeit konstruiert (BAUER 1993) und für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt. Das Konstruktionsprinzip ist abgeleitet von einer Standardlichtfalle (WORTH & MULLER 1979 zitiert in BAUER 1993) ohne zentrale Lichtquelle.

Diese Fallen sind in Verbindung mit der zu untersuchenden Beleuchtung selbstfangende Lichtfallen. Drei Plexiglasplatten (20 cm x 60 cm), die in einem 120° Winkel sternförmig angeordnet sind, bilden das Fangkreuz der Falle. Ein Aluminium-Trichter mit 40 cm oberer und 5,5 cm unterer Öffnung und 30° Neigung ist unterhalb der Plexiglasplatten befestigt. An diesem wurde eine Weithals-Flasche aus Polyethylen mit 4%igem Formalin mit Agepon-Zusatz als Fangbehälter angebracht (s. Abb. 12). Die Tiere wurden nach dem Spülen mit Wasser in 70 %iges Ethanol überführt und später im Labor determiniert.

Die Leuchten wurden über einen Dämmerungsschalter automatisch ein- und ausgeschaltet.

4.1.3 Experimentelle Lichtfanggeräte

Kastenfallen

Parallel zu jeder Probennahme am Gewächshaus wurde über den gesamten Untersuchungszeitraum der Insektenanflug an zwei automatischen Lichtfallen erfaßt. Zu Vergleichszwecken (Auswirkungen unterschiedlicher Lichtqualitäten) wurden die beiden Lichtfallen mit unterschiedlichen Lampentypen gleicher Lichtleistung bestückt. Eine Lichtfalle befand sich in Sichtweite (300 m) des Gewächshauskomplexes und wurde mit einer Quecksilberdampflampe (HQL/MBF-U/ 125W/Osram) betrieben.

Die zweite Lichtfalle wurde weit entfernt vom Gewächshaus (2500 m) in einem vergleichbaren Biotopkomplex (Waldrand, Acker und Weidewiesen) aufgestellt und mit einer Natriumhochdruckdampflampe (NAV-E/70W/I/Vialux/70W/Osram) bestückt. Die Fallen wurden jeweils mit Beginn der Dämmerung in Betrieb genommen und nach Beendigung der vierstündigen Probennahme am Gewächshaus auf die erfaßten Tiere kontrolliert. Dabei ermöglichte die Konstruktion der Fallen den Lebendfang der angelockten Insekten, so daß zumindest die Nachtfalter nach Protokollierung wieder freigelassen werden konn-

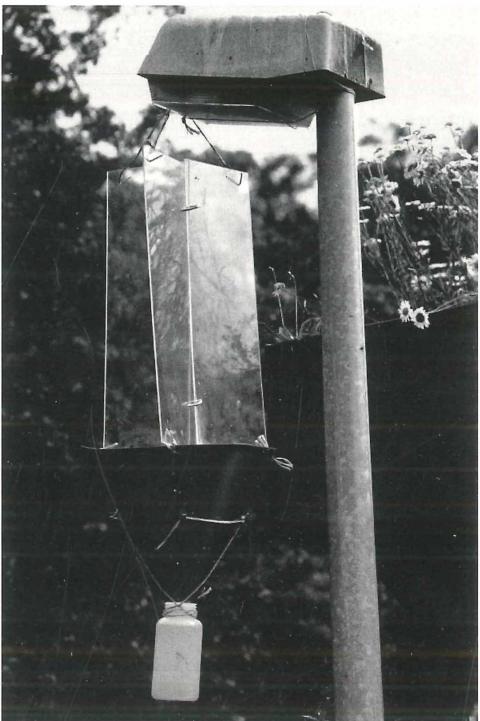


Abb. 12: Straßenleuchte mit Fallentyp II

ten. Die übrigen Tiere (kleine Insektenformen) wurden über den Untersuchungszeitraum 1994 konserviert und später im Labor determiniert.

Die Fallen wurden über einem Dämmerungsschalter mit Beginn der Abenddämmerung ein- und nach 4 Stunden abgeschaltet.

Die gleichen Lichtfallen wurden 1996 und 1997 auf dem Gelände der Ökotechnikhalle der Forschungsstelle für Ökotechnologie in einem Abstand von 30 m zueinander aufgestellt. Um den Einfluß des Fallenstandortes auf das Fangergebnis zu minimieren, wurde die Quecksilberdampflampe und die Natriumhochdruckdampflampe der Kastenfallen mehrmals pro Jahr gegeneinander ausgetauscht. Die Fallen wurden täglich kontrolliert, die angeflogenen Falter nach der Determination in unmittelbarer Nähe der Lichtfallen im Gebüsch wieder freigelassen. Insgesamt wurden an 176 Fangtagen 352 Proben genommen.

Die Konstruktion der verwendeten Kastenfallen wird aus Abbildung 13 ersichtlich. Die anfliegenden Tiere prallen auf kreuzförmig angebrachte Plexiglasplatten, in deren Zentrum die Lampe befestigt ist. Durch den Aufprall fallen die Tiere nach unten und werden in einem Trichter aus Plexiglas aufgefangen, der die Tiere in einen darunterstehenden Holzkasten leitet. Dieser bietet mit eingebrochenen Eierpappkartons Versteckmöglichkeiten für die gefangenen Tiere. Durch diese schonende Fangmethode war es möglich, die Tiere nach der Protokollierung wieder freizulassen. Die Überdachung der Konstruktion ermöglichte den Betrieb der Anlage auch bei Regen.

Lichtfallen mit UV-Leuchtröhre

Zur Untersuchung von Anlockentfernen wurden im 90° Winkel zu einem Waldrand bei Albersdorf vier transportable automatische Lichtfallen hintereinander in Entfernen zum Waldrand von 0, 15, 30 und 60 m auf einem gepflügten Acker aufgestellt. Es wurde

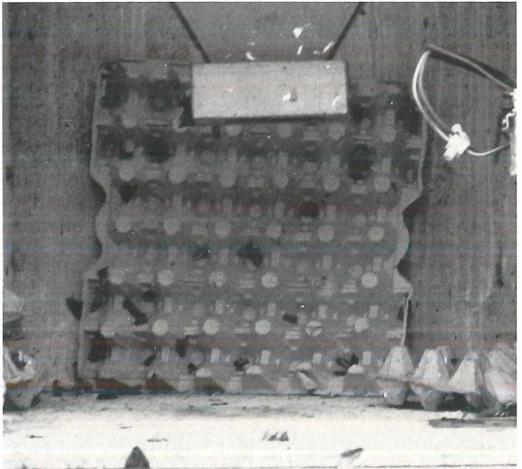


Abb. 13: Die verwendete Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe und Blick in den Fangkasten mit den lebenden Faltern

eine 18W UV-Leuchtstoffröhre der Firma Fiebig-Lehrmittel in einer feuchtigkeitsgeschützten Plexiglasröhre verwendet, die mit einem Dämmerungsschalter über eine Autobatterie betrieben wurde. Die Konstruktion der Fallen ähnelt der der Kastenfalle. Die von oben durch einen Trichter geschützte UV-Leuchtstoffröhre ist zwischen vier kreuzförmig stehenden Plexiglasplatten aufgehängt. Die angelockten Tiere werden an dem Plexiglas entlang durch einen Trichter in eine Holzkiste geleitet, auf der die Falle aufgesetzt ist. In der Kiste befanden sich Eierkartonpappchen, in denen die Falter zu Ruhe kommen konnten. Bei täglicher Kontrolle der Fallen war es so möglich die Tiere wieder in einiger Entfernung auszusetzen.

4.1.4 Köderfänge

Köderfänge wurden im Bereich des Gewächshauses „Grüne Fee“ und auf dem Versuchsgelände der Forschungsstelle durchgeführt, um das Arteninventar der Nachtfalter mittels einer zusätzlichen Methode möglichst vollständig zu erfassen. Dazu wurden an den Probenahmetagen 6-10 m lange, mit einem Rotwein-Zucker-Gemisch getränkte Hanfschnüre in Bäume und Sträucher gehängt und in regelmäßigen Abständen mit einer Lampe nach angeflogenen Nachtfaltern abgesucht.

4.1.5 Raupensuche

Mit Hilfe der Klopfmethode wurden von Mai bis August 1995 einmal um den 20. jeden Monats alle Sträucher und Bäume im unmittelbaren Umfeld des Gewächshauses und dem Versuchsgelände der Forschungsstelle nach den Raupenstadien der Nachtfalter abgesucht. Bei dieser Methode wird ein 1 m² großes trichterförmiges Netz unter Zweige und Äste gehalten und von oben mit einem Stock auf die Äste „geklopft“, so daß die daran sitzenden Raupen in das Netz fallen.

War eine sofortige Bestimmung der Raupen nicht möglich, wurden die Tiere mit ins Labor genommen und dort bis zum erwachsenen Tier weitergezüchtet, um diese dann determinieren zu können. Dies gelang jedoch nicht bei allen gefundenen Raupen, da einige Tiere von Parasitoiden befallen waren und dadurch ihre Entwicklung zum Falter nicht abschließen konnten.

Zusätzlich wurde gezielt nach bestimmten Arten an krautigen Pflanzen gesucht, die aufgrund ihrer Biologie im Gelände vermutet wurden. Zufällige Einzelfunde ergänzen weiterhin das nachgewiesene Artenspektrum.



Abb. 14: Lichtfalle mit UV-Leuchtröhre

4.1.6 Markierungsexperimente

Mit im Labor gezüchteten und mit im Freiland gefangenen Faltern wurden Markierungsversuche zur Ermittlung von Anlockentfernungen durchgeführt.

Versuche mit gezüchteten Faltern

Zur Zucht später markierter Tiere wurden im Frühjahr 1995 von drei Arten jeweils 2-3 Weibchen eingefangen und in Plastikboxen zur Eiablage untergebracht. Die Aufzucht der Raupen erfolgte in speziellen Raupenzuchtkäfigen unter Zugabe der jeweiligen Futterpflanzen. Da das Schlüpfen der Tiere sich jeweils über einige Tage hinzog, wurden die zuerst geschlüpften Tiere in Plastikdosen im Kühlschrank aufbewahrt. Erst einen Tag vor dem Versuch wurden alle Tiere den Außentemperaturen ausgesetzt und mit Zuckerrwasser gefüttert (Ausnahme: der Pappelzahnspinner *Pheosia gnoma* besitzt nur verkümmerte Mundwerkzeuge und braucht nicht gefüttert werden).

Zur Versuchsdurchführung wurden die Individuen jeder Art in 9 gleich große Gruppen für das Aussetzen in unterschiedlichen Entfernungen zu der Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe aufgeteilt. Die Tiere wurden je nach Gruppe unterschiedlich markiert. Für die Ermittlung der Anlockungsentfernungen wurden die in die Entfernungskategorien aufgeteilten Tiere in Abständen von 10, 20, 30, 50, 70, 90, 110, 130 und 150 m zur Lichtquelle ausgesetzt und der Anflug an die Falle artenbezogen und quantitativ erfaßt.

Versuche mit freilebenden Faltern

Für catch/recatch-Untersuchungen wurden die an der Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe auf dem Gelände der Ökotechnikhalle angeflogenen Nachtfalter markiert. Hierzu wurden die Tiere durch vorsichtiges Entfernen der Flügelschuppen auf Teilen der Vorderflügeloberseite nach den Probenahmetagen unterschiedlich gekennzeichnet. An dem darauffolgenden Tag wurde die Zahl der erneut gefangenen markierten Falter bestimmt.

4.2 Untersuchte Tiergruppen (Insektenordnungen und -familien)

Einen Überblick über die an den verschiedenen Fallenstandorten untersuchten Insektengruppen und den jeweiligen Untersuchungsumfang gibt Tabelle 1. Die Anzahl der Fallennächte ergibt sich aus der Anzahl der Fangnächte mal der Anzahl der Parallelen. Hierbei sind selten einzelne Parallelen aufgrund defekter Leuchten ausgefallen.

Die Nomenklatur folgt bei den verschiedenen Insektenordnungen nachfolgenden Autoren:

Lepidoptera	KARSHOLT & RAZOWSKI (1996)
Coleoptera	LUCHT (1987)
Sciaridae	MENZEL & MOHRIG (im Druck)
Trichoptera	BOTOSANEANU & MALICKY (1978)
übrige Insektenordnungen	BROHMER (1984)

Tab. 1: Übersichtstabelle zu dem Untersuchungsumfang an den Fallenstandorten

* = Trichoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Sciaridae auf Artniveau, sonstige Insektenordnungen auf Familienniveau determiniert; Lepidoptera ohne die Gruppe der Kleinschmetterlinge; GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe, KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe

Standort	Fangzeitraum	Parallelen	Anzahl d. Probennahmen	Anzahl d. Einzelproben	Determinierte Insektengruppen	Anzahl d. Insekten
Albersdorf						
KH	20.04 - 07.11.94 23.04 - 31.10.95	1 1	22 21	22 21	Insecta * Lepidoptera	25347 961
KN	20.04 - 07.11.94 23.04 - 31.10.95	1 1	22 21	22 21	Insecta * Lepidoptera	12160 374
Gewächshaus	20.04 - 07.11.94 23.04 - 31.10.95	4 4	24 21	96 84	Insecta * Lepidoptera	32756 668
Kiel						
GH	29.06 - 30.09.94 24.04 - 31.10.95 03.05 - 30.09.96	4 4 4	78 128 61	310 510 214	Insecta * Insecta * Insecta *	26976 24151 14448
GN	12.07 - 30.09.96	1	30	30	Insecta *	4310
PH	03.05 - 30.09.96	2	60	118	Insecta *	15333
KH	04.07 - 01.10.96 10.04 - 30.09.97	1 1	57 124	57 124	Lepidoptera Lepidoptera	4409 4084
KN	04.07 - 01.10.96 10.04 - 30.09.97	1 1	57 119	57 119	Lepidoptera Lepidoptera	751 786

Die Arten *Diachrysia chrysitis* (LINNAEUS, 1758) und *Diachrysia tutti* (KOSTROWICKI, 1961) wurden aufgrund ihrer umstrittenen taxonomischen Stellung in dieser Untersuchung nicht unterschieden, alle registrierten Falter wurden der Art *Diachrysia chrysitis* (LINNAEUS, 1758) zugeordnet.

In den Fällen, in denen die gefangen Lepidoptera lebend determiniert wurden, wurden die nur genitalmorphologisch unterscheidbaren Arten *Mesapamea secalis* (LINNAEUS, 1758) und *Mesapamea didyma* (ESPER, 1788) unter *Mesapamea secalis* (LINNAEUS, 1758) zusammengefaßt.

4.3 Auswertemethoden

Der RENKONEN-Index beschreibt das Ausmaß in der Übereinstimmung der Dominanzen von Arten in zu vergleichenden Tierbeständen. Es wird die Zahl und die Dominanzver-

hältnisse der in beiden Tierbeständen vorkommenden Arten berücksichtigt. Dies dient dem einfachen Vergleich von Artengemeinschaften. Die Formel lautet:

$$\text{Re}(\%) = \sum \min D_{A,B}$$

$$D = n_A/N_A \text{ bzw. } n_B/N_B$$

$\min D_{A,B}$ = Summe der jeweils kleineren Dominanzwerte (D) der gemeinsamen Arten von zwei Standorten A und B

i = Art i

G = Zahl der gemeinsamen Arten

$n_{A,B}$ = Individuenanzahl der Art i in Gebiet A bzw. B

$N_{A,B}$ = Gesamtindividuenzahl aus Gebiet A bzw. B

Der RENKONEN-Index liegt zwischen 0 % und 100 %, je höher der Wert, um so größer die Ähnlichkeit der Dominanzen der Artenzusammensetzung.

Die Artenidentität beschreibt das Ausmaß in der Übereinstimmung der Artenspektren zu vergleichender Tierbestände. Die verwendete Formel ist die von SØRENSEN (1948). Sie berücksichtigt nur die Zahl der in beiden Tierbeständen gemeinsam vorkommenden Arten, dient dem einfachen Vergleich von Artengemeinschaften und lautet:

$$I_A = 100 \cdot 2b/(c+d)$$

I_A = Ähnlichkeitsquotient

b = Anzahl der in beiden Tierbeständen vorkommenden Arten

c + d = Artenzahl des ersten plus Artenzahl des zweiten Tierbestandes

Der SØRENSEN-Quotient liegt zwischen 0% und 100%, je höher der Wert, um so größer die Ähnlichkeit in der Artenzusammensetzung.

Bei der Average-Linkage-Cluster-Analyse werden Beziehungen in Form von Ähnlichkeiten miteinander verglichen. Die Gruppierung erfolgt mit einem multivariablen Verfahren, der Clusteranalyse. Die zu vergleichenden Gruppen werden in bezug auf eine Variable alle gegenseitig miteinander verglichen. Darstellungsform ist das sogenannte Dendrogramm, die jeweils ähnlichsten Gruppen werden nebeneinander dargestellt. Diese Analyseform wurde genutzt um die Ergebnisse aus der Berechnung der RENKONEN-Indizes darzustellen.

Ein nicht-parametrisches Verfahren für Tests auf Zusammenhänge zwischen Variablen einer Probe ist die Spearman-Rangkorrelation. Der Korrelationskoeffizient ist ähnlich dem Pearsonschen Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten, wird jedoch aus Rängen berechnet. Es wird vorausgesetzt, daß für mindestens eine der betrachteten Variablen eine Rangordnungsskala vorliegt.

Die Dominanz beschreibt die relative Häufigkeit einer Art im Vergleich zu den übrigen Arten, bezogen auf eine bestimmte Lebensraumgröße.

Ein parameterfreies (verteilungsunabhängiges) Verfahren für den Vergleich von Paardifferenzen verbundener Stichproben ist der Wilcoxon-Test (Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test). Es wird geprüft, ob die Paardifferenzen d_i aus den verbundenen Meßwerten x_i und y_i symmetrisch um den Median gleich Null verteilt sind (LOZAN 1992).

Naturahe Zönosen weisen eine charakteristische Artenverteilung der vorkommenden Individuen auf. Es gibt einen bestimmten Prozentsatz dominanter Arten (meist ein geringer Anteil der Arten), die den Hauptanteil der vorhandenen Tiere einer Zönose stellen und

es gibt zahlreiche Arten, die nur in sehr geringen Individuenanzahlen vorkommen. Dabei sagt die Anzahl der Individuen nichts darüber aus, wie charakteristisch die entsprechende Art für den jeweiligen Lebensraum ist. Auch Arten, die in sehr geringen Populationsdichten vorkommen, können kennzeichnend für ein bestimmtes Ökosystem sein und außerdem wichtige Funktionen in diesem Ökosystem erfüllen. WILLIAMS (1964) unterscheidet insgesamt 8 unterschiedliche Häufigkeitsklassen von Individuenanzahlen der jeweiligen Arten, die sich wie folgt aufteilen:

Klasse I:	1	Individuum
Klasse II:	2-4	Individuen
Klasse III:	5-13	Individuen
Klasse IV:	14-40	Individuen
Klasse V:	41-121	Individuen
Klasse VI:	122-364	Individuen
Klasse VII:	365-1093	Individuen
Klasse VIII:	>1093	Individuen

4.3.1 Beispielhafte Modellrechnung für qualitative Betrachtungen

Da die 1994 auf den $2 \times 1,5 \text{ m}^2$ -Probeflächen der Gewächshausseiten registrierten Tiere nur eine Stichprobe darstellen, wurden die Stichprobenwerte auf die gesamte beleuchtete Glasfläche des Gewächshauses hochgerechnet.

Als Berechnungsgrundlage für den erfolgten Insektenanflug über die gesamten 201 Tage des Untersuchungsjahres 1994 wurde angenommen, daß die Bedingungen einer erfolgten Probenahme bis zur darauffolgenden Probennahme konstant blieben. Das wegen seiner Unzugänglichkeit nicht beprobte Gewächshausdach wurde in die Modellrechnung nicht mit einbezogen.

Unter einer „Probennahme“ ist ein Zeitraum von vier Stunden nach Einbruch der Dämmerung zu verstehen. Innerhalb dieses Zeitraumes ist durchschnittlich die nächtliche Lufttemperatur am höchsten. Daher liegt hier in der Regel die Hauptflugaktivität der meisten nachtaktiven Insektenarten. In den kurzen Sommernächten wird mit der vierstündigen Probenahmfrequenz außerdem der Zeitraum von Abend- zur Morgendämmerung abgedeckt.

Im folgenden eine beispielhafte Darstellung der Berechnungsansätze:

- nA Individuen pro m^2 aus 29 Probenahmen mal der Glasfläche der Gewächshausseiten ergibt rechnerisch nB Individuen an der gesamten Glasfläche der Gewächshausseiten summiert über 29 Probenahmenächte.
- nB Individuen an der gesamten Glasfläche der Gewächshausseiten aus 29 Probenahmen geteilt durch 29 ergibt rechnerisch nC Individuen an der gesamten Glasfläche der Gewächshausseite im Durchschnitt pro Probennahmenacht.
- nC Individuen an der gesamten Glasfläche der Gewächshausseite im Durchschnitt pro Probennahmenacht mal 201 Tage des Untersuchungszeitraumes ergibt rechnerisch den Gesamtanflug (nD) der gesamten Gewächshausseiten im Untersuchungszeitraum.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Größe der Glasflächen des Gewächshauses.

Tabelle 2: Glasflächen des Gewächshauses, getrennt nach Exposition

Ostseite	252 m ²
Westseite	252 m ²
Südseite	180 m ²
Nordseite	240 m ²
Gesamt	924 m²

4.4 Methodenkritik

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Arbeiten über Einsatzmöglichkeiten und Probleme des Licht- und Lichtfallenfangs findet sich bei MEINEKE (1984). Beide Methoden führen zu relativen Ergebnissen, die eine flächen- oder raumbezogene Berechnung der Individuenabundanz nicht ohne weiteres zulassen (BALOGH 1958). Dagegen lassen sich relative Abundanzen und Dominanzverhältnisse durch Lichtfänge feststellen und vergleichen. Über die Effektivität und den Einzugsradius von Lichtfallen liegen einige Arbeiten vor (z.B. BOWDEN & MORRIS 1975, BOWDEN 1984, HARTSTRACK et al. 1968, ONSAGER & DAY 1973, PLAUT 1971), als deren Ergebnis festgehalten werden kann, daß die Lockwirkung des Lichtes variiert, und zwar abhängig von der Stärke der Lichtquelle, der Jahreszeit und dem Mondlicht zwischen wenigen Metern und einigen hundert Metern.

Zudem ist die Lockwirkung stark von verschiedenen abiotischen Faktoren abhängig und zusätzlich art- und geschlechtsspezifisch stark unterschiedlich, so daß an künstlichen Lichtquellen immer nur ein Ausschnitt des nachtaktiven Artenspektrums eines Gebietes anfliegt (VOJNITS & MESZAROS 1974). Auf jeden Fall werden jedoch vorzugsweise und mit höherer Quantität die bereits in der Nähe der Falle und damit im jeweiligen Biotop befindlichen Insekten erfaßt.

Nach MEINEKE (1984) hängt die Anlockwirkung künstlicher Lichtquellen beträchtlich von einer Reihe verschiedener Faktoren ab:

1. nicht beeinflußbare Faktoren

a. abiotische Variablen

- Lufttemperatur
- Windstärke und Windrichtung
- Mondlicht
- Luftfeuchtigkeit und Niederschlag
- Luftdruck
- Erdmagnetfeld

b. biotische Variablen

- art- und geschlechtsspezifische Vagilität und Mobilität
- art- und geschlechtsspezifische Aktivitätsperiodik
- spezifische spektrale Empfindlichkeit

2. regulierbare Faktoren

- spekrale Zusammensetzung des Lichtes
- Lichtstärke
- Kontur und Oberflächengröße des Leuchtkörpers
- Konstruktionsweise
- Standort und Standhöhe

Die Effektivität einer Lichtfalle ist zudem abhängig von ihrer Konstruktionsweise und der Flugaktivität der angelockten Insekten. HARTSTRACK et al. (1968) ermittelte für verschiedene Eulenfalterarten eine Fangrate von 40 - 50 % vom Gesamtanflug einer Lichtfalle.

Je flugaktiver und je größer ein anliegendes Insekt ist, desto höher ist die Fangwahrscheinlichkeit. Umgekehrt werden kleine, schwache Flieger (z. B. Mücken) oder Arten, die sich sofort ruhig hinsetzen (z. B. verschiedene Zahnspinner) in geringerem Umfang gefangen.

Welchen Einfluß die Plexiglasabdeckung der untersuchten Straßenleuchten als Filter der von der Lampe emittierten Strahlung hat, wurde im Rahmen dieser Untersuchung nicht analysiert.

Mit Hilfe von Lichtfallen wird die Aktivitätsdichte der angelockten Insektenarten bestimmt. Über die tatsächlich vorhandenen Populationsstrukturen kann keine Aussage getroffen werden (MALICKY 1965).

Durch Verwendung gleichartiger Lichtfallen unter identischen Bedingungen sind jedoch ausreichende Voraussetzungen gegeben um Übereinstimmungen oder Unterschiede in den untersuchten Zoozönosen festzustellen (KOVACS 1958).

5. Ergebnisse

5.1 Familien- und Artenliste

In den beiden Untersuchungsjahren 1994/1995 wurden an dem untersuchten Gewächshaus und den Lichtfallen in Albersdorf 72.267 Insekten aus 114 Familien und 11 Ordnungen registriert und determiniert. Hiervon entfielen auf die Probeflächen des Gewächshauses 25.791 Insekten. Außerdem wurden auf den Seitenflächen 7.633 Nachtfalter festgestellt. Insgesamt wurden an allen Lichtquellen 30 Arten der Trichoptera und 283 Lepidoptera-Arten gefunden.

Im Zeitraum von 1994 bis 1996 wurden an den Straßenleuchten auf dem Gelände der Forschungsstelle für Ökotechnologie 96.725 Insekten aus 138 Familien und 11 Ordnungen erfaßt und auf Arten- oder Familienniveau ausgewertet. Davon entfielen 23.289 Individuen aus 263 Arten auf die Lepidoptera. Außerdem wurden 314 Arten der Coleoptera, 27 Arten der Trichoptera und 42 Arten der Sciaridae festgestellt.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die an den künstlichen Lichtquellen nachgewiesenen Familien und Überfamilien der angeflogenen Insekten an den Untersuchungsstandorten. Bei den Aphidoidea (Blattläusen) wurde wegen des sehr hohen Zeitaufwandes der Determination auf eine Klassifizierung auf Familienniveau verzichtet.

Die an den einzelnen Lichtquellen registrierten Individuenzahlen der determinierten Arten, Familien und Überfamilien zeigt Tabelle 1 des Anhangs.

Tab. 3: In den Untersuchungen am Gewächshaus, den Straßenlampen und den Lichtfallen (Albersdorf) festgestellte Insektenfamilien und -überfamilien; GW = Gewächshaus, GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe, KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe

Ordnung/ Unterordnung	Überfamilie/ Familie	GH	GN	PH	GW	KH	KN
Coleoptera (Käfer)	Aderidae	x	x	x			
	Anobiidae	x	x	x		x	
	Byrrhidae	x		x			
Cerambycidae	Cantharidae	x	x	x	x	x	x
	Carabidae	x	x	x	x	x	x
	Cerambycidae	x	x	x			
	Cerylonidae	x					
	Cholevidae	x		x			
	Chrysomelidae	x		x	x	x	
	Cisidae			x			
	Coccinellidae	x	x	x	x		
	Colonidae	x				x	
	Colydiidae			x			
	Cryptophagidae	x	x	x	x	x	
	Cucujidae	x	x	x			
	Curculionidae	x	x	x	x		x
	Dermestidae	x		x			
	Dytiscidae	x		x		x	x
	Elateridae	x		x	x		x
	Endomychidae	x					
	Gyrinidae	x					
	Helodidae	x		x		x	x
	Heteroceridae	x		x		x	
	Histeridae	x					
Brachycera (Fliegen)	Hydraenidae				x	x	
	Hydrophilidae	x	x	x	x	x	x
	Lagriidae	x	x		x	x	x
	Lathridiidae	x	x	x	x	x	
	Melyridae	x		x			
	Micropeplidae	x					
	Mycetophagidae	x	x	x			
	Nitidulidae	x		x			
	Phalacridae	x	x	x			
	Pselaphidae			x			
	Ptiliidae	x		x			
	Rhizophagidae	x					
	Salpingidae	x		x			
	Scarabaeidae	x	x	x	x	x	x
	Scirtidae	x		x			
	Scolytidae	x	x	x		x	
	Scriptiidae	x		x			
	Serropalpidae	x		x		x	
	Silphidae	x	x	x	x	x	
	Staphylinidae	x	x	x	x	x	x
	Tenebrionidae	x	x	x			
	Throscidae	x	x	x			
	Trogidae	x		x			

Fortsetzung Tabelle 3

Ordnung/ Unterordnung	Überfamilie/ Familie	GH	GN	PH	GW	KH	KN
Nematocera (Mücken)	Asilidae			x			
	Calliphoridae	x	x	x	x		x
	Camillidae	x	x	x	x	x	x
	Chloropidae	x	x	x	x	x	x
	Chyromyidae				x		
	Dixidae				x	x	
	Dolichopodidae	x	x	x	x	x	x
	Drosophilidae	x	x	x	x	x	x
	Dryomyzidae	x	x	x	x	x	x
	Empididae	x	x	x	x	x	x
	Ephydriidae	x			x	x	x
	Fanniidae	x			x	x	
	Heleomyzidae				x	x	
	Lauxaniidae	x	x	x	x	x	x
	Lonchopteridae	x	x	x	x	x	x
	Micropezidae	x					
	Milichiidae	x	x	x	x	x	x
	Muscidae	x	x	x	x	x	x
	Neottiophilidae				x		
	Odiniidae				x	x	x
	Opomyzidae	x			x	x	x
	Otitidae	x					
	Pallopteridae				x		
	Phoridae	x	x	x	x	x	x
	Piophilidae			x	x		
	Rhagionidae	x		x	x	x	x
	Sarcophagidae	x			x	x	x
	Scatoprophagidae	x	x	x	x	x	x
	Sciomyzidae	x			x	x	x
	Sepsidae	x	x	x	x	x	x
	Sphaeroceridae	x	x	x	x	x	x
	Stratiomyidae	x	x	x	x	x	x
	Syrphidae	x	x	x	x	x	x
	Tabanidae					x	
	Tephritidae	x	x	x			x
Ephemeroptera (Eintagsfliegen)	Anisopodidae	x	x	x	x	x	x
	Bibionidae	x		x	x	x	
	Cecidomyiidae	x	x	x	x	x	x
	Ceratopogonidae	x	x	x	x	x	x
	Chironomidae	x	x	x	x	x	x
	Culicidae	x	x	x	x	x	x
	Dixidae	x					
	Limoniidae	x	x	x	x	x	x
	Mycetophilidae	x	x	x	x	x	x
	Psychodidae	x	x	x	x	x	x
	Scatopsidae	x					
	Sciaridae	x	x	x	x	x	x
	Simuliidae	x			x	x	x
	Tipulidae	x	x	x	x	x	x
	Trichoceridae	x		x	x	x	x
	Baetidae						x
	Leptophlebiidae				x		

Fortsetzung Tabelle 3

Ordnung/ Unterordnung	Überfamilie/ Familie	GH	GN	PH	GW	KH	KN
Hymenoptera (Hautflügler)	Apoidea					x	x
	Bethylidae				x		
	Braconidae	x	x	x	x	x	x
	Chalcidoidea	x	x	x	x	x	x
	Cynipoidea	x			x	x	
	Formicidae	x	x	x	x	x	x
	Ichneumonidae	x	x	x	x	x	x
	Proctotrupoidea	x		x	x	x	x
	Tenthredinidae	x	x	x	x	x	x
	Vespidae	x	x	x		x	
Neuroptera (Netzflügler)	Chrysopidae	x	x	x	x	x	x
	Hemerobiidae	x	x	x		x	x
	Nemouridae					x	
	Sisyridae	x		x			
Psocoptera (Staubläuse)	Elipsocidae	x		x			
	Epipsocidae	x	x				
	Lachesillidae	x	x	x			
	Mesopsocidae	x		x			
	Peripsocidae	x		x			
	Psocidae	x		x	x	x	x
	Reuterellidae	x	x	x	x	x	x
	Stenopsocidae	x			x	x	x
	Trichopsocidae	x	x	x			
Heteroptera (Wanzen)	Anthocoridae	x		x			
	Corixidae	x		x			
	Cydnidae			x			
	Miridae	x	x	x	x	x	x
	Nabidae	x	x	x	x	x	
	Pentatomidae	x	x	x	x	x	x
Cicadina (Zikaden)	Cicadellidae	x	x	x	x	x	x
	Delphacidae	x	x	x	x	x	x
Trichoptera (Köcherfliegen)	Hydropsychidae	x			x	x	
	Hydroptilidae	x	x		x	x	x
	Leptoceridae	x		x	x	x	x
	Limnephilidae	x	x	x	x	x	x
	Phryganeidae	x	x	x	x	x	x
	Polycentropidae	x	x	x	x	x	
	Psychomyiidae	x					x
	Sericostomatidae					x	x
Lepidoptera (Schmetterlinge)	Arctiidae	x	x	x	x	x	x
	Drepanidae	x	x	x	x	x	x
	Geometridae	x	x	x	x	x	x
	Hepialidae	x	x	x	x	x	x
	Lasiocampidae	x			x		x
	Lymantriidae	x		x	x	x	x
	Noctuidae	x	x	x	x	x	x
	Nolidae	x	x	x	x	x	x
	Notodontidae	x	x	x	x	x	x
	Pantheidae	x		x	x	x	x
	Sphingidae	x		x	x	x	x
		x	x	x	x	x	x
Aphidoidea (Blattläuse)							

5.2 Wirkung flächenhafter Lichtquellen am Beispiel des Großgewächshauses „Grüne Fee“

Die jeweils an unterschiedliche Biotopkomplexe angrenzenden Gewächshausseiten wurden mit Hilfe von Scatterplots und dem Wilcoxon-Test auf Unterschiede im Insektenanflug geprüft (s. auch Kap. 5.4).

In beiden Untersuchungsjahren waren sowohl die Arten- als auch die Individuenanzahl der Lepidoptera an der Nordseite und Ostseite höher als an der Südseite und Westseite.

Der geringe Anflug an der Südseite ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß diese Seite der beleuchteten Straße am stärksten zugewandt lag. Sie stand damit in unmittelbarer Konkurrenz zu den mit Quecksilberdampflampen betriebenen Straßenleuchten. Darüberhinaus wies die Südseite die kleinste beleuchtete Fläche auf und war in unmittelbarer Nachbarschaft zu einem Parkplatz. Sowohl Süd- wie Westseite grenzten zudem an artenarme Intensivweiden. Die Nordseite war aufgrund des parallel laufenden Knicks am besten gegen Wind abgeschirmt. Sie lag außerdem dem benachbartem Waldrand am nächsten, so daß die Falter aus diesem Biotop die Nordseite wahrscheinlich bevorzugt anflogen. Die Ostseite war einer artenreichen Ruderalfäche zugewandt und vor den vorherrschenden Westwinden abgeschirmt.

Tab. 4: Mittelwerte der Arten- und Individuenzahlen / Seitenfläche der Lepidoptera oder je 3 m² Probefläche für weitere Insektenordnungen/-unterordnungen an den verschiedenen Seiten des Gewächshauses (fett), sowie Signifikanzen (p) nach dem Wilcoxon-Test;
Nord = Nordseite des Gewächshauses, Ost = Ostseite des Gewächshauses, Süd = Südseite des Gewächshauses, West = Westseite des Gewächshauses; *, **, *** = Signifikanzniveaus (p ≤ 0,05, p ≤ 0,01, p ≤ 0,001), ns = nicht signifikant

1994					1995				
Artenzahlen	Nord	Ost	Süd	West	Artenzahlen	Nord	Ost	Süd	West
Lepidoptera	15,8	**	***	***	Lepidoptera	6,1	ns	**	**
Nord					Ost		5,5	ns	ns
Ost	8,9		***	*	Süd			3,7	ns
Süd			4,9	ns	West				3,5
West				6,1					
Individuenzahlen					Individuenzahlen				
Lepidoptera	Nord	Ost	Süd	West	Lepidoptera	Nord	Ost	Süd	West
Nord	176,8	***	***	***	Ost	15,3	ns	***	**
Ost		30,3	**	ns	Süd		12,4	**	*
Süd			16,8	ns	West			5,7	ns
West				16,3					5,9
Brachycera	Nord	Ost	Süd	West					
Nord	83,8	***	***	*					
Ost		31,6	ns	ns					
Süd			25,5	ns					
West				91,6					
Nematocera	Nord	Ost	Süd	West					
Nord	189,8	***	ns	ns					
Ost		91,0	ns	*					
Süd			186,0	ns					
West				209,3					

Die hohen Individuenzahlen der Brachycera an der West- und Nordseite waren wahrscheinlich auf die guten Entwicklungsmöglichkeiten in den angrenzenden Flächen zurückzuführen. Die Fliegen konnten sich sowohl auf der Ackerfläche, die an die Nordseite angrenzte, als auch in den Dunghaufen der Kühe auf den Weiden an der Westseite sehr gut entwickeln.

Der starke Anflug der Nematocera an der Nord- und Westseite ist ebenfalls darauf zurückzuführen, daß bestimmte Arten auf Ackerstandorten und Grünlandflächen wie Viehweiden gute Lebensbedingungen vorfanden. Die gleichfalls hohe Individuenanzahl der Nematocera an der Südseite lag wahrscheinlich darin begründet, daß dort ein offener Container mit den Grünabfällen des Gewächshauses stand, in dem sich bestimmte Arten entwickeln konnten.

Insgesamt ist der Anflug an die Gewächshausseiten bei den einzelnen Insektenordnungen demnach unterschiedlich. Die Nordseite wurde jedoch immer sehr stark angeflogen.

Die meisten Arten und Individuen der Noctuidae und Geometridae flogen 1994 an die Nordseite des Gewächshauses (Tab. 5). Die Süd- und die Westseite waren durch einen niedrigen Anflug gekennzeichnet. Im Jahr 1995 ergab sich dagegen kein einheitliches Bild. Zwar wurden die höchsten Arten- und Individuenzahlen der Noctuidae und Geometridae wiederum an der Nordseite festgestellt, aber in diesem Jahr flogen zahlreiche Arten und Individuen der Noctuidae auch an die Ostseite. Der starke Anflug dieser beiden Lepidoptera-Familien an die Nord- und Ostseite könnte auch hier in den angrenzenden strukturreichen Biotopen und der guten Abschirmung gegen Wind begründet sein.

Die Familien der Diptera wiesen kein so einheitliches Anflugverhalten auf, je nach Familie wurden andere Seitenflächen des Gewächshauses bevorzugt angeflogen. Die Ceratopogonidae und Psychodidae wiesen den stärksten Anflug an der Südseite des Gewächshauses auf, die anderen Familien an der Westseite. Wahrscheinlich wurde jeweils die Seitenfläche von einer Dipterenfamilie stark angeflogen, in deren unmittelbarem Umfeld jeweils gute Entwicklungsbedingungen für die jeweilige Familie vorherrschten.

Alle aufgeführten Arten aus der Familie der Noctuidae flogen am stärksten die Nordseite und am geringsten die Süd- und Westseite des Gewächshauses an (Tab. 6). Wie bereits zuvor für die Lepidoptera allgemein dargestellt, liegt dieses Anflugverhalten im jeweiligen Biotopumfeld der Gewächshausseiten und wahrscheinlich auch in der jeweiligen Windexposition begründet.

Tab. 5: Mittelwerte der Arten- und Individuenzahlen/S Seitenfläche der häufigsten Lepidoptera-Familien und je 3 m² Probefläche der häufigsten Diptera-Familien (fett), sowie Signifikanzen (p) nach dem Wilcoxon-Test; Nord = Nordseite des Gewächshauses, Ost = Ostseite des Gewächshauses, Süd = Südseite des Gewächshauses, West = Westseite des Gewächshauses; *, **, *** = Signifikanzniveaus (p ≤ 0,05, p ≤ 0,01, p ≤ 0,001), ns = nicht signifikant

1994					1995						
Artenzahlen		Nord	Ost	Süd	West	Artenzahlen		Nord	Ost	Süd	West
Noctuidae						Noctuidae					
Nord	8,5		***	***	***	Nord	3,8		ns	ns	*
Ost		5,0		**	*	Ost		3,3		*	*
Süd			2,9		ns	Süd			2,4		ns
West				3,1		West				1,7	
Geometridae						Geometridae					
Nord	4,2		*	***	***	Nord	3,0		*	**	ns
Ost		2,4		*	ns	Ost		1,5		ns	ns
Süd			1,3		ns	Süd			1,3		ns
West				1,9		West				1,9	

Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 5

1994					1995				
Individuenzahlen					Individuenzahlen				
Noctuidae	Nord	Ost	Süd	West	Noctuidae	Nord	Ost	Süd	West
Nord	167,2	***	***	***	Nord	9,6	ns	*	**
Ost		26,1	*	ns	Ost		8,7	***	*
Süd			14,5	ns	Süd			3,4	ns
West				11,9	West				2,4
Geometridae	Nord	Ost	Süd	West	Geometridae	Nord	Ost	Süd	West
Nord	8,9	**	***	***	Nord	4,8	*	**	ns
Ost		3,1	ns	ns	Ost		2,1	ns	ns
Süd			2,0	ns	Süd			1,7	ns
West				2,8	West				2,6
1994					1994				
Muscidae	Nord	Ost	Süd	West	Anthomyiidae	Nord	Ost	Süd	West
Nord	8,8	ns	**	ns	Nord	23,5	*	***	ns
Ost		8,3	*	ns	Ost		9,7	ns	ns
Süd			3,0	ns	Süd			7,2	ns
West				24,4	West				25,5
Ceratopogonidae	Nord	Ost	Süd	West	Cecidomyiidae	Nord	Ost	Süd	West
Nord	19,7	*	ns	ns	Nord	22,1	***	ns	ns
Ost		6,8	ns	ns	Ost		2,0	***	***
Süd			24,8	ns	Süd			14,5	ns
West				5,6	West				26,1
Chironomidae	Nord	Ost	Süd	West	Psychodidae	Nord	Ost	Süd	West
Nord	109,9	**	*	*	Nord	35,7	*	ns	ns
Ost		68,2	ns	ns	Ost		11,9	*	ns
Süd			96,4	ns	Süd			68,6	ns
West				143,0	West				38,0

Tab. 6: Mittelwerte der Individuenzahlen/Seitenfläche (fett), sowie Signifikanzen (p) nach dem Wilcoxon-Test der am häufigsten festgestellten Lepidopterenarten;

Nord = Nordseite des Gewächshauses, Ost = Ostseite des Gewächshauses, Süd = Südseite des Gewächshauses, West = Westseite des Gewächshauses; *, **, *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), ns = nicht signifikant

1994					1995				
<i>P. meticulosa</i>					<i>P. meticulosa</i>				
Nord	4,2	ns	*	*	Nord	5,1	ns	ns	*
Ost		2,2	ns	ns	Ost		4,8	ns	*
Süd			1,1	ns	Süd			1,0	ns
West				1,6	West				0,1

Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung Tabelle 6

	1994					1995			
	Nord	Ost	Süd	West		Nord	Ost	Süd	West
<i>A. gamma</i>									
Nord	195,4	**	***	***		2,3	ns	ns	*
Ost		24,1	**	ns			2,0	ns	*
Süd			12,3	ns				1,0	ns
West				7,0					0,3
<i>H. proboscinalis</i>	Nord	Ost	Süd	West					
Nord	2,4	*	**	*					
Ost		0,6	ns	ns					
Süd			0,2	ns					
West				0,5					
<i>A. monoglypha</i>	Nord	Ost	Süd	West					
Nord	12,0	*	*	*					
Ost		3,6	ns	ns					
Süd			1,0	ns					
West				4,3					
<i>N. pronuba</i>	Nord	Ost	Süd	West					
Nord	3,4	*	*	***					
Ost		1,0	ns	ns					
Süd			1,2	ns					
West				0,4					

Der Anflug war in beiden Untersuchungsjahren durch eine ausgeprägte Saisonalität bestimmt. Die Ergebnisse belegen ein deutliches Maximum der Arten- und Individuenanzahlen in der Zeit von Anfang Juni bis Ende Juli bzw. Anfang August (Abb. 15). Der Anflug an bestimmte Seitenflächen war in diesen Monaten besonders stark, während die Unterschiede zwischen den Seitenflächen im Frühjahr und Herbst geringer ausfielen. In den Frühjahrs- und Herbstmonaten war die Individuenanzahl insgesamt deutlich niedriger. Eine Ausnahme bildete der starke Anflug der Lepidoptera im Herbst 1995. Er verteilte sich jedoch auf wenige Arten (Abb. 15 b).

Die Massenanflüge der Lepidoptera und Diptera erfolgten jeweils nur an wenigen Tagen im Jahr 1994. Im Jahr 1995 konnte für die Lepidoptera kein besonders starker Anflug registriert werden.

Offensichtlich hatte die Witterung, die zur jeweiligen Probennahme herrschte, einen großen Einfluß auf den Anflug der Insekten an künstliche Lichtquellen. Gute oder optimale Witterungsbedingungen für einen starken Anflug sind meist nur an wenigen Tagen gegeben. Außerdem sind die Imagines der meisten Insektenarten in den Sommermonaten zu finden, so daß dann auch die größte Artenvielfalt an künstlichen Lichtquellen zu finden ist.

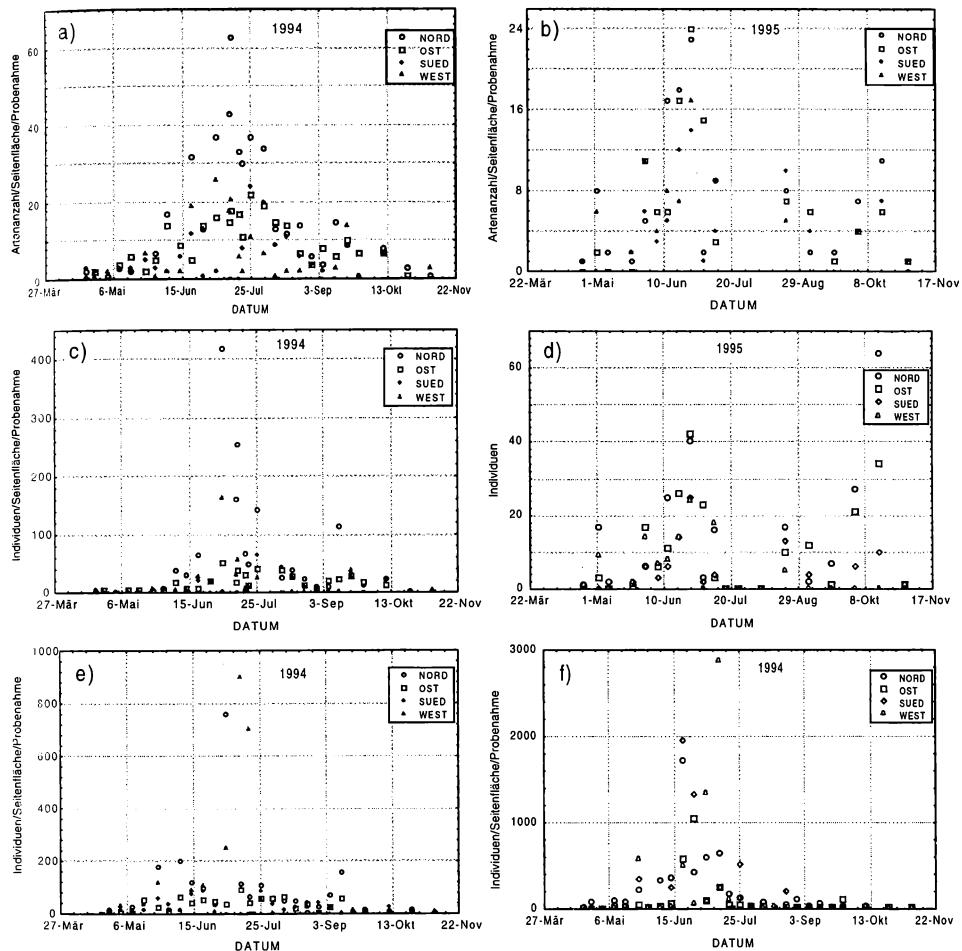


Abb. 15: Der Anflug der Arten- und Individuenanzahlen im Jahresverlauf. a) Artenanzahlen der Lepidoptera 1994, b) Artenanzahlen der Lepidoptera 1995, c) Individuen der Lepidoptera 1994, d) Individuen der Lepidoptera 1995, e) Individuen der Brachycera 1994, f) Individuen der Nematocera 1994
Ein Massenanflug der Gamma-Eule (*Autographa gamma*) ist zur besseren Übersichtlichkeit in Graphik c) nicht mit aufgeführt.

5.2.1 Anteile der verschiedenen Insektenordnungen am Anflug

Eine Differenzierung der unterschiedlich exponierten Seiten des Gewächshauses nach den prozentualen Anteilen der erfaßten Insektenordnungen und -unterordnungen führte zu folgendem Ergebnis (Abb. 16). Die Ordnung der Lepidoptera ist aufgrund der anderen methodischen Erfassungsweise nicht mit aufgeführt.

Die prozentualen Anteile der einzelnen Insektenordnungen und -unterordnungen am Gesamtanflug waren an den einzelnen Gewächshausseiten gleichartig ausgeprägt. Die Nematocera dominierten an allen vier Seitenflächen. Sie stellten zusammen mit den

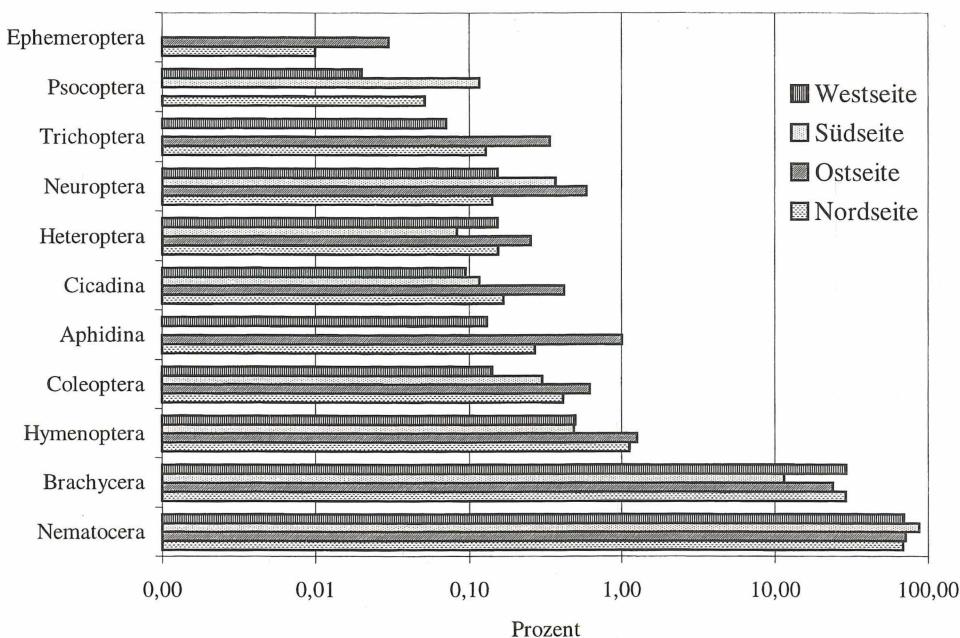


Abb. 16: Prozentuale Anteile vom Gesamtanflug der auf den Probeflächen des Gewächshauses festgestellten Insektenordnungen und -unterordnungen, getrennt nach Exposition; logarithmische Darstellung

Brachycera einheitlich zwischen 95 und 99 % der angeflogenen Insekten auf allen Probeflächen am Gewächshaus. Der Anteil der anderen Ordnungen lag bei unter 1 %, bei einigen Ordnungen, wie den Psocoptera, unter 0,1 %. Hier ergeben sich leichte Unterschiede im Anflugverhalten der einzelnen Ordnungen, die aber auf sehr geringen Individuenzahlen beruhen. Die Hymenoptera erreichten an der Nord- und Ostseite etwas über 1 %, die Aphidina genau 1 % auf der Ostseite am Gesamtanflug. Die Mecoptera, Ephemeroptera, Psocoptera und Trichoptera konnten nicht an allen Gewächshausseiten festgestellt werden; sie sind mit wenigen Individuen vertreten.

5.2.2 Hochrechnung über den Gesamtanflug am Gewächshaus

Insgesamt wurden 1994 an den Probeflächen des Gewächshauses bei 29 Probenahmen 25.791 Insekten registriert. Hinzu kommen 6.965 Nachtfalter, wobei auf einen Massenanflug der Gamma-Eule (*Autographa gamma* L.) am 01.08.94 allein 4.087 Tiere entfallen (Tab. 7).

Um den Gesamtanflug an die Gewächshausseiten über die 201 Tage des Untersuchungszeitraums 1994 abzuschätzen, wurde ausgehend von der durchschnittlich über die 29 Probenahmen registrierten Individuenanzahl eine Hochrechnung durchgeführt (s. Kap. 4.3.1). Es ergibt sich ausgehend von den 3 m² Probeflächen je Gewächshausseite ein Gesamtanflug von 13.784.338 Insekten und ausgehend von der jeweils gesamten Seitenfläche ein Anflug von 19.948 Nachtfaltern. Bei dieser Berechnung des Nachtfalteranfluges wurde der außergewöhnliche Massenanflug der Gamma-Eule nicht einbezogen, sondern von den restlichen 2.878 registrierten Nachtfaltern an den 29 Probenahmen ausgegangen. Bei Einberechnung des Massenanfluges ergibt sich für die Lepidoptera über die 201 Tage des Untersuchungszeitraumes ein Gesamtanflug von 48.275 Tieren.

Tab. 7: Summe der bei den 29 Probenahmen an den Gewächshausseiten registrierten Individuenzahlen; in Klammern die Individuen der Gamma-Eule (*Autographa gamma L.*) am 01.08.94 (Nachtfalter auf der jeweils gesamten Seitenfläche, übrige Insekten auf den 3 m² Probeflächen)

	Nachtfalter	übrige Insekten
Nordseite	1.627 (3500)	7.783
Westseite	454 (18)	8.447
Südseite	293 (194)	5.995
Ostseite	504 (375)	3.566
Gesamt	2.878 (4.087)	25.791

5.3 Wirkung punktueller Lichtquellen

Die Wirkung punktueller Lichtquellen wurde an den Leuchten mit den Fallentypen I und II am Untersuchungsstandort „Versuchsgelände“ in den Jahren 1994 bis 1996 verglichen (Abb. 17).

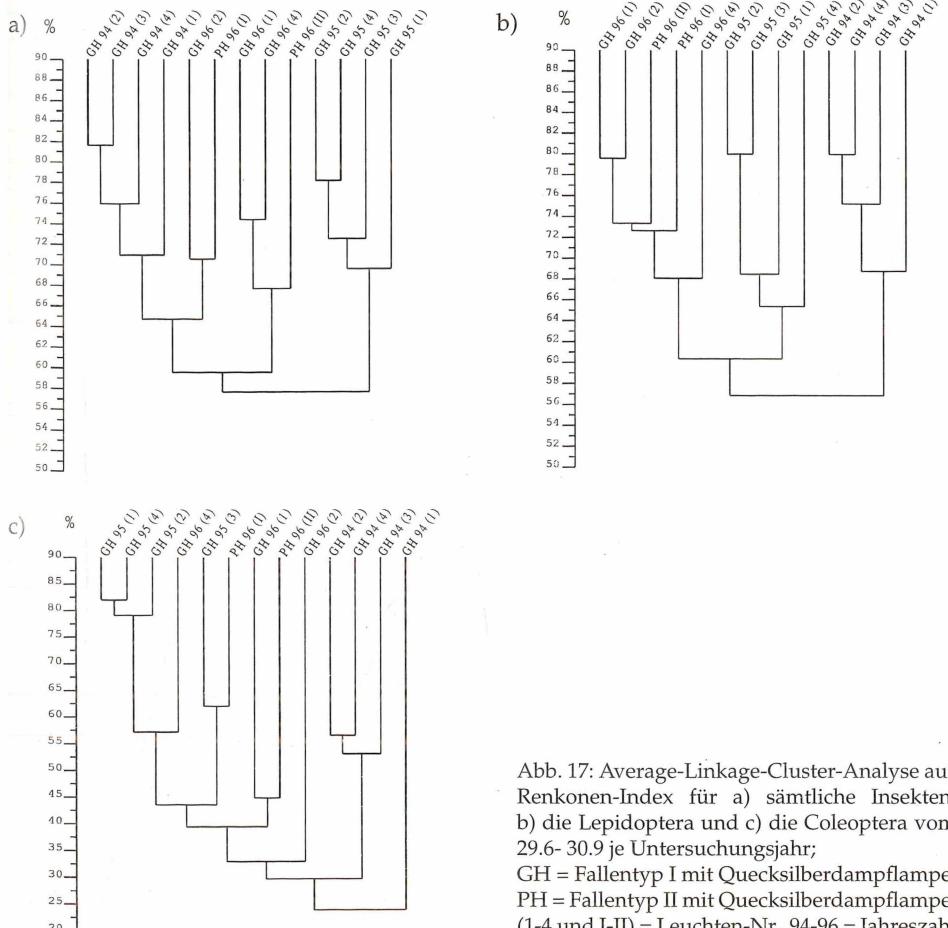


Abb. 17: Average-Linkage-Cluster-Analyse aus Renkonen-Index für a) sämtliche Insekten, b) die Lepidoptera und c) die Coleoptera vom 29.6.-30.9. je Untersuchungsjahr;
GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe,
PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe,
(1-4 und I-II) = Leuchten-Nr., 94-96 = Jahreszahl

Die Ergebnisse gleicher Zeiträume pro Untersuchungsjahr bei den Insekten (Abb. 17 a) zeigen, daß die unterschiedlichen Jahre Cluster höherer Ähnlichkeit bilden als gleiche Leuchtenstandorte. Eine Ausnahme bilden die Leuchten GH (2) und PH (I) aus 1996, die mit den Leuchten aus dem Jahr 1994 in einem Cluster zusammen auftreten.

Insgesamt waren die Fänge gleicher Jahre auch wenn sie von unterschiedlichen Leuchten stammen, ähnlicher, als die Fänge verschiedener Untersuchungsjahre an gleichen Leuchten. Die Ähnlichkeiten zwischen den Leuchten wechselte außerdem zwischen den Jahren. Weiterhin konnte kein Einfluß der Fallenkonstruktion auf das Fangergebnis der Insekten nachgewiesen werden, da die Fänge an den beiden mit Fallentyp II beprobten Leuchten so verschieden waren, daß sie unterschiedlichen Clustern zugeordnet wurden. Aus dieser Analyse läßt sich daher kein eindeutiger Einfluß von Standort oder Fallenkonstruktion auf das Fangergebnis erkennen. Vielmehr scheinen der Witterungsverlauf und die Populationsdynamik der einzelnen Insektenarten den Anflug in den Untersuchungsjahren zu bestimmen.

Am deutlichsten ausgeprägt ist die Clusterbildung der Untersuchungsjahre bei den Lepidoptera (Abb. 17 b). Die Fänge eines Jahres bilden ebenfalls jeweils ein Cluster. Der Einfluß des Leuchtenstandortes bei den Lepidoptera wird durch das herausragende Ergebnis an Leuchte GH (4) deutlich. An dieser Leuchte wurde an zwei der drei Untersuchungsjahre ein deutlich anderer Anflug registriert als an den übrigen Leuchten. Die Fänge an den beiden Leuchten mit Fallentyp II waren sehr ähnlich, bildeten jedoch keinen eigenen Cluster. Es kann daher nicht eindeutig von einem Einfluß der Fallenkonstruktion auf das Fangergebnis ausgegangen werden.

Auch bei den Coleoptera (Abb. 17 c) waren die Fänge zwischen den verschiedenen Leuchten eines Jahres ebenfalls ähnlicher als zwischen gleichen Leuchten verschiedener Jahre. Eine Ausnahme bildete Leuchte GH (4) von 1996, die zu den Fängen von 1995 ähnlicher war als zu den Fängen von 1996. Insgesamt lagen die Übereinstimmungen bei den Coleoptera auf einem deutlich niedrigeren Niveau als bei den Lepidoptera oder den Insekten.

Die Leuchte GH (1) besaß nur sehr geringe Ähnlichkeit zu den übrigen Leuchten. In zwei von den drei Jahren war der Anflug von den restlichen Lampen sehr verschieden, was wahrscheinlich auf den Einfluß des Leuchtenstandortes zurückzuführen ist.

In den Tabellen 8, 9, 10 und 11 sind die Arten- bzw. die Individuenanzahlen der untersuchten Insektenordnungen, der häufigsten Familien sowie der häufigsten Arten der Lepidoptera und Coleoptera für die sieben Punktlichtquellen dargestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Betriebszeiten sind die Mittelwerte der Artenanzahlen der Leuchten GN und GH (3) von 1996 nicht mit denen der anderen Leuchten vergleichbar.

Die Anflugergebnisse der Lepidoptera an den Leuchten unterschieden sich zwischen den Jahren. So wurden in den drei Untersuchungsjahren die jeweils meisten Arten an unterschiedlichen Leuchten registriert. An der frei stehenden Leuchte GH (4) wurden allerdings immer die wenigen Arten festgestellt. Die Konstruktionsweise der beiden verwendeten Fallentypen hatte dagegen keine Auswirkungen auf die festgestellte Artenanzahl, da sowohl an der Leuchte (1) mit Fallentyp I als auch an der Leuchte (II) mit Fallentyp II besonders viele Arten festgestellt werden konnten. Dies deutet auf den Einfluß des Standortes der künstlichen Lichtquelle und damit die im unmittelbaren Umfeld befindliche Vegetation und die daraus resultierenden Strukturen auf den Anflug der Lepidoptera hin.

Bei den Coleoptera waren signifikante Unterschiede im Anflug nur 1995 und 1996 zu verzeichnen. Die höchsten Artenanzahlen konnten 1995 an einer geschützt stehenden und einer ungeschützt stehenden Leuchte festgestellt werden. Im Jahr 1996 waren die Artenanzahlen an den Leuchten PH (I) und PH (II) von den Artenanzahlen der anderen Leuchten signifikant verschieden. An beiden Leuchten, die weit entfernt voneinander standen, war der Anflug dagegen ähnlich hoch. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß für die

Tab. 8: Mittelwerte der Artenzahlen/Jahr (fett) verschiedener Insektengruppen im Vergleich der untersuchten Straßenleuchten und ihre statistische Signifikanz (p) nach dem Wilcoxon-Test

GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4 und I-II) = Leuchten-Nummer; *, **, *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), ns = nicht signifikant

Ordnung/ Familie	1994				1995				1996							
	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GN	PH(I)	PH(II)	
Lepidoptera																
GH (1)	5,6	ns	*	***	5,9	***	***	***	11,2	***	ns	***	***	***	ns	
GH (2)		5,7	***	***		3,4	***	**		8,1	***	***	***	ns	***	
GH (3)			7,1	***			4,4	***			6,9	***	-	ns	ns	
GH (4)				2,8				1,9				5,6	ns	***	***	
GN												8,5	ns	***		
PH (I)												8,0	***			
PH (II)													10,9			
Coleoptera																
GH (1)					2,4	**	**	ns	2,6	ns	ns	ns	ns	***	***	
GH (2)						1,9	ns	ns		3,2	ns	ns	ns	***	***	
GH (3)							1,9	ns			2,5	ns	-	***	***	
GH (4)								2,1				2,5	ns	***	***	
GN												3,5	*	*		
PH (I)												6,0	ns			
PH (II)												5,8				
Sciaridae																
GH (1)	1,1	ns	ns	ns					1,2	ns	ns	**	*	*	ns	
GH (2)		1,4	ns	*						1,1	ns	**	ns	**	ns	
GH (3)			1,2	*							0,3	ns	-	*	ns	
GH (4)				0,7								0,7	ns	**	*	
GN												1,2	**	ns		
PH (I)												2,0	**			
PH (II)												1,0				

Coleoptera die Konstruktion der verwendeten Fallen einen Einfluß auf das Fangergebnis hat.

An der frei stehenden Leuchte GH (4) wurde jeweils die geringste Artenzahlen der Sciaridae festgestellt. Die höchste Artenanzahl wurde an der Leuchte PH (I) registriert. Ein Einfluß der Fallenkonstruktion auf das Fangergebnis ist nicht zu verzeichnen. Für den Anflug der Sciaridae ist vielmehr der Standort der Leuchte von Bedeutung. Entscheidend ist dabei wahrscheinlich die Exposition der künstlichen Lichtquelle gegenüber dem Wind, da die Sciaridae sehr kleine und flugschwache Tiere sind.

Die Anlockwirkung der Leuchten war bei den einzelnen Ordnungen unterschiedlich ausgeprägt (Tab. 9). In allen drei Untersuchungsjahren wurde die frei stehende Leuchte GH (4) von den Insekten wenig angeflogen. Im gleichen Zeitraum erfolgte an die geschützt stehenden Leuchten ein starker Anflug, was besonders aus den Ergebnissen von 1996 deutlich wird. Der Einfluß des Standortes auf die Anlockung läßt sich daher auf den Einwirkung des Windes besonders auf kleine Insektenformen zurückführen. Ein Einfluß des Fangergebnisses durch die Fallenkonstruktion ist dagegen nicht eindeutig belegbar. Der signifikant starke Anflug an die Leuchte mit Natriumdampflampe belegt, daß das Lichtspektrum dieser Leuchte offensichtlich von bestimmten Insekten besonders stark angeflogen wurde.

Tab. 9: Mittelwerte der Individuenanzahlen (fett) auf Klassen- und Ordnungsniveau im Vergleich der untersuchten Straßenleuchten und ihre statistische Signifikanz (p) nach dem Wilcoxon-Test; GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4 und I-II) = Leuchten-Nummer; *, **, *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), ns = nicht signifikant

Klasse/ Ordnung	1994				1995				1996						
	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GN	PH(I)	PH(II)
Insecta															
GH (1)	106,9	ns	***	***	45,3	ns	ns	ns	68,2	ns	ns	***	*	***	***
GH (2)	99,7	***	**		50,8	ns	**		98,8	*	***	ns	***	ns	
GH (3)	77,9	ns			52,6	***			33,9	**	—		***	***	
GH (4)	70,5				43,4				46,1	***	***	***	***		
GN													134,7	***	ns
PH (I)													153,2	***	
PH (II)													94,0		
Lepidoptera															
GH (1)	12,7	ns	ns	***	9,3	***	***	***	25,6	***	ns	***	***	***	ns
GH (2)	10,6	***	***		4,8	***	***		16,0	***	***	***	ns	***	
GH (3)	14,8	***			7,4	***			12,8	***	—	ns	ns		
GH (4)	4,0				2,4				11,2	**	***	***	***		
GN													10,3	**	***
PH (I)													13,9	***	
PH (II)													24,6		
Coleoptera															
GH (1)	1,1	ns	ns	ns	8,7	ns	ns	ns	4,8	ns	*	ns	ns	***	***
GH (2)	0,9	ns	ns		6,0	ns	ns		7,2	*	ns	ns	***	***	
GH (3)	0,9	ns			6,2	ns			6,7	ns	—	***	***		
GH (4)	1,0				5,6				4,1	ns	***	***			
GN													10,1	ns	ns
PH (I)													14,4	ns	
PH (II)													18,2		
Nematocera															
GH (1)	73,1	ns	***	**	22,4	***	***	ns	33,5	***	ns	ns	***	***	ns
GH (2)	73,4	***	***		33,8	ns	ns		66,6	ns	***	***	***	**	
GH (3)	50,1	ns			34,8	***			10,9	*	—	***	*		
GH (4)	46,9				29,2				24,8	***	***	**			
GN													102,4	***	***
PH (I)													98,2	***	
PH (II)													31,6		
Brachycera															
GH (1)	12,8	***	***	ns	4,4	ns	ns	ns	4,0	***	ns	**	***	***	*
GH (2)	8,4	*	*		4,3	ns	ns		7,9	ns	***	ns	***	ns	
GH (3)	6,0	***			3,8	ns			2,5	***	—	***	*		
GH (4)	13,4				5,7				3,0	***	***	***			
GN													9,4	***	*
PH (I)													25,2	***	
PH (II)													5,6		
Hymenoptera															
GH (1)	4,7	***	***	***	0,9	ns	ns	***	0,5	ns	***	ns	**	***	***
GH (2)	2,8	*	**		0,6	ns	ns		1,0	ns	*	ns	***	ns	
GH (3)	1,8	ns			0,8	*			0,8	**	—	ns	ns		
GH (4)	1,5				0,4				0,5	***	***	***	***		
GN													2,7	**	ns
PH (I)													2,9	***	
PH (II)													1,6		

Fortsetzung Tabelle 9

Klasse/ Ordnung	1994				1995				1996						
	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GN	PH(I)	PH(II)
Trichoptera															
GH (1)	0,8	ns	ns	*	0,5	ns	ns	***	0,6	ns	ns	ns	**	ns	ns
GH (2)	0,5	ns	ns		0,7	ns	ns	***	0,3	ns	ns	ns	ns	*	
GH (3)		0,5	*			0,3	*		0,3	ns	ns	—	ns	**	
GH (4)			0,2				0,1			0,3	ns	ns	ns	*	
GN										0,2	ns	ns	ns	**	
PH (I)										0,3	ns	ns	ns	**	
PH (II)													0,9		
Aphidina															
GH (1)	2,9	ns	ns	*	1,0	ns	ns	ns	1,2	ns	—	ns	ns	*	*
GH (2)	2,1	ns	ns		5,8	ns	ns		3,0	—	ns	ns	ns	ns	
GH (3)		2,0	ns			1,2	ns	**	0,1	—	—	ns	ns	ns	
GH (4)			2,4				2,2			5,0	ns	ns	ns	*	
GN										3,0	ns	ns	ns	*	
PH (I)										6,9	ns	ns	ns		
PH (II)													6,0		
Cicadina															
GH (1)	2,1	ns	***	ns	3,3	***	***	***	0,8	ns	*	ns	ns	ns	ns
GH (2)	2,3	ns	ns		0,4	*	ns		0,3	ns	ns	ns	*	**	
GH (3)		1,0	ns			1,0	ns		0,1	ns	—	—	***	***	
GH (4)			2,3				0,8			0,5	ns	ns	ns	ns	
GN										0,8	ns	ns	ns	ns	
PH (I)										0,7	ns	ns	ns	ns	
PH (II)													1,4		
Heteroptera															
GH (1)	1,7	ns	ns	*	1,3	ns	ns	ns	0,9	*	ns	ns	*	***	
GH (2)	2,4	ns	ns		0,9	ns	ns		0,6	ns	***	ns	***	***	
GH (3)		3,2	ns			1,0	ns		0,3	ns	—	—	**	***	
GH (4)			3,3				1,7			1,7	ns	ns	ns	***	
GN										1,1	ns	ns	ns	***	
PH (I)										1,2	ns	ns	ns	***	
PH (II)													7,6		
Neuroptera															
GH (1)	1,3	ns	*	ns	0,2	***	**	ns	0,4	***	**	ns	ns	ns	***
GH (2)	1,8	ns	*		0,7	ns	*		1,9	ns	***	**	***	ns	
GH (3)		2,5	***			0,8	*		0,7	**	—	ns	ns	ns	
GH (4)			0,7				0,3			0,3	ns	ns	ns	***	
GN										1,0	ns	ns	ns	*	
PH (I)										0,5	ns	ns	ns	**	
PH (II)													1,7		
Psocoptera															
GH (1)	0,8	ns	ns	**	0,7	ns	ns	***	0,2	ns	ns	ns	ns	ns	***
GH (2)	0,7	*	*		0,6	ns	*		0,4	ns	*	ns	ns	ns	**
GH (3)		1,3	***			0,8	***		0,4	ns	*	—	ns	ns	*
GH (4)			0,3				0,2			0,1	ns	*	ns	***	
GN										0,6	ns	ns	ns	**	
PH (I)										0,5	ns	ns	ns	**	
PH (II)													1,3		

Bei den Lepidoptera konnten ebenfalls in allen drei Untersuchungsjahren die geringster Individuenzahlen an der ungeschützt stehenden Leuchte festgestellt werden. Auch die stark unterschiedlichen Fänge an den beiden Leuchten mit Fallentyp II bestätigten der Einfluß des Standortes. Da sich der Anflug an Leuchte PH (II) nicht vom Anflug an Leuchten mit anderer Fallenkonstruktion unterschied, ist ein Einfluß der Fallenkonstruktion auf das Fangergebnis nicht wahrscheinlich. An der Leuchte mit Natriumdampflampe wurden hingegen signifikant wenige Individuen registriert. Dies belegt eine reduzierte Anlockwirkung des Lichtspektrums dieses Lampentyps auf die Lepidoptera.

Signifikante Unterschiede der Individuenzahlen konnten bei den Coleoptera nur 1996 zwischen den Leuchten festgestellt werden. Der mit Abstand stärkste Anflug erfolgte an die beiden Leuchten mit dem Fallentyp II, was auf die besonders gute Eignung dieses Fallentyps zur Erfassung der Coleoptera zurückgeführt werden kann. Ein Einfluß des Standortes oder des verwendeten Lichtspektrums der Lichtquellen ist aus den Ergebnissen für die Coleoptera nicht belegbar.

Die Bedeutung des Standortes der Lichtquelle bei den Nematocera verdeutlicht der in den Jahren 1994 und 1995 registrierte Anflug an die Leuchte GH (1). Während 1994 ein starker Anflug der Nematocera an dieser Leuchte zu verzeichnen war, wurde im folgenden Jahr der niedrigste Anflug der Nematocera festgestellt. Der intensivste Anflug 1996 wurde für die Leuchten GN und PH (I) bestimmt. Der hohe Anflug an die Leuchte PH (I) kann nicht auf die Konstruktionsweise der Falle zurückgeführt werden, da an der anderen Leuchte mit Fallentyp II nur ein geringer Anflug registriert werden konnte. Wahrscheinlich wird der Anflug der meist kleinen bis sehr kleinen Nematocera durch das unmittelbare Biotopumfeld und die Windexposition der Lichtquelle beeinflußt. So könnte der unterschiedliche Anflug der Leuchte GH (1), die nach zwei Seiten gegen Wind abgeschirmt lag in einer jahrweise verschiedenen durchschnittlichen Hauptwindrichtung und der dadurch unterschiedlichen Windexposition der Leuchte begründet liegen. Aber auch das Lichtspektrum beeinflußt den Anflug der Nematocera, wie die hohen Fangergebnisse an der Leuchte mit Natriumdampflampe belegen.

Sowohl 1994 als auch 1996 wurden bei den Brachycera an den einzelnen Leuchten stark verschiedene Individuenzahlen festgestellt, wohingegen 1995 keine signifikanten Unterschiede belegt werden konnten. Die ungeschützt stehende Leuchte wurde in zwei von drei Untersuchungsjahren stark angeflogen. Besonders auffällig ist der intensive Anflug an die Leuchte PH (I). Insgesamt läßt sich aber für die Brachycera weder ein Einfluß der Fallenkonstruktion noch des Standortes auf den Anflug nachweisen.

Für die Hymenoptera wurden 1995 kaum signifikante Unterschiede zwischen der Leuchten festgestellt. Allerdings ist eine Einfluß des Standortes auf den Anflug an die Leuchten wahrscheinlich. An der ungeschützt stehenden Leuchte GH (4) konnten stets nur wenige Individuen registriert werden, während an die Leuchte PH (I) zahlreiche Individuen anflogen. Der hohe Fangerfolg an den Leuchten mit Fallentyp II und der Leuchte mit Natriumdampflampe konnte nicht signifikant nachgewiesen werden.

Insgesamt konnten nur wenige Individuen der Trichoptera festgestellt werden. Die Unterschiede im Anflug zwischen den Leuchten sind gering. In zwei von drei Untersuchungsjahren wurde allerdings die frei stehende Leuchte GH (4) am geringsten angeflogen, wohingegen der stärkste Anflug 1996 an die besonders geschützt stehende Leuchte PH (II) erfolgte. Hinzu kommt, daß die Leuchte PH (II) den auf dem Untersuchungsgelände vorhandenen Kleingewässern am nächsten stand. Dies belegt auch bei dieser Gruppe den Einfluß des Standortes, in Abhängigkeit der Windexposition, auf den Anflug an künstliche Lichtquellen. Ein Einfluß des Lichtspektrums oder des verwendeter Fallentyps auf das Fangergebnis der Trichoptera ist aus den Ergebnissen nicht ersichtlich.

Bei den Aphidina und den Cicadina konnten in den drei Untersuchungsjahren kaum statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Anflügen an die Leuchten festgestellt werden, so daß aufgrund dieser Ergebnisse keine Aussage zu dem Anflugverhalten dieser Gruppe getroffen werden kann.

In den ersten zwei Untersuchungsjahren waren keine signifikanten Unterschied im Anflug der Heteroptera zwischen den Leuchten festzustellen. Der auffällig starke Anflug an die geschützt stehende Leuchte PH (II) von 1996 ist wahrscheinlich auf deren geringe Windexposition und die besonders gute Eignung des Fallentyps zur Erfassung der Heteroptera zurückzuführen. Ein Einfluß des Lichtspektrum auf das Anflugverhalten konnte nicht festgestellt werden.

Der stärkste Anflug der Neuroptera und Psocoptera erfolgte in den drei Untersuchungsjahren an verschiedene Leuchten, der niedrigste Anflug jedoch meist an die ungeschützt stehende Leuchte GH (4). Wahrscheinlich war die Windexposition der Lichtquelle hierfür ursächlich. Das Lichtspektrum oder die Fallenkonstruktion scheinen dagegen das Fangergebnis nicht zu beeinflussen.

Die Cecidomyiidae und Chironomidae zeigten in den drei Untersuchungsjahren wechselndes Anflugverhalten an den einzelnen Leuchten. In jedem Untersuchungsjahr wurden andere Leuchten besonders stark oder gering angeflogen. Der stärkste Anflug erfolgte in jedem Jahr an andere Leuchten, was wahrscheinlich auf den Einfluß der Windexposition der Leuchte zurückzuführen ist. Die jeweils am besten gegen den Wind abgeschirmte Leuchte wurde bevorzugt angeflogen. Bei den Chironomidae konnte außerdem ein besonders starker Anflug an der Leuchte mit Natriumdampflampe registriert werden. Allerdings besteht kein Unterschied zu der Leuchte PH (I), die mit einer Quecksilberdampflampe betrieben wurde. Ein Einfluß der verwendeten Fallentypen konnte nicht nachgewiesen werden.

Der stärkste Anflug der Ceratopogonidae konnte in den beiden aufgeführten Untersuchungsjahren an der Leuchte GH (2) festgestellt werden. Im Jahr 1996 wurde auch an der benachbart stehenden Leuchte PH (I) ein besonders hoher Anflug registriert. Auffällig ist weiterhin der starke Anflug 1994 an die frei stehende Leuchte GH (4), insbesondere da die Ceratopogonidae sehr kleine Insekten und damit windanfällig sind. Maßgeblich für den Anflug der Ceratopogonidae ist wahrscheinlich das unmittelbare Biotop- oder Vegetationsumfeld und die damit verbundenen Entwicklungsmöglichkeiten.

Die meisten Individuen der Chrysopidae wurden jeweils an den Leuchten registriert, die am dichtesten am Knick standen. Auch die Chrysopidae sind trotz ihrer Körpergröße schlechte Flieger und dementsprechend anfällig gegen Wind, so daß die Windexposition der Lichtquelle Einfluß auf den Anflug dieser Tiere hat. Die wenigsten Individuen wurden dementsprechend an der exponiert stehenden Leuchte GH (4) nachgewiesen.

Der niedrigste Anflug der Geometridae wurde in den drei Untersuchungsjahren an der frei stehenden Leuchte GH (4), der stärkste Anflug 1996 wiederum an der am besten gegen den Wind abgeschirmten Leuchte PH (II) registriert. Ein Einfluß des Lichtspektrums oder der Fallenkonstruktion auf das Fangergebnis konnte dagegen nicht festgestellt werden.

Bei den Noctuidae flogen wenige Tiere an die Leuchte mit Natriumdampflampe, was die geringe Anziehungskraft dieses Lichtspektrums bei dieser Familie belegt. Darüberhinaus ist der Standort der Lichtquelle mitentscheidend für den Anflug der Noctuidae. Beleg dafür sind die wenigen registrierten Individuen an der exponiert stehenden Leuchte GH (4) und die hohen festgestellten Individuenanzahlen an den besonders geschützt stehenden Leuchten. Ein Einfluß der Fallenkonstruktion auf das Fangergebnis ist nicht nachzuweisen.

Die Corixidae flogen neben der Leuchte GH (3) in 1994 und der Leuchte PH (II) in 1996 stark an die ungeschützt stehende Leuchte GH (4). Die ansonsten im Wasser lebenden Corixidae verlassen dieses nur zu Verbreitungsflügen an günstigen windstillen Tagen.

Tab. 10: Mittelwerte der Individuenanzahlen (fett) der zwölf häufigsten Insektenfamilien im Vergleich der untersuchten Straßenleuchten und ihre statistische Signifikanz (p) nach dem Wilcoxon-Test; GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumldampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4 und I-II) = Leuchten-Nummer; *, **, *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), ns = nicht signifikant

	1994				1995				1996						
	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GN	PH(I)	PH(II)
Cecidomyiidae															
GH (1)	11,0	***	***	***	2,2	***	ns	***	1,4	ns	ns	ns	ns	***	ns
GH (2)	3,1	ns	ns		0,9	***	*		1,1	ns	ns	ns	-	***	ns
GH (3)	3,7	***			1,9	*			0,3	ns	-			**	ns
GH (4)		2,9				1,2				1,6	ns			***	ns
GN										2,9				***	ns
PH (I)														10,0	***
PH (II)															1,7
Chironomidae															
GH (1)	36,7	ns	***	***	7,5	ns	***	***	16,3	ns	ns	***	***	***	ns
GH (2)	28,9	***	***		9,8	*	***		19,1	ns	*	***	***	***	ns
GH (3)	22,3	**			5,6	ns			2,6	ns	-	***	***	***	
GH (4)		15,4				4,1				9,0		***	***	*	
GN										63,1	ns			***	
PH (I)										31,2				31,2	***
PH (II)															10,9
Ceratopogonidae															
GH (1)	13,4	***	ns	***					7,2	***	ns	ns	***	***	***
GH (2)	32,6	***	**						35,2	*	***	***	*	***	
GH (3)	14,7	*							4,5	ns	-	***	***		
GH (4)		22,3							5,7	***	***	***			
GN										24,8	***	*			
PH (I)										33,4					
PH (II)															12,6
Chrysopidae															
GH (1)	1,2	ns	ns	ns					0,4	*	-	ns	ns	ns	***
GH (2)	1,8	ns	ns						2,1	ns	*	***	**	ns	
GH (3)		2,5	**						0,3	-	-	ns	ns		
GH (4)			0,8							0,3	ns	ns	***		
GN										0,7	ns	*			
PH (I)										0,6	ns	**			
PH (II)															1,9
Geometridae															
GH (1)	2,1	ns	ns	***	2,1	**	ns	***	3,2	ns	ns	***	ns	***	ns
GH (2)	2,2	ns	***		1,2	*	***		2,6	*	***	ns	ns	ns	ns
GH (3)		2,6	***			1,8	***			2,3	**	-	ns	ns	
GH (4)			0,6				0,4			1,3	ns	**	***		
GN										3,6	ns	ns			
PH (I)										1,8		*			
PH (II)															2,7
Noctuidae															
GH (1)	11,1	ns	ns	***	8,0	***	***	***	22,7	***	*	***	***	***	ns
GH (2)	9,0	***	***		4,0	***	***		13,7	***	***	***	ns	***	
GH (3)		12,9	***			6,4	***			11,0	***	-	ns	ns	
GH (4)			3,5				2,1			10,1	***	*	***	***	
GN										9,4	***				
PH (I)										11,9		***			
PH (II)										21,5					

Fortsetzung Tabelle 10

	1994				1995				1996						
	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GN	PH(I)	PH(II)
Corixidae															
GH (1)	0,5	**	***	***					0,5	ns	-	ns	***	ns	***
GH (2)		1,3	**	***					0,4	-	*	***	ns	***	
GH (3)			3,7	ns					0,2	-	***	-	-		
GH (4)				4,1					2,8	***	*	***			
GN											0,0	-	-		
PH (I)												0,3	***		
PH (II)													17,1		
Braconidae															
GH (1)	4,7	*	***	***	0,7	*	ns	ns	0,4	ns	*	ns	*	***	***
GH (2)		2,7	**	**		0,3	ns	ns	0,5	ns	ns	*	***	*	
GH (3)			1,6	ns		0,4	ns	0,3	0,5	*	-	ns	ns		
GH (4)				1,1					0,3	**	***	***			
GN											1,8	ns	ns		
PH (I)											2,0	***			
PH (II)													1,1		
Cantharidae															
GH (1)			0,6	*	***	ns			1,5	***	*	*	*	ns	ns
GH (2)				1,4	ns	**			4,4	*	***	ns	***	**	
GH (3)					2,6	***			5,4	*	-	*	ns		
GH (4)						0,6			0,4	**	ns	*			
GN											3,6	*	*		
PH (I)											0,6	*			
PH (II)													1,7		
Carabidae															
GH (1)			17,3	ns	***	***			1,8	ns	ns	ns	ns	*	ns
GH (2)				9,8	***	ns			0,8	-	*	ns	***	***	
GH (3)					4,7	*			0,7	ns	-	ns	-		
GH (4)						9,5			2,6	*	*	ns	*		
GN									1,1	**	***	***			
PH (I)											4,4	ns			
PH (II)											4,2				
Staphylinidae															
GH (1)			0,9	ns	**	ns			1,0	ns	ns	ns	***	***	ns
GH (2)				0,7	ns	**			0,7	ns	ns	ns	***	***	ns
GH (3)					0,6	***			0,6	ns	-	**	ns		
GH (4)						1,1			0,7	*	***	ns			
GN											0,3	***	*		
PH (I)												2,3	**		
PH (II)												1,2			
Sphaeroceridae															
GH (1)	1,6	ns	ns	***	1,0	ns	ns	***							
GH (2)		2,2	ns	***		0,9	**	***							
GH (3)			2,3	***			1,9	***							
GH (4)				9,7				5,5							

Daher sind die Anflüge an die exponiert stehende Leuchte GH (4) vermutlich auf die weitreichende Sichtbarkeit dieser Leuchte zurückzuführen. Der auffällig starke Anflug an die geschützt stehende Leuchte PH (II) ist andererseits wahrscheinlich in deren räumlicher Nähe zu den auf dem Untersuchungsgelände vorhandenen Kleingewässern begründet. Weiterhin scheint das Lichtspektrum der Lichtquelle entscheidend für den Anflug der Corixidae zu sein, da an der Leuchte mit Natriumdampflampe überhaupt keine Tiere dieser Familie registriert wurden.

Der Anflug der Braconidae an die Leuchten war sehr uneinheitlich. Nur wenige Leuchten sind überhaupt signifikant voneinander unterschieden. Dennoch wird wahrscheinlich der Anflug der Braconidae durch den Standort der Lichtquelle beeinflußt, da die geschützt stehenden Leuchten GH (1) und PH (I) stark angeflogen wurden. Auch an der anderen Leuchte mit Fallentyp II wurde ein hoher Anflug festgestellt. Es unterschied sich jedoch auch der Anflug zwischen beiden Leuchten mit diesem Fallentyp, so daß ein Einfluß der Fallenkonstruktion auf das Fangergebnis der Braconidae nicht nachgewiesen werden kann.

Für den Anflug der Cantharidae ist der Standort der Lichtquelle entscheidend. Zwar flogen die Tiere die geschützt stehenden Leuchten unterschiedlich stark an, die nahe zum Knick stehenden Leuchten wurden jedoch bevorzugt. Ein Einfluß des Lichtspektrums oder des Fallentyps wurde nicht festgestellt.

Der Anflug bei den Carabidae scheint nicht durch einen der untersuchten Faktoren beeinflußt zu werden. Die höchsten Individuenzahlen wurden zwar an den besonders geschützt stehenden Leuchten registriert, aber auch die ungeschützt stehende Leuchte GH (4) wurde stark angeflogen. Allerdings weisen die Ergebnisse darauf hin, daß die Konstruktion des Fallentyps II besonders zur Erfassung der Carabidae geeignet zu sein scheint. Ein Einfluß des Lichtspektrums konnte nicht nachgewiesen werden.

Die höchsten Individuenzahlen der Staphylinidae wurden 1995 an der frei stehenden Leuchte GH (4), 1996 dagegen an der besonders geschützt stehenden Leuchte PH (II) festgestellt. Beide Leuchten standen nahe bei Komposthaufen, einem bevorzugtem Entwicklungshabitat bestimmter Arten der Staphylinidae. Hieraus wird deutlich, daß das nähere Biotopumfeld der Lichtquellen anscheinend den Anflug der Staphylinidae besonders beeinflußt. Die wenigen an der Leuchte mit Natriumdampflampe registrierten Individuen belegen weiterhin die geringe Anlockwirkung dieses Lichtspektrums bei dieser Familie. Ein Einfluß des Fallentyps konnte nicht nachgewiesen werden.

Auch die besonders hohen Individuenzahlen der Sphaeroceridae, die an der exponiert stehenden Leuchte GH (4) registriert wurden, sind auf die räumliche Nähe der Lichtquelle zu den Komposthaufen und Hühnerställen zurückzuführen, da dort die Entwicklungshabitate dieser Tiere lagen.

Für die Lepidoptera und Coleoptera wurde die Wirkung punktförmiger Lichtquellen auch bei einzelnen Arten analysiert (Tab. 11).

Der stärkste Anflug von Noctua janthe erfolgte in den beiden aufgeführten Untersuchungsjahren an besonders geschützt stehende Leuchten. Dies ist wahrscheinlich nicht auf den Einfluß der Windexposition zurückzuführen, da beispielsweise 1996 die ungeschützt stehende Leuchte GH (4) gleichfalls stark angeflogen wurde und es sich bei Noctua janthe um eine flugstarke Art handelt. Ein Einfluß des Lichtspektrums oder der Fallenkonstruktion wurde bei dieser Art nicht nachgewiesen.

Hoplodrina octogenaria flog in allen drei Untersuchungsjahren stark an die geschützt stehenden Leuchten und gering an die frei stehende Leuchte GH (4) an. Diese Art fliegt folglich bevorzugt die am besten abgesicherten Leuchten an. Auch hier konnte kein Einfluß von Lichtspektrum oder Fallentyp auf das Fangergebnis festgestellt werden.

Demgegenüber flog Agrotis exclamationis signifikant weniger an die Leuchte mit Natriumdampflampe an. Diese Art reagiert also unterschiedlich auf die verschiedenen Licht-

Tab. 11: Mittelwerte der Individuenanzahlen (fett) der drei häufigsten Arten der Lepidoptera und der zwei häufigsten Arten der Coleoptera im Vergleich der untersuchten Straßenleuchten und ihre statistische Signifikanz (p) nach dem Wilcoxon-Test;

GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natrium dampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4 und I-II) = Leuchten-Nummer; *, **, *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), ns = nicht signifikant

Art	1994				1995				1996						
	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GH(1)	GH(2)	GH(3)	GH(4)	GN	PH(I)	PH(II)
Noctua janthe															
GH (1)	1,3	ns	**	ns					0,1	**	-	*	**	**	***
GH (2)	1,6	*	*						2,3	-	ns	***	**	**	
GH (3)			3,1	***					-	-	-	-	-		
GH (4)				0,7								1,4	ns	ns	**
GN												1,1	ns	ns	***
PH (I)												0,9			***
PH (II)														7,2	
Hoplod. octogenaria															
GH (1)	1,3	ns	ns	ns	2,9	ns	ns	**	3,9	ns	ns	***	ns	*	ns
GH (2)	1,3	**	*		2,0	ns	ns	*	3,0	ns	ns	***	ns	ns	ns
GH (3)			2,4	***				4,0	1,8	ns	-	ns	ns	ns	ns
GH (4)				0,6				1,0	1,3	***	ns	ns	ns	***	
GN												3,8	ns	ns	
PII (I)												2,0	*		
PH (II)														3,5	
Agrotis exclamata															
GH (1)					1,5	ns	ns	***	5,7	***	ns	***	**	**	*
GH (2)					1,0	*	***		2,8	**	*	*	ns	**	
GH (3)							1,6	***	5,8	***	-	ns	ns		
GH (4)								0,3	1,7	*	*	ns	ns	***	
GN												0,6	**	**	
PH (I)												3,7	ns		
PH (II)												4,1			
Bradycealus verbasci															
GH (1)					22,4	ns	***	***	1,9	***	-	ns	**	ns	*
GH (2)						12,7	***	ns	0,0	-	***	***	***	***	
GH (3)							6,1	*		-	-	-	-	-	
GH (4)								12,0			3,1	**	ns	ns	
GN												0,2	***	***	
PH (I)												4,6	ns		
PH (II)												4,8			
Corticinara gibbosa															
GH (1)					1,3	ns	ns	ns	0,4	ns	ns	ns	ns	*	***
GH (2)						0,9	ns	ns	0,4	ns	ns	ns	ns	***	
GH (3)							0,7	*	0,7	ns	ns	-	ns	**	
GH (4)								1,3	0,7	ns	0,5	ns	**	***	
GN									0,5	ns	0,5	ns	ns	**	
PH (I)												1,5	ns		
PH (II)												3,9			

spektren. Der geringste Anflug wurde wiederum an der am wenigsten geschützt stehenden Leuchte GH (4) registriert. Ein Einfluß des Fallentyps auf das Fangergebnis konnte nicht nachgewiesen werden.

Von *B. verbasci* wurden sowohl an der exponiert stehenden Leuchte GH (4), als auch an geschützt stehenden Leuchten starke Anflüge registriert. Auffällig ist, daß 1996 keine Tiere an Leuchte GH (2) anflogen. Wahrscheinlich werden zu den Schwärmezeiten der ansonsten laufaktiven Käfer besonders die in der Nähe befindlichen Lichtquellen angeflogen. Der äußerst geringe Anflug an die Leuchte mit Natriumdampflampe belegt den Einfluß des Lichtspektrums auf das Anflugverhalten bei dieser Art.

Auch *C. gibosa* wurde an den Leuchten mit Fallentyp II häufiger erfaßt. Von dieser Art wurde außerdem die exponiert stehende Leuchte GH (4) stark angeflogen. Die Unterschiede zu den anderen Leuchten sind aber nicht statistisch signifikant. Ein Einfluß des Lichtspektrums auf den Anflug ist nicht erkennbar.

Die meisten Arten der Lepidoptera wurden in allen drei Jahren in den Monaten Juni bis August festgestellt. Das Maximum des Anfluges lag bei Mitte Juli und war 1995 besonders stark ausgeprägt. Mit über 40 registrierten Arten wurde in dieser Zeit die höchste

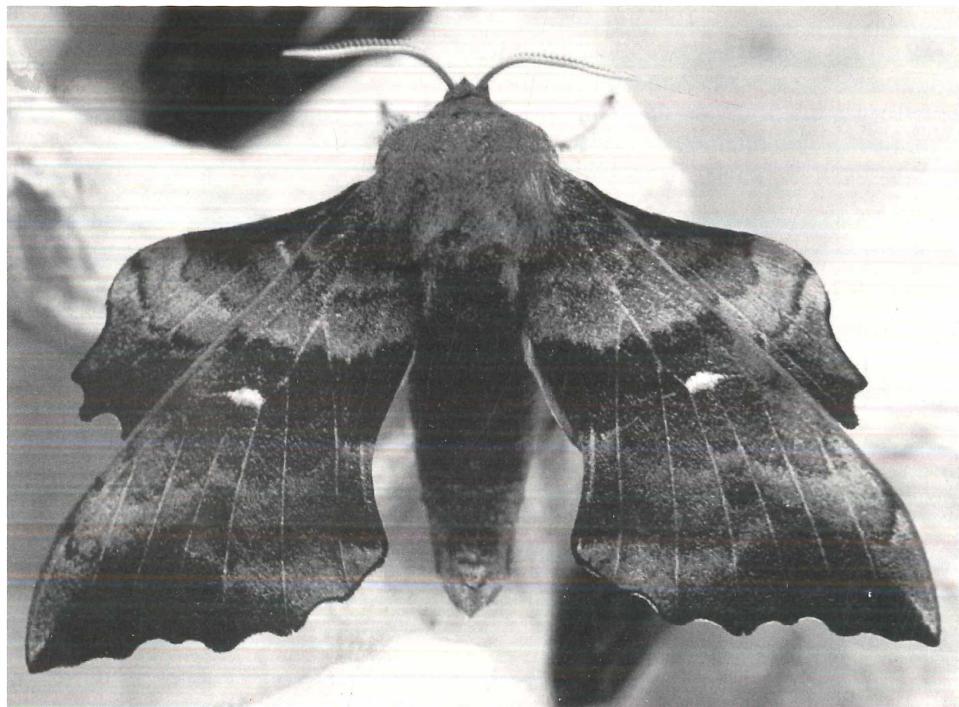


Abb. 18: Pappelschwärmer (*Laothoe populi* L.)

Artenzahl an den Leuchten GH (1) und GH (3) gefunden. Die Unterschiede im Anflug an die Leuchten sind dabei in den Frühjahrs- und Herbstmonaten nur geringfügig. Diese Ergebnisse belegen, daß vergleichende Untersuchungen zur Anlockwirkung künstlicher Lichtquellen bei den Lepidoptera auf die Sommermonate beschränkt werden können, wenn nicht das Anflugverhalten ganz bestimmter Arten analysiert werden soll. Die größte Individuenanzahl der Lepidoptera ist in den Monaten Mai bis August zu finden. Weiterhin wird deutlich, daß ein gleichzeitiger Anflug zahlreicher Arten der Lepidoptera an den künstlichen Lichtquellen nur an sehr wenigen Tagen (Nächten) zu registrieren war.

Die 1994 angeflogene Anzahl der Coleopterenarten war sehr gering. Es läßt sich dennoch ein leichtes Anflugmaximum im Juli erkennen. Auch im Jahr 1995, in dem die Artenanzahl weitaus höher war als 1994, lag das Maximum Mitte Juli. Der stärkste Tagesanflug erfolgte an die Leuchten GH (1) und GH (2). Dagegen wurden 1996 zwei Anflugmaxima verzeichnet. Das erste Ende Mai/Anfang Juni und das zweite Ende Juli/Anfang August. Insgesamt war 1996 der Anflug der Coleoptera gleichmäßiger über das ganze Jahr verteilt. Für die Coleoptera sind daher die Unterschiede im Anflug zwischen verschiedenen Lichtquellen ebenfalls besonders während der warmen Monate ausgeprägt. Es wird weiterhin deutlich, daß die meisten Arten der Coleoptera innerhalb weniger Tage mit optimalen Witterungsbedingungen an das Licht anfliegen. Diese Witterungsbedingungen sind im Frühjahr und Herbst meist nicht zu erwarten.

Der geringe Anflug der bei den unterschiedlichen Arten der Sciaridae festgestellt wurde, zeigte in den beiden dargestellten Untersuchungsjahren kein eindeutiges Maximum. Eine zweigipflige Verteilung war 1996 Anfang Juni und dann Mitte August zu erkennen. Von Mitte Juni bis Mitte Juli sind dabei fast keine Sciaridenmännchen registriert worden. Dies ist darauf zurückzuführen, daß sich nur wenige der sehr kleinen Tiere während der regenarmen Monate entwickeln.

Das Maximum des Anfluges der Insekten wurde 1994 im Juli mit den höchsten Werten an den Leuchten GH (1) und GH (2) festgestellt. Auch 1995 war ein deutliches Anflugmaximum im Juli zu erkennen und ein zweites geringer ausgeprägtes Maximum im Oktober. Bei diesem zweitem Maximum wurde der höchste Anflug/Tag im Jahresverlauf an Leuchte GH (2) registriert. Im Jahr 1996 war das Anflugmaximum erst Mitte August ein weiteres, schwächeres Maximum an den Fallen PH (I) und PH (II) auch schon Anfang Juni erkennbar. Für diese Anflugmaxima der drei Untersuchungsjahre können zwei unterschiedliche Faktoren ursächlich sein. Zum einen treten für einen starken Anflug günstige Witterungsbedingungen vor allem während der Sommermonate mit z.B. höheren Temperaturen auf, zum anderen ist in den Sommermonaten das größte Artenspektrum der Insekten anzutreffen. Dies gilt im folgendem gleichermaßen für die Lepidoptera und Coleoptera.

Bei den Lepidoptera erfolgte 1994 das Anflugmaximum Ende Juli/ Anfang August, insbesondere an Leuchte GH (1). Ein weiterer starker Anflug/Tag war Ende Juni an die Leuchten GH (3) und GH (2) zu erkennen. Auch 1995 war Mitte Juli ein deutliches Anflugmaximum, der stärkste Anflug/Tag erfolgte an Leuchte GH (3). Die Anflüge an die unterschiedlichen Leuchten in den Frühjahrs- und Herbstmonaten waren gering ausgeprägt. Viel individuenreicher war der Anflug 1996. Nach geringen Anflügen im Mai stieg die Individuenanzahl von Anfang Juni bis Ende August stark an. Der höchste Anflug/Tag erfolgte an Leuchte GH (1).

Die 1994 bei den Coleoptera registrierte Individuenanzahl war gegenüber den anderen beiden Jahren sehr gering. Der stärkste Anflug wurde Mitte August registriert. Im Jahresverlauf 1995 war ein sehr deutliches Anflugmaximum auf Mitte bis Ende Juli beschränkt mit höchsten Werten an den Leuchten GH (1) und GH (3), während 1996 zwei Anflugmaxima Anfang Juni und Mitte August zu verzeichnen waren. Die stärksten Anflüge/Tag erfolgten an die Leuchten PH (I) und PH (II).

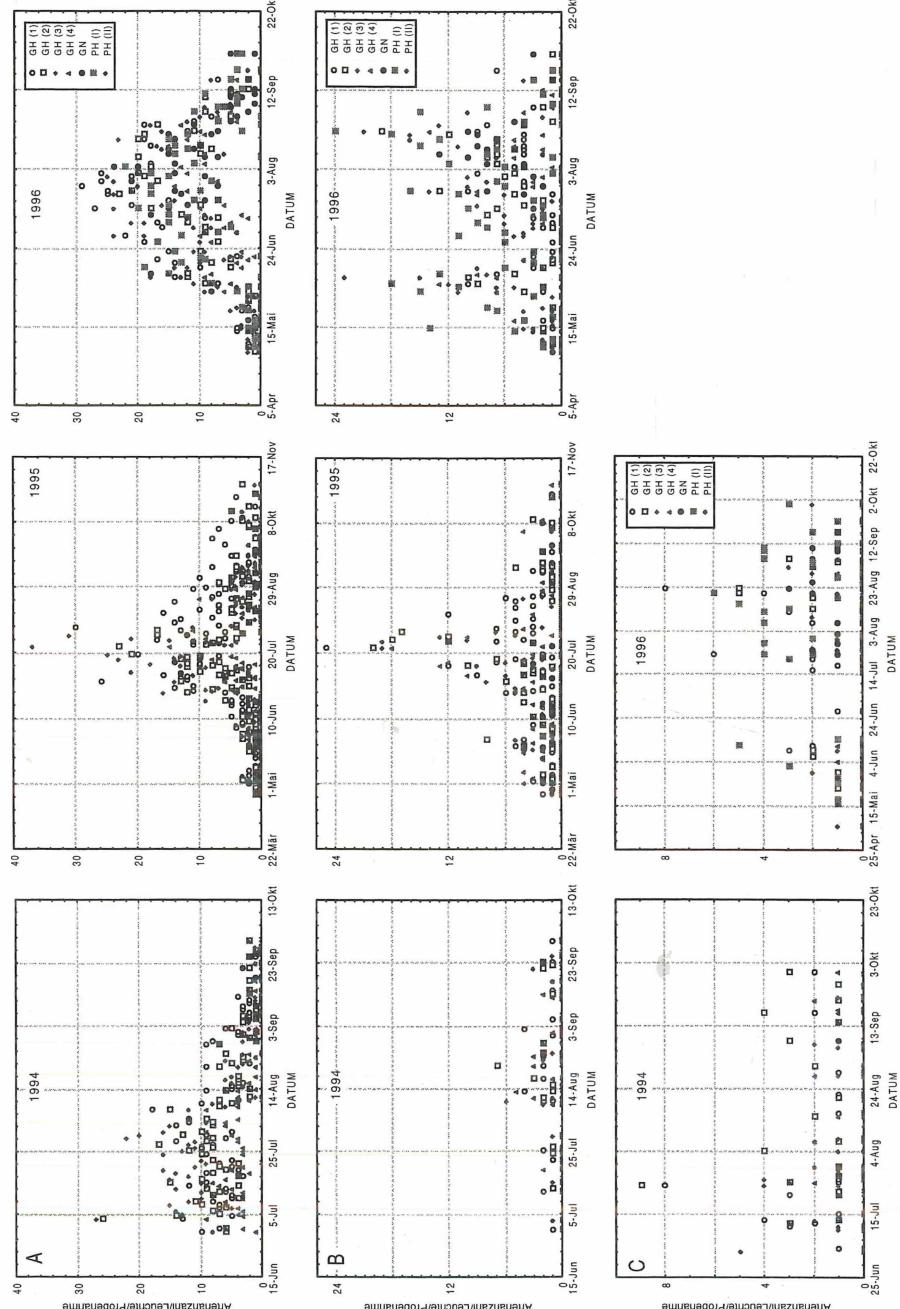


Abb. 19: Die registrierten Artenzahlen im Jahresverlauf, A: Lepidoptera 1994, 1995 u. 1996, B: Coleoptera 1994, 1995 u. 1996, C: Sciariidae 1994 u. 1996; GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4, I-II) = Leuchtennummer

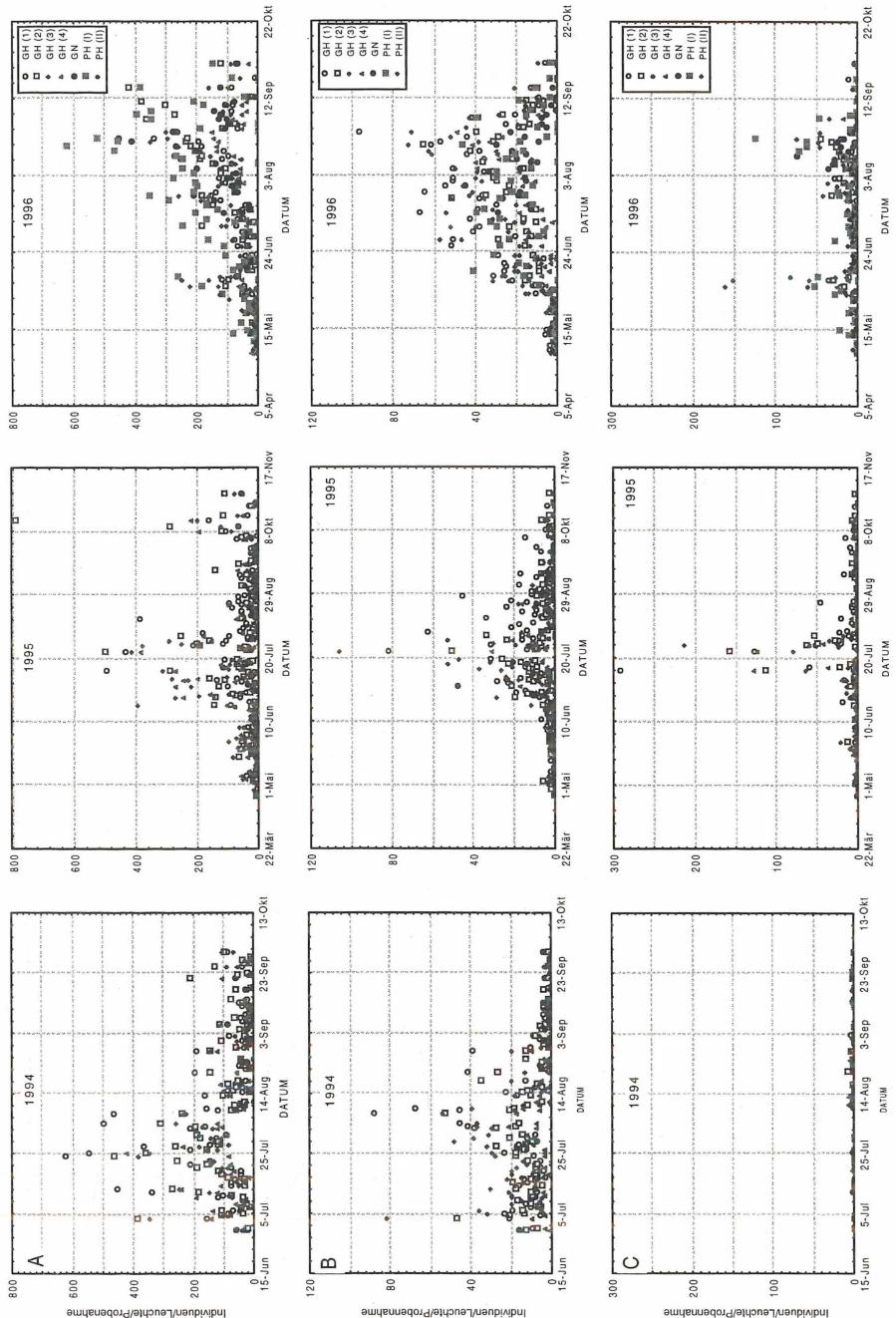


Abb. 20: Die registrierten Individuenzahlen im Jahresverlauf, A: Insecta 1994, 1995 u. 1996, B: Lepidoptera 1994, 1995 u. 1996, C: Coleoptera 1994, 1995 u. 1996; GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4, I-II) = Leuchtennummer

5.3.1 Anteile der verschiedenen Insektenordnungen am Anflug

Die Auswertung der an die verschiedenen Leuchten angeflogenen Insekten nach den prozentualen Anteilen der einzelnen Ordnungen bzw. Unterordnungen am Gesamtfang, führte zu folgenden Ergebnissen (Abb. 21).

Die Nematocera dominierten an allen Leuchten mit 60 bis 70 %, gefolgt von den Lepidoptera, Brachycera und Coleoptera. Alle anderen Ordnungen hatten einen Anteil von ca. 1 % oder weniger. Die Nematocera, Brachycera, Lepidoptera und Coleoptera stellen zusammen an allen Leuchten 95 % des Gesamtanfluges. Nur die Heteroptera erreichten außerdem an Leuchte PH (II) einen prozentualen Anteil von 7 % am Gesamtfang. Obwohl also an die verschiedenen Leuchten teilweise ganz andere Arten in unterschiedlichen Dominanzen anflogen, wurde der Gesamtanflug der Insekten an jeder Leuchte von den gleichen Insektenordnungen geprägt. Zwischen den einzelnen Leuchten konnten jedoch größere Unterschiede in den Dominanzen festgestellt werden, besonders an Leuchte PH (II). An dieser Leuchte wiesen die Nematocera mit 37,1 % den niedrigsten Anfluganteil, die Lepidoptera, Coleoptera, Heteroptera, Psocoptera, Neuroptera und Trichoptera den jeweils höchsten Anteil am Gesamtanflug auf.

Die prozentualen Anteile der einzelnen Insektenordnungen und -unterordnungen am Gesamtanflug der Leuchten scheinen demnach, auch bei relativ geringen Abständen der Lichtquellen von 30 m zueinander, abhängig vom Standort zu sein, wie durch den

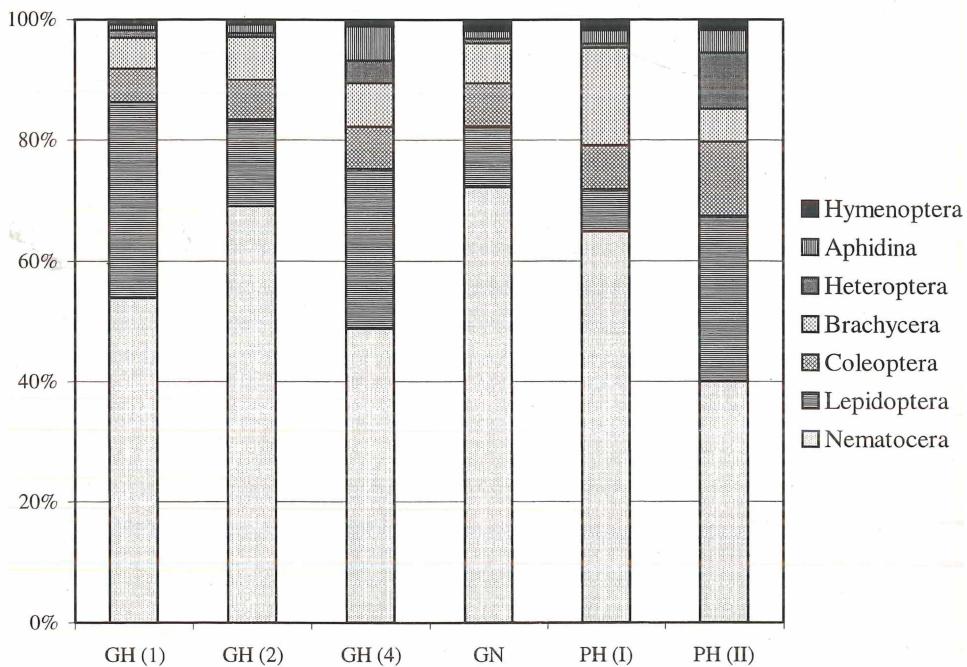


Abb. 21: Relative Anteile (in %) der an mindestens einem Standort mit mehr als 100 Individuen festgestellten Insektenordnungen und -unterordnungen am jeweiligen Gesamtfang vom 12.7.-31.10.96, getrennt nach den einzelnen Leuchten;

GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4 und I-II) = Leuchten-Nummer

Vergleich der Straßenleuchten mit gleichem Lichtspektrum und Fallentyp deutlich wird. Aber auch unterschiedliche Fallentypen und Lichtspektren beeinflussen den Anflug.

5.3.2 Fangeffektivität der unterschiedlichen Fallentypen

Die Effizienz der drei Fallentypen für den Nachweis der Lepidoptera wurde in drei Nächten je Fallentyp genauer untersucht (Abb. 22). Dazu wurden jeweils über einen Zeitraum von drei Stunden nach Dämmerungsbeginn sämtliche Anflüge von Nachtfaltern und die in diesem Zeitraum durch die Fallen erfassten Tiere gezählt. Flog ein Falter mehrmals an, so wurde jeder Anflug einzeln gezählt, da bei mehreren, gleichzeitigen Anflügen nicht mehr zwischen neu hinzugekommen und wiederholt anfliegenden Faltern unterschieden werden konnte.

Bei allen drei Fallentypen wurden jeweils zwischen 30 und 40 % der angeflogenen Lepidoptera auch gefangen. Unterschiede zwischen den verwendeten Fallentypen waren nicht signifikant. Bei der Probennahme konnte beobachtet werden, daß stark umherfliegende Falter, wie einige Noctuidae, mit höherer Wahrscheinlichkeit in die Falle gelangten, als Falter, die sich schnell an der Falle oder der Vegetation absetzten, wie einige Arctiidae oder Notodontidae. Andere Noctuidae wurden dabei beobachtet, wie sie unruhig um die Lichtquellen herum flogen und erst beim dritten, vierten oder fünften Anflug in die Falle gelangten. Auch leichte und flugschwache Falter, wie einige Geometridae, gelangten weniger häufig in die Fallen, wie die größeren, flugstarken Arten.

Es fliegen also mehr Lepidoptera die Lichtquellen an, als durch die verwendeten Fallen festzustellen sind. Dabei ist die Fangeffektivität der Fallen vor allem von dem Verhalten der anfliegenden Lepidoptera abhängig.

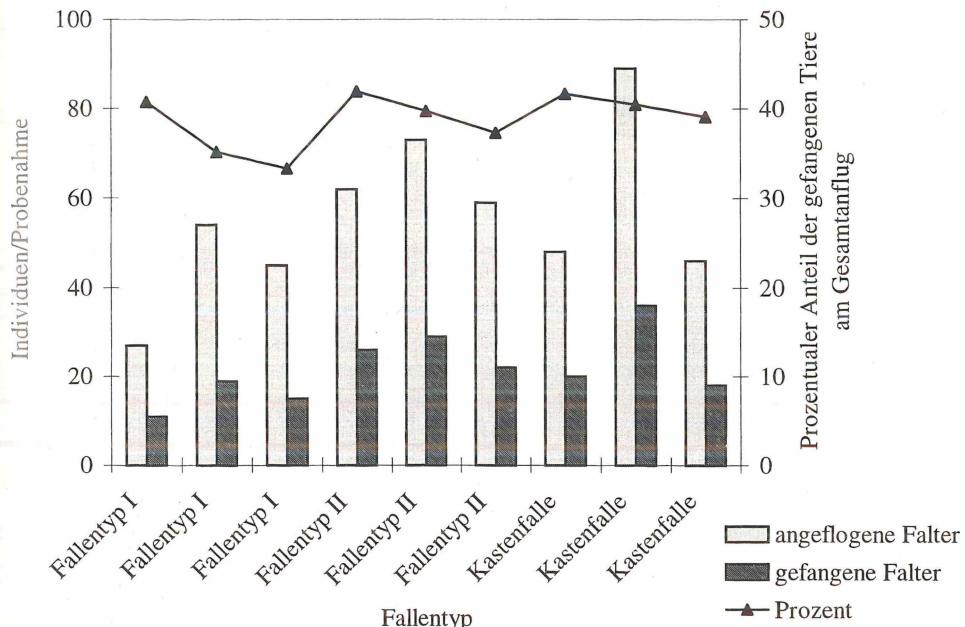


Abb. 22: Verhältnis von angeflogenen Faltern zu gefangenen Faltern für je drei Stichproben an den unterschiedlichen Fallentypen und prozentualer Anteil der Fanges am Gesamtanflug.



Abb. 23: Messingeule (*Diachrysia chrysitis* L.)

5.4 Vergleich punktueller (kleinflächiger) Lichtquellen mit großflächigen Lichtquellen

Für den Vergleich zwischen klein- und großflächigen Lichtquellen wurden die Insektenanzahlen an den Kastenfallen mit Quecksilber- bzw. Natriumdampflampe und dem Gewächshaus „Grüne Fee“ in Albersdorf herangezogen. Für das Gewächshaus wurden die Fänge auf die gesamte jeweilige Seitenfläche hochgerechnet (s. Kap. 4.3.1). Abbildung 24 gibt einen Überblick über die Anteile der festgestellten Insektenordnungen und -unterordnungen an den drei Lichtquellen. Die Lepidoptera sind aufgrund der anderen Erfassungsmethodik am Gewächshaus nicht mit aufgeführt.

Nur die beiden Dipterenunterordnungen, Brachycera und Nematocera, erreichten an allen drei Untersuchungsstandorten jeweils mehr als 10 % des Gesamtfanges, wobei die Nematocera mit 57 - 80 % aller registrierten Individuen mit Abstand am häufigsten waren. Zusammen stellten die Dipteren an allen drei Lichtquellen jeweils über 95 % des Gesamtfanges. Der Anteil der meisten anderen ans Licht geflogenen Insektenordnungen und -unterordnungen lag bei unter einem Prozent. Unterschiede zwischen der kleinflächigen Lichtquelle mit Natriumdampflampe mit der großflächigen Lichtquelle mit Natriumdampflampen waren im prozentualen Anteilsverhältnis der Insektenordnungen am Gesamtfang nicht signifikant. Die prozentualen Anteile einiger Insektenordnungen an der kleinflächigen Lichtquelle mit Quecksilberdampflampe waren hingegen im Vergleich zu den anderen beiden Lichtquellen stark unterschiedlich. Anscheinend hat das Lichtspektrum einer Lichtquelle einen starken Einfluß auf den Insektenanflug.

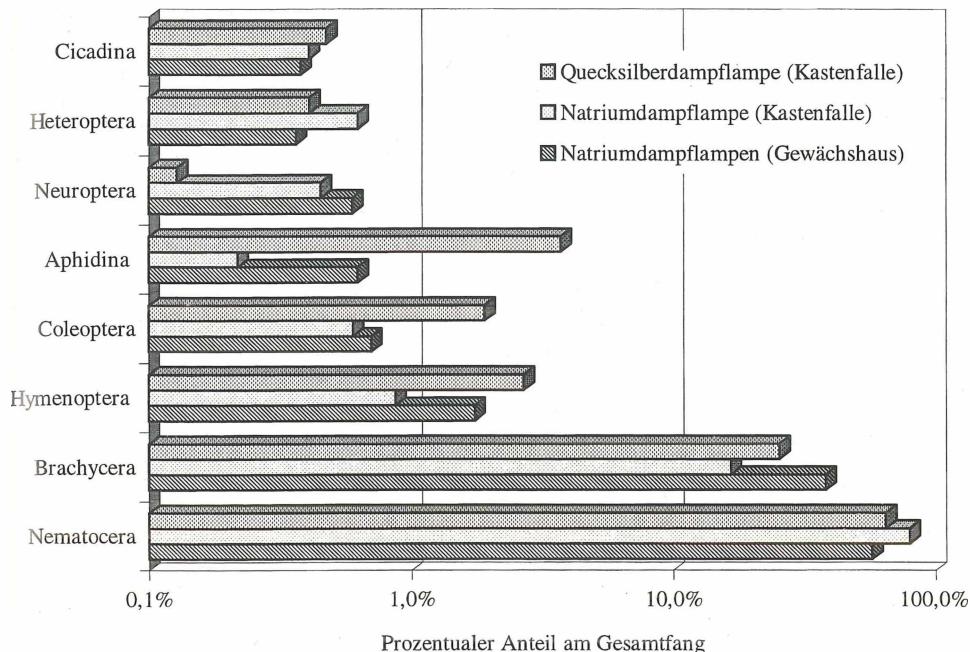


Abb. 24: Relative Anteile (in %) der an mindestens einem Standort mit mehr als 100 Individuen festgestellten Insektenordnungen und -unterordnungen am jeweiligen Gesamtfang 1994 am Gewächshaus und den Kastenfallen in den 29 Probenahmenächten (ohne Lepidoptera); in logarithmischer Darstellung

Da das Gewächshaus 1995 zu den Probenahmen nicht mehr auf allen Seitenflächen gleichzeitig und vom 15. Juli bis Ende August gar nicht beleuchtet wurde, ist eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse nur innerhalb jedes Untersuchungsjahres möglich (Abb. 25, 26 und 27). Der Vergleich zwischen kleinflächigen und großflächigen Lichtquellen wird dadurch aber nicht beeinträchtigt.

Die geringsten Arten- und Individuenanzahlen der Lepidoptera waren in beiden Untersuchungsjahren an der Kastenfalle mit Natriumdampflampe zu verzeichnen. Die höchsten Arten- und Individuenanzahlen wurden hingegen 1994 und 1995 am Gewächshaus registriert. Im Jahr 1995 wurden an der kleinflächigen (punktuellen) Lichtquelle „Quecksilberdampflampe“ ähnlich viele Arten und Individuen der Lepidoptera registriert, wie an der großflächigen Lichtquelle „Gewächshaus“. An der Kastenfalle mit der kleinflächigen Lichtquelle „Natriumdampflampe“, einem zum Gewächshaus vergleichbaren Lichtspektrum, wurden hingegen in beiden Untersuchungsjahren weniger Individuen und Arten der Lepidoptera als an der großflächigen Lichtquelle „Gewächshaus“ festgestellt. Diese Ergebnisse verdeutlichen, daß bei einem gleichen oder ähnlichen Lichtspektrum mehr Individuen an eine großflächige als an eine kleinflächige Lichtquelle anfliegen. Die Zunahme der Leuchtfläche bedingt aber keine Zunahme des Anflugs der Lepidoptera in gleicher Größenordnung. Vielmehr scheint das Lichtspektrum der Lichtquelle einen entscheidenderen Einfluß auf die Arten- und Individuenanzahl der angelockten Tiere zu haben, als die Größe der Lichtquelle.

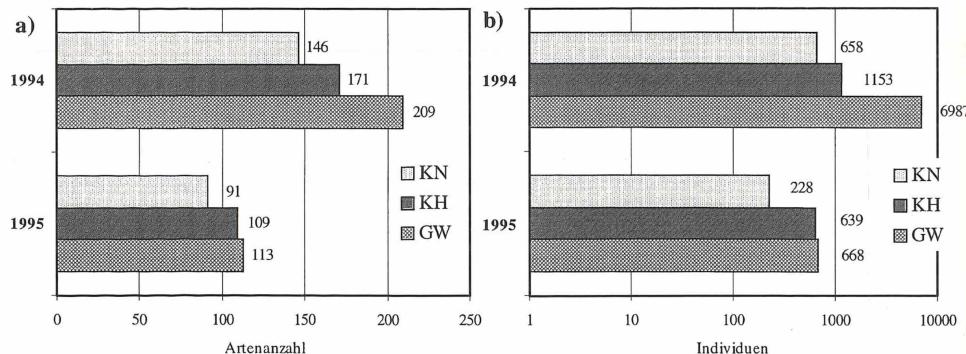


Abb. 25: Vergleich der a) Artenanzahlen und b) Individuenanzahlen der registrierten Lepidoptera an den Gewächshausseiten und den Kastenfallen. 1994 gesamter Untersuchungszeitraum, 1995 vom 23.4 - 10.7 und vom 21.8 - 31.10.

GW = Gewächshaus, KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe, KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe

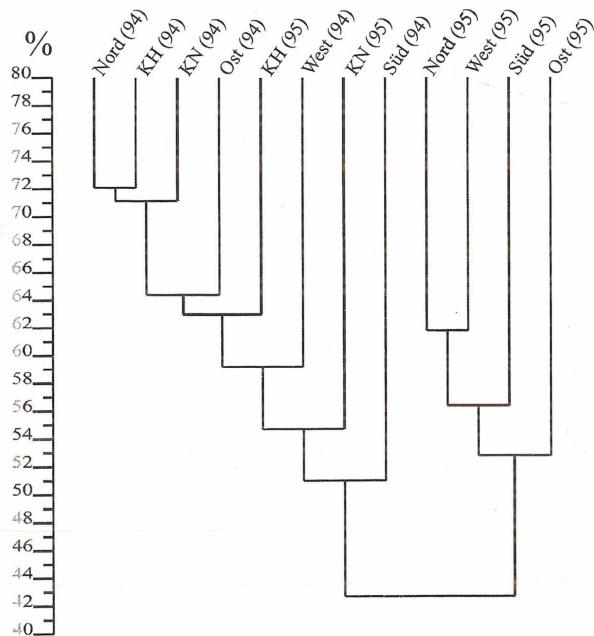


Abb. 26: Average-Linkage-Cluster-Analyse der Artenidentitäten der Nachtfalter nach dem Sörensen-Index zwischen dem Gewächshaus und den Lichtfallen, getrennt nach den Untersuchungsjahren, jeweils im Zeitraum vom 23.4 - 31.10. 1994-95

Nord = Nordseite des Gewächshauses, Ost = Ostseite des Gewächshauses, Süd = Südseite des Gewächshauses, West = Westseite des Gewächshauses, KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe, KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe; (94/95) = Jahreszahl

Die Ähnlichkeiten der Lepidopterensynusien an den verschiedenen Seiten des Gewächshauses sowie der punktuellen Lichtquellen wurden mit Hilfe der Artenidentität (SØRENSEN 1948) analysiert (Abb. 26).

Die Average-Linkage-Cluster-Analyse der Artenidentitäten ergibt zwei Cluster mit Ähnlichkeiten über 50 %. Einen Cluster bilden die Artengemeinschaften, die an den vier Seitenflächen des Gewächshauses im Jahr 1995 registriert werden konnten, das zweite Cluster sämtliche 1994 an den Gewächshausseiten und die 1994 und 1995 an den Kastenfallen festgestellten Artenspektren. Dabei sind die 1994 an der Nordseite und den beiden Kastenfallen nachgewiesenen Artengemeinschaften am ähnlichsten.

Das bedeutet, daß das 1994 an die großflächige Lichtquelle der Nordseite angeflogene Artenspektrum dem Arteninventar was an den beiden punktuellen Lichtquellen der Kastenfallen festgestellt wurde vergleichbar ist, als dem Arteninventar der restlichen drei großflächig beleuchteten Gewächshausseiten. Wahrscheinlich ist diese Übereinstimmung im Arteninventar auf das ähnliche Biotopumfeld der Kastenfallen und der Nordseite zurückzuführen, da alle drei Lichtquellen an Knicks und einen Waldrand angrenzen. Wohingegen die Ähnlichkeit im Arteninventar der Gewächshausseiten 1995 auf die betriebsbedingt pro Probennahme unterschiedliche Beleuchtungsdauer des Gewächshauses ab Juli zurückzuführen ist. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu denen von 1994 und zu den Fängen der Kastenfallen ist deshalb hier nicht gegeben.

Insgesamt hat das Biotopumfeld der einzelnen Gewächshausseiten einen größeren Einfluß auf die Anlockung der Lepidoptera, als die Größe der Lichtquelle.

Zur Überprüfung der Ergebnisse auf ihre statistische Signifikanz wurden mit dem Wilcoxon-Test die an den Gewächshausseiten und den beiden Kastenfallen festgestellten Arten- und Individuenanzahlen der Lepidoptera verglichen (Tab. 12).

Tab. 12: Mittelwerte der Arten und die Individuenanzahlen der Lepidoptera (fett) im Vergleich der untersuchten Lichtquellen in Albersdorf und ihre statistische Signifikanz nach dem Wilcoxon-Test
 Nord = Nordseite des Gewächshauses, Ost = Ostseite des Gewächshauses, Süd = Südseite des Gewächshauses, West = Westseite des Gewächshauses, KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe, KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe; *, **, *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), ns = nicht signifikant

Arten 1994						Individuen 1994							
Nord	Ost	Süd	West	KH	KN	Nord	Ost	Süd	West	KH	KN		
Nord	16,3	**	***	***	ns	Nord	183,0	***	***	***	ns	*	
Ost	8,9	***	*	*	ns	Ost	30,3	**	ns	ns	ns	ns	
Süd	4,9	ns	***	***	Süd		16,8	ns	***	*			
West		6,1	***	*	West			16,3	***	*			
KH			14,5	***	KH				38,9	***			
KN				10,5	KN					21,7			
Arten 1995						Individuen 1995							
Nord	Ost	Süd	West	KH	KN	Nord	Ost	Süd	West	KH	KN		
Nord	7,6	ns	**	**	**	ns	Nord	16,2	ns	***	**	*	ns
Ost	6,4	ns	ns	***	*	Ost	12,4	**	*	**	**	ns	
Süd	4,4	ns	***	**	**	Süd		5,7	ns	***	***		
West		4,1	***	***	***	West			5,9	***	***		
KH			15,8	***	KH				47,4	***			
KN				11,1	KN					18,6			

Der Vergleich verdeutlicht, daß an der Nordseite des Gewächshauses und den Kastenfallen in beiden Jahren mehr Arten und Individuen der Lepidoptera zu finden waren, als an der Süd- und Westseite des Gewächshauses. Dabei war der Anflug an die Nordseite des Gewächshauses und an der Kastenfalle mit Natriumdampflampe relativ ähnlich. Weiterhin flogen 1995 an die kleinflächigen Lichtquellen der Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe signifikant mehr Arten und Individuen der Lepidoptera an, als an die einzelnen großflächig beleuchteten Seitenflächen des Gewächshauses. Insgesamt wurden an den beiden Kastenfallen, mit Ausnahme der Nordseite, mehr Arten und Individuen der Lepidoptera als an den einzelnen Seitenflächen des Gewächshauses festgestellt. Dies zeigt insbesondere wie stark der Anflug der Lepidoptera vom Biotopumfeld des Lichtquellenstandortes geprägt wird und weiterhin, daß an eine großflächige Lichtquelle nicht unbedingt mehr Falter anfliegen als an eine nur punktuell strahlende Lichtquelle. Großen Einfluß auf den Anflug der Lepidoptera hat dabei auch das Lichtspektrum.

Abbildung 27 zeigt die registrierten Arten- und Individuenanzahlen im Jahresverlauf der beiden Untersuchungsjahre.

Der stärkste Anflug von Arten und Individuen der Lepidoptera wurde in den Monaten Juni und Juli mit dem Höhepunkt Mitte bis Ende Juli registriert. Gleichzeitig zeigte sich hier auch die stärkste Differenzierung im Anflugverhalten der Lepidoptera zwischen den Gewächshausseiten und den beiden Kastenfallen. Die meisten Individuen pro Tag flogen 1994 an die großflächig beleuchtete Nordseite und die kleinflächige Lichtquelle „Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe“, sowie 1995 an beide kleinflächigen Lichtquellen an. Solche Unterschiede waren in den Frühjahrs- und Herbstmonaten insbesondere bei den Artenanzahlen hingegen kaum vorhanden.

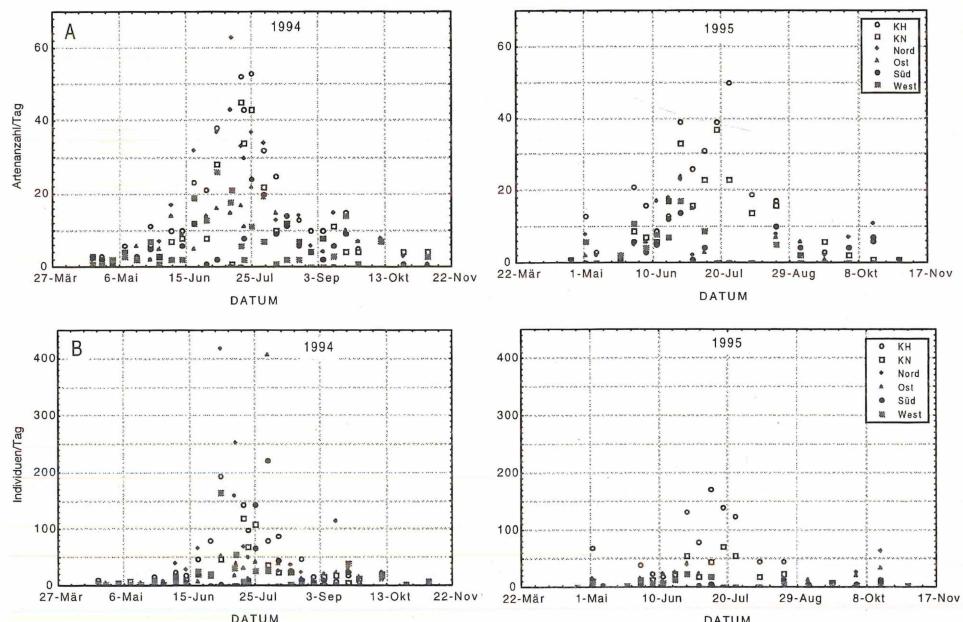
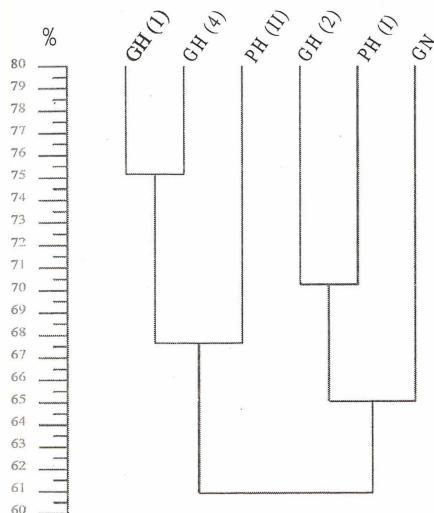


Abb. 27: Der Anflug der Lepidoptera im Jahresverlauf A: Artenanzahlen 1994 und 1995, B: Individuenanzahlen 1994 und 1995 Nord = Nordseite des Gewächshauses, Ost = Ostseite des Gewächshauses, Süd = Südseite des Gewächshauses, West = Westseite des Gewächshauses, KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe, KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe

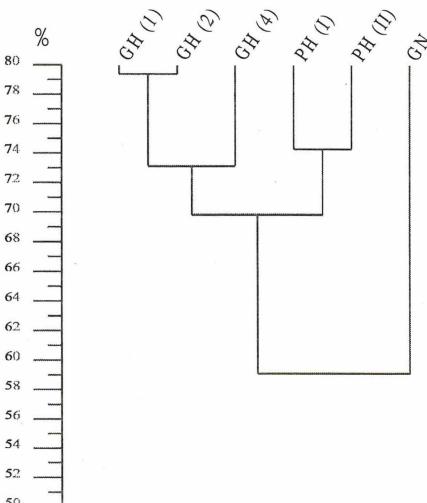
5.5 Vergleich der Anlockwirkung unterschiedlicher Lampentypen, der Fallenkonstruktionen und der Standorte der Lampen

Die Anlockwirkung unterschiedlicher Lampentypen wurde mit den Dominanten-Identitäten nach RENKONEN (1938) analysiert (Abb. 28). Die Trichoptera und Sciaridae sind aufgrund der geringen registrierten Individuenanzahl nicht aufgeführt.

a)



b)



c)

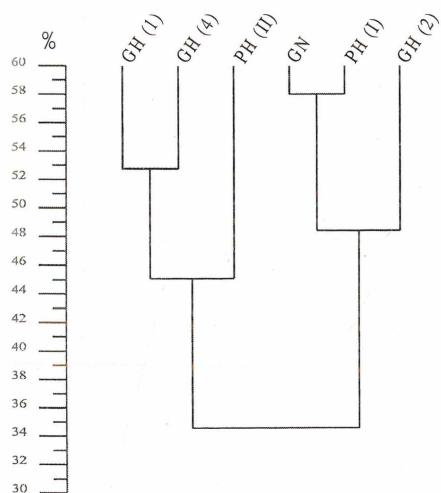


Abb. 28: Average-Linkage-Cluster-Analyse der Renkenen-Indizes für die Leuchten im Versuchsgelände vom 12.7.-30.9.1996 a) Insekten insgesamt, b) Lepidoptera und c) Coleoptera
GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe,
GN = Fallentyp I mit Natrium dampflampe,
PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampf-
lampe, (1-4 u. I-II) = Leuchten-Nummer

Bei dem an den unterschiedlichen Leuchten registrierten Anflug der Insekten (Abb. 28 a) sind zwei Hauptcluster zu erkennen. Dabei sind die beiden Fallentypen I und II auf beide Cluster verteilt, die Fallenkonstruktion hat also keinen Einfluß auf das Fangergebnis der Insekten. Auch benachbart stehende Leuchten sind nur in einem Fall einem gemeinsamen Cluster zugeordnet. Ein eindeutiger Einfluß des Leuchtenstandortes ist aus diesem Ergebnis nicht ableitbar. Deutlich unterschieden ist hingegen der Anflug an die Leuchte mit Natriumdampflampe, was den Einfluß des Lichtspektrum auf die Anlockung der Insekten aufzeigt.

Bei den Lepidoptera (Abb. 28 b) bilden die Artengemeinschaften an den Quecksilberdampflampen ein Cluster, das sich deutlich von der an der Natriumdampflampe unterscheidet. Weiterhin sind die Leuchten mit gleicher Fallenkonstruktion jeweils einem gemeinsamen Cluster zugeordnet. Neben dem Lampentyp wird die Artenzusammensetzung der Fänge also auch durch den Fallentyp beeinflußt. Die größte Übereinstimmung weisen die beiden benachbart stehenden Leuchten GH (1) und GH (2) auf. Deshalb kann auch dem Faktor „Standort der Lichtquellen“ ein Einfluß auf den Anflug der Lepidoptera zugesprochen werden.

Die Clusteranalyse für die Coleoptera (Abb. 28 c) läßt keinen Einfluß des Lampen- oder Fallentyps erkennen. Auch die Leuchten benachbarter Standorte weisen keine Gemeinsamkeiten im Anflug auf.

Eine Cluster-Analyse der Dominantenidentität der Lepidoptera zwischen den beiden Kastenfallen mit Quecksilberdampflampe und Natriumdampflampe wurde für den Standort an der Ökotechnikhalle durchgeführt (Abb. 29).

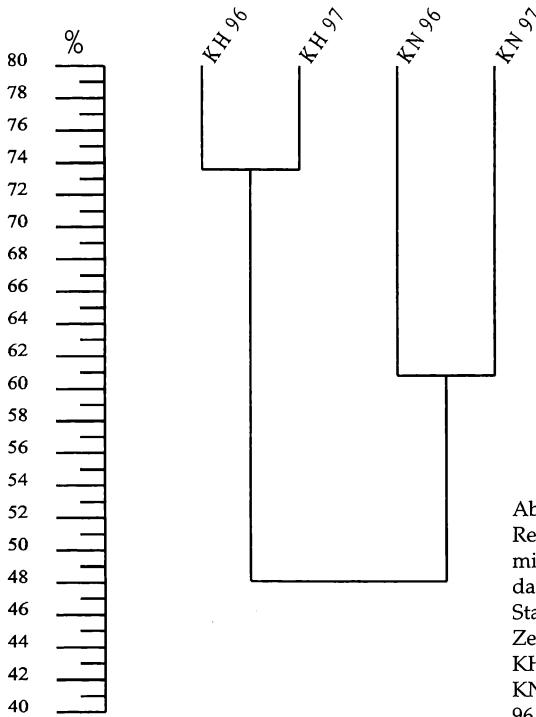


Abb. 29: Average-Linkage-Cluster-Analyse der Renkonen-Indizes für die an die Kastenfallen mit Quecksilberdampflampe und Natriumdampflampe angeflogenen Lepidoptera am Standort bei der Ökotechnikhalle (Kiel) im Zeitraum 4.7-30.9.1996-97;
KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe,
KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe,
96/97 = Untersuchungsjahr

Der Anflug an gleiche Lampentypen (Lichtspektrum) ist in beiden Untersuchungsjahren ähnlicher als zwischen den unterschiedlichen Lampentypen innerhalb des gleichen Jahres. Der Anflug der Lepidoptera wird daher stärker durch den Lampentyp (Lichtspektrum) geprägt als durch den Standort der Lichtquelle und die Witterung der unterschiedlichen Jahre.

Tabelle 13 zeigt die Signifikanz der Unterschiede im Anflug der jeweils häufigsten Familien und Arten der Lepidoptera von 1996 und 1997 nach dem Wilcoxon-Test an den beiden Kastenfallen am Standort bei der Ökotechnikhalle.

Der Anflug an die Fallen ist in beiden Jahren für die aufgeführten Familien und Arten statistisch signifikant verschieden, mit Ausnahme der Geometridae im Jahr 1996. Es zeigt sich, daß der größte Teil der Arten stärker die Falle mit Quecksilberdampflampe anflog. Im Jahr 1996 konnte nur *Idaea dimidiata* häufiger an der Kastenfalle mit Natriumdampflampe nachgewiesen werden. Im Jahr 1997 flogen vier Arten, *Tsiodia sylvina*, *Scotopteryx chenopodiata*, *Idaea dimidiata* und *Cesaptesyx graminis* sowie die Hepialidae stärker an die Kastenfalle mit Natriumdampflampe. Dies belegt den Einfluß des Lampentyps (Lichtspektrums) auf das Anflugergebnis der Lepidoptera. Es wird überdies deutlich, daß die einzelnen Arten unterschiedlich auf die verwendeten Lichtspektren reagieren.

Tab. 13: Summe der angeflogenen Individuen für die häufigsten Familien und Arten der Lepidoptera je Untersuchungsjahr, an den Kastenfallen mit Quecksilberdampflampe (KH) und Natriumdampflampe (KN) am Standort „Ökotechnikhalle“ (Kiel), sowie Signifikanz (p) der Unterschiede nach dem Wilcoxon-Test; *, **, *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), ns = nicht signifikant

1996	KH	KN	p	1997	KH	KN	p
Noctuidae	4034	467	***	Noctuidae	3577	444	***
Geometridae	224	243	ns	Geometridae	335	211	***
<i>Xestia xanthographa</i>	150	34	***	Notodontidae	36	12	**
<i>Xestia triangulum</i>	235	16	***	Sphingidae	20	1	**
<i>Xestia c-nigrum</i>	443	32	***	Hepialidae	56	114	***
<i>Noctua pronuba</i>	128	4	***	<i>Xestia xanthographa</i>	155	28	***
<i>Noctua janthe</i>	141	3	***	<i>Xestia c-nigrum</i>	373	8	***
<i>Mythimna impura</i>	98	11	***	<i>Orthosia gothica</i>	296	32	***
<i>Mythimna ferrago</i>	97	11	***	<i>Orthosia cerasi</i>	108	1	***
<i>Melanchra persicariae</i>	112	1	***	<i>Noctua pronuba</i>	108	2	***
<i>Lacanobia oleracea</i>	158	10	***	<i>Noctua janthe</i>	100	2	***
<i>Hydraecia micacea</i>	154	40	***	<i>Hydraecia micacea</i>	92	40	***
<i>Hoplodrina octogenaria</i>	387	39	***	<i>Hoplodrina octogenaria</i>	177	27	***
<i>Diachrysia chrysitis</i>	122	11	***	<i>Caradrina morpheus</i>	144	39	***
<i>Caradrina morpheus</i>	192	50	***	<i>Apamea monoglypha</i>	146	11	***
<i>Axylia putris</i>	109	7	***	<i>Agrotis exclamationis</i>	270	2	***
<i>Autographa gamma</i>	167	32	***	<i>Triodia sylvina</i>	36	79	**
<i>Apamea monoglypha</i>	373	27	***	<i>Scotopteryx chenopodiata</i>	15	28	*
<i>Agrotis exclamationis</i>	234	1	***	<i>Idaea dimidiata</i>	13	40	**
<i>Idaea dimidiata</i>	21	126	***	<i>Cerapteryx graminis</i>	7	28	*

5.6 Einfluß künstlicher Lichtquellen auf gefährdete Arten

Am Untersuchungsstandort „Albersdorf“ wurden die Lepidoptera und Trichoptera, am Untersuchungsstandort „Kiel“ zusätzlich die Coleoptera und Sciaridae auf Artniveau determiniert.

Insgesamt wurden in Albersdorf 12 Arten der Roten Liste der Großschmetterlinge Schleswig-Holsteins (KOLLIGS 1998) festgestellt, die bis auf *Eupithecia venosata* und *Sphinx ligustri* nur in Einzelexemplaren vertreten waren. Zwei Arten, *Eupithecia venosata* und *Lithophane furcifera*, sind als stark gefährdet eingestuft.

Weiterhin konnten 18 Arten der Vorwarnliste gefunden werden, drei Arten gehörten zu den Wanderfaltern. Als Nahrungsspezialisten müssen vier Arten eingestuft werden, sie wurden jedoch nur in Einzelexemplaren nachgewiesen. Die Arten *Nonagria typhae* und *Archana sparganii* leben monophag an Rohrkolben (*Typhae spec.*), die Arten *Lycophotia porphyrea* und *Heliothis viriplaca* leben vor allem an Heidekraut (*Calluna vulgaris*). Diese vier Arten können sich mangels geeigneter Nahrungspflanzen nicht im Gewächshausumfeld entwickelt haben. Die geringe Individuenzahl spricht gegen eine gerichtete Anlockung aus größerer Entfernung. Wahrscheinlicher ist, daß diese Arten auf Ausbreitungsflügen zufällig in die Nähe des Gewächshauses gelangten und dann erst auf das Licht reagierten.

Am Untersuchungsstandort „Kiel“ wurden 8 Arten der Roten Liste der Lepidoptera gefunden, die ebenfalls bis auf *Sphinx ligustri* nur in Einzelexemplaren festgestellt wurden. Neben zwei stark gefährdeten Arten, *Hadena compta* und *Apeira syringaria*, und zwei Arten mit ungeklärter Gefährdung konnten 11 Arten der Vorwarnliste, 3 Arten der Wanderfalter und zwei Dispersalarten registriert werden.

Aufgrund der von den Raupen benötigten Nahrungspflanzen können sich 11 der insgesamt festgestellten Arten nicht auf dem Untersuchungsgelände entwickelt haben. Es waren für alle diese Arten aber geeignete Nahrungspflanzen im weiten Umfeld vorhanden, außer für die Art *Lycophotia porphyrea*, die sich an Heidekraut entwickelt. Die geringe registrierte Individuenanzahl der gefährdeten Arten, meist nur einzelner Individuen, spricht nicht für eine gerichtete Anlockung an die untersuchten Straßenleuchten.

Von den Coleoptera waren neben zwei vom Aussterben bedrohten Arten, *Megarthrus nitidulus* und *Oxytelus piceus*, 6 stark gefährdete und 25 gefährdete Arten der Roten Liste der Käfer Schleswig-Holsteins (ZIEGLER & SUIKAT 1994) an die Straßenlampen des Standortes Kiel angeflogen. Mit dem Rüsselkäfer *Euophryum confine* wurde eine Art neu und mit dem Kurzflügelkäfer *Atheta griepi* eine Art zum zweitenmal für Schleswig-Holstein festgestellt. Die meisten dieser Arten wurden nur als Einzeltiere registriert, von *Megarthrus nitidulus* wurden 10, von *Aderus oculatus* 13 und von *Priobium carpini* hingegen 5 Tiere festgestellt. Die letzten Nachweise von *Megarthrus nitidulus* und *Oxytelus piceus* stammen aus den Jahren 1954 beziehungsweise 1962.

Bei den Trichoptera wurden an beiden Untersuchungsstandorten insgesamt 3 Arten der Roten Liste (BRINKMANN 1999) festgestellt. Von *Limnephilus incisus* (RL 3) erfolgte jeweils ein Einzelnachweis in Albersdorf und Kiel. *Oecetis furva* (RL 3) hingegen war in Anzahl sowohl in Kiel als auch in Albersdorf, *Cyrnus crenaticornis* (RL 2) in Anzahl in Kiel vertreten.

Für die Sciaridae liegt keine Rote Liste vor. Deshalb werden hier die an den Straßenlampen des Versuchsgeländes angeflogenen Tiere, den Fängen aus einer 1995 und 1996 auf dem Gelände betriebenen Malaisefallen (HELLER schrift. Mitt.) gegenübergestellt (nur Männchen). Von 38 Arten in 633 Individuen der an die sechs Lampen angeflogenen Sciaridae wurden 26 Arten auch in der Malaisefalle festgestellt. 12 Arten konnten nur am Licht registriert werden; 3 der gemeinsam festgestellten Arten waren am Licht häufiger. Die großen Arten über 3 mm Körperlänge stellen am Licht mit 261 registrierten Individuen in 15 Arten 41 % des Gesamtindividuenfangs und 40 % der Arten.

An der Malaisefalle wurden insgesamt 4156 Individuen aus 89 Arten gefunden. Die großen Arten haben hier einen Individuenanteil von 26 % und stellen 28 % der Arten. 8 der gemeinsam festgestellten Arten wurden häufiger mit der Malaisefalle gefangen.

5.7 Häufigkeitsverteilung der erfaßten Familien und Arten

Häufigkeitsverteilung der Individuen der erfaßten Familien der Lepidoptera, Coleoptera und Trichoptera

Die Unterschiede ausgewählter Familien im Anflug an die Lichtquellen der beiden Untersuchungsstandorte „Albersdorf“ und „Versuchsgelände“ zeigt Abbildung 30.

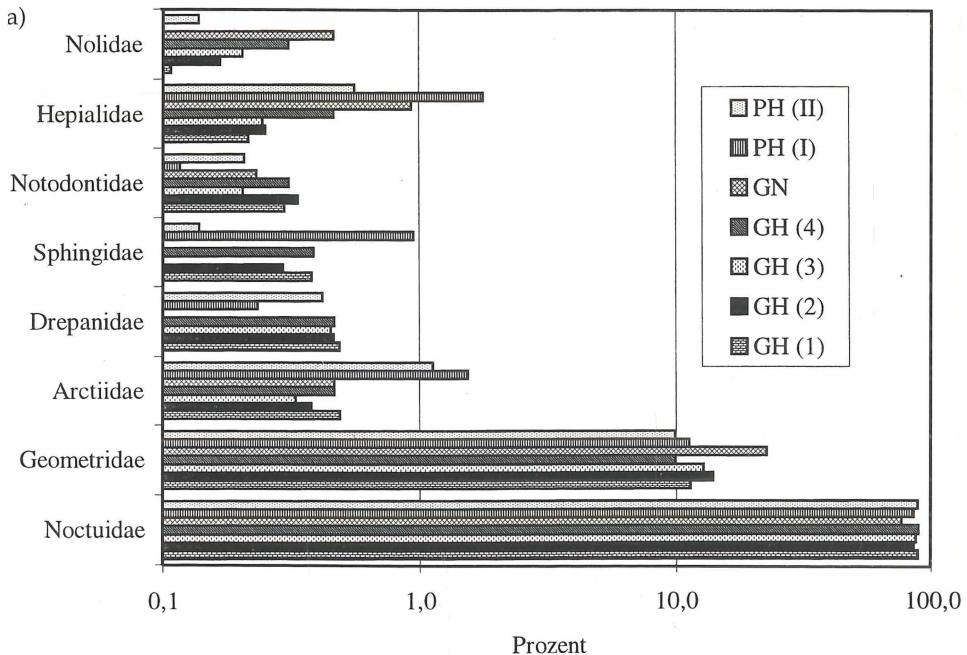
Zur besseren Übersichtlichkeit sind bei den Lepidoptera nur die Familien mit mehr als 10 registrierten Individuen an mindestens einer Lampe, bei den Coleoptera mit mehr als 100 Individuen an mindestens einer Lampe am Standort „Versuchsgelände“ und mit mehr als 10 Individuen an mindestens einer Lampe oder Seitenfläche am Standort „Albersdorf“ aufgeführt. Bei den Trichoptera sind jeweils sämtliche angeflogenen Tiere angegeben. Dabei wurde der jeweilige gesamte Untersuchungszeitraum berücksichtigt.

An beiden Standorten waren die Noctuidae die häufigste Familie der Lepidoptera, gefolgt von den Geometridae. Neben den Arctiidae waren die in ihrer Entwicklung hauptsächlich an Gehölze gebundenen Notodontidae und Lymantriidae in Albersdorf stärker vertreten, da dort ein Laubwald im Umfeld des Untersuchungsstandortes lag. Alle anderen Familien wurden mit weniger als 100 Individuen an den Leuchten und Seitenflächen der beiden Untersuchungsstandorte registriert. Wahrscheinlich sind die flugstarken Noctuidae an offenes Gelände besser angepaßt und deshalb an beiden Standorten am stärksten vertreten. Gleichzeitig sind die Noctuidae aber auch die artenreichste Lepidopterenfamilie in Mitteleuropa.

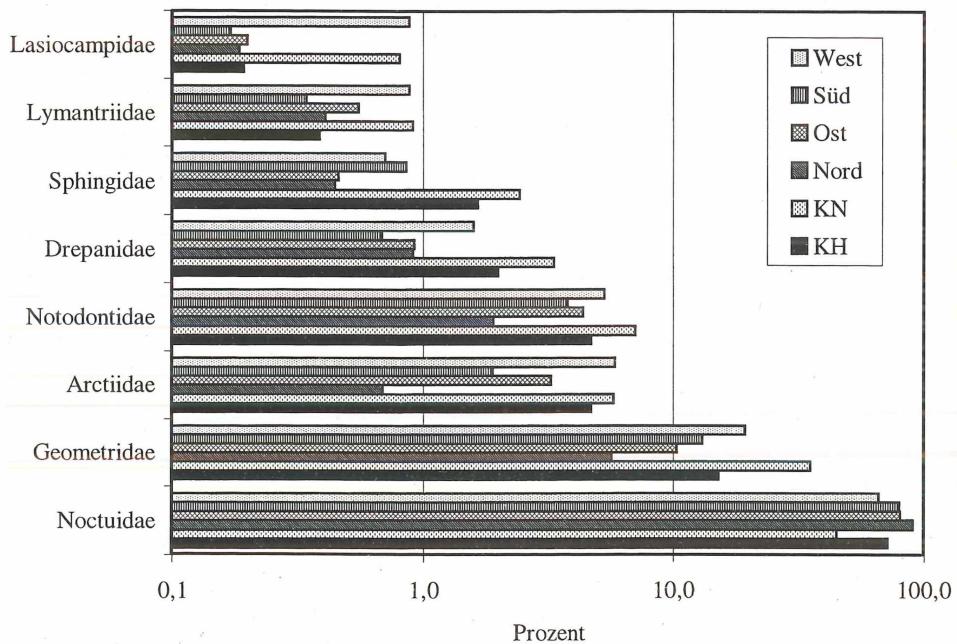
Von den Coleoptera war keine Familie an einem der beiden Standorte häufiger. Zahlreiche Familien wurden mit mehr als 100 Individuen am Untersuchungsstandort „Versuchsgelände“ registriert. Häufigste Familien waren die Carabidae und Cryptophagidae. Sämtliche im Versuchsgelände festgestellten Familien konnten außerdem an allen Lichtquellen registriert werden, demgegenüber in Albersdorf meist nur bestimmte Seitenflächen oder Kastenfallen von den Vertretern einzelner Familien angeflogen wurden. Häufigste Familien in Albersdorf waren die Scarabaeidae, Hydrophilidae und Hydraenidae, insgesamt wurden jedoch nur wenige Coleoptera am Licht gefunden. Wahrscheinlich herrschten für die meist flugschwachen Coleoptera am Untersuchungsstandort „Versuchsgelände“ bessere Flugbedingungen, da dieses Gelände aufgrund zahlreicher Büsche und Bäume besser gegen Wind abgeschirmt war. Auch der größere Strukturreichtum des Versuchsgeländes bot sicherlich mehr Arten der Coleoptera geeignete Lebensbedingungen.

Die Limnephilidae waren an beiden Standorten die häufigste Familie der Trichoptera. Zweithäufigste Familie im Versuchsgelände waren die Leptoceridae, die in Albersdorf ähnlich häufig wie die Limnephilidae vertreten waren. Von allen anderen Familien wurden nur einzelne Tiere registriert. Dies ist darauf zurückzuführen, daß im Umfeld beider Untersuchungsstandorte größere Gewässer fehlten, die einer größeren Anzahl an Trichopterenarten geeignete Entwicklungsbedingungen geboten hätten. Die wenigen Kleingewässer boten nur wenigen Arten Lebensraum.

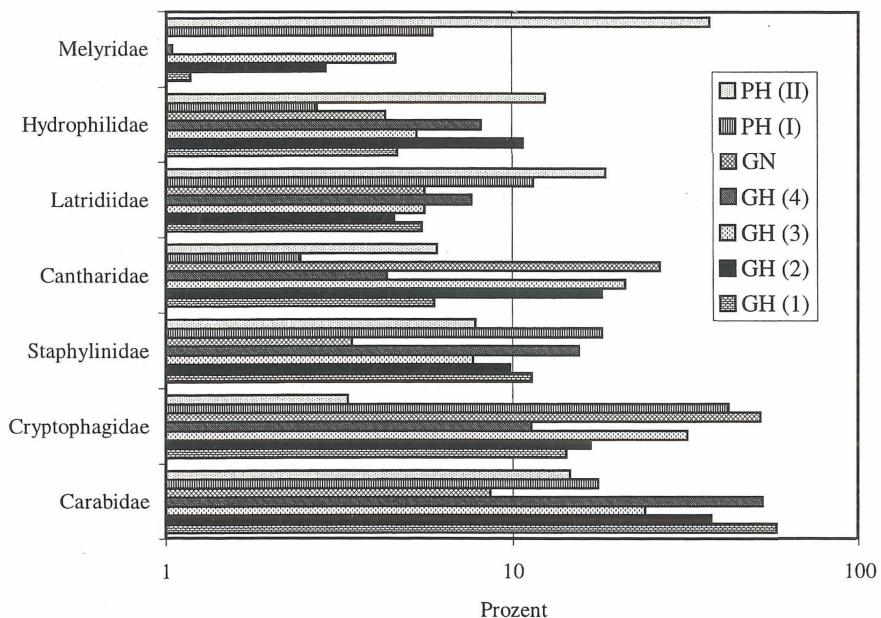
a)



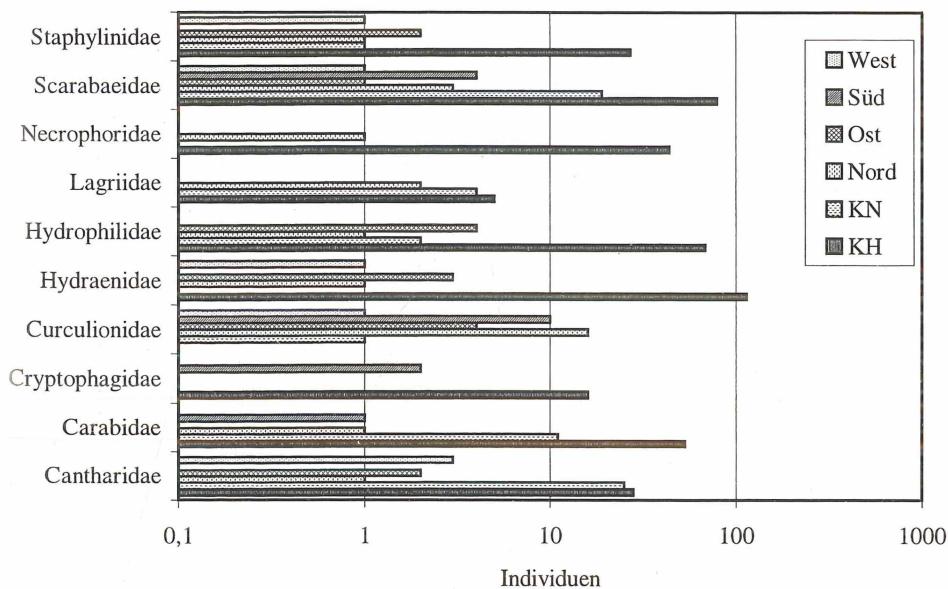
b)



c)



d)



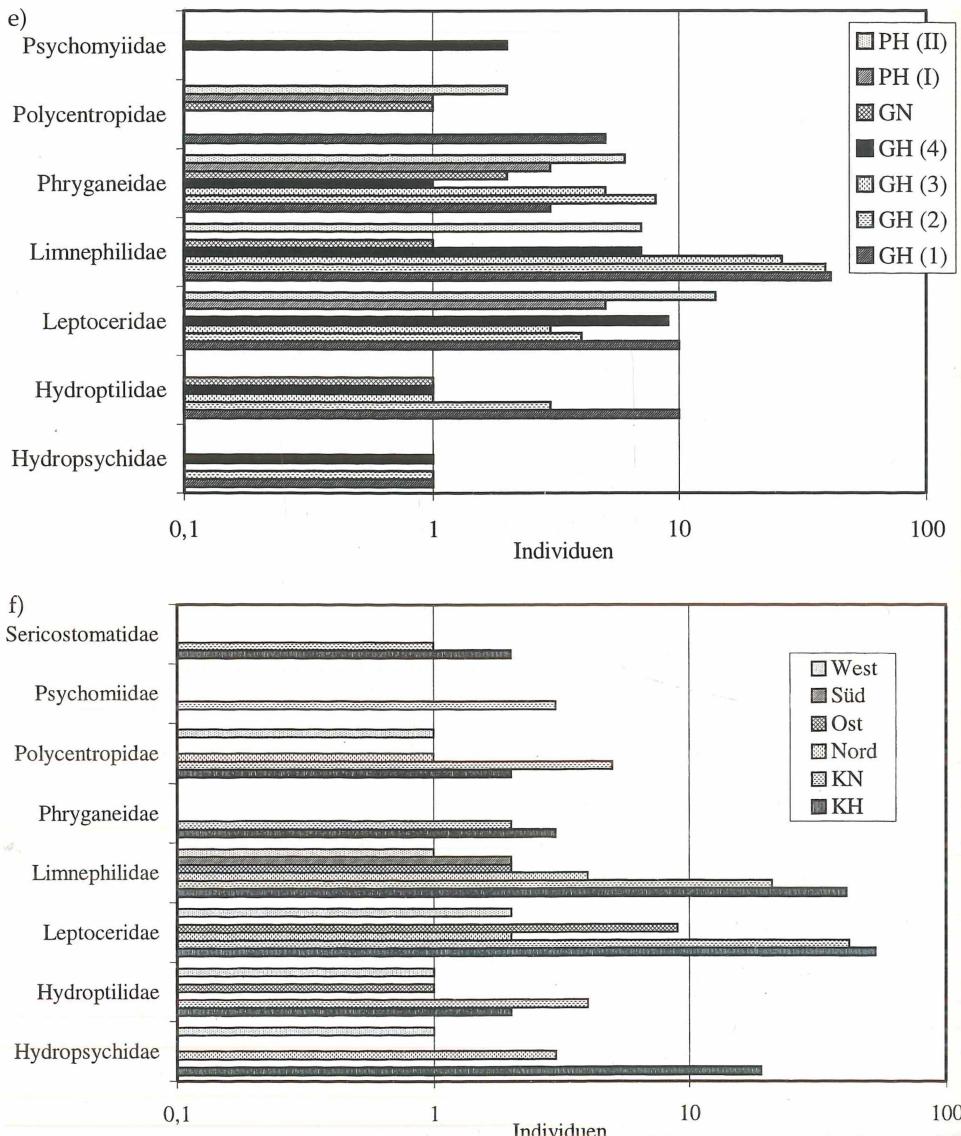


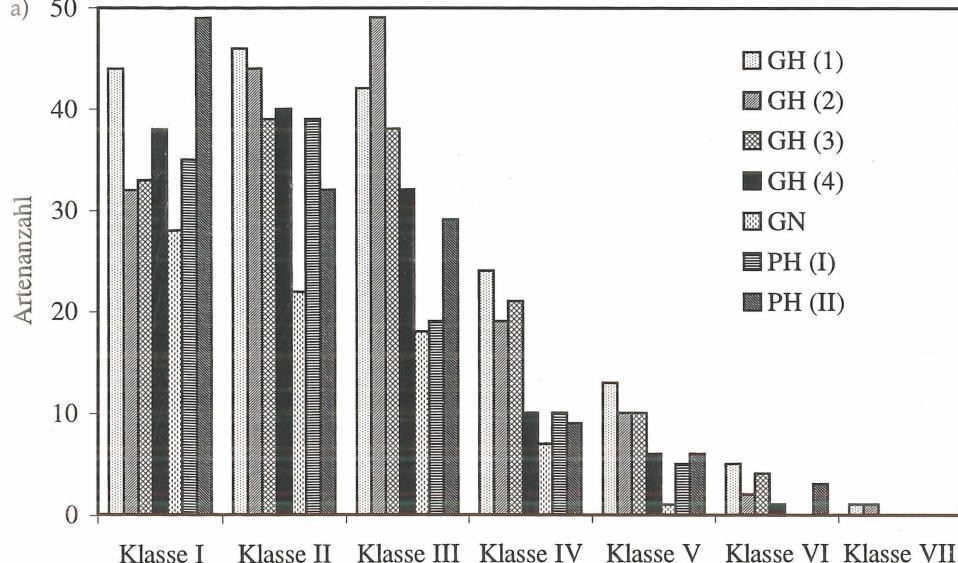
Abb. 30: Relative Anteile (in %, Graphiken a) - d)) und erfaßte Individuenanzahl (Graphiken e) - f)) der Familien der Lepidoptera, Coleoptera und Trichoptera an den Standorten „Versuchsgelände und Albersdorf“; in logarithmischer Darstellung

a) Lepidoptera am Standort „Versuchsgelände“, b) Lepidoptera am Standort „Albersdorf“, c) Coleoptera am Standort „Versuchsgelände“, d) Coleoptera am Standort „Albersdorf“, e) Trichoptera am Standort „Versuchsgelände“, f) Trichoptera am Standort „Albersdorf“ – GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4 u. I-II) = Leuchten-Nummer, Nord = Nordseite des Gewächshauses, Ost = Ostseite des Gewächshauses, Süd = Südseite des Gewächshauses, West = Westseite des Gewächshauses, KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe, KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe

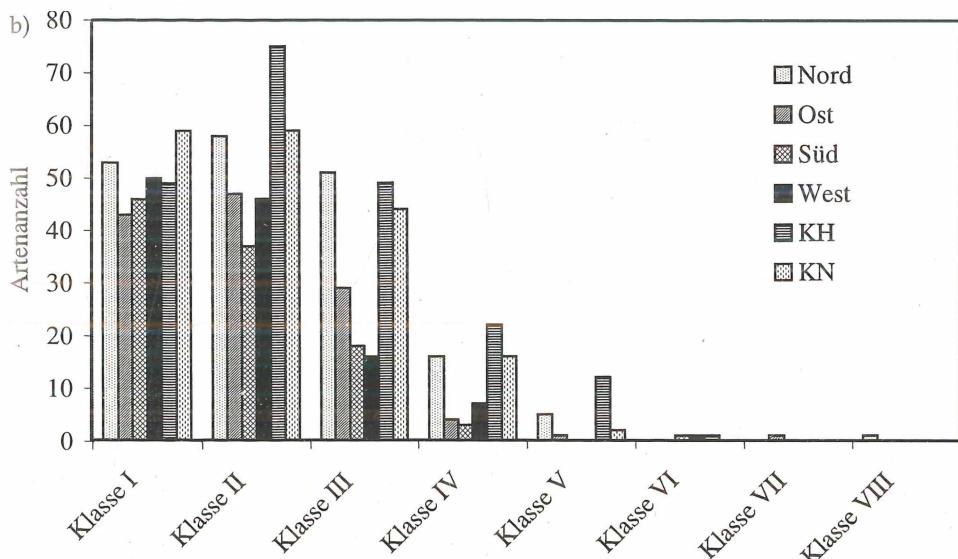
Häufigkeitsverteilung der Arten

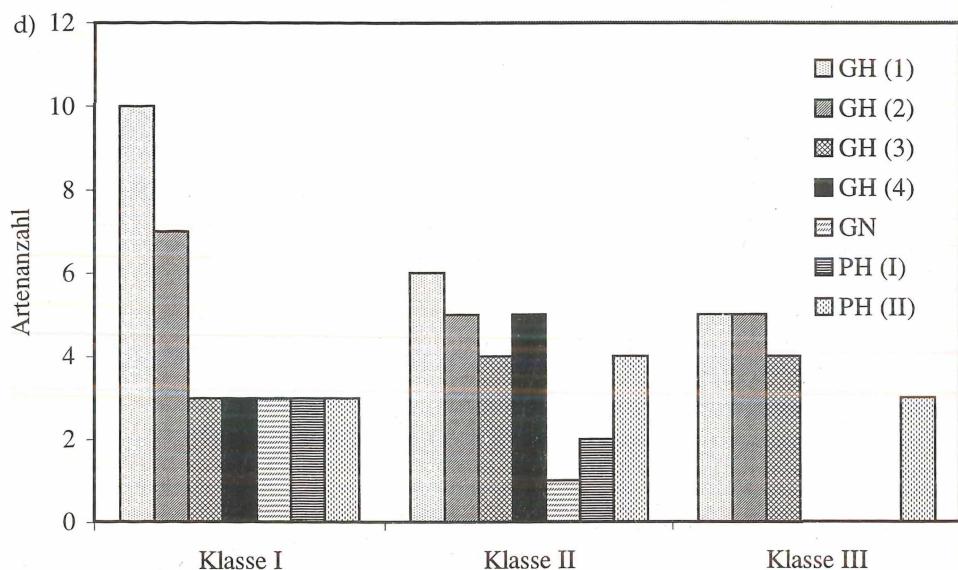
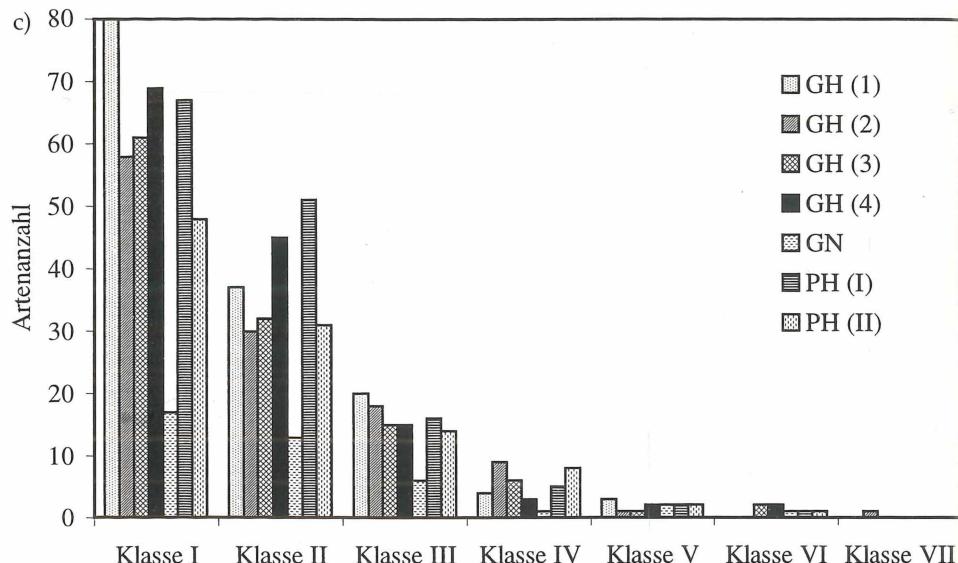
Um festzustellen inwieweit die an die Lichtquellen angeflogene Artengemeinschaft der Zusammensetzung einer naturnahen Zönose (MÜHLENBERG 1993) entspricht, wurde die Verteilung der registrierten Arten auf die Häufigkeitssklassen nach WILLIAMS (1964) untersucht (Abb. 31).

a)



b)





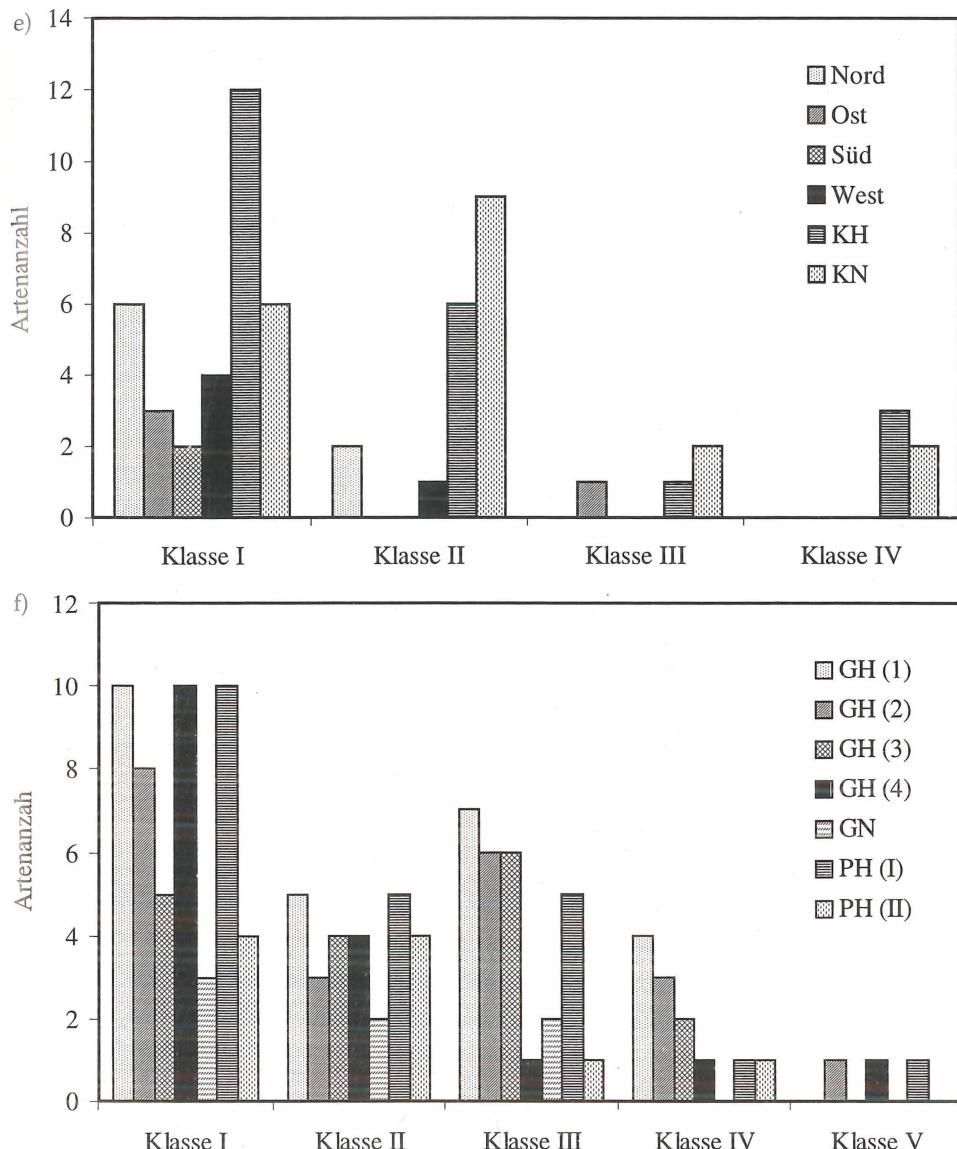


Abb. 31: Verteilung der registrierten Arten der Lepidoptera, Coleoptera, Trichoptera und Sciaridae an den Untersuchungsstandorten „Versuchsgelände“ und Albersdorf“ auf die Häufigkeitsklassen nach Williams (1964) – a) Lepidoptera am Standort „Versuchsgelände“, b) Lepidoptera am Standort „Albersdorf“, c) Coleoptera am Standort „Versuchsgelände“, d) Trichoptera am Standort „Versuchsgelände“, e) Trichoptera am Standort „Albersdorf“, f) Sciaridae am Standort „Versuchsgelände“ (nur Männchen) GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4, I-II) = Leuchten-Nummer, Nord = Nordseite des Gewächshauses, Ost = Ostseite des Gewächshauses, Süd = Südseite des Gewächshauses, West = Westseite des Gewächshauses, KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe, KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe

Am Untersuchungsstandort „Versuchsgelände“ wiesen die Lepidoptera eine fast gleich starke Verteilung auf die ersten drei Klassen auf. Wenige Arten waren in den Klassen VI und VII vertreten, Klasse VIII fehlt ganz. Ähnlich war die Artenverteilung auf die Klassen am Standort „Albersdorf“.

Die meisten Arten der Coleoptera waren Klasse I zuzuordnen, in abnehmender Reihenfolge gefolgt von den Klassen II - VII. In letzterer war nur noch eine Art vertreten.

Die Arten der Trichoptera verteilten sich im Versuchsgelände auf die Klassen I -III, in Albersdorf auf die Klassen I - IV.

Bei den Sciaridae wurden Arten in den Klassen I - V festgestellt. Klasse I war am häufigsten, die Klassen II und III etwa gleich stark vertreten. An drei Lampen war jeweils eine Art in Klasse V zu finden.

In natürlichen oder naturnahen Zoozönosen findet sich in Klasse I, in der Arten mit geringer Individuenanzahl eingeordnet sind, der größte Teil der vorkommenden Arten. In den folgenden Klassen, die durch eine zunehmende Individuenanzahl/Art definiert sind, nimmt die Artenanzahl ab. In der Klasse mit der höchsten Häufigkeit sind die wenigsten Arten zu finden. Die höchsten Individuenzahlen verteilen sich unter natürlichen Verhältnissen auf wenige dominante Arten. Diese Verteilung ist in der vorliegenden Untersuchung nicht aufgetreten. Insbesondere die Klassen VI - VIII sind stark unterrepräsentiert. Es muß deshalb davon ausgegangen werden, daß die ans Licht angelockte Artengemeinschaft nicht den natürlichen Verhältnissen entspricht. Die Ergebnisse weisen eher auf die ökologisch heterogene Herkunft der festgestellten „Lichtfangfauna“ hin, die sich nicht nur aus Arten verschiedener Lebensräume zusammensetzt, sondern auch aus Formen mit unterschiedlichem Flugverhalten. Die spezifische Empfindlichkeit, mit der die jeweiligen Arten auf künstliche Lichtquellen reagieren, wirkt im Sinne einer selektiven Erfassungsmethode auf die im Umfeld vorhandene Insektenzönose.

5.7.1 Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Reaktion auf künstliche Lichtemission

Zur Beurteilung von Auswirkungen künstlicher Beleuchtungsanlagen ist die Frage nach dem Geschlechterverhältnis der angelockten Individuen der einzelnen Arten wichtig. In der Regel wird durch den Verlust weiblicher Tiere der Fortpflanzungserfolg einer Population stärker beeinträchtigt als durch den Tod einer gleichen Anzahl von Männchen. Geht aufgrund des Einflusses künstlicher Lichtquellen ein hoher Anteil weiblicher Tiere einer Population verloren, könnte dies zu einer erheblichen Schädigung des Fortpflanzungserfolges der betreffenden Art führen.

Die Unterschiede im Anflugverhalten der Geschlechter an die Leuchten und das Gewächshaus werden hier anhand der Lepidoptera, getrennt nach den Familien, dargestellt (Tab. 14-15). Es wurden nur Familien mit mehr als 10 registrierten Individuen an mindestens einer Leuchte berücksichtigt.

Bei den Trichoptera wurde aufgrund der wenigen registrierten Individuen auf eine prozentuale Auswertung der Fänge verzichtet.

Die Anteile der Weibchen am Gesamtanflug der Lepidoptera waren in den einzelnen Familien äußerst unterschiedlich. Die Schwankungsbreite lag zwischen 0 und 87 % Weibchenanteil bei den einzelnen Familien. Aber auch innerhalb einer Familie waren die prozentualen Anteile der Weibchen am Gesamtanflug an den einzelnen Lampen und in den verschiedenen Untersuchungsjahren stark unterschiedlich. So schwankte der Anteil der Weibchen bei den Noctuidae am Standort „Versuchsgelände“ 1996 zwischen 6,6 und 21,1 % und am Standort „Albersdorf“ 1995 zwischen 7,3 und 22,5 %. Auffällig ist außerdem der

hohe Anteil der Weibchen der Hepialidae von 66,7 und 87,5% am Standort „Versuchsgelände“.

Insgesamt liegen die durchschnittlichen Weibchenanteile mit Ausnahme der Hepialidae nicht über 20 %, so daß wahrscheinlich an den beiden Untersuchungsstandorten keine ausgeprägten Auswirkungen auf die Populationsentwicklung der Lepidoptera zu erwarten sind. Der starke Anflug der Weibchen der Hepialidae mit durchschnittlich 77,1 % an zwei Leuchten 1996 am Untersuchungsstandort Versuchsgelände zeigt aber, daß diese Auswirkungen in einzelnen Familien der Lepidoptera relativ hoch ausfallen und damit für die Arten dieser Familien doch ein hohes Gefährdungspotential von künstlichen Lichtquellen ausgehen kann.

Tab. 14: Prozentualer Anteil der Weibchen der Lepidoptera an den Lampen des Versuchsgeländes, getrennt nach Familien und Untersuchungsjahren

GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe, PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe, (1-4 u. I - II) = Leuchten-Nummer, X = Mittelwert des Anfluges aller Lichtquellen

Familie	GH (1)		GH (2)		GH (3)		GH (4)		GN	PH(I)	PH(II)	X	X
	1995	1996	1995	1996	1995	1996	1995	1996					
Arctiidae	0	-	-	-	-	-	-	-	7,7	0	0	3,9	
Drepanidae	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
Geometridae	16,6	22,2	17,6	25,9	21	12,3	14,3	23,5	16,7	28,1	17,6	17,4	20,9
Hepialidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66,7	87,5	-	77,1
Noctuidae	16,6	15,1	15,6	14,7	10,5	6,6	14,3	13,9	7,4	21,1	14,1	14,4	13,3

Tab. 15: Prozentualer Anteil der Weibchen der Lepidoptera an den Kastenfallen und den Seitenflächen des Gewächshauses in Albersdorf, getrennt nach Familien und Untersuchungsjahren

Nord = Nordseite des Gewächshauses, Ost = Ostseite des Gewächshauses, Süd = Südseite des Gewächshauses, West = Westseite des Gewächshauses, KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe, KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe, X = Mittelwert des Anfluges aller Lichtquellen

Familie	Nord		Ost		Süd		West		KH		KN		X	X
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995		
Arctiidae	10,8	4,1	5,1	0	-	-	12,3	0	27,6	5,9	15,6	6	14,3	3,2
Drepanidae	15,6	-	-	-	-	-	-	-	11,4	7,7	11,4	-	12,8	7,7
Geometridae	22,5	14,3	24,7	19,6	17,8	18,2	15,8	17,6	17,4	17,3	18,2	12,6	19,4	16,6
Lymantriidae	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
Noctuidae	14,5	22,5	21,6	13,8	15,3	7,3	25,6	10,5	15,3	19,8	21,3	20,7	18,9	15,8
Notodontidae	4,6	13,3	6,5	12,5	0	0	0	0	11,1	8,6	6,5	4,3	4,8	6,5
Sphingidae	5,3	-	-	-	-	-	-	-	9,5	0	0	0	4,9	-

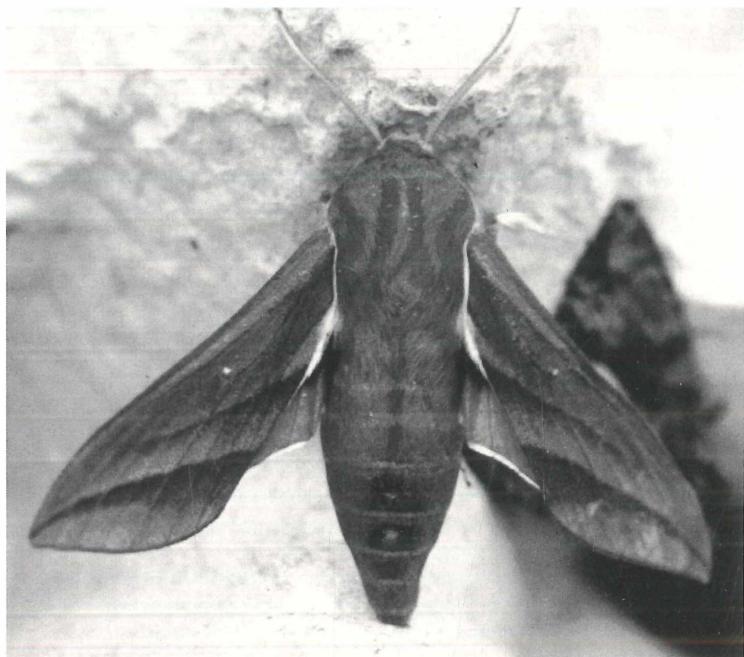


Abb. 32: Mittlerer Weinschwärmer (*Deilephila elpenor* L.)

5.8 Versuche zu Anlockentferungen / Markierungsversuche

5.8.1 Versuche mit gezüchteten Faltern

Mit der Schwarzen C-Eule (*Xestia c-nigrum*), dem Pappelzahnspinner (*Pheosia tremula*) und dem Spanner *Lomaspilis marginata* wurden drei unterschiedlich flugstarke und/oder flugaktive Nachtfalterarten im Labor gezüchtet. Von *X. c-nigrum* wurden 116, von *P. tremula* 150 und von *L. marginata* 123 Individuen aufgezogen.

Die Falter wurden je Art möglichst gleichmäßig in 9 Gruppen aufgeteilt und jede Gruppe spezifisch markiert. Alle Tiere wurden gruppenweise am 28. Juli 1995 in Entfernung von 10 bis 150 m (zur Unterteilung s. Abb. 33) von einer Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe ausgesetzt. Bei einer Temperatur von 16° C eine Stunde nach Dunkelheitsanbruch herrschte klarer Himmel bei zunehmendem Sichelmond und leichtem Wind um Stärke 1.

Die Ergebnisse des Anfluges der ausgesetzten Tiere sind in Abbildung 33 dargestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit der auf unterschiedlichen Gesamtindividuenzahlen basierenden Ergebnisse erfolgen die Angaben der am Licht festgestellten Falter als Prozentanteil der ausgesetzten Tiere einer Entfernungsgruppe.

Die Abbildung zeigt, daß nur bei *L. marginata* alle Tiere aus 10 m Entfernung an der Lichtquelle wiedergefunden wurden. Mit zunehmender Entfernung zur Lichtquelle nimmt die Zahl der am Licht registrierten Individuen stark ab. Aus Entfernungen über 50 m wurden nur noch vereinzelt, aus 150 m Entfernung keine Tiere mehr festgestellt. Die größte Anflugdistanz lag für *L. marginata* bei 90 m, für *X. c-nigrum* bei 110 und 130 m und für *P. tremula* bei 70 m. Die Entfernung aus der bei allen drei Arten noch Tiere auf das Licht po-

sitiv phototaktisch reagierten, lag bei 30 m. Bei 20 m reagierten jeweils noch über 60 % der Falter auf das Licht. Von der als hoch mobil und flugstark eingestuften *X. c-nigrum* konnten insgesamt die meisten Falter aus größerer Entfernung festgestellt werden. Der größte Teil der Individuen der als schwach mobil eingestuften *L. marginata* reagierte nur aus Entfernungen bis 30 m, die als flugstark aber wenig mobil eingestufte Art *P. tremula* hingegen nimmt eine Zwischenstellung zu diesen beiden Arten ein.

Die Entfernung aus der die Lepidoptera auf die Lichtquellen reagieren, scheint also artspezifisch und von der Flugtüchtigkeit abhängig zu sein. Die unterschiedliche individuelle Reaktion auf den Lichtreiz wird daraus deutlich, daß, bis auf die in 10 m Entfernung ausgesetzten Tiere von *L. marginata*, nie alle Falter aus einer Gruppe einheitlich auf das Licht reagierten.

5.8.2 Versuche mit freilebenden Faltern

Versuche zur Ermittlung der Verweildauer an künstlichen Lichtquellen

1996 wurden insgesamt 2.817 Lepidoptera aus der Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe am Standort „Ökotechnikhalle“ markiert. Tabelle 16 zeigt die Wiederfangrate nach einem und nach zwei oder mehr Tagen für die Arten, bei denen mehr als 50 Individuen markiert wurden.

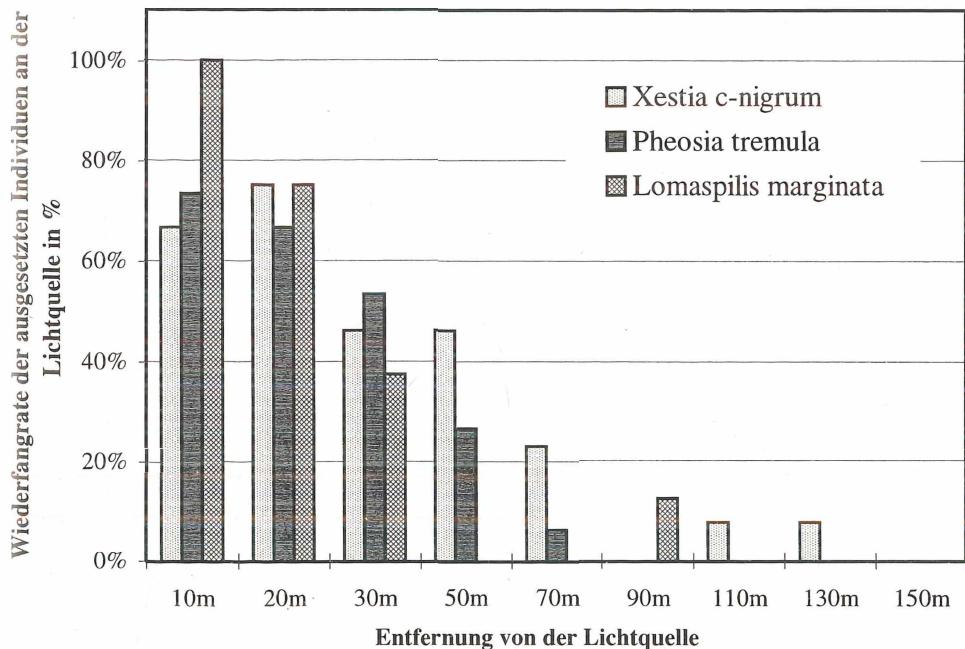


Abb. 33: Prozentuale Anteile der an die Lichtquelle aus den unterschiedlichen Entfernungen angeflogenen Falter

Tab. 16: Anzahl markierter Falter und Wiederfangrate in Prozent am ersten Tag und am zweiten oder mehr Tagen nach Markierung

Art	Anzahl markierter Falter	Wiederfunde nach einem Tag (%)	Wiederfunde nach zwei oder mehr Tagen (%)
<i>Hoplodrina octogenaria</i>	260	15,0	5,0
<i>Apamea monoglypha</i>	250	19,2	5,6
<i>Xestia c-nigrum</i>	236	7,2	3,4
<i>Xestia triangulum</i>	190	40,0	21,6
<i>Agrotis exclamationis</i>	183	15,3	4,4
<i>Caradrina morpheus</i>	117	29,9	16,2
<i>Xestia xanthographa</i>	114	22,8	5,3
<i>Hydraecia micacea</i>	107	38,3	14,0
<i>Autographa gamma</i>	104	1,9	0,0
<i>Lacanobia oleracea</i>	99	43,4	20,2
<i>Diachrysia chrysitis</i>	98	22,4	8,2
<i>Noctua janthe</i>	98	11,2	3,1
<i>Mythimna ferrago</i>	85	27,1	5,9
<i>Noctua pronuba</i>	85	8,2	0,0
<i>Axylia putris</i>	84	42,9	31,0
<i>Melanchra persicariae</i>	78	28,2	11,5
<i>Mythimna impura</i>	70	22,9	8,6

Für eine Auswertung auf Artniveau konnten nur aus der Familie der Noctuidae einzelne Arten in ausreichender Anzahl markiert werden. Die Wiederfänge bei den hier markierten Arten lagen nach einem Tag alle deutlich unter 50 %. Die Wiederfänge der folgenden Tage mußten aufgrund der geringen Anzahl zusammengefaßt werden. Sie lagen alle unter 25 %.

Die Wiederfangraten waren von Art zu Art sehr unterschiedlich (Abb. 34). Sie lagen einen Tag nach der Markierung zwischen 1,9 und 43,2 %, nach zwei oder mehr Tagen zwischen 0 und 21,6 %. Die höchste Wiederfangrate nach einem Tag nach der Markierung wurde mit 38,3 - 42,9 % bei *Lacanobia oleracea*, *Axylia putris*, *Xestia triangulum* und *Hydraecia micacea* registriert. Nach zwei oder mehr Tagen wurde die höchste Wiederfangrate bei *Xestia triangulum* festgestellt. Diese Ergebnisse zeigen, daß die meisten Falter der hier markierten Arten an der einmal angeflogenen Lichtquelle nicht längere Zeit verbleiben, wobei die Verweildauer an künstlichen Lichtquellen artspezifisch ist.

Die Wiederfangrate war bei den einzelnen Familien stark unterschiedlich. Sie lag nach einem Tag zwischen 73 % bei den Sphingidae und 18 % bei den Geometridae. Nach zwei oder mehr Tagen war die Wiederfangrate deutlich geringer. Bei den Sphingidae konnten 38 % der markierten Falter erneut registriert werden, bei den Geometridae 4,5 %. Obwohl die Verweildauer am Licht artspezifisch verschieden ist, zeigen sich auch je nach Familie unterschiedlich vorherrschende Reaktionsmuster. Die Anzahl der markierten Falter war dabei bei den Noctuidae und Geometridae wesentlich höher als bei den restlichen Familien. Die Ergebnisse zeigen, daß Tiere einzelner Familien, insbesondere der Bombyces & Sphingidae, lange am Licht verbleiben.

Versuche zur Anlockungsdistanz

Insgesamt wurden mit vier Lichtfallen mit UV-Leuchtröhre 250 Individuen von Nachtfalterarten, die ihre Entwicklung an Gehölzen vollziehen, an einem im Umfeld zum

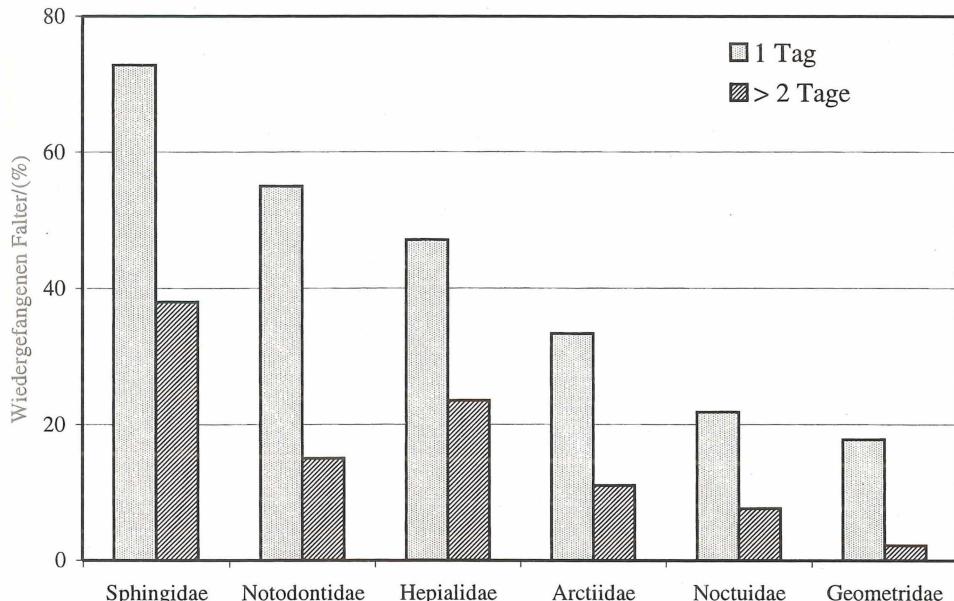


Abb. 34: Wiederfangrate in Prozent am ersten Tag und am zweiten oder mehr Tagen nach Markierung

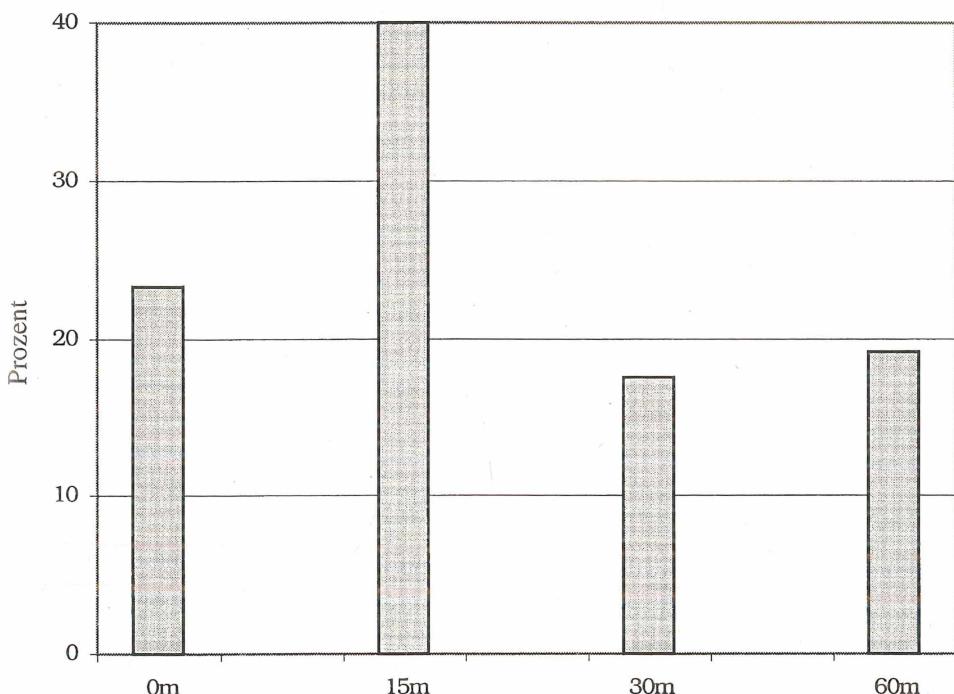


Abb. 35: Prozentualer Anteil vom Gesamtfang, der an die einzelnen Lichtfallen angeflogener, an Gehölze gebundener Lepidoptera

Gewächshaus gelegenen Waldrand am Untersuchungsstandort „Albersdorf“ nachgewiesen. Die restlichen festgestellten Arten, die aufgrund der Nahrungspflanzen der Raupen nicht eindeutig im Wald entwickeln konnten, wurden in dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Mit Hilfe der vier Lichtfallen, die in unterschiedlichen Entfernungen zu dem Waldrand aufgestellt waren, wurde die Anlockdistanz der Lepidoptera-Arten bestimmt (Abb. 35).

An der 15 m vom Waldrand entfernten Lichtfalle wurden mit 40 % die meisten Individuen festgestellt. Die direkt am Waldrand plazierte Lichtfalle lockte 23 % der Individuen an, die restlichen Individuen verteilten sich fast gleichermaßen auf die beiden restlichen Lichtfallen in 30 und 60 m Entfernung. Es wurde daher nicht die direkt am Waldrand stehende, sondern die 15 m entfernt stehende Lichtfalle bevorzugt angeflogen. Dies ist wahrscheinlich auf die bessere Sichtbarkeit und das damit größere Anlockungsumfeld zurückzuführen und spricht für einen aktiven und gezielten Falteranflug an die Lichtfallen.

5.9 Raupennachweise im Umfeld künstlicher Lichtquellen

Um das Fortpflanzungspotential der Lepidoptera-Arten im direkten Umfeld der untersuchten künstlichen Lichtquellen zu analysieren, wurden mit Hilfe der Klopfmethode die Bäume und Sträucher in der Nähe der Lichtquellen abgesucht (Tab. 17 und 18). Tiere, die außerdem zufällig auf Wegen, der Vegetation etc. gefunden wurden, sind ebenfalls in die Betrachtung einbezogen worden.

Alle am Untersuchungsstandort „Versuchsgelände“ im Raupenstadium nachgewiesenen Lepidoptera wurden im Laufe der Untersuchung auch als Falter am Licht registriert. Eine Ausnahme bilden der Zahnspinner *Furcula furcula*, sowie der Spanner *Operophtera brumata* und der Eulenfalter *Eupsilia transversata*. Die letzteren beiden Arten wurden aufgrund ihrer späten bzw. frühen Flugzeit im Jahr (Oktober, November und März, April) innerhalb der Probennahmezeit an den Lichtfallen nicht erfaßt.

Auch die im Untersuchungsgebiet „Albersdorf“ als Raupe nachgewiesenen Lepidoptera konnten alle am Licht registriert werden. Ausnahme ist wiederum *O. brumata* wegen der späten Flugzeit.

Tab. 17: Als Raupen nachgewiesene Lepidoptera und die Nahrungspflanze an der sie gefunden wurden am Untersuchungsstandort „Versuchsgelände“

Art	Anzahl	Nahrungspflanze	Art	Anzahl	Nahrungspflanze
<i>Rhinoprora rectangulata</i>	6	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Colocasia coryli</i>	1	<i>Salix repens</i>
<i>Selenia dentaria</i>	1	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Orthosia cerasi</i>	6	<i>Quercus robur</i>
<i>Opisthograptis luteolata</i>	4	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Orthosia incerta</i>	2	<i>Quercus robur</i>
<i>Biston betularia</i>	1	<i>Betula pendula</i>	<i>Apamea monoglypha</i>	1	–
<i>Cloroclystis v-ata</i>	3	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Caradrina morpheus</i>	1	Komposthaufen
<i>Ectropis crepuscularia</i>	4	<i>Betula pendula</i>	<i>Scoliopteryx libatrix</i>	1	<i>Salix repens</i>
<i>Alcis repandata</i>	2	<i>Betula pendula</i>	<i>Agrotis exclamationis</i>	1	–
<i>Notodontia dromedarius</i>	2	<i>Salix repens</i>	<i>Melanchnra persicariae</i>	1	–
<i>Habrosyne pyritooides</i>	1	<i>Rubus idaeus</i>	<i>Diachrysia chrysitis</i>	3	<i>Urtica dioica</i>
<i>Nola cucullatella</i>	2	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Amphipyra pyramidea</i>	1	<i>Quercus robur</i>
<i>Furcula furcula</i>	2	<i>Betula pendula</i>	<i>Eupsilia transversa</i>	1	<i>Quercus robur</i>
<i>Pheosia gnoma</i>	1	<i>Betula pendula</i>	<i>Phlogophora meticulosa</i>	1	<i>Rubus idaeus</i>
<i>Operophtera brumata</i>	15	<i>Quercus robur</i>	<i>Lomasapis marginata</i>	4	<i>Salix repens</i>
		<i>Crataegus monogyna</i>			

Tab. 18: Als Raupen nachgewiesene Lepidoptera und die Nahrungspflanze an der sie gefunden wurden am Untersuchungsstandort „Albersdorf“

Art	Anzahl	Nahrungspflanze	Art	Anzahl	Nahrungspflanze
<i>Arctia caja</i>	1	–	<i>Cosmia trapezina</i>	2	<i>Prunus spinosa</i>
<i>Cilix glaucatus</i>	2	<i>Prunus spinosa</i>	<i>Allophyes oxyacanthalae</i>	1	<i>Prunus spinosa</i>
<i>Porthesia similis</i>	1	<i>Quercus robur</i>	<i>Hadena rivularis</i>	3	<i>Silene vulgaris</i>
<i>Notodontia dromedarius</i>	1	<i>Betula pendula</i>	<i>Mamestra oleracea</i>	6	<i>Dryopteris filix-mas</i>
<i>Smerinthus ocellata</i>	1	<i>Salix repens</i>	<i>Mamestra persicariae</i>	1	<i>Dryopteris filix-mas</i>
<i>Malacosoma neustria</i>	1	<i>Quercus robur</i>	<i>Orthosia cerasi</i>	8	<i>P. spinosa, Q. robur</i>
<i>Alcis repandata</i>	3	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Orthosia incerta</i>	2	<i>Quercus robur</i>
<i>Lomographa temerata</i>	1	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Graphiphora augur</i>	2	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Opisthograptis luteolata</i>	4	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Scoliopteryx libatrix</i>	1	<i>Salix repens</i>
<i>Eupithecia succenturiata</i>	3	<i>Tanacetum vulgare</i>	<i>Bena fagana</i>	4	<i>P. spinosa, Q. robur</i>
<i>Eupithecia venosata</i>	6	<i>Silene vulgaris</i>	<i>Amphiipyra pyramidaea</i>	1	<i>Quercus robur</i>
<i>Operophtera brumata</i>	3	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Apamea monoglypha</i>	1	–

Alle an beiden Untersuchungsstandorten im Raupenstadium nachgewiesenen Arten sind in Schleswig-Holstein häufig und weitverbreitet und als euryöke Arten zu bezeichnen. Nur die in Albersdorf an *Silene vulgaris* gefundene *Eupithecia venosata* ist eng an ihre Nahrungspflanze gebunden. Insgesamt konnten an den Bäumen und Sträuchern im Versuchsgelände 20 Arten der Lepidoptera und in Albersdorf 17 Arten nachgewiesen werden. An krautigen Pflanzen konnten 5 weitere Arten im Versuchsgelände und 7 weitere Arten in Albersdorf gefunden werden. Zahlreiche Arten wurden nur in Einzel'exemplaren festgestellt.

Von den am Licht in den drei Untersuchungsjahren insgesamt 228 nachgewiesenen Arten der Lepidoptera am Standort „Versuchsgelände“ sind 64 Arten in ihrer Entwicklung an Gehölze gebunden. Drei dieser Arten leben ausschließlich an Nadelbäumen, die nicht beprobt wurden, 20 Arten wurden nur mit ein bis drei Individuen registriert. Von den restlichen, häufiger gefundenen 30 Arten, konnten 17 Arten im Raupenstadium an Gehölzen des Versuchsgeländes nachgewiesen werden.

Es können sich also bestimmte Arten der Lepidoptera erfolgreich in unmittelbarer Nähe zu künstlichen Lichtquellen entwickeln, vorausgesetzt, die entsprechenden Nahrungspflanzen sind vorhanden.

5.10 Köderfänge zum Nachweis wenig auf Licht reagierender Lepidoptera

In der Beurteilung der Auswirkungen künstlicher Lichtquellen auf Nachtfalter müssen auch die Arten des Untersuchungsgebietes mit einbezogen werden, die künstliche Lichtquellen nicht oder nur wenig anfliegen und daher mit den bisher geschilderten Probenahmen nicht erfaßt wurden. Zu diesem Zweck wurden im näheren Umfeld des Gewächshaus in Albersdorf und auf dem Versuchsgelände in Kiel an einigen Probenahmetagen auch nächtliche Köderfänge durchgeführt und geeignete natürliche Nahrungsquellen (z.B. Blüten, reife Früchte, Gräser) der nachtaktiven Lepidoptera abgesucht (s. Kap. 4.1.4). Die Tabellen 19 und 20 geben einen Überblick über die so nachgewiesenen Nachtfalterarten und Individuenanzahlen. Der Vergleich zwischen den Lichtfallenfängen und den Köderfängen zeigt, daß bestimmte Arten mit ähnlich großen Individuenzahlen am Köder und Licht oder hauptsächlich am Köder gefunden wurden und auf Licht kaum reagieren.

Insgesamt wurden in Albersdorf 52 und im Versuchsgelände 49 Lepidoptera-Arten am

Tab. 19: Lepidoptera des Standortes „Albersdorf“, die an Ködern oder natürlichen Nahrungsquellen bzw. durch Lichtfallen erfaßt wurden;

N = erfaßte Individuenanzahl, L = erfaßte Individuenanzahl am Licht, • = auf Licht nicht oder wenig reagierende Arten, ○ = auf Licht und Köder ähnlich reagierende Arten

Art	L	N	Art	L	N	Art	L	N
<i>Tethea duplaris</i>	○	3	<i>Caradrina morpheus</i>	9	2	<i>Mythimna impura</i>	6	1
<i>Tethea or</i>		6	<i>Dipterygia scabriuscula</i>	•	-	<i>Orthosia cruda</i>	5	1
<i>Thyatira batis</i>		4	<i>Mesapamea secalis</i>	○	8	<i>Hypena proboscidalis</i>	15	5
<i>Alcis repandata</i>		14	<i>Mesoligia furuncula</i>	○	10	<i>Agrotis exclamationis</i>	15	9
<i>Colotois pennaria</i>		10	<i>Oligia fasciuncula</i>	5	2	<i>Agrotis ipsilon</i>	•	-
<i>Deilinia pusaria</i>		22	<i>Oligia strigilis</i>	21	11	<i>Agrotis segetum</i>	•	-
<i>Lomaspilis marginata</i>		15	<i>Phlogophora meticulosa</i>	○	10	<i>Diarsia mendica</i>	5	1
<i>Thalera fimbrialis</i>		8	<i>Acronicta megacephala</i>	○	2	<i>Eurois occulta</i>	•	-
<i>Eulithis pyraliata</i>		6	<i>Catocala nupta</i>	•	-	<i>Graphiphora augur</i>	6	1
<i>Operophtera fagata</i>	•	-	<i>Allophyes oxyacanthalae</i>	•	-	<i>Noctua interjecta</i>	10	1
<i>Pelurga comitata</i>		6	<i>Blepharita satra</i>	•	-	<i>Noctua pronuba</i>	○	65 88
<i>Xanthorhoe montanata</i>		34	<i>Conistra vaccinii</i>	•	-	<i>Ochropleura plecta</i>	21	10
<i>Idaea dimidiata</i>		12	<i>Eupsilia transversa</i>	•	-	<i>Xestia c-nigrum</i>	○	10 6
<i>Amphipyra pyramidaea</i>	•	2	<i>Discestra trifolii</i>	8	1	<i>Rivula sericealis</i>		18 6
<i>Amphipyra tragopoginis</i>	•	-	<i>Mamestraa brassicae</i>	○	7	<i>Scoliopteryx libatrix</i>	•	-
<i>Apamea lithoxylaea</i>	•	-	<i>Mamestraa olereacea</i>	○	4	<i>Autographa gamma</i>		34 20
<i>Apamea monoglypha</i>	○	40	<i>Mamestraa thalassina</i>	○	1			
<i>Apamea remissa</i>	○	2	<i>Mythimna ferrago</i>		10			

Tab. 20: Lepidoptera des „Versuchsgeländes“ der Forschungsstelle für Ökotechologie, die an Ködern oder natürlichen Nahrungsquellen bzw. durch Lichtfallen nachgewiesen wurden;

N = erfaßte Individuenanzahl am Köder, L = erfaßte Individuenanzahl am Licht, • = auf Licht nicht oder wenig reagierende Arten, ○ = auf Licht und Köder ähnlich reagierende Arten

Art	L	N	Art	L	N	Art	L	N		
<i>Tethea duplaris</i>	•	-	1	<i>Agrochola helvola</i>	○	4	6	<i>Mythimna impura</i>	12	5
<i>Tethea or</i>	•	-	1	<i>Mesapamea secalis</i>	○	28	23	<i>Hypena proboscidalis</i>	•	4 13
<i>Habrosyne pyritooides</i>		12	1	<i>Mesoligia furuncula</i>	○	11	15	<i>Agrotis exclamationis</i>	43	24
<i>Eilema lurideola</i>	•	-	2	<i>Hoplodrina octogenaria</i>	36	9	<i>Agrotis ipsilon</i>	•	-	
<i>Alcis repandata</i>		8	3	<i>Oligia strigilis</i>	24	5	<i>Agrotis segetum</i>	○	4 3	
<i>Idaea aversata</i>		7	3	<i>Phlogophora meticulosa</i>	○	8	6	<i>Diarsia rubi</i>	6	3
<i>Deilinia pusaria</i>		3	1	<i>Acronicta megacephala</i>	•	-	2	<i>Noctua fimbriata</i>	•	-
<i>Lomaspilis marginata</i>		10	1	<i>Acronicta leporina</i>	•	-	1	<i>Noctua interjecta</i>	○	3 2
<i>Eulithis prunata</i>	•	-	2	<i>Ochropleura plecta</i>	○	2	1	<i>Noctua pronuba</i>	○	31 26
<i>Xanthorhoe montanata</i>		4	2	<i>Abrostola tripartita</i>	○	1	1	<i>Xestia triangulum</i>	19	6
<i>Idaea dimidiata</i>		12	2	<i>Conistra vaccinii</i>	•	-	3	<i>Xestia xanthographa</i>	○	18 14
<i>Amphipyra pyramidaea</i>	•	-	5	<i>Eupsilia transversa</i>	•	-	2	<i>Xestia c-nigrum</i>	○	10 8
<i>Amphipyra tragopoginis</i>	•	2	9	<i>Discestra trifolii</i>	•	-	1	<i>Scoliopteryx libatrix</i>	•	-
<i>Apamea crenata</i>	•	-	3	<i>Mamestraa brassicae</i>	○	1	2	<i>Autographa gamma</i>		36 21
<i>Apamea monoglypha</i>	○	20	25	<i>Mamestraa olereacea</i>	○	10	12	<i>Caradrina morpheus</i>	29	5
<i>Apamea remissa</i>	•	-	4	<i>Mamestraa thalassina</i>	○	2	1			
<i>Agrochola circellaris</i>	•	5	12	<i>Mythimna ferrago</i>		8	1			

Köder nachgewiesen. Die registrierte Individuenzahl ist bei einigen Arten allerdings sehr niedrig, so daß Rückschlüsse auf das Verhalten dieser Arten schwierig sind. Die Einordnung, ob die jeweilige Art stark auf den Köder oder ähnlich auf den Köder und das Licht reagiert, wurde für die angeführten Arten nach den Ergebnissen dieser Untersuchung getroffen.

Die Mehrzahl der am Köder nachgewiesenen Arten und Individuen gehört zur Familie der Noctuidae. In Albersdorf konnten die Arten *Operophtera fagata*, *Apamea lithoxylea*, *Catocala nupta*, *Conistra vaccini* und *Eupsilia transversa*, im Versuchsgelände die Art *Acronicta leporina* ausschließlich mit dieser Methode festgestellt werden. Von einigen Arten wie *Amphipyra pyramididea* oder *Scoliopteryx libatrix* wurden an den Lichtquellen weniger Individuen als am Köder nachgewiesen. Anderseits wurden von Arten, die zahlreich am Licht vertreten waren, auch Individuen am Köder gefunden. Die Lichtquellen werden also nicht von allen im Umfeld befindlichen Faltern angeflogen. Die Reaktion der Falter auf die Lichtquellen ist daher zum einen artspezifisch und zum anderen aber auch individuell unterschiedlich.

5.11 Einfluß der Witterung und des Mondes auf den Insektenanflug

Die Aktivität und der Anflug von Insekten an künstliche Lichtquellen wird wesentlich von der Witterung und dem Mond beeinflußt. Generell sind in warmen, windstillen und mondlosen Nächten besonders viele Insekten an künstlichen Lichtquellen zu finden. Dichte Bewölkung ist dabei durch die Reflektion der Wärmeabstrahlung und durch die Abschirmung des Mondes förderlich (KURTZE 1974). In dieser Untersuchung wurde der Einfluß der Witterungsbedingungen auf den Anflug mit Hilfe der Spearman-Rang-Korrelation analysiert (Tab. 21 - 23). Dabei wurden die Helligkeit des Mondes, die Stärke der Zu- oder Abnahme der Mondhelligkeit und der Luftdruck als weitere Faktoren betrachtet.

Datengrundlage waren stündliche Meßwerte aus der nahe gelegenen Wetterstation Kiel-Holtenau, aus denen die nächtlichen Durchschnittswerte (jeweils von Abend- bis Morgen-dämmerung) für die einzelnen Witterungsfaktoren pro Probennahme berechnet wurden. Zur Analyse wurden alle Tage der aus den Anflugergebnissen ermittelten Hauptflugzeit der jeweiligen Insektenordnung, -familie oder -art in den Jahren 1994/1995 herangezogen. Die Witterungsdaten wurden dabei in folgenden Maßeinheiten gemessen:

Bedeckungsgrad in einer Skala von 0 = keine Wolken bis 8 = vollständig bedeckt; Windrichtung nach 36 -teiliger Windtafel (36 = Nord und 18 = Süd); Windstärke im 10 Minuten Mittel in 1/10 m/s; Lufttemperatur in 1/10 C°, Luftdruck auf Normal Null in 1/10 hPa.

Die Helligkeit des Mondes wurde aus dem Mondzyklus von 29,5 Tagen als Cosinusfunktion berechnet (Neumond = -1 und Vollmond = 1). Aus diesen Ergebnissen wurde dann die Stärke der Zu- oder Abnahme der Mondhelligkeit als Sinusfunktion ermittelt.

Die Lepidoptera flogen bevorzugt bei hohen Temperaturen an die Leuchten. Dagegen wurden bei viel Mondlicht nur wenige Schmetterlinge festgestellt.

Auch der stärkste Anflug der Coleoptera wurde bei hohen Temperaturen registriert. Mit zunehmender Windstärke und bei bestimmten Windrichtungen flogen nur wenige Käfer an die Lichtquellen.

Windrichtung und Windstärke beeinflussen auch den Anflug der meist kleinen Nematocera. Ein verstärkter Anflug erfolgte bei dieser Gruppe bei hohen Temperaturen, geringer Mondhelligkeit und erhöhtem Luftdruck.

Die Brachycera flogen ebenso wie die Heteroptera vor allem bei hohen Temperaturen verstärkt an die Leuchten an. Zunehmende Windstärke führte außerdem bei den Heteroptera an zumindest zwei Leuchten zu einem verminderten Anflug.

Tab. 21: Rangkorrelationskoeffizient (r_s) und Signifikanz (p) zur Abhängigkeit des Anfluges von verschiedenen Witterungsfaktoren und dem Mond für ausgewählte Insektenordnungen / -unterordnungen nach der Spearman-Rang-Korrelation für die Jahre 1994-1995;

* , ** , *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampf-lampe, (1-4) = Leuchten-Nummer

	Bedeckung	Wind-richtung	Wind-stärke	Tempe-ratur	Mond-helligkeit	Zu-Abnahme d. d. Mondh.	Luft druck
Lepidoptera							
GH (1)				0,64 (***)	-0,31 (***)		
GH (2)				0,61 (***)	-0,23 (**)		
GH (3)				0,62 (***)	-0,21 (**)		
GH (4)				0,70 (***)	-0,28 (***)		
Coleoptera							
GH (1)	-0,21 (**)	-0,23 (**)	-0,25 (**)	0,54 (***)			0,25 (***)
GH (2)		-0,18 (*)		0,29 (**)			
GH (3)		-0,22 (**)	-0,19 (**)	0,41 (***)	-0,19 (**)		
GH (4)							
Nematocera							
GH (1)	-0,21 (*)	-0,24 (**)	-0,28 (**)	0,79 (***)	-0,25 (**)		0,29 (***)
GH (2)	-0,22 (**)	-0,23 (*)	-0,26 (**)	0,43 (***)	-0,34 (***)		0,31 (***)
GH (3)			-0,22 (**)	0,29 (***)	-0,31 (***)		0,24 (**)
GH (4)				0,43 (***)	-0,24 (**)		0,23 (**)
Brachycera							
GH (1)				0,57 (***)			
GH (2)				0,45 (***)			
GH (3)				0,51 (***)			
GH (4)				0,44 (***)			
Heteroptera							
GH (1)			-0,28 (**)	0,46 (***)			
GH (2)			-0,26 (**)	0,42 (***)			
GH (3)				0,47 (***)			
GH (4)							

Der Anflug der Geometridae wurde von mehreren Faktoren beeinflußt. Insbesondere bei hohen Temperaturen flogen viele Tiere an. Geringe Bedeckung und damit verbunden niedrige Temperaturen sowie zunehmender Mond bewirkten dagegen einen geringen Anflug. Außerdem wurden die Leuchten GH (2) und GH (3) vor allem bei westlichen Winden und die Leuchten GH (1) und GH (4) bei höheren Windstärken weniger angeflogen.

Die Noctuidae wurden als meist flugstarke Tiere dagegen kaum vom Wind beeinflußt. Sie flogen bevorzugt bei hohen Temperaturen an. Geringe Bedeckung und dadurch niedrige Temperaturen und heller Mond bewirkten dagegen einen reduzierten Anflug.

Hohe Temperaturen waren auch der wichtigste Witterungsfaktor, der den Anflug der Carabidae bestimmte. Bei zunehmender Windstärke flogen weniger Tiere an die Leuchten GH (1) und GH (4).

Auch der Anflug der Chironomidae wurde vor allem durch die Temperatur beeinflußt. Die Tiere flogen verstärkt bei hohen Temperaturen an die Leuchten an.

Tab. 22: Rangkorrelationskoeffizient (rs) und Signifikanz (p) zur Abhängigkeit des Anfluges von verschiedenen Witterungsfaktoren und dem Mond für ausgewählte Insektenfamilien nach der Spearman-Rang-Korrelation für die Jahre 1994-1995;

* , ** , *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe, (1-4) = Leuchten-Nummer

	Bedeckung	Wind-richtung	Wind-stärke	Tempe-ratur	Mond-helligkeit	Zu-Abnahme d. Mondh.	Luft druck
Geometridae							
GH (1)	-0,34 (**)		-0,41 (***)	0,27 (*)		-0,30 (*)	
GH (2)		-0,37 (**)		0,34 (**)			
GH (3)	-0,36 (**)	-0,30 (**)		0,30 (**)		-0,33 (**)	
GH (4)	-0,47 (***)		-0,28 (**)	0,29 (**)		-0,29 (**)	
Noctuidae							
GH (1)		0,36 (**)		0,50 (***)	-0,40 (***)		
GH (2)	-0,40 (**)			0,60 (***)	-0,30 (*)		0,35 (**)
GH (3)	-0,35 (**)			0,67 (***)	-0,33 (**)		
GH (4)	-0,29 (*)			0,71 (***)	-0,49 (***)		
Carabidae							
GH (1)	0,60 (***)		-0,31 (**)	0,37 (*)			-0,45 (**)
GH (2)				0,37 (**)	0,35 (**)		
GH (3)				0,44 (**)			
GH (4)		-0,29 (**)		0,27 (*)			
Chironomidae							
GH (1)				0,68 (***)			
GH (2)				0,51 (***)			0,19 (*)
GH (3)				0,47 (***)			
GH (4)				0,69 (***)			
Ceratopogonidae							
GH (1)		-0,28 (**)	-0,41 (***)	0,52 (***)			0,30 (**)
GH (2)	-0,38 (***)	-0,25 (**)	-0,39 (***)	0,23 (**)	-0,21 (**)		0,50 (***)
GH (3)			-0,23 (*)				0,24 (**)
GH (4)				0,23 (**)			0,29 (**)
Cecidomyiidae							
GH (1)	-0,28 (***)		-0,35 (**)	0,31 (**)			0,39 (***)
GH (2)				0,28 (**)	-0,24 (**)		0,21 (**)
GH (3)	-0,22 (**)						
GH (4)				0,34 (**)			0,29 (**)

Der Anflug der Ceratopogonidae und Cecidomyiidae wurde dagegen von mehreren Faktoren beeinflußt. Von beiden Familien flogen mehr Tiere bei hohen Temperaturen und steigendem Luftdruck an. Die sehr kleinen Ceratopogonidae flogen außerdem weniger bei zunehmender Windstärke und bestimmten Windrichtungen an die Leuchten. Die ebenfalls sehr kleinen Cecidomyiidae wurden weniger stark durch den Wind beeinflußt.

Die Eulenfalter C. morpheus und H. octogenaria flogen in Nächten mit zunehmender Helligkeit des Mondes weniger an die künstlichen Lichtquellen, wobei H. octogenaria auch bei zunehmendem Mond weniger anflog. Das Verhalten beider Arten an Leuchten GH (1) wurde zusätzlich von der Windrichtung und -stärke beeinflußt.

Für M. secalis waren hohe Temperaturen entscheidend für die Flugaktivität. Außerdem war wie bei H. octogenaria die Flugaktivität meist negativ mit zunehmender Mondhelligkeit korreliert.

Tab. 23: Rangkorrelationskoeffizient (rs) und Signifikanz (p) zur Abhängigkeit des Anfluges von verschiedenen Witterungsfaktoren und dem Mond für ausgewählte Lepidoptera-Arten nach der Spearman-Rang-Korrelation für die Jahre 1994-1995;

*, **, *** = Signifikanzniveaus ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$), GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampf-lampe, (1-4) = Leuchten-Nummer

Bedeckung	Wind-richtung	Wind-stärke	Tempe-ratur	Mond-helligkeit	Zu-Abnahme d. d. Mondh.	Luft druck
<i>C. morpheus</i>						
GH (1)		0,49 (**)	0,54 (**)		-0,54 (**)	
GH (2)				-0,53 (**)		
GH (3)				-0,67 (***)		
GH (4)				-0,45 (**)		
<i>H. octogenaria</i>						
GH (1)		0,67 (***)	0,47 (**)		-0,53 (***)	
GH (2)				0,42 (**)		
GH (3)					-0,45 (**)	0,46 (**)
GH (4)					-0,36 (*)	
<i>M. secalis</i>						
GH (1)			0,46 (**)			
GH (2)			0,49 (**)		-0,44 (**)	
GH (3)			0,43 (**)		-0,84 (***)	
GH (4)			0,46 (**)			



Abb. 36: Labkrautschwärmer (*Hyles galii* L.)

Zusammenfassend zeigt sich, daß insbesondere die Temperatur und der Mond den Anflug der Insekten an künstliche Lichtquellen beeinflussen. Kleine und /oder flugschwache Tiere stellen außerdem bei zunehmender Windstärke den Anflug ein. Es zeigt sich aber auch, daß dabei der Standort der Leuchte, d.h. die Windexposition, großen Einfluß auf den Insektenanflug hat, da bei entsprechender Abschirmung der Lichtquelle, z.B. durch Bäume und Sträucher, die Windgeschwindigkeit reduziert wird und dadurch insbesondere kleine, flugschwache Insekten weiterhin anfliegen können. Vorwiegend für die Gruppen der Nematocera ist weiterhin der Luftdruck ein bestimmender Witterungsfaktor für den Anflug.

6. Diskussion

6.1 Gesichtspunkte des Artenschutzes und der Reaktion der festgestellten Insektenordnungen im Hinblick auf künstliche Lichtquellen

Im folgenden wird auf die einzelnen festgestellten Insektenordnungen eingegangen und ihre Gefährdung durch künstliche Lichtquellen diskutiert. Die Aussagen können sich bei den Ordnungen, deren Vertreter nicht auf Artniveau determiniert wurden, nur auf die Mehrheit der registrierten Individuen beziehen, da die unterschiedlichen Arten auch innerhalb einer Familie oder Gattung sehr verschiedenartig auf Lichtquellen reagieren können (CHANIOTIS et al. 1971).

Ephemeroptera (Eintagsfliegen)

Auf die Gruppe der Ephemeroptera soll hier nur kurz eingegangen werden. Die Larven dieser Ordnung haben eine fast ausschließlich aquatische Lebensweise. Geeignete Entwicklungsbiotope fehlen aber im Umfeld der Untersuchungsstandorte. Daher konnten nur einzelne Tiere registriert werden. An Beleuchtungsanlagen in einem für Ephemeropteren geeigneten Umfeld können sie jedoch einen wesentlichen Anteil am Gesamtanflug haben und in einigen Fällen die quantitativ größte Gruppe am Licht darstellen (SCHMIEDEL 1992). Eintagsfliegen sind aufgrund ihres sehr kurzen Lebens als vollentwickeltes Insekt ein eindrucksvolles Beispiel für die potentielle Gefährdung von nachtaktiven Insekten durch Beleuchtungsanlagen. Wenn diese Tiere nur eine Nacht an einer künstlichen Lichtquelle verharren, kann dies schon einen Großteil der Lebenszeit, in einigen Fällen sicher die Zeitspanne ihres ganzen Lebens als Imago ausmachen. Bei hohen Anflügen an künstliche Lichtquellen ergibt sich daraus eine starke Beeinträchtigung der Reproduktion der betroffenen Populationen.

Coleoptera (Käfer)

Käfer gehören mit der Mehrzahl ihrer Arten nicht zu den typisch nachtaktiven Insekten. Es gibt nur relativ wenige wirklich nachtaktive Arten. Zahlreiche Arten jedoch sind in der Zeit der Dämmerung aktiv und haben zu dieser Tageszeit ausgesprochene Schwärmsphasen. Entsprechend diesem diurnalen Zyklus erfolgt der stärkste Anflug der Käfer an künstliche Lichtquellen in den hellen Vollmondnächten sowie vor allem um die Stunden der Dämmerung (KERSTENS 1961, KURTZE 1974).

Ein ständiger Anflug des Dungkäfers *Aphodius rufipes* wurde am Gewächshaus beobachtet. Die Tiere flogen unermüdlich gegen die beleuchteten Glasscheiben und setzten sich selten zur Ruhe. Eine Gefährdung dieser Art ist aber aufgrund der guten Entwicklungs-

bedingungen im Umfeld und weiteren Umgebung des Gewächshauses unwahrscheinlich. Der insgesamt sehr geringe Anteil der Käfer am Gesamtfang des Gewächshauses ist auf die beprobten senkrechten Glasscheiben zurückzuführen, die den anfliegenden Käfern nur sehr eingeschränkte „Sitzmöglichkeiten“ bieten. Der Anteil der Käfer am Anflug der Licht-fallen in Albersdorf ist deutlich größer.

An den Straßenleuchten am Untersuchungsstandort „Kiel“ waren die Coleoptera nach den Diptera und Lepidoptera die häufigste Insektenordnung. Der Hauptanflug der Individuen erfolgte an nur wenigen Tagen im Jahr. Nach KERSTENS (1961) ist die Temperatur ausschlaggebender Faktor für die Flugaktivität der Coleoptera. Im Sommer werden Temperaturen von 20° C oder mehr bevorzugt, im Herbst sind Temperaturen um 10° C ausreichend. Da die genannten Temperaturen im Untersuchungsgebiet auch im Sommer nachts nur selten erreicht werden, kann dies den Hauptanflug an nur wenigen Tagen im Jahr und die unterschiedlich verteilten Anflugmaxima im Jahresverlauf der drei Untersuchungsjahre erklären. Auch die Ergebnisse dieser Untersuchung belegen, daß hohe Temperaturen den Anflug der Coleoptera und insbesondere der Carabidae (Laufkäfer) förderten.

Nach SCHMIEDEL (1992) ist die Windstärke ebenfalls ein wichtiger, die Flugaktivität der Coleoptera bestimmender Faktor. An geschützt stehende Lichtquellen flogen die meisten Käfer an. Bei wechselnder Windrichtung wurde deshalb immer die am meisten gegen Wind abgeschirmte Leuchte bevorzugt angeflogen. In dieser Untersuchung konnten jedoch keine statistisch belegbaren Unterschiede bei der registrierten Individuenanzahl zwischen der windexponiert und den geschützt stehenden Leuchten festgestellt werden. Beispielsweise wurde die frei stehende Leuchte ebenso wie die besonders geschützt stehende Leuchte von den Staphylinidae (Kurzflügelkäfer) stark angeflogen. Beide Leuchten standen in der Nähe von Komposthaufen, einem für viele Staphylinidae aber auch für andere Coleopteren geeigneten Entwicklungshabitat. Das könnte damit erklärt werden, daß die Coleoptera ohnehin nur an windstillen Abenden zu schwärmen beginnen, wodurch die Windexposition der Lichtquelle weniger entscheidend wäre als die gute Sichtbarkeit oder, hier vermutlich, das unmittelbare Biotopumfeld des Lichtquellenstandortes.

Ein Einfluß des verwendeten Lichtspektrums konnte für die Coleoptera allgemein und auf Familienniveau für die Cantharidae (Weichkäfer) und Carabidae nicht nachgewiesen werden. Die Familie der Staphylinidae hingegen flog signifikant weniger die Leuchte mit Natriumdampflampe an. Die an den Leuchten festgestellte Individuenanzahl der restlichen Coleoptera-Familien war für statistisch abgesicherte Aussagen in dieser Hinsicht zu gering. Auf das unterschiedliche Verhalten der einzelnen Familien und Arten weist auch MIKKOLA (1972) hin. Er registrierte einen starken Anflug der Nitidulidae (Glanzkäfer) und des Großen Leuchtkäfers (*Lampyris noctiluca*) sowie, im Gegensatz zu den Ergebnissen dieser Untersuchung, der Cantharidae an gelbe Lichtspektren. Die verschiedenen Familien und Arten der Coleoptera reagieren also unterschiedlich auf die Lichtspektren künstlicher Lichtquellen.

Zusätzlich ist die Konstruktionsweise der verwendeten Fallen mitentscheidend für die registrierte Arten- und Individuenanzahl. Die Fallenkonstruktion mit Plexiglasplatten (Fallentyp II) fing unabhängig vom Standort die meisten Tiere, wenn auch nicht für alle Familien und Arten statistisch signifikant.

Der Einsatz des Lichtfanges zum Nachweis von Käfern zur Klärung faunistischer Fragestellungen wurde bisher kaum betrieben. Zahlreiche ansonsten schwer nachzuweisende oder als selten geltende Arten sind aber in letzter Zeit gerade mit dieser Methode gefunden worden. Dies zeigen auch die Ergebnisse dieser Untersuchung. Aufgrund der Biotoptstruktur des Untersuchungsstandortes „Versuchsgelände“ mit Gärten und Knicks waren ausgesprochen „seltene“ Käferarten nicht zu erwarten. Daß trotzdem einige „seltene“ Arten an den Straßenleuchten gefunden wurden, ist wahrscheinlich auf die ungenügende Beachtung der Coleoptera aus Lichtfängen zurückzuführen. Nicht alle als „selten“ be-

trachtete Arten sind tatsächlich „selten“, sondern werden aufgrund der Unkenntnis ihrer Biologie oder geeigneter Nachweismethoden nur selten festgestellt. So ist die Lebensweise der beiden nach vielen Jahren in Schleswig-Holstein wiedergefundene Staphylinidenarten unbekannt. Die neu für Schleswig-Holstein nachgewiesene Rüsselkäferart *Euophryum confine* lebt als Kulturfolger in Häusern mit unbehandeltem Holz, die zum zweitenmal für Schleswig-Holstein festgestellte Art *Athetis griepi* (Staphylinidae) ist eine Art, die vor allem in Komposthaufen lebt. Der Grund für die Seltenheit dieser beiden Arten, ist also wahrscheinlich nicht auf die besiedelten Lebensräume zurückzuführen. Wahrscheinlich sind diese Arten bisher einfach nicht gefunden worden, weil sie entweder das Gebiet neu besiedeln oder die bisherigen Nachweismethoden nicht für diese Arten geeignet sind. Auf eine große Anzahl faunistisch interessanter Käferarten weisen schon SCHERF & DRECHSEL (1973) hin. Sie konnten am Vogelsberg insgesamt 474 Arten in Lichtfallen feststellen, davon 74 Arten von besonderem faunistischen Interesse und 11 für das Bundesland Hessen neue Arten. Zahlreiche Arten wurden dabei an einem Ackerstandort gefunden, der für diese Arten keine Entwicklungsmöglichkeiten bot. Diese Arten müssen deshalb an diesen Standort zugeflogen sein.

Nur wenige der über 6.500 in Mitteleuropa vorkommenden Arten der Coleoptera fliegen überhaupt künstliche Lichtquellen an. Diese stammen hauptsächlich aus wenigen Familien, wie der Vergleich mit anderen Untersuchungen zeigt (KERSTENS 1961, KURTZE 1974). Nach KERSTENS (1961) kommen vor allem Käferarten aus zwei bestimmten Ökosystemkomplexen ans Licht. Zum einen handelt es sich um die Bewohner von Sümpfen, Kleingewässern und anderen feuchten Ökosystemen, zum anderem um Bewohner von Kompost, sonstigen faulenden Pflanzenstoffen, Dunghaufen, Exkrementen und Aas. Diese Arten sind auch in dieser Untersuchung stark vertreten. Nach SUIKAT (mündl. Mit.) sind gerade Arten der Kleingewässer oder Kompost und Schimmelpilze verzehrende Arten aufgrund ihrer stark fluktuierenden Biotope oder Nahrungsgrundlagen hochmobil.

Insgesamt ist über die zurückgelegten Entfernungen und über den Anteil an der Gesamtpopulation der Käfer am Licht zu wenig bekannt, als das eine sichere Beurteilung der Gefährdungssituation für die Coleoptera durch Kunstlicht getroffen werden kann. Außerdem sind die Kenntnisse über die Biologie einzelner Arten noch zu gering. Der größte Teil der Individuen der am häufigsten registrierten Art, des Laufkäfers *Bradyceillus verbasci*, wurde an wenigen Tagen festgestellt. Dies kann zum einen auf wenige günstige Witterungslagen im Jahr, die einen Massenflug fördern, oder auf Dispersions- bzw. Migrationsphasen zu bestimmten Zeiten zurückzuführen sein. Hier könnte dann eine besondere phototaktische Empfindlichkeit und der daraus resultierende Anflug an künstliche Lichtquellen das Ausbreitungsverhalten der Art beeinflussen.

Hymenoptera (Hautflügler)

MIKKOLA (1972) stellte an Lichtquellen mit hohem Gelbanteil die prozentual höchsten Anteile der Hymenoptera am Gesamtfang fest. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen war im Untersuchungsgebiet „Albersdorf“ der prozentuale Anteil der Hymenoptera am Gesamtfang an der Quecksilberdampflampe (Kastenfalle) am höchsten, an der Natriumdampflampe (Kastenfalle) am niedrigsten. Am Untersuchungsstandort „Versuchsgelände“ hingegen konnte zwar an der Leuchte mit Natriumdampflampe ein starker Anflug registriert werden, signifikante Unterschiede zu den Leuchten mit Quecksilberdampflampe wurden aber nicht festgestellt. Begründet liegen diese unterschiedlichen Befunde wahrscheinlich darin, daß eine artspezifische Reaktion auf unterschiedliche Lichtspektren vorliegt. Welche Arten oder Familien aber an den Lichtquellen anfliegen, ist von dem umgebenden Biotopspektrum abhängig.

Auch der Fallentyp hat einen Einfluß auf das Fangergebnis der Hymenoptera. An der Fallentyp II flogen unabhängig vom Standort die meisten Tiere an. Allerdings sind die Ergebnisse nicht gegenüber allen anderen Fallen statistisch signifikant.

Bei gleicher Lichtquelle und Fallenkonstruktion erfolgte der stärkste Anflug an geschützt stehende Leuchten. Die windexponiert stehende Leuchte wurde am wenigsten angeflogen. Dies ist auf die Windempfindlichkeit der kleinen bis kleinsten Arten vor allem der Ichneumonidae (Schlupfwespen) und Braconidae (Brackwespen) zurückzuführen.

An beiden Untersuchungsstandorten lag der Anteil Hymenoptera am Gesamtfang um ein Prozent. Die meisten registrierten Tiere waren dabei Braconidae und Ichneumonidae. Bei diesen beiden als Parasitoide lebenden Gruppen ist die Zahl angeflogener Individuen aber im Verhältnis zu den im Freiland anzunehmenden Populationsdichten gering, da sich bei einigen Arten teilweise hunderte von Tieren an wenigen Wirten entwickeln können. So erscheinen die Auswirkungen durch den Anflug an künstliche Lichtquellen auf diese Gruppe minimal, auch wenn dies wahrscheinlich nicht für alle Arten zutrifft. Hier ist über die Biologie der meisten Arten zu wenig bekannt, zumal die Bestimmung zahlreicher Arten oft nur wenigen Spezialisten überhaupt möglich ist.

Nur bei den Ophioninae (Familie Ichneumonidae) und der Hornisse (*Vespa crabro*) ist überhaupt eine nächtliche Aktivität im Gegensatz zu den sonst tagaktiven Hautflüglern bekannt geworden. Hornissen wurden hier nicht am Licht gefunden, während ein größeres Teil der registrierten Ichneumonidae aus der Unterfamilie der Ophioninae stammt. Inwieweit die Ophioninae durch künstliche Lichtquellen gefährdet werden, muß offen bleiben, da über die Lebensweise dieser Tiere zu wenig bekannt ist. Eine Gefährdung durch künstliche Lichtquellen ist bei bestimmten Formicidae (Ameisen) denkbar. Diese wurden nur an wenigen Tagen, dann aber in größerer Individuenanzahl am Licht registriert. Geflügelte Ameisen treten nur zur Paarung auf und schwärmen zu ihrem Hochzeitsflug an windstillen und warmen Abenden aus. Hier ist genau wie bei den Coleoptera eine Gefährdung der auf diesem Zeitpunkt in ihrer Paarung und Migration beschränkter Formicidae denkbar, wenn die Tiere zu diesen Phasen in der Nähe befindliche Lichtquellen anfliegen. Die restlichen festgestellten Individuen der Braconidae, Ichneumonidae und übrigen Familien, mit Ausnahme der Ophioninae, stammen mit hoher Wahrscheinlichkeit aus der unmittelbaren Umgebung der Lichtquellen und dürften durch die Einwirkung des Kunstlichtes ihre normale „Tagesaktivität“ wieder aufgenommen haben.

Psocoptera (Staubläuse)

Insgesamt wurden Arten aus neun Familien der Psocoptera an den untersuchten Lichtquellen nachgewiesen. An allen Lichtquellen wurden aber jeweils weniger als 100 Individuen registriert. Die freistehende Leuchte wurde gegenüber den geschützt oder am Knick stehenden Leuchten signifikant weniger angeflogen. An die besonders geschützt stehende Leuchte erfolgte der stärkste Anflug. Dies ist zum einen auf die Windanfälligkeit der winzigen Tiere beim Flug zurückzuführen, zum anderen sind zahlreiche Arten der Psocoptera Baumbewohner, so daß wohl die in der Nähe des Habitates befindlicher Lichtquellen bevorzugt angeflogen werden. Wahrscheinlich sind die Tiere in ihrer Flugaktivität aufgrund ihrer geringen Größe auf windstille Abendstunden beschränkt.

Da die Anzahl der registrierten Staubläuse aber an allen Lichtquellen äußerst gering ist, erscheint eine Gefährdung der Psocoptera durch künstliche Lichtquellen unwahrscheinlich.

Aphidina (Blattläuse)

Es konnten an allen Lichtquellen geflügelte Blattläuse in meist sehr geringen Individuenanzahlen festgestellt werden. Der hohe Prozentanteil am Gesamtanflug der Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe in Albersdorf ist wahrscheinlich auf den Standort der Falle in einem Obstbaumgarten zurückzuführen. Am Untersuchungsstandort „Kiel“ konnten nur wenige signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Leuchten registriert werden, die keine weiteren Rückschlüsse erlauben.

Blattläuse weisen einen sehr komplizierten Wechsel zwischen sich parthenogenetisch und sexuell fortpflanzenden Generationen innerhalb eines Jahres auf. Dabei treten geflügelte Formen nur zu bestimmten Jahreszeiten als Verbreitungsform dieser Tiere auf. Eine Gefährdung von Blattlauspopulationen durch künstliche Lichtquellen erscheint unter diesem Gesichtspunkt nicht wahrscheinlich, da der Großteil der Blattlauspopulationen über den Jahresverlauf nicht flugfähig ist. Die flugfähigen Tiere sind außerdem aufgrund ihrer geringen Körpergröße nicht in der Lage, aktiv Lichtquellen über weitere Strecken anzufliegen. Überdies kommen Blattläuse meist in so großen Populationen vor, daß die bei dieser Untersuchung registrierten Individuenanzahlen am Licht vernachlässigbar gering erscheinen, so daß von einer Anlockwirkung künstlicher Lichtquellen auf Blattläuse derzeit wohl nicht ausgegangen werden kann. Die registrierten Tiere haben sich wahrscheinlich in der Nähe der Lichtquellen aufgehalten und durch das Licht ihre Tagesaktivität wieder aufgenommen.

Cicadina (Zikaden)

Arten der Familie der Cicadellidae stellten bei KURTZE (1974) 88 % aller am Licht gefangenen Individuen der Zikaden. Auch in dieser Untersuchung stammten die meisten registrierten Cicadina aus der Familie der Cicadellidae. Obwohl Zikaden an allen untersuchten Lichtquellen festgestellt werden konnten, ist von einer nächtlichen Lebensweise bisher nichts bekannt. Vertreter bestimmter Gattungen sind trotzdem regelmäßig, wenn auch in geringen Individuenzahlen, an Lichtquellen zu finden (SCHMIEDEL 1992). KURTZE (1974) spricht von überraschend hohen Individuenanzahlen bei kühler Witterung und geringer Luftfeuchtigkeit. Bei dem von KURTZE verwendeten Leuchttuch konnten die Tiere jedoch direkt aus der Vegetation an die Lichtquelle gelangen. Lichtquellen in größerer Höhe, wie Straßenleuchten, werden anscheinend nur in geringem Maße angeflogen. An die am geschütztesten stehenden Leuchten erfolgte der stärkste Anflug, was auch bei dieser Gruppe, mit in Mitteleuropa meist sehr kleinen Vertretern, für eine Windanfälligkeit während des Fluges spricht.

Bei Untersuchungen extensiv bewirtschafteter Grünlandflächen und Grünlandbrachen in der Nähe von Kiel konnten Individuendichten von 10 bis 150 Zikaden/m² festgestellt werden (HANSSEN mündl. Mitt.). Im Vergleich hierzu erscheinen die am Licht registrierten Individuenanzahlen äußerst gering, zumal an den Untersuchungsstandorten auch noch die Baum und Strauch bewohnenden Zikadenarten zum Arteninventar der Flächen hinzukommen. Eine Gefährdung durch Lichtquellen erscheint deshalb bei den meisten Arten unwahrscheinlich. Zahlreiche Arten, besonders aus der am häufigsten am Licht zu findenden Familie der Cicadellidae, weisen zudem in ihren Populationen mehr oder weniger große Anteile kurzflügiger und damit flugunfähiger Männchen wie Weibchen auf. Hier ist eine Gefährdung der Population ebenfalls nicht sehr wahrscheinlich, weil nur wenige Individuen überhaupt in der Lage sind, die Lichtquellen aktiv aufzusuchen. Treten jedoch diese geflügelten Stadien als Verbreitungsformen innerhalb einer Population auf, könnte durch den Anflug dieser Formen an künstliche Lichtquellen der genetische Austausch zwischen unterschiedlichen Populationen beeinträchtigt werden.

Heteroptera (Wanzen)

Die Arten der Familien der Miridae (Weichwanzen), Pentatomidae (Schildwanzen) und Nabidae (Sichelwanzen) waren die weitaus häufigsten Vertreter der Wanzen an allen Lichtquellen. KURTZE (1974) registrierte die Miridae mit einem Anteil von 21 % am Gesamtfang der Heteroptera. Die meisten der von ihm festgestellten Individuen gehörten jedoch zur Familie der Corixidae (Ruderwanzen), die auch in allen anderen aus der Literatur bekannten Untersuchungen den Hauptteil der vom Licht angelockten Tiere bei den Wanzen stellen. Das vollständige Fehlen dieser Familie am Gewächshaus lässt sich durch die Methodik der Probennahme und die Besonderheiten des Flugverhaltens der Corixidae erklären. Diese sind besonders in mondhellenden Nächten aktiv (KURTZE 1974) und suchen auf ihren Verbreitungsflügen mit Hilfe des sich auf der Wasseroberfläche spiegelnden Mondlichtes neue Gewässer auf. Sie können dann auch weitab von Gewässern am Licht gefangen werden. Da die Corixidae aufgrund der morphologischen Anpassungen an ihre aquatische Lebensweise die Fähigkeit verloren haben sich an glatte Oberflächen anzuhaf-ten, können sie sich an glatten senkrechten Flächen, wie den beprobteten Gewächshaus-seiten, nicht halten und sind deshalb wahrscheinlich nicht mit erfasst worden.

An einer Leuchte am Untersuchungsstandort „Versuchsgelände“ wurde 1996 einmalig ein starker Anflug der Corixidae registriert. So kann die Anlockwirkung künstlicher Licht-quellen zumindest für diese Familie eine Gefährdung während der auf wenige Tage be-schränkten Migrationsphase darstellen. Andererseits wurden bei Stichproben auf dem Untersuchungsgelände in sämtlichen vorhandenen Kleingewässern auch Corixidae gefun-den. Diese Kleingewässer wurden also trotz der vorhandenen Straßenlaternen erfolgreich besiedelt.

Bei hohen Temperaturen flogen die Wanzen vermehrt an die künstlichen Lichtquellen. Außerdem konnte ein Rückgang der Anflugzahlen bei zunehmender Windstärke zumindest an zwei der Straßenleuchten nachgewiesen werden.

Über das Geschlechterverhältnis der von künstlichen Lichtquellen angelockten Heteroptera gibt es nur wenige Untersuchungen. SOUTHWOOD (1960) fing nachts mittels Licht- und Saugfallen bei den Miridae überwiegend Männchen. Am Tag wurde mit Hilfe der Saugfallen ein nahezu ausgeglichenes Geschlechterverhältnis festgestellt. Der hohe Männchenanteil am Licht angeflogener Tier scheint also die natürliche Tagesrhythmus der Flugaktivität widerzuspiegeln. Aufgrund des geringen Weibchenanteils der vom Licht ange-lockten Tiere ist speziell für die Miridae nicht von einer Gefährdung durch künstliche Lichtquellen auszugehen.

Die Reaktion der Wanzen auf die verwendeten Lampentypen und damit die Lichtspektren ist aber artspezifisch. BAUER (1993) stellte in seinen Untersuchungen einen erhöhten Anflug von *Pentatoma rufipes* an Natrium-dampf-lampen im Vergleich zu anderen Lichtquellen fest. In dieser Untersuchung hingegen wurde an diesem Lichtspektrum im Gegensatz zu den Quecksilber-dampf-lampen keine Vertreter der Corixidae nachgewiesen. Insgesamt erscheinen auch bei dieser Ordnung die registrierten Individuenanzahlen zu ge-ring um von einer Gefährdung durch künstliche Lichtquellen auszugehen. Eine Gefährdung bestimmter Arten kann aber dennoch nicht ausgeschlossen werden.

Neuroptera (Netzflügler)

Der Anteil der Neuroptera am Gesamtfang lag an beiden Untersuchungsstandorten un-ter 1%. Von den vier verschiedenen am Licht festgestellten Familien waren die Chrysopidae (Florfliegen) mit Abstand am zahlreichsten. BOWDEN (1981) untersuchte das Flugverhalten

von *Chrysoperla carnea*, die auch bei dieser Untersuchung den Hauptteil der registrierten Individuen ausmachte. Fänge dieser Art durch Saugfallen zeigten eine hohe und stark in die Nacht verlängerte Flugaktivität in Vollmondnächten, wie dies für dämmerungsaktive Arten typisch ist. In Lichtfallen hingegen reduzierte sich die Menge registrierter Tiere mit zunehmender Helligkeit des Mondes. Der Rückgang der Individuenanzahlen in den Lichtfallen war also nicht auf eine eingeschränkte Flugaktivität der Tiere bei Vollmond, sondern auf eine geringere Attraktivität der künstlichen Lichtquelle mit zunehmender Helligkeit des Monds zurückzuführen. In diesen Phasen geringer Attraktivität der künstlichen Lichtquellen wäre somit die Möglichkeit für „normales Verhalten“ und die unbeeinträchtigte Fortpflanzung der Tiere gegeben.

In dieser Untersuchung wurde die windexponiert stehende Leuchte am wenigsten, die geschützt stehende Leuchte wiederum am stärksten angeflogen. Dennoch unterscheiden sich die Anflüge an die einzelnen Leuchten zwischen den Untersuchungsjahren, was wahrscheinlich eine Reaktion auf die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse, insbesondere Windverhältnisse ist. Da über 95 % der registrierten Tiere Vertreter der Chrysopidae waren, wurden die Anflugergebnisse maßgeblich von dieser Familie geprägt. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt KURTZE (1974). Bei anderen Untersuchungen wurden aber auch weitere Familien der Neuroptera in teilweise größeren Individuenanzahlen am Licht festgestellt. So fingen KRAUSE & OHM (1970) in der Sächsischen Schweiz vermehrt Arten der Raphididae (Kamelhalsfliegen) und Coniopterygidae (Staubhafte).

Chrysopidae ernähren sich von Blattläusen und sind in allen terrestrischen Ökosystemen meist häufig vertreten. Aufgrund der geringen überhaupt festgestellten Individuenanzahl lässt sich bei der sonstigen Häufigkeit und Verbreitung der hier am Licht festgestellten Neuroptera keine Gefährdung erkennen. In Gebieten mit anderem Faunenbestand muß diese Aussage allerdings wieder überprüft werden.

Trichoptera (Köcherfliegen)

Nur ein geringer Teil des Gesamtfanges dieser Untersuchung, meist unter 0,5 %, wird von den Trichoptera gestellt. Da im Umfeld des Gewächshauses und der Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe keine Gewässer vorhanden waren, müssen die registrierten Individuen aus der weiteren Umgebung stammen. Inwieweit es sich hierbei um eine direkte, lichtorientierte Reaktion handelt oder um dispergierende Tiere, die zufällig in die Nähe der Lichtquelle geraten sind und dann erst aus unmittelbarer Umgebung angelockt wurden, lässt sich nicht beurteilen. Am Standort „Versuchsgelände“ waren hingegen einzelne Kleingewässer vorhanden, in denen bei stichprobenartigen Untersuchungen auch zahlreiche Larven der Limnephilidae gefunden wurden. Im Umfeld größerer Gewässer können Trichopteren einen erheblichen Anteil der von Beleuchtungsanlagen angelockten Insekten einnehmen (SCHMIEDEL 1992). LEDERER (1960) berichtet von Massenanflügen der Trichoptera an Lichtfallen. Auch überwiegend tagaktive Trichoptera können zuweilen in Anzahl an Lichtquellen anfliegen (MÜLLER & ULFSTRAND 1970). In der Faunistik wird die anlockende Wirkung von Lichtfallen schon seit langem zu Untersuchungen der Köcherfliegen-Fauna genutzt. Die meisten der hier registrierten Individuen waren Limnephilidae, während bei den Untersuchungen von KURTZE (1974) 60 % der festgestellten Individuen der Familie der Hydroptilidae angehörten. Diese Unterschiede im Arteninventar liegen in den unterschiedlichen standörtlichen Gegebenheiten begründet, wie auch die vergleichsweise hohen Anzahlen der Hydropsychidae und Leptoceridae an der Kastenfalle mit Natriumdampflampe in Albersdorf wahrscheinlich auf das dort unmittelbar angrenzende Kleingewässer zurückzuführen sind.

MIKKOLA (1972) fand artspezifisch unterschiedliche Reaktionen der Trichoptera auf gelbes Licht. Einige Arten, wie *Oecetis ochrata*, wurden häufig, die meisten anderen Arten jedoch nur in sehr viel geringerem Maße an gelben Lichtquellen festgestellt. In dieser Untersuchung konnten hingegen zwischen den untersuchten Straßenleuchten mit Quecksilberdampflampe und Natriumdampflampe keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die insgesamt registrierte Individuenanzahl ist allerdings auch recht gering.

Artspezifisch unterschiedlich ist auch die Reaktion der Männchen und Weibchen der Trichoptera auf die Lichtquellen. CRICHTON (1960) wies je nach Art zwischen 10 - 95 % Weibchen in Lichtfängen nach.

Auch der Standort der Lichtquelle hat Einfluß auf den Anflug der Trichoptera. Die niedrigste Individuenanzahl wurde an der windexponiert stehenden Leuchte registriert, der stärkste Anflug erfolgte an die am meisten windgeschützt stehende Leuchte. Da die Trichoptera allgemein relativ gute Flieger sind, wird dieses Ergebnis hier vor allem auf die Nähe dieser Leuchte zu den Kleingewässern zurückgeführt.

Die meisten der Individuen der Trichoptera konnten in den Monaten Mai bis September registriert werden, sehr geringe Individuenzahlen im April, Oktober und November, was gleichfalls andere Autoren bestätigen (SCHMIEDEL 1992, KURTZE 1974). Köcherfliegen sind vorwiegend in den frühen Abendstunden aktiv, die meisten Tiere flogen bei Temperaturen über 10° C und hoher Luftfeuchtigkeit (KURTZE 1974). Massenanflüge fanden vor allem bei Temperaturen über 20° C statt (WARINGER 1991).

Gerade bei dieser Ordnung hat das Umfeld und die Distanz der künstlichen Lichtquellen zu den potentiellen Biotopen der Trichoptera maßgeblichen Einfluß auf das am Licht zu findende Artenspektrum und die Individuenanzahl. Bestimmte euryöke Arten sind aber anscheinend nahezu überall nachweisbar (BRINKMANN mündl. Mitt.). Die Anzahl der an den beiden Untersuchungsstandorten registrierten Individuen reicht für eine Beurteilung der Gefährdungssituation nicht aus. Anscheinend sind aber zumindest einige Arten in der Lage sich im Umfeld künstlicher Lichtquellen erfolgreich zu reproduzieren, wie die Larvenfunde in Gewässern des Versuchsgeländes beweisen. Eine Gefährdung der Trichoptera scheint aber durch Lichtquellen möglich, die an bedrohte Lebensräume dieser Tiere, wie naturnahe Fließgewässer und Quellen oder nährstoffarme Seen angrenzen. Die Gefährdung die von künstlichen Lichtquellen ausgeht, muß dabei für jede Art einzeln abgewogen werden und kann nicht auf alle Trichoptera verallgemeinert werden. Je höher der Weibchenanteil einer Art am Licht, desto wahrscheinlicher ist eine Gefährdung der Art. Es liegen allerdings bisher keine Untersuchungen über den ans Licht anfliegenden Anteil der Trichoptera an der jeweiligen Gesamtpopulation vor. Hierzu sind weitere Untersuchungen in einem für Trichoptera besser geeigneten Biotopumfeld notwendig.

Diptera (Zweiflügler)

Die beiden Unterordnungen der Diptera werden hier aufgrund ihres unterschiedlichen Verhaltens an künstlichen Lichtquellen gesondert betrachtet.

Neben den Coleoptera wurde bei den **Brachycera** die größte Anzahl unterschiedlicher Familien an den Lichtquellen nachgewiesen. In den beiden Untersuchungsgebieten traten im wesentlichen die gleichen Familien auf. Die Häufigkeit der einzelnen Familien war jedoch unterschiedlich, was auf das unterschiedliche Biotopumfeld zurückzuführen ist. KURTZE (1974) stellte die gleichen Fliegenfamilien am Licht fest, die auch in dieser Untersuchung gefunden wurden. Es kann also davon ausgegangen werden, daß hauptsächlich nur Arten bestimmter Familien von Lichtquellen angelockt werden. Die jeweils registrier-

ten Individuenzahlen sind aber in Relation zu der sonstigen Häufigkeit der Tiere in den Ökosystemen relativ gering. Bisher ist keine Brachyceridae-Familie mit einer nachtaktiven Lebensweise bekannt geworden, so daß ein aktiver Anflug aus größerer Entfernung nicht angenommen werden kann. Wahrscheinlich fliegen nur die Individuen, die sich in unmittelbarer Umgebung der Lichtquelle zur Nachtruhe versteckt hatten und durch den Lichtschein gestört werden, die Lichtquelle an. So verhielten sich die Scatophagidae (Dungfliegen) am Licht des Gewächshauses ähnlich wie am Tage. Bei zahlreichen Probenahmen konnte die Jagd und der Verzehr kleiner Insekten und in vielen Fällen auch die Paarung der Tiere beobachtet werden.

Nach KURTZE (1974) flogen einige Brachycera-Familien, wie Phoridae (Buckelfliegen) oder Syrphidae (Schwebfliegen), erst ab Temperaturen von 8 - 9°C überhaupt an die künstlichen Lichtquellen an. Auch an den hier beprobteten Straßenleuchten wurde ein insgesamt gesteigerter Anflug bei hohen Temperaturen nachgewiesen. Andere Witterungsfaktoren scheinen dagegen den Anflug der Brachycera nicht wesentlich zu beeinflussen.

Der starke Anflug der kleinen Sphaeroceridae (Dungfliegen) an die windexponiert stehende Leuchte, erklärt sich wahrscheinlich durch die Nähe der Lichtquelle zu Hühnerställen und Komposthaufen. Sie sind für die Sphaeroceridae besonders geeignete Entwicklungshabitate. FROESE (1992) konnte einige Arten der Sphaeroceridae in hohen Individuenmengen auf Ackerflächen feststellen. Hierzu erscheinen die am Licht registrierten Individuenanzahlen, insbesondere im agrarisch geprägten Raum von Albersdorf, vergleichsweise gering. Wahrscheinlich erfolgte der Anflug dieser Tiere aus dem unmittelbaren Umfeld der künstlichen Lichtquellen, so daß von einer Gefährdung der Sphaeroceridae nicht ausgegangen werden kann.

An den Natriumdampflampen in Albersdorf und im Versuchsgelände wurden deutlich weniger Individuen der Brachycera als an den Quecksilberdampflampen festgestellt. Wenn dies auch nicht auf einen Anflug aus größerer Entfernung zurückgeführt werden kann, beeinflußt wahrscheinlich trotzdem das Lichtspektrum den Anflug der Brachycera, da das Lichtspektrum der Quecksilberdampflampe eher dem Lichtspektrum der Sonne entspricht als das Spektrum der Natriumdampflampe. Die Tiere dürften aber bevorzugt bei Tageslicht oder dem dazu ähnlichen Lichtspektrum aktiv werden.

Der relativ starke Anflug an das Gewächshaus ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß die insgesamt durch das Licht erhelle Fläche am größten war und deshalb mehr Tiere in der Umgebung wieder aktiv wurden.

Von einer Gefährdung der Fliegen durch künstliche Lichtquellen kann aufgrund ihrer geringen Reaktion auf Licht und ihrer meist sehr großen Individuenanzahl in Ökosystemen bei dem jetzigen Untersuchungsstand nicht ausgegangen werden.

Zahlreiche Nematocera sind zu den dämmerungsaktiven Arten zu rechnen (KURTZE 1974). Sie waren an allen untersuchten Lichtquellen die mit Abstand individuenreichste Gruppe, auch wenn die prozentualen Anteile am Gesamtfang zwischen den Untersuchungsgebieten Albersdorf und Kiel sehr unterschiedlich ausfielen. Dies liegt am jeweiligen Biotopumfeld der Standorte und den damit verbundenen unterschiedlichen Entwicklungsmöglichkeiten für die Nematocera. Insgesamt wurden von 18 in Norddeutschland heimischen Familien 15 an den untersuchten Lichtquellen festgestellt. Auch in anderen Untersuchungen waren die Nematocera stets am häufigsten am Licht vertreten und stellten oft mehr als 70 % des Gesamtfanges (SCHMIEDEL 1992).

Die Individuenanzahlen am Licht sind allerdings relativ niedrig im Vergleich zu den teilweise enormen Populationsdichten der Nematocera in verschiedenen Ökosystemen.

FROESE (1992) untersuchte über einen Zeitraum von drei Jahren die Besiedlungsdichte von Dipteren auf unterschiedlich bewirtschafteten Ackerflächen. Er stellte eine durchschnittliche Schläpfdichte von 447,5 Individuen m⁻² Monat⁻¹ fest. Der Anteil der Nema-

tocera betrug 50 %, wobei der größte Teil der Individuen auf wenige Arten der Sciaridae (Tauermücken) und Cecidomyiidae (Gallmücken) entfiel. Diese Familien stellten an den Lichtquellen am agrarisch geprägten Untersuchungsstandort „Albersdorf“ nur einen sehr geringen Anteil des Gesamtfanges. Hier waren die Chironomidae (Zuckmücken) mit Abstand am zahlreichsten vertreten. Diese Familie wird nach FROESE (1992) durch den Anbau der Zuckerrübe gefördert, die im Untersuchungsgebiet auf dem an die Nordseite des Gewächshauses angrenzenden Acker angebaut wurde. Der Anflug der Chironomidae scheint also von der Ackerfläche über den Knick hinweg an das Gewächshaus erfolgt zu sein, die registrierte Individuenanzahl der Chironomidae war hier auch am größten. Demgegenüber erscheint die Attraktivität der künstlichen Lichtquellen auf die Sciaridae und Cecidomyiidae gering. Es bestehen also Unterschiede in der Reaktion auf künstliche Lichtquellen zwischen den verschiedenen Familien der Nematocera. Unter der Annahme, daß sich die Nematocera in Albersdorf auf den angrenzenden Ackerflächen in ähnlich hohen Individuenzahlen wie in den Untersuchungen von FROESE (1992) entwickeln, erscheint die am Licht registrierte Individuenanzahl relativ gering. Von einer unmittelbaren Gefährdung der Nematocera kann daher nicht ausgegangen werden. Ob und inwieweit einzelne Arten besonders auf Licht reagieren und dadurch in ihrer Populationsentwicklung beeinträchtigt werden, ist hier nicht beurteilbar.

Auch die Anzahl mit Hilfe einer Malaisefalle festgestellter Männchen der Sciaridae lag um ein Vielfaches über den an die sechs Straßenleuchten angeflogenen Individuenzahlen. Dies kann zum einen an dem geringen Flugvermögen der winzigen Sciaridae und der damit schlechten Erreichbarkeit der hohen Straßenleuchten oder zum anderen an einer geringen Attraktivität künstlichen Lichtes für Sciaridae liegen. Wahrscheinlich trifft für die Sciaridae beides zu. Es konnte gezeigt werden, daß die Arten von mehr als 5 mm Körpergröße mit einem viel höheren Anteil am Gesamtfang der Sciaridae an den Straßenleuchten vertreten waren als die Arten unter 5 mm Körpergröße. Dies spricht dafür, daß die großen und dadurch meist flugstärkeren Arten eher die hoch liegenden Lichtquellen erreichen. Auch die höchste Artenanzahl der Sciaridae wurde an der geschützt stehenden Leuchte nachgewiesen.

Bestimmte Arten wurden nur am Licht der Straßenleuchten, andere Arten in größerer Anzahl am Licht als in der Malaisefalle nachgewiesen, was für eine hohe Attraktivität künstlicher Lichtquellen bei diesen Arten spricht. Der Anflug der Sciaridae an künstliche Lichtquellen ist also artspezifisch und von der räumlichen Lage (Höhe und Windschutz) der Lichtquelle abhängig.

Die Windexposition und damit der Standort der Lichtquellen ist auch für die anderen Nematocera ausschlaggebend für den Anflug. An die ungeschützt stehende Straßenleuchte im Versuchsgelände flogen die wenigsten Tiere, an die am stärksten von Knicks und Bäumen gegen Wind abgeschirmte Leuchte hingegen die meisten Tiere an. Der in den verschiedenen Jahren sehr unterschiedlich starke Anflug an die selbe Leuchte ist wahrscheinlich auf den Einfluß der Windrichtung zurückzuführen. Die jeweils am besten gegen den Wind abgeschirmte Straßenleuchte wird bevorzugt angeflogen. Dies belegen die Ergebnisse insbesondere für die Familie der Ceratopogonidae (Gniten), die kleine bis sehr kleine Arten umfaßt. Solche flugschwachen Nematocera-Arten sind besonders windanfällig. Vermutlich erfolgt der Anflug dieser Tiere aus der unmittelbaren Umgebung der Lichtquellen. Auch FROST (1958) registrierte kleine, flugschwache Insekten überwiegend an in geringer Höhe installierten Lichtfallen, große, flugstarke Insekten hingegen in allen Höhenbereichen.

Außerdem flogen die Nematocera vermehrt bei hohen Temperaturen an die Lichtquellen an. Weitere Witterungsfaktoren, die sich positiv auf den Anflug auswirken, sind nach KURTZE (1974) hohe Luftfeuchtigkeit und fallender Luftdruck. Insbesondere die Culicidae

(Stechmücken), Tipulidae (Schnaken) und Ceratopogonidae flogen vermehrt bei niedrigem Luftdruck an. In dieser Untersuchung wurden dagegen besonders viele Ceratopogonidae und Cecidomyiidae bei steigendem Luftdruck an den Lichtquellen registriert. Welche Gründe für diese gegensätzlichen Ergebnisse ursächlich sind, ist unklar.

KURTZE (1974) wies die stärkste Flugaktivität der Nematocera bei hoher Luftfeuchtigkeit und Temperaturen über 10° C nach. Dabei konnte er für die einzelnen Familien unterschiedliche spezifische Optima dieser Faktoren nachweisen. Bei Vollmond sind alle Familien der Nematocera stärker flugaktiv als in Neumondnächten, wie dies für dämmerungsaktive Arten typisch ist. WILLIAMS et al. (1956) verglichen die Fänge von Licht- und Saugfallen. Sie stellten eine vierfach geringere Fangquote der Nematocera an der Lichtfalle bei Vollmond als bei Neumond fest. Die Fänge mit der Saugfalle ergaben demgegenüber keine verringerte Flugaktivität bei Vollmond. Auch BINDLINGMAYER (1964) wies bei bestimmten amerikanischen Culicidae mit Hilfe von Autokässcherfängen eine positive Korrelation zwischen Flugaktivität und Zunahme des Mondes nach, die im Gegensatz zu abnehmenden Fängen in Lichtfallen stand. Diese geringere Attraktivität künstlicher Lichtquellen bei zunehmendem Mond reduziert den Zeitraum, in denen Nematocera negativ beeinflußt werden.

Der Anflug der Nematocera an eine Lichtquelle wird zusätzlich durch das Lichtspektrum beeinflußt. Die Straßenleuchte mit Natriumdampflampe wurde besonders stark angeflogen. Auch in Albersdorf war der prozentuale Anteil der Nematocera an der Kastenfalle mit Natriumdampflampe am höchsten, allerdings war der prozentuale Anteil der Nematocera an der Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe ebenfalls sehr hoch. Dieses Ergebnis ist besonders auf die hohe Anzahl angeflogener Chironomidae zurückzuführen. Die einzelnen Familien der Nematocera reagieren also unterschiedlich auf die jeweiligen Lichtspektren der künstlichen Lichtquellen.

Auf Familienniveau kann, soweit absehbar, nicht von negativen Auswirkungen ausgegangen werden, da zum einen der angenommene Reaktionsradius auf die künstlichen Lichtquellen sehr gering zu sein scheint und zum anderen die Populationen der unterschiedlichen Mückenfamilien meist so groß sind, daß die durch Lichtquellen verursachten Verluste als unbedeutend beurteilt werden müssen. Eine Gefährdung einzelner Arten erscheint trotzdem nicht ausgeschlossen, doch müßte zur Klärung dieser Frage vorhandenes Material auf Artniveau determiniert und die jeweilige Ökologie der Arten untersucht werden. Daß mit Hilfe von Lichtfallen faunistisch interessante Arten nachgewiesen können, zeigen die Untersuchungen über Pilzmücken von PLASMANN (1971, 1973). Problematisch erscheint hierbei, daß die im Verhältnis kleinen und leichten Tiere nur schwer durch die zum Fang von Lepidopteren ausgelegten Konstruktionen der Fallen erfaßt werden. Es wird immer nur ein Teil der tatsächlich an künstliche Lichtquellen anfliegen Nematocera durch Lichtfallen registriert. In Amerika wurde zur Erfassung der Nematocera deshalb die „New Jersey light trap“ mit einem ansaugenden Ventilator konstruiert (MUIRHEAD-THOMSON 1991).

Lepidoptera (Schmetterlinge)

Die folgenden Aussagen zum Verhalten und zur Gefährdung der Lepidoptera beziehen sich auf die unter dem althergebrachten Begriff Macrolepidoptera (Großschmetterlinge) zusammengefaßten Familien. Die ebenfalls sehr artenreichen Familien der sogenannten Microlepidoptera (Kleinschmetterlinge) sind im Hinblick auf ihr Verhalten gegenüber künstlichen Lichtquellen kaum untersucht, da ein großer Teil der Arten nur schwer determinierbar ist.

Der größte Teil der registrierten Arten und Individuen wurde von den Noctuidae (Eulenfalter) und Geometridae (Spannerfalter) gestellt. Diese Familien sind insgesamt am artenreichsten, und es gibt zahlreiche euryöke Arten. Der Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren zeigt, daß sie in allen mitteleuropäischen Biotopen die dominierenden Gruppen sind (z.B. KURTZE 1974, SCHMIEDEL 1992). Dabei bestimmt das im Umfeld der Lichtquellen befindliche Lebensraumpotential maßgeblich das Artenspektrum der Lepidoptera (MALICKY 1974b). Dies wurde in dieser Untersuchung beispielsweise durch vorwiegend an Gehölze gebundene Arten, wie die Notodontidae (Zahnspinner) und Lymantriidae (Schadspinner), belegt, die an der dem Wald zugewandten Nordseite des untersuchten Gewächshauses in Albersdorf höhere Arten- und Individuenanzahlen erreichten als auf den dem Wald abgewandten Seiten.

Der bevorzugte Anflug der Lepidoptera an die Nordseite ist weiterhin auf eine verminderte „Konkurrenz“ zu anderen Lichtquellen zurückzuführen. Die Ost- und die Südseite lagen den Leuchten einer vorbeiführenden Straßen zugewandt. Zudem war die Nordseite durch einen in geringer Entfernung parallel verlaufenden Knick am besten gegen Wind abgeschirmt.

Zwischen den Lichtquellen wurden in beiden Untersuchungsgebieten in den Frühjahrs- und Herbstmonaten kaum Unterschiede bei der Anzahl angeflogener Falter festgestellt, während die Unterschiede in den Sommermonaten von Juni bis August teilweise sehr ausgeprägt waren. Dies erklärt sich zum einen mit der Hauptflugzeit der meisten mitteleuropäischen Arten der Lepidoptera in den Sommermonaten, zum anderen aus den meist höheren nächtlichen Temperaturen zu dieser Jahreszeit. PERRSON (1971a) und KURTZE (1974) stellten artspezifische Temperaturoptima für die nächtliche Flugaktivität der Lepidoptera fest. In den Sommermonaten liegen diese bei über 10°C. Auch die Ergebnisse dieser Untersuchung belegen eine Zunahme des Anfluges der Lepidoptera, insbesondere der Noctuidae und Geometridae, bei hohen Temperaturen. Weiterhin beeinflußte die Windstärke und -richtung den Anflug der Geometridae. Nach Kurtze (1974) stellen Geometridae den Flug bei Windgeschwindigkeiten von 5,5-7,9 m/sec, Noctuidae bei Windgeschwindigkeiten von 10,8-13,8 m/sec ein.

Diese artspezifisch unterschiedliche Windempfindlichkeit erklärt den geringen Anflug an die exponiert stehende Straßenleuchte am Untersuchungsstandort „Versuchsgelände“, vor allem bei flugschwachen Arten der Lepidoptera, wie vielen Geometridae. Die am besten gegen den Wind abgeschirmten Leuchten wurden, wie auch von den meisten anderen Insekten, am stärksten angeflogen.

Der starke Anflug an Leuchte (2), die zwischen den Leuchten (1) und (3) stand, ist wahrscheinlich auf die bevorzugte Orientierung der Nachtfalter an Geländestrukturen beim Flug zurückzuführen, da sich die Standortverhältnisse der drei Leuchten augenscheinlich gleichen. Auf der Suche nach Weibchen patrouillieren Männchen entlang auffälliger Geländemarken, wie hier dem Knick, an dem entlang die Leuchten aufgestellt waren. Die außenstehenden Leuchten werden mit höherer Wahrscheinlichkeit zuerst angeflogen. Eine Konkurrenz der Leuchten (Lichtquellen) zueinander kann aber hier nicht ausschlaggebend gewesen sein, da die Leuchten (1) und (3) ebenfalls zu hier nicht beprobenen Straßenleuchten benachbart standen. BAUER (1993) konnte bei einer Entfernung von 25 m zwischen Straßenleuchten keine gegenseitige Beeinflussung mehr nachweisen. Auch in dieser Untersuchung standen die Straßenlaternen in einem Abstand von 25 m zueinander. Es ist also nur in Ausnahmefällen bei dieser Entfernung von einer gegenseitigen „Konkurrenz“ der Lichtquellen auszugehen.

Besonders für flugstarke Arten, wie einige Noctuidae, ist der Kontrast zwischen Hintergrundlicht und künstlicher Lichtquelle entscheidend. Je stärker dieser Kontrast ist, desto ausgeprägter wird eine Lichtquelle angeflogen. Als Grenze des Einflußbereiches künstli-

cher Lichtquellen definierten BOWDEN & MORRIS (1975) die Entfernung, in der die Beleuchtung der Lichtquellen und die Hintergrundbeleuchtung gleich sind. Diese Grenze ist variabel und ebenso wie die Mobilität der Insekten abhängig von der herrschenden Witterung. Wolkige, windstille und vor allem warme Witterungslagen fördern den Anflug, insbesondere in mondlosen Nächten. Es ergibt sich also eine große Variabilität der Anlockentfernungen, da sich die Stärke des Hintergrundlichtes und damit der Kontrast zur künstlichen Lichtquelle abhängig von Mondphase und Bewölkungsgrad ändert. Dies erklärt zugleich die stark voneinander abweichenden Angaben zu Anflugentfernungen zwischen 3 bis 500 m in verschiedenen Untersuchungen (z.B. BOWDEN & MORRIS 1975, STEWARD et al. 1969, PLAUT 1971, BAKER & SADOVY 1978). Diese Studien wurden zu unterschiedlichsten Witterungsbedingungen und Mondphasen mit verschiedenen Lichtquellen durchgeführt, woraus die abweichenden Befunde resultierten. In diesem Zusammenhang müssen auch die eigenen Ergebnisse bewertet werden. Im Freiland sind die klimatischen Bedingungen und Mondphasen jede Nacht anders. Es zeigte sich aber, daß die Entfernungen aus denen Falter auf Lichtquellen reagieren art- und geschlechtsspezifisch sind.

Nach Übereinstimmung vieler Autoren (z.B. KURTZE 1974, WILLIAMS 1940, DENT & PAWAR 1988, NAG & NATH 1991) werden künstliche Lichtquellen bevorzugt bei Neumond von den Lepidoptera angeflogen. Dabei ist der Anflug abhängig von der Hauptaktivitätszeit der Lepidoptera. WILLIAMS (1936) und KURTZE (1974) zeigten für die Noctuidae unterschiedliche nächtliche Flugzeiten auf. Abnehmender Mond beeinflußt den Anflug in der zweiten Nachthälfte, zunehmender Mond in der ersten Nachthälfte. Dabei variiert die Dauer des Mondscheins sowohl diurnal als auch saisonal. Der Winkel des Mondes am Firmament ist zusätzlich je nach Breitengrad verschieden. Nach BOWDEN (1984) lockt eine Lichtquelle bei 50° Breite zwei- bis dreimal weniger Tiere zur Sommersonnenwende als im Frühjahr oder Herbst an, eine Lichtquelle bei 60° Breite bis zu zwanzig mal weniger. Im Gegensatz zu anderen Insektenordnungen scheint die geringere Attraktivität künstlicher Lichtquellen insbesondere zu Vollmond tatsächlich mit einer insgesamt verringerten Flugaktivität vieler Lepidoptera zusammenzuhängen (KURTZE 1974). Es zeigte sich aber auch, daß die Reaktionsweisen artspezifisch sind. Bei vorwiegend dämmerungsaktiven Lepidoptera-Familien wie den Pyralidae (Zünsler) oder Tortricidae (Wickler) oder bestimmten Arten der Geometridae nahm die Flugdauer bei Vollmond zu. Die Noctuidae *Spodoptera exempta* flog zwar die ganze Nacht, aber der Fang an den Lichtfallen ging mit zunehmender Dauer des Mondscheins zurück (BROWN et al. 1968). Auch in dieser Untersuchung wurde ein Rückgang des Anfluges an die Straßenleuchten bei hellem Mondschein für die Lepidoptera belegt.

TAYLER & DEAY (1950) wiesen bei der Noctuidae *Heliothis zea* eine Reduktion der Eiablage um 52-57 % im Radius von 50 m und um 65,5-69,5 % im Radius von 26,5 m um eine 100 Watt Quecksilberdampflampe nach. Sie konnten weiterhin eine Hemmung der Eiablage von *H. zea* bei über 0,1 Lux aufzeigen. Dies scheint dem natürlichem Verhalten von *H. zea* zu entsprechen, da im Freiland bei Vollmond nur wenige Eier abgelegt wurden, während bei Neumond der größte Teil der Eiablage erfolgte (NEMEC 1971). Auch PERSSON (1974) wies für mehrere Arten europäischer Noctuidae eine Reduktion der Eiablage mit zunehmender Helligkeit des Mondes nach. Ab bestimmten, artspezifisch unterschiedlichen Helligkeitswerten wurden keine Eier mehr abgelegt. Dauerlicht wirkte im Laborversuch auf den Schwammspinner (*Lymantira dispar*) sogar sterilisierend (GIEBULTOWICZ et al. 1990).

Allgemein scheinen dämmerungsaktive Arten weniger stark durch künstliche Lichtquellen gefährdet zu sein, da sie während der Mondphasen in geringerem Maße in ihrer natürlichen Aktivität beeinträchtigt werden. Die Mehrzahl der Arten reagiert aber gerade zu ihrer Hauptaktivitätszeit während der mondlosen Phasen besonders stark auf künstliche Lichtquellen (KURTZE 1974). Dabei entsteht durch Bäume und Sträucher häufig ein starker Kontrast zur Lichtquelle, der die Anlockwirkung verstärkt (BOWDEN & MORRIS 1975).

Dies könnte den stärkeren Anflug an die geschützt stehenden Leuchten im Versuchsgelände erklären.

Inwieweit dies auf eine fehlgeleitete Nutzung der Lichtquelle als Orientierungspunkt zurückgeführt werden kann, ist nicht abschließend geklärt. Wahrscheinlich werden die Falter mehr oder weniger zufällig in den Lichtschein einer künstlichen Lichtquelle einfliegen und dann fehlorientiert auf das Licht zufliegen. In unmittelbarer Nähe kann diese Fehlorientierung zu einer Desorientierung führen, woraus das teilweise wilde und unkontrolliert erscheinende Anflugverhalten der Tiere resultiert. Möglicherweise nutzen nachtaktive Lepidoptera unter anderem polarisiertes Licht zur räumlichen Lageorientierung, wie dies von WEHNER (1984) für *Drosophila* beschrieben wurde. Unter Einfluß einer diffusen, unpolarisiertes Licht ausstrahlenden künstlichen Lichtquelle wurden aus vorher geradeaus orientierten Flügen bei polarisiertem Licht unterschiedlichste, teilweise unkontrollierte Flugbewegungen. DANTHANARAYANA (1986) und NOWINSZKY et al. (1979) registrierten in Lichtfallen besonders viele Lepidoptera synchron zu den Mondphasen mit dem höchsten und mit dem niedrigsten Anteil polarisierten Lichtes. Nach SOTTHIBANDU & BAKER (1979) befinden sich die für die Lageorientierung und Navigation genutzten Rezeptoren in oberen Bereich der Komplexaugen der Lepidoptera. Es werden deshalb nur oberhalb der Augen befindliche Lichtquellen von den Lepidoptera wahrgenommen. Dies erklärt die zunehmende Attraktivität künstlicher Lichtquellen mit steigender Höhe (BAUER 1993). Die Arten der Lepidoptera weisen spezifische Flughöhen auf. Dies trifft allerdings nicht auf alle Arten der Lepidoptera zu, wie die Untersuchungen von ROEDER (1975) zeigen.

Eine Beeinflussung der natürlichen tageszeitlichen Aktivitätsrhythmus ist in zweierlei Hinsicht denkbar. Nachtfalter werden erst nach dem Unterschreiten bestimmter Helligkeitswerte nach Einbruch der Dunkelheit aktiv. PERRSON (1971b) und DREISIG (1980) konnten artspezifische Lichtintensitäten für den Beginn der Flugaktivität nachweisen. Vor allem in Städten könnte die Aufnahme der Aktivität einmal in die Nähe künstlicher Lichtquellen gelangter Lepidoptera durch die zu hohen Helligkeitswerte verhindert werden. Solche Tiere könnten sich dann nicht mehr aus dem Lichtschein fortbewegen. KURTZE (1974) konnte jedoch in Laborversuchen auch eine endogen gesteuerte Aktivitätsrhythmus feststellen, die nicht synchron zum tageszeitlichen Ablauf war. Aufgrund einer solchen endogenen Rhythmus wären die Falter in der Lage sich wieder aus dem Lichtschein einer künstlichen Lichtquelle zu entfernen.

Weiterhin findet eine zeitliche Nischendifferenzierung gerade bei nah verwandten Arten statt, da eine morphologische Differenzierung der Kopulationsorgane oft nicht ausreichend eine Paarung zwischen Schwesternarten verhindert (KRAUS 1968). SCHMIEDEL (1992) zitiert eine Reihe von Untersuchungen, die zeigen, wie sich eng verwandte, zur gleichen Jahreszeit im gleichen Habitat fliegende Arten durch unterschiedliche Aktivitätszeiten voneinander abgrenzen. Die Weibchen locken nur zu bestimmten Zeiten die jeweiligen Männchen durch die Abgabe von Pheromonen an. Die Männchen reagieren umgekehrt nur während dieser Zeitspanne auf die Weibchen. Die Synchronisation dieser Aktivitäten orientiert sich an dem Beginn der Dunkelheit und kann deshalb durch eine von Kunstlicht veränderte Tageslänge empfindlich gestört werden. Genauere Untersuchungen zu dieser Thematik gibt es aber noch nicht.

Die nächtliche Aktivität der Lepidoptera ist in Phasen der Nahrungssuche, Partnersuche und Dispersion/Migration unterteilt. Während dieser Untersuchung und auch von anderen Autoren (zit. in SCHMIEDEL 1992) konnte beobachtet werden, daß Nachtfalter in direkter Nähe zu einer Lichtquelle unbeeinflußt von dieser an Blüten oder anderen Nahrungsquellen saugen.

Dagegen zeigten FABRE (1961) und MARTEN (1956), daß Männchen, die auf der Suche nach Weibchen sind, auf Kunstlicht reagieren. Während man für die meisten Arten von einem

Geschlechterverhältnis von annähernd 1:1 innerhalb einer Population ausgehen kann, weicht der am Licht ermittelte Sexualindex oft sehr deutlich davon ab (MALICKY 1974a). Bei den meisten Arten überwiegt der Anflug der Männchen ans Licht. Im Mittel aller Familien kann man von einem Weibchenanteil von 25 % ausgehen (SCHMIEDEL 1992). Es gibt aber erhebliche art- und sogar familienspezifische Unterschiede. So waren die prozentualen Anteile der Weibchen am Gesamtfang der verschiedenen Familien an den einzelnen Straßenleuchten und in den Untersuchungsjahren stark unterschiedlich. Insgesamt lag der Weibchenanteil jedoch vergleichsweise niedrig (HOSNY 1958, MEINEKE 1984, MÖRTTER 1988). Nach DANIEL (1950) ist der Anteil der Weibchen einer Population generell Schwankungen unterworfen. Aber auch die Weibchen verschiedener Populationen derselben Art können ganz unterschiedlich reagieren. Daher kann am selben Untersuchungsstandort in den verschiedenen Jahren der Anteil der Weibchen an Lichtquellen erheblich schwanken (MÖRTTER 1988).

Der geringere Anflug der Weibchen ist auf die geringere Aktivität, insbesondere bei der Partnersuche, zurückzuführen. Meist sind die Weibchen gerade dann fluginaktiv, wenn sie die Männchen chemotaktisch durch die Abgabe von Pheromonen anlocken (EDWARDS 1962). Auch SCHADEWALD (zit. in LÖDEL 1984) fand von dem Zahnspinner *Pheosia tremula* nur befruchtete Weibchen am Licht, unbefruchtete Weibchen flogen dagegen kaum. Bei bestimmten Arten, wie dem Kleinen Nachtpfauenauge (*Saturnia pavonia*) oder dem Brombeerspinner (*Macrothylacia rubi*), werden fast nur Weibchen an künstlichen Lichtquellen gefunden. Die Männchen dieser Arten suchen vor allem bei Tage und in der Dämmerung nach Weibchen. Da diese Tiere als Imago keine Nahrung mehr aufnehmen, beschränkt sich ihre Aktivität auf diese Tageszeiten. Die Weibchen dagegen werden erst nach Einbruch der Dämmerung flugaktiv und fliegen deshalb vorwiegend als einziges Geschlecht künstliche Lichtquellen an. Auch die Hepialidae (Wurzelbohrer), bei denen in dieser Untersuchung der höchste Weibchenanteil an den künstlichen Lichtquellen gefunden wurde, gehören zu dieser Artengruppe.

Der Anflug der Weibchen ans Licht, ist vor allem auf die Aktivitätsphasen bei der Dispersion und/oder Migration beschränkt. Von vielen Tagfalterarten ist bekannt, daß die Weibchen nach der Ablage eines großen Teils ihres Eivorrates ihre angestammten Biotope verlassen und auf der Suche nach neuen, geeigneten Habitaten umherfliegen (WEIDEMANN 1995). Gerade während der Migrationsphasen über weitere Strecken werden von nachtaktiven Lepidoptera der Mond und helle Fixsterne zur Orientierung genutzt, wobei diese dann durch künstliche Lichtquellen geführt werden können. Die Männchen fliegen also bei der Partnersuche und der Dispersion/Migration, die Weibchen im allgemeinen nur bei der Suche nach geeigneten Eiablageplätzen an künstliche Lichtquellen. Dies erklärt den meist hohen Anteil der Männchen am Anflug der Lepidoptera.

Insbesondere die gelegentlich gemeldeten Massenanflüge von Nachtfaltern (GEPP 1981, MAZZUCCO 1952) sind auf Migrationsbewegungen über längere Strecken zurückzuführen. Auch der Massenanflug der Gammaeule (*Autographa gamma*) an das Gewächshaus ist auf eine solche Migrationsbewegung zurückzuführen. Solche Massenanflüge sind gerade für diese Art immer wieder beobachtet worden (MAZZUCCO 1951, ROESLER 1960).

Es ist seit langem bekannt, daß nachtaktive Lepidoptera bevorzugt Lichtquellen mit kurzwelligem Lichtspektrum anfliegen (LÖDEL 1984). Andere Untersuchungen (BAUER 1993, MIKKOLA 1972) bestätigen die hohe Attraktivität der Quecksilberdampflampen mit einem hohen Anteil kurzweligen Lichtes gegenüber den Natriumdampflampen mit einem eher langwelligen Licht, insbesondere für die Nachtfalter. Beide Lampentypen werden heutzutage bei der innerstädtischen Beleuchtung, besonders bei Straßenleuchten eingesetzt.

Am Untersuchungsstandort „Ökotechnikhalle“ wurde die geringe Anlockwirkung der Natriumdampflampe ebenfalls nachgewiesen. Der Anflug der Lepidoptera insgesamt und

der Noctuidae und Geometridae insbesondere war deutlich geringer. Dies trifft allerdings nicht auf alle untersuchten Arten zu. Von einigen Arten der Noctuidae wurden beide Lichtquellentypen ähnlich stark angeflogen, andere Arten der Noctuidae flogen dagegen signifikant weniger an das Licht der Natriumdampflampe. Auch die drei hier nachgewiesenen Arten der Hepialidae reagieren anscheinend stärker auf das Licht der Natriumdampflampe, da mehr Tiere an der Natriumdampflampe als an der Quecksilberdampflampe festgestellt wurden. Dieser bevorzugte Anflug an gelbes Licht wurde von schon von MIKKOLA (1972) für eine weitere Art der Hepialidae (*Pharmacia fusconebulosa*) registriert. Die Reaktion der Lepidoptera auf die Lichtspektren ist also artspezifisch, wenn auch die Mehrzahl der Arten an das Licht der Quecksilberdampflampe verstärkt anfliegt.

Auch durch den Vergleich der großflächigen Lichtquelle Gewächshaus (Natriumdampflampen) mit der punktuell strahlenden Quecksilberdampflampe in Albersdorf wird die stärkere Wirkung der Quecksilberdampflampe bestätigt. Obwohl durch die verglasten Seitenflächen des Gewächshauses auf mehreren hundert Metern Licht emittiert wurde, konnten hier 1994 nur vergleichsweise wenig mehr Arten und Individuen als an der Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe festgestellt werden. An die etwa 1 km entfernt aufgestellte Kastenfalle mit Natriumdampflampe flogen in der gleichen Zeit deutlich weniger Arten und Individuen der Nachtfalter als an den beiden anderen Lichtquellen an. Dieses belegt, daß eine um ein vielfaches größere Lichtemissionsfläche nicht gleichbedeutend ist, mit einer Zunahme der Anlockwirkung in gleicher Größenordnung. Vielmehr verdeutlicht der Vergleich zwischen Gewächshaus mit Natriumdampflampe und Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe, daß das Lichtspektrum der Lichtquelle einen viel entscheidenderen Einfluß auf den Anflug der Lepidoptera hat. Die weiterhin festgestellte Ähnlichkeit im Arteninventar zwischen der Nordseite des Gewächshauses und den beiden Lichtquellen der Kastenfallen deutet darauf hin, daß außerdem die Größe der Lichtquelle weniger entscheidend ist als der Lichtquellenstandort mit den umgebenden Biotoptypen.

Anscheinend weichen nachtaktive Lepidoptera langwelliger Strahlung sogar aus (GLICK & HOLLINGSWORTH 1955, NOMURA 1969). Kurzwellige Strahlung dagegen führt eher zu Dispersions-/Migrationsverhalten (COUTURIER 1967, COUTURIER & JACKY 1970, MOUND 1962). Dies liegt nicht an einer besonderen Empfindlichkeit der Nachtfalteraugen gegenüber kurzwelliger Strahlung. MIKKOLA (1972) untersuchte 20 verschiedene nachtaktive Lepidopterenarten und stellte eine besondere Sensitivität der Augen im gelb-grünen Spektralbereich fest. Die Sensibilität der Nachtfalteraugen betrug demgegenüber für UV-Licht nur 20 %. Umgekehrt zu diesen elektrophysiologischen Befunden war jedoch das Verhalten der Tiere, die bis zu 4,5 mal stärker auf UV-Licht reagierten, als auf gelbes Licht. Dies wird auf zwei unterschiedliche Zentren im Gehirn der Nachtfalter zurückgeführt. Das motorische Zentrum wird durch kurzwellige Strahlung, das vegetative Zentrum durch langwellige Strahlung angeregt und dies führt dann zu spezifischen Verhaltensmustern (SWITHART 1970). Verhalten und Abstimmung der Zentren sind dann artspezifisch unterschiedlich.

Hierin liegt gleichfalls die Erklärung, warum bestimmte nachtaktive Arten der Lepidoptera nicht oder kaum auf künstliche Lichtquellen reagieren. Wie mit Hilfe der durchgeführten Köderfänge gezeigt werden konnte, sind eine Reihe von Arten zahlreicher an Nahrungsquellen als am Licht zu finden. Einige Arten konnten nur durch diese Methode an den Untersuchungsstandorten nachgewiesen werden. Vor allem Arten mit langer Lebensdauer und langer Reifungsphase und einen dementsprechend großen Nahrungsbedarf lassen sich durch Köder nachweisen. Wie oben gezeigt werden konnte, reagieren aber gerade nahrungssuchende Lepidoptera wenig empfindlich auf künstliche Lichtquellen.

Die Raupenfunde an den Bäumen und Sträuchern der beiden Untersuchungsstandorte belegen, daß sich einige Arten der Lepidoptera erfolgreich im Umfeld künstlicher Licht-

quellen vermehren können. Besonders interessant ist, daß die streng an ihre Nahrungs-pflanze Gemeines Leimkraut (*Silene vulgaris*) gebundene Blütenspannerart *Eupithecia venosata* in beiden Untersuchungsjahren in mehreren Exemplaren am Licht des Gewächshauses gefunden werden konnte. Die einzigen Leimkrautpflanzen im Umfeld des Gewächshauses wuchsen in 15 m Entfernung. Da andererseits *E. venosata* eine sehr kleine und flugschwarze Art ist, müssen sich die Falter erfolgreich in diesem Zeitraum im Lichtschein des Gewächshauses vermehrt haben. Von den vorwiegend dämmerungsaktiven Blütenspannern ist aber allgemein bekannt, daß sie zu den Arten gehören, die wenig auf künstliche Lichtquellen reagieren und meist schon aus wenigen Metern Entfernung nicht mehr anfliegen (WEIGHT 1976).

Schwierig zu bewerten sind die Ergebnisse der Markierungsversuche. Obwohl die Tiere in unmittelbarer Nähe zur Lichtquelle wieder ausgesetzt wurden, konnten nur zwischen 0 und 43 Prozent der insgesamt markierten Nachtfalter nach einem oder mehr Tagen erneut am Licht registriert werden. BETTMANN (1986) konnte ebenfalls nur 3,4 % der von ihm markierten Nachtfalterindividuen wiederfangen. Er unterscheidet dabei Wanderfalter, die kaum erneut am Licht gefunden wurden, von nicht wandernden Arten, von denen ein höherer Prozentsatz am Licht wiedergefunden wurde. Bei Arten, die in genügend hoher Individuenanzahl für eine statistische Auswertung markiert werden konnten, lag die Wiederfangrate bei unter 10 %. Ob diese niedrige Wiederfangrate darauf zurückzuführen ist, daß sich die Falter erfolgreich aus dem Einzugsbereich der Lichtfalle entfernen konnten oder die Tiere einfach zu Tode gekommen waren, ist allerdings nicht nachvollziehbar. Genau dieser Punkt ist jedoch wesentlich zur Beurteilung der Gefährdungssituation der Lepidoptera durch künstliche Lichtquellen. Am Gewächshaus in Albersdorf konnte allmorgendlich beobachtet werden, wie vor allem Haussperlinge, Rotkehlchen und Rabenkästen die Seitenflächen und das nähere Umfeld nach sitzen gebliebenen Insekten absuchten. Auch am Standort „Ökotechnikhalle“ erschienen unabhängig von der Tageszeit in beiden Untersuchungsjahren sofort einige Kohlmeisen, die nach dem Leeren der Fallen sofort einen Teil der im Gebüsch wieder ausgesetzten Falter fingen. Dieses morgendliche Absuchen künstlicher Lichtquellen durch verschiedene Vogelarten wird auch von anderen Autoren übereinstimmend berichtet (in SCHMIEDEL 1992). Wahrscheinlich kommen hierdurch sämtliche an den Lichtquellen verbliebenen größeren Insekten, wie Nachtfalter, zu Tode. Hierdurch dürften wesentlich mehr Tiere betroffen sein, als unmittelbar beim Anflug an die Lichtquellen durch Fledermäuse und Spinnen gefangen werden oder direkt an den Beleuchtungskörpern sterben. Allerdings muß hierbei zwischen den normalerweise in der Straßenbeleuchtung verwendeten Kastenleuchten und den besonders für Promenaden oder Fußgängerwegen in Dörfern verwendeten Zierleuchten unterschieden werden. Oftmals sind solche Zierleuchten aufgrund offener Gehäuse oder ungeschützt montierter Lampen „Todesfallen“ für anfliegenden Insekten, wie die nachtaktiven Lepidoptera. So beobachtete BAUER (1993) wie bestimmte Arten von Kleinschmetterlingen an Kugelleuchten bis zur Erschöpfung umherflogen.

Nach persönlicher Beobachtung konnten sich zumindest einige Nachtfalterarten aus dem Lichtschein beleuchteter Toilettenhäuschen auf Campingplätzen nicht wieder entfernen. So saßen angeflogene Falter von *Pterostoma palpina* und *Triodia sylvina* völlig unbeweglich mehrere Tage an der gleichen Stelle im Innenraum, bis sie tot zu Boden fielen. Auch beim manuell betreuten Lichtfang konnte beobachtet werden, daß sich insbesondere Arctiidae (Bärenspinner) und Notodontidae auch nach Abschalten der Beleuchtung nicht wieder von ihrem einmal eingenommenen Sitzplatz entfernten, wohingegen insbesondere verschiedene Noctuidenarten auch bei eingeschalteter Beleuchtung nach einiger Zeit wieder aktiv wurden und sich teilweise auch wieder entfernten. Ob sich die Lepidoptera also nachts von künstlichen Lichtquellen entfernen können, ist artspezifisch unterschiedlich,

wahrscheinlich verbleibt aber die Mehrzahl der einmal angeflogenen Tiere an der Lichtquelle.

Die Konstruktionsweise der verwendeten Fallen beeinflußt das Fangergebnis zumindest einiger Insektengruppen, konnte hier aber für die Lepidoptera nicht nachgewiesen werden. Trotzdem ist die Fangeffektivität der Fallen bei den einzelnen Familien und Arten der Lepidoptera unterschiedlich (BAUER 1993). Auch in dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, daß wesentlich mehr Tiere an das Licht anflogen als letztendlich in die Falle gerieten. Die Fangquote ist dabei von Art zu Art verschieden. HARTSTACK et al. (1968) konnte für zwei Arten der Noctuidae unterschiedliche Fangquoten an einer Lichtfalle feststellen. Er unterschied dabei zwei Anflugmodelle: Bei der Annahme, daß die Falter nur jeweils einmal die Lichtquelle anflogen, wurde ein Fang von 10,7 % für *Trichplusia ni* und von 8,2 % für *Heliothis zea* errechnet. Unter der Annahme von mehreren Anflugversuchen ergab sich für *Trichplusia ni* eine Fangquote von 50 % und für *Heliothis zea* von 38,4 %. Am Licht besonders unruhige und viel umherfliegende Falter werden also mit höherer Wahrscheinlichkeit in eine Falle gelangen, als Arten, die sich schnell ruhig hinsetzen, wie beispielsweise viele Notodontidae. Ebenfalls zu einem geringeren Prozentsatz gelangen leichte und flugschwache Arten, wie viele Geometridae, in die Fallen, da diese Arten weniger stark an die Fallenkonstruktion anfliegen und dadurch nicht so leicht gefangen werden (BAUER 1993). Oftmals wurden außen an den Fallen sitzende Falter kleinerer Arten angetroffen. Außerdem konnte beobachtet werden, daß einige Arten nicht an die Lampen flogen, sondern sich in der umgebenden Vegetation absetzten. Die tatsächliche, an künstlichen Lichtquellen angeflogene Individuenanzahl ist also sehr viel höher, als mit Hilfe automatischer Lichtfallen erfaßt werden kann. Die Fangquote, mit der die einzelnen Arten am Licht nachgewiesen werden, ist abhängig von Verhalten und der Körpergröße der Tiere. Große und / oder sich sehr unruhig am Licht verhaltende Nachtfalter, wie auch andere Insekten, gelangen mit höherer Wahrscheinlichkeit in automatischen Lichtfallen. Die mit Hilfe automatischer Lichtfallen ermittelten Individuenzahlen und festgestellten Arten stellen also nur einen gewissen Prozentsatz der tatsächlich an die künstlichen Lichtquellen angeflogenen Tiere dar. So bestreitet MALICKY (1965) die Möglichkeit der Erfassung der Fauna einer Biozönose mit Hilfe von Lichtfallen und ordnet die Fänge ganzen Landschaftsformen zu.

Bestätigt wird diese Aussage durch die von dem Aufbau einer natürlichen Nachtfalterzönose stark abweichende Häufigkeitsverteilung an den untersuchten Lichtquellen. Unter natürlichen Bedingungen tritt von sämtlichen Arten einer Gemeinschaft gewöhnlich ein relativ geringer Anteil in großen Individuenzahlen auf. Ihnen steht eine Mehrzahl seltener Arten gegenüber (ODUM 1983). Demgegenüber sind an dem am Licht nachgewiesenen Artenspektrum der Lepidoptera fast keine Arten dominant vertreten. Die meisten Arten konnten nur mit wenigen Individuen am Licht registriert werden. Dies zeigt, daß entweder nur ein kleiner Teil der jeweiligen Population auf das Licht reagiert oder daß die angeflogenen Tiere aus weiter entfernt liegenden Biotopen entstammen und auf ihren normalen Verbreitungsflügen zufällig in den Einflußbereich der Lichtquellen gelangten.

Das Fehlen seltener oder gefährdeter Nachtfalterarten in den beiden Untersuchungsgebieten „Kiel“ und „Albersdorf“ ist auf deren Lage inmitten einer anthropogen geprägten Kulturlandschaft zurückzuführen. Je naturnäher ein Lebensraum ist, desto mehr spezialisierte Arten kommen in ihm vor (ODUM 1983) und desto größer ist die Wahrscheinlichkeit der Gefährdung solcher Arten durch Beleuchtungsanlagen.

Fluktuationen im Artenbestand einer Zönose durch das Aussterben und Einwandern von Arten sind natürlich (MAC ARTHUR & WILSON 1967). Auch HAUSMANN (1990) kommt bei seinen Untersuchungen zu dem Schluß, daß ein Artenumsatz (Turnover) pro Jahr im Einzugsbereich einer Lichtfalle von 35 - 55 % die Regel ist.

Unter den Nachtfaltern gab es sowohl Arten, die jedes Jahr konstant auftraten als auch Arten, die stark zwischen den Jahren fluktuierten. So kann aufgrund fehlender Nachweise einer Art in einem oder mehreren Untersuchungsjahren nicht auf deren Aussterben geschlossen werden. Beispielsweise konnte die Noctuidae *Brachionycha sphinx*, die von HELLER (1992) am Licht des Gewächshauses festgestellt wurde, bei dieser Untersuchung nicht am Licht gefunden werden. Der Nachweis der Art gelang im zweiten Untersuchungsjahr, als zufällig ein an einem Zaunpfahl sitzendes Weibchen entdeckt wurde.

Ein geringer Anflug an künstlichen Lichtquellen kann sowohl durch populationsökologische Prozesse als auch durch Witterungseinflüsse hervorgerufen werden. Solche Faktoren könnten für den gleichzeitigen Rückgang der Fangzahlen in beiden Untersuchungsgebieten und allen Lichtquellen im Jahr 1995 verantwortlich sein. Insbesondere die niedrigen Anflugzahlen an die einmal pro Woche in Betrieb genommene Kastenfalle mit Natriumdampflampe in Albersdorf macht dies deutlich, da der Standort der Falle außerhalb des Einflußbereiches des Gewächshauses lag und somit der Rückgang angeflogener Falter nicht auf die Auswirkungen der Lichtemission des Gewächshauses zurückgeführt werden kann.

So ist der zweijährige bzw. dreijährige Untersuchungszeitraum dieser Arbeit zu kurz, um beurteilen zu können, ob nicht mehr nachgewiesene Arten eine normale pessimale Populationsentwicklung durchlaufen oder ob der Rückgang auf die Lichtemission zurückgeführt werden kann.

REZBANYAI (1974) hält in diesem Zusammenhang Untersuchungen über einen Zeitraum von zehn, besser jedoch zwanzig Jahren für erforderlich, um Populationsschwankungen beurteilen und populationsdynamische Schlüsse ziehen zu können.

Hinzu kommt bei den Untersuchungen am Gewächshaus, daß erst im dritten Betriebsjahr des Gewächshauses mit der Probennahme begonnen werden konnte. Mögliche, bereits zu diesem Zeitpunkt erfolgte Populationsrückgänge bestimmter Arten oder das Verschwinden von Arten aufgrund der Lichtemission konnten dadurch nicht nachvollzogen werden.

Nachtfalterarten haben unterschiedliche Verbreitungsstrategien. Wandernde Arten, wie z.B. die Gammaeule (*Autographa gamma*), die nördlich der Alpen nur saisonal auftreten und sich hier offenbar nicht dauerhaft fortpflanzen können, werden durch künstliche Lichtquellen in Mitteleuropa kaum gefährdet sein. Generell haben r-Strategen eine höhere Dispersionsaktivität, während k-Strategen eher standorttreu sind und potentiell von Einflüssen in ihrem Habitat stärker betroffen werden (SCHMIEDEL 1992). Im Gegensatz zu den r-Strategen werden bei k-Strategen Verluste von Individuen nicht oder in geringem Maße durch zuwandernde Individuen anderer Populationen ausgeglichen und zum anderen sind die Populationsdichten und Vermehrungsraten meist niedrig. Durch Zuwanderung oder eine gewisse Toleranz gegenüber Lichteinflüssen könnten im Gegensatz dazu r-Strategen in der Lage sein, ihre minimale Populationsdichte aufrechtzuerhalten. Aus Sicht des Artenschutzes sind möglichst große Populationen als besonders günstig zu beurteilen, da hierdurch pessimale Umwelteinflüsse sowie räumliche und zeitliche Schwankungen des Ressourcenangebotes besser ausgeglichen werden können (DIAMOND 1975). Die Arten allerdings, die ihr Entwicklungshabitat nicht oder nur im geringen Umfang verlassen und nur in niedrigen Populationsdichten vorkommen, können durch künstliche Lichtquellen stark gefährdet werden. Diese Nachtfalterarten sind meist auf bestimmte Biotoptypen und Pflanzenarten hochspezialisiert und finden daher nur in wenigen, eng begrenzten Standorten geeignete Entwicklungsmöglichkeiten. Der Verlust weniger Individuen kann bei solchen Arten unter Umständen bereits zu stark negativen Auswirkungen auf die Populationsentwicklung führen. Nach SPITZER & LEPS (1988) sind k-Strategen eher in langfristig stabilen Systemen anzutreffen, während r-Strategen besonders in fluk-

tuierenden Lebensräumen auftreten. Zu solchen veränderlichen Lebensräumen gehören auch anthropogen geschaffene, landwirtschaftlich genutzte Flächen, wie sie im Umfeld des Untersuchungsstandortes „Albersdorf“ vorhanden waren. Aber auch die Gärten und das Siedlungsumland des Untersuchungsstandortes „Versuchsgelände“ sind den instabilen Lebensräumen zuzurechnen. Auch unter diesem Gesichtspunkt wird verständlich, daß die dort vorwiegend verbreiteten r-Strategen der Lepidoptera durch künstliche Lichtquellen nicht unmittelbar gefährdet sind.

Ubiquisten und Offenlandarten einschließlich der xerothermophilen Fauna sind als expansiver einzustufen als Waldrand-, Gebüsch- und hygrophile Arten. Ruderalarten fallen entsprechend der Instabilität der Ressourcen durch große Flugaktivität und r-Strategie auf (HAUSMANN 1990).

So erscheinen Arten, die an naturnahe Ökosysteme gebunden sind, durch im Umfeld betriebene Beleuchtungsanlagen besonders gefährdet. Diese sind in ihrem Vorkommen meist auf die wenigen verbliebenen naturnahen Restflächen in unserer Kulturlandschaft beschränkt und die einzelnen Populationen zugleich stark voneinander isoliert (MADER 1980). Der Einfluß künstlicher Lichtquellen kann hier einen zusätzlichen Gefährdungsfaktor darstellen, der insbesondere die Arten betrifft, die ohnehin stark zurückgehen. In Schleswig-Holstein sind beispielsweise die hochspezialisierten Küsten- und Strandarten durch beleuchtete Promenaden oder andere, meist touristisch genutzte Anlagen betroffen.

Dies bestätigen auch verschiedene Versuche mit Hilfe von Lichtfallen landwirtschaftlich schädliche Lepidoptera zu bekämpfen. Landwirtschaftliche Flächen sind hochproduktive und veränderliche Lebensräume, die wenigen, meist r-Strategen auf Zeit optimale Entwicklungsbedingungen bieten. Darüberhinaus liegen solche Flächen nicht isoliert in der Agrarlandschaft und Verluste durch Lichtfallen können wieder durch Zuwanderung ausgeglichen werden (LAWSON & GENTRY 1966). HIENTON (1974) ermittelte für eine Lichtfalle mit einer 15 W Schwarzlichtlampe einen Anlockungsradius von 20 -200 m je nach Stärke des Hintergrundlichtes des Mondes. BOWDEN (1982) errechnete daraus eine benötigte Fallendichte von 8 Lichtfallen/km² bei einem Radius von 200 m und 800 Fallen bei einem Radius von 20 m. Hieraus erklären sich die geringen Erfolge verschiedener Autoren (GRAHAM 1971, BARRETT et al. 1971, SCHÜTTE 1972) bei der Bekämpfung solcher Arten, da der Radius aus dem die Falter künstliche Lichtquellen anfliegen, abhängig von abiotischen Faktoren ständigen Veränderungen unterliegt. Auch TAYLER (1974) konnte über einen Zeitraum von 11 Jahren keinen Einfluß von Lichtfallen auf lang- und kurzfristige Populationsschwankungen nachweisen und schließt daraus, daß Lichtfallen keinen Einfluß auf hochmobile Arten (r-Strategen) haben. Andererseits konnten SMITH (1979) und TEDDERS et al. (1972) bei der monophag an Hickorynüssen lebenden *Cydia caryana* durch den Einsatz von Lichtfallen einen Rückgang der Befallsrate der Hickorynüsse von 90 - 100 % auf 1- 5 % erreichen.

Aber auch Arten mit hohen Populationsdichten besitzen eine wichtige Funktion in ihren jeweiligen Ökosystemen. So ist beispielsweise die Anzahl und Dichte von Schmetterlingsraupen oft entscheidend für den Bruterfolg bestimmter Vogelarten. Eine Vielzahl auch teilweise gefährdeter Tierarten ist im unterschiedlichen Maße von Nachtfalter als Nahrung abhängig, z.B. viele Arten einheimischer Fledermäuse. Aus diesen Gründen kann schon ein durch die Lichthemission verursachter Rückgang der Populationsgrößen von an sich häufigen und nicht gefährdeten Nachtfalterarten negative Auswirkungen auf die gesamte Biozönose haben.

Besonders gefährdet erscheinen weiterhin die Arten, bei denen vorwiegend Weibchen an künstliche Lichtquellen anfliegen. Wie SCHMIEDEL (1992) ausführt, kann bei Arten mit niedrigen Populationsdichten schon der Verlust weniger Weibchen negative Auswirkungen auf der Reproduktionserfolg der Population haben.

Beobachtungen, nach denen eine starke Abnahme des Anfluges an neu errichtete Beleuchtungsanlagen innerhalb der ersten drei Jahre erfolgt (z.B. DANIEL 1950), wurden von verschiedenen Autoren im Zusammenhang an eine „Gewöhnung“ der Lepidoptera bzw. in Hinblick auf eine eher langfristige Selektion der lichtempfindlichen Populationen zugunsten nicht oder weniger stark auf Licht reagierender Individuen diskutiert (SCHMIEDEL 1992, LÖDEL 1984, REMMERT 1980). Eine wie auch immer geartete „Gewöhnung“ der Lepidoptera an künstliche Lichtquellen erscheint aufgrund der kurzen Lebenszeit im Imaginalstadium nicht möglich. Denkbar wäre, daß schon im Raupenstadium eine gewisse Toleranz gegenüber höheren Helligkeitswerten, bei denen die Tiere aktiv werden, erworben wird. Beispielsweise ist in Mitteleuropa die Hintergrundhelligkeit der Nächte im Hochsommer viel stärker, als die der Nächte im Frühjahr oder Herbst, was bei Arten mit mehreren Generationen verschiedene Reizschwellen für die Flugaktivität bei unterschiedlichen Helligkeitswerten bedingt. Bei vielen Arten der Lepidoptera erfolgt zumindest die Steuerung der Dormanz über die Tageslänge, der die Raupen ausgesetzt waren. KURTZE (1974) wies für verschiedene Arten der Noctuidae jeweils spezifische Luxwerte nach, bei deren Unterschreitung eine Aktivität aufgenommen wurde und abhängig von der Jahreszeit variierte. PERSSON (1971b) konnte zeigen, daß die Noctuidae *Agrotis exclamationis* in Schweden zur Zeit der Sommersonnenwende bei sehr viel stärkeren Lichtverhältnissen aktiv wird, als in Mitteleuropa. Dies könnte auf eine genetisch fixierte Anpassung zurückzuführen sein. Somit erscheint es durchaus möglich, daß eine solche Anpassung durch Selektion auch unter dem Einfluß dauerhafter künstlicher Lichtquellen, wie einem Straßenlaternennetz der Städte, stattfindet.

THOMAS (1974) konnte mit drei Lichtfallen in sechs Monaten am Vogelsberg in Hessen 200.025 Nachtfalter, davon 2/3 Macrolepidoptera, nachweisen, was einem vielfachen der in dieser Untersuchung über drei Jahre festgestellten Anzahl entspricht. Hierfür können unterschiedliche Faktoren verantwortlich gewesen sein:

- die Lichtfallen standen weit entfernt zueinander und nicht in Konkurrenz zu anderen Lichtquellen
- das Biotopumfeld war für die Entwicklung von mehr Arten und größerer Individuenanzahlen geeigneter
- durch die fehlende Beleuchtung der Gebiete war die Fauna nicht in Bezug auf eine „Lichtgewöhnung“ selektiert
- die Witterungsbedingungen waren ungewöhnlich optimal

Inwieweit eine wie auch immer geartete Anpassung an höhere Lichtwerte erfolgen kann, ob dies nur für bestimmte Arten zutrifft und ob eine Selektion genetisch weniger lichtempfindlicher Individuen erfolgt, ist noch ungeklärt.

6.2 Allgemeine Schlußfolgerungen und Ableitung von Empfehlungen

Die Untersuchungsergebnisse belegen, daß der Anflug der Insekten nicht nur von einer Vielzahl unterschiedlicher abiotischer wie biotischer Faktoren abhängig ist, sondern daß die Auswirkungen künstlicher Lichtquellen bei jeder Art unterschiedlich sind und deshalb auch verschieden bewertet werden müssen. Bei Betrachtung des Verhaltens ganzer Insektengruppen werden die Beobachtungen sowohl auf Ordnungs- als auch Familien niveau von der jeweils am häufigsten am Licht anfliegenden Art geprägt. Deutlich konnte dies aufgrund des Anfluges an die Natriumdampflampe gezeigt werden. Während einzelne Nachtfalterarten vermehrt von diesem Lichtspektrum angelockt wurden, war der Anflug der Lepidoptera insgesamt gegenüber dem Anflug an der Quecksilberdampflampe sehr

viel geringer. Es erscheint deshalb zum gezielten Schutz einzelner Arten vor künstlichen Lichtquellen erforderlich, die jeweils artspezifische Reaktion der betreffenden Art zu analysieren.

Bei der Beurteilung der Auswirkungen der flächenhaften Lichtemission des Gewächshauses ist mit in Betracht zu ziehen, daß mit den Untersuchungen erst im dritten Jahr nach der Inbetriebnahme begonnen wurde. Besonders empfindlich auf Licht reagierende Arten könnten in diesem Zeitraum bereits in ihren Populationsdichten zurückgegangen oder zusammengebrochen sein. Zu dem Zeitpunkt des Untersuchungsbeginns bereits erfolgte Veränderungen oder Verschiebungen in der Zusammensetzung der Zoozönose konnten somit nicht registriert werden.

Am Standort „Versuchsgelände“ in Kiel wurden die untersuchten Straßenleuchten mit Beginn der Untersuchung in Betrieb genommen. Aufgrund der räumlichen Lage am Stadtrand und damit eines durch Straßenleuchten und andere Lichtquellen stark beleuchteten Umfeldes kann aber nicht ausgeschlossen werden, daß auch hier schon eine zumindest teilweise lichttolerante Fauna vorhanden war.

Der Vergleich zwischen den beiden Untersuchungsstandorten verdeutlicht, daß von Lichtquellen im wesentlichen die gleichen Insektenordnungen betroffen sind. Ähnliche Ergebnisse hatten andere Autoren (z.B. KURTZE 1974, MIKKOLA 1972). Unterschiede ergeben sich zu Standorten von Lichtquellen in Gewässernähe. Hier sind einige weitere Ordnungen wassergebundener Insekten betroffen, vor allem verschieben sich die Anteile der einzelnen Insektenordnungen am Gesamtfang zueinander.

Vollmond fördert den Flug dämmerungsaktiver Arten (BOWDEN & MORRIS 1973) und verlängert insbesondere deren nächtliche Gesamtflugzeit (KURTZE 1974). Aufgrund des zu Vollmond weniger scharfen Kontrastes zwischen Hintergrundlicht und künstlichen Lichtquellen fliegen solche Arten gleichzeitig weniger stark an die Lichtquellen an. Deshalb sind dämmerungsaktive Arten weniger durch Kunstlicht gefährdet.

Des Weiteren konnte gezeigt werden, daß es insgesamt eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren gibt, die das Anflugverhalten der Insekten an künstliche Lichtquellen beeinflussen. Dabei ist es von Art zu Art unterschiedlich, welche Kombination dieser Faktoren den Anflug fördert oder hemmt. Die Untersuchungsergebnisse verdeutlichen aber, daß meist nur an wenigen Tagen im Jahr optimale Bedingungen für einen starken Anflug ans Licht herrschen und dadurch an den meisten Tagen im Jahr sicherlich nur wenige Tiere einer Population angelockt werden.

Mehrere Probennahmen bei kalter, ungünstiger Witterung ergeben ein Bild minimalen Anfluges an die entsprechende Lichtquelle, während bei Probenahmen an warmen, günstigen Nächten ein Bild maximalen Anfluges entsteht. Es ist deshalb wichtig, Untersuchungen zur Anlockwirkung künstlicher Lichtquellen über einen möglichst langen Zeitraum durchzuführen. Dabei können die Untersuchungsergebnisse in aufeinanderfolgenden Jahren wiederum voneinander abweichend ausfallen. Es konnten jedoch auch gezeigt werden, daß vergleichende Untersuchungen auf die warmen Monate Mai bis Ende August beschränkt werden können, solange nicht das Anflugverhalten ganz bestimmter Arten analysiert werden soll. In den Frühjahr- und Herbstmonaten waren in dieser Untersuchung nur geringe Unterschiede im Anflug festzustellen.

Der Lichtfallenfang ist eine Methode, die relative Ergebnisse liefert und daher eine flächen- oder raumbezogene Berechnung der Individuenabundanz nicht ohne weiteres zuläßt (BALOGH 1958). Zur Beurteilung der Gefährdung einer Art durch künstliche Lichtquellen ist es aber besonders wichtig zu ermitteln, wieviele Individuen der jeweiligen Population überhaupt an die Lichtquelle fliegen. Dabei ist es unerheblich ob die Tiere dabei direkt an der Lichtquelle in irgendeiner Weise zu Tode kommen. Entscheidender für die Populationsentwicklung der Tiere ist das Herauslocken aus ihren zur Fortpflanzung not-

wendigen Biotopen und eine durch das Licht induzierte, abweichende Verhaltensweise, die dazu führt, daß die angelockten Insekten aus der Reproduktion der Population herausfallen. Künftige Forschungsarbeiten sollten vor allem untersuchen in welchem Verhältnis angelockte zu nicht angelockten Individuen einer Population stehen.

Nach dem jetzigen Stand dieser Untersuchung konnte eine akute Gefährdung einer bestimmten Insektenpopulationen durch die flächenhafte Lichtquelle nicht nachgewiesen werden. Insgesamt flogen zwar mehr Insekten an die großflächige Lichtquelle als an die kleinflächigen Lichtquellen der Kastenfalle mit den gleichen Lichtspektren, es konnte jedoch für die Lepidoptera gezeigt werden, daß dieser „Mehranflug“ nicht im gleichen Verhältnis zur Zunahme der lichtemittierenden Fläche stand. Vielmehr wurden von dem Lichtspektrum der Quecksilberdampflampe gleichfalls zahlreiche Insekten angelockt, was noch einmal den Einfluß des Lichtspektrums auf die Anlockung von Insekten an künstliche Lichtquellen unterstreicht. Standörtliche Faktoren können diese Ergebnisse nur in geringerem Umfang beeinflußt haben, da bei der Aufstellung der Kastenfallen auf ein zum Gewächshaus möglichst ähnliches Biotopumfeld geachtet wurde. Demgegenüber könnten die am Gewächshaus verwendeten Glasscheiben das nach außen tretende Lichtspektrum der Natriumdampflampen gefiltert haben, während die in den Kastenfallen verwendeten Lampen nicht abgeschirmt waren. Ein gewisser Effekt der Glasscheiben des Gewächshauses auf das nach außen tretende Lichtspektrum und eine daraus resultierende Verminderung der Anlockung anfliegender Insekten kann deshalb nicht ausgeschlossen werden.

Untersuchungen von SCHEIBE (1999) an Insekten mit aquatischer Lebensweise der Larven weisen darauf hin, daß Leuchten mit sogenannter „insektenfreundlicher Beleuchtung“, die nicht in Konkurrenz zu anderen Lichtquellen stehen, ebenfalls hohe Anziehungskraft auf Insekten ausüben.

Von der Gefährdung einer Tierart durch die Auswirkungen von Lichtemission muß aber unter folgenden Voraussetzungen ausgegangen werden:

- Standorttreue bei Arten, die auf bestimmte Lebensräume spezialisiert sind und meist niedrige Populationsdichten und Reproduktionsraten aufweisen.
- Isolation bei Arten, die im anthropogen genutzten Landschaftsraum auf naturnahe Restflächen zurückgedrängt wurden und Individuenverluste kaum noch kompensieren können.
- Vorwiegende Aktivität von Arten während der mondlosen Phasen, die daher nicht von der geringeren Anlockwirkung künstlicher Lichtquellen bei Mondschein profitieren.

Die ökologischen Zusammenhänge zwischen Arten, die durch künstliche Lichtquellen negativ beeinflußt werden und nicht von der Lichtemission betroffener Arten eines Ökosystems sind bisher unerforscht. Gerade Arten, die hohe Populationsdichten erreichen, besetzen meist wichtige Schlüsselfunktionen innerhalb von Ökosystemen. So ist vorstellbar, daß allein der Rückgang der Populationsdichten solcher Arten unerforschte Auswirkungen haben kann. Beispielsweise könnten Vogelarten von einem Rückgang der Populationsdichten der Insekten derart betroffen sein, daß sie nicht mehr in der Lage sind ihre Jungen aufzuziehen.

Das untersuchte Gewächshaus ist nur ein Einzelbeispiel für eine lichtemittierende Anlage. Allein hier wurden schätzungsweise 14 Millionen Insekten im Untersuchungszeitraum angelockt. Millionen weiterer Lichtquellen locken jährlich Milliarden von Insekten an. So mag schon die Wirkung einer Lichtquelle negativ erscheinen, die Summe der Auswirkungen aller Beleuchtungsanlagen ist jedoch gar nicht abschätzbar.

Die dargestellte Zunahme der Beleuchtung gerade im Straßenbereich aber auch in Wohngebieten in den letzten Jahrzehnten geht einher mit einer immer stärkeren Zerstö-

rung und Beeinträchtigung der Lebensräume der Insekten. So entzieht insbesondere in besiedelten Gebieten die zunehmende Versiegelung von Flächen, die „Pflege“ jeder noch so kleinen Parzelle oder die vermehrte Anpflanzung standortfremder, meist ausländischer Pflanzen, die den heimischen Insekten keine Entwicklungsmöglichkeiten bieten, vielen Arten die Lebensgrundlage. Aus diesem Grund ist es sehr schwierig zu beurteilen, ob ein einzelner Faktor, wie die künstliche Beleuchtung, den beobachteten Artenschwund verursacht hat. Sicherlich sind immer mehrere Faktoren für den Rückgang von Arten verantwortlich, aber gerade deshalb können künstliche Lichtquellen als ein weiterer Gefährdungsfaktor bei ohnehin schon stark beeinträchtigten Arten zusätzliche negative Auswirkungen auf die Populationsentwicklung haben.

Besonders bei Eingriffen in naturnahen Landschaftskomplexen sollte die Art und Weise geplanter Beleuchtungsanlagen mit berücksichtigt werden. Mit den Nachtfaltern ist eine überall anzutreffende und gut geeignete Indikatorgruppe vorhanden.

Die Konstruktionsweise von Leuchten ist eines der wenigen Beispiele wo Ökonomie und Ökologie zu gleichen Lösungsvorschlägen kommen. Eine ökonomisch günstige Leuchte ist möglichst wartungsfrei. Wartung bezieht sich in erster Linie auf die Verschmutzung des Leuchtengehäuses durch angeflogene oder eingedrungene Insekten, was die Leuchtleistung und die Lebenserwartung reduziert. Dicht schließende und nur in einer Richtung strahlende Lampen sind ökologisch und ökonomisch am günstigsten. Entsprechende Leuchtengehäuse sind bereits auf dem Markt.

Nachfolgende Empfehlungen sollten vor der Einrichtung von Beleuchtungsanlagen im Außenbereich beachtet werden:

- Der Standort sollte so gewählt werden, daß empfindliche Biotope nicht betroffen werden und das Licht eine minimale Reichweite hat!
- So wenig Licht wie möglich, sowohl von der Anzahl der Lampen als auch von der Leistung (Wattzahl) der einzelnen Lampe!
- Natriumdampflampen sollten in der Regel gegenüber allen anderen Lampentypen bevorzugt verwendet werden!
- Die Leuchtengehäuse sollten dicht schließen und möglichst nur in eine Richtung Licht emittieren!
- Die Leuchten sollten möglichst niedrig installiert werden!
- Der Betrieb der Leuchten sollte nur zu den unbedingt erforderlichen Zeiten erfolgen! Dies gilt sowohl in jahreszeitlicher als auch tagesszeitlicher Hinsicht.
- Der wirkungsvollste Schutz ist der Verzicht auf die Aufstellung von Beleuchtungsanlagen!

7. Zusammenfassung

Die Anlockung nachtaktiver Insekten durch künstliche Lichtquellen ist ein lange bekanntes Phänomen. Dabei stehen, besonders im Hinblick auf die fortschreitende Artenverarmung in der heutigen Kulturlandschaft, erst in neuerer Zeit die ökologischen und naturschutzrelevanten Aspekte zu dieser Thematik im Vordergrund des Interesses. Die vorliegende Arbeit geht auf diese Fragestellungen ein und analysiert das Anflugverhalten der am Licht festgestellten Insektenordnungen, der häufigsten Familien und Arten.

Für die Untersuchungen wurden die am häufigsten verwendeten Lichtquellen bei Außen- und Straßenbeleuchtungen ausgewählt (Quecksilber- und Natriumdampflampen).

Solche künstlichen Lichtquellen haben in den letzten Jahrzehnten sehr stark zugenommen. Das Beispiel der Stadt Kiel zeigt, daß die Anzahl der Straßenleuchten im Zeitraum von 1949 - 1998 um das fünfzigfache angestiegen ist.

Die Untersuchungen wurden an zwei Standorten in Schleswig-Holstein durchgeführt: in Albersdorf, Kreis Dithmarschen im Südwesten Schleswig-Holsteins und in der Landeshauptstadt Kiel auf dem Universitätsgelände im Östlichen Hügelland.

In Albersdorf wurde vergleichend von 1994-95 der Insektenanflug an ein großflächig Licht emittierendes Gewächshaus (10.000 m^2) und an zwei punktuell (kleinflächig) strahlende Lichtquellen untersucht (Lichtfallen mit Quecksilber- und Natriumdampflampen). Zur Registrierung an das Gewächshaus angeflogener Insekten wurden, getrennt nach Exposition der Seitenflächen, zwei unterschiedliche Methoden angewandt. Die Schmetterlinge (Lepidoptera) wurden auf der jeweils gesamten Seitenfläche per Handaufsammlung, die übrigen Insekten auf 2 je $1,5\text{ m}^2$ großen Probeoberflächen je Seitenfläche mit Hilfe eines Spezialelexhaustors erfaßt. Der Fang an den beiden Lichtfallen erfolgte automatisch.

Auf dem Versuchsgelände der Forschungsstelle für Ökotechnologie der Universität Kiel wurde von 1994-96 der Insektenanflug an vier Straßenleuchten erfaßt, die mit Quecksilberdampflampen bestückt waren. Der Fang erfolgte automatisch mit Hilfe von Fallen, die an den Leuchtengehäusen befestigt waren. Im Jahr 1996 wurde zusätzlich ein anderer Fallentyp an zwei weiteren Straßenleuchten eingesetzt. Außerdem wurde an einer der probierten Straßenleuchten eine Quecksilberdampflampe durch eine Natriumdampflampe gleicher Lichtleistung ausgetauscht.

Am Standort Albersdorf wurden 72.267 Insekten aus 114 Familien und am Standort Kiel 96.725 Insekten aus 138 Familien erfaßt. Die Determinierung der Schmetterlinge (Lepidoptera), Käfer (Coleoptera), Köcherfliegen (Trichoptera) und Trauermücken (Sciaridae) erfolgte auf Artniveau.

Die Analyse des Insektenanfluges führte zu folgenden Ergebnissen:

- Mücken (Nematocera) stellten mit 40 - 90 % neben den Schmetterlingen (Lepidoptera), Fliegen (Brachycera) und Käfern (Coleoptera) den weitaus größten Teil. Hautflügler (Hymenoptera), Blattläuse (Aphidina), Zikaden (Cicadina), Wanzen (Heteroptera), Netzflügler (Neuroptera), Köcherfliegen (Trichoptera), Staubläuse (Psocoptera) und Eintagsfliegen (Ephemeroptera) hingegen waren in beiden Untersuchungsgebieten jeweils nur in geringen Anteilen von meist unter 1 % am Gesamtanflug vertreten.
- Schon bei 25 m Abstand der untersuchten Straßenleuchten zueinander zeigten sich deutliche Unterschiede im Anflug der Insekten. So scheint vor allem das Lebensraumpotential der unmittelbaren Umgebung der Lichtquelle und die Windexposition den Anflug zu prägen.
- Unterschiede im Anflugverhalten an Lichtquellen sind nur bei Arten registrierbar, die in den Monaten Mai bis Ende August flugaktiv sind. Im Frühjahr und Herbst sind quantitative Unterschiede im Anflug an die künstlichen Lichtquellen aufgrund der oft geringen registrierten Arten- und Individuenanzahlen meist nicht statistisch absicherbar.
- Im Gegensatz zu Handaufsammlungen werden durch automatische Lichtfallen nicht alle anfliegenden Tiere erfaßt. Stichproben zeigten, daß nur etwa 30-40 % der an die Lichtquelle anfliegenden Lepidoptera durch die Fallen registriert wurden.
- Für die großflächig strahlende Lichtquelle konnte keine statistisch gesicherte Beziehung zwischen Flächengröße und Anflugdichte der Lepidoptera festgestellt werden. Vielmehr scheinen die Leuchtdichte und das Lichtspektrum der Lichtquelle entscheidend den Anflug zu prägen.
- Das Lichtspektrum der Natriumdampflampe lockt weniger Arten und Individuen als die Quecksilberdampflampe an. Es gibt aber auch einzelne Arten, wie die Wurzelbohrer (Hepialidae) oder den Spannerfalter *Idaea dimidiata*, die verstärkt auf das Licht der Natriumdampflampe reagierten.

- Gefährdete Schmetterlingsarten konnten meist nur in Einzelexemplaren an den Lichtquellen festgestellt werden, was sich vor allem aus der stark anthropogen geprägten Umgebung der Untersuchungsstandorte erklärt. Anders dagegen ist die Situation bei den Käfern: hier wurden am Standort Kiel insgesamt 31 Arten der Roten Liste gefunden. Die Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) *Megarthrus nitidulus* und *Oxytelus piceus* konnten nach Jahrzehnten wieder in Schleswig-Holstein festgestellt werden. Der Rüsselkäfer (Curculionidae) *Euophryum confine* wurde erstmals, der Kurzflügelkäfer *Atheta griepi* zum zweitenmal für Schleswig-Holstein nachgewiesen. Von den Köcherfliegen (Trichoptera) wurden drei Arten der Roten Liste gefunden, die vor allem Kleingewässer besiedeln.
- Das Anflugverhalten an künstliche Lichtquellen ist art- und geschlechtsspezifisch.
- Die im Experiment maximal zurückgelegte Entfernung aus der die Lichtquelle angeflogen wurde, betrug 130 m. Es zeigte sich, daß die ausgesetzten Schmetterlinge im Hinblick auf die Anflugentfernung artspezifisch auf das Licht reagierten.
- Raupenfunde an Bäumen und Sträuchern im unmittelbaren Umfeld der künstlichen Lichtquellen zeigten, daß sich in diesen dauerhaft von Kunstlicht beeinflußten Bereichen zumindest einige Lepidoptera-Arten erfolgreich entwickeln können.
- Nicht alle im Umfeld einer Lichtquelle befindlichen Nachtfalter reagieren positiv phototaktisch. Einige Arten, wie das Rote Ordensband (*Catocala nupta*), wurden ausschließlich, andere Arten, wie die Pyramideneule (*Amphipyra pyramidaea*), überwiegend an natürlichen Nahrungsquellen oder durch Köderfang statt am Licht nachgewiesen.
- Massenanflüge an künstliche Lichtquellen beschränkten sich auf wenige Tage im Jahr mit besonders günstiger Witterung.
- Die Temperatur und der Mond beeinflußten entscheidend den Anflug der Insekten an künstliche Lichtquellen. Bei hohem Temperaturen flogen mehr, bei zunehmendem Mond oder hellem Mondschein weniger Insekten an. Mücken (Nematocera) flogen außerdem verstärkt bei steigendem Luftdruck ans Licht. Kleine und/oder flugschwache Insekten reagierten empfindlich auf starken Wind und flogen bevorzugt vor dem Wind abgeschirmte Lichtquellen an.

Gefährdet durch die Anlockung an künstliche Lichtquellen erscheinen vor allem wenig mobile oder seltene Arten, die in ihrem Vorkommen auf natürliche oder naturnahe Biotope beschränkt sind. Solche Biotope liegen in der heutigen Kulturlandschaft meist stark verinselt; der Verlust weniger Individuen über der natürlich vorhandenen Mortalität kann schon negative Auswirkungen auf die Populationsentwicklung bei Arten mit K-Strategie haben. Demgegenüber können r-Strategen, die meist in großer Individuenanzahl an künstliche Lichtquellen anfliegen, die dadurch entstehenden Verluste oftmals durch ein hohes Vermehrungspotential der Population ausgleichen. Gerade die besonders häufigen Arten nehmen aber in Bezug auf die Stoffkreisläufe und Nahrungsketten Schlüsselstellungen in Ökosystemen ein. So kann sich z.B. der Rückgang der Raupendichte von Lepidopteren negativ auf den Bruterfolg von insektivoren Vogelarten auswirken.

Für die künstliche Beleuchtung wird für die Zukunft empfohlen vor allem Natriumdampflampen zur Beleuchtung einzusetzen, da diese eine geringere Anziehungskraft auf Insekten ausüben. Grundsätzlich sollte immer geprüft werden ob und wie lange eine Beleuchtung überhaupt benötigt wird. Natürliche und naturnahe Biotope sind besonders vor künstlichen Lichtemissionen zu schützen. Der zusätzliche Verlust weniger Individuen kann besonders in solchen Biotopen zu einer Gefährdung von Populationen ohnehin seltener Arten führen.

8. Summary

It is a well known phenomena that night-active insects are attracted by artificial light sources. With a growing urban environment and a high number of street lamps and other light emitting sources, the response of night active insects to artificial light becomes of increasing importance for nature protection. This study focuses on the behavioural response of different insect orders, families and species to the most frequently used exterior lighting and street lamps (mercury- and sodium-vapour lamps). These artificial sources of light distinctly increased in the last decades. In the city of Kiel (North-Germany) the number of street lights was fifty times higher in 1998 than in 1949.

The investigations were carried out at two sites in Schleswig-Holstein (North-Germany): in Albersdorf / Dithmarschen (western Schleswig-Holstein) and in Kiel on the university campus (eastern Schleswig-Holstein). In Albersdorf, the insects were attracted by a light emitting greenhouse ($10,000\text{ m}^2$) and by two punctually radiating light sources (light traps with mercury and sodium-vapour lamps) and became comparative investigated in 1994 to 1995. Two different methods were used to record insects at the greenhouse. Butterflies (Lepidoptera) were sampled by hand. The remaining insects were trapped in two 1.5 m^2 large sample areas using a suction trap. Insects from each of the four sides of the greenhouse were sampled and trapped separately. The two light traps caught the insects automatically.

On the campus of Kiel University insects were studied from 1994 to 1996. For this purpose four street lamps equipped with mercury-vapour lamps had traps attached to the socket. On one of the four street lamps the mercury-vapour lamp was exchanged by a sodium-vapour lamp with the same light intensity. In 1996 two additional street lamps were equipped with a different type of trap (describe the trap!).

72,267 insects from 114 insect families and 96,725 insects from 138 families were recorded at Albersdorf and at Kiel, respectively. Butterflies (Lepidoptera), beetles (Coleoptera), caddies flies (Trichoptera) and sciarid flies (Sciaridae) were determined to the species level. An analysis of the catches gave the following results:

- Mosquitos (Nematocera) made up the majority of all captured insects (40 - 90 %). The other most common groups were butterflies (Lepidoptera), flies (Brachycera) and beetles (Coleoptera). In both study areas Hymenopterans (Hymenoptera), aphids (Aphidina), cicadas (Cicadina), true bugs (Heteroptera), neuropterans (Neuroptera), caddis flies (Trichoptera), psocids (Psocoptera) and mayflies (Ephemeroptera) made up less than 1 % of the total catch.
- Catches from adjacent street lamps (25 m apart) were distinctly different in their insect compositions. These differences seem to be caused by the surrounding habitats and the wind exposure of the lamps.
- Significant differences between the compositions of samples from different street lamps were only found between May and the end of August. In spring and autumn the sample sizes were small and species compositions were not significantly different.
- In contrast to hand sampling not all insects that flew into street lamps were caught by the automatic light traps (e. g. only 30 - 40 % of the Lepidoptera were caught by the traps)
- No significant correlation was found between the size of a light source and the number of Lepidoptera attracted by it. Rather the intensity and the light spectrum seem to control butterfly abundance at a light source.
- The light spectrum of the sodium-vapour lamp attracted fewer species and individuals than the mercury-vapour lamp. Otherwise from some species, e.g. the swift moths (Hepialidae) or the geometrid moth *Idaea dimidiata*, more individuals were registered at the sodium-vapour lamps.

- Only single individuals of endangered butterfly species were found at the different light sources, while 31 beetle species of the Red List of Schleswig-Holstein were captured in the study area in Kiel. The rove beetles (Staphylinidae) *Megarthrus nitidulus* and *Oxytelus piceus* were recorded for the first time in decades in Schleswig-Holstein. Both the weevil (Curculionidae) *Euophryum confine* and the rove beetle *Atheta griepi* were found for the first respectively the second time in Schleswig-Holstein. Three Red List species of pond colonising caddis flies (Trichoptera) were also recorded.
- Insect behaviour on artificial light sources depends on the species and the sex.
- An experiment showed that insects were attracted by artificial light over a maximum distance of 130 m.
- Caterpillars were found on trees and bushes in the direct surroundings of the artificial light sources. It was concluded that, although their habitat was influenced by an artificial light regime, several species could develop successfully.
- Not all moths in the surrounding of a light source exhibited a positively photo-tactic reaction. Some species, e.g. the Red Underwing (*Catocala nupta*) or the Copper Underwing (*Amphipyra pyramididea*) were caught predominantly at natural sources of food or by bite instead at the artificial light.
- Temperature and illumination by the moon distinctly influenced the insect abundance at artificial light sources. On nights with high temperature insects were more abundant, whereas an increase in illumination by the moon resulted in lower abundance. Mosquitoes (Nematocera) were more abundant on nights with increasing air pressure. Small and/or less mobile insects were sensitive to strong winds and preferred to fly on wind shielded light sources.
- High abundance of insects at the artificial light sources was only recorded on a few days of the year when the weather was particularly favourable.

Less mobile or rare species whose distribution is restricted to natural habitats seem to be most endangered by their attraction to artificial light sources. In our cultural landscape natural habitats are often isolated and even a small increase in mortality could result in negative effects for the population development of k-strategists. In contrast, r-strategists which aggregate in large numbers at artificial light sources, are often able to compensate for additional losses with their high reproductive rate. Common and abundant species often play a key role in the nutrient cycles and food webs of ecosystems (e.g. a decrease in caterpillar density of some abundant Lepidoptera species may have a negative effect on the breeding success of insectivorous bird species).

It is recommended that only sodium-vapour lamps should be used for street illumination, because of their low attractiveness to insects. However, before street lamps get installed it should be always checked whether and for how long an illumination is needed. Natural and close to natural habitats should be protected against artificial light emission because additional losses of individuals may endanger populations of rare species.

9. Literaturverzeichnis

- ABT, K.F. & SCHULTZ, G. (1995): Auswirkungen der Lichtemission einer Großgewächshausanlage auf den nächtlichen Vogelzug. *Corax* 16, 17-29.
- BAKER, R.R. (1987): Integrated use of moon and magnetic compasses by the heart-and-dart moth, *Agrotis exclamationes*. *Anim. Behav.* 35, 94-101.
- BAKER, R.R. & SADOVY, Y. (1978): The distance and nature of the light-trap response of moths. *Nature* 276, 818-821.
- BALOGH, J. (1958): *Lebensgemeinschaften der Landtiere*. Akademie, Berlin.
- BARRET, J.R., DEAY, H.O. & HARTSOCK, J.G. (1971): Reduction in insect damage to cucumbers, tomatoes and sweet corn through use of electric light traps. *J. Econ. Ent.* 64, 1241-1249.
- BAUER, R. (1993): Untersuchungen zur Anlockung von nachtaktiven Insekten durch Beleuchtungseinrichtungen. Diplomarbeit am Fachbereich Biologie der Universität Konstanz
- BETTMANN, H. (1986): Über die Ortstreue einiger Großschmetterlinge. *Ent. Zeitschr. Frankf.* 96, 45-48.
- BIDLINGMAYER, W.L. (1964): The effect of moonlight on the flight activity of Mosquitoes. *Ecology* 45, 87-93.
- BOTOSANEANU, L. & MALICKY, H. (1978): Trichoptera. In: ILLIES, J. [Hrsg.]: *Limnofauna Europaea*. G. Fischer, Stuttgart, New York.
- BOWDEN, J. & MORRIS, M.J. (1973): The influence of moonlight on the catches of insects in light-traps in Africa. Part II. The effect of moon phase on light-trap catches. *Bull. ent. Res.* 63, 129-142.
- BOWDEN, J. & MORRIS, M.J. (1975): The influence of moonlight on the catches of insects in light-traps in Africa - III. The effective radius of a mercury-vapour light-trap and the analysis of catches using effective radius. *Bull. ent. Res.* 65, 303-348.
- BOWDEN, J. (1981): The relationship between light- and suction-trap catches of *Chrysoperla carnea* (STEPHENS) (Neuroptera: Chrysopidae), and the adjustment of light-trap catches to allow for variation in moonlight. *Bull. ent. Res.* 71, 621-629.
- BOWDEN, J. (1982): An analysis of factors affecting catches of insects in light-traps. *Bull. ent. Res.* 72, 535-556.
- BOWDEN, J. (1984): Latitudinal and seasonal changes of nocturnal illumination with a hypothesis about their effect on catches of insects in light-traps. *Bull. ent. Res.* 74, 279-298.
- BRINKMANN, R. (1999): Die Eintags-, Stein- und Köcherfliegen Schleswig-Holsteins und Hamburgs Rote Liste. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.
- BROHMER, P. (1984): Fauna von Deutschland. 16 Aufl. Quelle und Meyer, Heidelberg.
- BROWN, E.S., BETTS, E. & RAINES, R.C. (1968): Seasonal changes in distribution of the african armyworm, *Spodoptera exempta* (Wlk.) (Lep., Noctuidae), with special reference to eastern Africa. *Rec. Res. E. Afr. Agric. For. Res. Org.* 1968, 662-714.
- BUDDENBROCK, W. (1937): Grundriß der vergleichenden Physiologie. Bd. 1, 2. Aufl. Gebr. Borntraeger, Berlin.
- CHANIOTIS, B.N., NEELY, J.M. & CORREA, M.A. (1971): Natural population dynamics of phlebotomine sandflies in Panama. *J. Med. Ent.* 8, 339-352.
- CLEVE, K. (1964): Der Anflug der Schmetterlinge an künstliche Lichtquellen. *Mitt. Deut. Ent. Ges.* 23, 66-76.
- COUTURIER, A. (1967): Sensibilité différentielle du hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) (Coleopt. Scarabeidae) vis-à-vis de certaines longueurs d'onde du spectre visible. *Ann. Soc. Entomol. France* (N. S.) 3, 767-770.
- COUTURIER, A. & JACKY, F. (1970): Observations complémentaires sur le déterminisme de l'envol et sur la sensibilité spectrale différentielle du hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.). *Bull. Soc. Entomol. France* 75, 113-116.
- CRICHTON, M.I. (1960): A study of captures of Trichoptera in a light-trap near Reading. *Trans. Roy. Entom. Soc. London* 112, 319-344.
- DANIEL, F. (1950): Mit welchen Organen nehmen Nachtfalter künstliche Lichtquellen wahr? *Ent. Z.* 59, 153-157.
- DANTHANARAYANA, W. (1986): Lunar periodicity of insect flight. In: DANTHANARAYANA, W. (Hrsg. „Insect Flight: Dispersal and Migration“, Springer, Berlin u.a. 88-119.

- DENT, D.R. & PAWAR, C.S. (1988): The influence of moonlight and weather on catches of *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (Lepidoptera: Noctuidae) in light and pheromone traps. Bull. Ent. Res. 78, 365-377.
- DIAMOND, J.M. (1975): The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. Biol. Conserv. 7, 129-146.
- DREISIG, H. (1980): The importance of illumination level in the daily onset of flight activity in nocturnal moths. Physiol. Ent. 5, 327-342.
- EDWARDS, D.K. (1962): Laboratory determinations of the daily flight-times of separate sexes of some moths in naturally changing light. Canad. J. Zool. 40, 511-530.
- FABRE, J.H. (1961): Das offensichtliche Geheimnis. Artemis, Zürich, Stuttgart
- FROESE, A. (1992): Vergleichende Untersuchungen zur Biologie und Ökologie der Dipteren auf integriert und konventionell bewirtschafteten Feldern. Dissertation am Institut für Phytopathologie und Angewandte Zoologie. Justus-Liebig-Universität Gießen
- FROST, S.W. (1958): Insects attracted to light traps placed at different heights. Jour. Eco. Ent. 51, 550-551.
- GEPP, J. (1981): Programmrahmen für einen umfassenden Lepidopterenschutz. Eine Synopsis der Beiträge, Diskussionen und Anregungen des II. Europäischen Kongresses für Lepidopterologie in Karlsruhe 1980. Beih. Veröff. Natursch. Landschaftspfl. Baden-Württ. 21, 191-216.
- GIEBULTOWICZ, J.M., RIDGEWAY, R.L. & IMBERSKI, R.B. (1990): Physiological basis for sterilising effects of constant light in *Lymantria dispar*. Physiol. Entomol. 15, 149-156.
- GLICK, P.A. & HOLLINGSWORTH, J.P. (1955): Response of moths of the pink bollworm and other cotton insects to certain ultraviolet and visible radiation. J. Econ. Entomol. 48, 173-177.
- GRAHAM, H.M. (1971): Effects of a high density of blacklight traps on corn earworm populations in corn. Prod. Res. Rep. U. S. Dep. Agr. 127, 1-24.
- HARTSTRACK, A.W., HOLLINGSWORTH, J.P. & LINQUIST, D.A. (1968): A technique for measuring trapping efficiency of electric insect traps. J. Econ. Ent. 61, 546-552.
- HAUSMANN, A. (1990): Zur Dynamik von Nachtfalter-Artenpektren. Spixiana, Supp. 16, 1-222.
- HELLER, K. (1992): Faunistische Untersuchung und Bewertung der Auswirkungen von Licht-immissionen aus den Gewächshaus „Grüne Fee“ in Albersdorf (Dithmarschen) auf die nachtaktive Insektenfauna. unveröff. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Natur, Umwelt und Landesentwicklung des Landes Schleswig-Holstein.
- HIENTON, T. E. (1974): Summary of investigation of electric light traps. Tech. Bull. U. S. Dep. Agric. 1498, 136 S.
- HOSNY, M.M. (1958): A review of results and a complete list of Macrolepidoptera caught in two ultraviolet light traps during 24 months, at Rothamsted, Bertfordshire. Ent. Mon. Mag. 95, 226-236.
- HSIAO, H.S. (1972): Attraction of moths to light and to infrared radiation. San Francisco Press, San Francisco.
- KARSHOLT, O. & RAZOWSKI, J. (1996): The Lepidoptera of Europe, a distributional checklist. Apollo Books, Stenstrup.
- KERSTENS, G. (1961): Coleopterologisches vom Lichtfang. Ent. Blätter 57, 119-138.
- KOLLIGS, D. (1998): Die Großschmetterlinge Schleswig-Holsteins. Rote Liste. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.
- KOLLIGS, D. & MIETH, A. (1996): Ökologische Auswirkungen von flächenhaften Lichtquellen unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung von künstlichem Licht auf wirbellose Tiere. Abschlußbericht des FE-Vorhabens des Umweltbundesamtes (108 03 075)
- KOVACS, L. (1958): Quantitative Untersuchungsmethoden bei Schmetterlingen. Acta Zool. Acad. Sci. Hung. 4, 191-206.
- KRAUS, O. (1968): Isolationsmechanismen und Genitalstrukturen bei wirbellosen Tieren. Zool. Anz. 181, 22 - 38.
- KRAUSE, P. & OHM, P. (1970): Zur Neuropterifauna der Sächsischen Schweiz. Faun. Abh. 4, 25-30.
- KURTZE, W. (1974): Synökologische und experimentelle Untersuchungen zur Nachtaktivität von Insekten. Zool. Jahrb. Syst. 101, 297-344.
- LAWSON, F.R. & GENTRY, C.R. (1966): Experiments on the control of insect populations with light traps. U. S. Dep. Agr. ARS 33 110, 194-202.
- LEDERER, G. (1960): Ein Beitrag zum Wanderfalterproblem. Ent. Z. 70, 237-249.

- LUCHT, W. H. (1987): Die Käfer Mitteleuropas, Katalog. Goecke & Evers, Krefeld.
- LÖDEL, M. (1984): Kritische Darstellung des Lichtfanges, seiner Methode und seiner Bedeutung für die ökologisch-faunistische Entomologie. Dissertation, Universität Wien.
- LOZÁN, J. (1992): Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- MAC ARTHUR, R.H. & WILSON, E.O. (1967): The theory of island biogeography. University Press, Princeton.
- MADER, H.J. (1980): Die Verinselung der Landschaft aus tierökologischer Sicht. Natur und Landschaft 55
- MALICKY, H. (1965): Freilandversuche an Lepidopterenpopulationen mit Hilfe der JERMYSchen Lichtfalle, mit Diskussion biozönologischer Gesichtspunkte. Z. angew. Ent. 56, 358-377.
- MALICKY, H. (1974a): Über das Geschlechterverhältnis von Lepidopteren in Lichtfallen. Z. angew. Ent. 75, 113-123.
- MALICKY, H. (1974b): Der Einfluß des Standortes einer Lichtfalle auf das Anflugergebnis der Noctuidae (Lepidoptera). Fol. Ent. Hung. Suppl. 27, 113-127.
- MARTEN, W. (1956): Beobachtungen beim Lichtfang. Ein Versuch zur Lösung der Frage nach dem „Warum“ des Anfluges der Insekten an künstliches Licht. Ent. Z. 66, 121-133.
- MAZZUCCO, K. (1951): Rundschreiben der Österreichischen Forschungszentrale für Schmetterlingswanderungen 1. Salzburg.
- MAZZUCCO, K. (1952): Rundschreiben der Österreichischen Forschungszentrale für Schmetterlingswanderungen 3. Salzburg.
- MEINEKE, T. (1984): Untersuchungen zur Struktur, Dynamik und Phänologie der Großschmetterlinge (Insecta, Lepidoptera) im südlichen Niedersachsen. Mitt. Fauna Flora Süd-Nieders. 6, 1-453.
- MENZEL, F. & MOHRIG, W. (im Druck): Revision der paläarktischen Trauermücken (Diptera, Sciaridae) unter besonderer Berücksichtigung der deutschen Fauna. Stud. Dipt. (Suppl.) 6. Halle.
- MENZEL, R. (1987): Spectral sensitivity and colour vision in invertebrates. In: OSRAM (1999) „Licht und Umwelt“. Osram, München, 52-54
- MIKKOLA, K. (1972): Behavioural and electrophysical responses of night-flying insects, especially Lepidoptera, to near-ultraviolet and visible light. Ann. Zool. Fennici 9, 225-254.
- MÖRTTER, R. (1988): Vergleichende Untersuchungen zur Faunistik und Ökologie der Lepidopteren in unterschiedlich strukturierten Waldflächen im Kottenforst bei Bonn. Dissertation an der Universität, Bonn.
- MOUND, L.A. (1962): Studies on the olfaction and colour sensitivity of *Bemisia tabaci* (Genn.). Entomol. Exper. Appl. 5, 99-104.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.
- MÜLLER, K. & ÜLFSTRAND, S. (1970): Die Tagesperiodik der Flugaktivität von *Philopotamus montanus* DON. und *Rhyacophila nubila* ZETT. (Trichoptera). OIos Suppl. 13, 80-86.
- MUIRHEAD-THOMSON, R.C. (1991): Trap responses of flying insects. Academic Press, London u.a.
- NAG, A. & NATH, P. (1991): Effect of moon light and lunar periodicity on light trap catches of cutworm *Agrotis ipsilon* (Hufn.) moths. J. Appl. Ent. 111, 358-360.
- NEMEC, S.J. (1971): Effects of lunar phases on light-trap collections and populations of bollworm moths. J. Econ. Ent. 61, 861-863.
- NOMURA, K. (1969): Studies on orchard illumination against fruit piercing moths. Rev. Plant Protection Res. 2, 122-124.
- NOWINSZKY, L., SZABO, S., TOTH, G., EKK, I. & KISS, M. (1979): The effect of the moon phases and of the intensity of polarised moonlight on the light-trap catches. Z. angew. Ent. 88, 337-353.
- ODUM, E.P. (1983): Grundlagen der Ökologie. Band 1, 2. Aufl., Thieme, Stuttgart.
- ONSAGER, J.A. & DAY, A. (1973): Efficiency and effective radius of blacklight traps against southern potato wireworm. Jour. Eco. Ent. 66, 403-409.
- OSRAM GmbH (Hrsg.) (1999): Licht und Umwelt. Osram, München.
- PERSSON, B. (1971a): Flight activity of noctuids (Lepidoptera). Dissertation Universität, Lund.
- PERSSON, B. (1971b): Influence of light on flight activity of noctuids (Lepidoptera) in South Sweden. Ent. Scand. 2, 215-232.
- PERSSON, B. (1974): Dial distribution of oviposition in *Agrotis ipsilon* (HUF.), *Agrotis munda* (WALK.), and *Heliothis armigera* (HBN.), (Lep. Noctuidae), in relation to temperature and moonlight. Ent. Scand. 5, 196-208.

- PLASSMANN, E. (1971): Mit der Lichtfalle gefangene Pilzmückenarten (Diptera, Fungivoridae). Mitt. Dtsch. Ent. Ges. 2, 11.
- PLASSMANN, E. (1973): Pilzmücken in der Lichtfalle (Diptera, Mycetophilidae). Mitt. Dtsch. Ent. Ges. Bd. 39/40, 11.
- PLAUT, H.N. (1971): Distance of attraction of moths of *Spodoptera littoralis* to BL radiation, and recapture of moths released at different distances of an ESA blacklight standard trap. Jour. Eco. Ent. 64, 1402-1404.
- REZBANYAI, L. (1974): Quantitative faunistische, ökologische und zöönologische Forschungsmethode mit Lichtfallen und deren Ergebnisse bei den Gross-Schmetterlingen. Fol. Ent. Hung. Suppl. 27.
- REMMERT, H. (1980): Ökologie. 2. Aufl., Springer, Berlin u.a.
- RENKONEN, O. (1938): Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. Ann. Zool. Soc. Zool.-Bot. Fenniae Vanamo 6, 1-226.
- ROBINSON, H.S. & ROBINSON, P.J.M. (1950): Some notes on the observed behaviour of Lepidoptera in flight in the vicinity of light-sources together with a description of a light-trap designed to take entomological samples. Ent. Gaz. 1, 3-20.
- ROEDER, K.D. (1975): Moths and ultrasound; animal behaviour. In: EISNER, T. & WILSON, E.O. (eds.) Readings from Scientific American. W.H. Freeman, San Francisco.
- ROESLER, R. (1960): Wanderfalterbeobachtungen in der Pfalz 1958. Ent. Z. 70, 277-282.
- SCHEIBE, M.A. (1999): Über die Attraktivität von Straßenbeleuchtungen auf Insekten aus nahegelegenen Gewässern unter Berücksichtigung unterschiedlicher UV-Emission der Lampen. Natur und Landschaft 74, 144-146.
- SCHERF, H. & DRECHSEL, U. (1973): Faunistisch bemerkenswerte Nachweise von Coleopteren in Hessen durch Lichtfang. Ent. Z. 3, 28-44.
- SCHMIEDEL, J. (1992): Auswirkungen von künstlichen Lichtquellen auf die wildlebende Tierwelt. Diplomarbeit am Institut für Landschaftspflege und Naturschutz der Universität, Hannover.
- SCHÜTTE, F. (1972): Zum Einfluß von Licht- (Duft-) Fallen auf die Populationsdichte von *Heliothis zea* (BODDIE). Z. angew. Ent. 70, 302-309.
- SMITH, J.S. (1979): Light traps for survey and control of lepidopterous pests of tobacco and pecans. In: RABB, R.L. & KENNEDY, G.G. (Hrsg.): Movement of highly mobile insects: Concepts and methodology in research. North Carolina State Univ., Dept. of Entomology, 249-255.
- SPITZER, K. & LEPS, J. (1988): Determinants of temporal variation in moth abundance. Oikos 53, 31-36.
- SØRENSEN, T. (1948): A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity in species content. Biol. Skr. K. danske Vidensk. Selsk. 5, 1-34.
- SOTTHIBANDHU, S. & BAKER, R.R. (1979): Celestial orientation by the Large Yellow Underwing Moth, *Noctua pronuba* L. Anim. Behav. 27, 786-800.
- SOUTHWOOD, T.R.E. (1960): The flight-activity of Heteroptera. Trans. Roy. Entom. Soc. London 112, 173-220.
- STEWARD, P.A. , LAM, J.J. & BLYTHE, J.L. (1969): Influence of distance on attraction of tobacco hornworm and corn earworm moths to radiation's of a blacklight lamp. J. Econ. Ent. 62, 58-60.
- SWITHART, S.L. (1970): The neural basis of colour vision in the butterfly *Papilio troilus*. J. Insect Physiol. 79, 191-196.
- TAYLER, J.G. & DEAY, H.O. (1950): Electric lamps and traps in corn borer control. Agric. Engng., St. Joseph, Mich. 31, 503-505, 532.
- TAYLER, L.R. (1974): Monitoring change in the distribution and abundance of insects. Rep. Rothamsted exp. Stn. 1973, 202-239.
- TEDDERS, W.L., HARTSOCK, J.G. & OSBURN, M. (1972): Suppression of hickory shuckworm in a pecan orchard with blacklight traps. J. Econ. Ent. 65, 148-155.
- THOMAS, W. (1974): Untersuchungen über das Geschlechterverhältnis, die Generationenfolge und Aktivitätsperioden der Tortricidae s. l. mit Hilfe von Lichtfallen im Naturpark Hoher Vogelsberg. Dtsch. Ent. Z., N. F. 21, 405-446.
- VERHEIJEN, F.J. (1958): The mechanisms of the trapping effect of artificial light sources upon animals. Arch. Neerl. Zool. 13, 1-107.
- VOJNITS, A. & Z. MESZAROS (1974): Über die Möglichkeiten und Einschränkungen der Verwendung der von Lichtfallen gelieferten Daten. Fol. Ent. Hung. XXVII. Suppl. 2, 239-243.
- WARINGER, J.A. (1991): Phenology and the influence of meteorological parameters on the catching success of light-trapping for Trichoptera. Freshw. Biol. 25, 307-319.

- WEHNER, F. (1984): Astronavigation in insects. Ann. Rev. Entomol. 29, 277-298.
- WEIDEMANN, H.J. (1995): Tagfalter: beobachten, bestimmen. 2. Aufl., Naturbuch, Augsburg.
- WEIGHT, H.J. (1976): Die Blütenspanner Westfalens. Dortmunder Beiträge zur Landeskunde 10, 61-152.
- WILLIAMS, C.B. (1936): The influence of moonlight on the activity of certain nocturnal insects, particularly of the family Noctuidae, as indicated by a light trap. Phil. Trans. R. Soc. (B) 226, 357-389.
- WILLIAMS, C.B. (1940): An analysis of four years captures of insects in a light trap Part II. The effect of weather conditions on insects activity and the estimation and forecasting of changes in the insect population. Trans. Roy. Ent. Soc. Lond. 90, 227-306.
- WILLIAMS, C. B., SINGH, B.P. & ZIADY, S. EL (1956): An investigation into the possible effects of moon-light on the activity of insects in the field. Proc. R. ent. Soc. Lond. (A) 31, 135-144.
- WILLIAMS, C.B. (1964): Patterns in the balance of nature. Academic Press, London, New York.
- WORTH, B.C. & MULLER, J. (1979): Captures of large moths by an ultraviolet light-trap. J. Lep. Soc. 33, 261-264.
- ZIEGLER, W. & SUIKAT, R. (1994): Rote Liste der Käfer Schleswig-Holsteins. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Detlef Kolligs
Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

Danksagung

Für ihre Hilfsbereitschaft und Unterstützung möchte ich im folgenden allen danken, ohne die die Erstellung dieser Arbeit so nicht möglich gewesen wäre:

- Herrn Prof. B. Heydemann für die Bereitstellung des Themas und die Betreuung
- Herrn Dr. U. Irmller für seine stete Diskussionsbereitschaft und wertvollen Anregungen
- Allen, die mir bei der Determination und Überprüfung schwer zu bestimmender Arten der Käfer, Köcherfliegen und Trauermücken geholfen haben: Helge Arp, Kai Heller, Dr. Ulrich Irmller, Roland Suikat, Wolfgang Ziegler, Dr. Rainer Brinkmann, Birgit Filipinski
- Meinen Kollegen Markus Schütz, Andreas Rath, Kai Adam und Volker Heesch für technische Hilfestellungen
- Meinem „Zimmergenossen“ Kai Heller für die Unterstützung, wenn der Computer nicht so wollte wie er sollte
- Den Stadtwerken Kiel für die Möglichkeit die Akten zur Entwicklung der Straßenbeleuchtung einzusehen
- Den Betreibern des Gewächshauses „Grüne Fee“ für die Erlaubnis die Untersuchungen dort durchführen zu können
- Herrn Robert Bauer für die zur Verfügungstellung seiner Fallen

Tab. 1: Arten- und Familienliste der 1994-1996 an den untersuchten Lichtquellen festgestellten Insekten (in alphabetischer Reihenfolge der Ordnungen, Familien und Arten); GH = Fallentyp I mit Quecksilberdampflampe; GN = Fallentyp I mit Natriumdampflampe; PH = Fallentyp II mit Quecksilberdampflampe; KH = Kastenfalle mit Quecksilberdampflampe; KN = Kastenfalle mit Natriumdampflampe; Nord, Ost, Süd, West = Seitenflächen des Gewächshauses; (Al) = Albersdorf

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KN 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Insecta Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
Aphidoidea	181	448	131	322	51	172	151			905	25					21	36		11
Brachycera																			
Acartophthalmidae																3			1
Agromyzidae	10	2	2			43				16							2		
Anthomyiidae	139	196	59	59	41	303	49			1188	396					611	253	187	662
Asilidae							1												
Calliphoridae	4	2			1		1				3					1			
Camillidae	149	91	40	106	1	73	9			213	63					35	7	17	71
Chloropidae	107	154	91	67	60	164	48			397	48					54	11	1	46
Chyromyidae																1			
Dixidae			1							3							1		
Dolichopodidae	61	79	46	13	15	46	12			76	110					25	5	9	28
Drosophilidae	345	392	134	264	36	344	39			712	128					123	78	50	165
Dryomyzidae	35	25	40	25	3	2	6			20	7					1	3	2	3
Empididae	32	41	28	12	6	11	27			128	130					20	4	3	5
Ephydriidae	10	2		7						59	38					483	58	71	142
Fanniidae	1		1			1				11						1	1		
Heleomyzidae										1							2		
Lauxaniidae	245	40	30	15	2	5	6			56	34					3	8		11
Lonchopteridae	66	83	82	187	5	162	9			151	86					206	39	38	209
Micropesidae			1																
Milichiidae	10	12	7	2	4	11	3			85	53						2	15	1
Muscidae	180	170	84	59	39	213	66			630	202					210	200	72	585
Odiniidae										8	2					4	1		
Opomyzidae			1							35	7					10	14	8	58
Otitidae	3																2		
Pallopteridae																			
Phoridae	25	4	4	20	2	17	20			17	6					2			9
Rhagionidae	6	1	2			1				12	4						1		
Sarcophagidae	2	6								170	22					2			2
Scatophagidae	56	42	27	45	24	18	12			1699	435					384	132	161	394
Sciomyzidae	3	10	6	2						1	4					1			

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KN 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
Sepsidae	16	16	1	3	1	31				86	64					2	2	9	
Sphaeroceridae	175	224	272	970	33	39	1			291	62					55	24	36	51
Stratiomyidae	10	11	4	5	4	8	7			60	4					1		2	
Syrphidae	29	12	4		4	14	3			38	1					25	10	2	28
Tabanidae										5									
Tephritidae	2		3			1	5	1					7						
Coleoptera																			
Acrotona parens									1										
Acrotrichis	1					1		1											
Acupalpus exiguis	1					2													
Acupalpus flavidollis	1																		
Acupalpus meridianus	2	3	3		1			1	1										
Adalia bipunctata					1					2									
Adalia decempunctata		1	1																
Aderus oculatus	3		4			3			3										
Aderus populneus	2	8	33	2	13		2		10										
Adrastus pallens	1	1	4	2															
Agathidium rotundatum	1								3										
Agelastica alni			1			1													
Agriotes acuminatus				1															
Agriotes sputator	1																		
Aleochara bilineata	1				1														
Aleochara bipustulata	6	4	1	3	2	6		2											
Aleochara brevipennis	1								1										
Aleochara curtula																			
Aleochara lanuginosa					1														
Aleochara sanguinea	1																		
Aleochara sparsa	1																		
Aloconota gregaria	1			3	5			9	1										
Alphitophagus bifasciatus						2		1											
Altica oloracea	1																		
Amara aenea		1			2														
Amara apricaria	4	2			1				2										
Amara aulica								1											
Amara consularis						5													
Amara familiaris	1				1	2		2											
Amara plebeja	2					1		2											

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KN 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
<i>Atheta orbata</i>													1						
<i>Atheta palustris</i>													1	2					
<i>Atheta ravilla</i>													2	1					
<i>Atheta triangulum</i>			1																
<i>Atheta trinotata</i>		1																	
<i>Atheta volans</i>					1														
<i>Atomaria linearis</i>	47	23	23	33	2	7	24												
<i>Atomaria pusilla</i>	4	4	4	2	7	3													
<i>Atomaria testacea</i>	1	1																	
<i>Atomaria</i>	102	128	199	45	110	272	1												
<i>Autalia rivularis</i>				1		1	1												
<i>Badister peltatus</i>								2											
<i>Bembidion assimile</i>			1																
<i>Bledius gallicus</i>											1								
<i>Bledius opacus</i>	6							2	4										
<i>Bradyceillus harpalinus</i>	4	9	2	4	1	1	3												
<i>Bradyceillus verbasci</i>	598	328	155	363	3	83	87												
<i>Caenorhinus aequatus</i>				1							2								
<i>Calodera aethiops</i>				1			1												
<i>Calvia quatuordecimguttata</i>				1	1														
<i>Cantharidae</i>													28	25			1	2	3
<i>Cantharis cryptica</i>				1															
<i>Cantharis livida</i>	1	6	12	2		1	9												
<i>Cantharis nigricans</i>	26	23	87	8		4	20												
<i>Cantharis pallida</i>			2	1															
<i>Cantharis pellucida</i>	1	2																	
<i>Cantharis rufa</i>	9	23	32	11		3	5												
<i>Cantharis thoracica</i>		1																	
<i>Carabidae</i>													53	11			1	1	
<i>Carcinops pumilio</i>					1														
<i>Carpelimus bilineatus</i>				2															
<i>Carpelimus corticinus</i>			1																
<i>Carpelimus fuliginosus</i>	3	2		1			1												
<i>Carpelimus gracilis</i>				1															
<i>Carpelimus obesus</i>					1														
<i>Carpelimus pusillus</i>	1	4	6	3			3												
<i>Carpelimus rivularis</i>	8	3	1	3		1	2												

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KN 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1	
Curculionidae													1				16	4	10	1
<i>Cymbiodyta marginella</i>	1	1																		
<i>Cyphon hilaris</i>	1				1			1		12										
<i>Cytinus sericeus</i>	1																			
<i>Dalopius marginatus</i>	1							1		6										
<i>Dasytes aerosus</i>	3	8	30	5				22		277										
<i>Dasytes plumbeus</i>	10	20	3	3				19		24										
<i>Deleaster dichrous</i>								1												
<i>Denticollis linearis</i>							1													
<i>Dicronychus cinereus</i>									2											
<i>Dochmonota rudiventris</i>							1													
<i>Donacia semicuprea</i>								1												
<i>Dorytomus rufatus</i>	1									1										
<i>Dorytomus taeniatus</i>						1														
<i>Dromius quadrimaculatus</i>	5		1					2		1										
<i>Dryophilus pusillus</i>	1	2	2	3				1		2										
<i>Dyschirius luedersi</i>			1																	
Dytiscidae												6	2							
<i>Ecnomus tenellus</i>													3							
Elateridae												1					1			
<i>Endomychus coccineus</i>	1																			
<i>Enicmus minutus</i>	6	2		1			10		3											
<i>Enicmus transversus</i>	2	4	6	4	4		12		1											
<i>Enochrus quadripunctatus</i>			1																	
<i>Enochrus testaceus</i>	1	39	22	1				1		82										
<i>Epuraea depressa</i>								1												
<i>Epuraea longula</i>			1																	
<i>Epuraea pallescens</i>	2																			
<i>Ernobioides angusticollis</i>	1		1	2																
<i>Ernobioides mollis</i>	3								1											
<i>Euophryum confine</i>							1													
<i>Euplectus signatus</i>									1				1							
<i>Falagria concinna</i>					1															
<i>Falcaria lacertinaria</i>														1						
<i>Gastrophysa polygoni</i>	1																			
<i>Gauropterus fulgidus</i>						1														
<i>Geotrupes spiniger</i>			1																	

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KN 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Insecta Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
<i>Litargus connexus</i>													1						
<i>Lithocharis nigriceps</i>	3	9	2	3			2					6							
<i>Lochmaea crataegi</i>				1								1							
<i>Longitarsus melanocephalus</i>	1	1						1											
<i>Lymantor coryli</i>		1																	
<i>Malthodes marginatus</i>	1	4	4	1															
<i>Megarthrus denticollis</i>	2		1	1								2							
<i>Megarthrus depressus</i>	1	2										3							
<i>Megarthrus nitidulus</i>	5	1			1	1		1				1							
<i>Megarthrus sinuatocollis</i>		1										3							
<i>Megasternum obscurum</i>	3	2			3				1										
<i>Melandryidae</i>													2						
<i>Melanotus rufipes</i>	1	3	2	1			4					12							
<i>Meligethes aeneus</i>		2																	
<i>Meligethes</i>	6	1	2	3			3					3							
<i>Melolontha melolontha</i>	1	2	2	1			3					7							
<i>Melyridae</i>													10						
<i>Micrambe villosus</i>					1														
<i>Micropeplus fulvus</i>					1														
<i>Monotoma picipes</i>	1	9	1	1	3		8		4										
<i>Mycetoporus bimaculatus</i>		1						1				1							
<i>Myrmechixenus vaporariorum</i>									1			2							
<i>Mystacides longicornis</i>	3	1	2	4			3		5					2					
<i>Necrophoridae</i>													44					1	
<i>Necrophorus humator</i>					3	2	1					2							
<i>Necrophorus investigator</i>	1																		
<i>Necrophorus vespillo</i>	2			1			1		1			1							
<i>Necrophorus vespilloides</i>												1							
<i>Neosirocalus floralis</i>	1	1			4				2										
<i>Oculea picata</i>									1										
<i>Olibrus aeneus</i>	1			2															
<i>Olibrus affinis</i>				1		1		1											
<i>Olibrus corticalis</i>							1												
<i>Omalium rivulare</i>	1				1														
<i>Omonadus floralis</i>		2						3	2										
<i>Ontholestes murinus</i>				1															
<i>Ophonus rufibarbis</i>	1																		

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
<i>Proteinus macropterus</i>						1	1			2									
<i>Pseudoophonus rufipes</i>					1					1	3								
<i>Psylliodes chrysocephala</i>					1					1									
<i>Ptenidium</i>								1		1									
<i>Ptilinus pectinicornis</i>											1								
<i>Ptinus fur</i>									1										
<i>Quedius boops</i>		1									1								
<i>Quedius fuliginosus</i>											1								
<i>Quedius semiaeneus</i>	1																		
<i>Rhagonycha fulva</i>	27	114	14		9	62		9	15										
<i>Rhagonycha lutea</i>					2														
<i>Rhantus suturalis</i>	1																		
<i>Rhinosimus planirostris</i>	1	1								3	8								
<i>Rhizophagus perforatus</i>				2															
<i>Rhyzobius chrysomeloides</i>							1												
<i>Rybachis longicornis</i>			1								1								
<i>Saprinus semistriatus</i>	1					1												3	1
<i>Scarabaeidae</i>																		4	1
<i>Scirtes hemisphaericus</i>	1							2	3										
<i>Scirtidae</i>															2	3			
<i>Scolytidae</i>														1					
<i>Scolytus mali</i>	1		1																
<i>Scolytus multistriatus</i>										1									
<i>Scolytus rugulosus</i>		10	9	2	11		4		8										
<i>Sepedophilus testaceus</i>				1															
<i>Serica brunnea</i>	29	9	2	10	1	10	30								1	1			
<i>Sericostoma personatum</i>																			
<i>Simplocaria semistriata</i>										1									
<i>Sitona lepidus</i>			1	1						2									
<i>Sitona lineatus</i>			1								1								
<i>Soronia grisea</i>																			
<i>Sphaeridium lunatum</i>	1				3		2								27	1		1	2
<i>Staphylinidae</i>																			1
<i>Stenus boops</i>	1									1									
<i>Stenus clavicornis</i>																			
<i>Stephostethus lardarius</i>	1			4					1										
<i>Tachinus signatus</i>			1																

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
Lepidoptera																			
<i>Abraxas grossularia</i>												1	2	5					
<i>Abrostola tripartita</i>	7	7	12	1		3	4	37	1	4									
<i>Acasis viretata</i>													2						
<i>Acronicta aceris</i>		1					1		5	1	3								
<i>Acronicta leporina</i>									1		1								
<i>Acronicta megacephala</i>				1					1		11			2		1			
<i>Acronicta psi</i>	2		2		2				7										
<i>Actinotia polyodon</i>	1							6											
<i>Aetheria bicolorata</i>			2											2					
<i>Agrius convolvuli</i>	1																		
<i>Agrochola circellaris</i>		1				1						1	8	2	2	1			
<i>Agrochola helvola</i>		1		1							6		3	1					
<i>Agrochola litura</i>	1	2					1		1	1	2	1	4	2					
<i>Agrochola lota</i>			1								1					1			
<i>Agrochola lychnidis</i>																			
<i>Agrochola macilenta</i>	1		1							2	1		3						
<i>Agrotis ipsilon</i>	2	4				1			1		3		5	1	1	1			
<i>Agrotis segetum</i>	26	13	11	5		2	2	23	1	15	2	8	11	6	2				
<i>Alcis repandata</i>	50	34	34	12	8	3	8	34	20	6	1	2							
<i>Allophyes oxyacanthae</i>	3	3	1					2	3		1								
<i>Alsophila aescularia</i>													1						
<i>Amphipoea fucosa</i>	2	4	1					1		11	1	6	3	1					
<i>Amphipoea oculea</i>											2								
<i>Amphipyra pyramidea</i>	4	2	4	5	1	1	10	13	1	2				1					
<i>Amphipyra tragopoginis</i>	9	9	2	4		3	1	4					4	5					
<i>Angerona prunaria</i>	2				1	1													
<i>Anticles badiata</i>	1	1							2	1	2								
<i>Anticlea derivata</i>	1		1								2								
<i>Apamea anceps</i>								3											
<i>Apamea crenata</i>	4	5	9	3		5	1	43	9	2	2	4		3	1				
<i>Apamea lateritia</i>									20	3		1							
<i>Apamea lithoxylaea</i>																			
<i>Apamea monoglypha</i>	35	27	34	10	3	11	25	519	38	23	4	85	26	7	32				
<i>Apamea ophiogramma</i>	9	6	4	2	1	3	2	61	6	2	1	6	1						
<i>Apamea remissa</i>	3	2		1			1	6	1	1		5	1	1	1				
<i>Apamea scolopacina</i>	10	5	13	3	2	2		16	1	9	8		1	1					

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
<i>Apamea sordens</i>	38	17	21	6		8	12	51	6	14	3	13	10	2	3				
<i>Apamea unanimis</i>			1				5	2	3										
<i>Apeira syringaria</i>								1	1										
<i>Aplocera efformata</i>				1				6	1					1	2	2			
<i>Archana dissoluta</i>								1											
<i>Archana sparganii</i>	1			1							1	1			1				
<i>Arctia caja</i>								3		18	10	5	1	1	1				
<i>Arctornis l-nigrum</i>											1								
<i>Arenostola phragmitidis</i>		1	1						1	21	7	4	1		1				
<i>Autographa gamma</i>	876	419	259	327	34	102	175	236	41	82	19	4127	527	268	149				
<i>Autographa iota</i>	3	1		3				2		9	1	3			1				
<i>Autographa pulchrina</i>	3		2			3	1			9	1	6	1		2				
<i>Axylia putris</i>	65	53	62	14	9	7	24	180	7	81	11	15	2		9				
<i>Biston betularia</i>		2				3	2	18		5		4	4		2				
<i>Biston strataria</i>								1		1	1								
<i>Blepharita satra</i>										2	2								
<i>Brachyomia viminalis</i>										1	1	2	1						
<i>Cabera exanthemata</i>	12	5	7	1		4	1		3	6	20	3	2	1	2				
<i>Cabera pusaria</i>	8	5	7	3	2	2	5	15	24	8	22	14	4	2	2				
<i>Calliteara pudibunda</i>	1	1		1			4	2	1	2	1	4	4		1				
<i>Campaea margaritata</i>	3	2	4	2			2	9		11	6	3			2				
<i>Camptogramma bilineata</i>	1							1					1						
<i>Caradrina morpheus</i>	201	112	136	92	37	45	54	336	89	83	26	21	5	2	5				
<i>Catocala nupta</i>							1												
<i>Celaena leucostigma</i>	1							1							1				
<i>Cerapteryx graminis</i>	7	1	2		1		3	11	36	2	3	1			1				
<i>Cerastis leucographa</i>								2	1										
<i>Cerastis rubricosa</i>										2									
<i>Cerura vinula</i>										1		2		1					
<i>Charanyca trigrammica</i>	12	7	12	3		4	8	77	19	7	2			2		2			
<i>Chesias legatella</i>				1				1		1			6			3			
<i>Chiasmia clathrata</i>								2	2	4	1	1							
<i>Chloantha hyperici</i>								1											
<i>Chloroclysta citrata</i>		1						1		2	2								
<i>Chloroclysta truncata</i>	5	1			1	2		3	2	9	5	1		2	2				
<i>Chloroclystis v-ata</i>	5	3	3	3	1	1	5	12	3	1	1	1							
<i>Chortodes fluxa</i>	1											1							

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KH (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Std 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Std 1	Insecta West 1
Cidaria fulvata	2	9	11	3	1	4		4	3	8	3	4	4			1			
Cilix glaucata	1	1				1		1	7	1	7	1	2						
Closteria curtula					1			1	1	1	4	1				3			
Colocasia coryli		1						1	1	2	3		1						
Colostygia pectinataria										1									
Colotois pennaria	1	3								2	5	2			1				
Conistra vaccinii	1							4											
Cosmia affinis										2									
Cosmia pyralina	1		1					1	2	5	6	1							
Cosmia trapezina	11	7	22	6	4	2	7	45	3	27	4	8	2	1	1				
Cosmorhoe ocellata	1							1		5	4	2		1					
Craniophora ligustris	1							1								1			
Crocallis elinguaria	13	12	7	6		2		19	13	7	6	14		2	4				
Cucullia chamomillae													1	1	1				
Cucullia umbratica	16	2	1			2	1	8	1	1		3	3	3	7				
Cybosia mesomella		1									1								
Cyclophora albipunctata			1		1		1		1	1									
Cyclophora porata											3								
Cyclophora punctaria											1		4						
Cymatophorina diluta											1								
Deilephila elpenor	2							3		4	1	2	1						
Deilephila porcellus										1			1						
Deltote bankiana										1	2		1						
Deltote deceptoria											1	1		1					
Deltote uncula												1		1					
Dendrolimus pini													1						
Diachrysia chrysitis	95	67	88	48	4	32	15	193	18	81	27	53	18	2	28				
Diaphora mendica				1						1	3				2				
Diarsia brunnea	1							3		1	1				3				
Diarsia mendica	20	4	8	2		1	1	38	16	11	11	2	1						
Diarsia rubi	19	5	6	7	4	4	9	27	13	35	12	8	6	12	7				
Diloba caeruleocephala												1							
Discestra trifolii	6	6	8	7	1	1	6	25	1	4	3	3	1						
Drepana curvatula										1	1	3	1						
Drepana falcataria								1		3	1		1						
Drymonia dodonaea									1		2	1	1	1					
Drymonia ruficornis										9	3	1	2	1					

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
<i>Eupithecia vulgata</i>	20	11	23	4		4	2	15	21		4	1			2		1		
<i>Eupithecia</i>																			
<i>Euplexia lucipara</i>	7	6	8			1	5	17	3	2	1	2							
<i>Eupsilia transversa</i>								3	1										
<i>Eurois occulta</i>								3											
<i>Eurois prasina</i>														2					
<i>Euthrix potatoria</i>		1							2										
<i>Euxoa nigricans</i>								1	1										
<i>Furcula bifida</i>																	4	1	
<i>Furcula furcula</i>																	7	1	3
<i>Geometra papilionaria</i>										1	1	2	8	16	2	1			
<i>Gortyna flavago</i>	10	2	1					3	25	11	2	5				1			
<i>Graphiphora augur</i>	6	13	6	5	1	1	1	25	4	4	13	5				3			
<i>Habrosyne pyritoides</i>	14	10	8	4		1	4	66	6	18	8	29				2			3
<i>Hada plebeja</i>	4	3	6	1		2	1			7	1	5				1	1		2
<i>Hadena bicruris</i>	15	8	5	7	2	3	1	14	1	2			2						
<i>Hadena compta</i>		2																	
<i>Hadena rivularis</i>	6	4	5	3				1	1			1		4					
<i>Heliothis reticulata</i>	49	15	15	4		15	6	16					1				1		
<i>Heliothis viriplaca</i>																	1		
<i>Hemitea aestivaria</i>	5	10	3	4	2	1	2	8	11										
<i>Hepialus humuli</i>			3			2	2	3	3									3	
<i>Herminia tarsicrinalis</i>					1			3											
<i>Hoplodrina blanda</i>	13	11	18	5	1	1	1	37	12										
<i>Hoplodrina octogenaria</i>	172	136	154	64	50	41	73	564	66	31	8	1							
<i>Hydraecia micacea</i>	84	29	25	18	7	9	10	246	78										
<i>Hydriomena furcata</i>	5	2	3			1	2	1											
<i>Hydriomena impluviata</i>	2	3																	
<i>Hylaea fasciaria</i>													1						
<i>Hypena proboscidalis</i>	18	20	45	5	4	5	7	86	33	28	66	26				7	3	6	
<i>Hypomecis punctinalis</i>				1									1						
<i>Hypomecis roboraria</i>									1	1			1						
<i>Idaea aversata</i>	19	16	20	8	8	3	9	43	15	13	5	7				5			
<i>Idaea biselata</i>	31	22	31	6	3		8	5	5	3	8	3				3	2		
<i>Idaea dimidiata</i>	28	11	8	2	21	14	8	34	166	1	3								
<i>Idaea emarginata</i>										2									
<i>Ipimorpha retusa</i>									1		2	4	1						

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KH (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
<i>Ipimorpha subtusa</i>	2	2								2	5	3	3						
<i>Itame wauaria</i>	5	4	5		1		3	1	10	4	32								
<i>Korscheltellus lupulina</i>			1	1				1	19										
<i>Lacanobia oleracea</i>	41	43	47	19	13	14	41	241	14	54	10	8	2			2			
<i>Lacanobia suasa</i>	2				1		1	8											
<i>Lacanobia thalassina</i>	4	2	5					1	12		7	1					1		
<i>Lampropteryx suffumata</i>					1					1									
<i>Laetilia populi</i>	6	5	1	3		3	1	18	3	21	21	19	2	4	2				
<i>Ligdia adustata</i>									1		1								
<i>Lithophane furcifera</i>									1			1	1	1	1				
<i>Lithophane semibrunnea</i>																			
<i>Lomaspilis marginata</i>	8	5	8	5	1	2	5	27	9	7	27	4	2			2			
<i>Lomographa temerata</i>			2	1			1	1		1									
<i>Luperina testacea</i>	23	12	3	8	8	4	3	21	14	12	11	8	8	12	2				
<i>Lycophotia porphyrea</i>				1						1		3			1				
<i>Lymantria monacha</i>										3	2	6			3				
<i>Macaria liturata</i>	1	1	1	1	1	1		2		3							1		
<i>Macaria notata</i>									1	7	7	1			1				
<i>Macdunnoughia confusa</i>								1	1			6	9			5			
<i>Malacosoma neustria</i>												1	1	1	1				
<i>Mamestra brassicae</i>	4	7	3	4		3	3	7		2									
<i>Meganola albula</i>										1									
<i>Melanchra persicariae</i>	23	17	20	7	3	8	16	177	3	3		1	1						
<i>Melanchra pisi</i>	1							1		23	2	4	4	6	5				
<i>Mesapamea didyma</i>	6		11							2	2	5	1	3					
<i>Mesapamea secalis</i>	32	73	84	30	6	12	11	124	9	9	4	12	3	3					
<i>Mesoligia furuncula</i>	53	37	58	17	12	12	20	70	13	9	5	3	13	1		3			
<i>Mesoligia literosa</i>	1		3	1		2										1			
<i>Mimas tiliae</i>	1	1				1		1		2		1							
<i>Mythimna albipuncta</i>	3	2	3					5											
<i>Mythimna comma</i>	23	9	31	7	2	6	5	77	3	11		1	7			1			
<i>Mythimna conigera</i>	3	1	1					13		3		1							
<i>Mythimna ferrago</i>	44	23	26	9	2		12	143	19	9	4	10	1	1	1	1			
<i>Mythimna impura</i>	47	25	21	12	5	4	15	174	29	3	4	2	3						
<i>Mythimna pallens</i>	7	1	3	1	1	1	1	31	1			1	2			1			
<i>Noctua comes</i>	14	8	5	2		6	2	20	1	2									
<i>Noctua fimbriata</i>		1	1	1				6	36	3	2		1		2				

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
Noctua interjecta	2	4	3	1		3	7	61	2	1			1						
Noctua janthe	90	54	104	25			2	241	5	24			2			2			
Noctua janthina	2	38		24	17	14	115												
Noctua pronuba	37	36	23	23	2	16	16	236	6	101	2	43	13	15	6				
Nola cucullatella	3	3	4	3	2		2	5	2	1	1	1							
Nonargia typhae	3			1															
Notodonta dromedarius	1	2					1	16		6	1	16	8						
Notodonta ziczac	2							6		3		7		4	1				
Nycteola revayana	1	1	1	1					1		5	2							
Ochropacha duplaris	1										1						1		
Ochropleura plecta	12	9	19	7	1	4	7	23		64	6	14	3	8	7				
Odontopera bidentata										1		1	1	1					
Oligia fasciuncula		2								4	1			3					1
Oligia latruncula										5	1	1	1						
Oligia strigilis	71	68	106	13	5	13	46	84	10	44	6	4	4				2		
Operophtera brumata										1	3	1					2		
Opisthograptis luteolata	8	12	27	4		6	28	11	3	16	3	12	5	2	6				
Orthonama vittata					1	1					1	1							
Orthosia cerasi	3	2	4	2		1	2	108	1	7		5				2	1		
Orthosia cruda							1	17		11	1	3	3	2	5				
Orthosia gothica	32	17	14	8		7	13	296	32	45	14	4							2
Orthosia gracilis	2	3	3		2	1	50	3											
Orthosia incerta	3	1	8	1		1		79	1	17	6	6	2	1	3				
Orthosia munda					1			2											
Orthosia populeti											1								
Ourapteryx sambucaria	4	4	5			2	4	5		4	4	10	1			1			
Parascotia fuliginaria	2	1	1					1											
Parastichtis suspecta								1											
Parastichtis ypsilon	5	5	8	4		2	2			4									
Pelosia muscerala									1			1	2			1			
Pelurga comitata	1		1					2		3	5	2		2		1			
Peribatodes secundaria									2		2	4	3	1	3			1	
Peridea anceps									1		4	2							3
Perizoma affinitata									1		4	2							
Perizoma alchemillata	13	15	13	7	5	5	1	24	9	21	28	13	2	6	3				
Perizoma flavofasciata										4	10								
Petrophora chlorosata										2	3	1	1						

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KH (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
<i>Phaleria bucephala</i>			1	1		1	1	4		45	41	24	7	3	16				
<i>Pheosia gnoma</i>								2		7	3	5	6	1	1				
<i>Pheosia tremula</i>								10		12		7	6	4	1				
<i>Philereme transversata</i>										1	3	6		2					
<i>Phlogophora meticulosa</i>	19	6	5	6	1	1		12	7	7	2	108	73	26	26				
<i>Photedes minima</i>										3	3	4			1				
<i>Phragmatobia fuliginosa</i>	5	1	1	3	1	1	4	26	4	3	4	2		5					
<i>Pieris brassicae</i>											1		1						
<i>Pieris napi</i>											1		1						
<i>Pieris rapae</i>													1						
<i>Plemyria rubiginata</i>			1	1			1		2										
<i>Plusia putnami</i>									1		1								
<i>Poecilocampa populi</i>											4	2		1	1				
<i>Polia bombycina</i>									1				1			2			
<i>Polia nebulosa</i>									1										
<i>Polychrysia moneta</i>	1		1							1			4						
<i>Porthesia similis</i>											3	5	12	2	2	1			
<i>Protodeltote pygarga</i>											2	7		1					
<i>Pseudoips prasinana</i>				1			1	4		2	2								
<i>Pterostoma palpina</i>	6	4	4	3				15	10	3	6	11	3	3	2				
<i>Ptilodon capucina</i>	2	2						1	3	4	14	10	1					1	
<i>Pyrrhia umbra</i>	2			1			1	13											
<i>Rheumaptera undulata</i>													1						
<i>Rhinopora rectangulata</i>	8	3	2	1	6	3	1		3		8		34	29	12	7			
<i>Rhizedra lutosa</i>									1										
<i>Rhyacia simulans</i>	1																		
<i>Rivula sericealis</i>	1										6	39	3			2			
<i>Rusina ferruginea</i>	7	6	8		5	5	59	31	6	4	5					2			
<i>Scoliopteryx libatrix</i>	2	1	5	5			3		1										
<i>Scopula immutata</i>										2	3	2				2			
<i>Scotopteryx chenopodiata</i>	10	4	4		1		24	39	1										
<i>Selenia dentaria</i>	8	7	2		1	2	1	18	13	6	6	4	2	1	3				
<i>Selenia tetralunaria</i>	1	1								3	1	2			1				
<i>Shargacucullia scrophulariae</i>							1		3	1									
<i>Sideridis albicolon</i>									1										
<i>Smerinthus ocellata</i>	3	1		2		4	1	13	1	3	2	1		1	1	1			
<i>Sphinx ligustri</i>	1								2	3	1		1	1					

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KH (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
<i>Spilosoma lubricipeda</i>	4		2		1					23	17	20	15	8	17				
<i>Spilosoma lutea</i>	8	6	4	3	1	11	12	32	21	44	23	7	10	2	13				
<i>Spilosoma urticae</i>										1			1		1				
<i>Stauropus fagi</i>										1		7							
<i>Syngrapha interrogationis</i>	2			2	1			2	7		4	6	8	5	1	3			
<i>Tethea or</i>												2							
<i>Tetheella fluctuosa</i>											1	1	13	6		3			
<i>Thaleria fimbrialis</i>									2		18								
<i>Thera britannica</i>			2	1											1	2			
<i>Thera variata</i>	1			1				1			1	1							
<i>Tholera decimalis</i>											1								
<i>Thyatira batis</i>	1			1				1		2	1	3	1		1				
<i>Timandra griseata</i>	9	6		2	1	1	2	17	3	9	8	17	11	9	9				
<i>Trachea atriplicis</i>								1	1										
<i>Triodia sylvina</i>	8	6	2	5	4	10	5	54	102	6	2	1	2	1	3				
<i>Trisateles emortualis</i>		1																	
<i>Vanessa cardui</i>							1												
<i>Watsonalla binaria</i>	1			1						1	3	1	1						
<i>Watsonalla cultaria</i>											11	1	2		1	1			
<i>Xanthia aurago</i>	1	2					1	1	4		2	4	4	2					
<i>Xanthia citrago</i>											1								
<i>Xanthia icteritia</i>			5	6	2	1	1	2	16	6	1	1							
<i>Xanthia togata</i>	10	3	9	2	2	1	2	33	19		2	3	1	1	1				
<i>Xanthorhoe designata</i>					1					2	2								
<i>Xanthorhoe ferrugata</i>	53	49	26	16	20	19	23	52	19	25	14	17	8	4	8				
<i>Xanthorhoe fluctuata</i>	3	3	3	3			2	2	3		1	1	1	1	1				
<i>Xanthorhoe montanata</i>	2		1		1	2	1	6	11	12	26	45	12	11	15				
<i>Xanthorhoe quadrifasciata</i>	6	7	4	3	3		1	1	1	4	3	4	1	2					
<i>Xanthorhoe spadicearia</i>	8	4	8	3				23	12	8	6	5	4	2	3				
<i>Xestia baja</i>					1					1			2						
<i>Xestia c-nigrum</i>	130	107	22	57	17	72	159	816	40	25	1	8	12	12	4				
<i>Xestia rhomboidea</i>					1														
<i>Xestia sexstrigata</i>	17	4	10	6	4	2	5	59	6	1		1							
<i>Xestia triangulum</i>	51	39	48	15	5	31	49	306	20	33	4	6	1						
<i>Xestia xanthographa</i>	155	103	76	46	39	18	54	305	60	11		5	5	5	1				
<i>Xylocampa areola</i>									8		6	1	1						
<i>Zanclognatha tarcipennalis</i>	1	4	5	2															

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1
Nematocera								
Anisopodidae	38	68	57	35	6	22	24	
Bibionidae	1	14	2	6		1	3	
Bradysia amoena	1		1		2	2		
Bradysia brevispina				1				
Bradysia fenestralis							1	
Bradysia giraudii							1	
Bradysia hilariformis	1							
Bradysia nitidicollis	17	30	14	2	1	13	1	
Bradysia nocturna	6	4	5	1				
Bradysia placida	8	7	5	4	1	1		
Bradysia procerata		1						
Bradysia rufescens	5	6	3	2		2		
Bradysia scabricornis	23	9	1	6	6	5	5	
Bradysia strenua						1		
Bradysia trivittata	5	5	4	1		7	2	
Bradysia vagans	19	48	10	14	6	50	38	
Cecidomyiidae	914	310	386	343	77	452	75	
Ceratopogonidae	1979	6469	2914	3806	725	2002	805	
Chironomidae	4667	4530	2440	2200	1894	1904	701	
Cratyna nobilis	1							
Cratyna vagabunda					1			1
Cratyna wasmanni					1			
Culicidae	44	29	19	25	1	25	16	
Limoniidae	620	600	602	836	69	237	126	
Lycoriella auripila	3	1	6					
Lycoriella castanescens	8	1				9	2	
Lycoriella inflata	1							
Lycoriella lundstroemi	1	1	2					
Lycoriella mali		2						
Lycoriella venosa	2	1				1	1	
Lycoriella vittata						1		
Mycetophilidae	98	15	14	20	8	48	11	
Psychodidae	1378	715	1687	1122	102	305	30	
Scatopsiara atomaria	6	19	8	4	3	24	4	
Scatopsiara calamophila			1			4		
Scatopsiara fluvialisiformis						1		

Insecta	Insecta	Insecta	Lepidop.	Lepidop.	Lepidop.	Lepidop.	Insecta	Insecta	Insecta	Insecta
KN	KH (Al)	KN (Al)	Nord	Ost	Süd	West	Nord	Ost	Süd	West
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
979		66					160	81	44	120
	4						2	2	5	
634	987						487	1	320	574
1581	484						374	130	471	107
9459	6273						2967	1841	2604	3861
54	32						13	6	14	2
491	531						133	58	54	101
842	345						820	274	1578	874

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Insecta Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
Scatopsiari multispina		6		1			5		3										
Scatopsiari nacta	8		7	1															
Scatopsiari vitripennis	3	5	1	1		1		2											
Scatopsidae	2	18	31	85															
Schwenckfeldina carbonaria	31	1	1	1			1												
Sciaridae	333	600	170	182	113	834	208			841	147				186	103	54	125	
Simuliidae	1	4		5															
Tipulidae	125	112	83	46	56	22	50			686	149				32	21	16	10	
Trichoceridae	132	365	164	97		1	2			67	127				35	19	15	29	
Trichosia morio			1																
Trichosia rejecta							1												
Neuroptera																			
Chrysopidae	49	123	82	37	17	16	54			14	13				11	21	22	13	
Hemerobiidae	20	55	49	15	11	5	20			3	6								
Sialidae										12									
Sisyridae	5	3	2	1				2											
Psocoptera																			
Elipsocinae	12	10	18	8			4												
Epipsocinae				1		1													
Lachesillinae	6	16	7	3	9	7	13												
Mesopsocidae	10	16	24	2		5	12												
Peripsocinae	21	16	24	7			3												
Psocidae	1	3		3		2	4												
Reuterellinae	21	11	27	3	1	3	11												
Stenopscocinae			1							1									
Rhynchota																			
Anthocoridae	4		1	1		1	5												
Cicadellidae	240	97	81	124	14	16	27			98	10				6	8		6	
Corixidae	32	46	100	168		5	291			47									
Cydniidae						3													
Delphacidae	5	6	2	1	1	1	7			16	13				7	7	7	2	
Miridae	128	123	85	145	25	46	75			51	72				12	9	5	12	
Nabidae	7	5	1	14	8	5	14			1								1	
Pentatomidae	25	14	21	4	1	4	11												
Trichoptera																			
Agraylea multipunctata	10	2	1		1					2	4				1			1	
Agraylea sexmaculata			1		1														

Taxon: Proben: Parallelen-Nr.:	Insecta GH 1	Insecta GH 2	Insecta GH 3	Insecta GH 4	Insecta GN 1	Insecta PH I	Insecta PH II	Insecta KH 1	Insecta KH 1	Insecta KH (Al) 1	Insecta KN (Al) 1	Lepidop. Nord 1	Lepidop. Ost 1	Lepidop. Süd 1	Lepidop. West 1	Lepidop. Nord 1	Insecta Ost 1	Insecta Süd 1	Insecta West 1
<i>Agrypnia varia</i>	2	8	5	1	2	3	6			2	2								
<i>Anabolia nervosa</i>										1	2								
<i>Cyrnus crenaticornis</i>	4					1	1	2											
<i>Cyrnus flavidus</i>										2									1
<i>Hydropsyche saxonica</i>										1									1
<i>Hydropsyche siltalai</i>	1	1		1							18							2	
<i>Limnephilus affinis</i>										4	1							1	
<i>Limnephilus auricula</i>	6	13	3	1					1		9	2							1
<i>Limnephilus binotatus</i>		2	1	2															
<i>Limnephilus elegans</i>											1								
<i>Limnephilus extricatus</i>	1		2								1	3					1	1	1
<i>Limnephilus flavicornis</i>	4	6	3	1					2		1	1							
<i>Limnephilus griseus</i>	1																		
<i>Limnephilus hirsutus</i>	1	1			1		1												
<i>Limnephilus ignavus</i>											1								
<i>Limnephilus incisus</i>	1																	1	
<i>Limnephilus lunatus</i>	8	5	5					1			4	2							
<i>Limnephilus marmoratus</i>	12	6	7	2				2			14	2							
<i>Limnephilus rhombicus</i>		1								2	1								
<i>Limnephilus sparsus</i>	4	1	5	1						1							1	1	1
<i>Limnephilus stigma</i>		2									1								
<i>Micropterna lateralis</i>												5							
<i>Micropterna sequax</i>	1											1							
<i>Oecetis furva</i>	5	2						1	7		23	23					2	9	2
<i>Oecetis lacustris</i>	1	1	1	4					2										
<i>Oecetis ochracea</i>	1						1				30	17							
<i>Oecetis testacea</i>					1														
<i>Phryganea grandis</i>	1									1									
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1																		
<i>Potamophylax nigricornis</i>										1									
<i>Ptomaphagus sericatus</i>	2					1													
<i>Tinodes waeneri</i>				2															
Anzahl Taxa:	429	367	350	345	168	328	311	200	128	313	263	184	128	101	119	73	59	51	55
Individuenzahl:	18266	20349	13749	13855	4310	9650	5685	8493	1551	26308	12534	5387	1089	584	573	7784	3566	5995	8447

