

# Der Lichtfang von Nachtfaltern: Theorie - Methodik - Beispiele

mit einer Bibliographie

von Alfons Krismann

## 1. Einleitung

Vielorts als schmutzige und schädliche Motten beschimpft, zählen Nachtfalter allgemein zu den verpönten oder zumindest unattraktiven Insektengruppen. Wer sich aber in einer warmen Sommernacht die Zeit nimmt, eine beleuchtete Hauswand nach Nachtfaltern abzusuchen, wird über die unerwartete Schönheit in bezug auf Form, Muster und Farbe dieser heimlich lebenden Tiere erstaunt sein. Selbst in Gegenden, in denen man kaum noch Tagfalter aufspüren kann, ist es kein Problem hundert oder hunderte von Nachtfalterarten zu finden. Tagfalter gibt es in Deutschland "nur" ca. 200 Arten, dagegen Nachtfalter mit über 2000 Arten, von denen gut die Hälfte zu den sogenannten Kleinschmetterlingen gezählt werden.

Um den nachtaktiven Schmetterlingen auf die Spur zu kommen, hat man sich in den letzten Jahrzehnten vieles ausgedacht. Die meisten Methoden versuchen mit Licht die Falter anzulocken. Zunächst dienten die Bemühungen nur der Sammlerleidenschaft. Heutzutage erhalten die Nachtfalter immer mehr Bedeutung für die Ökosystemforschung und den angewandten Naturschutz. In dieser Arbeit werden ich versuchen unter Berücksichtigung der biologischen Grundlagen, einen Überblick darüber zu geben, warum und wie man sich mit Nachtfaltern beschäftigt. Zur Verdeutlichung habe ich drei Anwendungsbeispiele aus meiner eigenen Lichtfangpraxis angefügt. Weitere Teile gehen auf einzelne technische und methodische Probleme bei den verschiedenen Lichtfallen- und Lampentypen ein. Abschließend habe ich eine kurze Bibliographie erstellt, die einen groben Überblick über behandelten Themen bietet. Ich habe versucht, die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeiten mit in den Artikel einzubauen.

## 2. Die Geschichte des Lichtfangs

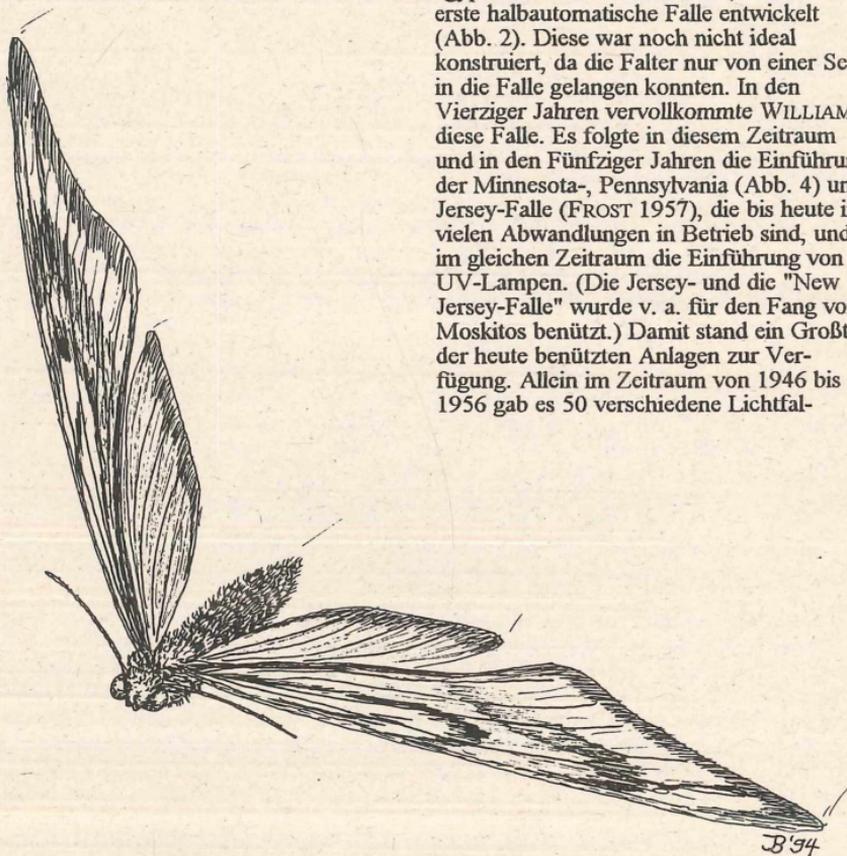
Schon ARISTOTELES (384 - 322 v. Chr.) erwähnte "Wachsmotten", die um Lampen schwirrten. Diese traten schädlich in Bienenstöcken auf. Auch PLINIUS (24 - 79 n. Chr.) machte darauf aufmerksam, daß diese Mottenart (*Galleria mellonella*) zu Lampen fliegt, die man vor die Bienenstöcke stellt, um die Bienen von diesem Schädling zu befreien. Die erste Anwendung des "Lichtfangs" war also eine heutzutage ziemlich unstrittene, nämlich die "Schädlings"bekämpfung. Bis in die heutigen Zeit wird versucht, mittels Lichtfallen schädlich auftretende Nachtfalter zu kontrollieren. Beispiellos ist das Lichtfallennetz von Ungarn (s. z. B. JERMY 1974). Man hatte allerdings bald erkannt, daß auf diese Weise keine Massenvermehrungen bekämpft werden konnten. Allerdings liefern Dauerlichtfallennetze wertvolle diagnostische Hinweise auf solche. Die erste negative Wirkung der während der industriellen Revolution eingeführten Elektrizität stellte ROSCH (1892) fest. Er beobachtete, daß die Haarstrangwurzeleule (*Gortyna*

*borelii*) die neu eingeführten, elektrischen Straßenlaternen in Massen anflug und zu Tode kam. In den nächsten Jahren war die Art verschwunden. Wer sich über die schädlichen Folgen unserer "Lichtkultur" auf die Insektenwelt interessiert, lese bei BAUER (1993), SCHMIEDEL (1992), FREUNDT & SCHANOWSKI (1991) oder WILKENS & MARTENS (1988) nach.

Schon im letzten Jahrhundert begann man, Lichtfang zu betreiben, allerdings fast nur zu Sammelzwecken. Zunächst waren es einfache Petroleumlampen, die ein weißes Laken anleuchteten, später kam die berühmte Petromax-Hochdrucklampe auf (Abb. 1), die z. T. heute noch im Gebirge in Gebrauch ist (mit Petroleum oder Diesel zu betreiben). Die Fangergebnisse sind nach meinen Erfahrungen aber nicht zu vergleichen mit Leuchtstoffröhren. Für Eupitheciiden (Blütenspanner) scheint sie als Ergänzung nicht schlecht zu sein.

Ebenso bekannt wurde die Einführung der Quecksilberdampflampen (125, 250 oder 500 Watt) in den Vierziger Jahren und wenig später die der Mischlichtbirnen (160 Watt) (JALAS 1960). Sie werden heute noch gerne verwendet, sind aber abhängig vom Stromnetz oder einem Benzengenerator.

Erste vergleichende Untersuchungen machte ADKIN (1923). Bahnbrechend für die ökologische Nachfalterforschung waren wenig später die umfangreichen Arbeiten von WILLIAMS ab den Dreißiger Jahren. Mit der Rothamsted (Vorort von London)-Lichtfalle, deren Vorläufer WILLIAMS bereits 1923 für die ägyptische Wüste konstruierte, wurde die erste halbautomatische Falle entwickelt (Abb. 2). Diese war noch nicht ideal konstruiert, da die Falter nur von einer Seite in die Falle gelangen konnten. In den Vierziger Jahren vervollkommnte WILLIAMS diese Falle. Es folgte in diesem Zeitraum und in den Fünfziger Jahren die Einführung der Minnesota-, Pennsylvania (Abb. 4) und Jersey-Falle (FROST 1957), die bis heute in vielen Abwandlungen in Betrieb sind, und im gleichen Zeitraum die Einführung von UV-Lampen. (Die Jersey- und die "New Jersey-Falle" wurde v. a. für den Fang von Moskitos benützt.) Damit stand ein Großteil der heute benützten Anlagen zur Verfügung. Allein im Zeitraum von 1946 bis 1956 gab es 50 verschiedene Lichtfal-



lentyen. Die meisten entpuppten sich aber nur als teure Modifikationen, die nichts bringen bzw. sogar den Falterfang reduzierten (FROST 1957). Ebenfalls in den Fünfziger Jahre konstruierte KOCH den sogenannten "Leuchtturm" (Abb. 5). Diese "Großanlage" ist bis heute rge in Gebrauch (siehe unter Methoden).

### 3. Warum, wann und wie fliegen Nachtfalter ans Licht?

Frühere Erklärungsversuche erscheinen uns heute skurril. So vermutete man (s. MARTEN 1956), daß der Lichtsinn der Nachtfalter in den Fühler säße und erklärte damit das Phänomen, daß mehr Männchen als Weibchen ans Licht fliegen (Männchen. haben i. d. R. größere Fühler! Diese dienen aber der Pheromonrezeption.). Marten beschrieb aber auch als einer der ersten eine positive Phototaxis, d. h. die Falter besäßen "instinktiv" eine Neigung, sich zum Licht hinzubewegen. KOCH (1950, 1955) spricht mit ähnlichem Sinn von "heliophilen" Insekten und MALICKY (1965) ebenfalls von Insekten mit positiver Phototaxis. Im Gegensatz dazu nennt KURTZE (1974) die Nachtfalter negativ phototaktisch. In neueren Untersuchungen stellte sich heraus, daß sowohl negativ als auch positive Phototaxis beim Anflug ans Licht zu beobachten ist. Wie bei anderen Insektengruppen entdeckte man später (z. B. BAKER 1978), daß auch Schmetterlinge über eine Lichtkompaßorientierung (Menotaxis) verfügen, d. h. sie halten während des Fluges einen bestimmten Winkel zu einem Himmelskörper ein. Ist der Winkel kleiner als 90°, bewegen sich die Falter in Spiralen auf die Lichtquelle zu, liegt der Winkel zwischen 90 und 180°, bewegen sie sich von der Lichtquelle weg (s. SCHMIEDEL 1992).

Nachtfalter besitzen eine andere spektrale Empfindlichkeit als wir Menschen. HAMDFORF et al. (1972) wiesen einen UV-Sehfarbstoff bei den Faltern nach, den wir Menschen nicht besitzen. Sie könne daher Licht mit Wellenlängen von 330 bis über 800 nm "sehen". Das Maximum der Empfindlichkeit liegt bei 410 nm (CLEVE 1964). CALLAHAN (1965) zeigte sogar, daß Nachtfalter auch Infrarot-Strahlung im Bereich von 9 bis 10 µm wahrnehmen und darauf reagieren. Die Orientierung bei "völliger" Dunkelheit könnte also wesentlich komplexer sein als bei uns Menschen. Nachtfalter besitzen ein sogenanntes Superpositionsauge. Während des Tages lagern sie Pigmente in ihre Ocellenaugen. Nachts werden diese zurückverlagert, d. h. mehr Licht fällt durch das Auge. Bei der Hausmutter (*Triphaena pronuba*) wies man nach, daß diese Tiere noch eine Helligkeit von nur 0,000025 Lux bei farbigem Licht unter 600 nm registrieren. Das entspricht ungefähr einem Hunderstel der Helligkeit eines mondlosen Himmels (in FREUNDT & SCHANOWSKI 1991)!

Am Beispiel von *Agrotis exclamatoris*, der Gemeine Graseule, zeigte BAKER (1987), daß Nachtfalter das geomagnetische Feld zur Eichung ihres Mondkompasses benutzen. *A. exclamatoris* fliegt i. d. R. ca. 90° zum Mond-Azimut. Schon BAKER & SADOVY (1978) postulierten, daß die Falter die Lichtfalle mit dem Mond verwechselten und zum Mond einen fixen Winkel einhielten (Dieselben Autoren halten auch eine Orientierung anhand der hellsten Sterne für möglich). Damit könnte man die Spiralflüge um die Lampe erklären.

Die "Theorie der freien Flugbahn" (s. SCHMIEDEL 1992) erklärt den Anflug ans Licht mit einer Flucht in den freien Raum (TSHERNYSHEV 1970). Beim Start aus der Krautschicht sollen sich die Nachtfalter an dem UV-reichen Himmel orientieren, das hieße sie verwechseln die Lichtfalle mit dem Himmel. Ganz schlüssig ist aber auch diese Theorie nicht, da an Waldstandorte angepaßte Arten auch ans Licht fliegen.

HSIAO (1972) teilt den Anflug eines Falters ans Licht in eine Nah- und in eine Fernphase auf. Seine "Machband-Theorie" geht davon aus, daß positive Phototaxis in negative umschlägt und der Falter daher in der Nähe der Lampe versucht in den dunkelsten Raum zu fliegen. Das ist nach dem Prinzip der lateralen Hemmung (Kontrastverschärfung) der Raum direkt neben der Lampe. Man kann damit ebenfalls spiralförmige Taumelbewegungen um die Lampe erklären. Warum setzen sich dann aber die Falter mit Vorliebe auf weiße Laken oder direkt auf die Lampe?

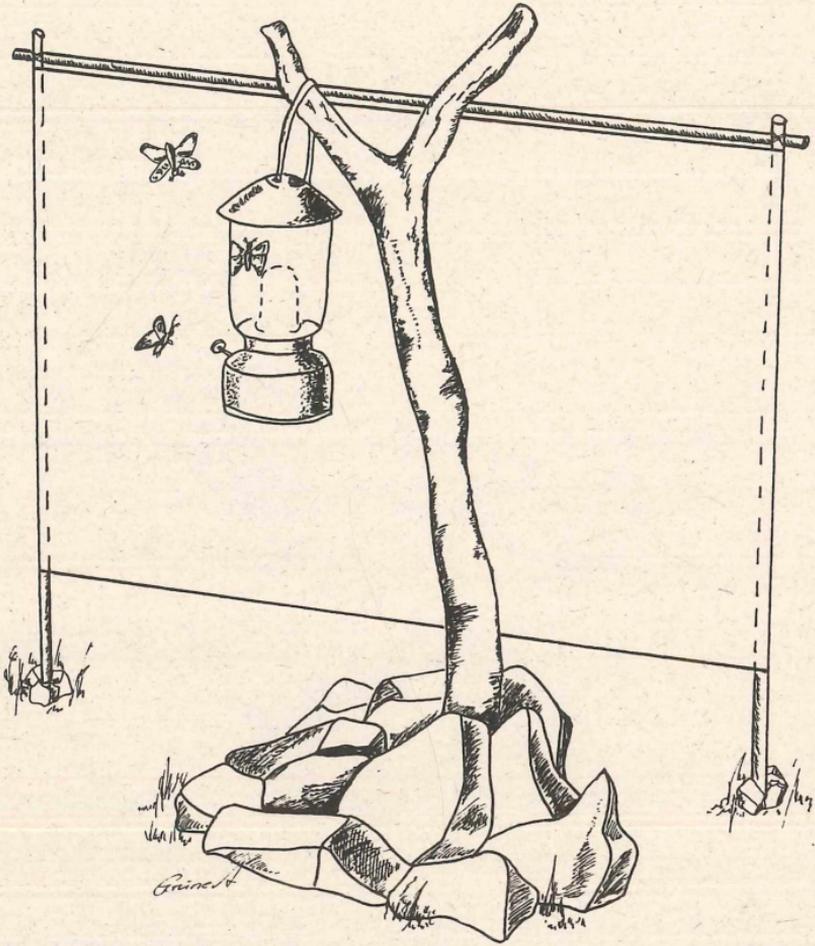
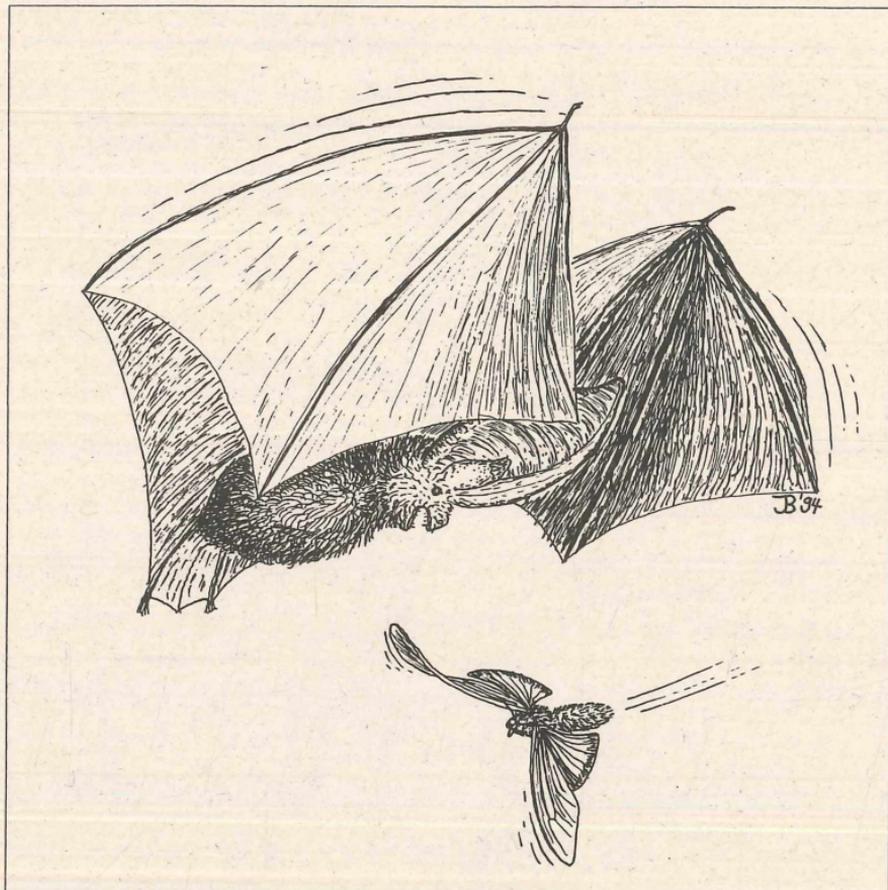


Abb. 1: Petromax-Lampe mit Leuchtturm (verändert nach KOCH 1984)

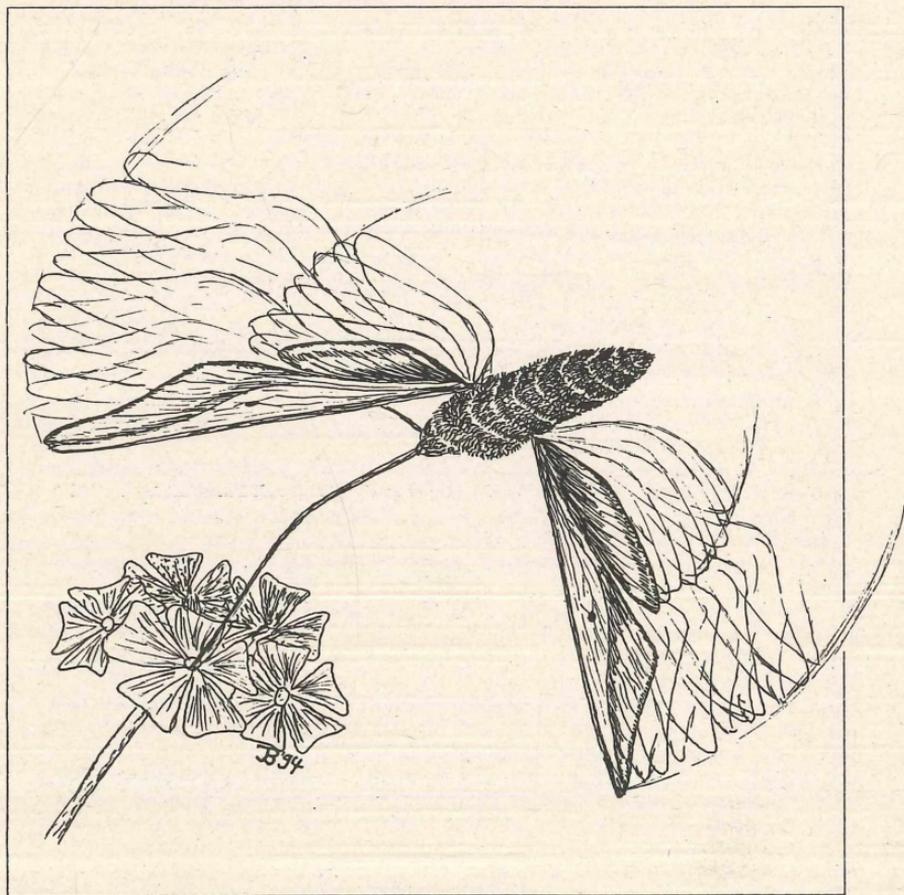
Wer Lichtfang betreibt, weiß aber, daß sich die Falter auf die verschiedenste Art und Weise einer Falle nähern können oder sich auch wieder von dieser entfernen. MCGEACHIE (1988) unterteilte die Anflüge in drei Gruppen: Neuankömmlinge, die direkt auf die Lampe zusteuern, Vorbeiflieger und lokale Flieger (bzw. Flüge). Ca. 80 % aller mit einer Videokamera gefilmten Flüge führten nicht in die Falle! Das unterschiedliche Anflugverhalten erklärte MCGEACHIE auf eine sehr interessante Weise. HAMDORF & HOGLUND (1981)



hatten nachgewiesen, daß sich bei Blendung mit UV-Licht bei einigen Nachtfalterarten die Pigmentverlagerung, d. h. die Anpassung an das helle Licht, innerhalb von 30 bis 60 Sekunden vollzieht (Damit wird eine weitere simple Blendungstheorie von SCHACHT & WITT (1986) widerlegt). MCGEACHIE vermutet, daß die Geschwindigkeit dieser Pigmentverschiebung dafür verantwortlich ist, ob ein Falter in die Falle geht oder nicht. Zunächst ist der Falter geblendet und taucht ins Gras ab. Wenig später hat sich der Falter an die neuen Lichtverhältnisse angepaßt und sieht folglich wie wir Menschen nur noch das Licht der Lampe. Daher könne dieser nur noch auf dieses Licht zufliegen. Falls ein Falter öfters anfliegt und immer wieder erneut geblendet wird ("lokale Flüge") kann das Insekt sich abwenden und die Lichtquelle verlassen. Falter, die sich schnell an die neuen

Lichtverhältnisse anpassen können, fliegen eventuell direkt in die Falle. Meiner Ansicht erklärt diese neue Theorie längs noch nicht alle Phänomene. Z. B. fliegen manche Falter schnurgerade an einer Lichtfalle vorbei. Sie bietet allerdings einige neue Ansatzpunkte. So müßte nach dieser Theorie auch wichtig sein, wie schnell ein Falter die Lichtquelle anfliegt. Gerade Spanner und Kleinschmetterlinge fliegen deutlich langsamer als Eulen oder gar Schwärmer. Das könnte bedeuten, daß die Anpassung an die hellen Lichtverhältnisse schon während des Anfluges erfolgt und die Tiere sich daher weiter entfernt von der Lichtquelle in Gras setzen und nie bis zur Falle gelangen. Bei Helligkeit (tagsüber) sind die Falter ruhig und es könnte sein, daß diese schwachflügigen Arten inaktiv im Gras sitzen bleiben. Das würde zusätzlich den relativ geringeren Anteil von Spanner und Kleinschmetterlingen am Licht erklären. Auch Eulenarten werden meistens nach einiger Zeit ruhig, selbst wenn sie direkt neben der Lampe sitzen.

Nicht nur die Wellenlänge des benutzten Lichtes und die Stärke (Lumen), sondern auch die Oberflächenhelligkeit ( $\text{Lumen/cm}^2$ ; ROBINSON & ROBINSON 1950) und der Durchmesser der Leuchtquelle spielen eine wichtige Rolle bei der Anlockung von Insekten (Zusammenfassung bei SCHMIEDEL 1992).



Unter den Nachtfaltern fliegen genau wie bei den Köcherfliegen (Trichoptera) weit mehr Männchen als Weibchen an. Bei den Sphingiden (Schwärmern) und Notodontiden (Zahnspinnern) findet man nur sehr selten Weibchen am Licht (Zusammenfassung bei KURTZE 1974). Bei den meisten Nachtfaltergruppen bewegt sich das Verhältnis zwischen Männchen und Weibchen zwischen 20 : 1 und 1,2 : 1. Die Ursachen dafür sind entweder die geringere Attraktivität des Lichtes für die Weibchen oder deren geringere Flugaktivität oder die vollständige Flugunfähigkeit der Weibchen (NOVAK 1974).

Am Licht findet man nicht die natürliche Verteilung der Nachtfaltergruppen. Dominierend sind Noctuiden (Eulenfalter) mit über 50 % der Anflüge (KURTZE 1974, MEINEKE 1984).

Nachtfalter zeigen zwei deutliche Aktivitätsphasen: die erste findet nach der Dämmerung statt und dient der Nahrungsaufnahme, die zweite, die der Fortpflanzung dient, ca. zwischen 23.00 und 1.00 Uhr (differenzierter Aktivitätsverlauf bei HOWLADER & GERBER 1986). Dieser circadiane Aktivitätszyklus ist nach diesen und anderen Autoren endogen bedingt (u. a. WILLIAMS 1935, BÜNNING 1963 oder SCHAL & CARDÉ, 1986), d. h. durch eine innere biologische Uhr gesteuert

Die Hauptanflugzeit liegt zwischen zwei und vier Stunden nach Sonnenuntergang. Die Hepialiden (Wuzelbohrer) fliegen allerdings nur bis ca. 1,5 Stunden nach Sonnenuntergang. Bei Temperaturen unter 10° Celsius setzt v. a. bei Geometriden (Spannern) der Anflug bis zu 1,5 Stunden früher ein (Zusammenfassung bei KURTZE 1974).

Bei einigen sommeraktiven Eulenaltern wurde im Labor nachgewiesen, daß die Flugaktivität erst unterhalb von fünf Lux einsetzte. Oberhalb von 15 Lux waren die Tiere inaktiv (KURTZE 1974). Die Flugaktivität setzt bei Bewölkung im Gegensatz zu unbedeckten Himmel im Schnitt um ca. zehn Minuten früher ein (KURTZE 1974).

Der Nachtfalteranflug findet i. d. R. erst ab 10 bis 15° Celsius in nennenswerter Menge statt. Optimal sind Temperaturen über 18° Grad. Allerdings gibt es einige Arten, die auch bei Frost fliegen und sogar höhere Temperaturen meiden, z. B. *Monima*- und *Ope-rophihera*- (Frostspanner-) Arten. Geometriden (Spanner) fliegen eher bei tieferen Temperaturen (KURTZE 1974). Nicht nur die absolute Temperatur, sondern auch der Unterschied zwischen Tag- und Nachttemperatur ist ein wichtiger Faktor für die Stärke des Anfluges (DANIEL 1952).

Entgegen einer weitverbreiteten Ansicht nimmt der Nachtfalteranflug mit der Luftfeuchte nicht signifikant zu. Dagegen ist kurzer feiner Nieselregen förderlich für den Anflug, außer bei sehr kleinen Arten (KURTZE 1974). Bei wandernden Faltern, v. a. im Alpenraum, aber auch in anderen Gebieten, stellten u. a. AUBERT, AUBERT & PURY (1973) Massen-anflüge bei Nebel fest (weniger bei Bodennebel).

Wind stellt einen entscheidenden Faktor für den Anflug ans Licht da. Ab Windstärken von 6 bis 14 m/Sekunden erfolgt kein nennenswerter Anflug von Nachtfaltern mehr (Zusammenfassung bei KURTZE 1974). Das entspricht ziemlich genau der maximalen Flugeschwindigkeit von Eulen und Schwärmern. Diese erreichen nach DENT & PAWAR (1988) Geschwindigkeiten von 16 und 24 km/h, das entspricht ca. 5 bis 6 m/Sekunden. Kleinschmetterlinge und Spanner sind wesentlich windempfindlicher.

Der meistdiskutierte Faktor in bezug auf die Flugaktivität von Nachtfaltern ist der Mond. In Vollmondnächten (0,4 Lux) gilt der Gesamtanflug als gering. Dämmerungsarten zeigen aber sogar längere Flugzeiten in mond hellen Nächten. Späte Flieger zeichnen sich dagegen durch verkürzte Flugzeiten aus. Der Mond kann zwar die Flugaktivität der Falter modifizieren, sein direkter Einfluß wird aber allgemein überschätzt, v. a. deshalb, weil mond helle Nächte mit anderen Faktoren kombiniert sind (niedrige Temperatur und relative Luftfeuchte, Zusammenfassung bei KURTZE 1974, WILLIAMS 1936, WILLIAMS & SINGH 1951, PERSSON 1971). Für einzelne Arten wurde allerdings ein deutlicher, negativ linearer Zusammenhang zwischen Anflug und Mondscheinintensität nachgewiesen (AB-HJEET & NATH 1991). In neueren Untersuchungen stellte sich heraus, daß verschiedene Nachtfaltergruppen unterschiedlich auf die Mondscheinintensität reagieren. Anhand multipler Regression fand MCGEACHIE (1989), daß Fänge von Eulenfalter unabhängig

vom Mondlicht, aber abhängig von Temperatur und Windstärke sind, während Zünsler (Crambinae) sich erstaunlicherweise signifikant unabhängig von der Temperatur verhielten. Einheitliche Ergebnisse liegen bis heute nicht vor. Erwähnt werden soll noch, daß auch die Flughöhe vom Mondschein beeinflusst wird (WILLIAMS 1956, BROWN & TAYLOR 1971). Wenn oben von "Flugaktivität" die Rede war, meinte ich immer nur diejenige Aktivität, die man mit einer Lichtfalle registriert. Eine von den Mondzyklen abhängende reale Flugaktivität der Falter existiert nicht, wie schon WILLIAMS, SINGH & ZIADY 1956 mit Saugfallen nachweisen konnten. Es handelt sich bei den registrierten Zyklen also um ein Artefakt! Die Änderungen in der Flughöhe müssen dagegen nicht auf ein Artefakt zurückzuführen sein.

Von der Höhe der Lichtfalle hängt in entscheidenden Maße die maximale Distanz ab, innerhalb der Nachtfalter von einer Falle noch angelockt werden. SOTTHIBANDHU & BAKER (zitiert in BAKER & SADOVY 1978) zeigten z. B., daß bei einer 125 Watt-Mischlichtanlage der Einflußbereich bei 3 m liegt, wenn die Anlage auf 60 cm Höhe aufgestellt wird. Bei einer Höhe von 9 m stellten die Autoren einen Anflug aus 10 bis 17 m fest. Nimmt man die Helligkeit des Mondes als Maßstab, so müßte der Einflußbereich je nach Mondphase (etc.) zwischen 35 und 519 m liegen (BOWDEN & MORRIS 1975, zitiert in BAKER & SADOVY 1978). Einen Radius von 10 m ermittelten AMBRUS & CSÓKA (1992) bei Wiederfangstudien über den Frostspanner und ebenfalls 10 m MCGEACHIE (1987) mit einer Quecksilberdampflampe. WILLIAMS (1939) stellte bei einer auf einem 10,6 m hohen Dach aufgestellten Lichtfanganlage einen doppelt so hohen Anflug fest, wie bei einer an einer gleich hohen Straßenlaterne aufgehängten. Eine in Bodennähe gestellte Anlage brachte nur ein Sechstel des Fangergebnisses vom Dach. Dieses Verhalten ist wahrscheinlich damit zu erklären, daß die verwendete Lichtfalle fast nur nach oben Licht abstrahlte und somit bei der freihängenden nur hochfliegende Tiere gefangen wurden. In den obigen Arbeiten wird die Anlockdistanz bestimmt. Diese muß nicht mit der Anflugdistanz identisch sein, die bei herumvagabundierenden Arten viel größer ist. So ermittelten WILKENS & MARTENS (1988) einen Einflugradius von 5 bis 10 km. Diese Werte erhielten sie, indem sie die Standorte der Raupenfraßpflanzen der gefangenen Falter mit dem Lichtfangort verglichen. Ähnliche Ergebnisse ermittelte PRETSCHER (mündl. Mitt.), der in Köln Schilfarten anlockte. Selbst Saugfallen- und Radaruntersuchungen haben bisher keine Einigung über den wirklichen Einflußkreis einer Lichtfanganlage erbracht. Sonstige Faktoren für die Flugaktivität sind die Solar-Aktivität (TSHERHYSHEV 1972), die Jahresrhythmik oder Nahrungsmangel (LARSEN 1943). Die z. T. in gleichlangen Intervallen auftretenden stoßweisen Anflüge von Nachtfalter, aber auch Dipteren (Zweiflügler), könnten eventuell mit den auffallend synchronen Pulsationen des Erdmagnetfelds zusammenhängen (KURTZE 1974).

Der Vergleich verschiedener Untersuchungen wird leider erheblich erschwert durch die deutlich unterschiedliche Fängigkeit der Lichtfanganlagen (u. a. MCGEACHIE 1988). Deshalb werden ich im folgenden Abschnitt u. a. detailliert auf den Vergleich verschiedener Lichtfangtechniken eingehen.

### 3. Die Methodik des Lichtfanges

Der Lichtfang stellt die klassische und effektivste Methode des Nachtfalterfanges dar. Andere Methoden wären der Käscherfang, die Reusennfalle (z. B. mit einem Auto, BARNARD 1979), die Emergenzfalle, der Köderfang, die Pheromonfalle, die Klebfalle, die Malaisefalle oder die Saugfalle. Einige Nachfaltergruppen, z. B. die Ordensbänder, lassen sich besser mit einem Köder fangen als mit Licht. Allerdings sind bisher alle Arten auch am Licht gefangen worden (LÖDL 1989). Als Ergänzung kann man aber ohne großen Aufwand etwas Honig, Marmelade, weingetränkte Lappen, stinkenden Käse oder eine andere "Zauber Mischung" an die umliegenden Bäume schmierien bzw. hängen und ab und zu während des Lichtfanges kontrollieren. Aufwendigere Ködermethoden können für einzelne Arten deutlich bessere Ergebnisse als Lichtfallen ergeben (MCDONALD & FARROW 1990). Die Saugfallen haben den Ruf besonders objektiv zu sein (z. B. TAYLOR

& CARTER 1961). Gute Flieger, wie die Eulenfalter, können sich aber dieser Falle entziehen und verfälschen daher das angeblich objektive Aktivitätsbild, das dieser Fallentyp erbringen soll. Wer sich über diese Methoden informieren will, dem empfehle ich die Zusammenfassung bei LÖDL (1989) oder die ausführliche Arbeit von MUIRHEAD-THOMSON (1991) bzw. die Arbeit von JUILLET (1963) oder JOHNSON (1950b).

Besonders interessant ist die Beschreibung einer kombinierten Saug-Lichtfalle für Moskitos von WILTON & FAY (1972). In diesem Fall ist ein Propeller im Fang-Trichter eingebaut, der die Insekten in den Sack saugt. Mit einer modifizierten Anlage für Schmetterlinge sollte es möglich sein, die Fangdaten von halbautomatischen Fallen denen von betreuten Geräten mit Handabsammlung anzugleichen. Möglich wäre auch der Einbau einer Schaltuhr, die zur Morgendämmerung die Öffnung des Trichters verschließt und so das Entweichen der Falter in der Morgendämmerung verhindert.

Lichtfallen werden sowohl auf dem Land als auch unter Wasser eingesetzt. Zu Land hat sich in erster Linie der persönliche Handfang am Licht durchgesetzt, der bis heute unbestritten die größten Artenzahlen erbringt und großen Erkenntniswert besitzt. Um den Zeit- und Kostenaufwand zu verringern und die Ergebnisse von verschiedenen Orten vergleichbar zu machen, verwendet man seit ca. 1930 halbautomatische Fallen, bei denen die Falter i. d. R. durch einen Trichter in einen Sack oder einen Tötungsbehälter fallen (s. Abb. 4). Setzt man mehrere Fallen ein, spricht man vom "Vergleichenden Lichtfang". Man unterscheidet zwischen der Simultanmethode, bei der mehrere Geräte in unmittelbarer Nähe aufgestellt werden, und der Rotationsmethode, bei der mehrere Anlagen in größerer Entfernung aufgestellt werden und möglichst jeden Tag von Standort zu Standort rotieren. Ziel dieser Methoden war früher oft, die Effizienz verschiedener Fallentypen miteinander zu vergleichen. In neuerer Zeit macht man sich solche Parallelfänge zu nutzen, um möglichst objektiv faunistisch-ökologische Vergleiche zwischen zwei oder mehreren Biotopen machen zu können (s. u. bei Bioindikation).

Unterwasserfallen werden naturgemäß nicht für Nachtfalter eingesetzt (siehe Arbeiten von ENGELMANN).

Die Wahl der richtigen Leuchtquelle ist entscheidend für den Fangerfolg. Es wurde beobachtet, daß v. a. superaktinische Leuchtstoffröhre (Blaulicht) zu hohem Nachtfalteranflug führen (u. a. CLEVE 1964). V. a. Quecksilberdampflampen, aber auch Schwarzlicht- und Mischlichtlampen werden gerne benützt. Es gibt zwar viele Untersuchungen über die Effizienz verschiedener Lampentypen (FROST 1953 & 1954, VAN DE POL 1956, CLEVE 1964, MIKKOLA 1972, JERMY 1974, BETTMANN 1987, FREUNDT & SCHANOWSKI 1991, SCHMIEDEL 1992, BAUER 1993), die Ergebnisse sind aber z. T. widersprüchlich. So kommt FROST (1953) zu dem erstaunlichen Ergebnis, daß über alle Insektengruppen gemittelt, weißes Licht (100 Watt) etwas attraktiver ist als Schwarzlicht (100 Watt). Kleinschmetterlinge zeigten allerdings eine hohe Präferenz für Schwarzlicht, während man bei Großschmetterlingen keinen Unterschied erkennen konnte. VAN DE POL (1956) ermittelte dagegen, daß Kleinschmetterlinge kaum angelockt werden durch UV-Licht, Schwärmer (Sphingidae), Zahnspinner (Notodontidae), Bärenspinner (Arctiidae), Eulen (Noctuidae) und Spanner (Geometridae) dagegen stark. JERMY (1974) stellte fest, daß das Anflugverhalten an Lampen mit unterschiedlichem Spektrum art- und jahreszeitspezifisch ist. In einer methodisch nicht ganz einwandfreien Arbeit ermittelte BETTMANN (1987) die Verteilung von verschiedenen Eulenarten (Noctuidae) an einer UV-Birne und einer superaktinischen Röhre. Ein besonders aus der Reihe fallendes Ergebnis schildert MIKKOLA (1972). Er fand, daß der Adlerfarn-Wurzelbohrer (*Hepialus fusconebulosus*) mit Vorliebe zu gelbem Licht fliegt (Dämmerungsart!). Fast alles was denkbar ist, scheint in der Natur verwirklicht zu sein. In einer Testreihe mit fünf verschiedenen Birnentypen ermittelten BELTON & KEMPSTER (1963) die größte Wirkung bei einer Schwarz- und Weißlicht emittierenden Lampe (Typ: H100 BL38-4 100W Ultraviolett). Eine Kombination verschiedener Lampentypen stellt wahrscheinlich die

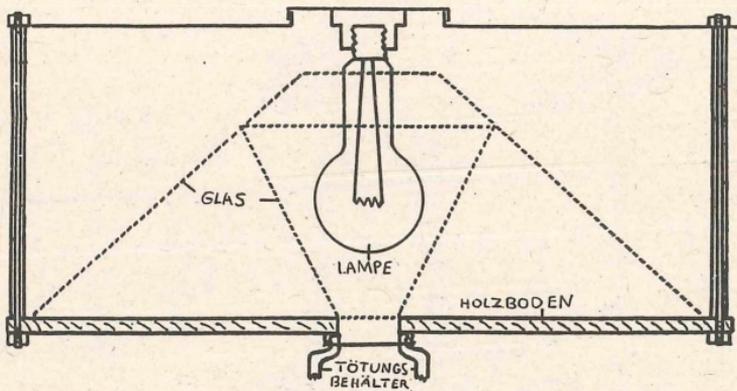


Abb. 2: Rothamsted-Lichtfalle (aus WILLIAMS, FRENCH & HOSBI 1954)

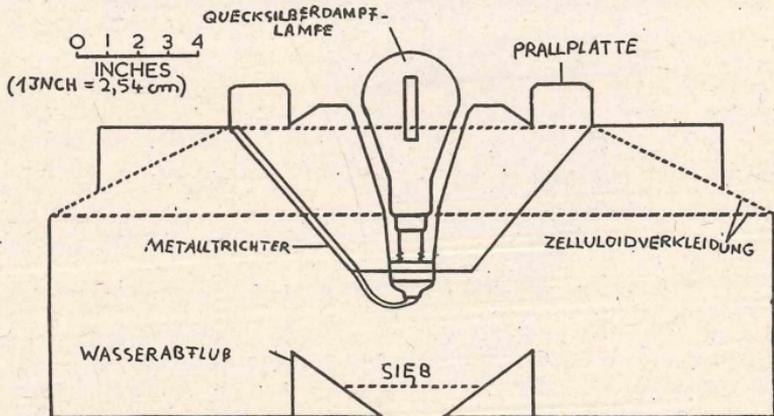
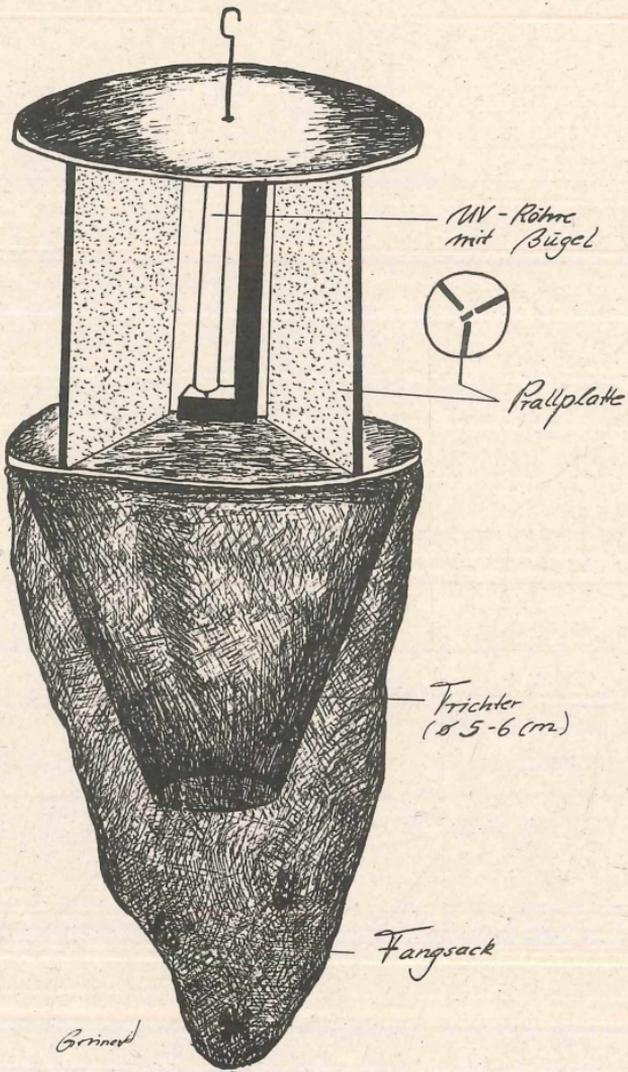


Abb. 3: Robinson-Lichtfalle (aus WILLIAMS, FRENCH & HOSBI 1954)



*Aufbau einer Lichtfalle zum Lebendfang*

Abb. 4: Pennsylvania-Lebendlichtfalle (verändert nach REICHHOLF 1984)

wirkungsvollste Lösung dar (z. B. 15 bzw. 20 Watt-Weißlichröhre und je einer entsprechende Blaulicht- und Schwarzlichröhre). Quecksilberdampf lampen sind augenschädlich und sollten nur mit UV-Filter-Sonnenbrillen benützt werden.

Eine Verdopplung des Leuchteffektes bzw. der Watt-Zahl der Birnen führt zu einer ca. 70 %igen Steigerung des Anfluges (CLEVE 1964). Zu starke Lampen können aber auch

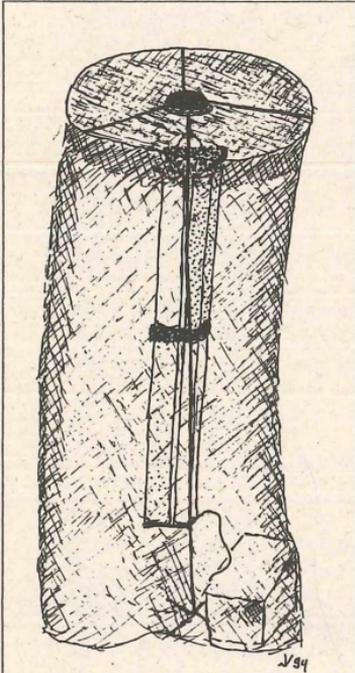


Abb. 5: "Leuchtturm" nach KOCH

dazu führen, daß die Falter sich schon einige Meter vor der Anlage im Gras niederlassen. Eine intensive Absuche der Umgebung ist daher sehr zu empfehlen. Erlöschen die Leuchtstoffröhren allmählich, wenn die Batterie leer ist, kommt es nach meiner Erfahrung erstaunlicherweise zu einem kurzfristig verstärkten Anflug (Dämmerungseffekt?).

An dieser Stelle soll erwähnt werden, daß es eigentlich sinnvoller wäre den Quanten- bzw. Photonenfluß einer Lichtquelle anzugeben, da die einzelnen Photonen und nicht deren Energie von den Photorezeptoren der Insekten registriert wird (ENDLER 1990). Diese Angaben sind allerdings sehr unüblich. Am gängigsten sind unter Sammlern sogenannte Großanlagen (Abb. 5). An einem ca. 1,80 m hohem Eisengestell werden drei bis vier 20 oder 15 Watt-Neonröhren mit Weiß-, Blau- und Schwarzlicht aufgehängt. Oben befindet sich ein kreisförmiger Eisenring mit ca. 90 cm Durchmesser, über den ein Gazezylinder gestülpt wird. Statt Gaze kann auch weißer feiner Gardinenstoff verwendet werden. Die Fallen werden die ganze Nacht durch oder mindestens vier bis fünf Stunden nach Sonnenuntergang betreut. MEIER (1992) schätzt, daß bereits in den ersten drei Stunden nach Dunkelwerden 80 % der in der Nacht anfliegenden Arten erscheinen. Entweder sammelt man alle Falter ab oder man notiert nur die verschiedenen Arten.

Mittels einer Stirntaschenlampe kann man die Falter gut am GazeNetz betrachten. Falls man die Falter nicht abtöten will, lohnt sich v. a. in warmen Nächten die Zwischenlagerung der Falter in kleinen Schnappdeckelgläschen, die man in eine Kühltasche steckt. Nach ca. 5 bis 10 Minuten haben sich die Tiere beruhigt oder sind durch die Kälte immobilisiert und können so meistens problemlos bestimmt werden (am besten im Lichtschatten mit Stirnleuchte). Eine andere Möglichkeit ist, die Falter kurz in einem Essigätherglas zu betäuben (5 Sekunden bis 1 min) und anschließend zu bestimmen bzw. auf einem Makrostand kurz aufzuspannen und zu fotografieren. Bei schwierigen Gruppen empfiehlt sich aber immer die Abtötung und späteres Aufspannen auf Spannbrettern (s. KOCH 1984). Es erleichtert die Arbeit vor Ort sehr, wenn man zu zweit arbeitet und eine Liste mit den häufigsten Arten vorbereitet hat. Dies ist v. a. sinnvoll, wenn man jeden Anflug mit genauer Uhrzeit aufschreiben will. Der beste Zeitraum für Lichtfang ist Mitte/Ende März (Frühlingspeak),

Mitte Mai und Juni bis September mit einem Höhepunkt Ende Juli/Anfang August (u. a. MEIER 1992).

Die Stromversorgung ist das entscheidende technische Problem. Das kostspieligste bei den 100 bis 1000 DM teuren Anlagen ist ein Transformator, der den 12 Volt-Strom von einer Autobatterie auf 220 Volt umstellt. Ein Selbstbau ist schwierig und einfache Transformatoren für 20 Watt-Neonröhren für 20,- DM gehen nach drei- bis fünfmaligen Gebrauch kaputt. Steht ein Stromanschluß zu Verfügung, sollte dieser unbedingt genutzt werden. Mit Autobatterien kann man maximal 100 bis 120 Watt-Neonröhren betreiben. Eine große Autobatterie (150 bis 200,- DM) mit 88 Amperestunden (Ah) kann z. B. eine 80 Watt-Anlage ca. 8 bis 9 Stunden mit voller Lichtleistung betreiben. Eine 45 Ah-Batterie liefert für eine halbautomatische Falle (15 Watt) drei bis vier Nächte lang Strom. Sehr praktisch, weil leicht, sind kleine Motorradbatterien (60 bis 90,- DM) mit 12 bis 16 Ah. Diese genügen gerade um letztens erwähnte Falle eine Nacht lang zu betreiben. Wer Geld sparen will und ein wenig basteln kann, kauft sich vier bis fünf wiederaufladbare 4 Ah-Monobatterien. Die teuerste und nicht ganz umweltfreundliche Methode (ab 1200,- DM), Strom auch für wattstarke Birnentypen zu erhalten, sind mit Benzin zu bereibende Stromgeneratoren. Der Nachteil ist u. a. das große Gewicht solcher Generatoren (ab 8,5 kg, i. d. R. über 20 kg). Halbautomatische Fallen spielen bei ökologischen Fragestellungen und bei kommerziell arbeiteten Büros eine entscheidende Rolle. Man hängt abends die Falle auf und kontrolliert diese in der Morgendämmerung. Fallen mit Dämmerungsschalter schalten sich automatisch in der Abenddämmerung an und in der Morgendämmerung aus. Dabei sollte man die Falle nicht in unmittelbarer Nähe von weißen Wänden aufhängen, da es sonst während der Dämmerung zum Flackern der Lampe kommen kann.

Die Entwicklung der Robinson-Lichtfalle stellte einen entscheidenden Fortschritt in der Entwicklung von effektiven halbautomatischen Lichtfallen dar (ROBINSON & ROBINSON 1950, s. Abb. 2). Dieser Typ ist quasi eine umgedrehte Form der Rothamsted-Falle und ist für Großschmetterlinge laut WILLIAMS (1954) fängiger als ihr Vorgänger. Die Insekten können von allen Seiten anfliegen und fallen durch einen Trichter in den Fangsack bzw. Tötungsglas. Der Einbau von vier kreuzweise stehenden Plastik- oder Plexiglasscheiben um die Neonröhre hat sich sehr positiv auf die Fangergebnisse ausgewirkt, da so auch Insekten in die Falle geraten, die sonst knapp an der Lichtquelle vorbeifliegen würden (FROST 1958). Steht die Lampe genau im Zentrum dieser "Prallplatten", gibt es kaum eine störende Reflexion. Schwarze Platten erhöhen den Anflug, während Aluminium aufgrund seiner UV-Resorption diesen erniedrigen (FROST 1957). Dagegen stellten FOSTER et al. (1977, zitiert in BAUER 1993) und LÖDL (1984) den positiven Effekt der Prallplatten nur für große Falter fest. Eine Fortentwicklung von der Robinson-Lichtfalle ist die Pennsylvania-Falle (Abb. 4), die immer noch als eine der erfolgreichsten Lichtfallen gilt (u. a. FROST 1957). Eine schwach kegelförmige Abdachung weist die ebenfalls weitverbreitete, ähnliche Minnesota-Falle auf. Früher wurde diese i. d. R. mit kugeligen Birnen bestückt. Eine bisher wenig oder gar nicht diskutierte Frage ist die Verwendung von Plastikteilen für die Lichtfalle, die möglichst wenig UV-Strahlung absorbieren. Je nach Typ absorbiert Plastik unterhalb von 390 oder 300 nm (BAUER 1993), was sich auf die Attraktivität der Falle für die Nachtfalter deutlich auswirken könnte. Im folgenden möchte ich noch einige spezielle Lichtfallentypen vorstellen. Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen halbautomatischen Fallen. Manche eignen sich z. B. zum Fang von Kleinschmetterlingen. Eine weitere spezielle Lichtfangmethode ist die Verwendung von Transmissions-Farbschalen. Dabei wird einfarbiges Licht von unten durch Plexiglasfangschalen gestrahlt. Dieser Fallentyp kann bodennah aufgebaut werden, ist gut fängig und eignet sich sehr für windreiche Standorte oder für die Bestimmung von potentiell autochthonen Arten. Bei der Remissions-Kunstlichtfalle strahlt eine normale Glühbirne eine Farbschale von oben in einem Abstand von 20 cm an. Die Methode ist sehr einfach und solide, funktioniert aber nur bei wenig Störlicht in der Umgebung. Die Photoelektor-Methode kommt gar ganz ohne künstliches Licht aus. Man legt einen flachen Kasten, der oben mit einem

Leinen abgedeckt ist, auf die Vegetation und wartet, bis die Insekten, durch das Tageslicht angelockt, durch eine kleine Seitenöffnung in das Sammelglas gelangen. Die Indigenität einer Art und die totale aktivitätsbezogene Besiedlungsdichte lassen sich so ermitteln. Diese ausgefalleneren Methoden kann man bei HEYDEMANN, HOFMANN & IRMLER (1988) nachlesen.

Die Effizienz einer Lichtfalle beschreibt, wie vollständig die Nachtfalterfauna mit einem Fallentyp erfaßt wird. Es gibt eine Vielzahl von methodischen Ansätzen, die diese Effizienz berechnen wollen, sei es um Lichtfallen zu vergleichen oder um die Populationsgröße besser schätzen zu können. Mit der Wiederfangmethode schätzen z. B. BUCHER & BRACKEN (1979) die Effizienz von UV-Fallen auf 28 %. Eine sehr direkte Methode wandte MCGEACHIE (1988) an. Mittels einer speziellen Videokamera wurden die Nachtfalter beim Anflug an eine mit einer Quecksilberdampf Lampe bestückten Robinson-Falle gefilmt. Die Falleneffizienz lag je nach Windstärke zwischen 12 und 39 %.

*Wo sollte man die Lichtfalle am besten aufstellen?* Auch hier gehen die Angaben recht weit auseinander. JALAS (1960) empfiehlt die Anlagen i. d. R. dicht über den Boden zu positionieren. An hellen Sommerabenden sollte man eher dunkle schattige Plätze aufzusuchen, an dunklen eher offene. Die meisten Autoren empfehlen allerdings, die Lichtfalle möglichst hoch (2 bis 3 m) aufzustellen bzw. aufzuhängen. Die direkte Nähe von Baumstämmen und Büschen ist zu meiden, genauso wie dichte hochstehende Grasfluren, da dort die Falter viele Versteckmöglichkeiten finden. Ist es relativ windig, muß ein Kompromiß gefunden werden, weil man dann auf jeden Fall windgeschützte Orte wählen sollte. Schon ein Unterschied von 1 m kann in windigen Nächten den Anflug deutlich beeinflussen! HOLLINGSWORTH, BRIGGS, GLICK & GRAHAM (1961) bestätigen diesen Befund, weisen aber auch daraufhin, daß es zu einer Abnahme des Anfluges kommen kann, wenn der Windschutz sich direkt neben der Lichtfalle befindet. Es ist ratsam, die Umgebung des Leuchtturmes mit weißen Laken auszulegen. Auf diese Weise findet man leicht die Falter, die nicht ganz bis zur Lichtfalle gelangen. Gleichzeitig wird die Attraktivität der Falle erhöht. Gewisse "Weißmacher" sollen die Attraktivität der Laken erhöhen, aber auch hier gibt es konträre Erfahrungen. Letztendlich sollte jeder seine eigenen Erfahrungen mit der Wahl des Fallenstandortes machen. Will man ein Gebiet faunistisch erfassen, empfiehlt sich die Standorte möglichst oft zu wechseln (MEIER 1992). Intuition und Erfahrung spielen die entscheidende Rollen. Eine Übersicht über die Auswahl des Lichtfallenstandorte findet man bei HAUSMANN (1990b).

Im Anhang befindet sich eine Auswahl geeigneter Bestimmungsliteratur. Für den Anfänger reicht der Band von KOCH (1984, 1991). Leider kostet dieses Standardwerk inzwischen 80 bis 100,- DM. Einfachere Bestimmungsbücher sind nicht zu empfehlen. Das klassische Bestimmungswerk ist immer noch FORSTER & WOHLFAHRT (1960-1981). Der Preis liegt leider bei über 700 DM (nur noch über manche Händler erhältlich, Neuauflage nicht geplant). Dort sind die meisten Varietäten abgebildet und auch ziemlich viele Genitale. Über die Brauchbarkeit der Aquarelle kann man allerdings streiten. Ich persönlich benutze es nur für Nachbestimmungen bei schwierigen Gruppen. Der Anfänger wird sich schwer tun, aus der Vielfalt der Abbildungen die richtige Art herauszufinden. Mittlerweile gibt es aber auch exzellente Werke mit Farbfotos. Die besten Abbildungen für Eulenfalter findet man im SKOU (1991), das Werk ist allerdings dänisch geschrieben und nur für Norddeutschland vollständig. Der Preis von 168,- DM ist für die Qualität der Fotos angemessen. Das Spannerbuch von SKOU (1986) ist ebenfalls zu empfehlen (220,- DM). Für die schwierige aber für die Bioindikation wichtige Gruppe der Blütenspanner (*Eupithecia*) liegen mittlerweile die fantastisch guten Arbeiten von WEIGT (1987-1991ff.) vor. Dort wird sehr ausführlich auf die Ökologie aller mitteleuropäischen Arten eingegangen und es werden zusätzlich brillante Farbfotos aller Formen und Raupen geliefert. Weiter sind alle weiblichen und männlichen Genitale exakt abgebildet. Der letzte Band dieser fünfbandigen Serie mußte in Kürze erscheinen. Der Preis der Einzelhefte liegt zwischen 15 und 25,- DM, leider sind fast alle schon vergriffen. Als Sonderangebot erhält man jetzt den sehr guten Schwärmer- und Spinner-Band von ROUGEOT & VIETTE

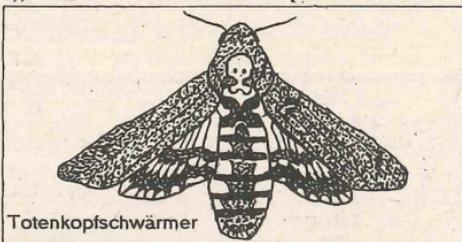
(1986) für 19,80 DM. Eine günstige Alternative zum KOCH ist das Buch von BROOKS (1991), daß ebenfalls brillante Farbfotos enthält. Aber dieses Buch ist wie der SKOU nur für Norddeutschland zu gebrauchen. Im KOCH sind dagegen auch die Tagfalter inbegriffen, leider nicht ganz vollständig und mit nicht sehr guten Abbildungen.

Kleinschmetterlinge sind eine sehr schwierige und heterogene Gruppe von Nachtfaltern. Oft kommt man ohne Genitalbestimmungen nicht aus. Die Einarbeitung in diese Gruppe sollte man nicht ohne die Betreuung eines erfahrenen Experten machen, da es sonst schnell frustrierend wird. Für Kleinschmetterlinge gibt es das große Standardwerk von AMSEL et al. (1965-1993ff.). In den ersten acht Doppelbänden werden bestimmte Familien umfassend für die ganze Palaearktis beschrieben. Die Farbabbildungen der Falter übertreffen alles, was es bisher an Bildbestimmungsliteratur gibt. Leider sind bisher noch nicht einmal ein Viertel aller in Mitteleuropa vorkommenden Arten behandelt. Durch den großen Geltungsbereich der Arbeit sind die meisten aufgenommenen Arten nicht in Deutschland heimisch. Der Abschluß dieses Werkes wird wohl noch etliche Jahrzehnte benötigen. Der Anschaffungspreis aller bisher erschienenen Bände beträgt jetzt schon ca. 3000,- DM. Ein recht günstiges (120,- DM) und ziemlich umfassendes Werk stellt der Reprint von SPULER (1910, 1983) dar. Viele ökologische Angaben und eine gute Auswahl von häufigen Arten findet man in KALTENBACH & KÜPPERS (1987). Ich würde das dreibändige Werk von HANNEMANN (1961, 1965, 1977) empfehlen. Hier sind fast alle deutschen Arten beschrieben und mit brauchbaren Schwarzweißbildern dargestellt. Zur Präparation von Faltern reichen die Angaben bei KOCH (1984) völlig aus. Falls man ausnahmsweise in schwierigen Fällen die Bestimmung mittels eines dichotomen Schlüsselns vornimmt (z. B. mit STRESEMANN 1986), kann man sich bei der Präparation des Flügelgeäders nach HÄNDEL (1989) richten. Für die Raupenbestimmung gibt es kein brauchbares umfassendes Buch, das ich empfehlen könnte.

Die Genitalpräparation ist ein Thema für sich, das ich hier nicht ausführlich besprechen will. Näheres kann man bei KOCH (1984) nachlesen. Eine Methode, mit einfachen Mitteln gute Genitalpräparate herzustellen, erläutert PIMPL

(1987). Bei größeren Faltern kann man meistens das männliche Genital aus dem Hinterleib ohne chemische Behandlung herausziehen. Die Größe der männlichen Genitale reicht von fast 10 mm bis zu 0,2 mm und weniger bei Kleinschmetterlingen. Das Aushärten der kleinen Genitale sollte mit Alkohol unter einem Deckgläschen erfolgen.

Was kann man nun mit Nachtfaltern alles anfangen? Am aktuellsten ist die Verwendung der Nachtfalter als Bioindikator. Unter Bioindikator versteht man ein Lebewesen, daß bestimmte Umweltfaktoren gut anzeigt bzw. auf Änderungen schnell reagiert. Besonders wichtig ist bei der Bioindikation die Auswahl des Lichtfallenstandortes (s. o.). Zunächst muß berücksichtigt werden, daß nur ein sehr kleiner Anteil der Tiere aus der nahen Umgebung wirklich in eine Lichtfalle gelangt (PLAUT 1971, STEWART et al. 1969, zitiert in MALICKY 1974) und daß die verschiedenen Arten eine unterschiedliche Präferenz für das Licht besitzen (s. o.). Weiter haben verschiedene Nachtfaltergruppen verschieden große Aktionsradien. Die Eupitheciiden (Blütenspanner), die Tortriciden (Wickler) und Pyraliden (Zünsler) sind meist standortstreu, während v. a. Noctuiden (Eulen) weit herumvagabundieren (u. a. MALICKY 1974, WEIGT 1987, MEINEKE 1984). Bioindikation ist im engeren Sinne also nicht möglich. MALICKY (1965) schlägt daher den Begriff der "Landschaft" als Bezugsgröße für die zooökologische Klassifizierung der Lichtfallenfauna vor. Das hieße, man könne mittels Nachtfalterfängen ein Gebiet nicht genauer beschreiben, als z. B. "Auwald", "Wiese" oder "Steppe". Schenkt man allerdings den besonders standortstreuen Faltern besondere Aufmerksamkeit, so kann man nicht nur den Gesamtcharakter eines Gebietes beurteilen, sondern auch die speziellen Umweltbedingungen an



Totenkopfschwärmer

einem bestimmten Ort. Man kann z. B. sogar grobe lufthygienische Aussagen treffen, indem man die Gruppen der flechtenfressenden Arten, v. a. die Flechtenspinner (*Lithosia*), berücksichtigt. Die Grundlage solcher Untersuchungen ist, daß die Biologie und Ökologie aller Nachtfalterarten möglichst umfassend bekannt ist. Da dies bei weitem noch nicht der Fall ist, muß die Bioindikation mittels Nachtfalter immer ein wenig hypothetisch bleiben. Es bleibt zu hoffen, daß die Nachtfalterbände von EBERT (1994 ff.) hier zumindest für Baden-Württemberg genauso Abhilfe schaffen werden, wie die bereits veröffentlichten Tagfalterbände. Interessant sind die Raupenfraßpflanzen, das/die Habitat(c) der Falter, die zoogeografische und vertikale (Höhenstufen-) Zuordnung der Arten und die Aufklärung von speziellen Lebensansprüchen, wie z. B. kleinklimatische Bedingungen für die Eiablageplätze. Das grundlegende und bisher einzige vollständige und seriöse Werk stellen die Bände von BERGMANN (1951-1955) dar. Daneben gibt es viele neue Arbeiten die sich mit der Bioindikation beschäftigen (u. a. FREUNDT & PAUSCHERT 1992, CARTER & HARGREAVES 1986, EBERT 1978, FORSTER & WOHLFAHRT 1960-81, KOCH 1984, MALICKY 1965, MEINEKE 1984, MÖRTTER 1988, PAVOLNY et al. 1965, PRETSCHER 1981, RETZLAFF 1987, WOLF 1992 und ZINNERT 1983). Eine weitere Auswertungsmöglichkeit ist die Einteilung der Falter in fünf "Lebensformgruppen" (u. a. MÉSZÁROS & VOJNITS 1974). Dabei unterteilt man die Arten nach ihrem Generationswechsel und der Überwinterungsform.

Wiederfang- bzw. Rückfangmethoden sind geeignet um z. B. die Populationsdichte zu schätzen. Bei Nachtfalter ist dies nur mit einem relativ großen apparativen und zeitlichen Aufwand durchzuführen. Ein gutes Beispiel bringt AMBRUS & CSÓKA (1992). Dort werden die verschiedenen mathematischen Modellrechnungen miteinander verglichen. Am besten erschienen die Formeln nach BAILEY. Die theoretischen Grundlagen kann man in SOUTHWOOD (1978), BLOWER, COOK & BISHOP (1981) oder BAKER (1985) nachlesen. Ein eigenes Beispiel werde ich im nächsten NaBei anhand der Zebraschnecke ausführlich besprechen. Neuere theoretische Abhandlungen über Wiederfundmethoden sind CHAO (1989), WOLTER (1990), YIP (1991), CHAO, LEE & JENG (1992) und YAMAMURA, WAKAMURA & KOZAI (1992). Diese Arbeiten setzen allerdings nicht unwesentliche mathematische Kenntnisse voraus. Praktische Arbeiten mit Anwendungsbezug, z. B. Populationsdichteschätzung, wären u. a. SIVAPRAGASAM, SAITO & ITO (1988) oder AMBRUS & CSÓKA (1992).

Mit der Parallellichtfangmethode ist es nicht nur möglich Unterschiede zwischen Biotopen objektiv herauszuarbeiten, sondern es sind die verschiedensten autökologischen Fragestellungen denkbar. Z. B. haben JONES, MAJERUS & TIMMINS (1993) die Habitatwahl von polymorphen, d. h. hier Arten mit Melanismus, Nachtfalterarten untersucht. Weitere ökologische Auswertungsmöglichkeiten sind die Berechnung von Gruppendominanzen, Verteilung der Raupenfraßpflanzengruppen (trophische Zuordnung) oder zoogeografische Zuordnungen.

Unter Gruppendominanzen versteht man, inwieweit eine Nachtfalterfamiliengruppe dominant am Licht erscheint. Diese Hauptgruppen sind die "Spinner und Schwärmer", Eulen (Noctuidae) und Spanner (Geometridae). MEINEKE (1984) fand bei einer breit angelegten Untersuchung für Südniedersachsen Gruppendominanzen von 11 - 35 % für Spanner, 1 - 16 % für "Spinner-Schwärmer" und 50 - 88 % für Eulen (BRD-Artenschnitt: 52 % Eulen, 41 % Spanner, 11 % "Spinner-Schwärmer"). Die Familien (gruppen) "Spinner-Schwärmer", und "Spanner" zeigen während ihres Larvalstadiums hohe Präferenz zu Laubholzbeständen, "Eulen" bevorzugen Kraut-, Gras- und Hochstaudenfluren.

Auch das Fraßverhalten der Raupen kann sinnvoll ausgewertet werden, zum einem nach dem Grad der Polyphagie oder der Zuordnung zu Straten (hier: Vegetationsschichten). Ein Orientierungswert: bei MEINEKE (1984) waren 17,4 % der Raupen monophag, 25,4 % oligophag und 57,2 % polyphag. Ca. 16 % bevorzugten die Strauchschicht, 35 % die Baumschicht und 49 % die Krautschicht (siehe Beispiele unten).

Besonders aussagekräftig wäre es, wenn man Nachtfalterzönosen aufstellen könnte. D. h., man faßt Nachtfalterarten zusammen, die ähnliche ökologischen Ansprüche besitzen. Z. B. ist es bei Tagfaltern bereits heute für begrenzte Gebiete möglich, gewisse Tagfaltergruppen pflanzensoziologischen Einheiten zuzuordnen (GROSSER 1986, WEIDNER 1991, SSYMANK 1992, KRISMANN 1993/94; Nachtfalter: MEINEKE 1982). Probleme der Zooökologie kann man in den Mitteilungen des badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz N. F. 14 (3) 1988 nachlesen oder bei SCHREIBER (1992). Weitere gängige Auswertungsmethoden von Lichtfängen sind Auflistung der gefährdeten Arten nach regionalen und überregionalen Roten Listen (s. Bibliographie) oder die Berechnung von verschiedenen Indices, z. B. Diversitätsindices, Evenness oder Shannon-Index (s. Zusammenfassung bei MÜHLENBERG 1993).

## 5. Beispiele

Im folgenden möchte ich kurz einige Anwendungsbeispiele aus meiner eigenen Lichtfangpraxis erläutern. Sie beziehen sich hauptsächlich auf das Thema Bioindikation. Die Grundlage für faunistisch-ökologische Untersuchungen ist, daß genügend Wissen über die betreffende Tiergruppe zur Verfügung steht. In Tabelle 1 habe ich für 220 Nachtfalterarten verschiedene Angaben zur Ökologie aus der Literatur und eigenen Erfahrungen zusammengefaßt. Solche Listen vereinfachen die Auswertung von Lichtfangergebnissen erheblich. Als Beispiel sind in der Tabelle fünf Fundorte aufgeführt. In diese Spalten würde man bei einer Untersuchung, die registrierten Individuenzahlen eintragen.

### Beispiel 1:

*Ehemals gedüngte Feuchtwiese (1,5 m ü. NN) bei Bliessenrade (Darß/Ostsee)*

Eines der Ziele der 1993 im Auftrag des Nationalparkamtes Mecklenburg-Vorpommern durchgeführten Untersuchung war, den Wert der im Nationalpark liegenden Weide als Feuchtwiese festzustellen. In den Jahren zuvor wurde diese Weide ziemlich intensiv genutzt.

In Abbildung 6 sieht man die Verteilung der Arten nach ihrem Zeigerwert in bezug auf Feuchte - Trockenheit und Kälte - Wärme. Auffallend viele Arten (42 %) gehören zu den Feuchtezeigern. Das Untersuchungsgebiet hat aus lepidopterologischer Sicht noch einen ausgesprochenen Feuchtgebietscharakter. Eine pflanzensoziologische Auswertung hätte wahrscheinlich ein anderes Ergebnis ergeben, wenn man nur die Weide an sich bewertet hätte. Die Analyse der Nachtfalterfauna kennzeichnet die Charakteristik des gesamten Untersuchungsgebietes, in diesem Falle einer Landzunge.

Die Einteilung der Nachtfalterarten in Leitartengruppen ist in Abbildung 7 zu sehen. Auf den ersten Blick wird deutlich, daß das Untersuchungsgebiet vielgestaltig ist. Zur Erläuterung muß erwähnt werden, daß neben einem Schwerpunkt auf der Weide auch in einem feuchten Wald und am Rand von zwei Schilfgebieten geleuchtet wurde. In diesem Fall können detaillierte Antworten auf die Gesamtqualität des Untersuchungsgebiets gemacht werden. Auf die konkrete Frage nach der Qualität als Feuchtgebiet bietet die Abbildung 6 die eindeutigere Antwort.

### Beispiel 2:

*Das 94 Hektar große Naturschutzgebiet "Insel Vilm", östlich von Rügen (Ostsee)*

Während eines Praktikums beim Bundesamt für Naturschutz (ehemals BFANL) untersuchte ich im Sommer 1993 die Nachtfalterfauna der Insel Vilm. Dabei erstaunte mich zunächst die geringe Artenvielfalt (gut 50 Arten vom August bis Oktober). Die Insel steht seit 1936 zumeist wirkungsvoll unter Naturschutz, weist über 50 verschiedene Pflanzengesellschaften auf und hat z. T. urwaldähnlichen Charakter.









Art	Rau- pen	Son- stiges	RL Bay	RL BRD	Fundorte					Ges.	LAG	Fraß- pfl.
					1	2	3	4	5			
<i>Aethes smeathmanniana</i>	pDK										O,t	
<i>Agapeta zoezana</i>	pDK										O	
<i>Alucita hexadactyla</i>	s X										LH	
<i>Aphomia sociella</i>	s X										(Sp)	
<i>Argyroploce betulaetana</i>	mDB										LH	B
<i>Argyroploce corticana</i>	mDB										LH	B
<i>Argyroploce lacunana</i>	pxX										O/L/N	
<i>Argyroploce sororculana</i>	mDB										LH	B
<i>Blabophanes monachella</i>	s X										L/Sp	E
<i>Carcina quercana</i>	pDB										L	EBu
<i>Chilo phragmitellus</i>	pMK		4								ORö	S
<i>Cnephasia pasivana</i>	pDK										L	
<i>Colcophora lutipennella</i>	oDB										O	
<i>Cossus cossus</i>	DX										O	W
<i>Crambus tristellus</i>	pDK										O	
<i>Depressaria arcnella</i>	pDK										O	
<i>Endotricha flammealis</i>	pDX		B2								L	E
<i>Ephesia clutella</i>	s X										K	
<i>Eurrhpara hortulata</i>	oDK										LH	
<i>Evctria buoliana</i>	mCB										KN	K
<i>Hyponomeuta malinellus agg.</i>	mDB										LH	
<i>Nymphula nymphacta</i>	mDW		4								Sp	
<i>Pandemis heparana</i>	DX										Sp	
<i>Pionca forficalis</i>	pDK										O	
<i>Pleuroptya ruralis</i>	pDK										K	
<i>Pleurota schlaegeriella</i>	pDK										O,tw	
<i>Scoparia crataegella</i>	oMoM										Sp	
<i>Syllepta ruralis</i>	oDK										LH	
<i>Ypsolopha mucronella</i>	mDS		A2								LH	
<i>Zcuzera pyrina</i>	pDB										KOb	EBuBW



Abb. 9: Ein Männchen des Birken spinners (*Endromis versicolora*)

Legende zu Tab. 1:

<b>"Raupen":</b>	Raupenfraßverhalten
1. Spalte:	l: lichnophag m: monophag o: oligophag p: polyphag s: saprophag/"schädlich"
2. Spalte:	C: Coniferopsida D: Dicotyledonae F: Filicinac (Farne) M: Monocotyledonae Mo: Moose (Bryophyta)
3. Spalte:	x: frißt an Pflanzen, die aus mehr als einer Gruppe stammen (indifferent) M: Mooschicht K: Krautschicht S: Strauchschicht B: Baumschicht W: Wasserpflanzen X: frißt an Pflanzen, die mehr als einer Schicht angehören
<b>"Sonstiges":</b>	Kü: typische Küstenart bzw. deutlicher Schwerpunkt im Küstenbereich Sa: bevorzugt Sandgebiete V: Raupen fressen an Versaumungsziegerpflanzen
<b>"RL BRD":</b>	Rote Liste-Status von West-Deutschland (1984)
<b>"RL BW":</b>	Rote Liste-Status von Baden-Württemberg (1978, Kleinschmetterlinge 1979)
<b>"RL Bay":</b>	Rote Liste-Status von Bayern (1991)
<b>"Fundorte":</b>	1 bis 5: hier nur als Beispiel
<b>"Ges.":</b>	Gesamtindividuenzahl
<b>"LAG":</b>	Leitartengruppen (näheres siehe Text)
K:	"Kulturfolger", naturfernes Kulturland, Offenlandsarten intensiv genutzter Flächen, meist frische Standorte, auch auf extensiv bewirtschafteten Flächen
KN:	"Kulturfolger mit Präferenz für Nadelforste"
KOb:	"Kulturfolger mit Präferenz für Obstplantagen"
L:	"Laubholz", Laub- und Mischwälder, Feldgehölze, Waldränder, trockene bis frische Standorte
LAu:	"Auwalder", zeitweise überflutete Laubwälder oder mit anstehendem Grundwasser
LH:	"Laubwaldränder", "Hecken", Laubwaldlichtungen, verbuschende Wiesen, heckenreiche Grünlandflächen
LMi:	"Laubmischwälder"
N:	"Nadelwälder", weitgehend natürliche Gesellschaften, auch Ränder von Heiden und Moore mit Kiefern- oder Fichtenbestand
O:	"Offenland", Brachen, extensiv genutzte Wiesen und Weiden, Wiesensäume, trockene bis frische Standorte
ORö:	"Röhrichte", salzwasser- oder süßwasserbeeinflußt
ORöMo:	"Röhrichte" und "Moore"
Sp:	Spezialisten
<b>Spezielle Raupenfraßpflanzen:</b>	E: Eichenarten Bu: Rot-Buche B: Birken- und Erlenarten P: Pappelarten W: Weidenarten (ohne Salix repens) C: Clematis-Schleier S: Schilf A: Adlerfarn F: Fichtenarten K: Kiefernarten
<b>Kleinklima:</b>	k: "kühl", kühle Orte, z. B. Kaltluftlöcher, Hochmoore, nordische Gebiete w: "warm", warme, sonnige Hänge, klimatisch bevorzugte Gebiete f: "feucht", feuchte Standorte t: "trocken", trockene Standorte

## Abb. 6: Zusammensetzung der Temperatur- & Feuchteindikatoren: Bliesenrade (Darß)

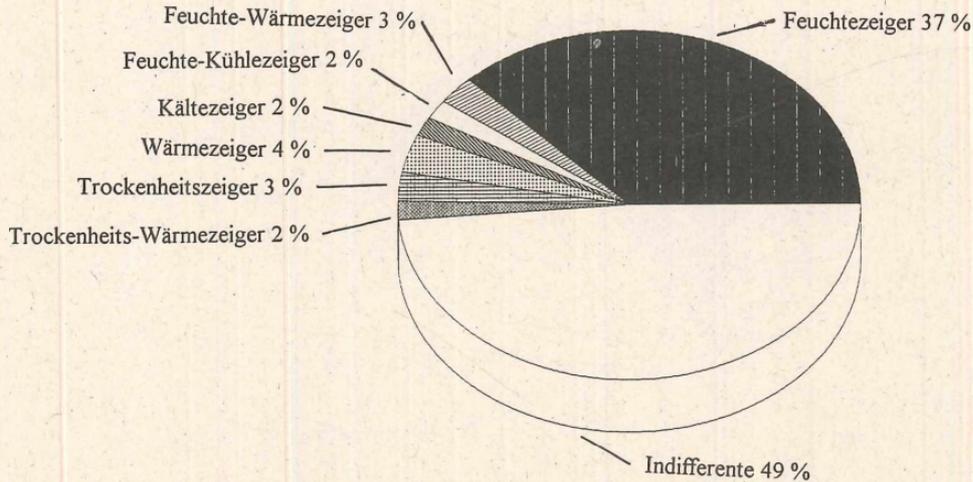
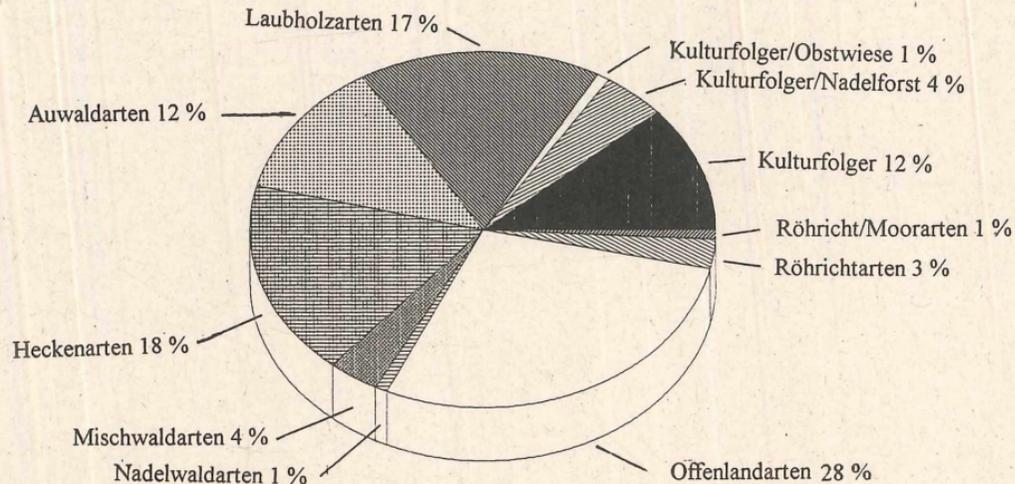


Abb. 7: Anteil der Leitartengruppen an der Gesamtartenzahl: Bliesenrade (Darß)



Die Antwort war aber einfacher als zunächst angenommen. In Abbildung 8 ist die grobe Einteilung der Nachtfalterindividuen in Familien(gruppen) dargestellt (s. Methoden). Deutlich ist die Dominanz der Eulenfalter zu erkennen. Die meisten Arten dieser Familie sind sehr flugstark. Die Insel Vilm ist langgestreckt und über weite Bereiche nicht breiter als 200 m. Der meistens ziemlich starke Wind ist daher fast auf jedem Teil der Insel zu spüren. Es liegt die Vermutung nahe, daß der Wind der entscheidende begrenzende Umweltfaktor für das Vorkommen von Nachtfaltern auf der Insel ist. Sehr ähnlich Ergebnisse erhielt MEINEKE (1984) für die Nordseeinsel Helgoland. Der für Inseln typische Isolationseffekt dürfte weniger eine Rolle spielen, da Rügen und damit quasi das Festland nur gut einen Kilometer entfernt ist.

#### Beispiel 3:

*Zwei ostexponierte Wiesenhänge bei Zillhausen auf der Schwäbischen Alb*

Im Sommer 1993 wurden während eines DJN-Sommerlages 10 Parallelfänge mit zwei halbautomatischen Lichtfallen gemacht (detaillierte Auswertung in einem späteren NaBei). Verglichen werden sollte die Artenzahl einer einschnittigen Wiese und einer Kuhweide. Das Umfeld und die Lage der Standorte sind gut vergleichbar. Beide Fallen wurden in etwa gleicher Höhe an Obstbäumen befestigt und es bestand kein Sichtkontakt zwischen den ca. 300 m entfernten Anlagen.

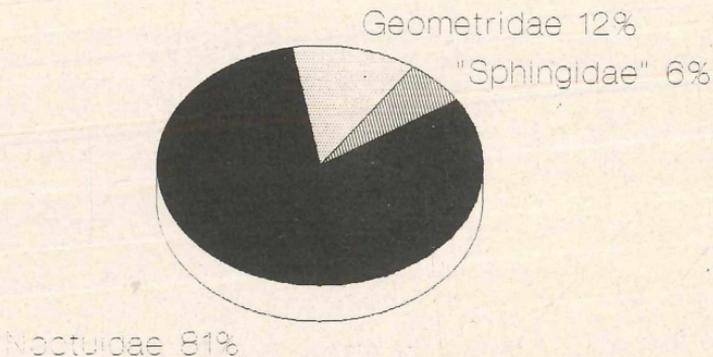
Im Gebiet "Wiese" wurden nur 36 nachaktive Großschmetterlingsarten im Vergleich zu 59 im Gebiet "Weide" nachgewiesen. Mit nur 18 gemeinsamen Arten scheint das Artenspektrum der beiden benachbarten Standorte deutlich unterschiedlich zu sein. Statistisch läßt sich dies nicht sinnvoll bestätigen, da man zuvor einen größeren Anteil der dort vorkommenden Arten erfassen müßte. An beiden Standorten ist mit einigen hunderten Arten zu rechnen. Der Anteil an gemeinsamen Arten könnte also noch deutlich steigen. Vergleicht man die Artenzahlen pro Lichtfang und Standort miteinander (s. Tab. 2), d. h. die Artenzahl-Mittelwerte pro Lichtfang und Standort, ergibt sich mit nur 10 Parallelfängen kein statistisch signifikanter Unterschied, obwohl die Mittelwerte scheinbar deutlich verschieden sind. Mit weiteren Parallelfängen könnte ein signifikanter Unterschied manifestiert werden.

Tab. 2: Arten- und Individuenzahlen von 10 Parallelfänge in einer Wiese und Weide auf der Schwäbischen Alb

Standort:	Arten/Lichtfang:		Individuen/Lichtfang:	
	1	2	1	2
	5	16	6	24
	4	20	8	27
	9	16	14	25
	12	10	21	12
	7	14	17	22
	1	4	1	4
	2	12	4	14
	15	7	26	9
	2	3	2	6
	5	2	9	3
Durchschnitt:	6,2	10,4	10,8	14,6
Standardabweichung:	+/- 4,4	+/- 5,9	+/- 8,0	+/- 8,7

Test auf Unterschiede zwischen der Artenzahlen der Standorte mit dem Wilcoxon-Test:  $p=0,13$ ; und zwischen den Individuenzahlen:  $p=0,28$ . Einen signifikanten Unterschied nimmt man erst bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5 % an ( $p<0,05$ ).

## Abb. 8: Gruppendominanzen bezogen auf Gesamtindividuenzahl: Vilm bei Rügen



### 6. Diskussion

Über Sinn und Zweck des Lichtfanges kann man sich lange streiten. Eine kritische Auflistung über die Möglichkeiten des Lichtfanges machen VOJNITS & MÉSZÁROS (1974) und JERMY (1974). Folgende (ergänzte) Auflistung zeigt die begrenzten Aussagemöglichkeiten von Lichtfallendaten:

1. Es wird nur ein sehr kleiner Teil der Falter aus der näheren Umgebung gefangen.
2. Für zöologische Untersuchungen besitzen Lichtfallenergebnisse nur Orientierungscharakter.
3. Lichtfallenfänge sind nur halbquantitativ und sagen wenig über die wahren Aktivitätsdichten der Falter aus, geschweige denn über die Populationsdichte.
4. Es gibt noch keine geeichte Lichtfalle.
5. Wetter- und andere Umwelteinflüsse haben einen deutlichen Einfluß auf den Lichtfang. Es gibt noch keine allgemeinen Faustregeln, um diese Einflüsse zu korrigieren.

Vorteile sind:

1. Neue Arten wurden mit Lichtfallen gefunden.
2. In kurzer Zeit erhält man eine Vielzahl von Arten und Individuen (bis zu 200 Arten pro Nacht in Mitteleuropa!).
3. Für die Zoogeographie und Phänologie lassen sich durch Dauerlichtfallen wertvolle Ergebnisse liefern.
4. Halbautomatische Fallen bieten einen objektiven Vergleich verschiedener Biotope (Parallelfänge).

Umstritten sind die Fragen, ob man Tot- oder Lebend(halbautomatik)fallen benutzen bzw. Halbautomatikfallen oder Handlichtfang betreiben soll. Vorteile des Lebendfanges und der Halbautomatikfallen sind (erweitert nach BAUER 1993):

1. Tiere können wieder freigelassen werden.
2. Anwesenheit während des Fanges nicht erforderlich: Arbeits- und Zeitersparnis.
3. Standardisierte Lichtfalle.

Nachteile sind:

1. Falle ist selektiv.
2. Fangeffizienz ist geringer als bei Handlichtfang.
3. Falter sind in einem schlechteren Zustand (für Dokumentations- und Bestimmungszwecken).
4. Eine Vorsortierung und eine zeitliche Differenzierung der Anflüge ist nur mit großem apparativen Aufwand möglich.

Ein weiteres Problem beim Lichtfang ist der relativ große Aufwand. Um einen einigermaßen vollständigen Überblick über die Nachtfalter-Artenzahl eines Biotopes zu erhalten, sollte man mindestens alle fünf Tage während der Flugzeit leuchten (HAUSSMANN 1991). Der selbe Autor zeigte, daß man, selbst wenn jede zweite Nacht ein Jahr lang geleuchtet wird, nur 80 bis 85 % der Gesamtartenzahl erfaßt.

## 7. Kleine Bibliographie

### Sekundärliteratur (Zusammenfassungen):

EBERT, G. (voraussichtlich 1994): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Bd. 3: Schwärmer. Verlag Ulmer

JERMY, T. (1974): Die Bedeutung der Lichtfallen für die Faunistik und die angewandte Entomologie. Fol. Ent. Hung. 27-Suppl., S. 71-84

MEIER, M. (1992): Nachtfalter: Methoden, Ergebnisse und Problematik des Lichtfanges im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchungen. In: TRAUTNER, J.: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen. Ökologie in Forschung u. Anwendung 5, Weikersheim

MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. 3. Aufl., UTB 595

MUIRHEAD-THOMSON, R. C. (1991): Trap responses of flying insects. The influence of trap design on capture efficiency. Academic Press

SCHMIEDL, J. (1992): Auswirkungen von künstlichen Lichtquellen auf die wildelebende Tierwelt. (Literaturarbeit) Dipl.arbeit Univ. Hannover, Inst. f. Landschaftspfl. u. Natursch., 145 S.

### Theoretische Grundlagen: (u. a. Bioindikation und Zooökologie)

BAKER R. R. (1978): The evolutionary ecology of animal migration. Hodder & Stoughton, London

BAKER, R. R. (1985): Moths: Population estimates, light-traps and migration. In: COOK, L. M. (Hrsg.): Case studies in population biology. Manchester Univ. Press

BLAB, J. (1988): Bioindikation und Naturschutzplanung. Natur u. Landschaft 63 (4), S. 147-149

BLOWER, J. G., COOK, L. M. & BISHOP, J. A. (1981): Estimating the size of animal populations. George Allen & Unwin LTD

CHAO, A. (1989): Estimating population size for sparse data in capture-recapture experiments. Biometrics 45, S. 427-438

CHAO, A., LEE, S.-M. & JENG, S.-L. (1992): Estimating population size for capture-recapture data when capture probabilities vary by time and individual animal. Biometrics 48, S. 201-216

ENGLER, J. A. (1990): On the measurement and classification of colour in studies of animal colour patterns. Biol. J. Linnean Soc. 41 (4), S. 315-352

GASTON, K. J. & REAVEY, D. (1989): Patterns in the life histories and feeding strategies of British Macrolepidoptera. Biol. J. Linnean Soc. 37, S. 367-381

HABELER, H. (1979): Faunisten-Arithmetik. Statistische Unterlagen über Lichtfänge von Lepidopteren. Ber. AG ökol. Ent. Graz 9, S. 1-10

HAMDORF, K. & HOGLUND, G. (1981): Light induced retinal screening pigment migration independent of visual cell activity. J. Comp. Physiol. 143, S. 305-309

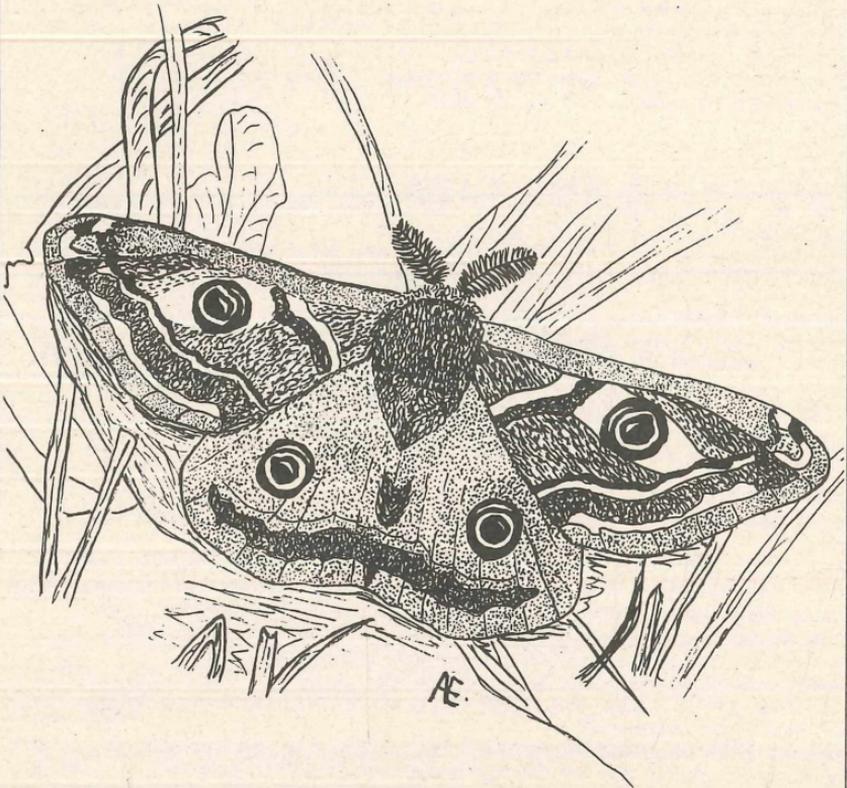


Abb. 10: Das Kleine Nachtpfauenaug (Eudia pavonia) ist tagaktiv.

- JOHNSON, C. G. (1960): A basis for a general system of insect migration and dispersal by flight. *Nature* 186, S. 348-350
- MCGEACHIE, W. J. (1988): A remote sensing method for the estimation of lighttrap efficiency. *Bull. ent. Res.* 78, S. 379-385
- REICHHOLF, J. H. (1988): Quantitative Faunistik und Biozönologie: Methoden, Ergebnisse und Probleme (Schmetterlinge und Singvögel). *Mitt. bad. Landesver. Naturk. u. Natursch. N. F.* 14 (3), S. 557-565
- SCHREIBER, K.-F. (1992): Aktuelle Probleme der Biozönologie aus landschaftsökologischer Sicht. *Natursch.forum* 5/6, S. 115-130
- SOUTHWOOD, T. R. E. (1978): *Ecological methods*. John Wiley & Sons
- TAYLOR, L. R. & TAYLOR, R. A. J. (1977): Aggregation, migration and population mechanics. *Nature* 265, S. 415-421
- TIETZE, F. (1980): Tierische Organismen als Bioindikatoren zur Erfassung ökologischer Veränderungen in immissionsbeeinflussten Ökosystemen. *Wiss. Z. Univ. Halle* 29 (5), S. 83-93

- VERHEIJEN, F. J. (1958): The mechanisms of the trapping effect of artificial light sources upon animals. Arch. Néerl. Zool. 13 (1), S. 1-107
- VOJNITS, A. & MÉSZÁROS, Z. (1974): Über die Möglichkeiten und Einschränkungen der Verwendung der von Lichtfallen gelieferten Daten. Fol. Ent. Hun. (Ser. Nova) 27 (2), S. 239-243
- WOLTER, K. M. (1990): Capture-recapture estimation in the presence of a known sex ratio. Biometrics 46, S. 157-162
- YAMAMURA, K., WAKAMURA, S. & KOZAI, S. (1992): A method for population estimation from a single release experiment. Appl. ent. Zool. 27 (1), S. 9-17
- YIP, P. (1991): Estimating population size from a capture-recapture experiment with known removals. Theoret. pop. Biol. 40, S. 1-13

### Primärliteratur:

#### Lichtfallentypen bzw. -vergleich (incl. Leuchtquellen):

- ADKIN, R. (1923): The relative attractiveness of various kinds of light for moths. The Entomologist 56, S. 43-44
- BUCHER, G. E. & BRACKEN, G. K. (1979): The bertha armyworm, *Mamestra configurata* (Lepidoptera: Noctuidae). An estimate of light and pheromone trap efficiency based on captures of newly emerged moths. Can. Ent. 111, S. 977-984
- BARNARD, D. R. (1979): A vehicle-mounted insect trap. Can. Ent. 111, S. 851-854
- BAUER, R. (1993): Untersuchung zur Anlockung von nachtaktiven Insekten durch Beleuchtungseinrichtungen. Dipl.arbeit, Univ. Konstanz, 112 S.
- BAYNES, E. S. A. (1950): Attracting insects by ultra-violet light. Ent. Gaz. 1 (3), S. 159-160
- BELTON, P. & KEMPSTER, R. H. (1963): Some factors affecting the catches of Lepidoptera in light traps. Can. Ent. 95, S. 832-837
- CLEVE, K. (1964): Der Anflug der Schmetterlinge an künstliche Lichtquellen. Mitt. dt. ent. Ges. 23, S. 66-76
- DICKERSON, W. A., GENTRY, C. R. & MITCHELL, W. G. (1970): An rainfree collecting container that separates desired Lepidoptera from schmäler undesired insects in light traps. J. econ. Ent. 63 (4), S. 1371
- FREUNDT, S. & SCHANOWSKI, A. (1991): Überbelichtet. 2. Aufl., NABU Bad.-Württ., Stuttgart
- FROST, S. W. (1953): Response of insects to black and white light. J. econ. Ent. 46 (2), S. 376-377
- FROST, S. W. (1954): Response of insects to black and white light. J. econ. Ent. 47 (2), S. 275-278
- FROST, S. W. (1957): The Pennsylvania insect light trap. J. econ. Ent. 50 (3), S. 287-292
- FROST, S. W. (1958): Insects captured in light traps with and without baffles. J. series Pennsylvania agricult. Exp. Station
- GRAY, P. H. H.: An apparatus for the rapid sorting of small insects. The Entomologist
- JALAS, I. (1960): Eine leichtgebaute, leichttransportable Lichtreue zum Fangen von Schmetterlingen. Ann. Ent. Fenn. 26 (1), S. 44-50
- JOHNSON, C. G. (1950a): A suction trap vor small airborne insects which automatically segregates the catch into successive hourly samples. Ann. appl. Biol. 37, S. 80-91
- JOHNSON, C. G. (1950b): The comparison of suction trap, sticky trap and tow-net for the quantitative sampling of small airborne insects. Ann. appl. Biol. 37, S. 268-285
- JUILLET, J. A. (1963): A comparison of four types of traps used for capturing flying insects. CAn. J. Zool. 41, S. 219-223
- KOCH, M. (1950): Lichtfang mit der Höhensonne. Z. WienerEnt. Ges. 35, S. 117-147
- LÖBEL, H. (1987): Die Reusenlichtfalle als Arbeitsmittel für faunistische und phänologische Untersuchungen bei Schmetterlingen (Lep.). Ent. Nachr. Ber. 31 (1), S. 19-24
- MCDONALD & G., FARROW, R. A. (1990): A comparison of trapping techniques for *Mythimna convecta* (Walker)(Lepidoptera: Noctuidae). J. Aust. ent. Soc. 29, S. 113-121
- POLTAWSKI, A. N. (1988): Vergleich automatischer Köderund Lichtfangmethoden am Beispiel der Eulenfauna von Rostov/Don (UdSSR; Lep., Noctuidae). Ent. Nachr. Ber. 32 (6), S. 267-268
- 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 (1), S. 3-20

- SIDDORN, J. W. & BROWN, E. S. (1970): A Robinson light trap modified for segregating samples at predetermined time intervals, with notes on the effect of moonlight on the periodicity of catches of insects. *J. appl. Ecol.* 8 (2), S. 69-75
- SMITH, P. W., TAYLOR, J. G. & APPLE, J. W. (1959): A comparison of insect traps equipped with 6 and 15-Watt Blacklight Lamps. *J. econ. Ent.* 52 (6), S. 1212-1214
- TOMLINSON, W. E. (1970): Effect of blacklight trap height on catches of moths of three cranberry insects. *J. econ. Ent.* 63 (5), S. 1678-1679
- WEBER, F. (1990): Lichtfallen für die entomologische Praxis. *Ent. Z.* 100 (6), S. 106-112
- WILKENS, H. & MARTENS, J. M. (1988): Beitrag zum Gutachten über Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach dem niedersächsischen Naturschutzgesetz für den mit der Erkundung des Salzstockes Gorleben verbundenen Eingriff. Hamburg
- WILLIAMS, C. B. (1948): The Rothamsted Light Trap. *Proc. royal ent. Soc. London (A)* 23, S. 80-86
- WILLIAMS, C. B. (1951): Comparing the efficiency of insect traps. *Bull. ent. Res.* 42, S. 513-517
- WILLIAMS, C. B., FRENCH, R. A. & HOSNI, M. M. (1954): A second experiment on testing the relative efficiency of insect traps. *Bull. ent. Res.* 45, S. 193-204
- WILTON, D. P. & FAY, R. W. (1972): Air flow direction and velocity in light trap design. *Ent. exp. & appl.* 15, S. 377-386

### Ökologische Auswertungen:

- AMBRUS, A. & CSÓKA, G. (1992): Studien über das Schwärmen und die Dichte-Abschätzung des Frostspanners, *Operophtera brumata* L. (Lep., Geometridae) mit Hilfe von Markierungen und Pheromonfallen in Ungarn. *Anz. Schädlingskde., Pfl. schutz, Umweltschutz* 65, S. 92-99
- BEMBENEK, H. & KRAUSE, R. (1984): Ergebnisse des quantitativen Lichtfanges von Noctuiden in verschiedenen Biozönosen der Hinteren Sächsischen Schweiz. *Faun. Abh. Staatl. Mus. Tierk.* 11, S. 67-108
- EBERT, G. (1978): Die Großschmetterlinge (Macrolepidoptera) des Naturschutzgebietes Rußheimer Altrhein. In: *Der Rußheimer Altrhein, eine nordbadische Auenlandschaft. Natur- und Landschaftsschutzgebiete Bad.-Württ.* 10, S. 525-552, Karlsruhe
- FREUNDT, S. & PAUSCHERT, P. (1990): Zur Auswertung vergleichender Untersuchungen an nachtaktiven Schmetterlingen (Macrolepidoptera) durch deren Einteilungen in Leitartengruppen dargestellt am Beispiel badischer Laubwälder. *Natur u. Landschaft* 65, H. 12, S. 585-591
- FREUNDT, S. & PAUSCHERT, P. (1992): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Vögeln und Nachtfaltern in Niederwäldern des Mittleren Schwarzwaldes. *Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 67, Karlsruhe, S. 371-396

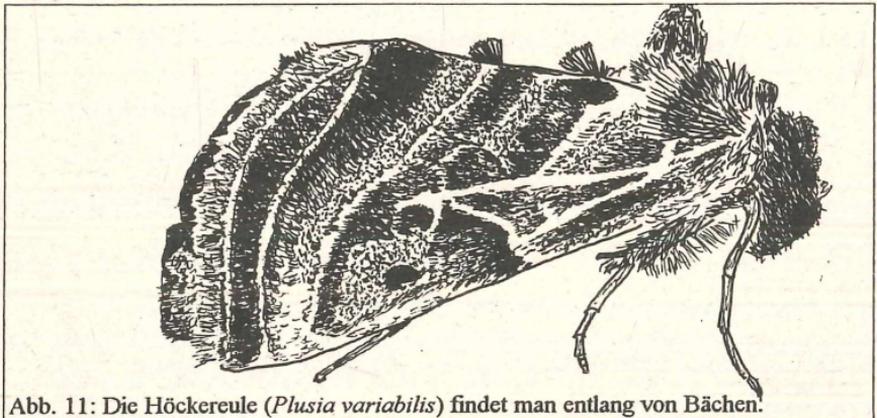


Abb. 11: Die Höckereule (*Plusia variabilis*) findet man entlang von Bächen.

- GEPP, J. (1981): Lepidopteren als Indikatorgruppe im Rahmen der Biotopkartierung Steiermark. *Beih. Veröff. Natursch. Landschaftspf. Bad.-Württ.* 21, S. 145-149
- GROSSER, N. (1986): Zur Struktur von Lepidopteren-Taxozönosen xerothermer Habitate im hallechen Trockengebiet. *Arch. Natursch. Landsh. forsch. Berlin* 26 (3), S. 209-219

- HAUSMANN, A. (1990): Zur Dynamik von Nachtfalter-Artenspektren. Turnover u. Dispersionsverhalten als Elemente von Verbreitungsstrategien. *Spixiana* Suppl. 16, S. 1-222
- HAUSMANN, A. (1990): Die Bedeutung des genauen Lichtfallen-Standortes für die Aussagekraft des Fangergebnisses (Lepidoptera, Macroheterocera). *Atalanta* 21 (3/4), S. 301-312
- HAUSMANN, A. (1991): Zur Abhängigkeit des apparenten Artenaustausches von der Stichprobengröße (Lepidoptera, Macroheterocera). *Spixiana* 14 (2), S. 237-242
- HEYDEMANN, B., HOFMANN, W. & IRMLER, U. (1988): Biologisch-ökologische Untersuchungen an Lepidopteren des Supralitorals der Nordseeküste. *Suppl. faunist.-ökol. Mitt.* 7, 116 S.
- HUEMER, P. (1988): Kleinschmetterlinge an Rosaceae unter besonderer Berücksichtigung ihrer Vertikalverbreitung. *Neue ent. Nachr.* 20, S. 1-376
- HUEMER, P. (1991): Bestandsaufnahme der Schmetterlinge (Lepidoptera) im Gebiet der Lech-Akkumulationsstrecke zwischen Stanzach und Forchach (Nordtirol, Österreich). Selbstverlag Tiroler Landesmus. Ferd. Innsbruck
- JONES, C., MAJERUS, M. & TIMMINS, R. (1993): Differential habitat selection in polymorphic Lepidoptera. *The Entomologist* 112 (2), S. 118-126
- KOMAREK, S. (1986): Quantitative Studie der Familie Noctuidae im Siedlungsbereich einer südböhmischen Ortschaft. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, S. 351-356
- KOMAREK, S. (1988): Quantitative Studie der Nachtschmetterlinge im Siedlungsbereich einer südböhmischen Ortschaft. *Sitzungsber. Inst. Zool. Univ. Wien*, S. 215-222
- KRISMANN, A. (1993a): Wiesen und Weiden in Zillhausen - ökologische Beurteilung und ein erster Vergleich. *Interner Bericht DJN* (unveröff.)
- KRISMANN, A. (1993b): Die Nachtfalterfauna der Halbinsel bei Bliesenrade (Darß). Bestandsaufnahme und ökologische Bewertung. *Werkvertrag NPA Meckl.-Vorp.* (unveröff.)
- KRISMANN, A., LUICK, R. & MARKTANNER, T. (1993/94): Untersuchungen zu Tagfaltern und Widderchen (Lepidoptera) im Rahmen der Biotopvernetzung und Flumeuordnung Welschingen/Lkrs. Konstanz. *Bericht ILN Singen, Veröffentlichung im Druck*
- KRISMANN, A. (1994): Die Lepidopteren der Ostseeinsel Vilm. *Praktikumsbericht BfN* (unveröff.)
- LÖDL, M. (1984): Kritische Darstellung des Lichtfanges, seiner Methoden und seine Bedeutung für die ökologisch-faunistische Entomologie. *Bd. 1 u. 2*, Wien Univ., Formal-Naturwiss. Fak., Diss.
- LÖDL, M. (1987): Die Bedeutung des Lichtfanges in der zoologischen Forschung. *Beitr. Ent.* 37, S. 29-33
- LÖDL, M. (1989): Grundlagen des vergleichenden Lichtfanges. *Beitr. Ent.* 39 (2), S. 413-424
- MALICKY, H. (1965): Die lepidopterologischen Verhältnisse des Hügellandes zwischen Bodensee und Alpstein (Nordostschweiz). *Zeitschrift d. Arbeitsgemeinschaft österr. Entomol.* 17, Nr. 1 u. 2
- MEINEKE, J.-U. (1981): Zeitliche und räumliche Differenzierung von Lepidopteren in Moorkomplexen des Alpenvorlandes. *Beih. Veröff. Natursch. Landschaftspf.* 21, S. 133-144
- MEINEKE, J.-U. (1982): Die Großschmetterlinge (Macrolepidoptera) der Verlandungsmoore des württembergischen Alpenvorlandes. *Diss. Univ. Tübingen*
- MEINEKE, T. (1984): Untersuchungen zur Struktur, Dynamik und Phänologie der Großschmetterlinge (Insekten: Lepidoptera) im südlichen Niedersachsen. *Mitt. z. Fauna u. Flora Südniedersachsens* 6 (Diss. Math.-Naturw. Fachbereich Univ. Göttingen)
- MELZER, A. & GROSSER, N. (1985): Strukturanalyse einer Lepidopterenartenzonose - biologische Indikation von Zustandsänderungen eines Biotops? *Hercynia* 22 (4), S. 440-447
- MÉSZÁROS, Z. & VOJNITS, A. (1974): Die Methoden der Auswertung der Lichtfallenangaben in Ungarn. *Fol. Ent. Hung.* 27-Suppl., S. 103-108
- MÖRTTER, R. (1988): Vergleichende Untersuchungen zur Faunistik und Ökologie der Lepidopteren in unterschiedlich strukturierten Waldflächen im Kottenforst bei Bonn. *Neue ent. Nachr.* 21, S. 1-188
- PAVOLNY, D., SPITZER, K. & MAREK, J. (1965): Versuch einer zoologischen Auswertung der Noctuidenfauna des südböhmischen Hochmoores bei Liberezy. *Acta faun. ent. Mus. Nat. Pragae* 11, S. 245-264
- POLLARD, E. & YATES, T. J. (1992): *Monitoring butterflies for Ecology & Conservation*. The British Butterfly Monitoring Scheme. *Conservation Biol. Series*, Chapman & Hall, London
- PRETSCHER, P. (1981): Untersuchungen der Entomofauna. In: *Grundlagen zum Landschaftsrahmenplan Bergisches Land, Teil IV*. Rheinland-Verlag, Köln, *Beitr. z. Landesentw.* 37, Bd. 2, S. 78-86

- SETTELE, J. (1987): Faunistische Erhebung und Aspekte vergleichender Bewertung der Schmetterlinge zweier Kastentäler im Südlichen Pfälzerwald. In: Beiträge zur Biologie der Gründlandbrachen im Südlichen Pfälzerwald. Pollichia 12, S. 392-501
- SRVAPRAGASAM, A., SAITO, T. & ITO, Y. (1988): Marking adult diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), and estimation of adult survival rate and population density in a cabbage field. Appl. ent. Zool. 23 (3), S. 245-250
- SSYMANK, A. (1992): Das Nahrungsangebot für Schmetterlinge und Habitatpräferenzen im Vegetationsmosaik von Wäldern. Veröff. Natursch. Landschaftspf. Bad.-Württ. 67, S. 397-429
- TAYLOR, L. R. & CARTER, C. I. (1961): The analysis of numbers and distribution in an aerial population of Macrolepidoptera. Trans R. ent. Soc. London 113, S. 369-386
- UTSCHIK, H. (1989): Veränderungen in der Nachtfalterfauna im Auwald der Innstaustufe Perach 1976-1988. Nachr.bl. bayer. Ent. 38, S. 51-61
- WEDNER, A. (1992): Beziehungen zwischen Vegetation und tagaktiven Schmetterlingen im Seidenbachtal bei Blankenheim (Eifel). Natursch. forum 5/6, S. 131-156
- ZINNERT, K.-D. (1966): Quantitative Untersuchungen nach der Lincoln-Index-Methode an einer Population von *Lysandra corridon* PODA im zentralen Kaiserstuhl (Lepidoptera, Lycaenidae). Mitt. bad. Landesver. Naturk. u. Natursch. N. F. 9 (1), S. 75-83
- ZINNERT, K.-D. (1983): Die Schmetterlinge (Lepidoptera) des Naturschutzgebietes Mindelsee. In: Der Mindelsee bei Radolfzell. Monographie eines Naturschutzgebietes auf dem Bodanrück. Karlsruhe, Natur- u. Landschaftsschutzgebiete Bad.-Württ. 11, S. 675-706
- Anflugverhalten und abiotische Faktoren:**
- ABHJEET, N. & NATH, P. (1991): Effect of moon light and lunar periodicity on the light trap catches of cutworm *Agrotis ipsilon* (Hufn.) moths. J. Appl. Ent. 111, S. 361-364
- AUBERT, J., AUBERT, J. J. & PURY, P. (1973): Les Sphingides, Bombyces et Noctuides du col du Bretolet (Val d'Illeiez, Alpes valaisannes). Bull. Murithienne 90, S. 75-112
- BAKER, R. R. (1987): Integrated use of moon and magnetic compasses by the heart-and-dart moth, *Agrotis exclamationis*. Anim. Behav. 35, S. 94-101
- BAKER, R. R. & SADOVY, Y. (1978): The distance and nature of the light-trap response of moths. Nature 276, S. 818-821
- BETTMANN, H. (1987): Schmetterlinge und Lichtquellen. Ent. Z. 97 (23), S. 350-352
- BROWN, E. S. & TAYLOR, L. R. (1971): Lunar cycles in the distribution and abundance of airborne insects in the equatorial highlands of East Africa. J. Anim. Ecol. 40, S. 767-779
- BÜNNING, E. (1963): Die physiologische Uhr. Berlin-Heidelberg-Göttingen
- CALLAHAN, P. S. (1965): Far infra-red emission and detection by night-flying moths. Nature 206, S. 1172-1173
- DANIEL, F. (1952): Praxis des Nachtfangs mit Licht. Nachrichtenbl. bayer. Ent. 1, S. 44-46, 51-54, 61-63 & 67-68
- DENT, D. R. & PAWAR, C. S. (1968): The influence of moonlight and weather on catches of *Heliocoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in light and pheromone traps. Bull. ent. Res. 78 (3), S. 365-377
- FROST, S. W. (1958): Insects attracted to light traps placed at different heights. J. econ. Ent. 51 (4), S. 550-551
- HAMDORF, K., GOGALA, M. & SCHWEMMER, J. (1971): Beschleunigung der "Dunkeladaption" eines UV-Rezeptors durch sichtbare Strahlung. Z. vgl. Physiol. 75, S. 189-199
- HOLLINGSWORTH, J. P., BRIGGS, C. P., GLICK, P. A. & GRAHAM, H. M. (1961): Some factors influencing light trap collections. J. econ. Ent. 54 (2), S. 305-308
- HOWLADER, M. A. & GERBER, G. H. (1986): Calling behavior of the Bertha Armyworm, *Mamestra configurata* (Lepidoptera: Noctuidae). Can. Ent. 188, S. 735-743
- HSIAO, H. S. (1972): Attraction of moths to light and to infrared radiation. San Francisco Press
- KURTZE, W. (1974): Synökologische und experimentelle Untersuchungen zur Nachtaktivität von Insekten. Zool. Jb. Syst. Bd. 101, S. 297-344
- LARSEN, E. B. (1943): The importance of master factors for the activity of Noctuids. Studies on the activity of insects I. Ent. Medd. 23, S. 352-374

- MALICKY, H. (1965): Freilandversuche an Lepidopteren mit Hilfe der Jermyschen Lichtfalle. Z. Angew. Ent. 56, S. 358-377
- MARTEN, W. (1956): Beobachtungen beim Lichtfang. Ent. Z. 66 (11), S. 121-133
- MCGEACHIE, W. J. (1987): The effects of air temperature, wind vectors and nocturnal illumination on the behaviour of moths at mercury-vapour light-traps. Ph. D. thesis, Cranfield Inst. Technol., Bedford, 170 S.
- MCGEACHIE, W. J. (1989): The effects of moonlight illuminance, temperature and wind speed on light-trap catches of moths. Bull. ent. Res. 79. S. 185-192
- MIKKOLA, K. (1972): Behavioural and electrophysical responses of night-flying insects, especially Lepidoptera, to near-ultraviolet and visible light. Ann. Zool. Fennici 9 (4), S. 225-254
- NOVAK, I. (1974): Sexualindex bei Lepidopteren in den Lichtfallen. Fol. Ent. Hung. 27 Suppl., S. 143-152 (fünfjährige Untersuchung)
- PERSSON, B. (1971): The influence of light on the flight of noctuids in South-Sweden. Ent. Scan. 2, S. 215-232
- VAN DE POL, P. H. (1956): De toepassing van vanglampen (Die Anpassung an Lichtfallen). Ent. Berichten 16, S. 226-236
- SCHACHT, W. & WITT, T. (1986): Warum nachtaktive Insekten künstliche Lichtquellen anfliegen. Entomofauna 7 (9), S. 121-128
- SCHAL, C. & CARDÉ, R. T. (1986): Effects of temperature and light on calling in the tiger moth *Holome-lina laeae* (Freeman) (Lepidoptera: Arctiidae). Physiol. Ent. 11, S. 75-87
- TSHERNYSHEV, W. B. (1970): Effect of external disturbance and time of day on the light reactions of some insects. Ann. Ent. Fenn. 36 (1), S. 30-35
- WILLIAMS, C. B. (1923): A new type of light trap for insects. Techn. Bull. Min. Agric. Egypt. 28, S. 1-2
- WILLIAMS, C. B. (1935): The time of activity of certain nocturnal insects, chiefly Lepidoptera, as indicated by a light-trap. Trans. royal ent. Soc. London 83, S. 523-558
- WILLIAMS, C. B. (1936): The influence of moonlight on the activity of certain insects, particularly of the family Noctuidae, as indicated by light-traps. Phil. Trans. B 226, S. 357-389
- WILLIAMS, C. B. (1939): An analysis of four years captures of insects in a light trap. Part I. General survey; sex proportion; phenology; an time of flight. Trans. royal ent. Soc. Lond. 89 (6), S. 79-131 (vierjährige Untersuchung)
- 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. royal ent. Soc. Lond. 90 (8), S. 227-306 (vierjährige Untersuchung)
- WILLIAMS, C. B. & SINGH, B. P. (1951): The effect of moonlight on insect-activity. Nature 167, S. 853
- WILLIAMS, C. B., SINGH, B. P. & EL ZIADY, S. (1956): An investigation into the possible effects of moon light on the activity of insects in the field. Proc. royal ent. Soc. London (A) 31 (10-12), S. 135-144

### Unterwasserlichtfallen:

- ENGELMANN, H.-D. (1972): Eine Lichtfalle zur Erfassung der limnischen Entomofauna, dargestellt am NSG Niederspree. Abh. Ber. Naturk.mus. Görlitz 47 (2), S. 33-34
- ENGELMANN, H.-D. & TOBISCH, S. (1972): Fangergebnisse mit einer Unterwasser-Lichtfalle. Abh. Ber. Naturk.mus. Görlitz 47 (13), S. 27-31
- ENGELMANN, H.-D. (1974): Lichtfang unter Wasser. Fol. Ent. Hung. 27-Suppl., S. 172-176
- HUNGERFORD, H. B., SPANGLER, P. J. & WALKER, N. A. (1955): Subaquatic lighth traps for insects and other animal organisms. Trans. Kan. Acad. Science 58 (3), S. 387-407

### Langzeituntersuchungen: (soweit nicht schon erwähnt)

- AYRE, G. L. & LAMB, R. J. (1990): Life histories, flight patterns, and relative abundance of nine cutworms (Lepidoptera: Noctuidae) in Manitoba. Can. Ent. 122, S. 1059-1070 (elfjährige Untersuchung)
- GAGNEPAIN, C. (1974): Quantitative und qualitative Veränderungen einer Schmetterlingspopulation, beobachtet mit einer Lichtfalle während aufeinanderfolgender Jahre. Fol. Ent. Hung. 27-Suppl., S. 129-141 (achtjährige Untersuchung)
- KOBRO, S. (1991): Annual variation in abundance of phototactic Lepidoptera as indicated by light-trap catches. Fauna norv. Ser. B 38, S. 1-4 (sechsjährige Untersuchung)

RÉZBÁNYAI, L. (1974): Quantitative faunistische, ökologische und zöologische Forschungsmethode mit Lichtfallen und deren Ergebnisse bei den Gross-Schmetterlingen. *Fol. Ent. Hung.* 27-Suppl., S. 183-190 (drei- bzw. zehnjährige Untersuchung)

VARGA, Z. & UHERKOVICH, Á. (1974): Die Anwendung der Lichtfallen in der ökologischen Landschaftsforschung. *Fol. Ent. Hung.* 27-Supp., S. 159-171 (zehnjährige Untersuchung)

### Einige Rote Listen:

EBERT, G. & FALKNER, H. (1978): Rote Liste der in Baden-Württemberg gefährdeten Schmetterlingsarten (Macrolepidoptera). *Beih. Veröff. Natursch. u. Landschaftspf. Bad.-Württ.* 11, S. 323-365, Karlsruhe

KLAUSNITZER, B. et al. (1978): Bedrohte Insektenarten in der DDR 1. *Beitr. Ent. Ber.* 22, Berlin, S. 81-87

PRETSCHER, P. (1984): Rote Liste der Großschmetterlinge (Macrolepidoptera). In: Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der BRD, Greven, S. 53-66

PRÖSE, H. (1992): Rote Liste gefährdeter Kleinschmetterlinge Bayerns. *Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz*, Heft 111, München, S. 237-255

WOLF, W. (1992): Rote Liste gefährdeter Nachtfalter Bayerns. *Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Umweltsch.* 111, München, S. 214-236

### Techniken: (für Präparation siehe auch KOCH 1984)

HÄNDEL, J. (1989): Zur Darstellung des Flügelgeäders von Lepidopteren. *Ent. Nachr. Ber.* 33 (3), S. 110

GABLER, D. (1980): Vollendete Spiegelreflex-Fotographie mit Novoflex. 3. Aufl., Novoflex, 264 S.

JOREK, N. (1985): Natur-Fotographie. *Biologik-Verlag*, Saerbeck, 154 S.

PIMPL, F. (1987): Verfahren zum Fotografieren von Genitalpräparaten bei Lepidopteren mittels eines Vergrößerungsapparates. *Ent. Nachr. Ber.* 31 (2), S. 71-72

POHL, B. (1983): Von Puppen, Käfern und anderen Fotomodellen. *Bauer Verlag*, 70 S.

REICHOLF, J. (1984): Mein Hobby: Schmetterlinge beobachten. *BLV Naturführer*, 191 S. (sehr gute einfache Einführung!)

REITTER, E. (1963): *Praktische Entomologie*. Verlag Goecke & Evers, Krefeld, 78 S.

SCHMIDT, G. (1979): Präparieren von Insekten und anderen Wirbellosen. *Albrecht Philler-Verlag*, Minden, 134 S.

STUKE, J.-H. (1993): Einige Tips zur Präparation und Aufbewahrung von Insektengenitalien. *DJN, Hamburg, NaBei* 28, S. 63-69

### Bestimmungsliteratur:

AMSEL, H. G. et al. (1965-1993ff). *Microlepidoptera Palaearctica*. Bde 1-8, Wien

BERGMANN, A. (1951-55): Die Großschmetterlinge Mitteldeutschlands, 5 Bde, Urania, Leipzig, Jena

BROOKS, M. (1991): *A complete guide to british moths (Macrolepidoptera)*. Jonathan Cape, London

CARTER D.-J. & HARGREAVES, B. (1986): *Raupen und Schmetterlinge Europas und ihre Futterpflanzen*. Parey, Hamburg, Bremen

EMMET, A. M. (1988): *A field guide to the Smaller British Lepidoptera*. New rev. edition. 285 S.

FORSTER, W. & WOHLFAHRT, T. A. (1960-1981): *Die Schmetterlinge Mitteleuropas*. 5 Bde, Stuttgart

GOATER, B. (1986): *British Pyralid Moths. A guide to their identification*. 175 S.

HANNEMANN, H.-J. (1961, 1965, 1977): *Kleinschmetterlinge oder Microlepidoptera*. 3 Teile, in: *Dahl: Die Tierwelt Deutschlands*. Jena

HEATH & EMMET (1976): *The Moths and Butterflies of Great Britain and Ireland*. Bd 1: *Micropterigidae to Heliozelidae*. 344 S.

HEINICKE, W. (1987 & 1988): Beiträge zur Kenntnis der Genitalstrukturen schwer unterscheidbarer Eulenfaller-Arten der DDR-Fauna (Lep., Noctuidae) I-VI. *Ent. Nachr. u. Ber.* 31 & 32

KALTENBACH, T. & KÜPPERS, P. V. (1987): *Kleinschmetterlinge*. Neumann-Neudamm, Melsungen

KOCH, M. (1955-1961, 1984, 1991): *Wir bestimmen Schmetterlinge*. Versch. Verlage

KUCHLEIN, J. H. (1993): *De kleine vlinders Handboek voor e faunistiek von de Nederlandse Microlepidoptera (Das kleine Schmetterlings-Handbuch über die Faunistik der niederländischen Kleinschmetterlinge)*. Uitg. Pudoc, 715 S.

PIERCE, F. N. (1938, 1960, 1967, 1968, 1975): *The Genitalia of The Group Noctuidae/British Rhopalocera and The Larger Moths/The Group Tortricidae/The Group Geometridae/The British Pyrales*. 5 Teile, Liverpool

ROUGEOT, P. C. & VIETTE, P. (1983): *Die Nachtfalter Europas und Nordafrikas*. I. Schwärmer und Spinner. *Keltern*, 281 S.

- SAUER, F. (1985): Raupe und Schmetterling. 3. Aufl., Karisfeld, 372 S.
- SKOU, P. (1986): The Geometroid Moths of North Europe. Entomograph Vol. 6, Leiden, Copenhagen
- SKOU, P. (1991): Nordens Ugler (Herminiidae og Noctuidae). Leiden, 566 S.
- SPULER, A. (1910, 1983): Die Schmetterlinge Mitteleuropas Kleinschmetterlinge. Nachdruck, Verlag E. Bauer
- STRESEMANN, E. (1986): Exkursionsfauna. Bd. 2/2, Berlin
- SVENDSEN & FIBIGER (1992): The Distribution of European Macrolepidoptera. Noctuidae. Vol. 1: Noctuidae I. 293 S.
- WEIGT, H.-J. (1980): Blütenspanner-Beobachtungen 4. Mitteleuropäische Blütenspanner beobachten, sammeln und züchten. Dortm. Beitr. z. Landeskd. Heft 14, Dortmund, S. 3-84
- WEIGT, H.-J. (1987-1991): Die Blütenspanner Mitteleuropas (Lepidoptera, Geometridae: Eupitheciini). Dortm. Beitr. z. Landeskd. 21, 22, 24 u. 25, Dortmund

Anschrift des Verfassers: Alfons Krismann  
Tannenrauchstr. 35/215  
CH-8038 Zürich



Abb. 12: *Cerura vinula* (aus STRESEMANN 1986)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Naturkundliche Beiträge des DJN](#)

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: [29](#)

Autor(en)/Author(s): Krismann Alfons

Artikel/Article: [Der Lichtfang von Nachtfaltern: Theorie - Methodik - Beispiele 28-63](#)