

Methoden der Erfassung von Nachschmetterlingen – Grundlagen, Möglichkeiten und Voraussetzungen für aussagefähige Ergebnisse

(Insecta: Lepidoptera)

von

CHRISTOPH SCHÖNBORN

Abstract: Based upon certain modes of moths' behaviour methods for their faunistic registration are presented. The most important sampling method is capture by light which is due to the transfer of celestial orientation to artificial sources of light. Especially in moist and wooded habitats capturing by light should be supplemented by baiting. Searching for caterpillars makes it possible to obtain valuable ecological knowledge but is insufficient to estimate the species spectrum. According to the required result of the investigation standards of capturing by light are needed depending on habitat, location and methodical design (light traps or personal captures).

Zusammenfassung: Ausgehend von bestimmten Verhaltensweisen von Nachschmetterlingen werden Methoden zu ihrer faunistischen Erfassung vorgestellt. Die wichtigste Nachweismethode ist der Lichtfang, der auf der Übertragung der Orientierung am natürlichen Licht der Himmelskörper auf künstliche Lichtquellen beruht. Besonders in feuchten und gehölzgeprägten Lebensräumen sollte der Lichtfang durch Köderfänge ergänzt werden. Der Nachweis im Raupenstadium ermöglicht wertvolle ökologische Erkenntnisse, nicht aber eine hinreichende Erfassung des Arteninventars. Je nach Anforderung an das Untersuchungsergebnis beim Lichtfang müssen bestimmte Standards eingehalten werden, die vom bearbeiteten Lebensraumtyp, vom Standort sowie von der verwendeten Ausrüstung – Lichtfalle oder persönlich betreuter Lichtfang – abhängen.

Einleitung

Das Ergebnis der faunistischen Erfassung nachtaktiver Schmetterlinge hängt entscheidend von Art und Intensität des methodischen Aufwandes ab.

Aus der Fülle der bekannten Erfassungsmethoden für „Macroheteroceren“ sollen im folgenden einige der geläufigsten hinsichtlich ihrer Möglichkeiten und Grenzen vorgestellt werden. Neben einer Erläuterung der Wirkungsursachen der jeweiligen Methode werden die auf diese Weise erzielbaren Einblicke in die Schmetterlingsfauna anhand von Literaturbeispielen und eigenen Erfahrungen diskutiert und Bedingungen für erreichte Artenzahlen und Erfassungsgrade aufgezeigt. Auf diese Weise können Standards abgeleitet werden, an denen die Methoden zu messen sind, um eine bestimmte Aussage als Ergebnis zu erhalten.

Die Arbeit stellt die überarbeitete und gekürzte Fassung eines auf der 78. Tagung Thüringer Entomologen am 17. November 2001 in der Fachhochschule Erfurt gehaltenen Vortrages dar. Für wertvolle Informationen danke ich Egbert FRIEDRICH (Jena) und Manfred JUNG (Athenstedt) recht herzlich.

Grundlagen und Ergebnisse ausgewählter Methoden

Lichtfang

Der Lichtfang ist die allgemein erfolgversprechendste, am häufigsten eingesetzte und auch am meisten diskutierte Methode zur Erfassung nachtaktiver Schmetterlinge. Mit einer Stromquelle wird eine Leuchte betrieben, die vorrangig kurzwelliges Licht emittiert und eine Reflexions- und Arbeitsfläche beleuchtet. Für Lichtquelle und Reflexionsfläche gibt es zahlreiche verschiedene Möglichkeiten der Anordnung. Nach allgemein anerkannter Auffassung ist es mit keiner anderen Methode möglich, ein vergleichbar umfangreiches Datenmaterial in relativ kurzer Zeit zu erheben (z. B. LÖDL, 1987). Zum Beispiel wurden in einer Analyse der Schmetterlingsgemeinschaften in einer überwiegend landwirtschaftlich genutzten Bachaue (Ilmaue in Thüringen) in zwei Jahren 381 Arten auch oder ausschließlich am Licht nachgewiesen, was

ca. 80% der insgesamt gefundenen Arten entsprach (SCHÖNBORN, 1999). Die Lichtfangmethode hat sich dabei als geeignete Basis für ökologisch-statistische Untersuchungen erwiesen. Andererseits sollen auf diese Weise erhobene Daten nach Ansicht mehrerer Autoren (MALICKY, 1965; JERMY, 1974) keine Aussagen zur Biozönose ermöglichen. Begründet wird dies unter anderem mit der Selektivität der Methode und der unbekanntem Herkunft der anfliegenden Falter. Dabei wird im allgemeinen unterstellt, daß die Wirkung des Lichtfanges auf einer Anlockung beruht (z. B. auch KOVACS, 1959; GASTON, 1988 u. a.).

Die tatsächliche Ursache des Anflugs zahlreicher Lepidopterenarten an künstliche Lichtquellen ist heute vor allem durch die Untersuchungen von BAKER und Mitarbeitern aus Großbritannien in den 1970er Jahren im wesentlichen aufgeklärt. Danach orientieren sich Nachtfalter bei Dispersions- und Migrationsbewegungen am Mond; bzw. an Sternen, wenn der Mond nicht sichtbar ist (SOTTHIBANDHU & BAKER, 1979). Bei bedecktem Himmel erfolgt die Orientierung am Magnetfeld der Erde (BAKER & MATHER, 1982). Das geomagnetische Feld wird ferner als konstante Vergleichsquelle bei der Einstellung des „Mondkompasses“ genutzt, wobei sich die Präferenz der Falter zum Magnetfeld im Laufe der Mondphase ändern muß. Während einer Nacht wird ein konstanter Winkel zum Mond beibehalten (BAKER, 1987). Die natürliche Orientierung am Mond wird von den Tieren auf künstliche Lichtquellen übertragen. Dies erklärt auch die bekannte Tatsache, daß ein gutes Lichtfangergebnis am ehesten bei Neumond zu erwarten ist. Ein typisches Anflugverhalten bei niedrig über dem Boden angebrachten Lichtquellen ist das plötzliche „Abtauchen“ eines zunächst in größerer Höhe fliegenden Nachtfalters. Dadurch werden die dorsalen Ommatidien stärker beleuchtet, so wie dies normalerweise durch den Mond geschieht (BAKER & SADOVY, 1978). Erfolgt die Pigmentbewegung im Auge bei der Lichtanpassung hinreichend schnell, kann sich der Falter nur noch an der künstlichen Lichtquelle orientieren und fliegt diese an (MCGEACHIE, 1988). Im Nahbereich der Lampe kommt es so zu einer völligen Irritation der Tiere.

Jedes Exemplar hält während des Fluges einen individuellen Winkel zum Mondazimut und zu künstlichen Lichtquellen ein, d. h. es gibt immer auch Tiere, die vom Licht weg fliegen. Ferner orientieren sich nur dispergierende bzw. migrierende Falter überhaupt am Mond; das heißt nur diese können photophil sein (BAKER & SADOVY, 1978). Die Populationen vieler Arten bestehen sowohl aus migrierenden als auch aus sesshaften Individuen (BAKER, 1984). Individuelle Unterschiede im Orientierungswinkel und im Migrationsverhalten führen dazu, daß immer nur ein bestimmter Teil der Populationen durch Lichtfang erfaßbar ist. Dies ist wahrscheinlich eine der Ursachen dafür, daß auch kontinuierliche Lichtfallenfänge mit nicht-selektiver Tötung am selben Ort keinen negativen Einfluß auf die Populationsstärken nachtaktiver Lepidopteren zu haben scheinen, wie von verschiedenen Autoren (FRANK, 1988; HAUSMANN, 1990b; MALICKY, 1965) beobachtet wurde. Auch erscheinen Männchen aufgrund ihrer stärkeren Dispersionsneigung meist häufiger am Licht als die für die Populationsdichte der Folgegeneration ausschlaggebenden Weibchen. Da der Lichtfang also wahrscheinlich selektiv Migranten erfaßt, sind im Fang solche Taxa unterrepräsentiert, die ihre Larvalhabitate in der Regel nicht verlassen und sich vermutlich auch nicht an Mond oder Sternen orientieren. Dies betrifft besonders die Noctuidengattungen *Catocala*, *Cucullia*, *Amphipyra*, *Xanthia*, *Conistra* sowie zum Teil *Agrochola* und die Plusiinae (MALICKY, 1965; LÖBEL, 1982). Allgemein dispergieren Ubiquisten sowie Arten offener Grasländer und Xerothermophile stärker als Wald- oder Gebüschbewohner und Hygrophile (HAUSMANN, 1990b) und zeigen somit wahrscheinlich ein ausgeprägteres Anflugverhalten zum Licht. Insofern ist der Lichtfang tatsächlich eine in gewissem Maße selektive Fangmethode mit unterschiedlicher Effizienz in verschiedenen Biotoptypen. Während in Trockenrasengebieten mit einem hohen Erfassungsgrad der vorkommenden Arten gerechnet werden kann, ist dies z. B. in gehölzbestandenen Auen weit weniger der Fall. In solchen Lebensräumen sind auch die o.g. Gattungen in der Regel gut vertreten.

Wichtig für die Beurteilung des Lichtfanges ist die Tatsache, daß seine Wirkung eben nicht auf einer „Anlockung“ (im Sinne des aktiven Aufsuchens einer Ressource) beruht, die die Tiere erst dazu veranlaßt, ihren angestammten Lebensraum zu verlassen, sondern daß vielmehr nur solche Individuen erfaßt werden, die sich bereits auf Dispersionsflug befinden und sich dabei auch von der unmittelbaren Lokalität ihrer Larvalentwicklung entfernt haben können. Dabei sieht MEIER (1992) im aktiven Aufsuchen benachbarter Biotope durch die Imagines nicht einfach nur einen „Randeffekt“. Diese können vielmehr echte Teillebens-

räume mit definierten Funktionen (Reaktion auf Witterung, Verstecke, Nahrungssuche u. a.) darstellen, obwohl sie keine Entwicklungshabitate sind. Das natürliche Verhalten der Tiere wird durch den Lichtfang erst im unmittelbaren Bereich der Lampe (bis in ca. 3 Meter Entfernung, BAKER & SADOVY, 1978) durch Blendung gestört (ROBINSON, 1952). Von entscheidender Bedeutung in ROBINSONS Untersuchungen war der genaue Standort der Lampe, der bei einer „Anlockung“ vernachlässigbar sein müßte. Der Autor betrachtete folglich den Lichtfang als geeignete Methode zur genauen Erfassung nachfliegender Insekten eines kleinen Gebietes. HAUSMANN (1990a) fand in zwei nur 45 Meter voneinander entfernt betriebenen Lichtfallen signifikante Unterschiede in Artenzusammensetzung und Anteilen der verschiedenen Ökotypen und charakterisiert den Lichtfang folglich als sehr scharfe Erfassungsmethode.¹

Fangzahlen am Licht sind daher analog Bodenfallenfängen als Aktivitätsdichten im Habitat zu interpretieren. Sie lassen sich wie diese nicht auf einen Raum oder eine Fläche beziehen. Auch ist das Verhältnis zur tatsächlichen Populationsgröße unbekannt, so daß die Fangzahlen nicht als zufällige Stichprobe („true sample“) behandelt werden können (MCGEACHIE, 1988; TAYLOR & FRENCH, 1974; VOJNITS & MESZAROS, 1974).

Köderfang

Im Gegensatz zum Lichtfang ist der Köderfang eine echte Lockreizmethode, die selektiv vor allem auf zahlreiche Gattungen der Noctuidae und daneben in geringerem Umfang auch auf Geometriden und Thyatiriden wirkt. Vertreter anderer Gruppen erscheinen nur ausnahmsweise einmal am Köder.

Der Köder bietet einen Ersatz für natürliche Nahrungsquellen wie Früchte oder ausfließende Baumsäfte. Der vielleicht erste Köderfang in der Geschichte des Schmetterlingssammelns erfolgte an geschnittenen Birnen (SCHARFENBERG, 1791). Unsere Altvorderen hüteten ihre Köderrezepte oft wie Staatsgeheimnisse. Häufig verwendet werden heute schwarzer Rübensirup, Apfelmus, Pflaumenmus, dunkles Bier, süßer Rotwein und Fruchtester. Eine Erklärung für die gute Erfassbarkeit von Noctuiden am Köder liefert UTRIO (1983). Danach sind Eulenfalter „Warmflieger“, die sich vor dem Abflug durch Schwirren aufheizen müssen. Sie haben deshalb einen kräftigen Thorax, der eine hohe Schlagfrequenz der verhältnismäßig kleinen Flügel erzeugen muß, und einen entsprechend hohen Energiebedarf, der gern am Köder gedeckt wird. Demgegenüber sind Geometriden „Kaltflieger“; ihre großen Flügel kommen mit niedrigerer Schlagfrequenz und also kleinerem Thorax aus. Bei Störungen fliegen Spanner deshalb sofort auf, während Eulen sich oft fallen lassen.

Mit dem Köderfang werden hauptsächlich große und langlebige Arten erfaßt. Häufig sind das Arten, die im Raupenstadium an Laubgehölzen leben. Das Ködern verspricht besonders im Frühjahr und im Herbst Erfolg, wenn in der Natur wenig Nahrungsquellen vorhanden sind (MEIER, 1992). Zu diesen Jahreszeiten ist gerade beim Ködern oft auch eine charakteristische Dichtekompensation zu beobachten, also der Ausgleich einer unter extremeren Bedingungen geringen Artenzahl durch höhere Individuenzahlen, die durchaus das Niveau sommerlicher Lichtfänge erreichen können.

Dagegen ist die am Köder nachweisbare Artenzahl meist viel geringer als beim Lichtfang. Jedoch kommen oft andere Arten an den Köder, nämlich diejenigen, die aufgrund ihrer geringeren Dispersionsneigung am Licht schlechter erfaßbar sind. In der Ilmaue wurden 114 Arten, das waren etwa 25% der insgesamt gefundenen Nachfalterarten, am Köder nachgewiesen (SCHÖNBORN, 1999). Dabei konnten 18 Arten, davon sechs aus den o.g. Gattungen, ausschließlich mit dieser Methode gefunden werden. Mit mindestens zehn Individuen, also sicher nicht nur zufällig, waren *Amphipyra berbera* (17) und *Mormo maura* (10) ausschließlich am Köder vertreten (in Klammern: Individuenzahl). Für faunistische Zwecke ist der Köderfang eine notwendige Ergänzung zum Lichtfang. Aufgrund der hohen Selektivität des Köderfanges und der damit verbundenen Unvollständigkeit und Zufälligkeit der Erfassung stellt er jedoch für statistische Analysen keine geeignete Grundlage dar.

¹ Auch mein verstorbener entomologischer Lehrer Gerhard SCHADEWALD (1917–1992) wußte schon vor Jahrzehnten, daß sich Nachfalter nicht über große Entfernungen vom Licht anlocken lassen. Er befand sich damit im Widerspruch zur allgemein herrschenden Meinung dieser Zeit, die in der DDR maßgeblich von dem Dresdener „Quarzlampenpionier“ Manfred KOCH geprägt wurde.

Klopfschirmmethode

Raupen der unteren Kronenschicht der Gehölze, der Strauchschicht oder auch von hohen Stauden lassen sich mit dem Klopfschirm erfassen. Bei paralleler Anwendung von Lichtfang, Köderfang und der Klopfschirmmethode wurden in der Ilmaue 86 von 218 (ca. 40%) der gehölzwohnenden Arten auf diese Weise gefunden, davon 11 Arten mit keiner der anderen Methoden (SCHÖNBORN, 1999). Für eine vollständige faunistische Erfassung der Gehölzbewohner ist die Raupensuche also nicht ausreichend. Offenbar ist die Wahrscheinlichkeit der Erfassung für bestimmte in geringer Dichte vorkommende Arten zu gering. Auch lassen sich die Arten der oberen Kronenschicht mit dieser Methode nicht erfassen. Zwar stellten LOTZ & MOELLER (1967) in den oberen Teilen der Baumkronen eine wesentlich geringere Raupendichte fest als in den unteren, jedoch handelt es sich dabei oft um andere Arten. Der große Vorteil der Raupensuche besteht natürlich im Erkenntnisgewinn über die Lebensraumansprüche der betreffenden Arten. Solche Aussagen sind beim Licht- oder Köderfang, wo Arten aus verschiedenen Strati und Biotopstrukturen gewissermaßen auf einem Fleck versammelt werden, nicht ableitbar. Wenn also spezielle Fragen der Ressourcennutzung bearbeitet werden sollen, kann auf die Raupensuche nicht verzichtet werden.

Erfassung von Raupen in der Krautschicht

Die verschiedenen Methoden sollen nur kurz skizziert werden. Man kann zum einen keschern, insbesondere wenn es sich um etwas höherwüchsige Vegetation handelt. Viele Raupen sind dämmerungs- oder nachtaktiv und lassen sich am besten abends mit der Taschenlampe finden. Als Quadratmethoden i. w. S. (BALOGH, 1958) können das Auskratzen oder Ausschütteln der Vegetation bzw. von Pflanzenhorsten oder die direkte Suche auf zuvor festgelegten Flächen zusammengefaßt werden. Der Erfolg ist oft gering, jedoch gibt es insbesondere aus früherer Zeit auch Berichte über gute Ergebnisse (BOLDT, 1925). Im Zeitalter des modernen Lichtfanges werden solche Methoden heute eher selten angewendet. Über die Raupengemeinschaften xerothermer Magerrasen und ihre Zuordnung zu bestimmten Vegetationsbeständen liegen aus dem mitteldeutschen Raum zwei ausführliche Arbeiten von JUPE (1968) über die Harslebener Berge im Nordharzvorland sowie von SCHILLER (1982) über das Leutratal bei Jena vor. Beide Bearbeiter haben in offensichtlich mühsamer Kleinarbeit eine überraschend hohe Artenzahl im Raupenstadium vorrangig in der Krautschicht gefunden, jedoch das tatsächliche Inventar der Biotope mit dieser Methodik nicht annähernd erfassen können, wie der Vergleich mit den aktuell gefundenen Artenzahlen in diesen Gebieten zeigt (Tab. 1).

Tab. 1: Vergleich der Artenzahlen (S) aus Raupenerfassungen mit der Gesamtartenzahl

Gebiet	S Raupenfunde	S aktuell
NSG Harslebener Berge	80 (1)	269 (2)
NSG Leutratal	108 (3)	448 (4)

Quellen: (1): JUPE (1968), (2): M. JUNG (pers. Mitt.), (3): SCHILLER (1982), (4): FRIEDRICH in HEINRICH et al. (1998).

Erfassungsintensität

Voraussetzung für die Beurteilung einer Schmetterlingsgemeinschaft ist ihre möglichst weitgehende Erfassung. Dabei folgt der Erfassungsgrad, in einem Diagramm über die Zeit oder die Anzahl der Einzelaufsammlungen aufgetragen, einer asymptotischen Kurve. Auf diese Weise kann ermittelt werden, wie oft oder wie lange beprobt werden muß, um einen bestimmten prozentualen Anteil des Artenspektrums zu erfassen. Die Ergebnisse verschiedener Autoren für den Lichtfang zeigt Tab. 2.

Tab. 2: Anforderungen an die Erfassungsintensität beim Lichtfang (Literaturbeispiele)

Quelle	Anzahl LF	Dauer	erfaßter Anteil	Biotope
REICHHOLF (1988)		3 Jahre 6 Jahre 7 Jahre	90%	„moderne“ Siedlung Dorfgarten Auwälder
HABELER (1979)	20		90%	warme Hänge
Bayer. Tagung zit. in WEIDEMANN (1985)	16 (8 pro Jahr)	2 Jahre	90%	
HAUSMANN (1991)	jede 2. Nacht, d. h. >100	1 Jahr	80–85%	
MEIER (1992)	5 bis 6	1 Jahr	70%	
REICHHOLF l. c.		1 Jahr	50%	div. Biotope
MEIER l. c.	1		bis 33%	

REICHHOLF (1988) hat verschiedene Lebensräume in Süddeutschland untersucht und veranschlagt drei bis sieben Jahre, um 90% der Arten dieser Biotope nachzuweisen, wobei in Auwäldern der größte Aufwand erforderlich ist. Dagegen benötigt HABELER (1979) in Xerothermhabitaten in Österreich dafür nur 20 Lichtfänge insgesamt. Eine ähnliche oder sogar noch etwas optimistischere Auffassung vertritt eine „Tagung bayrischer Schmetterlingsschützer und -kenner“ im Jahre 1984 (WEIDEMANN, 1985). Dieser scheinbare Widerspruch ist zumindest zum Teil sicher mit der erwähnten unterschiedlichen Effizienz des Lichtfanges in verschiedenen Biotoptypen zu erklären. Außerdem verwendet REICHHOLF Lichtfallen, die hinsichtlich des Ergebnisses dem persönlich betreuten Lichtfang nicht gleichgesetzt werden können. Ebenfalls auf Lichtfallen bezieht sich die Arbeit von HAUSMANN (1991), nach dessen Auffassung in jeder zweiten Nacht geleuchtet werden müsste, um in einem Jahr 80 bis 85% der vorkommenden Arten zu erfassen. Vor allem mit Blick auf die praktische gutachterliche Tätigkeit fordert MEIER (1992) innerhalb der von TRAUTNER herausgegebenen und in Deutschland allgemein anerkannten methodischen Standards mindestens 5 bis 6 Lichtfänge im Jahr, von denen der erste etwa Ende März zur Zeit der Weidenblüte, der zweite Mitte Mai, und weitere alle vier Wochen bis September durchgeführt werden sollen. Für Lichtfallen ist die doppelte Anzahl zu veranschlagen wie für persönlich betreuten Lichtfang. Dann sollen in einem Jahr 70% des Artenspektrums erfaßt sein, was für Gutachten als akzeptabel gilt. Zum Vergleich: REICHHOLF (l. c.) gibt innerhalb eines Jahres nur einen Erfassungsgrad von 50% an. Jedoch kann unter optimalen äußeren Bedingungen in einer einzigen warmen Sommernacht bereits ein Drittel der vorkommenden Arten gefunden werden. Dabei fliegen im Sommer in den ersten drei Stunden ca. 80% der Arten an und während der restlichen Nacht die verbleibenden 20%. Im Frühjahr und im Herbst erscheinen meist alle Arten schon in den ersten drei Stunden und danach läßt der Anflug stark nach (MEIER, l. c.). Viele Bärenspinner (Arctiidae) sind dafür bekannt, erst gegen Morgen das Licht anzufliegen.

Ein Problem der einjährigen Erfassungen, wie sie bei Gutachten allgemein üblich sind, stellen allerdings die jährlichen Abundanzunterschiede bei vielen Schmetterlingsarten dar. Oftmals sind gerade die seltenen und nicht in jedem Jahr nachweisbaren Arten für die Bewertung wichtig. Ein Beispiel aus eigener Erfahrung soll das verdeutlichen: Im Nationalpark Hochharz (Sachsen-Anhalt) gehören die Eule *Acrionicta menyanthidis* und der Spinner *Trichiura crataegi* in der hochmontanen Form *ariae* zu den wertgebenden und interessanten Arten. Während *A. menyanthidis* regelmäßig gefunden wird, ist *T. crataegi* selten (Tab. 3). Beim Vergleich der Anzahl der Lichtfänge und der dabei beobachteten Individuenzahlen beider Arten mit den o.g. methodischen Standards wird deutlich, daß *T. crataegi* zumindest bei einer Erfassung in der von MEIER (1992) vorgeschlagenen Intensität nicht gefunden würde. Dabei ist der Hochharz ein eher artenarmes Gebiet mit typischer Dichtekompensation, d. h. überproportional viele Arten treten in recht hohen

Individuenzahlen auf. Noch viel eher ist also bei der Bearbeitung von artenreichen Lebensräumen mit vielen subrezentenden Arten wie z. B. Auwäldern damit zu rechnen, daß viele wichtige Vertreter in einjährigen Untersuchungen nicht nachweisbar sind.

Tab. 3: Häufigkeit und Erfassungschancen wertgebender Arten im Nationalpark Hochharz bei Schierke bei Verwendung verschiedener Lichtfangstandards

Art	<i>Acrionicta menyanthidis</i>	<i>Trichiura crataegi ariae</i>
Populationsdichte	relativ hoch	niedrig
Anzahl LF zur Flugzeit	9 im Mai/Juni	6 im August/September
Individuenzahl (N)	31	2
N pro LF	ca. 3,4	ca. 0,3
Standard MEIER (1992)	ca. 7	<1
Standard Bayer. Tagung	ca. 14	ca. 1

Ausrüstung und Standort

Während frühere Entomologengenerationen auf einen Netzanschluß für den Lichtfang angewiesen waren, ermöglichen heute kleine und handliche Generatoren die Erfassung unmittelbar in den interessierenden Biotopen. Ein Beispiel ist der aktuell leider nicht mehr hergestellte EX 350 von Honda, der im unbetankten Zustand nur 8,5 kg wiegt, und mit dem Lampen bis 300W betrieben werden können. Der Vorteil dieser leichten Ausrüstung besteht in der Erreichbarkeit auch abgelegener Biotope, die man mit dem Auto nicht anfahren kann. Manche Entomologen benutzen starke Lampen bis über 500 Watt und entsprechend leistungsfähige Aggregate, die von Hand kaum noch zu transportieren sind, sowie komplizierte Gestelle, die erst mit entsprechendem Zeitaufwand (und manchmal nicht unerheblicher Lärmentwicklung) aufgebaut werden müssen. Dies bedingt Nachteile wie Beschränkung auf mit dem Auto direkt anfahrbare Standorte, gesundheitliche Risiken beim Blick in die Lampe und größeren Aufwand beim Auf- und Abbau. Die Erfahrungen sowohl aus eigener Praxis als auch anderer Entomologen zeigen aber, daß bei parallelem Betrieb von mehreren Lampen nicht die höhere Leistung über den jeweiligen Anflugerfolg entscheidet, sondern die Wellenlänge des Lichtes und der Standort. Einige Arten zeigen im Gegenteil eine deutliche Präferenz für schwache Lichtquellen (MÖRTTER, 1987; KOLBECK mündl.).

Von entscheidender Bedeutung für das Anflugergebnis sind witterungsbedingte Faktoren wie Wind und Temperatur sowie die Mondphase (MCGEACHIE, 1989). Im Hügel- und Bergland ist die charakteristische nächtliche Temperaturschichtung mit einer warmen Hangzone sowie einem Kaltluftsee auf dem Talgrund (KOCH, 1961) zu beachten. In steil eingeschnittenen Tälern ist es am Oberhang nicht nur wesentlich wärmer, sondern es kommen auch mehr Falter ans Licht als wenn auf der Talsohle geleuchtet wird. Oben werden zum einen xerothermophile Arten direkt in ihren Habitaten und zum anderen Arten des Talgrundes erfaßt, die ebenfalls in der warmen Hangzone dispergieren. Unten sind in der Regel nur die letzteren vertreten. Auch sind die warmtrockenen Biotope meist artenreicher und ihre Bewohner am Licht besser erfaßbar.

Lichtfallen

Ein Spezialfall des Lichtfangs ist die Lichtfalle. Lichtfallen sollen sich selbst überlassen bleiben und bestehen daher aus Röhren, die schwaches Licht im sehr kurzwelligen oder ultravioletten Bereich emittieren; d. h. das Licht ist für Nachtfalter optimal sichtbar, aber nicht für den Menschen. Bei einer häufig verwendeten Konstruktion prallen die anfliegenden Falter gegen eine Plexiglasscheibe und fallen durch einen Trichter in ein Auffangbehältnis, wo sie entweder nichtselektiv getötet werden oder wo ihnen bei Lebendlichtfallen eine Struktur mit möglichst großer Oberfläche (z. B. Eierverpackungen) zum Verstecken angeboten wird. Lichtfallen bieten Vor- und Nachteile. Der Vorteil besteht in der selbständigen Arbeitsweise und damit

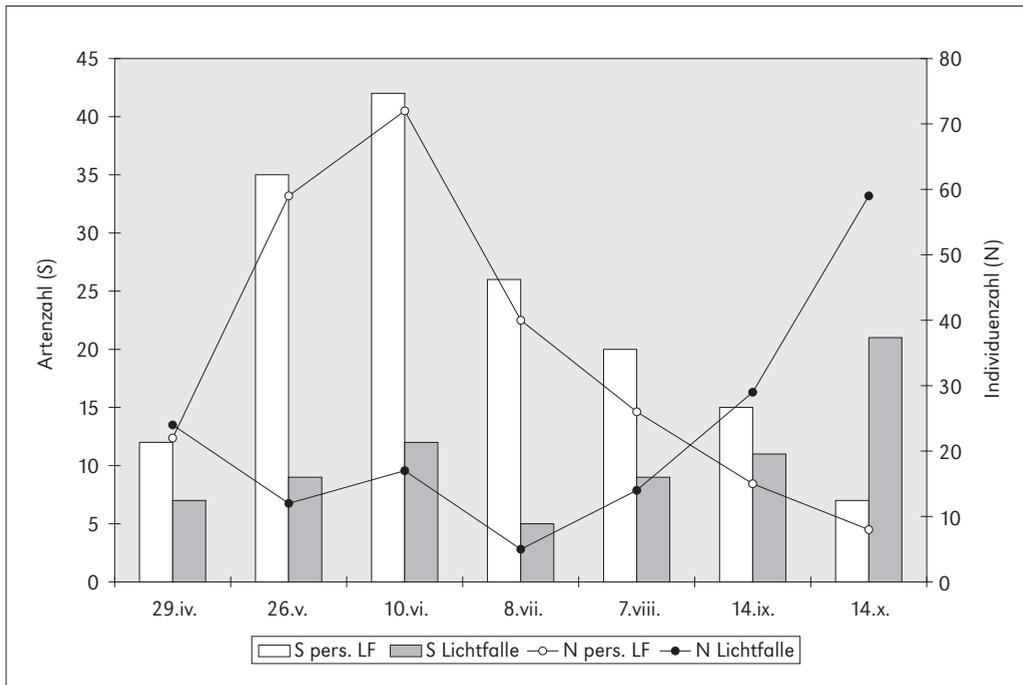


Abb. 1: Vergleich von persönlich betreutem Lichtfang und Lichtfalle; 1993 Dienststedt, Ilmaue; Einzeltermine, alle Arten.

der Möglichkeit zum Dauerbetrieb, der mit persönlich betreutem Lichtfang kaum realisierbar ist. Auf der anderen Seite ist das Fangergebnis der Falle geringer und darüber hinaus selektiv: Spanner sind unterrepräsentiert, weil sie anders als z. B. Eulenfalter nicht mit ausreichendem „Schwung“ gegen die Plexiglasscheiben prallen. In Lebendlichtfallen sind zudem bei hohen Temperaturen und starkem Anflug im Sommer die Falter oft sehr abgefliegen, so daß viele kaum noch bestimmt werden können (MEIER, 1992). Diese Vor- und Nachteile bedingen auch die üblichen Einsatzorte der Lichtfalle. Sie kann zum einen parallel zum persönlich betreuten Lichtfang in benachbarten oder auf der Anfahsstrecke liegenden Biotopen eingesetzt werden. Dort fängt sie zwar absolut gesehen weniger, bildet aber oft eine interessante Ergänzung. Zum anderen wird sie oft im Dauereinsatz am Balkon oder im Garten verwendet und ist dort durch die Kontinuität der Erfassung sehr wertvoll.

MEIER (1992) hat die Fangzahlen von persönlichem Lichtfang und Lichtfalle miteinander verglichen. Danach erschienen in einer naturnahen Flußaue (Isar, Bayern) in zwei aufeinanderfolgenden Nächten nur etwa zwei Drittel bis drei Viertel der Arten in der Falle wie bei einem einzigen persönlich betreuten Lichtfang, und zwar sowohl im Mai als auch im Juli. Die Lichtfallen steuerten dabei jeweils etwa die Hälfte der insgesamt gefundenen Arten bei gegenüber fast 80%, die der persönlich betreute Lichtfang erbracht hat. In einem größeren forstlich genutzten Waldgebiet (Schönbuch, Baden-Württemberg) waren dagegen die mit beiden Methoden erzielten Ausbeuten vergleichbar. Hier hat sich außerdem ergeben, daß bei Hinzunahme von zwei weiteren Fallenstandorten die Artenzahl noch einmal um etwa 25% gesteigert werden konnte.

Abb. 1 zeigt ein Zahlenbeispiel aus eigenen Aufsammlungen in der Ilmaue bei Dienststedt (Thüringen). Dabei sind Tage einander gegenübergestellt, an denen sowohl persönlich betreuter Lichtfang als auch Fallenfang im Abstand von ca. 80 Meter parallel durchgeführt wurden und die Fangzahlen somit direkt vergleichbar sind. Es wird deutlich, daß der für drei Stunden betriebene persönliche Lichtfang in der Regel mehr Arten ergab als die Falle in der ganzen Nacht. Die Ausnahme bildete eine windige Herbstnacht, in der die meisten Falter wahrscheinlich erst gegen Morgen in die Falle gelangten, nachdem sich der Wind gelegt

hatte. Über das Jahr zusammengefaßt übersteigt aber das Ergebnis des kontinuierlichen Fallenbetriebes die Ausbeute der persönlichen Lichtfangtermine sowohl hinsichtlich der Arten- als auch besonders hinsichtlich der Individuenzahl (Tab. 4). Dieses Verhältnis verändert sich in bemerkenswerter Weise, wenn man nur die Spanner betrachtet. Hier wurden mit persönlichem Lichtfang einige Arten mehr nachgewiesen, und der Anteil der Spannerfraktion an der Gesamtausbeute ist in der Lichtfalle deutlich geringer. Es ist also festzustellen, daß beim direkten Vergleich von Einzelterminen zwischen Lichtfalle und persönlich betreutem Lichtfang die Falle in der Regel weniger Individuen fängt, was besonders bei den Spannern deutlich wird, daß es aber an manchen Standorten und an manchen Tagen auch Ausnahmen gibt.

Tab. 4: Jahresübersicht zu Abb. 1; alle Arten und Spanner; S = Artenzahl, N = Individuenzahl; rechte Spalte, untere Zeilen: Anteile der Geometriden an der Gesamtausbeute

Methode	S / N (Nachtfalter)	S / N (Spanner)
persönlicher LF (1 pro Monat)	120 / 242	49 / 106 40,8% / 43,8%
Lichtfalle (kontinuierlich)	158 / 961	46 / 171 29,1% / 17,8%

Literatur

- BAKER, R. R. (1984): The dilemma: When and how to go or stay. – In: VANE-WRIGHT, R. I. & P. R. ACKERY (eds.), *The Biology of Butterflies*: 279–296, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- BAKER, R. R. (1987): Integrated use of moon and magnetic compasses by the heart- and dart moth, *Agrotis exclamationis*. – *Anim. Behav.* **35**: 94–101.
- BAKER, R. R. & J. G. MATHER (1982): Magnetic compass sense in the Large Yellow Underwing moth, *Noctua pronuba*. – *Anim. Behav.* **30**: 543–548.
- BAKER, R. R. & Y. SADOVY (1978): The distance and nature of the light-trap response of moths. – *Nature* **276**: 818–821.
- BALOGH, J. (1958): Lebensgemeinschaften der Landtiere. Ihre Erforschung unter besonderer Berücksichtigung der zooökologischen Arbeitsmethoden. – Akademie-Verlag, Berlin, Budapest.
- BOLDT, R. (1925): Etwas über deutsche Hadenen und ihr Raupenleben. – *Entomol. Z.* **39**: 93–95, 98–100.
- FRANK, K. D. (1988): Impact of outdoor lighting on moths: An assessment. – *J. Lepid. Soc.* **42**: 63–93.
- FRIEDRICH, E. (1998): Schmetterlinge – Lepidoptera. – In: HEINRICH, W., MARSTALLER, R., BÄHRMANN, R., PERNER, J. & G. SCHÄLLER, *Das Naturschutzgebiet „Leutratal“ bei Jena – Struktur- und Sukzessionsforschung in Grasland-Ökosystemen*. – *Naturschutzreport* **14**: 201–209.
- GASTON, K. J. (1988): Patterns in the local and regional dynamics of moth populations. – *Oikos* **53**: 49–57.
- HABELER, H. (1979): Faunisten-Arithmetik. Statistische Unterlagen über Lichtfänge von Lepidopteren. – *Ber. Arbeitsgem. Ökol. Entomol. Graz* **9**: 1–10.
- HAUSMANN, A. (1990a): Die Bedeutung des genauen Lichtfallen-Standortes für die Aussagekraft der Fangergebnisse. – *Atalanta* **21**: 301–312.
- HAUSMANN, A. (1990b): Zur Dynamik von Nachtfalter-Artenspektren: Turnover und Dispersionsverhalten als Elemente von Verbreitungsstrategien. – *Spixiana, Suppl.* **16**: 1–222.
- HAUSMANN, A. (1991): Zur Abhängigkeit des apparenten Artenaustausches von der Stichprobengröße. – *Spixiana* **14**: 237–242.
- JERMY, A. (1974): Die Bedeutung der Lichtfallen für die Faunistik und die angewandte Entomologie. – *Folia Entomol. Hung., Suppl.* **27**: 71–84.
- JUPE, H. (1968): Die Makrolepidopteren-Fauna des Naturschutzgebietes „Harslebener Berge“ im Nordharz-Vorland und ihre Beziehung zu dessen Pflanzengesellschaften. – *Hercynia N.F.* **5**: 97–180.
- KOCH, H. G. (1961): Die warme Hangzone. Neue Anschauungen zur nächtlichen Kaltluftschichtung in Tälern und an Hängen. – *Z. Meteorol.* **15**: 151–171.

- KOVACS, L. (1959): Quantitative Untersuchungsmethoden bei Schmetterlingen. – Acta Zool. Hung. **4**: 191–206.
- LÖBEL, H. (1982): Bedeutung und Stellenwert verschiedener Sammel- und Arbeitsmethoden für die faunistische Erfassung von Eulenfaltern und Spannern (Lep., Noctuidae, Geometridae). – Entomol. Nachr. Ber. **26**: 65–69.
- LÖDL, M. (1987): Die Bedeutung des Lichtfanges in der zoologischen Forschung. – Beitr. Entomol. **37**: 29–33.
- LOTZ, G. & J. MOELLER (1967): Zur Dispersion der Lepidopterenlarven in einem Eichenbestand. – Z. ang. Entomol. **60**: 211–218.
- MALICKY, H. (1965): Freilandversuche an Lepidopterenpopulationen mit Hilfe der JERMYSchen Lichtfalle, mit Diskussion biozöologischer Gesichtspunkte. – Z. ang. Entomol. **56**: 358–377.
- MCGEACHIE, W. J. (1988): A remote sensing method for the estimation of light-trap efficiency. – Bull. Entomol. Res. **78**: 379–385.
- MCGEACHIE, W. J. (1989): The effects of moonlight illuminance, temperature and wind speed on light-trap catches of moths. – Bull. Entomol. Res. **79**: 185–192.
- MEIER, M. (1992): Nachtfalter. Methoden, Ergebnisse und Problematik des Lichtfanges im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchungen. – In: TRAUTNER, J., Arten- und Biotopschutz in der Planung: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen, Ökologie in Forschung und Anwendung **5**: 203–218.
- MÖRTTER, R. (1987): Neue Nachweise von *Schrankia taenialis* (HÜBNER 1809) (Lepidoptera: Noctuidae) im Rheinland. – Entomol. Z. **97**: 107–110.
- REICHHOLF, J. (1988): Quantitative Faunistik und Biozönologie: Methoden, Ergebnisse und Probleme (Schmetterlinge und Singvögel). – Mitt. bad. Landesverein Naturkde. Natursch. N.F. **14**: 557–565.
- ROBINSON, H. S. (1952): On the behaviour of night-flying insects in the neighborhood of a bright source of light. – Proc. R. Entomol. Soc. (A) **27**: 13–21.
- SCHARFENBERG, G. L. (1791): Von einer sonderbaren Schmetterlings-Witterung oder Ankörungsart. – In: SCRIBA, Journal für die Liebhaber der Entomologie, **3**. Stück, Frankfurt.
- SCHILLER, K.-H. (1982): Strukturanalyse der Lepidopterenfauna einer Rasenkatena in dem Naturschutzgebiet „Leutratal“ bei Jena. – Dissertation, Jena.
- SCHÖNBORN, CH. (1999): Ökologische Analyse und Bewertung von Auestandorten kleiner Fließgewässer: Die Makrolepidopteren-Taxozönosen der Ilmaue (Thüringen) mit Schlußfolgerungen für eine ökologisch begründete Sanierungskonzeption. – Dissertation, Jena.
- SOTHIBANDHU, S. & R. R. BAKER (1979): Celestial orientation by the Large Yellow Underwing moth, *Noctua pronuba*. – Anim. Behav. **27**: 786–800.
- TAYLOR, L. R. & R. A. FRENCH (1974): Effects of light-trap design and illumination on samples of moths in an English woodland. – Bull. Entomol. Res. **63**: 583–594.
- UTRIO, P. (1983): Sugaring for moths: why are noctuids attracted more than geometrids? – Ecol. Entomol. **8**: 437–445.
- VOJNITS, A. & Z. MESZAROS (1974): Über die Möglichkeiten und Einschränkungen der Verwendung den [sic!] von Lichtfallen gelieferten Daten. – Folia Entomol. Hung. **27**: 241–245.
- WEIDEMANN, H. J. (1985): Ökologisch orientierte Lepidopterologie als Grundlage für Konzeption und Durchführung von Lepidopterschutzprogrammen, Teile 1–3. – Entomol. Z. **95**: 33–44, 49–62, 65–70.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Christoph SCHÖNBORN
 Schleinitzstr. 8
 D-38889 Blankenburg (Harz)