

Erfahrungen zur Anlockwirkung unterschiedlicher künstlicher Lichtquellen auf Nachtfalter (Lepidoptera: Macroheterocera)

Dieter Schottstädt

Friedrich-Engels-Straße 10, 09599 Freiberg; E-Mail: schottstaedt.dieter@t-online.de

Zusammenfassung. Der Lichtfang ist die effektivste Methode zur qualitativen und quantitativen Erfassung von Nachtfaltern. Es wird ein kurzer Überblick über Lichtfanganlagen, Leuchtmittel und deren Lichtspektren, insbesondere mit Bezug auf die ultraviolette Strahlung gegeben. In Feldversuchen wurden verschiedene Leuchtmittel auf ihre Anlockwirkung auf Nachtfalter verwendet. Im praktischen Einsatz ist dabei zu beachten, dass Nachtfalter gegen den Wind künstliche Lichtquellen anfliegen, so dass diese so aufgestellt werden sollten, dass der Wind vom Licht in den Biotop weht. Für den manuellen Lichtfang sind fast alle vorgestellten Leuchtmittel geeignet. Sollen die Arten eines größeren Einzugsgebietes erfasst werden, sind leistungsstärkere Leuchtmittel zu empfehlen, mit denen etwas mehr Arten und sehr viel mehr Individuen angelockt werden. Dies geht aber mit mehr Unruhe an der Anlage einher und ein beträchtlicher Anteil der Falter setzt sich in der Umgebung der Anlage nieder, so dass die Umgebung nach Faltern abzusuchen ist. Für den biotopbezogenen Lichtfang sind standardisierte Anlagen mit Leuchtstoffröhren bzw. neuerdings mit LEDs zu empfehlen, um die eigenen Untersuchungen mit anderen vergleichen zu können. Ist dies nicht nötig, sind stattdessen Energiesparlampen empfehlenswert, da diese eine höhere Lichtdichte bei gleicher Lumenzahl aufweisen, was eine höhere Anlockwirkung mit sich bringt. Quecksilberdampf- und Energiesparlampen weisen fast identische Spektren auf, unterscheiden sich aber in der Leistung und der damit verbundenen Strahlungsenergie. Bei gleichzeitiger Verwendung dieser Leuchtmittel fliegen Nachtfalter immer die Lichtquelle mit der höheren Strahlungsenergie an. Deshalb ist es nicht erforderlich, neben einer Hochdrucklampe eine Energiesparlampe oder Leuchtstoffröhre zu betreiben. Ähnlich verhält es sich mit der Kombination superaktinischer und Schwarzlicht-Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen. Die superaktinische Lampe hat eine viel höhere Strahlungsenergie im ultravioletten Bereich und besitzt auch Wellenlängen im blauen Bereich, während die Schwarzlichtlampe nur im UV-Bereich bestimmte Wellenlängen emittiert.

Abstract. Light capture is the most effective method for the qualitative and quantitative collection of moths. This paper gives a brief overview of light traps installations, bulbs and their light spectrum, especially with respect to the ultraviolet radiation. In field experiments, various bulbs were used to study for their attractiveness to moths. In practical application, it should be noted that moths fly against the wind towards artificial light sources, they should be positioned so that the wind blows from the light source towards

the biotope. For the manual light capture, almost all featured bulbs are suitable. If species of a larger catchment area are to be collected, higher-performance bulbs are recommended, to attract more species and subjects. However, this could lead to more restlessness at the catchment, where considerable proportion of moths would only settle and found around the perimeter of the catchment area. For biotope-related light capture, standardized systems with fluorescent tubes or more recently with LEDs are recommended, to enable comparison of studies. If comparison is not required, energy-saving lamps are recommended instead, because they have a higher light density with the same number of lumens, which entails a higher attracting effect. Mercury vapor and energy saving lamps have almost identical spectrum, but differ in power and its associated radiant energy. When these bulbs are used simultaneously, moths always fly towards the light source with the higher radiant energy. Therefore, it is not necessary to operate an energy-saving lamp or fluorescent tube next to a high-pressure lamp. Likewise, with the combination of superactinic, black light fluorescent tubes and energy-saving lamps. The superactinic lamp has a much higher radiation energy in the ultraviolet range and also has wavelengths in the blue range, while the black light lamp emits only certain wavelengths in the UV range.

Einleitung.

Jeder Nachtfalterforscher erwirbt im Laufe seines Lebens ein Gespür für das optimale Wetter vor der Dämmerung und optimiert die Ausrüstung für den Lichtfang über die Jahre. Auch ich habe in meiner 40jährigen Sammeltätigkeit viele Erfahrungen gemacht, seien sie nun positiv oder negativ.

Wer sich heute intensiver mit dem Lichtfang beschäftigen möchte, dem stehen viele interessante Publikationen zur Verfügung, von denen hier nur einige genannt werden sollen. Wegweisend ist die Veröffentlichung von Bembek & Krause (1984) über den quantitativen Lichtfang in der Hinteren Sächsischen Schweiz, indem sie die nachgewiesenen Nachtfalter in biotopeigene und biotopfremde Arten trennen. Diese Untersuchungen wurden drei Jahrzehnte später von Seiger (2011) wiederholt. Lödl schrieb zur Bedeutung und historischen Entwicklung des Lichtfanges (Lödl 1987, 1989a) und verglich verschiedene Methoden, wie z. B. die Simultanmethode mit der Rotationsmethode, den manuellen Lichtfang mit der Lichtfalle oder den Lichtfang mit dem Köderfang (Lödl 1989b). Hausmann (1990b) untersuchte die Bedeutung des Lichtfallenstandortes für das Fangergebnis. In Feldversuchen wurden zwei Lichtfallen im gleichen Biotop im Abstand von 45 m aufgebaut und deren Artenspektren miteinander verglichen. Außerdem untersuchte Hausmann (1990a) die Dynamik ausgewählter Arten über ein Fangstellennetz mit parallelbetriebenen Lebend-Lichtfallen in einem eng begrenzten Biotop. Wirrocks (2004) verglich die räumliche Verteilung von Nachtfaltern und deren Larven und Truxa & Fiedler (2012) untersuchten, aus welcher Entfernung zwei 15 W UV-Leuchtstoffröhren Nachtfalter anlocken. Beiden Arbeiten liegt die Frage zugrunde, wie Lichtfang für ökologische Bewertungen von Nachtfaltergemeinschaften herangezogen werden kann.

Im Folgenden möchte ich meine Erfahrungen mit unterschiedlicher Lichttechnik und ihre Spektren wiedergeben. Dabei will ich auf die folgenden Punkte eingehen:

- Welches sind die optimalen Witterungsbedingungen?
- Wie wähle ich den richtigen Standort?
- Vergleich verschiedener Lichtfanganlagen
- Die Anlockwirkung einer Lichtquelle
- Zur Physik des Lichtes
- Die ultraviolette Strahlung
- Leuchtmittel und ihre Verwendung bei Lichtfängen
- Das Lichtspektrum untersuchter Leuchtmittel
- Das UV-Spektrum untersuchter Leuchtmittel
- Vergleich verschiedener Leuchtmittel
- Lichtquellen und Naturschutz

1. Welches sind die optimalen Witterungsbedingungen?

Der Erfolg eines Lichtfanges hängt von verschiedenen Bedingungen und Faktoren ab. So sind nicht nur die Konstruktion der Anlage, deren Lichtquelle und Standort, sondern auch die Witterungsbedingungen gemessen an der Jahreszeit von entscheidender Bedeutung. Vorausschauend ist zu fragen, wie hoch die Außentemperatur gerade ist und welche Tiefstwerte zu erwarten sind, ob der Himmel bedeckt oder klar ist und wie sich die Bewölkung entwickeln wird, wie hoch der Mond am Himmel steht und in welcher Phase er sich befindet, wie stark der Wind weht und wie hoch die Luftfeuchte ist.

Nach meiner Erfahrung würde ich die optimalen Witterungsbedingungen wie folgt definieren:

- Warme bzw. schwüle Nächte mit wenig abfallenden Temperaturen,
- einem bedeckten Himmel,
- windstill bis leichter Wind,
- kein Mond und
- wenig Hintergrundhelligkeit.

Trotzdem gibt es Abende, an denen alle Witterungsbedingungen optimal zu sein scheinen, aber wenige Falter zum Licht kommen. Eine Erklärung wird sich dafür meist nicht finden und man kann sich fragen, ob phänologisch vielleicht gerade die einen Falter nicht mehr und die anderen noch nicht fliegen oder aufgrund vorangegangener Trockenheit keine Falter geschlüpft sind. Andererseits gibt es auch Abende, wo wir überrascht werden von vielen anfliegenden Faltern und Arten, obwohl wir aufgrund der vorherrschenden Bedingungen nicht mit einem starken Anflug gerechnet hätten.

2. Wie wähle ich den richtigen Standort?

Für einen optimalen Anflug ist die Wahl des Standortes von entscheidender Bedeutung. Ein späterer Wechsel in der Nacht ist wenig sinnvoll, da mit der Zeit gewöhnlich immer mehr Falter anfliegen und ein Umzug im Dunkeln in der Regel etwas umständlich ist. Ich konnte

immer wieder beobachten, dass fast alle Falter das Kunstlicht gegen den Wind anfliegen. Also prüfe ich vor dem Aufbau der Anlage die Windrichtung. Dementsprechend positioniere ich mich dann im Biotop so, dass ich Rückenwind habe und der Wind von meiner Position aus in das zu erfassende Gebiet weht. Dabei spielen auch kleinste Luftbewegungen eine wichtige Rolle. Habe ich ständig wechselnde Winde, versuche ich meine Lichtfanganlage, wenn die Möglichkeit besteht, in die Mitte des zu erfassenden Gebietes aufzubauen.

Am Leuchttuch setzt sich die Mehrzahl der Falter an die vom Wind abgewandte Seite. Sehr schön ist immer wieder zu beobachten, dass die Nachtfalter, welche von vorn kommen, direkt zum Licht fliegen. Manche Nachtfalter, welche das Licht von der Seite anfliegen, verfallen in einen sogenannten Spiralflug in Richtung Lichtquelle. Sehr gut ist das bei den langsam fliegenden Arten wie den Geometriden zu beobachten.

Auch wenn der Biotop an einem Hang liegt ist die Windrichtung entscheidend. Zieht der Wind den Hang hinunter, positioniere ich mich oben, weht er den Hang hinauf, stelle ich meine Lichtfanganlage unterhalb des Hanges auf. Aus eigener Erfahrung musste ich feststellen, wie wichtig die Standortwahl und das Beachten der Windrichtung sind. So musste auch ich schon auf Grund der falsch eingeschätzten Windrichtung meinen Standort mitten in der Nacht wechseln, um den Lichtfang erfolgreich zu beenden.

3. Vergleich verschiedener Lichtfanganlagen



Abb. 1: (links): Anlage mit Leuchttuch. **Abb. 2:** (rechts): Leuchtturm.

Fotos: R. Einspender

Ein wichtiger Punkt ist die Konstruktion der Anlage. Die gängigen Anlagen für den manuellen Lichtfang sind die Anlage mit Leuchttuch und einer sehr hellen Lichtquelle, die in der Regel mit 220 V, also über Strom aus dem Netz oder einem Generator betrieben wird (Abb. 1) (Koch 1988) sowie der Leuchtturm mit superaktinischen und/oder Schwarzlicht-Leuchtstoffröhren, die mit einem wieder aufladbaren Akku betrieben werden (Abb. 2) (Truxa & Fiedler 2012). Welche Anlage nun die bessere ist, hängt von den Einsatzanforderungen und den zu erreichenden Ergebnissen ab.

Lichtfanganlage mit Leuchtturm, Leuchtstoffröhre und Akkubetrieb: Beim Leuchtturm habe ich den Vorteil, dass ich durch die geringere Reichweite der Leuchtstoffröhren eine Erfassung von überwiegend biotopeigenen Arten erreichen kann, wofür die Standortwahl entsprechend zu treffen ist. Des Weiteren haben superaktinische und Schwarzlicht-Leuchtstoffröhren einen sehr hohen UV-Anteil, auf den die Nachtfalter besonders reagieren. Die Anlage ist leicht und deshalb einfach zu transportieren, und sie lässt sich mit dem Stativ fast überall aufstellen.

Nachteilig ist die Verwendung von stärkeren Lichtquellen im Leuchtturm, da ich zum Erfassen der anfliegenden Nachtfalter immer meine Blickrichtung zum Turm habe und somit eine Blendwirkung entsteht (Abb. 2). Zusätzlich benötige ich zum Bestimmen der Falter eine Zusatzbeleuchtung, wie Kopflampe oder Taschenlampe, da die Falter am Leuchtturm im Lichtschatten sitzen. Werden Leuchtstoffröhren oder Energiesparlampen mit einem Akku betrieben, ist die Energieversorgung begrenzt und mit sinkenden Temperaturen nehmen die Licht- und Strahlungsintensität der Lampen ab und damit der Anflug der Falter. Zudem sind Leuchtstoffröhren bzw. Energiesparlampen vom Hersteller so konstruiert, dass sie bei einer Außentemperatur von ca. 25°C ihre optimale Leuchtkraft erreichen – eine Temperatur, die im Jahresverlauf nur in wenigen Nächten erreicht wird. Diese Anlage wird weltweit als Standard in der Biodiversitätsforschung eingesetzt, wenn Nachtfaltergemeinschaften in Abhängigkeit von bestimmten Lebensräumen quantitativ erfasst werden sollen. Gegenwärtig kommen dafür Anlagen mit LED-Lampen und Powerbanks in Gebrauch (Brehm 2017; Schmidl 2017), die noch leichter und energieeffizienter sind und deshalb in Zukunft die Leuchtstoffröhren sehr wahrscheinlich im Leuchtturm ablösen werden.

Lichtfanganlage mit Leuchttuch und Quecksilberdampfampe

Ich selber verwende zum Lichtfang die Variante mit dem Leuchttuch (Abb. 1). Zum Einsatz kommt eine 250 Watt Halogen-Metaldampfampe mit weißem Glaskolben. Im Leuchttuch selbst ist in Lampenhöhe ein Gazefenster eingenäht. Das hat den Vorteil, dass ich für den hinteren Teil keine zweite Lampe aufstellen muss, da die verwendete Lampe das Gebiet nach beiden Seiten sehr gut ausleuchtet.

Betrieibt man eine Lichtfanganlage mit einer stärkeren Lichtquelle, wie z. B. einer Quecksilberdampfampe (HQL), vergrößert sich die Reichweite des Anlockeffektes und damit die absolute Anzahl der angelockten Nachtfalter, während die Artenzahl nur leicht zunimmt. Insgesamt wird es am Leuchttuch mit zunehmender Falterzahl unruhiger. Bei der Verwendung hellerer Lichtquellen fliegen viele Falter nicht bis zum Leuchttuch und landen schon vorher im Gras, so dass man die Umgebung auf Nachtfalter absuchen muss. Eine Zusatzbeleuchtung benötige ich nur zum Absuchen der Umgebung, da durch die Konstruktion der Lichtfanganlage der Arbeitsplatz sehr gut ausgeleuchtet ist. Mit dem Einsatz eines mit Benzin betriebenen Stromaggregates steht mir eine ausreichende Energieversorgung zur Verfügung. Die Quecksilberdampfampe ist im Gegensatz zur Energiesparlampe nicht abhängig von der Außentemperatur. Nachteilig ist insbesondere der Transport der

schwereren Anlage, inklusive Stromaggregat und Benzin und damit eine eingeschränkte Beweglichkeit in der Natur. Hinzu kommen Geräuschpegel und Abgase des Stromerzeugers sowie die Nicht-Nutzbarkeit im Hochsommer bei Waldbrandgefahr. Nachteilig ist ferner, dass mit dieser Anlage nicht nur biotopeigene, sondern auch biotopfremde Arten erfasst werden, womit sie ausscheidet, wenn das Artenspektrum von Nachtfaltern kleinerer Biotope zu erfassen ist.

4. Die Anlockwirkung einer Lichtquelle

Nachtfalter beginnen zu fliegen, wenn die Intensität des Tageslichtes unter einen bestimmten Wert sinkt. Ihre Augen sind darauf angepasst, das in der Nacht vorhandene Hintergrundlicht zu verstärken. Warum sie aber nachts künstliche Lichtquellen anfliegen, ist wissenschaftlich nicht geklärt. Spekulationen dazu umfassen eine mögliche Blendwirkung oder Fehlorientierung. Entscheidend ist, dass Nachtfalteraugen UV-Rezeptoren besitzen und dies erklärt zumindest, warum sie insbesondere Kunstlicht mit einem entsprechenden UV-Spektrum anfliegen.

Bei Abwesenheit von Kunstlicht fliegen Nachtfalter aber auch Feuer an. So geht der wissenschaftliche Name *Pyraloidea* auf *Pyralis* Linnaeus, 1758 zurück und leitet sich vom altgriechischen *πυράλις* (*pyralis*) ab, einer unbekannten Art eines Vogels oder geflügelten Insekts, welches nach Plinius im Feuer (*πυρ* – *pyr*) leben solle (Emmet 1991). Linnaeus (1758) dürfte damit auf die Tatsache angespielt haben, dass Nachtfalter vom Licht des Feuers angelockt werden und schließlich darin verbrennen. Der deutsche Name „Zünsler“ dürfte sich direkt vom wissenschaftlichen Namen ableiten. Jacob Hübner (1796) nennt die „*Pyralides* Linnei“ wohl als Erster „Zünsler“ und verweist auf den seinerzeit wohl auch in Gebrauch befindlichen, „zweideutigen Namen Lichtmücken“. Bei Schmeller (1837: 276) heißt es zu „zünseln“, „zünßeln“ „mit dem Licht spielen; flimmern, flackern“, sowie „der Zünsler, Zünßler, die Lichtmotte, das Feuervögelchen, *Phalaena Pyralis*“ (Nuss 2018).

Für eine Lichtquelle gibt es unterschiedliche Leuchtmittel, welche neben dem für uns sichtbaren Licht auch ein elektromagnetisches Spektrum im UV-Bereich haben, also ultraviolette Strahlen emittieren. Neben dem blauen Bereich des Lichtspektrums üben die ultravioletten Strahlen im UV-A-Bereich auf Nachtfalter eine sehr hohe Anlockwirkung aus. Die Wellenlängen im blauen Bereich des Lichtspektrums gehen von 380 bis 500 nm und im UV-A-Bereich von 315 bis 380 nm. Die höchste Anlockwirkung auf Nachtfalter liegt im UV-A-Bereich bei Wellenlängen um die 368 nm, gefolgt von 450 nm und 530 nm (vgl. Brehm 2017).

5. Die Physik des Lichtes

Was ist Licht?

Licht ist ein Teilspektrum der elektromagnetischen Strahlung. Diese bestehen bei zunehmender Wellenlänge aus Gammastrahlen, Röntgenstrahlen, UV-Strahlen, Licht, Infrarotstrahlen, Mikrowellen und Radiowellen. Die Strahlen selber sind rhythmische Wellen. Sie werden in Nanometer gemessen. Ein Nanometer ist der Milliardste Teil eines Meters (1 nm = 0,000.000.001 m). Die Wellenlängen stehen im umgekehrten Verhältnis zu ihren Energien.

Wird also die Wellenlänge kleiner, erhöht sich die Strahlungsenergie und umgekehrt. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt 299.792,458 km/s.

In Abb. 3 ist das Lichtspektrum dargestellt. Es ist der für das menschliche Auge sichtbare Teil der elektromagnetischen Strahlung. Die Wellenlängen betragen ca. 380 bis 780 nm. Die angrenzenden und nicht mehr für den Menschen sichtbaren Bereiche sind links mit abnehmenden Wellenlängen die ultravioletten Strahlen und rechts mit zunehmenden Wellenlängen die Infrarotstrahlung.

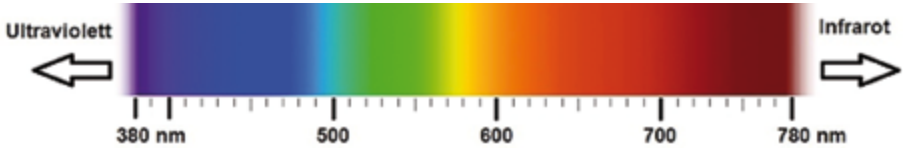


Abb. 3: Das für das menschliche Auge sichtbare Lichtspektrum.

Foto: Dieter Schottstädt

Das menschliche Auge nimmt die spektrale Zusammensetzung des Lichtes als Farbe wahr. Die drei Grundfarben des Lichtes sind rot, grün und blau (RGB). Durch das Vermischen verschiedener Lichtspektren entsteht der Farbeindruck einer Lichtquelle. Der Farbeindruck wird als Farbtemperatur bezeichnet und hat die Maßeinheit Kelvin (K). Bei den Leuchtmitteln kennt man die handelsüblichen Farbtemperaturen kaltweiß (daylight), neutralweiß (cool white) und warmweiß (warm white) (Abb. 4).

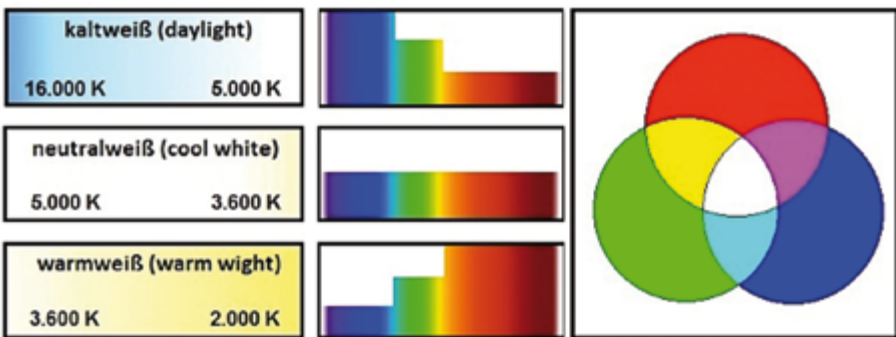


Abb. 4: Handelsübliche Angaben der Farbtemperaturen (links) mit dazugehörigen Lichtspektren (Mitte) und unterschiedliches Vermischen der Grundfarben (rechts). (Illustration: Dieter Schottstädt)

Farbtemperaturen entstehen durch unterschiedliche spektrale Zusammensetzungen (Abb. 4 Mitte). Überwiegt der blaue Spektralbereich des Lichtes, entsteht das sogenannte kaltweiße Licht. Dieses Licht hat eine Farbtemperatur ab ca. 5.000 K und reicht bis 16.000 K. Mit der Zunahme des roten Bereiches und der Abnahme des blauen Bereiches sinkt die Farbtemperatur und geht vom neutralen Licht (5.000–3.600 K) in warmweißes Licht (3.600–2.000 K) über.

Elektrisches Licht: Lichtstrom, Lichtstärke und Beleuchtungsstärke

Derzeit sind auf dem Markt die unterschiedlichsten Leuchtmittel erhältlich. Auf den Verpackungen finden sich neben der Farbtemperatur auch Angaben über Watt und Lumen. Die Wattangabe (W) eines Leuchtmittels bezieht sich auf deren Leistung und gibt an, wieviel Strom verbraucht wird. Die Lumenangabe (lm) bezieht sich auf den Lichtstrom und daraus ergibt sich die Lichtstärke.

Ausgehend davon, dass die Reichweite künstlicher Lichtquellen beschränkt ist, kann über das umgekehrte Quadratgesetz die Beleuchtungsstärke in einer bestimmten Entfernung berechnet werden. Wird z. B. ein Gegenstand in einer Entfernung von 5 m zur Lampe mit einem Lichtstrom von 10.000 lm angestrahlt, so beträgt die Beleuchtungsstärke in 5 m nur noch 400 lm. Berechnet wird die Beleuchtungsstärke indem der Lichtstrom von 10.000 lm durch die 5 m zum Quadrat geteilt wird: $10.000 \text{ lm}/5^2 = 400 \text{ lm}$. Für die Verdopplung der Beleuchtungsstärke muss der Lichtstrom bzw. die Lichtstärke verdoppelt werden. Hierbei ist die Verdoppelung der Leistung nicht entscheidend.

6. Die ultraviolette Strahlung

Das Spektrum der ultravioletten Strahlen grenzt an den blauen Bereich des Lichtes an (vgl. Abb. 3). Es werden drei Wellenlängenbereiche unterteilt:

- die UV-A Strahlung im langwelligen Bereich von 315–380 nm
- die UV-B Strahlung im Bereich von 280–315 nm
- die UV-C Strahlung im kurzwelligen Bereich von 100–280 nm.

Mit abnehmender Wellenlänge nimmt wie beim Licht die Strahlungsenergie zu. Eine natürliche Quelle für die UV-Strahlung ist die Sonne. Hier erreichen nur die langwelligen UV-A Strahlen bis zu 100% und die mittelwelligen UV-B Strahlen bis zu 10% die Erdoberfläche. Künstliche Lichtquellen, welche UV-Strahlen erzeugen, sind z. B. Entladungslampen, UV-Leuchtdioden und Entkeimungslampen (UV-C). Ein bestimmter Bereich der UV-Strahlung wird auch von Insekten wahrgenommen (Wirrooks 2004; Truxa & Fiedler 2012; Brehm 2017).

7. Leuchtmittel und ihre Verwendung bei Lichtfängen

Das Herzstück einer Lichtfanganlage ist die Lichtquelle. Sie wird von vielen Insekten angefliegen. Um dies zu erreichen, muss eine Lichtquelle ein entsprechendes Spektrum im blauen und im UV-Bereich besitzen.

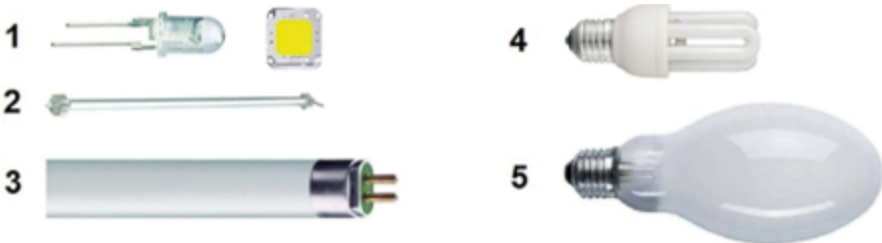


Abb. 5: Leuchtmittel. 1 - LED, 2 - Kaltkatode, 3 - Leuchtstoffröhre, 4 - Energiesparlampe, 5 - Hochdruckquecksilberdampfampe.
Illustration: Dieter Schottstädt

Verschiedene auf dem Markt erhältliche Leuchtmittel (Abb. 5) üben durch ihr spezielles Spektrum auf Insekten eine Anlockwirkung aus. Zudem unterscheiden sich diese hinsichtlich ihrer Ausführung (Abb. 6). Neben den weißen Leuchtmitteln gibt es Lampen ohne Beschichtung, solche mit einer speziellen, superaktinischen Beschichtung und Schwarzlichtlampen. Alle drei Ausführungen besitzen eine Ultraviolettstrahlung im UV-A-Bereich, welche weitestgehend ungehindert oder zumindest ausreichend nach außen dringt. Die intensivste Ultraviolettstrahlung mit einer sehr hohen Strahlungsenergie wird bei einer Wellenlänge um 365 nm erreicht.

Die Auswahl an Leuchtmitteln ist groß. Nachfolgend wird nur auf die Entladungslampen wie Leuchtstoffröhren, Energiespar- und Hochdrucklampen detaillierter eingegangen.

Die LEDs und Kaltkatoden werden in dieser Veröffentlichung nicht berücksichtigt, weil ich selbst damit noch keine eigenen Erfahrungen machen konnte. Sie haben allerdings gegenüber den Entladungslampen den Vorteil, dass sie einen sehr geringen Energiebedarf haben und damit die benötigte Energiequelle, wie z. B. ein Akku, vom Gewicht her sehr gering ist. Es gibt LEDs und Kaltkatoden, welche, wie die Entladungslampen, den UV-A- und blauen Bereich abdecken.

Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen

Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen sind Niederdruck-Gasentladungslampen, welche mit Quecksilbergas und meist auch Argon befüllt sind. Sie besitzen zwei Elektroden, so dass beim Anlegen einer Spannung ein Stromfluss erfolgt. Das Quecksilbergas emittiert überwiegend Ultraviolettstrahlung mit nur einem geringen Anteil an sichtbarem Licht. Die Innenseite der Glasröhre ist mit einem Leuchtstoff beschichtet, welcher den größten Teil der Ultraviolettstrahlung in sichtbares Licht umwandelt. Der Überdruck, welcher in den Glasröhren entsteht, beträgt zwischen 0,5 und 2 bar, abhängig von Leistung und Bauart.

Für den Lichtfang werden üblicherweise superaktinische bzw. Schwarzlichtlampen verwendet. Abb. 6 zeigt die je zwei zur Verfügung stehenden Varianten beider Bauarten für Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen. Beim manuellen Lichtfang mit Niederdrucklampen haben Energiesparlampen den Vorteil, dass sie eine kompakte Bauart aufweisen, wodurch sie weniger zerbrechlich und besser transportabel sind, sowie bei gleichem Lichtstrom eine viel höhere Leuchtdichte erzeugen als Leuchtstoffröhren. Dies wirkt sich positiv auf den Anflug aus.

Für den Einsatz beider Bauarten ist, wie schon beschrieben, zu beachten, dass Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen ihre optimale Leistung bei einer Umgebungstemperatur von ca. 25°C erreichen. Fällt die Außentemperatur, sinkt auch die Leistung der Lampe. Ein Abfall der Leuchtstärke wird optisch vom Menschen kaum wahrgenommen, von den Nachtfaltern jedoch schon und der Anflug lässt mit sinkenden Temperaturen erheblich nach. Das ist besonders im Frühjahr und im Herbst zu beachten.

Quecksilberdampflampen (HQL) und Halogen-Metalldampflampen

Ähnlich wie die vorher beschriebenen Leuchtmittel funktionieren auch die Quecksilberdampflampen (HQL), gehören aber zu den Hochdruck-Gasentladungslampen. Im Inneren der Lampe befindet sich das Entladungsrohr aus Quarzglas, der sogenannte Brenner. Das Entladungsrohr ist mit Quecksilber und Argon befüllt und an den Enden befinden sich die Elektroden. Der Glaskolben dient als Außenhülle und auf seiner Innenseite ist der Leuchtstoff aufgebracht. Der Leuchtstoff dient auch hier zur Umwandlung der UV-Strahlen in sichtbares Licht. Um eine bessere Lichtausbeute zu erreichen, wurden später die Halogen-Metalldampflampen entwickelt. Sie sind eine Weiterentwicklung der Quecksilberdampflampen mit verbesserten Eigenschaften, haben bei gleicher Leistung einen viel höheren Lichtstrom und eine verbesserte Farbwiedergabe. Erreicht wird das durch Zugabe von verschiedenen Edelgasen und einem viel höheren Betriebsdruck im Entladungsrohr. Hier wird ein Druck von fast 100 bar erreicht, also das 10fache gegenüber einer Quecksilberdampflampe. Im Vergleich dazu beträgt der Druck eines Autoreifens nur ca. 2,5 bar. Auch der Einsatz von Quecksilber wurde minimiert. Werden bei der HQL je nach Leistung 20 bis 50 mg Quecksilber benötigt, sind es bei der Halogen-Metalldampflampe nur noch 10 bis 20 mg. Beide Hochdrucklampen gibt es mit einer Leistung von 80 bis 1.000 W. Bei den Halogen-Metalldampflampen dürfen für den Außenbereich nur Lampen mit einem Splitterschutz oder ohne Splitterschutz in einem geschlossenen Gehäuse verwendet werden. Beide Hochdrucklampen können nur mit einem Vorschaltgerät betrieben werden. Für die Halogen-Metalldampflampe ist zusätzlich ein Zündgerät erforderlich. Die Zündspannung beträgt 3,5 bis 5 KV.

Hochdruck-Gasentladungslampen sind nach eigenen Erfahrungen die für den Lichtfang am besten geeigneten Leuchtmittel, welche über ein Aggregat oder Netzanschluss betrieben werden können. Die Hochdrucklampe bietet sich vorwiegend für Lichtfanganlagen mit Leuchttuch an. Die Lampen sollten eine Leistung von 125 bis 250 W haben.

Quecksilberdampflampen und Halogen-Metalldampflampen gibt es in unterschiedlichen Ausführungen (Abb. 6). Sie haben aufgrund ihres hohen UV-Anteils eine sehr gute Anlockwirkung auf Nachtfalter. Die Quecksilberdampflampe gibt es als klare, weiße und Schwarzlichtausführung. Für Menschen wenig sichtbar ist die Schwarzlichtlampe. In Kombination mit einer weißen Energiesparlampe erreicht man mit der Schwarzlichtlampe eine hohe Anlockwirkung auf Nachtfalter und hat gleichzeitig ausreichend Licht zum Bestimmen der Falter. Die geringe Blendwirkung verleitet dazu, zu dicht an die Lichtquelle heranzutreten, doch ist unbedingt darauf zu achten, dass auf Grund der sehr hohen UV-Strahlung genügend Abstand zur Lampe gehalten werden muss. Es empfiehlt sich, eine Brille mit UV-Filter zu tragen.

Die HQL mit der Leuchtstoffbeschichtung (weiß) hat trotz der Umwandlung des überwiegenden Teils der UV-Strahlung in sichtbares Licht eine sehr gute Anlockwirkung auf Nachtfalter. Anfliegende Falter kann man schon aus einiger Entfernung wahrnehmen. Die weißen Quecksilberdampflampen gibt es mit einer Farbtemperatur von ungefähr 3.600 bis 4.200 K.

Die Quecksilberdampf Lampe ohne Beschichtung als klare Ausführung hat von allen untersuchten Hochdrucklampen den höchsten UV-Anteil, aber leider auch eine sehr hohe Blendwirkung.

Es ist unbedingt davon abzuraten, Quecksilberdampflampen ohne Glaskolben zu betreiben. Das vom Glaskolben eingeschlossene Entladungsrohr besteht aus Quarzglas und lässt die UV-Strahlen ungehindert durch. Ohne Glaskolben verursacht die Lampe sehr schnell einen starken Sonnenbrand und in den Augen eine Bindehautentzündung.

Um die Lockwirkung „vielleicht“ noch zu steigern, können auch Halogen-Metaldampflampen verwendet werden. Hier ist nach eigenen Erfahrungen nur die weiße Ausführung empfehlenswert. Die klare Ausführung ist auf Grund ihrer sehr hohen Blendwirkung völlig ungeeignet, zumindest wenn man in unmittelbarer Nähe arbeiten will. Eine Schwarzlichtausführung gibt es leider nicht. Ich verwende die weiße Ausführung mit einer Leistung von 250 W und einer Farbtemperatur von 5.600 K. Wegen der hohen UV-Strahlung besitzen alle handelsüblichen Halogen-Metaldampflampen in Deutschland einen UV-Filter. Es gibt sie auch ohne UV-Filter, dann liegt der UV-Anteil wesentlich höher. Metaldampflampen mit Leuchtstoff erreichen Farbtemperaturen bis zu 6.000 K, klare Ausführungen bis zu 20.000 K. Quecksilberdampflampen und Halogen-Metaldampflampen erreichen ihre volle Leistung bei Außentemperaturen unter dem Gefrierpunkt und sind deshalb auch für den Lichtfang bei niedrigeren Temperaturen geeignet.

Mischlichtlampen

Alternativ zu den beiden beschriebenen Bauarten gibt es Mischlichtlampen als Hochdruck-Entladungslampen. Hier wird auf das Vorschaltgerät verzichtet und durch einen in der Lampe eingebauten „Glühfaden“ ersetzt. Der Glühfaden dient wie auch das Vorschaltgerät zur Strombegrenzung. Zu beachten ist, dass diese Bauart einen geschlossenen Glaskolben besitzt und durch die Wärmeentwicklung des Brenners ein sehr hoher Druck im Glaskolben entsteht. Dadurch kommt es bei der Berührung mit Wasser, z. B. Regentropfen, zur Explosion der Lampe. Neben entstehenden Glassplittern wird auch eine Quecksilberdampf Wolke freigesetzt. Wer öffentlichen Lichtfang mit Publikum durchführt, sollte deshalb auf eine Mischlichtlampe wegen der möglichen Verletzungsgefahr verzichten.



Abb. 6: Entladungslampen für den Lichtfang. Illustration: Dieter Schottstädt

8. Das Lichtspektrum untersuchter Leuchtmittel

Wie schon oben erwähnt, ist das Lichtspektrum der für das menschliche Auge sichtbare Teil der elektromagnetischen Strahlung. Bestehend aus den Grundfarben rot, grün und blau kann man diese mittels Spektrometer sichtbar machen. Hierfür gibt es professionelle Geräte an Universitäten, mit denen die Wellenlängen und deren Strahlungsenergien erfasst werden. Es besteht auch die Möglichkeit, sich ein Spektrometer (Spektroskop) selber zu bauen. Dazu werden folgende Materialien benötigt: Fotokarton schwarz, Diarahmen, 2 Rasierklingen, Beugungsgitter und eine Kamera mit Aufsatzring. Zuerst wird eine schwarze Box mit den Maßen 12 x 12 x 30 bzw. 23 cm gefertigt (Abb. 7). In die Box wird auf der schrägen Seite ein Loch mit dem Durchmesser passend zum Aufsatzring geschnitten. Im Diarahmen werden die zwei Rasierklingen eingelegt und durch den entstehenden Spalt die Blendwirkung zur Kamera geregelt (Spaltbreite ca. 0,1 mm: ausprobieren). Die Blende in der Box verhindert eine unnötige Lichtstreuung. Vorn am Aufsatzring wird das optische Beugungsgitter befestigt, welches aus 1.000 Linien pro Millimeter besteht und über das Internet erhältlich ist. Bei der Befestigung des Beugungsgitters ist eine Berührung des Gitters mit den Fingern unbedingt zu vermeiden. Wenn das Spektrometer fertig ist, wird die Lichtquelle im eingeschalteten Zustand vor der Box positioniert. Somit dringt ein ganz geringer Lichtstrahl zwischen den Spalt der Rasierklingen in Richtung Beugungsgitter zur Kamera und das Lichtspektrum wird auf dem Display sichtbar.

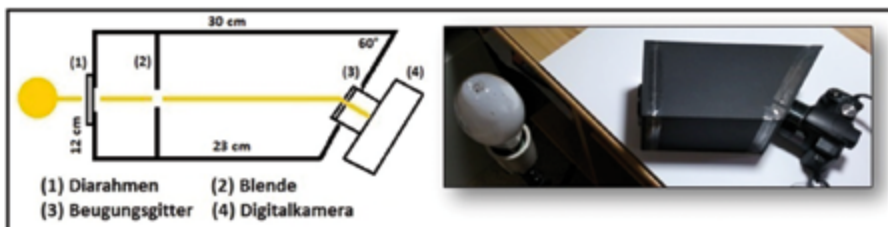
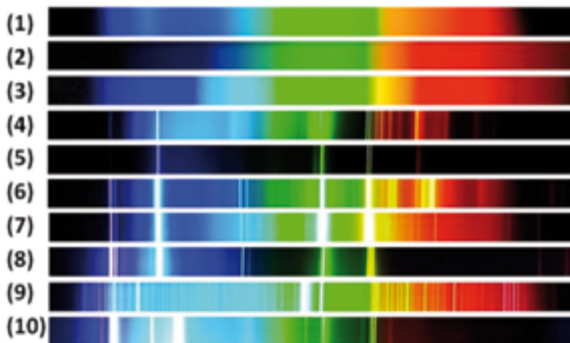


Abb. 7: Aufbau eines selbst hergestellten Spektrometers (Spektroskop). Illustration: Dieter Schottstädt

Mit diesem selbstgebasteten Spektrometer habe ich von verschiedenen Lichtquellen die Lichtspektren sichtbar gemacht.

Abb. 8: Mit Spektrometer aufgenommene Lichtspektren. Sonne (1), Glühbirne (2), LED (3), Energiesparlampen weiß (4) und superaktivisch (5), Quecksilberdampf lampen weiß (6), klar (7) und Schwarzlicht (8), Halogen-Metaldampf lampen weiß (9) und klar (10). Vergleiche auch Tab. 1. Foto: Dieter Schottstädt



Strahlungsquelle		Leistung	Farbtemperatur
(1) Sonne			5.800 K
(2) Glühbirne	Klar	100 W	2.600 K
(3) LED	Weiß	5 W	3.600 K
(4) Energiesparlampe	Weiß	18 W	5.600 K
(5) Energiesparlampe	superaktinisch	20 W	k. A.
(6) Quecksilberdampf Lampe	Weiß	250 W	4.100 K
(7) Quecksilberdampf Lampe	Klar	250 W	3.900 K
(8) Quecksilberdampf Lampe	Schwarz	250 W	k. A.
(9) Halogenmetall dampf Lampe	Weiß	250 W	5.200 K
(10) Halogenmetall dampf Lampe	Klar	250 W	20.000 K

Tab. 1: Mit Spektrometer untersuchte Lichtquellen und deren Leistung und Farbtemperatur entsprechend Herstellerangaben. Die Lichtspektren sind in Abb. 8 abgebildet.

Die Sonne. In Abb. 8 ist die Verteilung des Lichtspektrums der Sonne zu sehen, welches die Erdoberfläche erreicht. Das Sonnenlicht besitzt die größte Intensität im Bereich des sichtbaren Lichtes. Steht sie senkrecht, erreicht ihr Licht auf der Erde das Maximum der Strahlungsenergie in den Wellenlängen um 500 nm. Es entsteht überwiegend kaltweißes Licht mit einer Farbtemperatur von 5.800 K. Die gesamte Sonnenstrahlung setzt sich aus den Spektralbereichen der Röntgen-, Gamma- und UV-Strahlung, dem sichtbaren Licht, der Infrarotstrahlung und den Radiowellen zusammen.

Glühbirne und LED. Abb. 8 zeigt die spektrale Verteilung des Lichts einer Glühbirne und einer LED mit einer Farbtemperatur von 2.600 K bzw. 3.600 K. Sie erzeugen ein sehr angenehmes Licht und kommen dem Lichtspektrum der Sonne ziemlich nahe. Die Glühbirne erreicht aber auf Grund des schmalen Farbspektrums im blauen Bereich und deutlich breiteren im roten Bereich nur eine Farbtemperatur von ungefähr 2.300 bis 2.800 K. Es entsteht ein gelbliches Licht. Demgegenüber können LEDs, je nach verwendetem Halbleiterkristall, nur ganz bestimmte Wellenlängen erzeugen. Dadurch entstehen unterschiedliche Farbtemperaturen. Für den Heimbereich gibt es LED-Licht mit Farbtemperaturen von

2.700 bis 5.600 K, wobei die Farbtemperatur um 5.600 K dem Tageslicht der Mittagssonne am nächsten kommt. Neben dem Lichtspektrum lassen sich auch Spektren im ultravioletten Bereich erzeugen, was neue Optionen für das Anlocken von Nachtfaltern eröffnet.

Energiesparlampen. Gegenüber den vorher beschriebenen Lichtquellen haben Energiesparlampen kein kontinuierliches Lichtspektrum. Das Spektrum setzt sich aus einzelnen Linien zusammen. Durch den Einsatz eines entsprechenden Leuchtstoffes kann das Lichtspektrum zwar verbessert werden, es bleibt aber ein sogenanntes Linienspektrum. Bei der superaktinischen Lampe wird bewusst das Linienspektrum beibehalten. Hier liegen die sichtbaren Strahlungsenergien im blauen Bereich bei Wellenlängen von 436 nm bis 438 nm und im grünen Bereich bei Wellenlängen von 547 nm bis 549 nm. Sie wird für Insektenfallen angeboten und hat die größte Strahlungsenergie im ultravioletten Bereich bei einer Wellenlänge von 365 nm (Abb. 8 und 9).

Die Energiesparlampe als Schwarzlichtausführung konnte mithilfe des Spektrometers aufgrund der geringen Leuchtkraft nicht dargestellt werden.

Leuchtstoffröhren verfügen über das gleiche Linienspektrum wie Energiesparlampen.

Quecksilberdampflampen (HQL). Wie auch bei den Energiesparlampen besitzen die Quecksilberdampflampen ein Linienspektrum. Legt man die Linienspektren von Energiespar- und Quecksilberdampflampen übereinander, wird sofort sichtbar, dass die spektrale Verteilung fast gleich ist und sie sich nur durch ihre Strahlungsenergien aufgrund der unterschiedlichen Leistungen unterscheiden.

Um die Linienspektren miteinander vergleichen zu können, haben alle untersuchten Quecksilberdampflampen in Abb. 8 die gleiche Leistung von 250 W und den gleichen Aufbau. Sie unterscheiden sich nur durch ihre unterschiedlichen Glaskolben. Die Lampe (6) wurde früher, heute nur noch teilweise (Altbestand), für die Straßenbeleuchtung verwendet. Hier wird wie oben schon beschrieben, ein Großteil der Ultraviolettstrahlung durch den Leuchtstoff im Glaskolben in sichtbares Licht umgewandelt. Die klare Ausführung der Lampe (7) hat die gleiche spektrale Verteilung wie die anderen Lampen, aber durch den klaren Glaskolben eine sehr hohe Blendwirkung und ist deshalb für den Lichtfang nur bedingt geeignet. Bei der Lampe als Schwarzlichtausführung (8) ist sehr gut zu sehen, dass durch die Spezialbeschichtung im Glaskolben die Strahlungsenergien des Lichtspektrums auf ein Minimum reduziert wurden und somit nur sehr wenig sichtbares Licht entsteht. Für den Lichtfang ist diese Ausführung hervorragend geeignet, wenn man nachts wenig Aufmerksamkeit bzw. eine Ausleuchtung mit für uns Menschen nicht sichtbarem Licht erreichen will.

Halogen-Metaldampflampen. Die Spektren der Halogen-Metaldampflampen gehen, wie in Abb. 8 zu sehen ist, fast in ein Breitbandspektrum über. Erreicht wird dies durch den sehr hohen Druck im Entladungsrohr und durch die Zugabe von verschiedenen Edelgasen. Untersucht wurden hier eine weiße Ausführung mit einer Farbtemperatur von 5.200 K und eine klare Ausführung mit 20.000 K. Die beschichtete Lampe (9) wandelt, wie die anderen Lampen mit einer Leuchtstoffbeschichtung, den größten Teil der UV-Strahlen in sichtbares Licht um und erzeugt ein fast kontinuierliches Spektrum. Die hier untersuchte klare Aus-

führung (10) erreicht die höchst mögliche Farbtemperatur von 20.000 K. Der Farbeindruck ist ein leicht lilafarbenes Licht. Hier zeigt das Lichtspektrum ganz deutlich, dass die größten Strahlungsenergien im blauen Bereich liegen, während die anderen beiden Bereiche nur noch gering bzw. fast gar nicht vorhanden sind. Speziell werden diese Lampenausführungen mit Farbtemperaturen von 10.000 bis 20.000 K in der Meerwasseraquaristik eingesetzt. Für den manuellen Lichtfang wäre diese Lampe durch ihre sehr hohe Blendwirkung nur bedingt geeignet.

9. Das UV-Spektrum untersuchter Leuchtmittel

Viele Nachtfalter werden von der für uns nicht sichtbaren UV-Strahlung angezogen. Das betrifft hauptsächlich die UV-Strahlung im UV-A-Bereich. Hier wird die größte Strahlungsenergie bei einer Wellenlänge von 365 nm erreicht. Zur Ermittlung von Anteil und Intensität der ultravioletten Strahlung wurden einige Leuchtmittel an der Technischen Universität Dresden mit Hilfe eines Spektrometers untersucht. Die daraus entstandenen Diagramme sind im Anschluss zu sehen. Um eine bessere Aussagekraft zu erhalten, erfolgte nicht die Darstellung des UV-Spektrums jeder einzelnen Lampe, sondern eine Gegenüberstellung von sechs Hochdrucklampen mit gleichen Leistungen 250W und von zwei Energiesparlampen mit annähernd gleichen Leistungen 20 bzw. 25W.

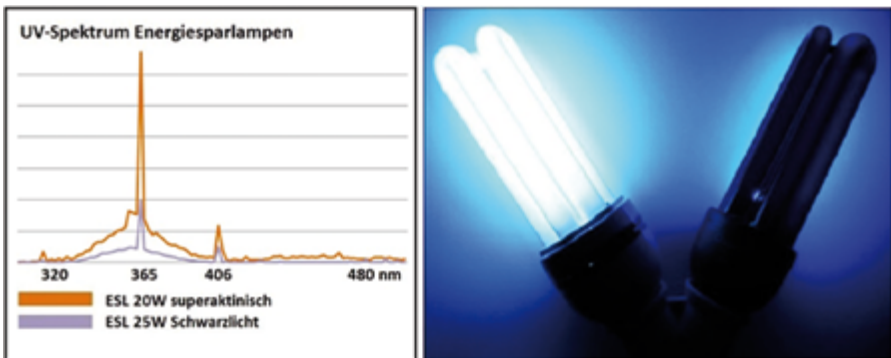


Abb. 9: UV-Spektrum Energiesparlampen (ESL) und Kombination zweier ESL mit Doppeladapter.
Illustration: Dieter Schottstädt

Abb. 9 zeigt den Vergleich der zwei Energiesparlampen (ESL) in der Schwarzlicht- und superaktinischen Ausführung. Hier ist sehr deutlich zu sehen, dass die superaktinische ESL für das Anlocken von Insekten besser geeignet ist, da die Strahlungsenergie trotz geringerer Leistung höher ist als die der Schwarzlichtlampe. Laut Datenblatt des Leuchtmittels besitzt die superaktinische ESL folgende Parameter: Sie besteht aus einer bruchsaferen, fluoridierten Polymerbeschichtung und lässt die Ultraviolettstrahlen bis zu 97% passieren. Im Internet ist sie unter der Bezeichnung ECO PlusLamp zu finden. Die Schwarzlichtausführung ist auch mit einem speziellen Leuchtstoff beschichtet, welcher

die Ultraviolettstrahlung bei Wellenlängen von 350 bis 370 nm abgibt, ohne dabei einen Anteil an sichtbarem Licht zu erzeugen. Beide Lampen eignen sich in Kombination für den manuellen Lichtfang. Mit Hilfe eines Doppeladapters von E27 zu E27/E27, welcher in eine normale E27-Fassung eingeschraubt wird, lassen sich beide Lampenausführungen gleichzeitig betreiben.

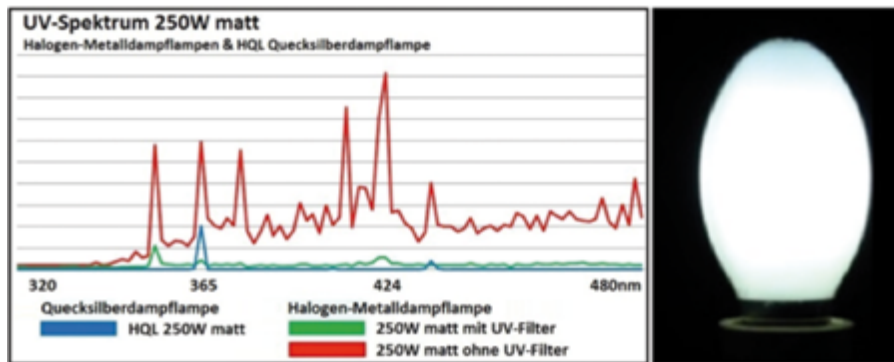


Abb. 10: Gegenüberstellung von drei Hochdruck-Gasentladungslampen mit Leuchtstoffbeschichtung. Illustration: Dieter Schottstäd

Von den Hochdruck-Gasentladungslampen stehen verschiedene Ausführungen für den Lichtfang zur Verfügung. Auf ihr Spektrum untersucht wurden eine 250 W Quecksilberdampfampe (HQL) und zwei 250 W Halogen-Metall dampflampen mit Leuchtstoffbeschichtungen (Abb. 10). Die Quecksilberdampfampe (HQL) zeigt ein typisches Linienspektrum im ultravioletten Bereich bei einer Wellenlänge von 365 nm und dann wieder im Lichtspektrum bei 438 nm. Interessanter sind aber die Spektren der zwei Halogen-Metall dampflampen. Die grüne Linie zeigt eine Halogen-Metall dampflampe mit UV-Filter und die rote Linie ohne UV-Filter. Im Diagramm ist die Wirkung des UV-Filters im ultravioletten Bereich sehr gut erkennbar. Hier ist die Strahlungsenergie bei einer Wellenlänge von 365 nm sogar viel geringer als bei einer herkömmlichen Quecksilberdampfampe. Auch der verwendete Leuchtstoff im Hartglaskolben erzeugt wie bei der HQL-Lampe im gemessenen Bereich ein fast kontinuierliches Lichtspektrum. Das Spektrum der Halogen-Metall dampflampe ohne UV-Filter verhält sich ganz anders. Die Strahlungsenergien im UV-Bereich und im Lichtspektrum weichen deutlich von den vorher erwähnten Lampen nach oben ab. Im Vergleich zur Quecksilberdampfampe, welche ebenfalls keinen UV-Filter besitzt, ist eine fast dreimal höhere UV-Strahlung erkennbar. Der verwendete Leuchtstoff im Glaskolben erreicht gegenüber den anderen Lampen zwar auch ein fast gleichmäßiges Lichtspektrum, aber mit vielen Strahlungsspitzen. Um sicher zu gehen, dass kein Fehler bei den Messwerten der Halogen-Metall dampflampe ohne UV-Filter vorlag, wurden parallel dazu noch zwei Halogen-Metall dampflampen mit je 150 W ohne UV-Filter als weiße und klare Ausführung untersucht. Das Diagramm ist hier zwar nicht dargestellt, aber die Spektralverläufe beider Lampen sahen genauso unregelmäßig aus.

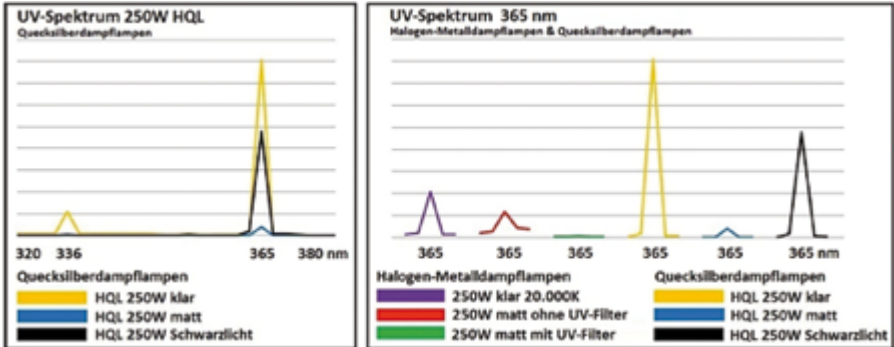


Abb. 11: Vergleich der UV-Spektren verschiedener Leuchtmittel bei einer Wellenlänge von 365 nm.

Die beiden letzten Diagramme zeigen die Quecksilberdampflampen und Halogen-Metaldampflampen mit ihren unterschiedlichen Strahlungsspitzen bei einer Wellenlänge von 365 nm. Im linken Teil der Abb. 11 werden die drei untersuchten 250 W Quecksilberdampflampen mit ihren unterschiedlichen Ausführungen verglichen. Hier ist sehr deutlich zu erkennen, dass die klare Ausführung die höchste Strahlungsenergie bei einer Wellenlänge von 365 nm aufweist. Etwas geringer fällt die Strahlungsenergie der Schwarzlichtlampe aus, wobei der spezielle Leuchtstoff die Ultraviolettstrahlung zum größten Teil durchlässt. Die geringste Strahlungsenergie hat die Quecksilberdampflampe mit der Leuchtstoffbeschichtung.

Der rechte Teil zeigt eine Gegenüberstellung aller untersuchten Hochdruck-Gasentladungslampen mit einer Leistung von 250 W. Hier sind nur die Strahlungsspitzen bei einer Wellenlänge von 365 nm abgebildet.

10. Die verschiedenen Leuchtmittel

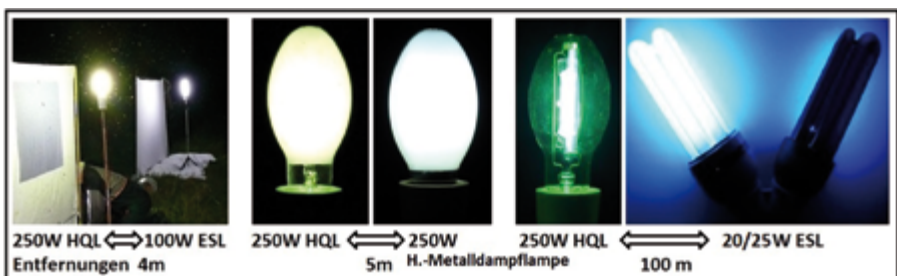


Abb. 12: Vergleich unterschiedlicher Leuchtmittel. Foto links: Rolf Einspender, andere Dieter Schottstädt

Nach dem theoretischen Teil komme ich nun zu einigen praktischen Versuchen. Die Zielsetzung der Versuche war es zu ermitteln, welche Anlockwirkung unterschiedliche Lichtquellen auf Insekten ausüben, wenn sie nebeneinander oder in unmittelbarer Nähe

zueinander stehen. Zusammen mit Rolf Einspender und Siegfried Steinz haben wir für diese Versuche jeweils zwei Anlagen in unterschiedlichen Entfernungen zueinander aufgebaut. Jede Lichtfanganlage wurde mit einem anderen Leuchtmittel ausgestattet.

Im linken Teil der Abb. 12 standen die Anlagen nur 4 m auseinander. Die eine Anlage leuchtete mit einer Quecksilberdampflampe mit einer Leistung von 250 W und die andere mit einer 100 W Energiesparlampe. Sehr schön sind in der Abbildung die unterschiedlichen Farbtemperaturen zu sehen. Die Anflugunterschiede zu den beiden Lichtquellen hätten nicht größer sein können: Trotz des guten Anfluges an der Quecksilberdampflampe flog nicht ein Nachtfalter zur Energiesparlampe. Auch die anderen Insekten verhielten sich so. Wurde die Energiesparlampe jedoch ohne Lichtkonkurrenz betrieben, hatte auch sie eine Anlockwirkung auf Insekten. Bei der Nutzung verschiedener Leuchtquellen wird stets die Stärkere bevorzugt.

Als nächstes wurden eine Quecksilberdampflampe und eine Halogen-Metallampflampe mit UV-Filter, beides Hochdruck-Gasentladungslampen, mit der gleichen Leistung von 250 W verglichen (Abb. 12 Mitte). Die Anlagen standen in einer Entfernung von 5 m ebenfalls fast nebeneinander. Die Anflüge zu den Lichtquellen waren fast gleich, mit leichten Vorteilen für die Halogen-Metallampflampe. Der geringe Unterschied ist vermutlich auf die höheren Strahlungsenergien im gesamten Spektrum der Halogen-Metallampflampe zurückzuführen.

Der interessanteste Versuch ist der Vergleich zwischen einer 250 W Quecksilberdampflampe in klarer Ausführung und einer Kombination aus superaktinischer und Schwarzlicht-Energiesparlampe mit Leistungen von 20 und 25 W (Abb. 12 rechts). Die Anlagen wurden auf der gleichen Fläche mit einem Abstand von ungefähr 100 m aufgebaut, ohne dass sie sich gegenseitig blendeten. Der Anflug in dieser Nacht war sehr gut und die Anlage mit der Quecksilberdampflampe lockte sehr viele Nachtfalter an. Erstaunt war ich über die Anlage mit den Energiesparlampen. Während der ganzen Zeit, in der die Quecksilberdampflampe in Betrieb war, erschienen nur 2 Falter am Tuch mit den Energiesparlampen. Erst mit dem Abbau der Quecksilberdampflampe erschienen Falter an der anderen Anlage. Trotz des Abstandes von 100 m zeigte die Lichtquelle mit der geringeren Strahlungsenergie beim gleichzeitigen Betrieb mit der HQL fast keine Anlockwirkung auf Nachtfalter.

Fazit: Der Anflug an verschiedene Leuchtmittel mit gleicher Leistung ist ungefähr gleich. Werden zwei Leuchtmittel mit jeweils sehr unterschiedlicher Leistung wie z. B. eine Quecksilberdampflampe und Energiesparlampe eingesetzt, ist es völlig unnötig, zusätzlich die Energiesparlampe mit ihrer sehr viel geringeren Leistung und Strahlungsenergie zu betreiben. Da beide Lampen den gleichen Spektralbereich aufweisen, führt die Energiesparlampe nur ein Schattendasein. Der Einsatz einer Zusatzbeleuchtung hat dann einen Mehrwert, wenn beispielsweise zu einer Schwarzlichtlampe für uns Menschen sichtbares Licht ergänzt werden soll, um an der Anlage effizient arbeiten zu können.

11. Lichtquellen und Naturschutz

Künstliche Lichtquellen locken Nachtfalter an. So wie dies für deren Erforschung genutzt werden kann, werden sie aber auch von der Außenbeleuchtung an Straßen und Gebäuden angelockt. Mitverantwortlich war und ist die Straßenbeleuchtung mit Quecksilberdampflampen und die Ausleuchtung von Hauseingängen mit Energiesparlampen. Durch ihr UV-Spektrum werden jede Nacht die Nachtfalter aus der Umgebung angezogen. Sie werden so in ihrem natürlichen Verhalten gestört und ihre Reproduktionsraten gehen zurück. Unter dem Einfluss von Kunstlicht können Nachtfalterweibchen steril werden (Giebultowicz et al. 1990), gelangen deutlich weniger Weibchen zur Kopulation, deutlich weniger Männchen werden von weiblichen Sexualpheromonen angelockt (Van Geffen et al. 2015a) und die Produktion von Sexualpheromonen reduziert sowie deren Zusammensetzung verändert (Van Geffen et al. 2015b). Degen et al. (2016) zeigen, dass die Straßenbeleuchtung eine Barriere für die Ausbreitung von Nachtfaltern darstellt, die Landschaft für Nachtfalter somit zusätzlich fragmentiert wird und vorhandene Landschaftsstrukturen wie Hecken, Gehölze und Saumstrukturen in ihrer Eignung als Lebensräume für Nachtfalter beeinträchtigt werden.

Wirooks (2004) zeigte in einem Markierungsexperiment an mehreren Lichtfallen, an denen er jede Nacht alle Nachtfalter einsammelte und markierte sowie am nächsten Tag und gleichen Ort wieder freiließ, dass nur unter zwei Prozent der markierten Falter zur Lichtquelle zurückflogen. Hausmann (1990a) kommt zu einem ähnlichen Ergebnis. In den Untersuchungen erschienen Nacht für Nacht immer wieder neue Individuen. Übertragen auf Beleuchtungen an Straßen und Hauseingängen stehen somit jede Nacht immer wieder neu angeflogene Falter unter dem Einfluss des Kunstlichtes. Diese Quelle ist aber nicht unerschöpflich. Hinzu kommen weitere negative Einflüsse, wie der kontinuierliche Rückgang der Reproduktionshabitate für Insekten (z. B. Verlust von Saumgesellschaften, Wiesen und Gehölzen) und der zunehmende Einsatz von Pestiziden.

Mit dem Rückgang der Insekten im Allgemeinen (Binot-Hafke et al. 2012; European Environment Agency 2013; Sorg et al. 2013; Gruttke et al. 2016; Habel et al. 2016; Hallmann et al. 2017) und der Nachtfalter im Besonderen (Binot-Hafke et al. 2012) wird vielen insektivoren Lebewesen wie Fledermäusen und Singvögeln zunehmend die Nahrungsgrundlage entzogen. Die Außenbeleuchtung spielt für den Erhalt unserer Artenvielfalt in der Stadt und im Umland eine ganz erhebliche Rolle. Wurden in der Vergangenheit die UV-strahlenden Quecksilberdampflampen gegen die gelben Natriumdampf-Hochdrucklampen ausgetauscht, auch um weniger Insekten anzulocken, kommen neuerdings "weißes" Licht emittierende LEDs zum Einsatz. Nach Untersuchungen von Pawson & Bader (2014) locken LEDs 4.000 K 48% mehr nachtaktive Wirbellose an als Natriumdampf-Hochdrucklampen. Hingegen testeten Huemer et al. (2010) sechs verschiedene Leuchtmittel, die im öffentlichen Raum Verwendung finden und fanden als für Nachtfalter am wenigsten attraktive Leuchtmittel die LED 3.000 K (2 x 25 W), gefolgt von LED 6.000 K (2 x 25 W) sowie auf Platz drei die Natriumdampf-Hochdrucklampe 2.000 K (70 W). Sehr hohe Anflugdichten wiesen die drei getesteten Halogen-Metaldampflampen auf, sodass diese für die Straßenbeleuchtung aus Sicht des Naturschutzes völlig ungeeignet sind. Die widersprüchlichen Ergebnisse

von Pawson & Bader (2014) sowie Huemer et al. (2010) in Bezug auf die untersuchten LEDs und Natriumdampf-Hochdrucklampen sollten Anlass sein, weitergehende Untersuchungen über die Eignung von Leuchtmitteln für die Außenbeleuchtung aus naturschutzfachlicher Sicht durchzuführen. Generell haben LED-Leuchtmittel gegenüber den anderen Leuchtmitteln den Vorteil, dass diese ein gleichmäßiges Licht abgeben sowie kein Quecksilber und deutlich weniger Energie benötigen. Um den blauen Spektralbereich so gering wie möglich zu halten, ist es empfehlenswert, im Außenbereich Leuchtmittel mit möglichst geringen Farbtemperaturen von 2.000 K bis maximal 3.600 K einzusetzen. Die Leuchtstärke sollte stets auf das wirklich benötigte Maß und der Lichtkegel auf den tatsächlich auszuleuchtenden Raum reduziert werden. Dies wäre ein wichtiger Schritt, um abstrahlende Teile des Lichtes nach oben zu verhindern und damit die Lichtverschmutzung zu minimieren.

Danksagung

Ich danke Siegfried Steinz und Rolf Einspender für die jahrelange Zusammenarbeit, für die Unterstützung verschiedener Versuchsreihen mit Lichtquellen und die damit verbundenen Erfahrungen die ich sammeln konnte. Besonderer Dank gilt meiner Frau Andrea und meinem Sohn Dirk für die Korrekturlesung. Mein Dank geht auch an Prof. Dr. Jörg Weber (TU Dresden), der mir die UV-Messungen der verschiedenen Leuchtmittel ermöglichte und an Dr. Matthias Nuß (Senckenberg Museum für Tierkunde Dresden) für die redaktionelle Bearbeitung meines Manuskriptes.

Literatur

- Bembenek, H. & R. Krause 1984: Ergebnisse des quantitativen Lichtfanges von Noctuiden in verschiedenen Biozönosen der Hinteren Sächsischen Schweiz (Insecta, Lepidoptera). – Faunistische Abhandlungen, Dresden 11 (4): 67–108.
- Binot-Hafke, M., S. Balzer, N. Becker, H. Gruttke, H. Haupt, N. Hofbauer, G. Ludwig, G. Matzke-Hajek & M. Strauch 2012 („2011“): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3), herausgegeben vom Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg. 716 S.
- Brehm, G. 2017: A new LED lamp for the collection of nocturnal Lepidoptera and a spectral comparison of light-trapping lamps. – *Nota Lepidopterologica* 40 (1): 87–108.
- Degen, T., O. Mitesser, E. K. Perkin, N.-S. Weiß, M. Oehler, E. Mattig & F. Hölker 2016: Street lighting: sex-independent impacts on moth movement. – *Journal of Animal Ecology* 85: 1352–1360.
- Emmet, A. M. 1991: The scientific names of the British Lepidoptera. Their history and meaning. – Harley Books, Colchester. 288 S.
- European Environment Agency 2013: The European Grassland Butterfly Indicator: 1990–2011. – EEA Technical Report No. 11/2013.
- Giebultowicz, J. M., R. L. Ridgway & R. B. Imberski 1990: Physiological basis for sterilizing effects of constant light in *Lymantria dispar*. – *Physiological Entomology* 15: 149–156.
- Gruttke, H., S. Balzer, M. Binot-Hafke, H. Haupt, N. Hofbauer, G. Ludwig, G. Matzke-Hajek & M. Ries 2016: Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (4), herausgegeben vom Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg. 598 S.

- Habel, J. C., A. Seeger, W. Ulrich, O. Torchyk & W. W. Weisser & T. Schmitt 2016: Butterfly community shifts over 2 centuries. – *Conservation Biology* 30: 754–762.
- Hallmann, C. A., M. Sorg, E. Jongejans, H. Siepel, N. Hofland, H. Schwan, W. Stenmans, A. Müller, H. Sumser, T. Hörrén, D. Goulson, & H. de Kroon 2017: More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. – *PLoS ONE* 12 (10): e0185809.
- Hübner, J. 1796–1833 [imprint “1796”]: Sammlung europäischer Schmetterlinge. 6. Horde. Die Zünsler; nach der Natur geordnet, beschrieben und vorgestellt (fortgesetzt von C. Geyer). – Augsburg. S. [i]–[iv], [i–ii], [i–ii], 1–30, [i–ii], [i–ii], Taf. 1–32.
- Hausmann, A. 1990a: Zur Dynamik von Nachtfalter-Artenspektren: Turnover und Dispersionsverhalten als Elemente von Verbreitungsstrategien. – *Spixiana Suppl.* 16: 1–222.
- Hausmann, A. 1990b: Die Bedeutung des genauen Lichtfallen-Standortes für die Aussagekraft des Fangergebnisses (Lepidoptera, Macroheterocera). – *Atalanta* 21 (3/4): 301–312.
- Huemer, P., H. Kühnreiter & G. M. Tarmann 2010: Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten – Ergebnisse einer Feldstudie in Tirol (Österreich). – *Wissenschaftliches Jahrbuch der Tiroler Landesmuseen, Innsbruck* 4: 111–135.
- Koch, M. 1988 (2. Aufl.): *Wir bestimmen Schmetterlinge*. – Leipzig. 792 S.
- Linnaeus, C. 1758: *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. – Laurentii Salvii, Holmiae: 1–824.
- Lödl, M. 1987: Die Bedeutung des Lichtfanges in der zoologischen Forschung. – *Beiträge zur Entomologie* 37 (1): 29–33.
- Lödl, M. 1989a: Die historische Entwicklung des Lichtfanges. – *Beiträge zur Entomologie* 39 (1): 189–195.
- Lödl, M. 1989b: Die Grundlagen des vergleichenden Lichtfanges. – *Beiträge zur Entomologie* 39: 413–424.
- Nuß, M. 2018: *Pyraloidea*. – www.insekten-sachsen.de
- Pawson, S. M. & M. K.-F. Bader 2014: LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. – *Ecological Applications* 24 (7): 1561–1568.
- Schmeller, J. A. 1837: *Bayerisches Wörterbuch. Vierter Theil, enthaltend die Buchstaben W und Z: 1-310, I-XXXII*. – Verlag der J. G. Cotta’schen Buchhandlung, Stuttgart und Tübingen.
- Schmidl, J. 2017: entoLED LED-Leuchtanlage. – <https://www.bioform.de/shop.php?action=tree&wg=1&pid=692&treeid=5273>.
- Seiger, G. 2011: Lichtfang in unterschiedlichen Lebensräumen der Hinteren Sächsischen Schweiz (Lepidoptera). – *Sächsische Entomologische Zeitschrift* 6: 63–89.
- Sorg, M., H. Schwan, W. Stenmans & A. Müller 2013: Ermittlung der Biomassen flugaktiver Insekten im Natur-schutzgebiet Orbroicher Bruch. – *Mitteilungen aus dem Entomologischen Verein Krefeld* 1: 1–5.
- Truxa, C. & K. Fiedler 2012: Attraction to light – from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light? – *European Journal of Entomology* 109: 77–84.
- Van Geffen, K. G., E. Van Eck, R. A. de Boer, R. H. A. Van Grunsven, L. Salis, F. Berendse & E. M. Veenendaal 2015a: Artificial light at night inhibits mating in a Geometrid moth. – *Insect Conservation and Diversity* 8: 282–287.
- Van Geffen, K.G., A. Groot, R. H. A. Van Grunsven, M. Donners, F. Berendse & E. Veenendaal 2015b: Artificial night lighting disrupts sex pheromone in a noctuid moth. – *Ecological Entomology* 40: 401–408.
- Wirooks, L. 2004: *Möglichkeiten und Grenzen des Lichtfangs bei der ökologischen Bewertung von Nachtfalter-Artenspektren – Ein Vergleich zwischen der räumlichen Verteilung von Nachtfalterimagines und der ihrer Praeimaginalstadien*. – Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. 286 S.