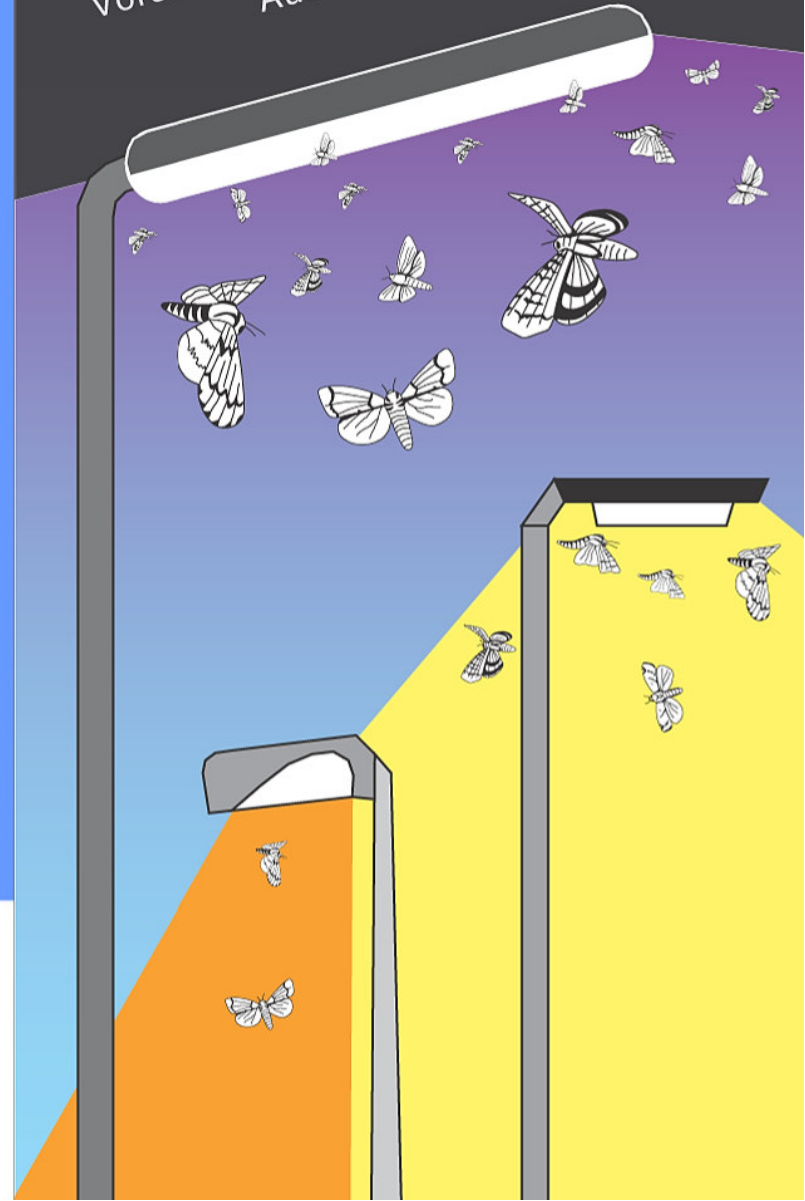


UMWELT POLITIK



A. Schanowski
V. Späth

Überbelichtet
Vorschläge für eine umweltfreundliche
Außenbeleuchtung



Naturschutzbund Deutschland (NABU)
Landesverband Baden-Württemberg e.V.
(Herausgeber)

IMPRESSUM

Überbelichtet
(Grüne Reihe)

3. überarbeitete und erweiterte Auflage

Herausgeber:
Naturschutzbund Deutschland (NABU)
Landesverband Baden-Württemberg e.V.
Max-Planck-Str. 10
70806 Kornwestheim

Bearbeitung:
Arno Schanowski , Dr. Volker Späth
Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz Bühl (ILN)
Sandbachstraße 2
D-77815 Bühl/Baden

Layout: ILN Bühl
Druck: Rogge & Naber, Leiberstunger Str. 17, 77836 Rheinmünster
Grafik: Martin Klatt, Ulrike Mader
Fotos: Fieting, Schauppel, Vetter
© 1994 NABU Kornwestheim

Bezug: über den Herausgeber

Preis: DM 4,--

Überbelichtet - Vorschläge für eine umweltfreundliche Außenbeleuchtung

von

Arno Schanowski und Volker Späth

Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz Bühl (ILN)
im Naturschutzbund Deutschland (NABU)
Sandbachstraße 2
D-77815 Bühl/Baden

Inhalt

1. Zuviel Licht schädigt die Umwelt	4
2. Wissenswertes über Nachtfalter	5
Unbekannte Schönheiten	
Tarnen und verwirren	
Fortpflanzung als Lebensaufgabe	
Wichtige Blütenbestäuber	
Langstreckenflieger	
Zur rechten Zeit am rechten Ort	
Nachtflug: Mond und Sterne als Kompaß	
Extrem lichtempfindlich	
3. Auswirkung von Anlagen zur Außenbeleuchtung	11
Licht mit Fernwirkung	
Extrem geblendet	
Künstliche Lichtquellen sind Todesfallen	
Lichtverschmutzung schädigt die Wälder	
4. Zur Umweltverträglichkeit von Lampen und Leuchten	15
Lampen	
Leuchten	
Die umweltverträgliche Außenbeleuchtung	
5. Weitere gute Gründe für die "Umweltbeleuchtung"	21
Vermeidung der Anlockung von Schädlingen	
Wirkung auf den Menschen	
Energieeinsparung, Vermeidung von Sondermüll	
6. Die Beleuchtungsalternative	25
7. Forderungen des Naturschutzbund Deutschland (NABU)	26
8. Literatur	27

1. Zuviel Licht schädigt die Umwelt

Um das milchige Licht einer kleinen Gartenleuchte kreist aufgeregt und wild flatternd ein Falter. In Spiralen steuert er die Lampe an, stößt gegen das Glas und taumelt zu Boden. Nach kurzer Pause rappelt er sich wieder hoch und steigt kreiselnd empor. Wie im Bann eines geheimnisvollen, rauschhaften Zaubers stürzt sich das Insekt auf den Leuchtkörper, inzwischen umschwirrt von kleineren Mücken, die sich hüpfend und taumelnd auf das Glas niederlassen, um sofort wieder aufzusteigen. Stundenlang umkreisen die kleinen Geschöpfe in scheinbarer Verzückung das Licht. Am nächsten Tag kleben ihre verbrannten Körper auf dem Glas, andere liegen erschöpft im Gras. Denn so harmlos und alltäglich dieses Spiel wirkt, so tragisch endet der ekstatische Tanz der Insekten um das Licht mit dem Tod.

Es läßt sich nicht einmal ahnen, wieviel Milliarden nachtaktiver Insekten in den nächtlichen Lichterozeanen der zersiedelten und hochindustrialisierten Bundesrepublik jährlich zugrunde gehen. Immer mehr Licht frißt sich von Jahr zu Jahr mit Beginn der Dämmerung in die Landschaft: Hell leuchtende Straßenlaternen, riesenhafte Leuchttransparente und nachts beleuchtete Industrie- und Sportanlagen in direkter Nähe zu Wald und Wiesen, aber auch ständig wachsende Neubaugebiete locken von Jahr zu Jahr Milliarden Nachtfalter, Zweiflügler, Hautflügler, Netzflügler und Käfer ins Verderben.

Künstliche Lichtquellen in der Landschaft sind heute - von der Öffentlichkeit weitgehend unbeachtet - zu einem ernsthaften Umweltproblem geworden. Erst als sich im Sommer 1993 in Süddeutschland massenhaft die Schwammspinnerfalter an angestrahlten Häuserwänden niederließen und dort ihre Eier ablegten, wurde mancherorts über die fatale Lockwirkung der verwendeten Weißlichtlampen nachgedacht. "Licht aus - Fenster zu" war die Konsequenz, die viele Bürgerinnen und Bürger aus dieser "Gefährdung" zogen. Ganz so extrem muß es aber nicht sein, denn inzwischen sind wichtige Erkenntnisse über die Wirkung von künstlichen Lichtquellen auf die Insektenwelt erarbeitet. Vor allem über die Wirkung verschiedener Lampen auf die Nachtfalter liegen umfangreiche Untersuchungen vor. Daher soll im folgenden über die Möglichkeiten einer umweltverträglichen Außenbeleuchtung informiert werden.

2. Wissenswertes über Nachtfalter

Unbekannte Schönheiten

Verglichen mit der bunten Pracht der Tagschmetterlinge erscheinen die meisten Nachtfalter eher unscheinbar; ihre zumeist grauen und braunen Körper sowie ihre nächtliche Lebensweise erregen bei vielen Menschen Abneigung, manchmal sogar Abscheu - zu unrecht, wie man bei genauerem Hinsehen feststellen wird.

An Artenreichtum übertreffen sie ihre tagaktiven Verwandten um ein Vielfaches. In Mitteleuropa leben über 1.000 Arten nachtaktiver Großschmetterlinge. Im Volksmund werden die nachts fliegenden Schmetterlinge oft fälschlich als "Motten" bezeichnet. Die eigentlichen Motten gehören zu den Kleinschmetterlingen.

Tarnen und verwirren

Da die Falter am Tag ruhen, müssen sie sich vor Freißfeinden verstecken oder zumindest gut tarnen. Dabei hilft ihnen die unauffällige Färbung ihrer Flügel ebenso wie deren Musterung, die sie beispielsweise mit der Borke eines Baumstammes geradezu verschmelzen läßt. Einige Arten, etwa die Ordensbänder unter den Eulenfaltern, zeigen als zusätzlichen Schutz eine Schreckfärbung. Ihre in der Ruhehaltung nicht sichtbaren Hinterflügel sind grell gelb oder rot gefärbt. Bei einer Störung wird der Feind durch die plötzlich auftauchende Färbung verwirrt. Der Falter nützt diese Schrecksekunde zur Flucht. Sobald er sich wieder setzt, verschwinden die Hinterflügel schlagartig unter den tarnfarbenen Vorderflügeln. Das Tier ist allen Blicken entzogen, die Tarnung wieder perfekt. Zur grellen Schreckfärbung tritt bei manchen Arten noch eine Zeichnung auf, die einem Auge ähnelt - zum Beispiel beim Abendpfauenauge (*Smerinthus ocellatus*).

Fortpflanzung als Lebensaufgabe

So unterschiedlich die Lebensweisen der verschiedenen Arten auch sind, so haben doch alle Falter in den Stunden ihrer nächtlichen Aktivität bestimmte Lebensbedürfnisse zu befriedigen. Partnersuche, Begattung und Eiablage müssen vollzogen werden. In Extremfällen stehen den Tieren aufgrund ihrer kurzen Lebenszeit dafür nur wenige Stunden zur Verfügung. Paarungsbereite Weibchen überlassen die Partnersuche den Männchen. Sie setzen sich und geben einen Sexuallockstoff (Pheromon) ab. Selbst kleinste Konzentrationen können von den Männchen noch wahrgenommen werden.

Da während einer Nacht in einem bestimmten Biotop Dutzende verschiedener, zum Teil auch eng verwandter Arten fliegen, müssen Mechanismen vorhanden sein, die eine Vermischung der Arten und möglichst auch schon vergebliche Anflüge an ein falsches Weibchen verhindern. Hierzu können artspezifische Pheromone dienen. Für eng verwandte Arten, die dasselbe Pheromon besitzen, ist die Isolation durch unterschiedliche Fortpflanzungszeiten nachgewiesen. Ist das Weibchen gefunden, gibt das Männchen seinerseits Duftstoffe zur Stimulation ab. Schließlich kann eine Begattung nur erfolgen, wenn das Verhalten und die Genitalstrukturen einander entsprechen.

Der Akt der Fortpflanzung vollzieht sich bei Arten, deren Weibchen geschlechtsreif schlüpfen, sehr schnell. Die Weibchen anderer Spezies benötigen erst eine Zeit der Nahrungsaufnahme bevor die Geschlechtsreife erreicht ist. Nach der Paarung sterben die Männchen recht bald. Das Leben der Weibchen endet nach der Eiablage, die kurz nach der Begattung beginnt.

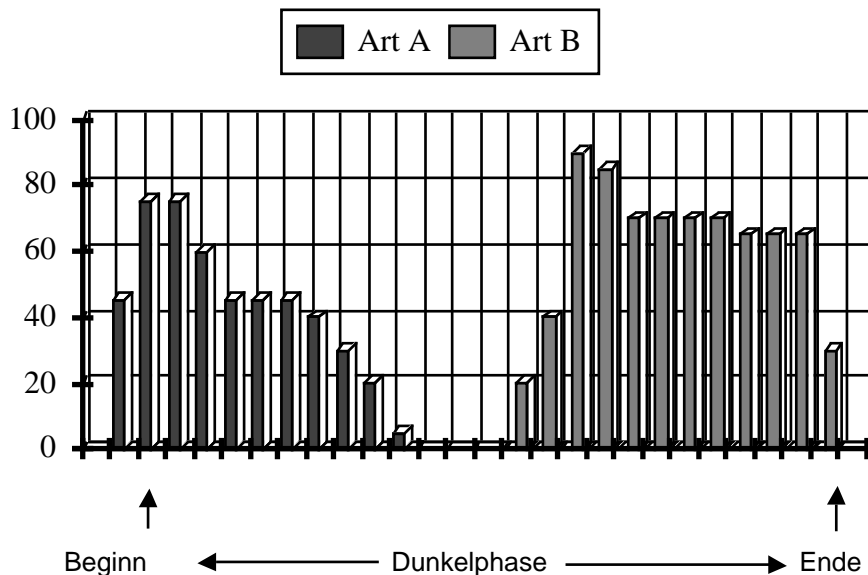


Abb. 1: Eine klare zeitliche Trennung der Pheromonabgabe bei Weibchen zweier Nachtfliegenarten, die im selben Biotop vorkommen und dasselbe Pheromon aussenden (nach HAYNES et al. 1986)

Wichtige Blütenbestäuber

Der Bau der Mundwerkzeuge erlaubt den Tieren nur flüssige Nahrung aufzunehmen. Auf dem Speiseplan stehen Nektar, der Saft verletzter Bäume oder gärender Früchte. In der Regel findet die Nahrungssuche in den ersten Stunden der nächtlichen Aktivitätsphase statt.

Eine Reihe von Arten besitzt allerdings keinen Saugrüssel mehr. Sie nehmen als Falter also keine Nahrung mehr zu sich, sondern leben von den Energievorräten, die sie in ihrer Raupenzeit angelegt haben. Diese Tiere widmen sich während ihres zum Teil extrem kurzen Lebens ausschließlich der Fortpflanzung und Ausbreitung.

Arten mit Saugrüssel beginnen ihr Nachtleben am Abend mit der Suche nach geeigneten Nahrungsquellen. "Nachtfliegenblumen" werden aufgesucht, wenn diese gerade am stärksten duften und Nektar abgeben. Es werden aber nicht nur Blumen besucht, die sich im Lauf der Evolution auf Nachtfliegen spezialisiert haben. Schmetterlinge gelten nach den Bienen als die wichtigsten Blütenbestäuber.

Langstreckenflieger

Schwärmer (*Sphingidae*) und Eulenfalter (*Noctuidae*), aber auch Spanner (*Geometridae*) unternehmen richtige Wanderungen. Ein Schwärmer kann dabei beachtliche Geschwindigkeiten von über 50 Kilometer in der Stunde erreichen. Solche Wanderungen führen mitunter weit über den eigentlichen Biotop hinaus. So fliegt der Totenkopfschwärmer (*Acherontia atropos*) im Frühjahr aus dem Mittelmeerraum (vor allem aus Nordafrika) nach Mitteleuropa. Manche Wanderer aus dem Süden erreichen sogar die britischen Inseln oder Skandinavien. Den Winter können sie bei uns jedoch nicht überstehen. Neben diesen sogenannten "Saisonwanderern" gibt es die Gruppe der "Binnenwanderer", die innerhalb ihres mitteleuropäischen Verbreitungsgebietes umherziehen.

Zur rechten Zeit am rechten Ort

Wie aus verschiedenen Untersuchungen hervorgeht, sind Zeitpunkt und Reihenfolge der verschiedenen Aktivitäten der Nachtfliegen artspezifisch festgelegt. Das heißt: Für die Arterhaltung ist es wichtig zur rechten Zeit am rechten Ort das richtige Verhalten zu zeigen. Werden sie in der ohnehin nur knapp bemessenen Zeit an Fortpflanzung und Nahrungsaufnahme gehindert, oder verschiebt sich auch nur der Zeitpunkt, so hat dies für die Tiere negative Folgen.

Der Grad der zunehmenden Dunkelheit, also das kontinuierlich abnehmende Tageslicht, bestimmt den Beginn der Aktivitäten der Nachtfliegen. Dabei

starten verschiedene Arten zu unterschiedlichen Dämmerungsphasen. Von der Falterart, dem Alter und von den physiologischen Bedürfnissen des Individuums hängen Zeitpunkt und Art der Aktivität, Nahrungs-, Paarungs- und Eiablageflug, ab. Bei vielen Arten wird zunächst die Nahrung aufgenommen, für Nachkommen wird in den späteren Nachtstunden gesorgt. Wird eine bestimmte Helligkeit nicht unterschritten, kann die Aktivität gehemmt sein.

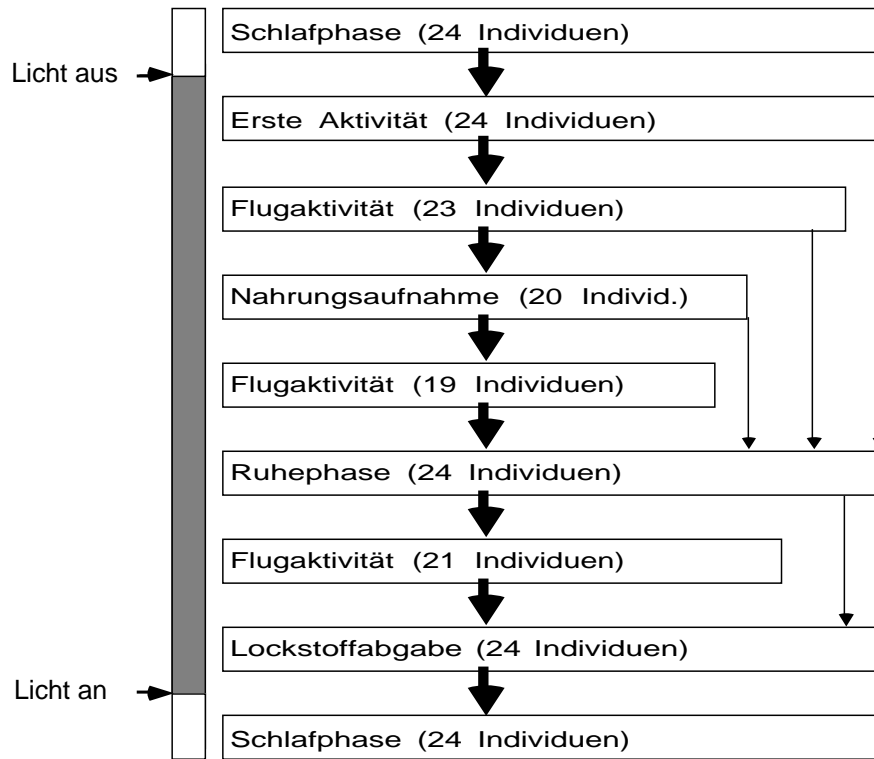


Abb. 2: Aktivitätsabfolge von 24 Weibchen einer Eulenfalterart während einer achstündigen Dunkelphase (nach HOWLADER et al. 1986).

Nachtflug: Mond und Sterne als Richtungsweiser

Verschiedene Untersuchungen beschäftigen sich mit der Frage, wie Nachtfalter bei Wanderflügen die Richtung bestimmen und beibehalten?

Eine Hypothese ging davon aus, daß die Falter sich Luftströmungen überlassen, sobald sie eine gewisse Höhe erreicht haben. Wie Beobachtungen an Wanderzügen von robusten Arten ergaben, ist dies nicht der Fall. Inwieweit allerdings kleine, schwache Flieger, wie z.B. Spanner, sich auch gegen die Windrichtung bewegen können, bleibt offen.

Weitere Möglichkeiten sind die Ausrichtung nach dem Erdmagnetfeld oder nach optischen Orientierungspunkten.

Wie Versuche mit einem häufigen Eulenfalter, der sogenannten Hausmutter (*Triphaena pronuba*), ergaben, ist die jeweils eingeschlagene Richtung individuell verschieden. In mond hellen Nächten fliegen die Tiere in einem bestimmten Winkel zum Mond. Dieser wird beibehalten, obwohl der Mond im Laufe der Nacht weiterwandert. Das bedeutet, daß keine Kompaßorientierung stattfindet; die Falter sich also nicht streng in eine bestimmte Himmelsrichtung bewegen. Ebenso verhielten sich die Tiere bei Neumond. In solchen Nächten richteten sie sich anscheinend an bestimmten Sternen aus. Daß eine optische Orientierung vorlag, konnte auch dadurch belegt werden, daß die Falter nicht mehr zielgerichtet flogen, sobald die Sicht verdeckt wurde.

Nachgewiesen ist, daß die oberen Bereiche der aus zahlreichen Einzelaugen zusammengesetzten sogenannten Facettenaugen für die Wahrnehmung der Lichtquellen zuständig sind. Sie dienen während des Wanderfluges der Orientierung. Es werden also nur solche Lichter wirksam, die aus Sicht des Falters über dem Horizont stehen.

Für die Gemeine Graseule (*Agrotis exclamationis*) konnte nachgewiesen werden, daß am geomagnetischen Feld der Erde die Ausrichtung nach dem Mondkompaß geeicht wird.

Sofern aus den vorliegenden Untersuchungen verallgemeinernd auf andere Nachtfalterarten geschlossen werden darf, läßt sich sagen, daß sich wandernde Tiere sowohl optisch am Mond und an Sternen orientieren aber auch am Erdmagnetfeld.

Extrem lichtempfindlich

Um beim Fliegen nicht gegen Hindernisse aller Art zu prallen, müssen die Falter neben der geruchlichen auch noch zu einer optischen Orientierung fähig sein. Punktaugen spielen zumindest beim Hell - Dunkel - Sehen eine Rolle. Für das Erkennen von Details ist ein Paar hochempfindlicher Facettenaugen zuständig.

Für nachtaktive Tiere, die sich optisch orientieren, muß eine sehr hohe Lichtempfindlichkeit angenommen werden. Dies trifft auf Nachtfalter zu. Die Schwelle bei weißem Licht liegt beispielsweise für die bereits erwähnte Hausmutter bei 0,0001 Lux, bei farbigem Licht unter 600 nm gar bei 0,000025 Lux. Damit sprechen ihre Augen auf weit niedrigere Werte an, als sie in der Natur gegeben sind. Die Helligkeit bei Mondschein kann zu 0,2 - 0,4 Lux betragen, ohne Mond etwa 0,0018 Lux.

Vom Windenschwärmer (*Herse convolvuli*) ist bekannt, daß er Farben noch bei Lichtverhältnissen erkennt und unterscheidet, bei denen das menschliche Auge nicht mehr farbtüchtig ist.

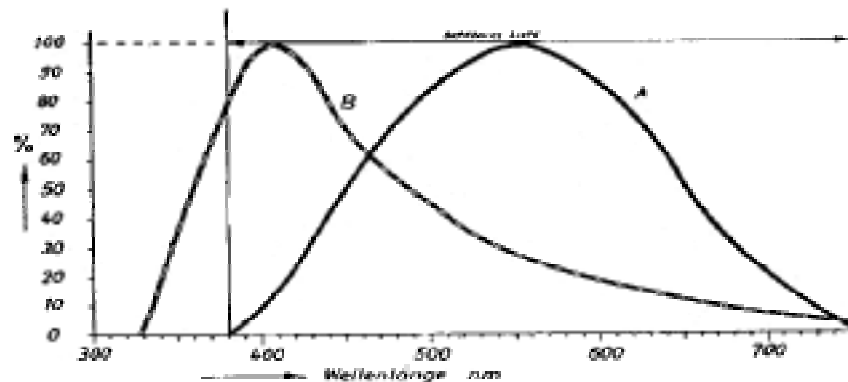


Abb. 3: Lichtempfindlichkeit in Abhängigkeit von der Wellenlänge. A = Mensch; B = Nachtfalter (nach CLEVE 1964)

Eine Reihe von Untersuchungen beschäftigte sich mit der Frage, welche Wellenlängen von Nachtfaltern gesehen werden. Die Wahrnehmungsfähigkeit reicht vom extrem kurzwelligen bis in den extrem langwelligen Bereich (Infrarot) hinein. In Laborversuchen wurde nachgewiesen, daß bestimmte Falterarten über den roten Spektralbereich hinaus auch Infrarot-Quellen in völliger Dunkelheit wahrnehmen und anfliegen. Am anderen Ende des Spektrums, im Ultraviolett, reicht die Empfindlichkeit bis etwa 300 nm. Im Vergleich dazu sieht der Mensch nur zwischen 380 und 700 nm Wellenlänge. Ein Maximum der Empfindlichkeit wird für Nachtfalter bei etwa 410 nm angenommen. Das des Menschen liegt bei 510 - 555 nm. Die Wellenlängen im violetten Bereich, in dem die höchste Empfindlichkeit beobachtet wird, stellen gleichzeitig die attraktivste Lichtqualität für die Nachtfalter dar.

3. Auswirkung von Anlagen zur Außenbeleuchtung

Im Laufe der Evolution haben Nachtfalter Himmelskörper als Orientierungsmarken zu nutzen gelernt sowie Augen entwickelt, die empfindlich genug sind, mit Hilfe des Mond- und Sternenlichts zu fliegen. Sie sind also während ihrer Aktivitätsphase an weit entfernte und recht schwache Lichtquellen angepaßt. Anderes Licht gab es vor dem Menschen in der Natur lediglich punktuell. Entfachte ein Blitz ein Feuer, lockte dessen Schein die Nachtinsekten ins Verderben. Hielt sich die Beleuchtung in früheren Jahrhunderten (Kerzen, Öl- oder Gaslampen) noch in Grenzen, so wurde die Landschaft in unserem Jahrhundert zunehmend durch mehr und hellere Beleuchtungskörper in Straßen, Wohn- und Industrieanlagen belastet, die Nacht zum Tag gemacht. Dies blieb für die nachtaktiven Tiere nicht ohne Folgen. Jeder kann beobachten, wie Nachtfalter und andere Insekten an erleuchteten Fenstern sitzen oder um Straßenlaternen kreisen.

Welch riesige Zahl von Insekten durch Lichtquellen angelockt werden können, ist in einer Arbeit aus Graz dokumentiert. Eine zwei Meter hohe blauweiße Leuchtschrift, bestehend aus drei Buchstaben in 35 Meter Höhe, zog im Stadtzentrum innerhalb eines Jahres 350.000 Insekten an. An großen, angestrahlten Fabrikwänden fanden sich an nur einem Abend bis zu 100.000 Tiere ein (GEPP 1977).

Insbesondere die beleuchteten Randbereiche unserer Siedlungen locken so Milliarden von Insekten aus der umgebenden Landschaft in den sicheren Tod. Dieser Verlust an Arten und Biomasse trägt zur Labilisierung der Ökosysteme bei. Stadtnahe Wälder und Streuobstgebiete verarmen. "0815"-Arten nehmen zu und auch Falterarten, die zur Massenvermehrung neigen wie z. B. der Schwammspinner, haben durch Rückgang und Aussterben anderer Insektenarten günstigere Vermehrungsbedingungen.

Licht mit Fernwirkung

Zu der Frage, aus welcher Entfernung Nachtfalter von einer Lichtquelle angezogen werden, liegen widersprüchliche Angaben vor. Für einzelne Arten werden Distanzen von mehr als einem Kilometer bis herab auf nur drei Meter angenommen. Für erstere Annahme sprechen Beobachtungen von Nachtfalterarten angeführt, die weitab von ihrem eigentlichen Lebensraum an Lampen beobachtet werden. Die zweitgenannte Zahl resultiert aus Tests mit der Hausmutter, einer Art, die sich bei Flügen über längere Strecken am Mond orientiert.

Die Zahl von nachtaktiven Insekten, die während eines Nachtfangs von künstlichen Lichtquellen angelockt wird, wächst mit zunehmender Höhe der

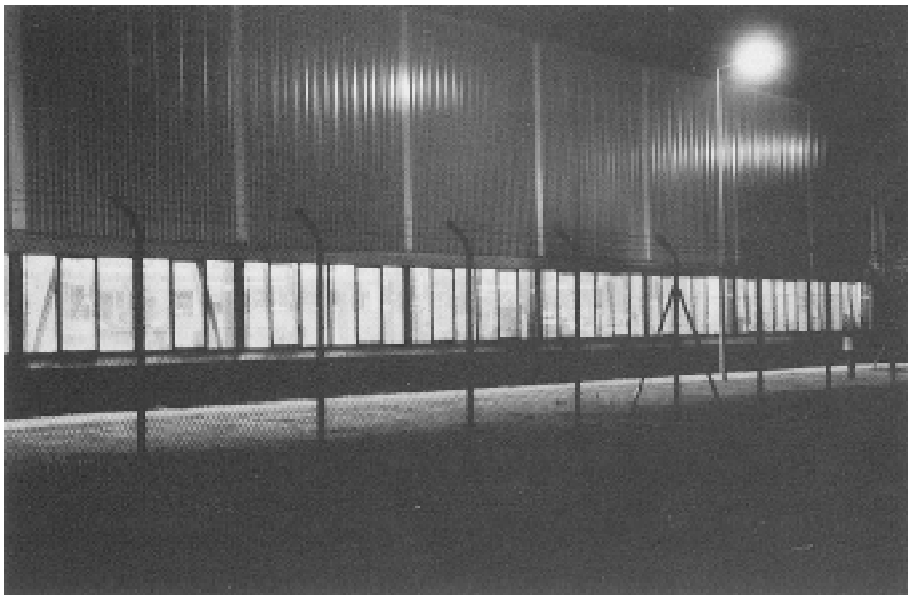


Foto 1 und 2: Angestrahlte Wände von Gebäuden und nicht verdunkelte Fensterfronten besitzen eine große Lockwirkung für Insekten.

Lichtquelle, da sie einen größeren Bereich bestrahlt und auch höher fliegende Insekten anlockt. Im Nahbereich bleiben also alle lichtempfindlichen Insekten im Leuchtkegel "hängen", die aus dem direkten Umfeld anfliegen. Strahlt die Lampe nicht nur nach unten, sondern auch waagrecht in die Landschaft oder nach oben, entwickelt sie eine zusätzliche Fernwirkung, die auch weiter entfernt fliegende Tiere anlocken kann. Auch dürfte die Distanz, aus der eine Lampe wahrgenommen und angefliegen wird, von der Leuchtstärke und ihrem Kontrast zur Umgebung abhängen.

Extrem geblendet

Die Frage, weshalb Nachtfalter zum Licht fliegen, ist noch nicht hinreichend geklärt. Es existieren allerdings Hypothesen, die zumindest einen Erklärungsansatz für bestimmte Verhaltensweisen der Nachtfalter darstellen.

- Nachtfalter können sich absichtlich und zielgerichtet zum Licht hin bewegen, um in der Startphase aus der hinderlichen Vegetation (z. B. aus dem Gras) heraus zu einem freien Flug zu gelangen.
- Wandernde Nachtfalter, die geradeaus fliegen wollen, orientieren sich an einem Lichtpunkt, zu dem ein bestimmter Winkel eingehalten wird. Dies funktioniert aber nur, solange die Lichtquelle sehr weit entfernt ist und die Strahlung quasi senkrecht zum Erdboden fällt. Sobald aber der Mond oder das diffuse Himmelslicht mit einer Lampe (radiale Lichtausbreitung) verwechselt wird, bewegen sich die Tiere unweigerlich in einer Spirale auf diese zu. Man kann dieses Verhalten bei Eulenfaltern oder Spinnern immer wieder beobachten.

Oftmals kommen die Falter allerdings mit großer Geschwindigkeit geradlinig angefliegen, so daß sie gegen die Abdeckung prallen und dann die Lampe wild umkreisen. Andere landen schon einige Meter von der Lampe entfernt und bewegen sich dann zu Fuß weiter auf sie zu.

Verständlich wird das unnatürliche Verhalten, das z. B. bei den auch tagaktiven Hornissen ebenfalls zu beobachten ist, im unmittelbaren Einflußbereich der Lampe, wenn man bedenkt, daß die hochempfindlichen Augen der anfliegenden Falter an Dunkelheit angepaßt sind. Tagsüber sind sie durch Pigmente abgeschirmt, die abends zurückwandern, um eine möglichst hohe Ausnutzung des Lichtes zu erreichen. Gelangen die Tiere nun in die Nähe einer Lampe, so müssen sie extrem geblendet sein und reagieren mit einem völlig unkontrollierten Flug. Es dauert wenige Minuten bis zu einer halben Stunde bevor die Umstellung auf Helligkeit vollzogen ist.

Künstliche Lichtquellen sind Todesfallen

Durch Beleuchtungseinrichtungen aller Art werden Milliarden von Insekten aus der Umgebung angelockt. Sie verlassen ihren eigentlichen Lebensraum und sind an der Erfüllung ihrer ökologischen "Aufgaben", wie Nahrungs- oder Partnersuche, gehindert.

An die Lichtquelle gelockt, bleiben viele Tiere, durch die Helligkeit inaktiviert, bis zum Morgen sitzen. Sie werden dann in großer Zahl von Vögeln gefressen. Direkte Verluste entstehen durch Erschöpfung sowie beim Aufprall, insbesondere größerer Arten. Kleinere Tiere, die je nach Bauart der Leuchte leicht ins Innere gelangen, werden Opfer der Hitze oder verhungern, da sie den Weg ins Freie nicht finden.

Zugvögel werden durch starke Beleuchtung gefährdet. Beispielsweise umkreisen sie bis zur Erschöpfung Leuchttürme oder ziehende Wasservögel landen auf beleuchteten, regennassen Straßen.

Lichtverschmutzung schädigt die Wälder

Aus der großen Zahl von angelockten Insekten ist auf eine massive Dezimierung der Populationen nachtaktiver Insekten, wenn nicht gar auf die Ausrottung vieler Arten in der Umgebung von künstlichen Lichtquellen zu schließen.

Diese massenhaft getöteten Insekten fehlen als Nahrungsbasis für in der Nahrungskette nachstehende Arten wie Vögel und Säuger, aber auch räuberische oder parasitische Insekten, unter anderem Laufkäfer, Schlupfwespen und Raupenfliegen. Die um viele Insekten "beraubte Landschaft" um unsere Städte und Dörfer wird also nicht nur artenärmer, sondern durch die Störung des ökologischen Nahrungsgefüges auch ökologisch labiler und anfälliger gegen Schädlinge und Massenvermehrungen weniger Arten, da bestehende Konkurrentenverhältnisse, Räuber-Beute- oder Wirt-Parasit-Beziehungen aus dem Gleichgewicht geraten können.

Es ist vom Grundsatz davon auszugehen, daß die Lichtverschmutzung vor allem auch unsere durch Immissionen und Trockenheit vorbelasteten Wälder in den Ballungsräumen labilisiert und daher das Wald- und Baumsterben begünstigt.

Wälder mit gestörten und verarmten Lebensgemeinschaften besitzen keine oder nur noch eingeschränkte biologische Kontrollmechanismen, um Massenvermehrungen von Insekten, Pilzen und Viren zu verhindern. Auf die Gefährdungen des Waldes in Zusammenhang mit der gegenwärtigen Massenvermehrung von Schwammspinner, Maikäfer, Kiefernbuschhornblattwespe, Waldgärtner und Prachtkäfer sei an dieser Stelle hingewiesen.

4. Zur Umweltverträglichkeit von Lampen und Leuchten

Erste Untersuchungen zur Attraktivität verschiedener im Außenbereich gebräuchlicher Lampenarten sowie zur Bedeutung der Leuchtengestaltung und -installation führten Mitarbeiter des Instituts für Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) von 1989 bis 1991 bei Rastatt durch (ESCHE et al. 1989, SCHANOWSKI 1991). BAUER (1993) stellte im Rahmen seiner Diplomarbeit im Sommer 1993 im Raum Konstanz weitere umfangreiche Erhebungen unter anderem zu diesen Fragestellungen an. Seine Ergebnisse bestätigten und ergänzten unsere eigenen Untersuchungen zur Attraktivität verschiedener Lampenarten für nachtaktive Schmetterlinge. Auch die von BAUER berücksichtigten anderen Insektengruppen zeigten, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, klare Bevorzugen bestimmter Lampenarten bzw. der von ihnen ausgestrahlten Lichtspektren. Nachfolgend sollen die wichtigsten auf dem Markt erhältlichen Lampen (umgangssprachlich als "Birnen" bezeichnet) und Leuchten (Vorrichtung in welche die "Birne" geschraubt wird, umgangssprachlich häufig als "Lampen" bezeichnet) im Hinblick auf ihre Umweltverträglichkeit gegenüber Insekten verglichen werden:

1. "Weißlichtlampen"

- **Quecksilberdampf - Hochdrucklampe**

(HQL 80 W)

Die "HQL" strahlt in einem breiten Spektralbereich (ca. 320 - 720 nm) Energie ab, wobei ein Strahlungsmaximum etwa zwischen 540 und 620 nm liegt und ein weiteres zwischen ungefähr 400 und 440 nm.

Besonders attraktiv für nachtaktive Insekten ist der Bereich der sichtbaren kurzwelligigen Strahlung, wobei die maximale Wirkung bei 410 nm zu liegen scheint (CLEVE, 1964).

Gerade in diesem Bereich strahlt die "HQL" große Energiemengen ab. Die "HQL" ist die zur Beleuchtung von Straßen, Parkplätzen und Außenanlagen am häufigsten verwendete Lampentyp.

- **Kompakt - Leuchtstofflampe**

(DULUX S 11 W bzw. D/E 26 W LUMILUX INTERNA)

Diese Energiesparlampe hat ebenfalls ein recht breites Lichtspektrum, wobei die Hauptenergiemenge im grünen und orangen Bereich und nur wenig Energie im kurzwelligigen Bereich abgestrahlt wird.

2. "Gelblichtlampen"

- Natriumdampf - Hochdrucklampe**
 (VIALOX, NAV E 70 W/E bzw. 50 WE Standard).
 Das Spektrum der "NAV" zeigt die Hauptenergieabgabe im gelben Bereich von ca. 570 bis 630 nm. Kurzwellige Strahlen werden nur in sehr geringem Umfang ausgesandt. Die "NAV", insbesondere die weiterentwickelten Typen DL bzw. SDW-T ermöglichen das Erkennen von Farben.
- Natriumdampf - Niederdrucklampe**
 (NA/SOX 35 W).
 Die "NA" strahlt die gesamte Energie im Bereich von ca. 590 nm aus. Ihr monocromatisches Licht erschwert das Erkennen von Farben.

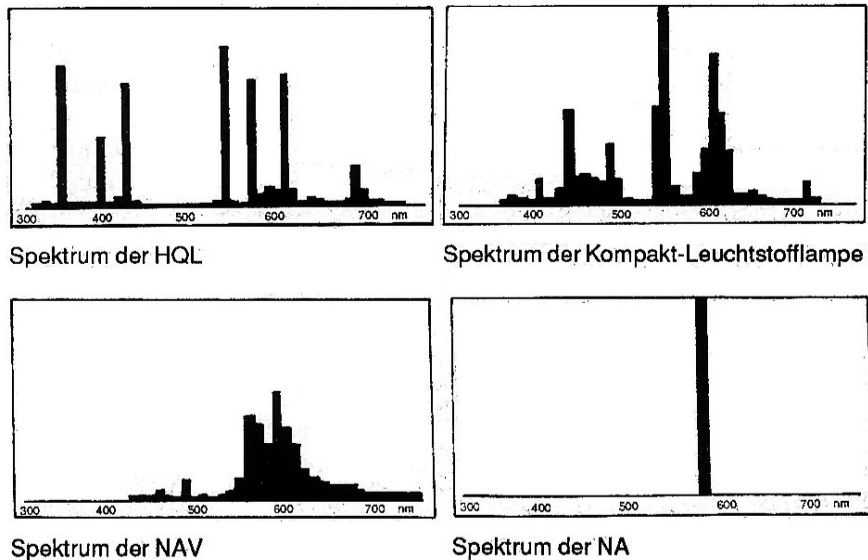


Abb. 4: Die Lichtempfindlichkeit der Nachtfalter reicht bis 300 nm. Das Maximum der Empfindlichkeit liegt bei 410 nm. Aus dem Vergleich der oben dargestellten Lichtspektren wird deutlich, daß vor allem die HQL einen Großteil ihrer Lichtenergie in diesem Spektralbereich abgibt.

Aus den insgesamt 73 Nächten, in denen BAUER die Anziehungskraft von HQL-, DULUX- und NAV-Lampen unmittelbar miteinander verglich, resultierten die in der Abbildung 5 dargestellten Ergebnisse. Die Fangzahlen lagen bei Betrachtung aller Insekten an der HQL-Lampe um das 3-fache höher als bei der DULUX-Lampe. Weit über 4-mal größer war die Zahl der angelockten Tiere in Relation mit der NAV-Lampe.

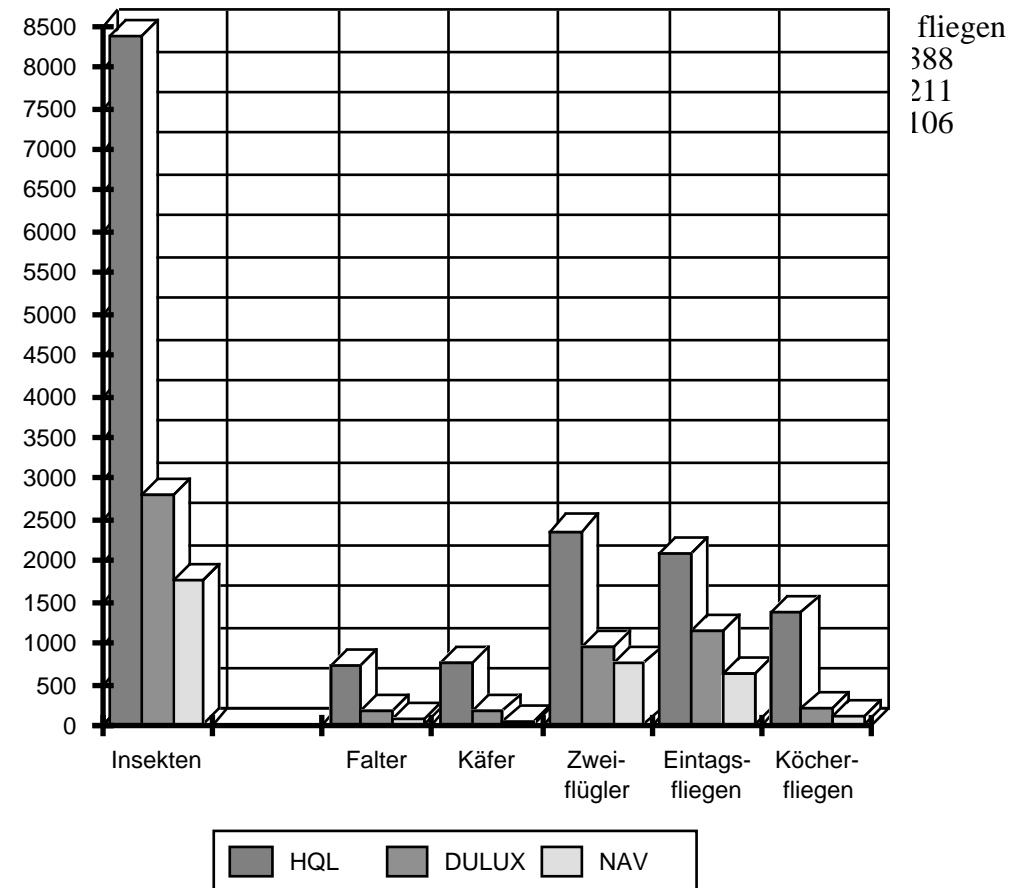


Abb. 5: Fangzahlen von Insekten insgesamt und von einzelnen Insektenordnungen aus 73 Fangnächten an verschiedenen Lampenarten nach den von BAUER 1993 durchgeführten Untersuchungen. Die HQL besitzt bei allen Insektenordnungen die größte Lockwirkung.

Die Unterschiede zwischen Kompakt-Leuchtstofflampe und Natriumdampf-Hochdrucklampe waren gering. An den erstgenannten konnten 1,5 mal mehr Insekten festgestellt werden. Diese Ergebnisse treffen, wenn auch in unterschiedlichem Maße ausgeprägt, auf die einzelnen Insektengruppen zu. Beispielsweise lagen die Werte an der HQL-Lampe bei den Faltern um 8,5- bei den Köcherfliegen um 13-mal höher als an der NAV während der Anflug der Eintagsfliegen nur 3,3-mal stärker war.

Umfangreichere Tests mit der Natriumdampf-Niederdrucklampe stehen noch aus. Nach ersten, in jeweils nur einer Nacht durchgeführten Vergleichsfängen mit den anderen Lampenarten zeichnet sich ab (Abb. 6), daß sie wesentlich weniger attraktiv ist als diese (ESCHE et al. 1989). Somit ist sie hinsichtlich der Attraktivität auf nachtaktive Insekten als die umweltverträglichste anzusehen.

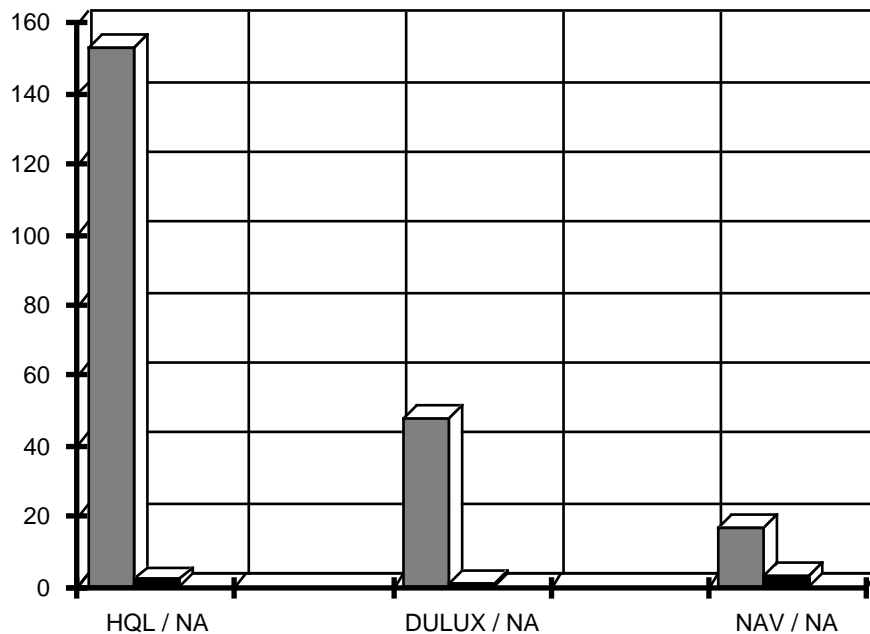


Abb. 6: Ergebnisse erster Vergleichsfänge der Natriumdampf-Niederdrucklampe mit drei anderen gängigen Lampentypen weisen sie als die umweltverträglichste aus.

Leuchten

Aus den Untersuchungen des Instituts für Landschaftsökologie und Naturschutz wie auch von BAUER kann gefolgert werden, daß die Konstruktion und Installation von Leuchten daraufhin ausgerichtet werden muß, nur den gewünschten Raum auszuleuchten. Eine "unnötige" Beleuchtung der Umgebung darf nicht erfolgen. Eine hell erleuchtete Fläche an der Leuchte soll nur aus möglichst geringer Entfernung erkennbar sein.

- Die Leuchte sollte waagrecht installiert sein. Durch einen asymmetrischen Reflektor kann das Licht optimal verteilt werden. Eine schräg installierte Leuchte lockt 1,5-mal mehr Nachtfalter an, als eine waagrecht angebrachte Leuchte (SCHANOWSKI 1991).
- Die Abdeckung des Leuchtenkoffers sollte nicht aus einer strukturierten, mit Prismen versehenen Wanne bestehen, da diese eine weithin sichtbare helle Fläche bildet. Am sichersten wird diffuses Streulicht durch eine plane, seitlich nicht sichtbare Abdeckplatte verhindert. Im Vergleich zu einer mit planer Abdeckung versehenen Leuchte locken die häufig verwendeten Leuchten mit strukturierten Wannen oder Glas-Halbkugeln die 1,5- bis 5-fache Menge an Insekten an (BAUER 1993).
- Die Lichtpunkthöhe sollte möglichst niedrig gewählt werden (z. B. niedrige Masten). Grundsätzlich ist eine größere Zahl niedrig angebrachter Leuchten mit energieschwächeren Lampen besser, als wenige lichtstarke Lampen auf hohen Masten. Die doppelte Leuchtenhöhe brachte die 1,5- bis 2-fache Insektenmenge BAUER (1993).
- Das Leuchtengehäuse sollte keine Öffnungen besitzen, durch welche Insekten eindringen können.

Die umweltverträgliche Außenbeleuchtung

Die Mehrzahl der in Betrieb befindlichen Beleuchtungseinrichtungen erfüllen die aufgeführten Kriterien leider nicht. In der Regel werden Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (HQL) in einem Leuchtenkörper mit bauchartiger Glaswanne verwendet.

Daß der Einsatz bereits vorhandener Technik zur Reduzierung des schädlichen Einflusses von Außenbeleuchtung führen kann, belegen Untersuchun-

gen auf dem neu angelegten Werksgelände von Mercedes-Benz in Rastatt (FREUNDT & PAUSCHERT 1992). Hier wurde der Insektenanflug an einer konventionellen Leuchte mit dem einer von Mercedes entwickelten "Umweltleuchte" verglichen. Die nachstehende Übersicht zeigt die insektenfreundliche Ausstattung der "Umweltleuchte" im Vergleich zur "klassischen Straßenlampe".

	Beleuchtungseinrichtung	
	konventionell	alternativ
Lampenart	HQL	NAV
Abdeckung	Wanne	plan
Abdeckungsmaterial	Kunststoff	Silikatglas
Anbringung	schräg (ca. 15°)	waagrecht
Höhe	10 m	10 m

Die Gesamtzahl aller ausgezählten Insektengruppen war an der konventionellen Leuchte etwa 4,7 mal höher als an der Alternative (Abb. 7). Am stärksten unterschied sich die Wirkung bei den Köcherfliegen (36-fach). Kleinschmetterlinge waren ca. 4,6-fach, Großschmetterlinge 2,8-fach stärker an der konventionellen Beleuchtung vertreten.

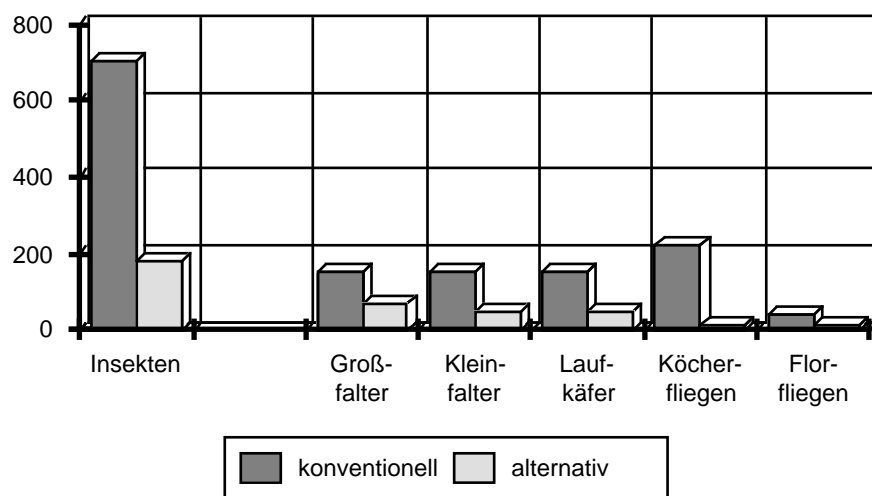


Abb. 7: Fangergebnisse an zwei verschiedenen Beleuchtungseinrichtungen

5. Weitere gute Gründe für eine "Umweltbeleuchtung"

Eine Umrüstung der Außenbeleuchtung von Weißlicht- auf Gelblichtlampen empfiehlt sich nicht nur aus Gründen des Insektenschutzes und des Waldschutzes, sondern auch um den massenhaften Einflug von unerwünschten Insekten in die Siedlungen zu vermeiden.

Vermeidung der Anlockung von Schädlingen

Im Frühsommer 1993 verursachte ein Kahlfraß durch die Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar*), vornehmlich in Wäldern der wärmebegünstigten Regionen Süddeutschlands, großes Aufsehen in den Medien. Die Katastrophenberichterstattung in der Presse gipfelte in dem Vergleich mit der ägyptischen Heuschreckenplage oder mit "Giftrauben" nach Hitchcock.

Die öffentliche Hysterie wurde durch die im Hochsommer in die Ortschaften eingeflogenen Falter verstärkt. Sie fanden sich zahlreich an hell angestrahlten Hauswänden und Lichtmasten in den Randbereichen von Ortschaften. Hier erzeugten sie neue Ängste bei der Bevölkerung, da die Weibchen ihre nur mühsam zu entfernenden, schwammartigen (deutscher Name) Gelege auf die Hauswände, Obstbäume und Ziergehölze klebten. Die im nächsten Frühjahr schlüpfenden Raupen können insbesondere an Obstbäumen und an öffentlichem Grün beträchtlichen Schaden anrichten.

Die unterschiedliche Attraktivität verschiedener Lampen war bei abendlichen Exkursionen auch beim Schwammspinner augenfällig. Im Bereich von Leuchten mit HQL-Lampen und an angestrahlten weißen Hauswänden waren die Tiere in großer Zahl anzutreffen, während sie an den NAV-Lampen weitgehend fehlten. Da an Ortsrändern immer noch überall die HQL-Lampen dominieren, wurden die Schwammspinner aus den Wäldern herausgelockt und in der Rheinebene z. B. weit über die Ortschaften verteilt.

Manche Kommunen reagierten durch Abschalten der Beleuchtung. In anderen wurden die Lampen und Fassaden abgespritzt oder die Nester unter Einsatz eines Hubsteigers mit einem Staubsauger abgesaugt. Statt die Beleuchtung zu verändern erwog 1994 eine Kraichgau-Gemeinde sogar eher den Pestizideinsatz in befallenen Weinbergsbrachen, um einem erneuten Schwammspinner-Einflug in die Ortschaft vorzubeugen.

Zur Vermeidung solcher Kosten und Überreaktionen ist es daher dringend nötig, eine aus Umweltgründen ohnehin erforderliche Umrüstung von Beleuchtungsanlagen in den Ortsrandlagen auf umweltfreundliche Natriumdampf-Nieder- oder Natriumdampf-Hochdrucklampen durchzuführen.



Foto 3: Anstatt mit Hubsteigern und Staubsaugern den Eigelegen des Schwammspinners zu Leibe zu rücken, sollten besser die Quecksilbergegen Natriumdampf-Lampen ausgetauscht werden.

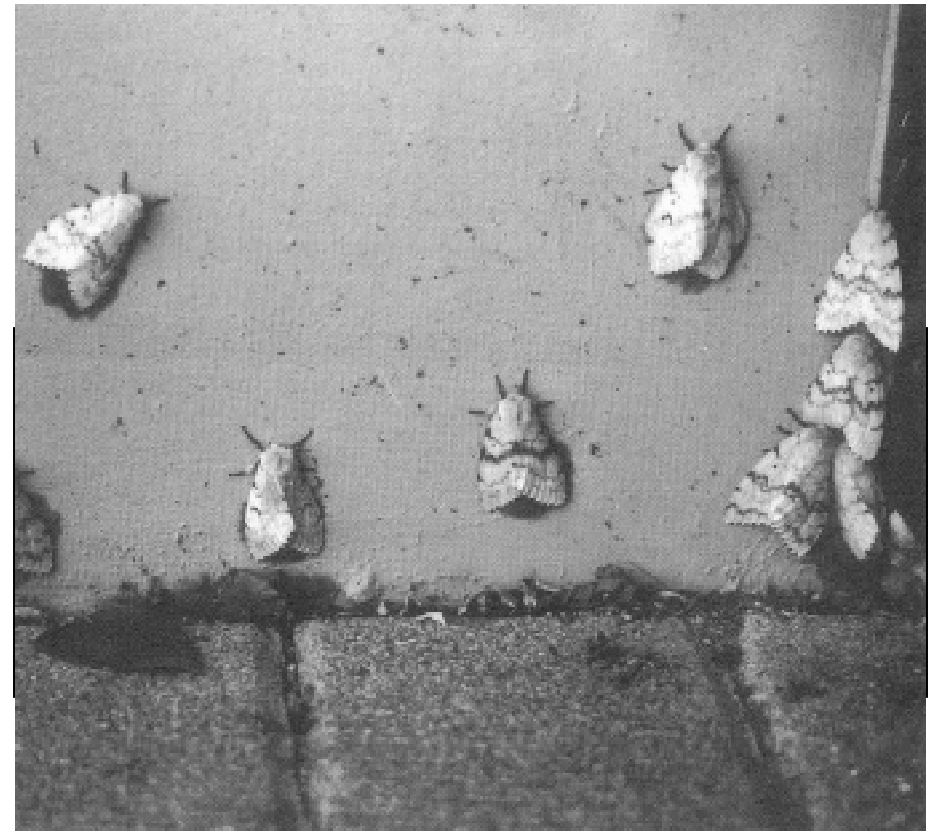


Foto 4: Die Ansammlungen der durch das Licht angelockten Schwammspinnerweibchen an den Hauswänden haben in der Bevölkerung große Besorgnis ausgelöst. Mit einer umweltfreundlichen Beleuchtungstechnik kann dies vermieden werden.

Wirkung auf den Menschen

Eine gutachterliche Bewertung (TU München, Lehrstuhl f. Ergonomie; Dr. Ing. J. Zülch) verschiedener Lampen aus medizinischer Sicht stellt ebenfalls die Vorzüge von Natriumlampen gegenüber den auch für das menschliche Auge mit einer enormen Blendwirkung verbundenen Weißlichtlampen heraus. Hierbei wird eine neue Generation von Natriumdampf-Hochdrucklampen (Vialox NAV/DL von Osram bzw. SDW-T von Philipps), die in ihrem Spektrum dem natürlichen Tageslicht noch stärker angenähert sind, für Außen- und Innenbeleuchtung empfohlen.

Das Spektrum dieser Lampen ähnelt - insbesondere im kurzwelligen Bereich - den im Rahmen der Attraktivitätsuntersuchungen verwendeten NAV-Standard-Lampen, so daß von einer vergleichbaren Umweltverträglichkeit gegenüber Insekten ausgegangen werden kann.

Der Vorteil gegenüber den NAV-Standard-, NA- und HQL-Lampen liegt in der kontinuierlichen Lichtverteilung über das Gesamtspektrum und damit der guten Farbwiedergabe sowie der für das menschliche Auge angenehmen warmweißen Lichtfarbe.

Lampentyp \ Merkmal	NA	HQL	NAV	
			Standard	DL/SDW-T
Lichtausbeute	sehr hoch	sehr hoch	hoch	hoch
Kontinuierlicher Anteil am Spektrum	sehr gering	sehr gering	mittel	hoch
Farbwiedergabe	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
Lichtfarbe	rein gelb	weißblau	gelborange	gelborange
Eignung für Außenbeleuchtung	sehr gering	gering	gering	gering

Energieeinsparung, Vermeidung von Sondermüll

Bei der Lampenwahl sollten auch die effiziente Energienutzung sowie die Entsorgung eine Rolle spielen. In der folgenden Tabelle (verändert nach FACHVERBAND ELEKTRISCHE LAMPEN 1990) ist die Lichtausbeute (Wirkungsgrad) verschiedener Lampenarten sowie die Zahl der in der Bundesrepublik (Stand: 1990) jährlich zu entsorgenden Lampen aufgeführt.

Lampenart	Lichtausbeute (lm/W)	Mio. Stück pro Jahr (ca.)
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	bis 60	2
Kompakt- Leuchtstofflampen	bis 80	10
Natriumdampf-Hochdrucklampen	bis 130	0,5
Natriumdampf-Niederdrucklampen	bis 200	0,1

Abkürzungen: lm = Lumen: Lichtmenge ; W = Watt: Leistung

Die Übersicht zeigt, daß die Natrium-Lampen pro Watt eine doppelt bis dreimal so hohe Lichtausbeute als die Quecksilber-Hochdrucklampe aufweisen. Auch der Energiepareffekt spricht für die Gelblichtlampen.

Alle aufgeführten Lampenarten, mit Ausnahme der Natriumdampf-Niederdrucklampe enthalten als unverzichtbaren Bestandteil Quecksilber. Die Quecksilbermenge wurde zwar durch die Weiterentwicklung der Lampen in den letzten Jahren erheblich reduziert, dennoch stellen sie gemäß Abfallgesetz Sondermüll dar. Aufgrund der Abfall-Bestimmungsverordnung sind sie deshalb einem Recycling oder entsprechender Deponierung zuzuführen. Unter dem Aspekt der Vermeidung von Sondermüll ist daher die Natriumdampf-Niederdrucklampe (NA) die beste Alternative.

6. Die Beleuchtungsalternative

Für die umweltfreundliche Beleuchtung einer Kommune können zusammengefaßt folgende Empfehlungen gegebene werden:

1. Für den Insekten- und Waldschutz maßgebend ist die Beleuchtung der Siedlungsråder und der Anlagen im Außenbereich (z. B. Gebäude, Sportanlagen, beleuchtete Straßen, Wege und Plätze). In diesen Randzonen sollten ausschließlich Natriumdampf-Niederdrucklampen (NA) verwendet werden. Überall dort, wo das Erkennen von Farben wichtig ist (z. B. auf Parkplätzen) sind Natriumdampf-Hochdrucklampen (NAV) zu verwenden.
2. Für den Insekten- und Waldschutz weiterhin bedeutend sind beleuchtete Gemeindeverbindungsstraßen sowie großzügig ausgeleuchtete Gewerbe- und Industriegebiete an der Peripherie von Siedlungen. Auch hier sollten ausschließlich Natriumdampf-Hochdrucklampen (NAV) oder Natriumdampf-Niederdrucklampen (NA) verwendet werden.
3. Für Wohngebiete ist aufgrund der guten Farbwiedergabe die neue Generation der Natriumdampf-Hochdrucklampen (NAV/DL oder NAV/SDW-T) zu empfehlen.
4. Bei angestrahlten Fassaden oder großen Werbetafeln ist darauf zu achten, daß helle weiße Flächen vermieden werden.
5. Die Siedlungsråder sollten zusätzlich durch Bäume und Sträucher gegenüber der angrenzenden offenen Landschaft abgedunkelt werden.

Die Materialkosten für elektronische Bauteile belaufen sich je Leuchte bei Umrüstung auf NAV 50 oder 70 Watt auf 154,- DM (Preisliste 1990).

7. Forderungen des Naturschutzbund Deutschland (NABU)

Der Naturschutzbund fordert von der Politik, endlich eine klare Weichenstellungen für die Erarbeitung von DIN-Normen für eine umweltfreundliche Außenbeleuchtung. Weiterhin müssen zur Erhaltung und Vitalisierung der Insektengemeinschaften und Ökosysteme und insbesondere der stadtnahen Wälder in den Verdichtungsräumen entsprechende Beleuchtungs-Vorschriften erlassen werden. Vordringlich sind dazu folgende Punkte:

Für die Erarbeitung und die Umsetzung von Vorschriften bedeutet dies:

- Erarbeitung von DIN-Normen für eine umweltverträgliche Außenbeleuchtung, incl. einer Reduzierung von Beleuchtung
- Einarbeitung entsprechender Vorschriften in Bebauungspläne und die Landesbauordnung (LBO)
- Einarbeitung entsprechender Vorschriften in die Verordnungsmuster von Natur- und Landschaftsschutzgebieten (NatSchG)
- Alle baulichen Anlagen im Außenbereich sowie an Siedlungsrändern dürfen nur noch mit NA- oder NAV-Lampen betrieben und genehmigt werden. Dies sind insbesondere:
 - Vereinsheime, Clubanlagen und Sportstätten, historische Gebäude zusätzlich mit zeitlicher Einschränkung
 - Gastronomiebetriebe, Bauernhöfe, Kläranlagen, Deponien, Kiesgruben sowie alle Industrie- und Gewerbebetriebe
 - Straßen, Wege, Plätze sowie wasserwirtschaftliche Anlagen (Wehre, Staustufen, Düker, Trinkwassergewinnungsanlagen, Pumpwerke etc.)

Für die Umrüstung und Nachrüstung bestehender Anlagen bedeutet dies:

- Erlass gesetzlicher Vorschriften für die Umrüstung mit entsprechenden Übergangszeiträumen
- Bezuschussung einer sofortigen Umrüstung von Quecksilber-Hochdrucklampen in und im Umfeld (Sichtbereich) von Natur- und Landschaftsschutzgebieten sowie in Waldnähe
- Durchführung einer staatlichen Aufklärungs- und Informationskampagne (vor allem gegenüber Kommunen, Bauträgern, Genehmigungsbehörden, Naturschutzbehörden und Naturschutzbeauftragten)

8. Literatur

- BAKER, R. R. (1987): Integrated use of moon and magnetic compasses by the heart-and-dart moth, *Agrotis exclamatoris*. - Anim. Behav., **35**, 94-101.
- BAKER, R. R. & SADOVY, Y. J. (1978): The distance and nature of the light-trap response of moths. - Nature, **276**, 818-821.
- BAUER, R. (1993): Untersuchung zur Anlockung von nachtaktiven Insekten durch Beleuchtungseinrichtungen. - Dipl.-Arbeit, Universität Konstanz.
- CALLAHAN, P. S. (1965): Far infra-red emission and detection by nightflying moths. - Nature, **206**, 1172-1173.
- CLEVE, K. (1964): Der Anflug der Schmetterlinge an künstliche Lichtquellen. - Mitt. d. deut. Entomol. Ges., **23**, 66-76
- CLEVE, K. (1967): Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge (Lep.). - Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen, 16. Jhrg. (**5/6**), 33-53.
- DREISIG, H. (1986): Timing of daily Activities in Adult Lepidoptera. - Entomol. Gener., **12** (1), 25-43.
- DUFAY, C. (1964): Contribution a l'étude du phototropisme des lépidoptères noctuides. - Annales des sciences naturelle. - Zool. et biol. anim., Paris, 12. Serie, Tome **VI**, pp. 281-406.
- ESCHE, Th., FREUNDT, S., PAUSCHERT, P. & SCHANOWSKI, A. (1989): Untersuchung zur Auswirkung unterschiedlicher Lichtquellen auf nachtaktive Großschmetterlinge (*Macrolepidoptera*). - unveröffentlichtes Manuskript, Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz.
- FACHVERBAND ELEKTRISCHE LAMPEN (Hrsg.)(1990): Entladungslampen und Umwelt. 4. Auflage, Sept. 1990.
- FREUNDT, S. & P. PAUSCHERT (1992): Kontrolluntersuchungen zur Auswirkung unterschiedlicher Beleuchtungstypen auf nachtaktive Insekten. - unveröffentlichtes Gutachten, Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz.
- GEPP, J. (1977): Technogene und sturkturbedingte Dezimierungsfaktoren der Stadttierwelt - Ein Überblick. - Stadtökologie (Tagungsbericht), Graz/Österreich, 99-127.
- HAYNES, K. F. & BIRCH, M. C. (1986): Temporal Reproductive Isolation Between Two Species of Plume Moths (Lepidoptera: Pterophoridae). - Ann. Entomol. Soc. Am., **79**, 210-215.
- HOWLADER, M. A. & GERBER, G. H. (1986): Calling Behavior of the Bertha Armyworm, *Mamestra configurata* (Lepidoptera : Noctuidae). - Can. Ent., **118**, 735-743.

MALICKY, H. (1965): Freilandversuche an Lepidopterenpopulationen mit Hilfe der JERMYSchen Lichtfalle, mit Diskussion biozöologischer Gesichtspunkte. - Z. angew. Ent., **56**, 358-377.

MARTEN, W. (1956): Beobachtungen beim Lichtfang. - Ent. Z., Bd. **66**, 121-133.

NICANDER: Theriaca. - In: KROLL, W. & WITTE, K. (Hrsg.) (1923): Paulys Real-Encyclopädie der classischen Altertumswissenschaften, 2. Reihe (R-Z), 2. Bd., S. 579.

PERSSON, B. (1971): Influence of Light on Flight Activity of Noctuids (Lepidoptera) in South Sweden. - Ent. scand., **2**, 215-232.

PERSSON, B. (1974): Diel Distribution of Oviposition in *Agrotis ipsilon* (Hufn.), *Agrotis munda* (Walk.) and *Agrotis armigera* (Hbn.) (Lep. Noctuidae) in Relation to Temperature and Moonlight. - Ent. scand., **5**, 196-208.

ROSCH, Fr. (1892/93): *Hydroecia leucographa* und *Harpyia* var. *phantoma* in Halle. - In: BERGMANN, A. (1954): Die Großschmetterlinge Mitteldeutschlands. - Bd. 4/2, Urania Verlag, Jena, 1060 S.

SCHAL, C. & CARDÉ, R. T. (1986): Effects of temperature and light on calling in the tiger moth *Holomelina lamae* (Freeman) (Lepidoptera: Arctiidae). - Physiol. Ent. M., **1**, 75-87.

SCHANOWSKI, A. (1991): Untersuchungen zur Effizienz von Schutzbemühungen für nachtaktive Insekten, insbesondere Nachtfalter, durch Installations- und Konstruktionsweise von Leuchten. - unveröffentlichtes Gutachten, Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz.

SOTTHIBANDHU, S. & BAKER, R. R. (1979): Celestial orientation by the Large Yellow Underwing Moth, *Noctua pronuba* L. - Anim. Behav., **27**, 786-800.