

Nachtfalter in der naturschutzrelevanten Raumplanung: Grundlagen, Methoden, Auswertung

THOMAS MEINEKE

Abstract

As one of the great insect groups with the most species at all moths (here defined as so called Macroheterocera) are more and more involved in landscape planning to pay attention to the demands of nature conservation.

This paper gives recommendations for standard methods of sampling and data analysis on the base of a critical synopsis regarding the biological and ecological characteristics of moths in middle europe.

Sufficient knowledge about distribution and frequency of moth species render possible representative statements concerning the biological and natural potential of the sampling area. Unfortunately the lack of clear defined regional models for landscape development complicates the valuation of local information from a nature conservation viewpoint.

The method to get data of moths and the way to analyse them are demonstrated by an investigation in the national park „Hoch-Harz“ (in Lower Saxony) carried out in 1991. The investigation treats the comparison of the moths taxocoenoses of different spruce forests.

1. Einleitung

Um möglichst viele Informationen über die Zusammensetzung und das Beziehungsgefüge der Lebensgemeinschaften eines Gebietes zu erhalten, werden in die naturschutzbezogene Planung heute immer mehr Artengruppen integriert. Waren es hinsichtlich der Fauna zunächst hauptsächlich Vögel, kamen bald Lurche, Libellen, Tagfalter, Heuschrecken und andere, vor allem aquatische Wirbellose, hinzu (ZUCCHI 1990). Inzwischen sind auch die nacht- und dämmerungsaktiven Großschmetterlinge (sogenannte Macroheterocera), vereinfacht auch als Nachtfalter oder Nachtschmetterlinge bezeichnet, Bestandteil der Mindestprogramme zur Beschreibung und Beurteilung naturschutzfachlich bedeutsamer Lebensraumqualitäten.

Es lassen sich im wesentlichen fünf Aufgabenfelder unterscheiden:

- Grundlagen des Arten- und Biotopschutzes (z. B. Monitoring).

Als Sonderstudien bisher nur vereinzelt vergeben (BECKER et al. 1990, DOROW et. al. 1992, FREUNDT & PAUSCHERT 1990, T. MEINEKE 1986 u. a.).

- Rahmenkonzeption bzw. Begründung für die Ausweisung von Naturschutzgebieten (Schutzwürdigkeitsgutachten u. ä.).

Häufig handelt es sich um knapp kommentierte Auflistungen der nachgewiesenen Arten (z. B. ROBENZ 1989), die überwiegend in unpublizierter Form vorliegen (vgl. DIERKING

1992 u. Übersicht von BROCKMANN 1990). Zahlreicher sind unbestellte Bestandserfassungen, die im Ergebnis stets die Notwendigkeit der Unterschutzstellung bzw. Sicherung des Bearbeitungsgebietes hervorheben (FLISSE et al. 1988, KELM 1985, PETERSEN 1985, THEUNERT 1988 u. a.).

- Beschreibung und Bewertung im Rahmen von Pflege- und Entwicklungsplänen für bestehende Schutzgebiete.
- Zur Datengrundlage entsprechender Fachpläne bzw. Maßnahmen gehören immer häufiger Untersuchungen über das Nachtfalter-Inventar (PIPER et al. 1986, RETZLAFF 1989, SCHIKORA 1988 und viele unveröffentlichte Untersuchungen).
- Beschreibung und Bewertung im Rahmen von Eingriffsplanungen (z. B. Flurbereinigungsverfahren u. ä.).
Bisher nur wenige veröffentlichte (z. B. NIPPEL 1990, SCHULENBURG & SCHNELL 1993) aber zahlreiche unpublizierte Beiträge (vgl. Übersicht von BROCKMANN 1990).
- Bestandserfassungen und Bewertungen im Rahmen der Stadtbiotopkartierung.
Bisher nur aus wenigen Großstädten bekannt (z. B. LOBENSTEIN 1990, PIPER & RIEFENSTAHL 1986).

Neuerdings veröffentlichte Empfehlungen zur Berücksichtigung der Nachtfalter-Fauna in der Umweltplanung grenzen die zu untersuchenden Vegetationstypen bzw. Strukturen ein.

Die Tiergruppe ist in die Grundlagenmittlung einzubeziehen, wenn auf der Maßstabsebene 1:2.500 bis 1:10.000 Röhrichte und Großsegennieder, Wälder, gehölzgeprägte Strukturen der freien Landschaft sowie Höhlen, aufgelassene Bergwerkstollen und Bunkeranlagen von der Planung betroffen sind (RIECKEN 1992).

FINCK et al. (1992) setzen in den Empfehlungen zur Datenerhebung für die Erstellung von Pflege- und Entwicklungsplänen für Naturschutzgroßprojekte des Bundes ähnliche Schwerpunkte.

RECK (1992) schlägt vor, in der Eingriffsplanung Nachtfalter nur „zur Beurteilung bei Verdacht auf besondere Vorkommen“ und bei „besonderer Empfindlichkeit gegenüber Lichtemissionen“ als „ergänzende Artengruppe“ zu erfassen.

Diese Hinweise erleichtern die Entscheidung, wann und wo die Insektengruppe bei der Datenerhebung in der raum- und umweltrelevanten Planung zu berücksichtigen ist. Vorgaben für eine einheitliche Erfassungsmethodik und naturschutzfachliche Bewertung fehlen aber nach wie vor. Das führt in der Praxis zu sehr unterschiedlichen Bearbeitungen mit teils unsicheren oder widersprüchlichen Aussagen.

Eine wichtige Aufgabe besteht also in der weitgehenden Standardisierung der Erhebung, Darstellung und Auswertung der Daten. Die Schwierigkeiten der naturschutzfachlichen Bewertung können nicht fachspezifisch gelöst, müssen aber verdeutlicht werden.

Zur Erleichterung der Diskussion wähle ich folgende Vorgehensweise:

- Zusammenschau der populationsökologischen Grundlagen und der thematisch bedeutsamen Merkmale nachaktiver Großschmetterlinge,
- kritische Synopse geeigneter Methoden der Erfassung,
- Ableitung einer möglichst objektiven und nachvollziehbaren Methodik der Datenerhebung,
- Empfehlungen zur Datenauswertung,
- Probleme der naturschutzfachlichen Bewertung.

2. Grundlagen

In den nächsten Abschnitten werden einige Merkmale der Schmetterlinge und ihrer Populationsökologie benannt, die zum besseren Verständnis der aus der Erfassung dieser Insekten resultierenden Informationsgehalte und Probleme beitragen sollen.

2.1 Taxonomie

Die Schmetterlinge gehören zu den drei artenreichsten Tier-Ordnungen (WEBER & WEIDNER 1974, JACOBS & RENNER 1988, Schweizerischer Bund für Naturschutz 1987). In Mitteleuropa (einschließlich der Alpen) sind 4000 bis 4500 Spezies zu erwarten (HUEMER & TARMANN 1993, KARSHOLT et al. 1985, LERAUT 1980 u. a.). Etwa die Hälfte gehört zu den sogenannten Großschmetterlingen (z. B. Noctuidae, Geometridae, Notodontidae, alle Tagfalter-Familien). Der größte Teil ist nachtaktiv. Die Tagfalter machen nur 5 % des Artenspektrums aus.

Über die nachtaktiven Großschmetterlinge Mitteleuropas existieren viele bebilderte Darstellungen (z. B. FORSTER & WOHLFAHRT 1960, 1971 u. 1981, HEINICKE 1984), erstaunlicherweise aber keine umfassenden Bestimmungsschlüssel, die eine hinreichend sichere Identifizierung aller Arten auf der Basis eindeutiger morphologischer Merkmale ermöglichen würden. Bei Verwendung der in vieler Hinsicht veralteten dichotomen Tabelle von HERING (1932), die fast ausnahmslos auf dem Vergleich der Flügelzeichnung basiert, muß die Determination häufig zu zweifelhaften Ergebnissen führen. Im europäischen Ausland gibt es zumindest für einige Familien hilfreiche taxonomische Veröffentlichungen (BERIO 1985 u. 1991, BLESZYNSKI 1960, 1965 u. 1966, BUSZKO 1980, 1983 u. 1985, KOSTROWICKI 1956 u. 1959 u. a.), die mit kleinen Einschränkungen zur Bearbeitung der mitteleuropäischen Fauna herangezogen werden können und sollten.

Die oft leichtfertig als einfach bestimmbar behandelten Großschmetterlinge werden meist mit Hilfe der „Bilderbuch-Methode“ determiniert. Nicht selten unterlaufen daher selbst vorgebildeten Biologen Fehldiagnosen (KUDRNA 1993). Die nur mäßig gut erforschte Taxonomie der Großschmetterlinge ist auch ein Grund dafür, daß man selbst in Mitteleuropa noch immer bisher nicht beschriebene Arten entdeckt (z. B. REMM 1984, REZBANYAI-RESER 1985, MENTZER et al. 1991).

Will man Raupen hinreichend sicher bis zur Art bestimmen, bleibt in den meisten Fällen nur die Aufzucht bis zum Falter. Lediglich zu einigen Gruppen der Eulenfalter und zu forstwirtschaftlich bedeutsamen Schmetterlings-Gilden gibt es Bestimmungsschlüssel, die eine weitgehend zweifelsfreie Identifizierung häufigerer Arten ermöglichen (BECK 1960, MERZHEEVSKAYA 1989, PATOCKA 1980).

2.2 Flugfähigkeit

Fast alle Nachtfalter können fliegen. Größere Arten mit kräftiger Flügelmuskulatur (z. B. Spingidae, Noctuidae) sind sehr beweglich und entsprechend ausbreitungsfreudig. Viele von ihnen zeigen eine Anpassung an kurzlebige Vegetationsstrukturen (z. B. gestörte Standorte, Pioniergesellschaften). Kleine Falter, die im Verhältnis zur Flügelgröße einen eher zierlichen Körper besitzen (z. B. Geometridae), sind weniger fluggewandt. Sie meiden offene, ungeschützte Lebensräume und besiedeln daher bevorzugt beständige Vegetationstypen, also vor allem Wälder oder gehölzbestimmte Standorte (T. MEINEKE 1984 u. 1985, MÖRTER 1988 u. a.).

2.3 Ernährung

Die Larven der meisten Schmetterlingsarten ernähren sich von Blütenpflanzen, vorwiegend von zahlreichen Sippen der Samenpflanzen (Spermatophyta). Alle Teile einer Pflanze kommen als Nahrung in Frage. Einige fressen Pilze und Flechten oder ernähren sich nur von Tierprodukten (Wolle, Wachs, Federn, Haaren, Gewöllen u. ä.).

Die Mehrzahl lebt begrenzt oligophag, ein kleinerer Teil polyphag oder monophag im engeren Sinne. Noch immer sind die Raupenfutterpflanzen vieler mitteleuropäischer Großschmetterlinge unbekannt oder in der Literatur nicht korrekt angegeben (MEIER 1992 u. a.).

Im Raupenstadium wird der entscheidende Energievorrat für das Falterleben angelegt. Der erwachsene Schmetterling konsumiert im Vergleich zur Raupe daher nur noch wenig Nahrung. Schwärmer und einige Eulenfalter müssen ihren Energiebedarf zusätzlich über die Aufnahme von Blütennektar, Baumsäften, Honigtau u. ä. Flüssigkeiten decken. Viele Falter (z. B. aus der Familie der Geometridae) nehmen keine Nahrung auf. Sie besitzen häufig zurückgebildete Mundwerkzeuge.

2.4 Lebensraum und Existenzbedingungen

Schmetterlinge kann man (zumindest zeitweise) in allen terrestrischen Vegetationstypen bzw. Ökosystemen antreffen. Nur wenige Arten kommen weitgehend unabhängig von Vegetationsstrukturen vor (z. B. Vorratsschädlinge).

Die Zusammensetzung der Schmetterlingsgemeinschaft eines Gebietes wird von der Verfügbarkeit und Qualität der Nahrung bestimmt. Darüber hinaus beeinflussen Klima, Kleinklima und Witterung in Mitteleuropa in entscheidender Weise den Fortpflanzungserfolg bzw. die Existenz einer Population (vgl. Abb. 1). Ungünstige Wetterbedingungen können mehr als Feinde, Parasiten oder Krankheiten zum (vorübergehenden) Erlöschen lokaler Bestände führen. Umgekehrt sind Massenentwicklungen in den klimatisch gemäßigten Breiten fast immer das Resultat außergewöhnlich günstiger Wetterkonstellationen (z. B. RAMSON et al. 1977, T. MEINEKE 1984). Auch mittelbar nehmen Klima und Wetter – zusammen mit anderen Standortfaktoren wie z. B. Geologie, Bodentyp, Hydrologie und Nährstoffversorgung – über die Steuerung der Vegetationsentwicklung Einfluß auf die Zusammensetzung und Individuendichte der Schmetterlingsgemeinschaft.

Im einzelnen weiß man recht wenig über die komplexen und oft regional voneinander abweichenden Lebensraumansprüche der mitteleuropäischen Großschmetterlinge. Den Versuch einer umfassenden Beschreibung der standörtlichen Einnischung und der Beziehungen zur Vegetation unternahm bisher nur BERGMANN (1951, 1952, 1953, 1954 u. 1955). Seine Ausführungen stützen sich auf Beobachtungen in Thüringen und lassen sich allein deshalb nicht ohne weiteres verallgemeinern. Nur wenige neue Untersuchungen greifen Aspekte der Bindungen des Nachtfalters an bestimmte Lebensräume auf (z. B. MÖRTTER 1988, YELA 1992).

2.5 Erscheinungsweise und Lebenserwartung

Die Falter der meisten Arten sind nur während der Vegetationsperiode (März bis November) präsent oder aktiv. Sie erscheinen in Mitteleuropa von Mitte Juni bis Mitte August in maximaler Artenanzahl und Individuendichte (T. MEINEKE 1984, MÖRTTER 1988 u. a.). Der größte Teil der Arten produziert pro Jahr eine Faltergeneration. Wenige, meist anpassungsfähige und ausbreitungsfreudige Spezies produzieren regelmäßig zwei Generationen. Bei

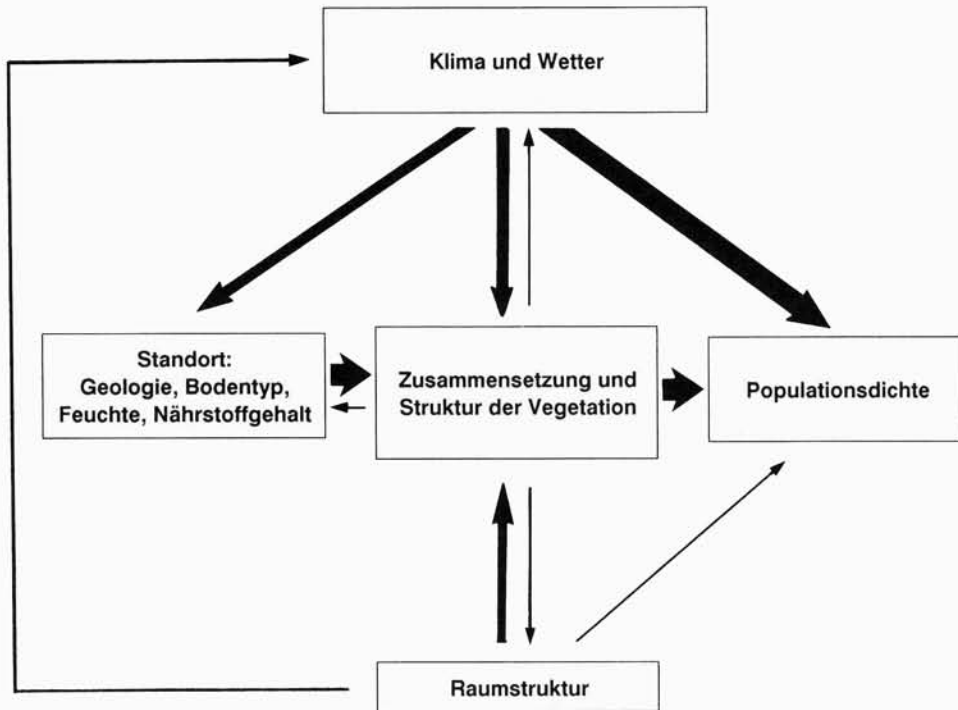


Abb. 1: Einfaches Schema der Faktoren, welche unter natürlichen Bedingungen entscheidenden Einfluß auf die Existenz und den Fortpflanzungserfolg von Schmetterlingen ausüben. Die Pfeile zeigen die Richtung und durch ihre Stärke die Bedeutung der Auswirkungen an. Die Einflußnahme von Parasiten und Räubern bleibt hier unberücksichtigt (vgl. Text).

günstigem Witterungsverlauf bringen mono- oder bivoltine Arten jahr- oder gebietsweise eine zusätzliche Generation hervor.

Die natürliche Lebenserwartung eines Falters liegt je nach Art zwischen wenigen Stunden (bei einigen Vertretern der Psychidae) und fast einem Jahr (z. B. beim Zitronenfalter). Nachtfalter leben durchschnittlich nur eine bis wenige Wochen.

Die Larven treten wie die Falter hauptsächlich innerhalb der nahrungsreichen Vegetationsperiode auf. Einige Arten vollziehen aber auch die Winterruhe im Raupenstadium. Die Entwicklung bis zum Schmetterling kann bei verschiedenen Spezies mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Entweder benötigt das Raupenwachstum mehr als eine Vegetationsperiode oder die Puppe muß die Winterdiapause mehrmals durchlaufen. Nicht wenige Arten überwintern im Eistadium bzw. als junge Raupe in der Eihülle. Die meisten überbrücken die klimatisch ungünstige Jahreszeit jedoch als Mumienpuppe.

2.6 Populationsbiologie

Je nach Art oder Individuum legt ein Schmetterlingsweibchen zwischen 20 und 10.000 Eier ab (KAESTNER 1973). Bei dem häufigen Eulenfalter *Agrotis segetum* schwankt die Zahl zwischen 200 und 1.000 und liegt im Mittel bei 800 (RAMSON et al. 1977). Ähnlich viele Ei-

er produzieren auch die meisten anderen Nachfalterarten. Die Individuendichte kann bei ihnen von Generation zu Generation im Extremfall also um das Tausendfache voneinander abweichen (Streuung der Gesamtmortalität von 0 bis 99 %). Falterarten mit entsprechender Neigung zu Massenwechseln bezeichnet man als „r-Strategen“. Ihr Populationswachstum folgt häufig einem exponentiellen Anstieg mit der spezifischen Zuwachsrate „r“ (vgl. WILSON & BOSSERT 1973). Nach Erreichen des Wachstumsgipfels fällt die Populationsdichte bald auf das Ausgangsniveau zurück. r-Strategen verfügen über die Fähigkeit, vor allem kurzlebige Habitate bzw. vorübergehend optimale Umweltbedingungen vorteilhaft zu nutzen. In gleichbleibender Individuendichte auftretende Schmetterlingsarten (K-Strategen) beobachtet man dagegen mehr in beständigen Lebensräumen bzw. unter weitgehend stabilen Milieubedingungen. Die Wachstumskurve ihrer Populationen zeigt nur in der Initialphase einen steilen Anstieg. Die Dichte erreicht aber rasch ein „Sättigungs-Niveau“, das der artspezifischen Kapazitätsgrenze (ausgedrückt durch den K-Wert) im besiedelten Habitat entspricht.

Nur wenige Schmetterlingsarten lassen sich bisher zweifelsfrei einer der beiden Grundformen des Populationswachstums zuordnen. Viele sind weder eindeutige r-Strategen noch zweifelsfreie K-Strategen (T. MEINEKE 1984 u. 1989, REJMANEK & SPITZER 1982). Die anpassungsfähigen und meist sehr beweglichen r-Strategen, darunter typische Wanderfalter, gehören in der Kulturlandschaft Mitteleuropas fast überall zu den häufigen bzw. influenten bis eudominanten Arten.

2.7 Artenzahl und Individuenhäufigkeit

In mitteleuropäischen Landschaften können in kleinen Gebietsausschnitten (5 bis 100 ha) meist 200 bis 500 nachtaktive Großschmetterlingsarten nachgewiesen werden (HAUSMANN 1990, T. MEINEKE 1984, MÖRTTER 1988 u. a.).

Die Verteilung der Individuendominanzen folgt stets dem gleichen Prinzip: Wenige Arten treten in großer Anzahl auf, sehr viele hingegen in sehr geringer Menge (AUBERT et al. 1973, HAUSMANN 1990, MÖRTTER 1988 u. a.). In einer mehrjährigen Untersuchung stellten z. B. 7 von insgesamt 228 gefundenen Eulenfalterarten (= 3 %) mehr als die Hälfte aller registrierten Individuen. 185 weitere Arten bildeten zusammen nur einen 10%-igen Anteil der festgestellten Falter (Abb. 2). Viele Arten treten so selten bzw. in so geringer Dichte auf, daß ihr Nachweis mit Hilfe der Anlockung durch Lichtquellen nicht alljährlich gelingt (z. B. HAUSMANN 1990, S. 71). Ihre Bestandsgröße liegt häufig unterhalb einer methodisch bedingten „Nachweisbarkeitsgrenze“.

Das real vorhandene Artenspektrum wird erfahrungsgemäß erst nach mehreren Jahren kontinuierlicher Bestandskontrolle bekannt. Die relative Erfassungseffizienz läßt sich mit Hilfe der kumulativen Arten-Zeit-Kurve (Abb. 3) beschreiben (HAUSMANN 1990, T. MEINEKE 1984, REICHHOLF 1985 u. a.). Vergleichbare Aussagen erhält man auch über die graphische Darstellung der ermittelten Individuenhäufigkeiten als geometrische Zahlen-Klassen aufsteigender Folge, auch „log-Series“ genannt (WILLIAMS 1964). Diese Häufigkeitsklassen sind bei weitgehend vollständiger Erfassung des Artenbestandes in der Regel normalverteilt (PRESTON 1948). Bei einem asymmetrischen Kurvenverlauf kann die Zahl der noch nachweisbaren (seltenen) Arten aus dem für eine Normalverteilung „fehlenden Kurvenabschnitt“ interpoliert werden (Beispiele in HAUSMANN 1990, T. MEINEKE 1984 u. 1985).

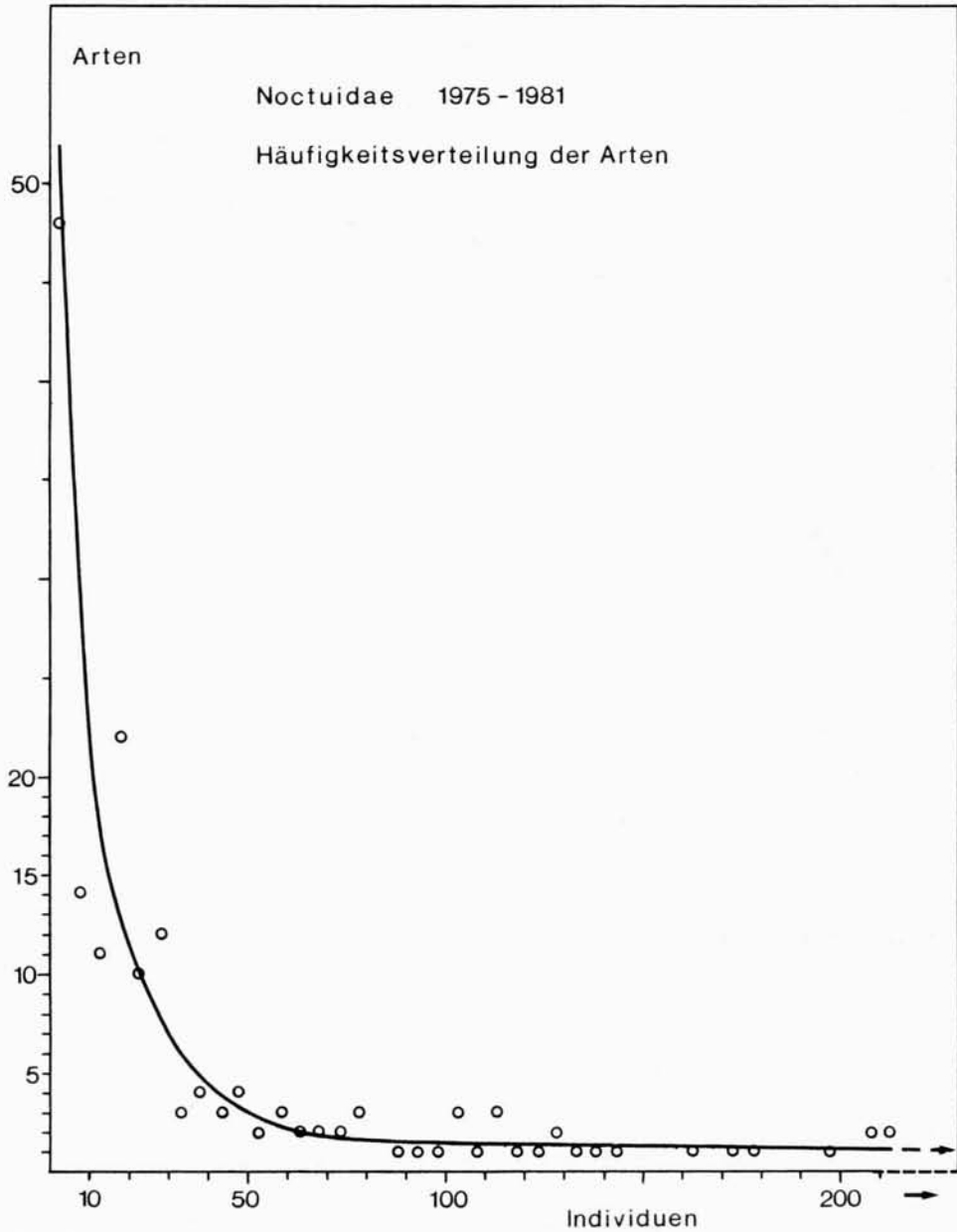


Abb. 2: Individuenhäufigkeiten der Eulenfalterarten (Noctuidae) nach einer siebenjährigen Untersuchung in Süd-Niedersachsen (vgl. T. MEINEKE 1984). Aufgetragen ist die Anzahl der Arten ($n = 228$) mit 1-5, 6-10, 11-15 usw. Individuen. Die nur teilweise dargestellte Abszisse endet bei 16.295 Individuen (1 Art).

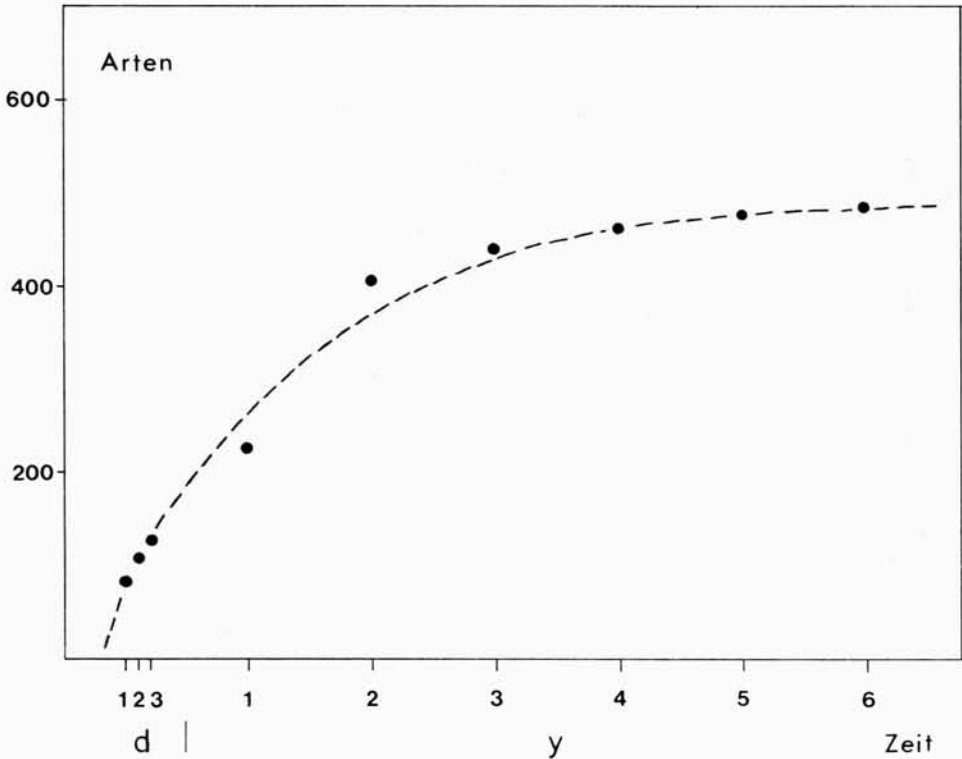


Abb. 3: Anzahl festgestellter nachtaktiver Großschmetterlinge in Abhängigkeit von der Erfassungszeit (= kumulative Arten-Zeit-Kurve). Ergebnisse einer kontinuierlichen Bestandsaufnahme in Süd-Niedersachsen. 1d = eine Nacht Mitte Juli, 2d = zwei Nächte: Mitte Juli und Mitte August, 3d = drei Nächte: zusätzlich Mitte Juni, 1y = ein Jahr usw.

2.8 Abundanzdynamik

Auf das Populationswachstum nachtaktiver Schmetterlinge können verschiedene, teils voneinander unabhängige Faktoren in variabler Weise Einfluß nehmen. Im wesentlichen gehören dazu die Dynamik des Lebensraumes bzw. die Verfügbarkeit der Lebensgrundlagen, das Wetter sowie (weniger wirkungsvoll) Räuber und Parasiten. Die Vielzahl der möglichen Wechselbeziehungen bestimmten den Grad der Auswirkungen auf den Fortpflanzungserfolg der einzelnen Arten. Fast zwangsläufig folgt daraus eine von Jahr zu Jahr bzw. von Generation zu Generation veränderte Populationsdichte. Das Ausmaß der Änderungen ist unter anderem Ausdruck des Lebensformtypes der betroffenen Spezies. Falterarten mit beispielsweise hohem Reproduktionspotential, polyphager Entwicklung der Raupen, ausgeprägtem Dispersions- oder Migrationsverhalten neigen zu größeren Dichteänderungen (r-Strategen) als Schmetterlinge mit geringer Eiproduktion, mäßigem Flugvermögen und engen trophischen Bindungen (K-Strategen) (T. MEINEKE 1984 u. 1989, REYMANEK & SPITZER 1982).

Dementsprechend zeigen Langzeiterfassungen, daß beim Vergleich zweier Jahre niemals identische Häufigkeitsverteilungen auftreten (HAUSMANN 1990, T. MEINEKE 1984, MÖRTTER 1988 u. a.). Die Präsenz bzw. das Fehlen einer Falterart ist zudem häufig Ausdruck der Schwankungen um eine methodisch bedingte „Nachweisbarkeitsgrenze“ und in diesen

Fällen folglich abhängig von der Erfassungseffizienz (vgl. Kap. 2.7). Die von Jahr zu Jahr auftretenden Änderungen im Artenspektrum dürfen also nur dann als Artenaustausch, Artenumsatz oder Turnover interpretiert werden (z. B. HAUSMANN 1990, REICHHOLF 1985, UTSCHICK 1989), wenn man stets reale Artenbestände nachwies oder Erkenntnisse über plausible Ursachen (z. B. tiefgreifende Veränderungen des Lebensraumes) vorliegen. Soweit erforderlich, kann man allen Arten Erwartungswerte der Antreffwahrscheinlichkeit zuordnen. Sie sind unter Beachtung übereinstimmender Erfassungsmethoden allgemein vergleichbar.

2.9 Schmetterlinge und Bioindikation

ARNDT et al. (1987) definieren Bioindikatoren im engeren (ursprünglichen) Sinne als Organismen oder Organismengruppen, „die auf Schadstoffbelastungen mit Veränderungen ihrer Lebensfunktionen antworten bzw. den Schadstoff akkumulieren“. Nach anderem Verständnis steht der Begriff für „Organismen, die der Erkennung und mengenmäßigen Erfassung von Umweltfaktoren (oder Faktorenkombinationen) dienen“ (BICK 1982 und sinngemäß SCHUBERT 1985).

In letztgenanntem Sinne kann z. B. der Spanner *Carsia sororiata* je nach mengenmäßigem Auftreten ein Bioindikator für die Existenz und den Umfang der von ihm stenobiont besiedelten moosbeerreichen Hochmoore sein. Präziser ist jedoch die gleichsinnige Bezeichnung Leitfalter, die bereits BERGMANN (1951 u. 1955) zur Verdeutlichung der engen Bindung der Falterart an den genannten Lebensraum einführte.

Das Wort Bioindikator (bzw. Indikator) hat als Synonym für Leit- oder Kennart inzwischen Eingang in viele Veröffentlichungen gefunden (FREUNDT & PAUSCHERT 1990, KELM 1985, MEIER 1992, RETZLAFF 1989 u. a.). Zur Klärung von Sachverhalten trägt diese von der ursprünglichen Definition losgelöste Verwendung jedoch wenig bei (vgl. SCHERNER 1995). Die Äquivokation birgt – wie bei den Begriffen Ökologie und Biotop – vielmehr die Gefahr von Mißverständnissen. Bioindikatoren sensu stricto entdeckte man unter den Schmetterlingen bisher kaum (vgl. ARNDT et al. 1987, GROSSER 1979).

3. Methoden der Erfassung nachtaktiver Schmetterlinge

Der Nachweis von Schmetterlingen erfolgt in aller Regel über die Suche und Identifizierung des Falters. Der Fund einer Raupe belegt zwar immer die Entwicklung im untersuchten Habitat und erleichtert damit die Beurteilung der Zönosezugehörigkeit, doch sind die Ergebnisse der Raupensuche im Vergleich zum Aufwand wenig ergiebig. Außerdem fehlen geeignete Grundlagen zur sicheren Bestimmung aller Larven. Dies gilt in noch stärkerem Maße für die Ei- und Puppenstadien.

Zur Erfassung der Falterstadien nachtaktiver Schmetterlinge werden vor allem folgende Methoden angewandt:

- Anlockung aller nacht- oder dämmerungsaktiven Falterarten mit Hilfe geeigneter Lichtquellen unter Ausnutzung ihrer Fähigkeit zur phototaktischen Reaktion¹⁾ und Orientierung,

¹⁾ Unter Phototaxis wird hier die durch Belichtungsunterschiede ausgelöste Bewegung des nacht- oder dämmerungsaktiven Individuums verstanden.

- Anlockung der Nahrung aufnehmenden Arten mit Hilfe stark riechender Köder unter Ausnutzung ihrer Fähigkeit zur olfaktorischen Wahrnehmung und Orientierung.
- Anlockung männlicher Falter mit Hilfe artspezifischer Sexual-Pheromone unter Ausnutzung der Fähigkeit zur geruchlichen Wahrnehmung und Orientierung.

3.1 Anlockung mit Hilfe geeigneter Lichtquellen

Der Einsatz künstlicher Lichtquellen nutzt die Fähigkeit aller nachtaktiven (flugfähigen) Schmetterlinge zur phototaktischen Reaktion bzw. Orientierung (vgl. CLEVE 1967, LÖDL 1987, T. MEINEKE 1984 u. a.). Auf diesem Weg können also prinzipiell 95 % aller Schmetterlingsarten sowie gelegentlich nachts fliegende bzw. wandernde Tagfalter angelockt werden. Eine Fülle biologischer und physikalischer Faktoren beeinflusst in komplexer Weise die Reaktionen der Falter. Demgemäß gibt es artspezifische und individuelle Unterschiede im Anflugverhalten (DUFAY 1964 u. 1965, MIKKOLA 1972 u. a.). Eine plausible Einteilung in Arten mit größerer oder „geringer Affinität zu künstlichen Lichtquellen“ (MEIER 1992) läßt sich daraus aber bisher nicht ableiten.

Licht-gestützte Nachweistechiken sind als bewährtes Hilfsmittel weit verbreitet (vgl. zusammenfassende Darstellung in LÖDL 1984). Die personalsparende automatische Lichtfalle erweist sich als besonders zweckmäßig. Die Objektivität der beliebig reproduzierbaren Methode und der zeitgleiche Einsatz an verschiedenen Orten eröffnen ein weites Anwendungsfeld. Kein anderes Verfahren ist deshalb geeigneter, um populationsökologische, synökologische und faunistische Fragestellungen gleichermaßen zu beantworten (MÜHLENBERG 1989, MUIRHEAD-THOMSON 1991 u. a.).

Zu beachten sind jedoch drei miteinander verknüpfte Problemfelder.

3.1.1 Herkunft der Falter und Stichprobenumfang – zwei unbekannte Größen

Schon WILLIAMS (1940) weist sinngemäß darauf hin, daß die Falter am Licht eine Stichprobe mit unbekanntem Umfang an der Grundgesamtheit im oft ebenso unbekanntem Wirkungsbereich der Strahlungsquelle darstellen.

Bei einer 125 W starken Quecksilberdampf Lampe beträgt der direkte Wirkungsradius nach eingehenden Untersuchungen durch MCGEACHIE (1987 zit. in MUIRHEAD-THOMSON 1991) etwa 30 m. Aus verschiedenen Gründen ist aber nicht (für alle Arten) feststellbar, welcher Anteil der in diesem Bereich vorkommenden Falter vom Licht angelockt wird. Außerdem bleibt die Rate der zufällig von außen in diesen Bereich hineinfliegender und dann angelockter Schmetterlinge weitgehend unbekannt. In vielen Fällen läßt sich die Frage der Habitatbindung daher nur über die (zusätzliche) Suche der Larvalstadien zweifelsfrei beurteilen.

Prozentuale Aussagen zum Anteil der aus dem untersuchten Gebiet stammenden Arten beruhen stets auf mehr oder weniger zutreffenden Vermutungen über die Habitatbindung bzw. Zönosezugehörigkeit der festgestellten Falter (J.-U. MEINEKE 1982, MELZER & GROSSER 1985 u. a.). Unberücksichtigt bleiben dabei (zwangsläufig) methodisch bedingte Unsicherheiten der Erfassungseffizienz. Die Verallgemeinerung der im Einzelfall vielleicht zutreffenden Werte (vgl. MEIER 1992) ist deshalb höchst spekulativ.

Der unbekannte Stichprobenumfang und die unsichere Herkunft erschweren auch die Beurteilung der registrierten Mengenverteilung.

3.1.2 Ist die ermittelte Häufigkeitsverteilung repräsentativ?

Bekannt ist, daß die Anzahl phototaktisch aktiver Falter die Größe der Stichprobe direkt bestimmt. Große, fluggewandte und meist euryöke Arten (teils r-Strategen) verfügen über einen entsprechend weiten Aktionsradius. Sie sind im Vergleich zu kleineren Schmetterlingen mit weniger gut entwickeltem Flugvermögen deshalb am Licht in aller Regel überproportional vertreten. Die festgestellte Häufigkeitsverteilung ist deshalb streng genommen weniger Ausdruck der realen Abundanzen sondern vielmehr das Abbild artspezifischer Aktivitätsdichten.

Bei den meisten nachtaktiven Großschmetterlingen korreliert aber erfahrungsgemäß die Wahrscheinlichkeit des Anfluges mit der Individuendichte. Erhöhtes Populationswachstum geht fast immer mit verstärkter Ausbreitung bzw. Flugaktivität einher. Umgekehrt erscheinen Arten mit tatsächlich geringer Falterdichte in der Regel auch nur vereinzelt oder nicht alljährlich am Licht. Die Arten-Zeit-Kurve und das allgemein gültige Grundmuster der Häufigkeitsverteilung verdeutlichen diese Beziehungen (vgl. Kap. 2.7). Nach ausreichend langer Erfassung (über mindestens ein Jahr) gleicht die mit der Lichtfalle ermittelte Mengenverteilung jedenfalls bezüglich ihrer Extremwerte tendenziell den realen Individuendominanzen. Die „Nachweisbarkeitsgrenze“ seltenerer Arten kann im übrigen bis zu einem gewissen Grad durch die Wahl der Lichtstärke bzw. geeigneter Spektralanteile beeinflusst werden (DUFAY 1964, MIKKOLA 1972 u. a.).

Weitere Faktoren, die den Anflug der Nachtfalter steuern und die Mengenverteilung verzerren können (Witterung, Qualität der Lichtquelle, Konstruktion des Leuchtapparates usw.), lassen sich durch einen ausreichend langen Erfassungszeitraum (mindestens ein Jahr) und die optimale Wahl des Lichtfallentypes minimieren.

Steht der Vergleich der Schmetterlingsbestände mehrerer Standorte im Vordergrund der naturschutzfachlichen Fragestellung, erhält man unter der Voraussetzung des synchronen Falleneinsatzes bereits nach relativ kurzen Erfassungsperioden ausreichende Datenmengen. Die Standorte sollten jedoch einem einheitlichen Naturraum angehören und strukturell weitgehend übereinstimmen (z. B. Waldtypen).

3.1.3 Fang und Artenschutz

Der Betrieb von künstlichen Lichtquellen im allgemeinen und der Einsatz von Lichtfallen im besonderen werden verschiedentlich als Ursache für den Bestandsrückgang von Nachtfaltern diskutiert. Aufgrund der unbekanntem Wirkungsbereiche der Lichtquellen und des nicht ermittelbaren Anteiles weggefangener Falter am Gesamtbestand (siehe oben) läßt sich die Annahme kaum prüfen bzw. beweisen. Auch gibt es widersprüchliche Thesen zur Wirkungsweise künstlicher Lichtquellen. In den Städten wird die geringere Arten- und Individuendichte einerseits als Folge der Konzentration und des Verlustes der Falter an zahllosen Beleuchtungsanlagen gesehen (BECKER et al. 1990, BLAB et al. 1987, FREUNDT & SCHANOWSKI o. J., MALICKY 1965 u. a.). Andererseits begründet REMMERT (1978) den geringeren Anflug in künstlich erhellten Gebieten mit der genetisch fixierten Gewöhnung der Nachtfalter.

Mehrere Langzeituntersuchungen mit Hilfe von Lichtfallen verliefen bisher ohne erkennbare Hinweise auf fangbedingte Bestandsrückgänge (AUBERT et al. 1973, T. MEINEKE 1984, 1989 u. unveröff. Daten, TAYLOR et al. 1981 u. a.). Diese wegfangenden Lichtquellen besitzen offensichtlich keinen oder einen nicht erkennbaren, unterkompensatorisch dichteabhängigen Einfluß auf die Vermehrungsrate.

In Großstädten finden nicht wenige Arten (z. B. *Pareulype berberata*, *Eupithecia inturbata*, *Cryphia raptricula*, *Eremodrina gilva*, *Chloantha hyperici*, *Hecatera dysodea* u. a.) zu-

sätzliche oder (heute) bevorzugt besiedelte Lebensräume, die meist durch klimatische Sonderbedingungen gekennzeichnet sind (LOBENSTEIN 1990, T. MEINEKE 1984 u. unveröff. Daten, PIPER & RIEFENSTAHL 1986). Die künstliche Ausleuchtung der Lebensräume hat auf die Bestandsentwicklung dieser Arten offensichtlich keine negativen Auswirkungen.

Unabhängig von ihrem Einfluß auf die Populationsbiologie von Nachtfalterbeständen sollte man Beleuchtungsanlagen jedoch generell umweltschonend konstruieren und sparsam betreiben (LOBENSTEIN 1990, SCHMIEDEL 1992). Zur Beantwortung naturschutz- und planungsrelevanter Fragen genügt im übrigen bereits der Einsatz von Lichtfallen, die mit 6 W starken superaktinischen Leuchtstoffröhren bestückt sind (T. MEINEKE 1991, T. MEINEKE & MENGE 1991 u. 1992).

3.2 Anlockung mit Hilfe von Köderstoffen

Es gibt keine nachtaktive Schmetterlingsart, die ausschließlich am Köder und nicht am Licht nachgewiesen wird (LÖDL 1984 u. T. MEINEKE unveröff. Daten). Nachtschmetterlinge, die zur Deckung ihres Energiebedarfes zwingend Nahrung aufnehmen müssen, können aber durch Bereitstellung geeigneter Lockstoffe besser und in oft größerer Anzahl als mit Hilfe einer Lichtquelle angezogen werden.

Als Ködermittel kommen in der Regel zuckerhaltige, gärende und stark riechende Fruchtsäfte in Betracht (FORSTER 1954, HEINICKE 1984). Erfahrungsgemäß lassen sich damit einige Eulenfalterarten gezielt und in relativ hoher Individuenanzahl nachweisen (CLEVE 1971 u. a.). Die Mehrheit nachtaktiver Schmetterlinge sucht den Köder jedoch nicht oder nur unregelmäßig auf (LÖDL 1984 u. a.).

Der Stichprobenumfang und die Herkunft der Falter bleiben unbekannt. In dieser Hinsicht treten bei der Beurteilung des Anfluges die gleichen Probleme wie beim Einsatz von Lichtquellen auf (vgl. Abschnitt 3.1.1). Von der Faltermenge am Köder darf daher nicht a priori auf reale Bestandsgrößen bzw. Häufigkeiten geschlossen werden.

Insbesondere der Vergleich mit der Präsenz der Falter am Licht führt rasch zu trügerischen Annahmen. Da auch sehr weit entfernte Falter dank ihrer hohen Geruchsempfindlichkeit reagieren können, ist der Lockstoff dem Licht allein in der räumlichen Wirkung deutlich überlegen. Falter im Zielflug zur geruchlich wahrgenommenen Nahrung reagieren nicht mehr direkt auf Lichtquellen (CLEVE 1967). Sie gelten vielmehr alslichtscheu (LOBENSTEIN 1990). Die „gierigen Köderbesucher“ (CLEVE 1967) suchen logischerweise eher den dargebotenen Nahrungsaft als das Licht auf. Die beobachtete Individuenhäufigkeit ist aber weniger repräsentativ als am Licht.

3.3 Anlockung mit Hilfe von Sexual-Pheromonen

Zunehmend gelingt die Identifizierung und Herstellung artspezifischer Sexuallockstoffe (PRIESNER et al. 1984, PRIESNER 1985a u. a.). Dadurch wird es möglich, mit denkbar geringem Aufwand und unvergleichlich effektiver als mit jeder anderen Methode in einem beliebigen Gebiet gezielt nach ausgewählten Arten zu suchen. Der Einsatz von Sexual-Pheromonen kann außerdem dazu dienen, nahe verwandte Spezies zu erkennen und leichter nachzuweisen (z. B. PRIESNER 1985b). Die Erfassung des gesamten potentiell vorhandenen Artenspektrums läßt sich aber (bisher) nicht verwirklichen.

Die Beurteilung der Herkunft und Häufigkeit der am Sexuallockstoff nachgewiesenen Falter bereitet die gleichen Schwierigkeiten, die hinsichtlich des Anfluges am Licht oder am Köder bereits erörtert wurden.

Artenschutzprobleme können auftreten, wenn massiv Sexual-Pheromone sehr seltener Schmetterlinge eingesetzt werden.

4. Durchführung der Untersuchung und Auswertung der Ergebnisse

Die Einbeziehung der nachtaktiven Schmetterlinge in die raum- und umweltrelevante Planung stößt auf zwei wesentliche methodische Problemebenen:

1. Auf der **Sachebene** bereitet die Ermittlung einer repräsentativen, überprüfbaren Datenbasis sowie die Gewinnung von Informationen über das räumlich-funktionelle Beziehungs- und Wirkungsgefüge Schwierigkeiten;
2. Auf der **Wertebene** werden klare Aussagen dadurch erschwert, daß weitgehend offen ist, auf welche Weise und mit welchem Maßstab die Befunde hinsichtlich der Planung bzw. Fragestellung zu bewerten sind.

Ein erster Schritt zur Lösung der sachbezogenen Probleme besteht in der normierten und effizienteren Datenerhebung. Dazu gehört vor allem eine objektive, methodisch nachvollzieh- und weitgehend vergleichbare Vorgehensweise, die eine größtmögliche Überprüfbarkeit der Ergebnisse gestattet. In den folgenden Abschnitten werden dazu Empfehlungen gegeben.

Die Beantwortung der offenen Fragen zur Ökologie der Nachtfalter muß die Grundlagenforschung liefern.

Auf die Problematik der Bewertung wird im Kapitel 5 eingegangen.

4.1 Durchführung der Untersuchung

4.1.1 Voruntersuchung

Aufgabe der Voruntersuchung ist in aller Regel die fachliche Prüfung der gestellten Anforderungen und Vorgaben, die sorgfältige Erkundung des Untersuchungsgebietes, die Beschreibung der erforderlichen Leistungen und die Kalkulation des Zeitbedarfs.

Im einzelnen gehören dazu:

- Sichtung und Bewertung vorhandener Daten aus dem Schrifttum, zugänglichen Datenbanken, Erfassungsprogrammen usw.,
- die vegetationskundliche bzw. strukturelle Typisierung des Gebietes, sofern entsprechende Informationen fehlen,
- Präzisierung der Fragestellung,
- Benennung der Teilaufgaben in Form einer Gliederung, die für die Anfertigung der Studie verbindlich sein sollte,
- Auswahl repräsentativer Standorte für die Aufstellung von Lichtfallen und ggf. Köderstellen,
- Formulierung eines differenzierten Leistungskataloges, der Informationen über die Methodik der Erfassung, Determination und Darstellung der Ergebnisse sowie über das Verfahren der Auswertung enthält,
- Erstellung eines Zeitplanes,
- Ermittlung des Zeitbedarfes und der Kosten.

4.1.2 Hauptuntersuchung

4.1.2.1 Nachweistechnik

Aus Gründen der Vergleichbarkeit wird der standardisierbare Einsatz automatischer Lichtfallen als obligatorisch erachtet (siehe oben). Geeignet sind schwach leuchtende Lichtfallen vom Minnesota-Typ, die mit einer superaktinischen 6 W-Leuchtstoffröhre bestückt sind und durch eine Auto-Batterie (12 V, 36 Ah) gespeist werden. Die Brenndauer wird über einen eingebauten Dämmerungsschalter gesteuert. In der Hochsommerzeit ergibt sich ein maximaler Leuchtzeitraum von 10 bis 12 Nächten. Die angelockten Nachtfalter werden in einem mit 70 prozentigem Alkohol gefüllten 2-l-Behälter aufgefangen und fixiert.

Die zusätzliche Verwendung geeigneter Köder und die Suche von Larven ist ratsam.

Der weit verbreitete aber nicht standardisierbare „persönliche Lichtfang“ (vgl. MEIER 1992 u. a.) sollte aufgrund der begrenzten Aussagekraft und des unverhältnismäßig hohen Personalaufwandes in der Raum- und Umweltplanung nur noch in Sonderfällen angewandt werden.

4.1.2.2 Standort und Anzahl der Lichtfallen

Die Größe des Gebietes, die Vegetations- wie Strukturvielfalt und die Fragestellung bestimmen die Anzahl der zu untersuchenden Standorte und damit die Anzahl der erforderlichen Lichtfallen. Es genügt in der Regel, von Vegetationseinheiten, die im Untersuchungsgebiet häufig bzw. weit verbreitet sind, einen repräsentativen Ausschnitt stellvertretend zu erfassen. Die Lichtfalle ist im Zentrum möglichst homogen strukturierter Flächen mit einer Mindestgröße von etwa 0,5 ha aufzustellen.

Unterschiedliche Haltevorrichtungen erlauben sowohl eine freie Errichtung als auch die Aufhängung an einem Baumstamm. Die Falle sollte stets in ca. 2 m Höhe über dem Boden befestigt werden.

Für die spätere Auswertung wird die Vegetation etwa 15 m im Umkreis der Lichtfalle aufgenommen. Zusätzlich erfolgt eine fotografische Dokumentation.

4.1.2.3 Erfassungszeiträume

Grundsätzlich gilt: Je länger der Erfassungszeitraum, desto besser die Datenbasis.

Der Minimalansatz sollte aus Fangperioden mit jeweils 5 aufeinander folgenden Nächten in den Monaten Juni, Juli und August, insgesamt also aus drei Pentaden bzw. 15 Nächten bestehen. Besser sind zwei zusätzliche 5-Tages-Blöcke etwa Ende April/Anfang Mai und Ende September/Anfang Oktober.

Erfordert ein großes Gebiet die Untersuchung mehrerer Standorte bzw. Teilflächen, muß man entsprechend viele Lichtfallen zeitgleich einsetzen.

Die Lichtfallen können während des gesamten Untersuchungszeitraumes vor Ort verbleiben. Dann werden die Auffangbehälter und die Batterien am Ende jeder Fangperiode entnommen und zu Beginn der nächsten wieder installiert.

4.1.2.4 Determination

Die Determination der Falter wird im Labor mit Hilfe geeigneter Stereolupen und Mikroskope vorgenommen. Die Feststellung der Artzugehörigkeit erfolgt im Zweifelsfall stets anhand der differentialdiagnostisch wichtigen Genitalmorphologie. Dies erfordert die Kennt-

nis der taxonomischen Spezialliteratur und die Verfügbarkeit einer Vergleichssammlung von Faltern und Genitalpräparaten.

In faunistisch bemerkenswerten und taxonomisch kritischen Fällen werden die Belege für die ggf. erforderliche Überprüfung aufbewahrt. Entsprechendes gilt für den Beifang (Kleinschmetterlinge, Trichoptera, Coleoptera, Diptera, Planipennia u. a.), sofern er nicht ohnehin mit ausgewertet wird.

4.1.2.5 Darstellung

Die Tabellen mit den Daten aller Fangperioden und Standorte erscheinen als Dokument der erbrachten Grundleistung im Anhang des späteren Berichtes. Sie bilden die Basis für die Auswertung und enthalten auch Angaben über aufbewahrte Belege. Fremddaten sind in einer gesonderten Liste mit jeweiliger Benennung der Quelle(n) aufzuführen.

Im Bericht folgen nach der Einleitung mit der Fragestellung die Gebietsbeschreibung und die Darstellung der verwendeten Methoden. Der Abschnitt Methodik enthält die Beschreibung der Nachweisteknik, Lichtfallen-Standorte, Fangperioden und die Erörterung der Erfassungseffizienz. Er schließt auch eine Schilderung des Verfahrens der Determination unter vollständiger Benennung der verwendeten taxonomischen Literatur ein.

4.2 Auswertung der Ergebnisse

4.2.1 Allgemeine Vorgehensweise

Die Auswertung wird von der Aufgabenstellung sowie vom Umfang und der Qualität der ermittelten Daten bestimmt. Eine Normierung ist nur begrenzt möglich.

Die Auswertung kann folgende Schritte bzw. Aspekte umfassen:

- Beschreibung der Vegetation und Struktur der Lichtfallenstandorte.
- Beschreibung des Artenspektrums, der Herkunft und Häufigkeitsverteilung von Arten und Individuen unter Beachtung der Erfassungseffizienz, z. B. Darstellung und Diskussion der Gruppen- u. Individuendominanzen soweit die ermittelten Daten dieses zulassen.
- Beschreibung faunistisch oder zoogeographisch bemerkenswerter Nachweise unter Berücksichtigung des Schrifttums.
- Identifizierung von Gruppen ähnlicher Lebensraumbeziehungen, z. B. Gilden gleicher trophischer und/oder klimatischer Ansprüche.
- Identifizierung von Kenn- oder Leitarten möglichst hoher Trennschärfe, die für den untersuchten Vegetations- oder Strukturtyp als typisch gelten können.
- Vergleichende Betrachtung der Stichproben verschiedener Standorte, soweit die Probenahme zeitgleich und innerhalb eines weitgehend einheitlichen Naturraumes erfolgte. Dies kann beispielsweise durch Gegenüberstellung der Dominanzwerte (bzw. Aktivitätsdichten) der Proben zweier Standorte geschehen. Die Ähnlichkeitsanalyse kann alle festgestellten Arten oder z. B. nur bestimmte trophische Gilden umfassen.

Vorgehensweise: Man berechnet zunächst eine Maßzahl für die Übereinstimmung der Häufigkeitsverteilung der festgestellten Schmetterlingsbestände zweier Standorte, z. B. die RENKONENSche Zahl (vgl. SCHWERTFEGER 1975). Bei mehr als zwei Standorten wird die Berechnung für alle denkbaren Paarungen durchgeführt. Die ordnende Reihung der ermittelten Identitätswerte zu einer Matrix erleichtert das Erkennen der Ähnlichkeitsbeziehungen aller Paarungen. Mehr Aufschluß erhält man über den multiplen Vergleich, der mit Hilfe einer agglomerativen Clusteranalyse (vgl. DEICHSEL & TRAMPISCH 1985, MÜHLENBERG 1989) durchgeführt werden kann. Als Resultat bekommt man eine hier

Tab. 1: Floristisch-vegetationskundliche Differenzierung der Lichtfallen-Standorte im Harz.
Die Deckungswerte sind in Prozent der Aufnahmeffläche (ca. 500 qm) angegeben.
+ = < 2%. Nähere Beschreibung der Standorte im Text.

Nr.	18	17	15	5	1	27	21	19	10b	8	9	35	47b	43a	50
Höhe (m)	830	900	880	830	860	750	770	680	760	780	810	570	470	590	510
Exposition	N	SE	NW	NE	S	SE	SE	N	SE	N	SW	NW	E	NE	S
Baumschicht	-	-	-	35	25	35	30	45	60	55	75	45	50	65	70
Bestandsalter	-	-/10	-/20	-260	-250	-150	-150	-260	60	130	70	105	90	90	100
Strauchschicht	-	15	20	<2	<2	6	7	10	<2	<2	-	<2	5	-	<2
Krautschicht	80	80	80	80	80	80	80	70	80	90	75	85	60	65	15

<u>Baumschicht</u>															
<i>Picea abies</i>				35	25	35	30	45	60	55	75	45	50	65	70

<u>Strauchschicht</u>															
<i>Picea abies</i>		15	20	+	+	6	7	10	+	+		+			
<i>Alnus glutinosa</i>			+												
<i>Sorbus aucuparia</i>				+						+					
<i>Fagus sylvatica</i>												+	+		
<i>Betula pubescens</i> agg.															+
<i>Rubus idaeus</i>	+											+	+		

<u>Krautschicht</u>																
<i>Diphasium alpinum</i>	+															
<i>Diphasium complanatum</i>	+															
<i>Diphasium issleri</i>	+															
<i>Nardus stricta</i>	+															
<i>Juncus squarrosus</i>	+															
<i>Calluna vulgaris</i>	30		+													
<i>Calamagrostis villosa</i>	4	20	10	5	60	40	20	40	20	30	5				+	
<i>Trientalis europaea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	
<i>Luzula sylvatica</i>	+	+	+	+	+	2	+	+	+	+	+					
<i>Dryopteris carthusiana</i>				+		+	+				+					
<i>Luzula albidula</i>													+	+	+	
<i>Clamagrostis arundinacea</i>													20	40	5	+

<i>Vaccinium myrtillus</i>	40	30	20	25	5	10	30	5	20	15	5				
<i>Avenella flexuosa</i>	10	30	50	40	20	40	50	20	35	40	40	50		50	2
<i>Galium hircynicum</i>	2	+	+		+	+	+	+	+	+	2	+		+	+
<i>Agrostis tenuis</i>	+												+		
<i>Cardaminopsis halleri</i>	+														
<i>Potentilla erecta</i>	+														
<i>Achillea millefolium</i> agg.	+														
<i>Hypericum perforatum</i>	+														
<i>Solidago virgaurea</i>	+														
<i>Carex pilulifera</i>	+														
<i>Dryopteris dilatata</i>		+		+	+	+	+	5	+		2	+	+	+	+
<i>Oxalis acetosella</i>		+											5	+	+
<i>Cardamine flexuosa</i>		+				+						+	+	+	+
<i>Epilobium montanum</i>		+	+									+		+	+
<i>Carex canescens</i>		+												+	+
<i>Juncus effusus</i>			+												
<i>Molinia caerulea</i>				10		+									
<i>Agrostis stolonifera</i>						+									
<i>Blechnum spicant</i>												+			
<i>Maianthemum bifolia</i>												+			
<i>Athyrium filix-femina</i>												+			+
<i>Stellaria uliginosa</i>													+		
<i>Polygonum mite</i>															+
<i>Epilobium angustifolium</i>		+		+		+				+	+	+	+	+	+
<i>Digitalis purpurea</i>												+	+	+	+
<i>Senecio fuchsii</i>		+										+	+	5	10
<i>Stellaria media</i>												+	+	+	+
<i>Taraxacum officinale</i> agg.												+			+
<i>Moehringia trinervia</i>														+	+
<i>Mycelis muralis</i>														+	+
<i>Galeopsis tetrahit</i>														+	+
<i>Urtica dioica</i>		+												+	+
<i>Impatiens parviflora</i>													5		+
<i>Cerastium holosteoides</i>		+													+

Ranunculus repens	+		+				
Carex leporina						+	
Rumex acetosella		+					+
Veronica officinalis							+
Picea abies juv.	+		+	+	+	+	+
Sorbus aucuparia juv.	+	+				+	
Salix caprea juv.	+					+	
Betula pubescens agg.							
Sambucus racemosa juv.			+				
Sorbus aucuparia juv.							+
Rubus idaeus							+
Rubus fruticosus coll.							+
Moose			5		15	3	5

achische Gruppierung der festgestellten Artengemeinschaften auf der Basis relativer Übereinstimmung der spezifischen Individuendominanzen. Gruppenbildung und Ähnlichkeitsniveaus lassen sich in Form eines Dendrogramms (Hierarchiebaum der Distanz oder Ähnlichkeit) abbilden.

Eine Alternative zum beschriebenen Verfahren bietet die Korrespondenzanalyse (vgl. JONGMAN et al. 1987). Der Vorteil liegt vor allem in der größeren Trennschärfe beim Aufzeigen von Unterschieden und Übereinstimmungen der verglichenen Lepidopterenkollektive. Berechnungen erfordern in beiden Fällen die Hilfe der EDV.

4.2.2 Auswertungsbeispiel

Fragestellung

Auf 15 realen und potentiellen Fichtenwaldstandorten der montanen (> 450 m) und hochmontanen (> 800 m) Region des niedersächsischen Harzes sind u. a. Informationen über die Struktur der Bestände nachtaktiver Großschmetterlinge zu ermitteln. Es ist zu prüfen, ob und in welchem Ausmaß Unterschiede zwischen den festgestellten Taxozönosen auftreten und welche Standortabhängigkeiten dabei möglicherweise eine Rolle spielen.

Das aufgezeigte Beispiel entstammt einer Voruntersuchung zur geplanten Ausweisung des Nationalparks West-Harz (vgl. HULLEN et al. 1992, T. MEINEKE & MENGE 1992).

Beschreibung der Lichtfallenstandorte

Zur floristisch-vegetationskundlichen Beschreibung der Fallenstandorte wurden jeweils im 500 qm großen Umfeld die wichtigsten Gefäßpflanzen kartiert und ihre prozentuale Bodenbedeckung geschätzt. Synsystematisch gruppiert zeigen die Ergebnisse die vegetationskundliche Verwandtschaft der untersuchten Standorte auf (vgl. Tab. 1). Die Standorte lassen sich darüber hinaus wie folgt charakterisieren:

Nr. 18

Alter Skihang; hochmontan; Zwergstrauchheide bzw. Borstgrasrasen. Anthropogene Ersatzgesellschaft des Berg-Fichtenwaldes.

Nr. 17 u. 15

Baumfreie Waldschadensflächen mit wenigen Jungfichten; hochmontan; Standort des Berg-Fichtenwaldes (*Calamagrostio villosae-Piceetum*), aufgrund fehlenden Baumbestandes Schlagflur-Charakter.

Nr. 1 u. 5

Seit 20 Jahren unbewirtschafteter, naturnaher, lichter und strukturreicher Berg-Fichtenwald (*Calamagrostio villosae-Piceetum*) (40-260j.), leicht vermoort; hochmontan.

Nr. 27, 21 u. 19

Femelwaldartige, strukturreiche Fichten-Altbestände (20-160j.) frischer Standorte mit Berg-Fichtenwald-Charakter; halbnatürlich; obermontan; potentielle Reitgras-Fichten-Buchenwald-Standorte (*Calamagrostio villosae-Fagetum*).

Nr. 10b, 8 u. 9

Strukturarme Fichten-Altersklassenforste (60-130j.) mit Berg-Fichtenwald-Charakter; mäßig naturfern; obermontan bis hochmontan; potentielle Reitgras-Fichten-Buchenwald-Standorte.

Nr. 35, 47b, 43a u. 50

Strukturarme Fichten-Altersklassenforste (80-100j.) in geschützten Lagen der montanen Region; naturfern; potentielle Standorte des Hainsimsen-Buchenwaldes (montane Form des *Luzulo-Fagetum*) in der Subassoziation mit *Calamagrostis arundinacea*.

Nachweismethodik

Während der Sommermonate wurden in 4 Fangperioden mit jeweils 7 bis 11 Nächten stets zeitgleich 15 automatische Lichtfallen mit superaktinischen Leuchtstoffröhren eingesetzt (Fallentyp wie in Kap. 4.1.2.1 beschrieben). Insgesamt wurden 60 Proben aus 525 Nächten (35 pro Standort) ausgewertet.

Beispiele naturschutzfachlich bedeutsamer Ergebnisse

Die Determination aller festgestellten Individuen erbrachte 249 Arten nachtaktiver Großschmetterlinge. Die Verteilung auf die Standorte ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Zur Beschreibung von Unterschieden oder Gemeinsamkeiten zwischen den Stichproben wird die Ähnlichkeit der festgestellten Häufigkeitsmuster herangezogen und anschließend eine Clusteranalyse vorgenommen (vgl. Kap. 4.1.2.1). Ein Dendrogramm veranschaulicht das Resultat (Abb. 4 A): Die Taxozönosen nachtaktiver Großschmetterlinge der ober- und hochmontanen Fichtenbestände vom Typ des *Calamagrostio villosae-Piceetum* bilden eine gemeinsame, zu 68 % übereinstimmende Gruppe. Die Fänge der beiden baumfreien Waldschadensflächen formen eine nächstähnliche Gruppe. Nur noch geringe Übereinstimmungen bestehen zu den Stichproben der waldfreien Zwergstrauchheide und der Fichtenforste tieferer Lagen.

Insgesamt fällt die klare Übereinstimmung zwischen dem Aggregationsmuster einander ähnlicher Falterbestände und den synsystematischen Verwandtschaftsbeziehungen der Vegetationstypen (vgl. Tab. 1) auf.

Auch wenn die Clusteranalyse auf alle 23 Arten mit der Raupenfutterpflanze Heidelbeere eingegrenzt wird, bleiben die Ähnlichkeitsbeziehungen weitgehend erhalten (Abb. 4 B). Offensichtlich bestimmt das Vorkommen und Fehlen des Zwergstrauches nicht unwesentlich die Übereinstimmungen bzw. Abweichungen der ermittelten Bestands- und Häufigkeitsstrukturen.

Der rein numerische Vergleich der nach 4 trophischen Gilden klassifizierten Arten- und Individuenanteile erhellt diesen Zusammenhang (Abb. 5). In den naturnahen oder halbnatürlichen Berg-Fichtenwäldern der ober- und hochmontanen Lagen hat die Heidelbeere maßgeb-

Tab. 2: Anzahl festgestellter Arten und Individuen nachtaktiver Großschmetterlinge je Standort. Beschreibung der Standorte im Text und in Tab. 1.

	Standort	(Höhe in Meter)	Arten	Individuen
	18	(830)	70	603
	17	(900)	58	672
	15	(880)	50	487
	5	(830)	78	1.036
	1	(860)	57	1.823
	27	(750)	77	1.582
	21	(770)	82	1.473
	19	(680)	82	2.100
	10b	(760)	67	1.734
	8	(780)	102	2.478
	9	(810)	73	2.596
	35	(570)	138	1.387
	47b	(470)	141	1.277
	43a	(590)	129	1.592
	50	(510)	134	1.629
gesamt			249	22.469

lichen Anteil an der Produktion der Schmetterlings-Biomasse. In den naturfernen Fichtenforsten zwischen 470 und 590 m fehlen mit ihr die potentiellen Konsumenten.

Eine analog durchgeführte Ähnlichkeitsanalyse auf der Basis der 15 Arten mit der Raupenfutterpflanze Fichte führt wiederum zu einer deutlichen Gruppenbildung (Abb. 4 C). Die theoretisch vorstellbare Gleichverteilung „Fichte-fressender“ Arten besteht also nicht. Für die bedingt höhenabhängigen Unterschiede müssen klimatisch wirksame Faktoren in Betracht gezogen werden.

5. Probleme der naturschutzfachlichen Bewertung

Die naturschutzfachliche Bewertung bzw. die Beurteilung der Planung ist nicht schon aufgrund der ermittelten Daten per se durchführbar. Sie benötigt Leitbilder und geeignete Maßstäbe.

Die Rahmenbedingungen kann allein die gesellschaftliche bzw. politische Diskussion über ethische und ökonomische Ziele liefern. Gegenwärtig benennt sie der Gesetzgeber in § 2, Abs. 1, 10. Spiegelabsatz, BNatG im Grundsatz wie folgt:

„Die wildlebenden Tiere und Pflanzen und ihre Lebensgemeinschaften sind als Teil des Naturhaushalts in ihrer natürlichen und historisch gewachsenen Artenvielfalt zu schützen. Ihre Lebensstätten und Lebensräume (Biotope) sowie ihre sonstigen Lebensbedingungen sind zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln und wiederherzustellen.“

Die Schwierigkeiten bestehen in der Konkretisierung und praktischen Anwendung. Da allgemeingültige und aus festgesetzten Umweltqualitätszielen abgeleitete Bewertungsmaßstäbe fehlen, ist das Ergebnis der Bewertung immer über die Wahl der Bewertungsmaßstäbe (subjektiv) steuerbar. Die formale Transformierung der ermittelten Daten auf die Bewertungsebene bereitet zusätzliche Probleme, die in der theoretischen Fundierung wie in der

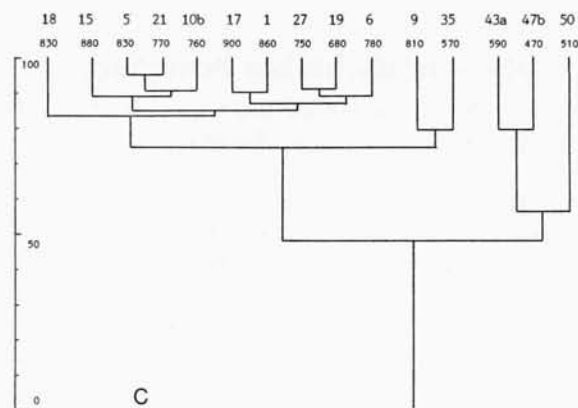
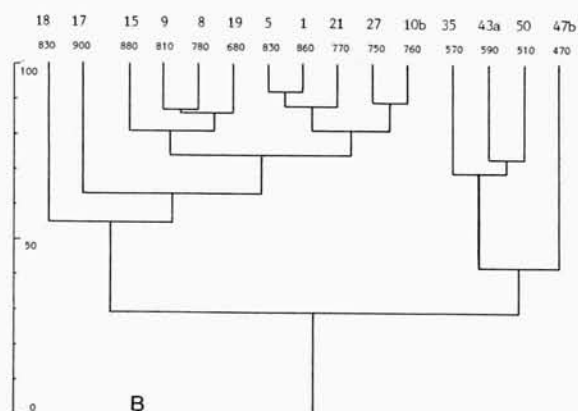
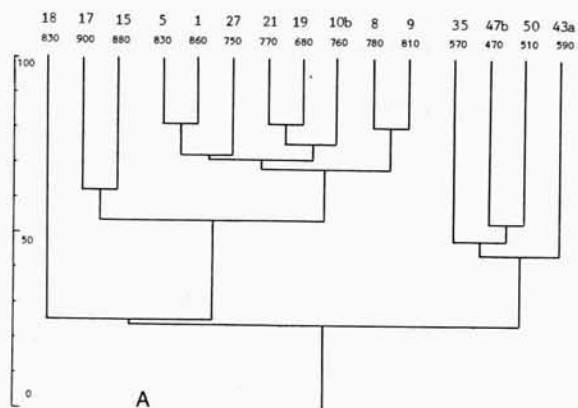
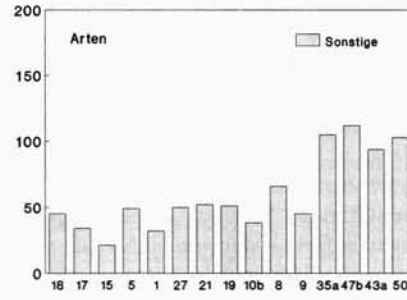
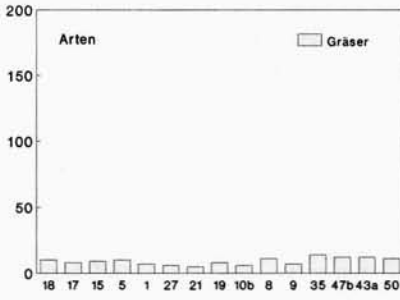
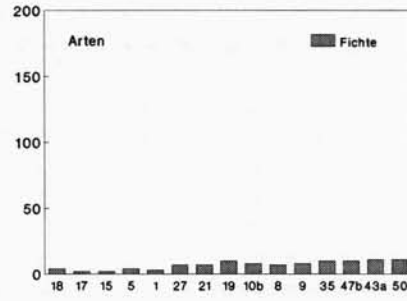
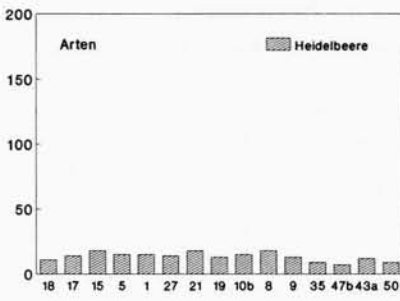


Abb. 4: Ähnlichkeit der Nachfalter-Gemeinschaften fichtenreicher Standorte im montanen und hochmontanen Harz. (A) alle Arten, (B) nur Arten mit der Raupenfutterpflanze Heidelbeere und (C) nur Arten mit Raupenfutterpflanze Fichte. Einzelheiten im Text. Beschreibung der Standorte im Text und in Tab. 1.

A



B

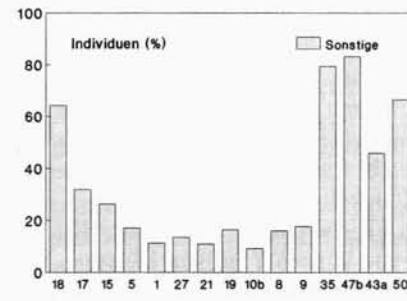
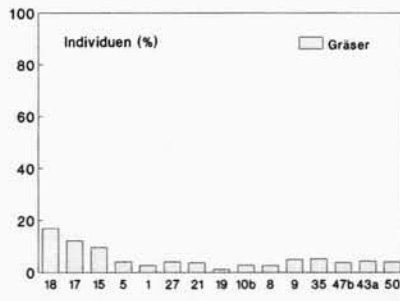
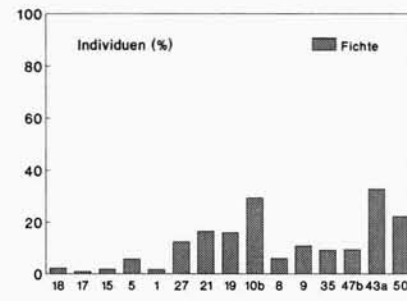
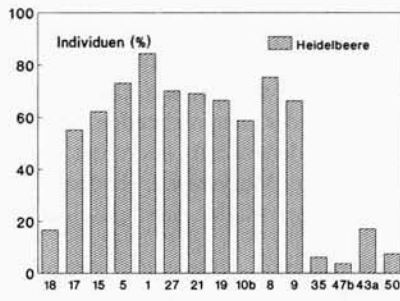


Abb. 5: (A) Anzahl der Nachfalterarten mit gleichen Raupenfutterpflanzen und (B) ihren relativen Individuenmengen je Standort. Beschreibung der Standorte im Text. Vgl. auch Tab. 1.

Umsetzung zu sehen sind. Kritisch ist beispielsweise die Quantifizierung von nicht-quantifizierbaren Sachverhalten, woraus eine Scheingenauigkeit der abgeleiteten Aussagen resultiert.

In Untersuchungen über nachtaktive Großschmetterlinge wurden naturschutzfachliche Bewertungen bisher vor allem auf der Basis folgender Kriterien vorgenommen:

- Anzahl festgestellter Arten.

Der Nachweis vieler Arten wird in der Regel als Zeichen schutzwürdiger Vielfalt herausgestellt. Diese Auffassung läßt u. a. außer acht, daß z. B. in Hochmooren oder strukturlosen wie klimatisch ungünstigen Lebensräumen naturgemäß relativ wenige Spezies leben und daß in naturnahen (unbesiedelten) wie naturfernen (urban überformten) Lebensräumen durchaus gleichviele Arten nachgewiesen werden können (T. MEINEKE unveröff.).

- Anzahl gefährdeter Arten.

Eine große Anzahl gefährdeter Arten wird immer mit hoher Schutzwürdigkeit des untersuchten Gebietes gleichgesetzt. Verschiedene Untersuchungen haben aber gezeigt, daß bei übereinstimmendem Erfassungsaufwand der Anteil gefährdeter Arten (Kategorien 0 bis 3) unabhängig von der Naturnähe nur wenig schwankt (in Niedersachsen zwischen 10 und 20 %. T. MEINEKE unveröff.).

- Seltenheit und Häufigkeit.

Der Grad der Schutzwürdigkeit steigt in vielen Untersuchungen mit der Zahl und Individuenhäufigkeit der gemeinhin als selten bzw. stenobiont eingestufteten Arten. Damit gewinnt die Effizienz der Erfassung Einfluß auf den „Wert“ des untersuchten Gebietes. (vgl. Kapitel 3).

Als naturschutzfachliches Leitbild wird konsequenterweise die Sicherung und Entwicklung des festgestellten schutzwürdigen Bestandes (status quo) insbesondere der schutzbedürftigen gefährdeten Arten (oft mit Leitarten gleichgesetzt) formuliert.

Da die Kenntnisse über das reale räumlich-funktionelle Wirkungsgefüge im untersuchten Gebiet meist fehlen oder sehr begrenzt sind, werden z. B. Angaben zur Raupenfutterpflanze oder zum bevorzugt besiedelten Lebensraum aus der Literatur entnommen. Die folgerichtige Übertragung der Schutzwürdigkeit auf die Lebensräume der entsprechenden Arten führt meist zur Benennung von Maßnahmen, die ganz allgemein dem Schutz bedrohter Vegetations- und Strukturtypen zugute kommen: Erhalt und Pflege der Magerrasen, Heiden, Feuchtwiesen, Moore, Röhrichte, Trockengebüsche, naturnahen Laubwälder, Saumgesellschaften, Sonderstandorte usw.

Es lassen sich unter den Schmetterlingen der „Roten Listen“ hinsichtlich der Naturnähe ihrer Lebensstätten im wesentlichen drei Gruppen unterscheiden:

- Arten mit enger Bindung an natürliche bzw. primäre Lebensräume (z. B. tyrphobionte oder streng silvikole Arten)
- Arten mit Schwerpunkt vorkommen in halbnatürlichen Lebensräumen (z. B. Magerrasenbewohner)
- Arten mit enger Bindung an die Raupenfutterpflanze oder an das spezifische Habitatklima ungeachtet der Naturnähe des Standortes bzw. sonstiger Umweltfaktoren (z. B. Arten, die [auch] Ruderalgesellschaften in stark urban überformten Bereichen oder standortfremde Monokulturen besiedeln).

Wird gleichermaßen der Schutz aller gefährdeten Falterarten und ihrer Lebensräume angestrebt, können Konflikte entstehen. Denn die konsequente Umsetzung von Schutzmaßnahmen verfolgt für jede Gruppe in der Regel einander ausschließende Zielsetzungen. Die Probleme beginnen spätestens dann, wenn Arten aus den drei Klassen gemeinsam auftreten.

Beispiel

Aufgabe der in Kap. 4.2.2 ausgeführten Untersuchung ist auch die Empfehlung von Maßnahmen zum Schutz gefährdeter Falterarten und ihrer Lebensräume. In den naturfernen Fichten-Altersklassenforsten der tieferen Lagen des Harzes leben mit *Cosmotriche lunigera* und *Deileptenia ribeata* u. a. zwei landesweit gefährdete Arten (vgl. LOBENSTEIN 1986). Beide besiedeln bevorzugt Fichtenwälder (teils auch Tannen- oder Kiefernwälder) sommerwarmer Regionen und meiden deshalb die für sie ungeeigneten Hochlagen des Harzes. Beide Nachtfalterarten kamen in dem Mittelgebirge ursprünglich nicht vor. Sie wanderten erst mit dem Anbau der Fichte in die mittleren und unteren Lagen ein. Planmäßiger Umbau der Nadelholzforsten in naturnahe Laubholzwälder, der den naturraumtypischen und ebenfalls gefährdeten Arten (z. B. *Phlogophora scita*, *Apamea rubirena*) zugute käme, hätte hier das Verschwinden beider Arten oder zumindest einen drastischen Bestandsrückgang zur Folge.

Das Konfliktpotential erhöht sich, wenn der Schutz verschiedener Tier- oder Pflanzengruppen mit konkurrierenden bzw. gegensätzlichen Lebensraumansprüchen verwirklicht werden soll.

Diese in der raum- und umweltrelevanten Planung verbreitete Problematik ließe sich durch die Erarbeitung allgemein verbindlicher Landschaftsleitbilder für jede naturräumliche Haupteinheit minimieren (FINCK et al. 1993).

Die Entwicklung entsprechender Leitbilder sollte das Ergebnis einer Abwägung der naturschutzfachlich optimalen Zustände mit den sozio-ökonomischen Gegebenheiten sein und kann daher nicht allein aus fachwissenschaftlicher Sicht erfolgen. Auf diese Weise konkretisierte Leitbilder beinhalten den Bewertungsmaßstab für die Beurteilung von Eingriffen und zugleich die Zielsetzung für die Durchführung von Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen.

Die Herleitung und vor allem die Verwirklichung eines verbindlichen Landschaftsleitbildes gehört zum Aufgabenbereich der Naturschutzadministration. Keinesfalls darf die Leitbildfindung dem Gutdünken alltäglicher Planungspraxis und Eingriffsregelung allein überlassen werden.

6. Fazit

6.1 Planungsrelevante Vorteile nachtaktiver Großschmetterlinge

Nachtschmetterlinge gehören zu den artenreichsten und am weitesten verbreiteten Tiergruppen. Repräsentative Daten über ihr Vorkommen können ein Höchstmaß an Informationen zum biologischen Potential terrestrischer Raumanteile liefern. Damit erfüllen sie eine Grundforderung naturschutzfachlicher Planungen nach effizienter bzw. repräsentativer Berücksichtigung vorhandener Lebensstätten und Lebensgemeinschaften (RIECKEN 1992).

Die prinzipielle Fähigkeit zur phototaktischen Orientierung und das fast durchweg entwickelte Flugvermögen erleichtern die Erfassung der gesamten Nachtfalter-Taxozönose mit Hilfe von Lichtquellen.

Die Standardisierung der Erfassungsmethodik, die durch den Einsatz automatischer Lichtfallen ermöglicht wird, erfüllt wichtige Forderungen nach Reproduzierbarkeit, Transparenz und Vergleichbarkeit der Datenermittlung und nach Operabilität der Daten.

Der für die Erfassung der Daten benötigte Zeitaufwand steht in einem besonders günstigen Verhältnis zur erhaltenen Informationsfülle, wenn standardisierte Verfahren (automatische Lichtfallen) angewandt werden.

6.2 Kritische Aspekte

Die sichere Determination der Nachtfalter und ihrer Raupen bedarf einer relativ langen Zeit der Einarbeitung und einer entsprechend großen Erfahrung, da umfassende und zweifelsfreie Bestimmungsschlüssel fehlen.

Die trophischen und klimatischen Voraussetzungen, die im wesentlichen die artspezifische Einnischung der Nachtfalterarten bestimmen, sind noch nicht befriedigend erforscht. Die Benennung von Leit- bzw. biotoptypischen Arten stellt daher fast immer ein Provisorium dar (vgl. RIECKEN & BLAB 1989).

Die Beurteilung der Herkunft bzw. Zönosezugehörigkeit der festgestellten Falter bereitet häufig Probleme. Gewißheit schafft die zusätzliche Erfassung der Raupenstadien. Leider verhindern aber fehlende oder unzureichende Bestimmungshilfen bisher die zweifelsfreie Determination der Larven.

Mangelnde Kenntnisse über die Areal-, Dispersions- und Abundanzdynamik der meisten Arten erschweren die Identifizierung und Eingrenzung des realen wie potentiellen Arteninventars und der mittleren Individuendominanzen. Dies betrifft vor allem Kurzzeiterhebungen.

Für die naturschutzfachliche Bewertung der Ergebnisse fehlen eindeutige Maßstäbe und Leitbilder.

6.3 Zukünftige Aufgaben

Die sichere Identifizierung der Larven und Falter mitteleuropäischer Großschmetterlingsarten erfordert die Erarbeitung kritischer Bestimmungshilfen.

Ebenso wichtig ist die Intensivierung der faunistischen Forschung auf bundesweiter Ebene. Die planmäßige und systematische Erarbeitung einer Landesfauna setzt jedoch eine hauptamtliche und institutionalisierte Organisation voraus. Beispielgebende Einrichtungen bestehen im europäischen Ausland seit langem (z. B. Biological Records Centre, Monks Wood, Großbritannien).

Hier wie an den Hochschulen sollten außerdem verstärkt Fragen zur Ökologie einzelner Arten (z. B. Habitatansprüche, Einnischung, Minimumareal) erforscht werden.

Eine weitere Aufgabe besteht in der Durchführung von Langzeituntersuchungen (Monitoring), um Informationen über Areal-, Abundanz- und Dispersionsdynamik der Nachtfalterarten zu gewinnen. (Beispielhafte Einrichtung in Großbritannien: Rothamsted Experimental Station.)

Die naturschutzfachliche Bewertung bedarf der Vorgabe von Bewertungsmaßstäben und Leitbildern durch die Naturschutzadministration.

7. Literatur

- ARNDT, U., W. NOBEL & B. SCHWEIZER (1987): Bioindikatoren. Ulmer, Stuttgart. 388 S.
- AUBERT, J., J.-J. AUBERT & P. PURY (1973): Les Sphingides, Bombyces et Noctuides du Col de Bretolet. Bull. Murithienne 90: 75-112.
- BECK, H. (1960): Die Larvalsystematik der Eulen (Noctuidae). Abh. Larvalsystematik Insekten 4: 1-406.
- BECKER, M., J. BIERMANN, U. SCHRAMM & H. KRAUTTER (1990): Auswirkungen großer Beleuchtungsanlagen auf nachtaktive Tiere, insbesondere Insekten. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt Baden-Württemberg. Stuttgart.
- BERGMANN, A. (1951): Die Großschmetterlinge Mitteldeutschlands. Bd. 1: Die Natur Mitteldeutschlands und ihre Schmetterlingsgesellschaften. Urania, Jena. 631 S.

- BERGMANN, A. (1952): Die Großschmetterlinge Mitteldeutschlands. Bd. 2: Tagfalter. Urania, Jena. 495 S.
- BERGMANN, A. (1953): Die Großschmetterlinge Mitteldeutschlands. Bd. 3: Spinner und Schwärmer. Urania, Jena. 552 S.
- BERGMANN, A. (1954): Die Großschmetterlinge Mitteldeutschlands. Bd. 4(1/2): Eulen. Urania, Jena. 1060 S.
- BERGMANN, A. (1955): Die Großschmetterlinge Mitteldeutschlands. Bd. 5(1/2): Spanner. Urania, Jena. 1266 S.
- BERIO, E. (1985): Noctuidae I (Hadeninae, Cuculliinae). – In: Fauna d'Italia Vol. 22 (Lepidoptera). Bologna. 970 S. u. 32 Taf.
- BERIO, E. (1991): Noctuidae II, Sezione Quadrifide. – In: Fauna d'Italia Vol. 27 (Lepidoptera). Bologna. 708 S. u. 16 Taf.
- BICK, H. (1982): Bioindikatoren und Umweltschutz. Decheniana Beih. 26: 2-5.
- BLAB, J., T. RUCKSTUHL, T. ESCHE & R. HOLZBERGER (1987): Aktion Schmetterling: so können wir sie retten. Otto Maier. Ravensburg.
- BLESZYNSKI, S. (1960): Miernikowce – Geometridae. Klucze do oznaczania owadów Polski 27 (46a) (Polski zwiasek entomologiczny 33). Warszawa. 149 pp.
- BLESZYNSKI, S. (1965): Miernikowce – Geometridae. Klucze do oznaczania owadów Polski 27 (46b) (Polski zwiasek entomologiczny 47). Warszawa. 305 S.
- BLESZYNSKI, S. (1966): Miernikowce – Geometridae. Klucze do oznaczania owadów Polski 27 (46c) (Polski zwiasek entomologiczny 50). Warszawa. 121 S.
- BROCKMANN, E. (1990): Kommentierte Bibliographie zur Faunistik der hessischen Lepidopteren. Nachr. ent. Ver. Apollo, Frankfurt, Suppl. 10: 1-324.
- BUSZKO, J. (1980): Sowki – Noctuidae, Podrodzina Acronictinae. Klucze do oznaczania owadów Polski 27 (53f) (Polski towarzystwo entomologiczne, Nr. 114). Warszawa. 41 S.
- BUSZKO, J. (1983): Sowki – Noctuidae, Podrodziny: Acontiinae, Sarrothripinae, Euteliinae, Plusiinae, Catozalinae, Rivulinae, Hypeninae i Hermiina. Klucze do oznaczania owadów Polski 27 (53e) (Polski towarzystwo entomologiczne, Nr. 126). Warszawa. 170 S.
- BUSZKO, J. (1985): Sowki – Noctuidae, Podrodzina: Bryophilinae. Klucze do oznaczania owadów Polski 27 (53g) (Polski towarzystwo entomologiczne Nr. 135). Warszawa. 18 S.
- CLEVE, K. (1967): Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge (Lep.). Nachr.-bl. Bayer. Ent. 16(5/6): 33-53.
- CLEVE, K. (1971): Der Anflug der Nachtschmetterlinge an das Licht und an den Köder. Ent. Z. 81(12): 121-136.
- DEICHSEL, G. & H. J. TRAMPISCH (1985): Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse. Fischer, Stuttgart, New York. 135 S.
- DIERKING, H. (1992): Untere Mittelelbe-Niederung zwischen Quitzöbel und Sassendorf. Naturschutzfachliche Rahmenkonzeption. Im Auftrag d. Nieders. Landesverwaltungsamtes – Naturschutz. Hannover. 60 S.
- DOROW, W. H. O., G. FLECHTNER & J.-P. KOPELKE (1992): Naturwaldreservate in Hessen, Zoologische Untersuchungen – Konzept. Mitt. Hess. Landesforstverw. 26: 1-159.
- DUFAY, C. (1964): Contribution à l'étude du phototropisme des Lépidoptères Noctuidae. Ann. Sci. Nat. Zool. Paris, Ser. 12, Vol. 6: 281-406.
- DUFAY, C. (1965): Etude du phototropisme des Lépidoptères Noctuides. Applications aus chasses à la lumière. Alexonor 4:81-88 u. 131-136.
- FINCK, P., D. HAMMER, M. KLEIN, A. KOHL, U. RIECKEN, E. SCHRÖDER, A. SSYMANK & W. VÖLKL (1992): Empfehlungen für faunistisch-ökologische Datenerhebungen und ihre naturschutzfachliche Bewertung im Rahmen von Pflege- und Entwicklungsplänen für Naturschutzgroßprojekte des Bundes. Natur u. Landschaft 67: 329-340.
- FINCK, P., U. HAUKE & E. SCHRÖDER (1993): Zur Problematik der Formulierung regionaler Landschaftsbilder aus naturschutzfachlicher Sicht. Natur u. Landschaft 68: 603-607.
- FLISSE, J., D. LEHMANN, F. SAUER & H. ZUCCHI (1988): Beitrag zur Kenntnis der Nachtfalterfauna (Lepidoptera, Heterocera) im Stadtgebiet von Osnabrück. Beitr. Naturk. Niedersachsen 41 (5): 267-276.
- FORSTER, W. (1954): Biologie der Schmetterlinge. In: FORSTER, W. & T. A. WOHLFAHRT (Hrsg.): Die Schmetterlinge Mitteleuropas. Bd. 1. Franck, Stuttgart. 202 S.

- FORSTER, W. & T. A. WOHLFAHRT (1960): Die Schmetterlinge Mitteleuropas. Bd. 3. Spinner und Schwärmer (Bombyces und Sphinges). Franck, Stuttgart. 239 S. u. 28 Taf.
- FORSTER, W. & T. A. WOHLFAHRT (1971): Die Schmetterlinge Mitteleuropas. Bd. 4. Eulen (Noctuidae). Franck, Stuttgart. 329 S. u. 32 Taf.
- FORSTER, W. & T. A. WOHLFAHRT (1981): Die Schmetterlinge Mitteleuropas. Bd. 5. Spanner (Geometridae). Franck, Stuttgart. 312 S. u. 26 Taf.
- FREUNDT, S. & P. PAUSCHERT (1990): Zur Auswertung vergleichender Untersuchungen an nachtaktiven Schmetterlingen (Macrolepidoptera) durch deren Einteilungen in Leitartengruppen – dargestellt am Beispiel badischer Laubwälder. *Natur u. Landsch.* 65(12): 585-591.
- FREUNDT, S. & A. SCHANOWSKI (o. J.): Überbelichtet. Naturschutzverband Deutscher Bund f. Vogelschutz, Landesverb. Baden-Württemberg e. V. Stuttgart. 32 S.
- GROSSER, N. (1979): Lepidopteren als Bioindikatoren im Immissionsgebiet Dübener Heide. *Hercynia N. F.* 16: 453-456.
- HAUSMANN, A. (1990): Zur Dynamik von Nachtfalter-Artenspektren. Turnover und Dispersionsverhalten als Elemente von Verbreitungsstrategien. *Spixiana Suppl.* 16: 1-222.
- HEINICKE, W. (1984): Manfred Koch – Wir bestimmen Schmetterlinge. Neumann-Neudamm, Melsungen. 792 S. u. 84 Taf.
- HERING, M. (1932): Die Schmetterlinge nach ihren Arten dargestellt. – In: P. BROHMER, P. EHRMANN & G. ULMER (Hrsg.): Die Tierwelt Mitteleuropas. Erg.-bd. 1. Quelle & Meyer, Leipzig. 545 S.
- HUEMER, P. & G. TARMANN (1993): Die Schmetterlinge Österreichs (Lepidoptera). Systematisches Verzeichnis mit Verbreitungsangaben für die einzelnen Bundesländer. *Veröff. Mus. Ferdinandeum* 73, Beil.-bd. 5: 1-224.
- HULLEN, M., R. MEDERAKE & U. DÖRING-MEDERAKE (1992): Nationalparkplanung im Harz. Bestandsaufnahme Naturschutz. Nieders. Umweltministerium. Hannover. 69 S.
- JACOBS, W. & M. RENNER (1988): Biologie und Ökologie der Insekten. Ein Taschenlexikon. Fischer. Stuttgart. 690 S.
- JONGMAN, R. H. G., C. J. F. TER BRAAK & O. F. R. VAN TONGEREN (1987): Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, Wageningen. 299 S.
- KAESTNER, A. (1973): Insecta: B. Spezieller Teil. – In: A. KAESTNER: Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Bd. I: Wirbellose, 3. Teil. G. Fischer, Stuttgart.
- KARSHOLDT, O., N. P. KRISTENSEN, S. KAABER, K. LARSEN, E. S. NIELSEN, E. PALM, K. SCHNACK, P. SKOU & B. SKULE (1985): Catalogue of the Lepidoptera of Denmark. *Ent. Medd.* 52(2-3): 1-163.
- KELM, H. (1985): Nachtfalter als Indikatoren. *Seevögel* 6, Sonderbd., S. 28-35.
- KOSTROWICKI, A. S. (1956): Sowki – Noctuidae. *Klucze do oznaczania owadów Polski* 27 (53a) (Polski zwiasek entomologiczny 15). Warszawa. 124 S.
- KOSTROWICKI, A. S. (1959): Sowki – Noctuidae. *Klucze do oznaczania owadów Polski* 27 (53b) (Polski zwiasek entomologiczny 28). Warszawa. 145 S.
- KUDRNA, O. (1993): Verbreitungsatlas der Tagfalter (Rhopalocera) der Rhön. *Oedippus* 6: 1-138.
- LERAUT, P. (1980): Liste systématique et synonymique des Lépidoptères de France, Belgique et Corse. *Alexanor Suppl.* Paris. 334 S.
- LOBENSTEIN, U. (1986): Rote Liste der in Niedersachsen gefährdeten Großschmetterlinge. Merkblatt Nr. 20. Nieders. Landesverwaltungsamt – Fachbehörde f. Naturschutz. Hannover. 47 S.
- LOBENSTEIN, U. (1990): Zur Bestandsentwicklung der Schmetterlingsfauna (Macrolepidoptera) im Stadtgebiet von Hannover. *Ber. naturhist. Ges. Hannover* 132: 207-234.
- LÖDL, M. (1984): Kritische Darstellung des Lichtfanges, seiner Methoden und seine Bedeutung für die ökologisch-faunistische Entomologie. Teil I u. II. *Diss. Univ. Wien.* 244 S. u. 157 S.
- LÖDL, M. (1987): Die Bedeutung des Lichtfanges in der zoologischen Forschung. *Beitr. Ent. Berlin* 37(1): 29-33.
- MALICKY, H. (1965): Freilandversuche an Lepidopterenpopulationen mit Hilfe der JERMYschen Lichtfalle, mit Diskussion biozöologischer Gesichtspunkte. *Z. angew. Ent.* 56(4): 358-377.
- MEIER, M. (1992): Nachtfalter. Methoden, Ergebnisse und Problematik des Lichtfanges im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchungen. *Ökologie Forschung Anwendung* 5: 203-218.
- MEINEKE, J.-U. (1982): Die Großschmetterlinge (Macrolepidoptera) der Verlandungsmoore des württembergischen Alpenvorlandes. Faunistisch-ökologische Untersuchungen im Komplex Niedermoor – Übergangsmoor – Hochmoor. *Diss. Univ. Tübingen.* 494 S.

- MEINEKE, T. (1984): Untersuchungen zur Struktur, Dynamik und Phänologie der Großschmetterlinge (Insecta, Lepidoptera) im südlichen Niedersachsen. Mitt. Fauna Flora Süd-Niedersachsen 6: 1-453.
- MEINEKE, T. (1985): Zur Struktur der Schmetterlingsfauna (Insecta, Lepidoptera) auf Helgoland. Seevögel 6, Sonderbd. S. 36-41.
- MEINEKE, T. (1986): Schmetterlinge (Insecta, Lepidoptera) zweier südexponierter Kalk-Hangbuchenwälder im Landkreis Göttingen (Niedersachsen). Mitt. Fauna Flora Süd-Niedersachsen 8: 1-14.
- MEINEKE, T. (1989): Fluktuationenkurven einiger Schmetterlingsarten (Insecta: Lepidoptera) bewaldeter und offener Lebensräume im südlichen Niedersachsen. Verh. Ges. Ökol. 27: 799-804.
- MEINEKE, T. (1991): Terrestrische Fauna. – In: Arbeitsgemeinschaft Planungsgruppe für Landschaftspflege und Wasserwirtschaft Celle/Uelzen: Pflege- und Entwicklungsplan Naturschutzprojekt Lutter. Im Auftrage der Landkreise Celle und Gifhorn. 81 S. (unveröff.)
- MEINEKE, T. & K. MENGE (1991): Nachtaktive Großschmetterlinge am Mittellandkanal (km 250,0 – 258,66). Im Auftrag der Bundesanst. f. Gewässerkunde Koblenz. 85 S. (unveröff.)
- MEINEKE, T. & K. MENGE (1992): Untersuchungen der Fauna montaner Fichtenbestände im niedersächsischen Harz. Im Auftrag d. Nieders. Landesverwaltungsamtes – Fachbehörde f. Naturschutz. 198 S. (unveröff.)
- MELZER, A. & N. GROSSER (1985): Strukturanalyse einer Lepidopterentaxozönose – biologische Indikation von Zustandsänderungen eines Biotops? (Beispiel Auwaldrest NSG „Burgholz“ bei Halle). Hercynia N. F. 22(4): 440-446.
- MENTZER, E. v., A. MOBERG & M. FIBIGER (1991): *Noctua janthina* ([DENIS & SCHIFFERMÜLLER]) sensu auctorum a complex of three species (Lepidoptera: Noctuidae). Nota lepid. 14 (1): 25-40.
- MERZHEEVSKAYA, O. I. (1989): Larvae of Owllet Moths (Noctuidae). Biology, Morphology, and Classification. E. J. Brill, Leiden usw. (Übersetzung der russ. Originalarbeit von 1967).
- MIKKOLA, K. (1972): Behavioural and electrophysical responses of night-flying insects, especially Lepidoptera, to near-ultraviolet and visible light. Ann. Zool. Fennici 9: 225-254.
- MÖRTTER, R. (1988): Vergleichende Untersuchungen zur Faunistik und Ökologie der Lepidopteren in unterschiedlich strukturierten Waldflächen im Kottenforst bei Bonn. N. ent. Nachr. 21: 1-182.
- MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie. 2. Aufl. Quelle & Meier, Heidelberg, Wiesbaden (UTB 595). 431 S.
- MUIRHEAD-THOMSON, R. C. (1991): Trap Responses of Flying Insects. The Influence of Trap Design on Capture Efficiency. Academic Press, London usw. 287 S.
- NIPPEL, F. (1990): Beobachtungen von Großschmetterlingen (=Macrolepidoptera) in den letzten 10 Jahren an Bachläufen des Naturparks Südeifel (Mehlen-, Alf-, Heis-, Irsen- und Gaybachtal). Verh. Westd. Entom.-Tag 1989: 233-242.
- PATOCKA, J. (1980): Die Raupen und Puppen der Eichenschmetterlinge Mitteleuropas. Monogr. angew. Ent. 23: 1-188.
- PETERSEN, M. (1985): Zur Bedeutung des geplanten Naturschutzgebietes „Meißendorfer Teiche/Bannetzer Moor“ als Lebensraum für Schmetterlinge (Insecta: Lepidoptera). Beitr. Naturk. Niedersachsen 38 (3): 163-180.
- PIPER, W. & H. G. RIEFENSTAHL (1986): Untersuchung der Nacht- und Kleinschmetterlingsfauna auf ausgewählten Flächen (unterschiedlichen Nutzungstypen) im Rahmen der Stadtbiotopkartierung Hamburg. Im Auftrag des Naturschutzamtes Hamburg, Hamburg. 42 S.
- PIPER, W. & H. G. RIEFENSTAHL & R. STÜBINGER (1986): Lepidopterologische Untersuchungen in 6 ausgewählten Lebensräumen des NSG Fischbeker Heide. Im Auftrag der Umweltbehörde – Naturschutzamt, (Hamburg). 46 S.
- PRESTON, F. W. (1948): The commonness and rarity of species. Ecology 29: 254-283.
- PRIESNER, E., H. BOGENSCHÜTZ, R. ALBERT, D. W. REED & M. D. CHISHOLM (1984): Identification and Field Evaluation of a Sex Pheromone of the European Pine Moth. Z. Naturforsch. 39c: 1192-1195.
- PRIESNER, E. (1985a): Specificity of Sexual Attractants in *Xestia triangulum* Hufn. and *X. ditrapezium* Schiff. (Lepidoptera: Noctuidae). Z. Naturforsch. 40c: 939-942.
- PRIESNER, E. (1985b): Artspezifische Sexuallockstoffe für Männchen von *Diachrysis chrysitis* (L.) und *D. tutti* (Kostr.) (Lepidoptera, Noctuidae: Plusiinae). Mitt. schweiz. ent. Ges. 58: 373-391.
- RAMSON, A., H. HEROLD, D. HÜLBERT, W. PALLUTT & H. KORDTS (1977): Auftreten, Biologie und Bekämpfung der Wintersaateteule (*Scotia* <*Agrotis*> *segetum* Schiff.). Nachrichtenbl. Pflanzenschutz DDR 31(2): 25-39.
- RECK, H. (1992): Arten- und Biotopschutz in der Planung. Naturschutz u. Landschaftsplanung 24: 129-135.

- REICHHOLF, J. (1985): Schmetterlinge in der Großstadt – können sie überleben?. Jber. 1984 Generaldirektion Staatl. Naturwiss. Sammlung Bayerns, S. 17-24.
- REJMANEK, M. & K. SPITZER (1982): Bionomic strategies and long-term fluctuations in abundance of Noctuidae (Lepidoptera). Acta ent. bohemoslov. 79: 81-96.
- REMM, H. (1984): New species of Noctuidae (Lepidoptera) from the USSR. Ent. Rev. 62: 137-141.
- REMMERT, H. (1978): Ökologie. Ein Lehrbuch. Berlin usw. 269 S.
- RETZLAFF, H. (1989): Insektenfauna und Ökologie der Binnendünen in der südlichen Senne. I. Teil. Mitt. Arbeitsgem. ostwestfälisch-lippischer Ent. 5(1): 1-41.
- REZBANYAI-RESER, L. (1985): *Mesapamea*-Studien II. *Mesapamea remmi* sp. n. aus der Schweiz, sowie Beiträge zur Kenntnis der westpalaearktischen Arten der Gattung *Mesapamea* HEINICKE 1959 (Lep., Noctuidae). Ent. Ber. Luzern 14: 127-148.
- RIECKEN, U. (1992): Planungsbezogene Bioindikation durch Tierarten und Tiergruppen. Grundlagen und Anwendungen. Schr.-R. Landschaftspfl. Naturschutz 36: 1-187.
- RIECKEN, U. & J. BLAB (1989): Biotope der Tiere in Mitteleuropa. Naturschutz aktuell Nr. 7. Greven. 123 S.
- ROBENZ, W. (1989): Untersuchungen zur Schmetterlingsfauna im Spreemoor bei Preußisch Ströhen (Kreis Minden-Lübbecke). Mitt. Arbeitsgem. ostwestfälisch-lippischer Ent. 5(3): 99-106.
- SCHERNER, E. R. (1995): Realität oder Realsatire der „Bewertung“ von Organismen und Flächen. Schr.-R. Landschaftspfl. Naturschutz 43: 377-410.
- SCHIKORA, H.-B. (1988): Die Großschmetterlinge (Insecta: Lepidoptera) der Hammeniederung (Kreis Osterholz-Scharmbeck/Niedersachsen) nördlich von Bremen. Abh. Naturw. Ver. Bremen 41(1): 137-166.
- SCHMIEDEL, J. (1992): Auswirkungen von künstlichen Lichtquellen auf die wildlebende Tierwelt. Dipl.-Arb. Inst. f. Landschaftspfl. u. Naturschutz. Univ. Hannover. 145 S. (unveröff.)
- SCHUBERT, R. (1985): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. Fischer. Stuttgart. 327 S.
- SCHULENBURG, H. GRF. V. D. & K. SCHNELL (1993): Der Schmetterlingsbestand eines Bahndamms in Benhausen (Kreis Paderborn). Mitt. Arbeitsgem. ostwestfälisch-lippischer Ent. 9(1): 1-21.
- Schweizerischer Bund für Naturschutz (1987): Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten, Gefährdung, Schutz. Basel. 516 S.
- SCHWERDTFEGER, O. (1975): Ökologie der Tiere. Bd. 3: Synökologie. Parey, Hamburg u. Berlin. 451 S.
- TAYLOR, L. R., R. A. FRENCH, I. P. WOIWOD, M. J. DUPUCH & J. NICKLEN (1981): Synoptic monitoring for migrant insect pests in Great Britain and Western Europe. I. Establishing expected values for species content, population stability and phenology of Aphids and Moths. Rothamsted Exp. Statn. Rep. 1980 (Part 2): 41-104.
- THEUNERT, R. (1988): Die Makroheteroceren (Insecta, Lepidoptera) im Bahnhofsgelände von Plockhorst (Gemeinde Edemissen, Kreis Peine). Beitr. Naturk. Niedersachsen 41(4): 226-238.
- UTSCHICK, H. (1989): Veränderungen in der Nachtfalterfauna im Auenwald der Innstufe Perach 1976-1988. Nachr.-bl. Bayer. Ent. 38(2): 51-62.
- WEBER, H. & H. WEIDNER (1974): Grundriß der Insektenkunde. 5. Aufl. Fischer, Stuttgart, New York. 640 S.
- WILSON, E. O. & W. H. BOSSERT (1973): Einführung in die Populationsbiologie. Springer. Berlin usw. 168 S.
- WILLIAMS, C. B. (1940): An analysis of four years captures of insects in a light trap. Part II. The effect of weather conditions on insect activity; and the estimation and forecasting of changes in the insect population. Trans. R. Ent. Soc. London 90: 228-306.
- WILLIAMS, C. B. (1964): Patterns in the balance of nature. Academic Press. London, New York. 324 S.
- YELA, J. L. (1992): Plant communities and noctuids of central Spain: some notes on their relationships (Lepidoptera). Nota lepid. Suppl. 4: 57-63.
- ZUCCHI, H. (1990): Gedanken zur Erstellung faunistisch-ökologischer Gutachten. LÖLF-Mitt. 3. Quartal 1990. S. 12-21.