

Zur Einwirkung von Außenbeleuchtungsanlagen auf nachtaktive Insekten

LiTG-Publikation Nr. 15:1997

Veröffentlichung der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG) e. V.,
Fachausschuß „Außenbeleuchtung“,
bearbeitet von Dr.-Ing. Bernhard Steck

Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG) wurde 1912 als „Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft“ gegründet und ist ein technisch-wissenschaftlicher Verein mit uneingeschränkt gemeinnützigem Zweck.

Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG) ist der freiwillige Zusammenschluß der in der Lichttechnik tätigen Wissenschaftler, Fachexperten und daran Interessierter und fördert und vertritt die gesamte Lichttechnik in Theorie und Praxis. Sie unterstützt im Rahmen ihrer Möglichkeiten sowohl die fachliche Aus- und Weiterbildung als auch die Forschung im Bereich der Lichttechnik.

Die LiTG erstellt und verbreitet Arbeits- und Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Lichttechnik in Form technisch-wissenschaftlicher Publikationen, pflegt die Zusammenarbeit mit Hochschulinstituten, Firmen, Behörden, Verbänden und anderen Organisationen auf gemeinsamen Interessengebieten und vertritt die deutsche Lichttechnik in der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE). Ihr besonderes Anliegen ist die enge Zusammenarbeit mit den nationalen lichttechnischen Fachverbänden anderer Länder, insbesondere Europas, zur Förderung gleichen Erkenntnisstandes, um diesen in weitestgehend übereinstimmende Regeln der Technik umzusetzen.

Die Schriften der LiTG kommen dem Informationsbedarf an allgemeinen und speziellen Themen der Angewandten Lichttechnik und angrenzender Gebiete nach und machen das in den LiTG-Fachausschüssen vorhandene Fachwissen den Anwendern und der Öffentlichkeit zugänglich. Sie sind von Fachexperten erstellt, von den jeweils zuständigen Fachausschüssen sowie vom Technisch-wissenschaftlichen Ausschuß der LiTG und dessen Wissenschaftlern nach Überprüfung der fachlichen Inhalte freigegeben und frei von kommerziellen Zielen.

Die LiTG ist bestrebt, durch eine leichtverständliche Ausdrucks- und Darstellungsweise auch komplizierte Sachverhalte verständlich zu machen, was bei wissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen und sehr speziellen Fachthemen durch entsprechende Kommentare und Begriffserklärungen unterstützt wird. Damit soll bei Wahrung der wissenschaftlichen Inhalte deren Verständnis und Anwendung gefördert werden.

LiTG-STELLUNGNAHMEN greifen aktuelle Fragen an die Fachleute der Angewandten Lichttechnik und angrenzender Gebiete auf und geben Antworten nach dem jeweiligen Erkenntnisstand, der u. U. auch schnellen Weiterentwicklungen unterworfen sein kann.

LiTG-REGELWERKE setzen lichttechnisches Grundlagenwissen und den zu speziellen Fragen aktuellen Erkenntnisstand in praktikable Empfehlungen für die technische Anwendung um. Sie kommentieren und ergänzen Normen und Richtlinien und weitere Regelwerke der Lichttechnik, um sie in der Praxis besser anwendbar zu machen.

© Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) e. V., 1997

Burggrafenstraße 6, D-10787 Berlin, Telefon (030) 26 01-24 39, Telefax (030) 26 01-12 55

Erste Auflage, September 1997, ISBN 3-927787-15-9

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der LiTG und mit Quellenangabe gestattet.

Redaktion: Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) e. V., Berlin

Gesamtherstellung: rfw. redaktion für wirtschaftspublizistik, Darmstadt

Gestaltung: Günter Hinrichs

Druck: Reinheimer, Darmstadt

Bezugsquelle: Penny Dialog Marketing (LiTG), Postfach, D-63062 Offenbach, Telefax (069) 9 89 55-198

Inhalt

	Vorwort	4
1	Notwendigkeit der Außenbeleuchtung	6
2	Einwirkung des Lichtes auf nachtaktive Insekten	7
2.1	Vorbemerkung	7
2.2	Relative spektrale Hellempfindlichkeit von Insektenaugen	8
2.3	Lichtquellen für die Außenbeleuchtung	9
2.4	Relative Anflugdichte von Lichtquellen durch nachtaktive Insekten	12
2.5	Helligkeitseindrücke von Mensch und Insekt	14
2.6	Reichweite der Anlockwirkung verschiedener Leuchten	15
2.7	Lichttechnische und konstruktive Eigenschaften von Leuchten	16
3	Forderungen und Behauptungen der Naturschützer und Stellungnahme der LITG	19
	Glossar	22
	Literaturübersicht	23

Die Frage nach der Einwirkung der Außenbeleuchtung auf das Verhalten nachtaktiver Insekten, die in ihrer Lebensweise an die Dunkelheit angepaßt – also nachtaktiv – sind, wird in letzter Zeit zunehmend in der Öffentlichkeit diskutiert. Zuweilen hat das sogar zu nicht akzeptablen Forderungen, wie nach der völligen Abschaltung der Straßenbeleuchtung, geführt.

In der Auseinandersetzung zwischen den Betreibern, den Verantwortlichen und Befürwortern der Außenbeleuchtung und den Naturschützern, die mit Recht auf die Bedrohung der Umwelt und die Erhaltung des ökologischen Gleichgewichts hinweisen, werden oft auch emotionale Argumente benutzt, die manchmal den Eindruck hinterlassen, als seien die fachlichen Hintergründe unbekannt, obschon die Positionen z. T. gar nicht so weit auseinanderliegen. Auch die Lichttechniker wollen die Erhaltung der Umwelt in ihrer Vielfalt und Schönheit, und auch die Vertreter der Ökologie wollen als Fußgänger, Radfahrer oder auch als Autofahrer in der Dunkelheit sicher ans Ziel gelangen.

Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG) ist aufgrund ihrer Satzung als technisch-wissenschaftlicher Verein auf eine wissenschaftliche Arbeitsweise festgelegt. Angesichts der gegenwärtig teils lückenhaften, teils auch widersprüchlichen einschlägigen Literatur stand sie vor der Frage, sich entweder zur Einwirkung von Außenbeleuchtungsanlagen auf nachtaktive Insekten erst dann zu äußern, wenn weitere fundierte Untersuchungsergebnisse vorliegen, oder aber auf der Grundlage der vorhandenen Erkenntnisse wenigstens eine Tendenz abzuleiten und damit einen sachlichen Beitrag zu diesem Thema zu leisten.

Die LiTG hat sich – wohl wissend, daß die Arbeit fortgesetzt werden muß – zum Letzteren entschieden und die Literatur sowie diverse schriftliche Äußerungen zum Thema Außenbeleuchtung und nachtaktive Insekten recherchiert und ausgewertet. Sie möchte mit dieser Publikation zur Versachlichung der öffentlichen Diskussion beitragen.

Soviel ist zusammenfassend bekannt:

Von allen Tierarten werden flugfähige nachtaktive Insekten am meisten durch Außenbeleuchtungsanlagen in ihrem Lebensrhythmus gestört, da sie die Lichtquellen anfliegen, sie umkreisen und somit bei der Nahrungsaufnahme oder der Fortpflanzung behindert werden.

Versuche und Beobachtungen von Naturschützern und Entomologen (Insektenkundler) haben gezeigt, daß Insekten hauptsächlich von ultravioletter Strahlung (UV-Strahlung) und von kurzwelligem (violetter, blauem und grünem) Licht, weniger von langwelligem (gelbem und rotem) Licht angelockt werden. Ebenso spielt die Lichtverteilung der Leuchten und deren Montagehöhe eine Rolle. Leuchten, die ihr Licht ausschließlich in den unteren Halbraum werfen, gefährden Insekten weniger als Leuchten, die nach der Seite oder nach oben strahlen; ebenso sind niedrige Lichtpunkthöhen günstiger als hohe.

Die lichttechnische Industrie kann – soweit es die Errichtung von Neuanlagen betrifft – den Forderungen der Naturschützer und Insektenkundler weitgehend entgegenkommen, da sich deren Wünsche zum großen Teil mit den Anforderungen an eine den lichttechnischen Normen entsprechende und energiebewußte Beleuchtung decken. Bei der Sanierung von Altanlagen sollten ökologische Gesichtspunkte berücksichtigt werden, soweit sie beleuchtungstechnisch und wirtschaftlich vertretbar sind.

Trotz aller gegenseitigen Bemühungen bleiben Fragen offen, die in Zukunft nur durch eine engere Zusammenarbeit von Biologen und Lichttechnikern zur Zufriedenheit gelöst werden können.

Eine Aussage, ob es zur Bedrohung einzelner Insektenarten durch Beleuchtungsanlagen kommt, kann derzeit nicht gemacht werden. So ist z. B. völlig unbekannt, wie hoch die Anzahl bzw. der Prozentsatz der durch die Außenbeleuchtung umkommenden nachtaktiven Insekten ist, da gezielte wissenschaftliche Untersuchungen zur Abschätzung des tatsächlichen Gefährdungspotentials weitgehend fehlen [1].

Insbesondere sollten in den noch nicht hinreichend wissenschaftlich geklärten Fragen voreilige Schlüsse oder gar Beschlüsse unterbleiben. Stattdessen sollten alle neuen Erkenntnisse aus Forschung und Praxis in ein Forum eingebracht werden, wozu die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) e. V. mit ihrem Fachausschuß „Außenbeleuchtung“ als Ansprechpartner zur Verfügung steht.

1 Notwendigkeit der Außenbeleuchtung

Es ist keine Frage: Der heutige zivilisierte Mensch kommt nicht ohne künstliches Licht aus; ein Leben nur mit dem Tageslicht erscheint unvorstellbar.

Die Notwendigkeit der Beleuchtung von Straßen, Plätzen und Wegen für Fußgänger und Fahrzeuge ergibt sich nicht nur aus den Anforderungen, die uns die Physiologie des Sehens stellt, sondern auch aus dem Bedürfnis der Menschen nach Sicherheit an Leib, Leben und Sachen. Die Gewährleistung von Verkehrssicherheit, von öffentlicher Ordnung und die Gestaltung der Städte und Gemeinden als Wohn- und Erlebnisfeld sind weitere wichtige Aufgaben der Außenbeleuchtung.

Straßenbeleuchtung erfüllt einen wesentlichen Teil der Verkehrssicherungspflicht. Wird sie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik ausgeführt, reduzieren sich die Unfälle, wie eine unlängst abgeschlossene und vom Bundesverkehrsministerium geförderte Studie [16] zeigt.

Gute Straßenbeleuchtung verringert die Aggressivität und Kriminalität. Angriffe auf Personen, Diebstahl aus Fahrzeugen, Vandalismus an öffentlichem und privatem Eigentum, sexuelle Übergriffe z. B. in ungenügend beleuchteten Parkanlagen, auf Wegen oder in Unterführungen sowie Einbrüche in Geschäftslokale oder Wohnhäuser werden durch gute Beleuchtung signifikant verringert [17].

Zwar gibt es keine generelle Beleuchtungspflicht für die Gebietskörperschaften (Bund, Länder, Gemeinden), wohl aber eine Verkehrssicherungspflicht. Jedoch besteht nach Ansicht einer Reihe von Kommentatoren für

- gefährliche Kreuzungen
- scharfe Kurven
- Fußgängerüberwege
- Baustellen
- unvorhersehbare Straßenverengungen
- Verkehrsinseln

wegen der besonderen Gefährdung sehr wohl eine Beleuchtungspflicht, die eine Anlageninstallation und einen Betrieb nach technischen Regeln (Normen) einschließt.

Straßen- und Außenbeleuchtung gehören unstrittig zur gemeindlichen Daseinsfürsorgepflicht. Die Förderung des menschlichen Zusammenlebens und die wirtschaftlichen und kulturellen Ansprüche der Bürger sind öffentliche Aufgaben, zu denen das Bedürfnis der Menschen nach Kommunikation untereinander und mit seinem Wohnumfeld und den kommunalen Einrichtungen hinzu kommt. Hierbei leistet die Beleuchtung mit künstlichem Licht wesentliche Beiträge.

Die Beleuchtung von Sportanlagen, die sozialen und kulturellen Zwecken und Betätigungen dienen, ist nicht nur nützlich und notwendig, sondern auch ein Gebot der allgemeinen Vorsorgepflicht. Sport dient einerseits der Erhaltung der Gesundheit, der Leistungsfähigkeit und dem Wohlbefinden, andererseits ist Sport, sofern er nicht selbst ausgeübt, sondern nur von den Zuschauern erlebt wird, ein kulturelles Ereignis.

Tabelle 1:
Verringerung der Unfälle
durch gute Beleuchtung
[16]

	innerorts auf freier Strecke	außerorts, ohne Autobahnen	Autobahnen
insgesamt	- 43 %	- 42 %	- 57 %
Unfälle mit Fußgängern	- 51 %	-	-
Zahl der Verletzten	- 34 %	- 45 %	- 9 %

Die Anstrahlung von historisch und architektonisch wertvollen Bauwerken und Denkmälern ist aus unserem Kulturkreis nicht mehr wegzudenken. Aber auch hier sind widerstrebende Interessen zu berücksichtigen.

Lichtwerbeanlagen haben eine ebenso wirtschaftlich begründete wie auch attraktivitätssteigernde Existenzberechtigung. Auch sie werden im allgemeinen Interesse erstellt und betrieben. Eine Stadt ohne Lichtreklame würde wohl kaum zu einem abendlichen Stadtbummel einladen. Selbstverständlich gilt es hier, die Abwägung von z. T. sehr widerstrebenden Interessen besonders zu beachten.

Auch künstliches Licht im privaten Außenbereich, auf Terrassen, Balkonen, im Garten oder auch zur Sicherheit am und ums Haus ist Ausdruck unserer Lebensweise, auf die niemand verzichten möchte.

Allein diese Beispiele zeigen, wie wichtig für die Menschen Außenbeleuchtung ist. Das allerdings schließt ihre Umweltverträglichkeit ein, wozu das Vermeiden störender Lichtimmissionen auf Menschen ebenso gehört wie das Vermeiden negativer Auswirkungen auf Natur und Umfeld [13].

2 Einwirkung des Lichtes auf nachtaktive Insekten

2.1 Vorbemerkung

Insekten werden von allen Tierarten am stärksten von nächtlicher Beleuchtung beeinflusst. Außer einigen nacht- und dämmerungsaktiven Käferarten sind flugfähige Nachtinsekten besonders betroffen. Die Ursache für die Lockwirkung des Lichtes konnte bisher noch nicht endgültig geklärt werden.

Es existieren verschiedene Theorien; zur Diskussion stehen:

a) die Navigationstheorie

Die Insekten benutzen demnach den Mond und helle Sterne zur Orientierung. Erfolgt diese aber anhand einer künstlichen Lichtquelle, so resultiert statt einer geraden eine spiralförmige Bahn zu ihr hin [12].

b) die „March-Band“-Theorie

Ihr zufolge verhalten sich nachtaktive Insekten zunächst positiv phototaktisch, d. h. vom Licht angezogen. In größerer Nähe aber wieder negativ phototaktisch: Sie versuchen dort, die hohe Intensität des Lichtes zu meiden. Dabei richten sie ihren Flug auf den Grenzbereich zwischen Licht und Schatten aus (March-Band-Effekt) und folgen so den bekannten spiralförmigen Bahnen um die Lichtquelle herum [1].

c) die Flugsicherheitstheorie

Der Flug in Richtung einer Lichtquelle bietet größte Sicherheit, da bei Sichtkontakt zu ihr keine Kollisionen mit Hindernissen erfolgen können. Tatsächlich fliegen viele Insekten die Lichtquelle geradlinig an [12].

d) die Blendungstheorie

Die Augen nachtaktiver Insekten sind extrem lichtempfindlich. Durch helle Lichtquellen kommt es zu einem Ausfall der optischen Orientierung durch Blendung [12].

Bei allen Theorien bleiben Fragen offen, zumal das Verhalten der Insekten sehr unterschiedlich ist [1–4, 12]. So wurde beobachtet, daß permanente Kollisionen mit Lampen und Leuchten ebenso vorkommen wie Umkreisungen derselben in spiralförmigen Bahnen oder ein Verharren in konstanter Distanz. Offensichtlich ist, daß die Insekten ihr Verhalten nicht korrigieren können.

Die Gefahr für die nachtaktiven Insekten besteht darin, daß sie in ihrem natürlichen Lebensrhythmus gestört werden, sei es bei der Nahrungsaufnahme, bei der Fortpflanzung, bei der Eiablage oder auch, daß sie in Nähe der Lichtquellen die Beute von Fledermäusen oder Vögeln werden.

Bei offenen Leuchten kann es vorkommen, daß sich Insekten an heißen Teilen der Leuchte bzw. an der Lampe verbrennen. Bei geschlossenen, aber undichten Leuchten können sie sich, einmal durch eine defekte Leuchtenabdeckung oder Dichtung eingedrungen, nicht mehr aus der Leuchte befreien.

2.2 Relative spektrale Hellempfindlichkeit von Insektenaugen

Insektenaugen haben eine andere spektrale Hellempfindlichkeit als das menschliche Auge. Aus den bekanntgewordenen Untersuchungen lassen sich folgende Aussagen machen [6, 7]:

- Insektenaugen sind im Gegensatz zum menschlichen Auge auch für ultraviolette Strahlung (UV) empfindlich.
- Das Maximum der relativen spektralen Hellempfindlichkeit ist zu kürzeren Wellenlängen hin verschoben (z. T. ins Blaue, z. T. ins Violette oder in den UV-Bereich).
- Die relative spektrale Hellempfindlichkeit im gelben, orangefarbenen und roten Wellenlängenbereich ist bei nachtaktiven Insekten z. T. geringer als beim Menschen.

Abb. 1 zeigt die relative spektrale Hellempfindlichkeit einiger Insektenarten (Drohnen, Bienen, Schmetterlinge, Libellen) nach Menzel [6].

Abb. 1:
Relative spektrale Hellempfindlichkeit einiger Insektenarten [6]; die in Klammern angegebenen Wellenlängenbereiche geben die Lage des Maximums bzw. der Maxima der relativen spektralen Hellempfindlichkeit an.

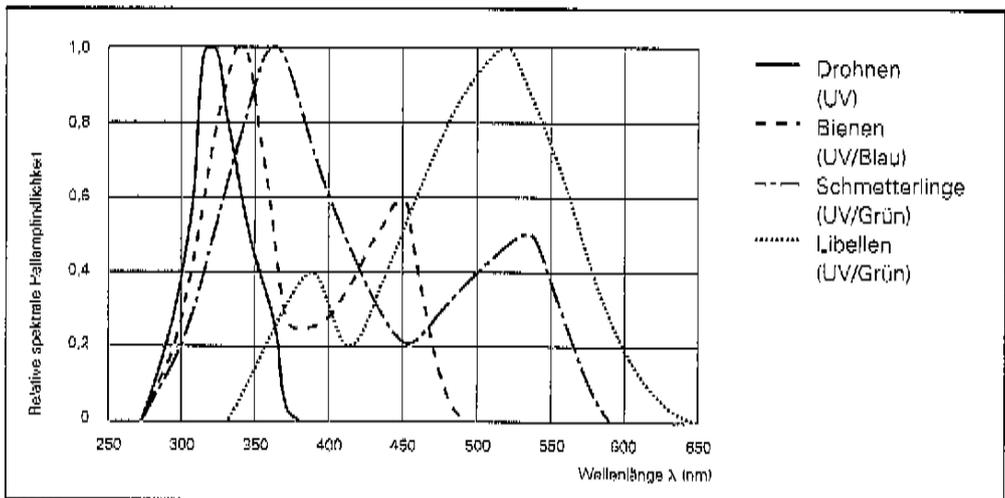


Abb. 2 (links):
Relative spektrale Hellempfindlichkeit des Nachtfalterauges [7]

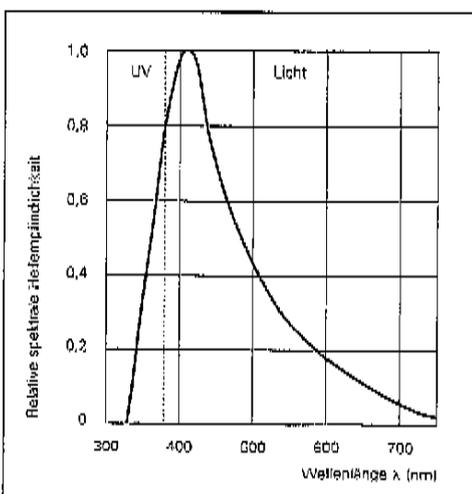
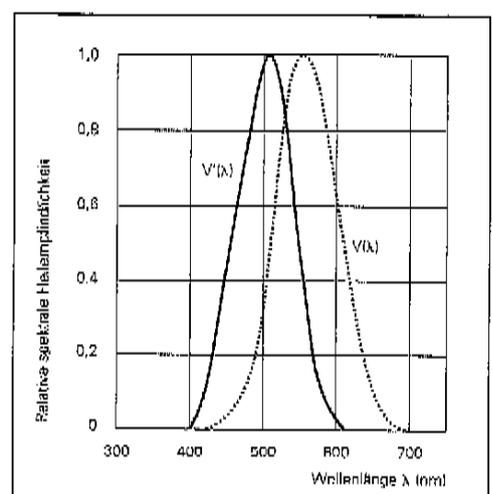


Abb. 3 (rechts):
Relative spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges für Tages-[$V(\lambda)$] und Nachtsehen [$V'(\lambda)$]



Von Cleve [7] stammt für Nachtfalter eine andere Hellempfindlichkeitskurve, die bis in den roten Wellenlängenbereich ausläuft (Abb. 2).

In Abb. 3 ist die relative spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges dargestellt und zwar für Tagessehen – $V(\lambda)$ -Kurve – und für Nachtsehen – $V'(\lambda)$ -Kurve. Das Maximum der Empfindlichkeit für Nachtsehen ist gegenüber dem für Tagessehen zu kürzeren Wellenlängen hin verschoben.

Insekten werden, wie Beobachtungen belegen, hauptsächlich durch ultraviolette Strahlung, durch violettes, blaues und grünes Licht angezogen; weniger durch gelbes, orangefarbenes und rotes Licht.

In Abb. 4 sind die Hellempfindlichkeitskurven der Nachtfalter nach Menzel [6] und nach Cleve [7] sowie die relative spektrale Hellempfindlichkeitskurve des helladaptierten sowie des dunkeladaptierten menschlichen Auges – $V(\lambda)$ - und $V'(\lambda)$ -Kurve – zum Vergleich in ein Diagramm eingetragen. Die Unterschiede zwischen der Kurve nach Menzel und der nach Cleve können nicht befriedigend erklärt werden.

Die Analyse der relativen spektralen Hellempfindlichkeit von Insektenaugen nach Cleve und Menzel sowie der in Versuchen ermittelten Anlockwirkung verschiedener Lichtquellen auf nachtaktive Insekten zeigt, daß man mit einiger Wahrscheinlichkeit die relative spektrale Hellempfindlichkeit der nachtaktiven Schmetterlinge nach Menzel [6] der weiteren Berechnung und Bewertung zugrunde legen kann.

2.3 Lichtquellen für die Außenbeleuchtung

Für Zwecke der Außenbeleuchtung kommen hauptsächlich Natriumdampf-Hochdrucklampen, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen und Leuchtstofflampen (einschließlich Kompakt-Leuchtstofflampen) infrage. Seltener werden Natriumdampf-Niederdrucklampen, Mischlichtlampen, Allgebrauchsglühlampen, Halogenglühlampen und Halogen-Metallampfen eingesetzt.

Da offensichtlich die spektrale Strahlungsverteilung einschließlich der UV-Strahlungsanteile der Lichtquellen eine ausschlaggebende Rolle bei der Beeinflussung von nachtaktiven Insekten spielt, soll hier näher darauf eingegangen werden.

Natriumdampf-Hochdrucklampen strahlen ein warmes, gelblich-weißes Licht aus. Ihre hauptsächlichste Emission liegt im grünen, gelben und orangefarbenen Wellenlängenbereich. Rotes, violettes und blaues Licht ist relativ schwach vertreten, ebenso ist der Strahlungsanteil im UV-Bereich äußerst schwach; ca. 0,02 % der Gesamtleistungsaufnahme einer Lampe (Abb. 5).

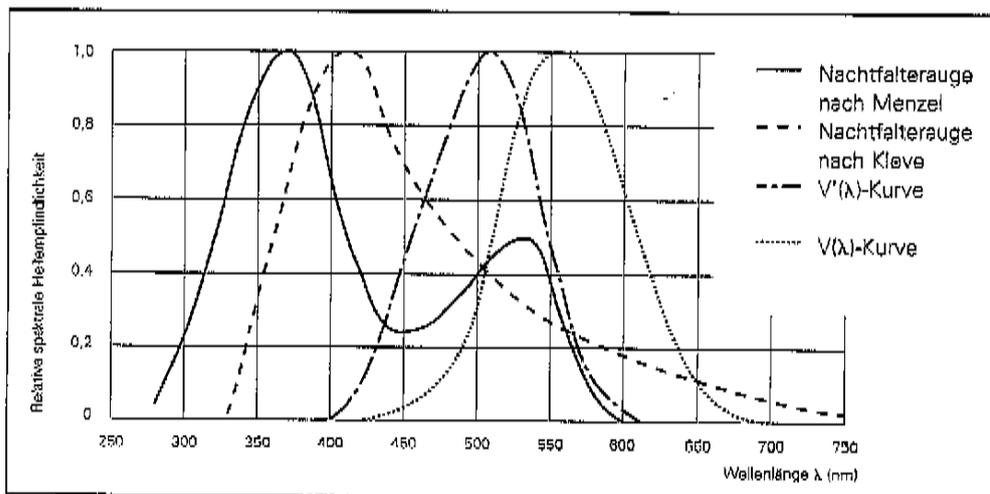


Abb. 4: Hellempfindlichkeitskurven der Nachtfalter nach Menzel [6] und nach Cleve [7] sowie die relative spektrale Hellempfindlichkeitskurve des helladaptierten sowie des dunkeladaptierten menschlichen Auges ($V(\lambda)$ - und $V'(\lambda)$ -Kurve) zum Vergleich

Farben werden infolge der relativ schwachen Strahlungsanteile im kurzwelligen und langwelligen Bereich zwar wiedergegeben, jedoch nicht naturgetreu bzw. wie man dies von der Glühlampe her gewohnt ist. Für Zwecke der Straßenbeleuchtung, insbesondere für Verkehrsstraßen, ist die Natriumdampf-Hochdrucklampe die geeignetste Lichtquelle, da hier die Lichtausbeute – das Verhältnis von Lichtstrom zur aufgenommenen elektrischen Leistung – äußerst günstig und die Farbwiedergabe nicht so wichtig ist wie z. B. in der Innenraumbeleuchtung. Außerdem besitzen Natriumdampf-Hochdrucklampen eine lange Lebensdauer. Diese beiden Eigenschaften begründen ihre hohe Wirtschaftlichkeit und ihre besondere Eignung für die Beleuchtung von Straßen und Plätzen.

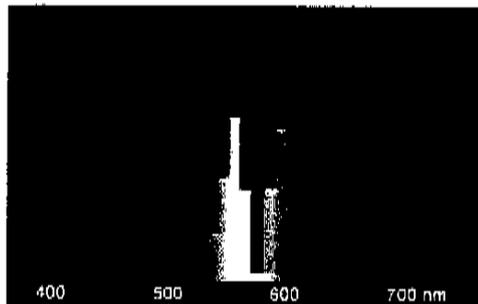
Auch die neuentwickelten quecksilberfreien Natrium-Xenon-Hochdrucklampen mit glühlampenähnlicher Lichtfarbe und beträchtlich verbesserten Farbwiedergabeeigenschaften emittieren keine UV-Strahlung. Diese Lampen werden an elektronischen Vorschaltgeräten im Impulsbetrieb weit oberhalb der Flimmerverschmelzungsfrequenzgrenze betrieben.

Quecksilberdampf-Hochdrucklampen haben eine gänzlich andere spektrale Strahlungsverteilung als Natriumdampf-Hochdrucklampen. Sie strahlen hauptsächlich violettes, blaues, grünes und gelbes Licht aus. Der im Spektrum enthaltene Rotanteil wird von der im Innern des Hüllkolbens aufgeschlämmten Leuchtstoffschicht erzeugt, die die langwellige UV-Strahlung (UV-A) des Quecksilberdampfbrenners in rotes Licht umwandelt. Der UV-Anteil liegt bei etwa 2 % der Gesamtleistungsaufnahme (Abb. 6).

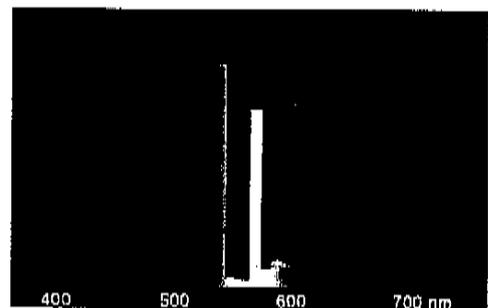
Daß Quecksilberdampf-Hochdrucklampen noch relativ häufig in der Straßenbeleuchtung anzutreffen sind, hat historische Gründe, da die Quecksilberdampf-Hochdrucklampe deutlich früher entwickelt wurde als die Natriumdampf-Hochdrucklampe. Neuerrichtete Straßenbeleuchtungsanlagen werden zunehmend seltener mit Quecksilberdampf-Hochdrucklampen bestückt, da die Lichtausbeute dieser Lampen etwa um die Hälfte geringer ist als die von Natriumdampf-Hochdrucklampen. Der Einsatz von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen geht daher schon aus energetischen Gründen zurück.

Leuchtstofflampen in stabförmiger Bauart werden für die Beleuchtung von Straßen mit mittlerer oder geringer Verkehrsbelastung oder in Form von Kompakt-Leuchtstofflampen bei der Beleuchtung von Wohnstraßen, Fußgängerzonen, verkehrsberuhigten Bereichen und in Parkanlagen verwendet. Kompakt-Leuchtstofflampen

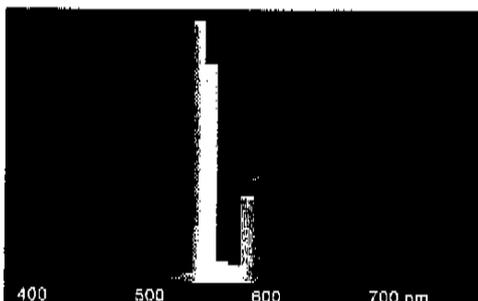
**Abb. 5 (links):
Spektrale Strahlungsverteilung einer Natriumdampf-Hochdrucklampe**



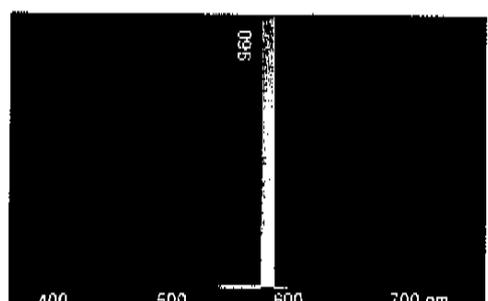
**Abb. 6 (rechts):
Spektrale Strahlungsverteilung einer Quecksilberdampf-Hochdrucklampe**



**Abb. 7 (links):
Spektrale Strahlungsverteilung einer Leuchtstofflampe warmweiß**



**Abb. 8 (rechts):
Spektrale Strahlungsverteilung einer Natriumdampf-Niederdrucklampe**



werden vorwiegend in Leuchten für niedrige Lichtpunkthöhen (3,5 bis 5,5 m) eingesetzt, wie z. B. auch in dekorativen Leuchten. Bei Einsatz von Lampen mit niedriger Farbtemperatur (warmweiße Lichtfarben) sind die UV-Strahlungsanteile relativ gering (ca. 0,5 %), ebenso das Licht im violetten und blauen Wellenlängenbereich (Abb. 7).

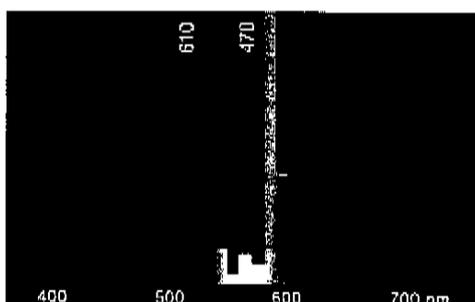
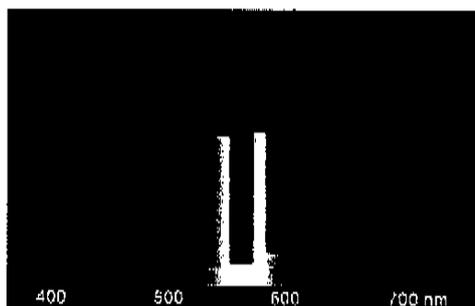
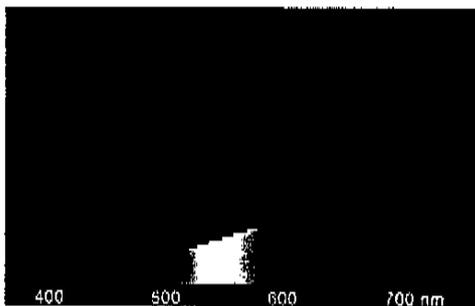
Natriumdampf-Niederdrucklampen strahlen im gelb-orangefarbenen Wellenlängenbereich monochromatisches Licht aus, d. h. Licht anderer Wellenlängen fehlt nahezu vollständig, ebenso wird praktisch keine UV-Strahlung emittiert (Abb. 8). Das monochromatische Licht ist der Grund für die schlechte Farbwiedergabe dieser Lampen. Sie werden nur dort eingesetzt, wo es nicht auf eine Farberkennung ankommt bzw. wo die Farbwiedergabe keine Rolle spielt, z. B. bei der Beleuchtung von Fußgängerüberwegen und von Schleusen.

Allgebrauchsglühlampen werden in der Außenbeleuchtung praktisch nicht mehr eingesetzt, da ihre relativ geringe Lichtausbeute (ca. 1/8 einer Leuchtstofflampe) und ihre kurze Lebensdauer ihren Einsatz in der Straßenbeleuchtung unwirtschaftlich macht (Abb. 9).

Halogen-Glühlampen werden nur noch für Anstrahlungen bzw. für Flutlichtzwecke verwendet, sofern ihre Einsatzzeiten gering sind. Für längere Betriebsdauern sind sie wegen ihrer relativ kurzen Lebensdauer nicht geeignet.

Mischlichtlampen sind sogenannte Verbundlampen, d. h. sie bestehen aus einem Quecksilberdampf-Strahler, dem als Strombegrenzungsglied eine Glühwendel vorgeschaltet ist. Dadurch wird ein besonderes Vorschaltgerät zur Strombegrenzung überflüssig. Die Lichtausbeute von Mischlichtlampen ist eher bescheiden (19 bis 28 lm/W). Daher werden sie in der Straßenbeleuchtung nicht mehr eingesetzt. Ihr UV-Strahlungsanteil beträgt ca. 1 % der Gesamtleistungsaufnahme (Abb. 10).

Halogen-Metaldampflampen sind Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, denen außer dem Quecksilber Halogen-Metalverbindungen zugesetzt sind, um ein ausgeglicheneres Spektrum mit verbesserter Farbwiedergabe, vor allem im roten Wellenlängenbereich, zu erhalten. Durch diese Zusätze werden weitere Spektrallinien erzeugt, so daß weißes Licht emittiert wird. Durch Variation der Zusätze können verschiedene Weißtöne (von warmweiß über neutralweiß bis tageslichtweiß) erzeugt werden. Halogen-Metaldampflampen werden hauptsächlich für Flutlichtzwecke bzw. für Anstrahlungen verwendet. Sie weisen je nach Art und Beschaffenheit des Außenkolbens UV-Strahlungsanteile von 1 % bis 7 % auf (Abb. 11).



**Abb. 9 (links):
Spektrale Strahlungs-
verteilung einer
Allgebrauchsglühlampe**

**Abb. 10 (rechts):
Spektrale Strahlungs-
verteilung einer
Mischlichtlampe**

**Abb. 11:
Spektrale Strahlungs-
verteilung einer Halogen-
Metaldampflampe**

2.4 Relative Anflugdichte von Lichtquellen durch nachtaktive Insekten

Um die verschiedenen Lichtarten in ihrer Anlockwirkung auf nachtaktive Insekten beurteilen zu können, wird die Anflugdichte, also die Zahl der Anflüge pro Nacht, mittels Insektenfallen ermittelt.

Bei derartigen Versuchen hat z. B. Weber [5] festgestellt, daß eine Quecksilberdampf-Hochdrucklampe 80 Watt die größte Anlockwirkung von allen getesteten Lichtquellen ausgeübt hat. Weber setzte sie zum Vergleich zu 100 %. Eine Natriumdampf-Hochdrucklampe 70 Watt bewirkte danach eine beträchtlich geringere Anflugdichte von ca. 10 bis 15 %.

Anmerkung: Weber spricht von Lampen, verwendet wurden wahrscheinlich Leuchten, bestückt mit den genannten Lampen.

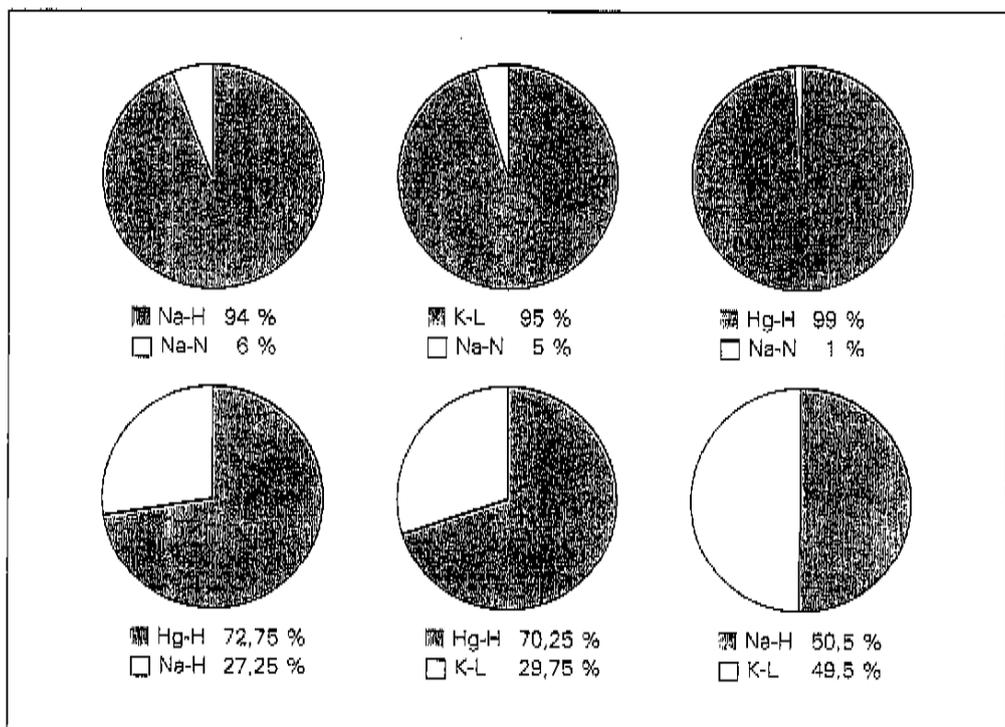
Der Naturschutzbund Deutschland, Landesverband Baden-Württemberg [3], gibt in der zweiten Auflage als Ergebnisse von Paarvergleichen, wobei jeweils zwei Lampenarten miteinander verglichen wurden, die in Abb. 12 dargestellten Anteile an gefangenen Nachtfaltern an.

Anmerkung: Hier wurden wahrscheinlich frei brennende Lampen verwendet; die Leistungsaufnahme der Lampen ist nicht angegeben.

Bauer [9] hat in seiner Diplomarbeit die Anziehungskraft von Quecksilberdampf-Hochdruck-, Kompakt-Leuchtstoff- und Natriumdampf-Hochdrucklampen untersucht. Aus den Fangzahlen aus insgesamt 73 Nächten resultieren die in Abb. 13 dargestellten Ergebnisse. Bei allen Insekten zusammen lagen die Fangzahlen der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe bei ca. 8.360 Insekten und damit um das Dreifache höher als bei der Kompakt-Leuchtstofflampe (ca. 2.800). Bei der Natriumdampf-Hochdrucklampe wurden ca. 1.760 Individuen gefangen, das sind 21 %, also nur etwa 1/5 der von der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe angelockten Insekten. Aufgeschlüsselt in die einzelnen Insektenarten ergeben sich ähnliche, aber doch deutlich unterschiedliche Ergebnisse.

In Tabelle 2 sind die Anlockwirkungen der einzelnen Lichtquellenarten aus den Ergebnissen von drei Untersuchungen in tabellarischer Form zusammengefaßt.

Abb. 12:
Prozentuale Anteile
an gefangenen
Nachtfaltern [3]



Literaturquelle	Lichtquelle	Anzahl der angelockten Insekten	Verhältnis der angelockten Insekten
Bauer [9]	Hg-H	8.360 = 100 %	Na-H: Hg-H 1: 4,75
	K-L	2.800 = 33,5 %	K-L: Hg-H 1: 3,0
	Na-H	1.760 = 21 %	Na-H: K-L 1: 1,6
NABU [3] 2. Aufl.			Na-N: Hg-H 1: 99
			Na-N: K-L 1: 19
			Na-N: Na-H 1: 16
			Na-H: Hg-H 1: 2,7
			Na-H: K-L 1: 1,0
Esche zitiert in NABU [3]			K-L: Hg-H 1: 2,4
			Na-N: Hg-H 1: 73
			Na-N: K-L 1: 23
		Na-N: Na-H 1: 5,3	

Die verwendeten Abkürzungen stehen für folgende Lichtquellenarten:

Hg-H = Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

K-L = Kompakt-Leuchtstofflampe

Na-H = Natriumdampf-Hochdrucklampe

Na-N = Natriumdampf-Niederdrucklampe

Tabelle 2:
Anlockwirkung
verschiedener
Lichtquellenarten

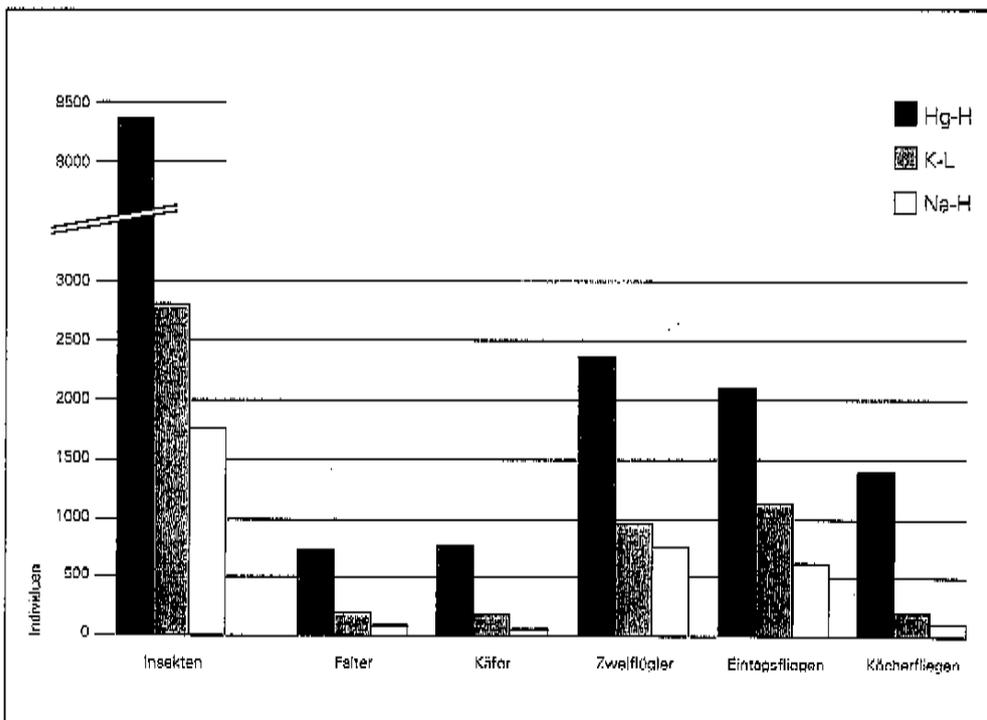


Abb. 13:
Fangzahlen von
Insekten insgesamt
und von einzelnen Insekten-
ordnungen aus 73 Fang-
nächten an verschie-
denen Lampenarten nach
den von Bauer 1993
durchgeführten Unter-
suchungen. Die Hg-H
besitzt bei allen Insekten-
ordnungen die größte
Lockwirkung.

2.5 Helligkeitseindrücke von Mensch und Insekt

Es liegt nahe, die unterschiedliche Anlockwirkung der verschiedenen Lichtquellenarten mit der relativen spektralen Hellempfindlichkeit der Insektenaugen zu erklären.

Im folgenden wird zunächst die spektrale Strahlungsfunktion $S(\lambda)$ der vier für die Außenbeleuchtung wichtigsten Lichtquellenarten mit der relativen spektralen Hellempfindlichkeit der Insektenaugen nach Cleve und nach Menzel bewertet. Außerdem ist zum Vergleich die spektrale Bewertung der Strahlungsfunktion mit den beiden Hellempfindlichkeitsfunktionen des menschlichen Auges – $V(\lambda)$ und $V'(\lambda)$ – dargestellt, d. h. es wird die Summe

$$\sum S(\lambda) \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot \Delta \lambda$$

gebildet.

Außerdem sind in Tabelle 3 die prozentualen photobiologischen Strahlungsleistungen jeweils bezogen auf das menschliche Auge für Tagessehen und Nachtsehen eingetragen.

In Tabelle 4 sind die Verhältniszahlen der prozentualen photobiologisch wirksamen Strahlungsleistungen für die verschiedenen Lichtquellen nach Cleve [7] und Menzel [6] bezogen auf $V(\lambda)$ und $V'(\lambda)$ dargestellt.

Vergleicht man nun die Verhältniszahlen in Tabelle 4 mit den Verhältniszahlen der angelockten Insekten (Tab. 2), so ergibt sich bei allen Unterschieden und bei allen Vorbehalten noch die beste Übereinstimmung bei Bezug auf die $V(\lambda)$ -Kurve und bei Verwendung der relativen spektralen Hellempfindlichkeit des Insektenauges nach Menzel.

Bereits Beckmann [10] hat mit Hilfe der spektralen Strahlungsverteilung der Lichtquellen und der relativen spektralen Hellempfindlichkeit der Insektenaugen den Helligkeitseindruck entsprechend der Hellempfindlichkeitskurve nach Cleve [7] und nach Menzel [6] berechnet und mit den Ergebnissen über die Anlockwirkung nach [3] und [5] verglichen.

Hierbei kommt auch er zu dem Ergebnis, daß die Empfindlichkeitskurve für Nachtschmetterlinge nach Menzel die experimentell gefundenen Ergebnisse besser widerspiegelt als die nach der Empfindlichkeitskurve von Cleve berechneten.

Tabelle 3:
Photobiologisch wirksame Strahlungsleistung verschiedener Lichtquellen für jeweils 1.000 lm

Lichtquelle	$V(\lambda)$	$V'(\lambda)$	Nachfalterauge nach Cleve $S(\lambda)_{\text{Cleve}}$	Nachfalterauge nach Menzel $S(\lambda)_{\text{Menzel}}$
Na-N 35 W	1,464 = 100 %	0,139 = 100 %	0,379 25,9 % 273 %	0,073 5,0 % 52,5 %
Na-H 70 W	1,464 = 100 %	0,317 = 100 %	0,562 38,4 % 177 %	0,216 14,8 % 68,1 %
K-L 24 W/32	1,464 = 100 %	0,768 = 100 %	0,973 66,5 % 127 %	0,613 41,9 % 79,8 %
Hg-H 125 W	1,464 = 100 %	0,642 = 100 %	1,394 95,2 % 217 %	1,035 74,1 % 169 %

Von Kritikern wird zuweilen eingeworfen, daß bei den oft geringen Leuchtdichten der Außenbeleuchtung nicht das photopische, sondern das skotopische Sehen, zumindest das mesopische Sehen – also das Nacht- bzw das Dämmerungssehen – überwiegt und die Anlockwirkung der Insekten bzw. die photobiologischen Wirkungen auf das Insektenauge besser mit der Hellempfindung des dunkeladaptierten menschlichen Auges verglichen werden müßte.

Dies mag in einigen Fällen zutreffen, in den meisten Fällen sprechen jedoch die Verhältniszahlen der Tabellen 2 und 4 für einen Bezug auf das helladaptierte menschliche Auge. Dies ist letztlich auch verständlich, wenn man bedenkt, daß die Leuchtdichte der Lichtquellen bzw. der Leuchten so hoch ist, daß in diesem Fall die Hellempfindlichkeit für das Tagessehen gilt.

Tatsache bleibt, daß die Ergebnisse aus Versuchen und die Erfahrungswerte aus Beobachtungen belegen, daß in der Reihenfolge

- Natriumdampf-Niederdrucklampe
- Natriumdampf-Hochdrucklampe
- Kompakt-Leuchtstofflampe
- Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

die Anlockwirkung auf nachtaktive Insekten zunimmt.

Daher wird die Natriumdampf-Niederdrucklampe vom Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg [1] und vom Naturschutzbund Deutschland [3] – bei allen Unterschieden in den experimentellen Ergebnissen hinsichtlich der Anlockwirkung auf nachtaktive Insekten – als die günstigste Lichtquelle für die Außenbeleuchtung empfohlen. Jedoch darf hierbei nicht übersehen werden, daß wegen der schlechten Farbwiedergabeeigenschaften die Farben nicht selbstleuchtender Verkehrszeichen sowie Sicherheitsfarben nicht zu erkennen sind, und daß diese Lampenart daher nach den technischen Regeln (z. B. DIN 5044 [18]) für die Beleuchtung von Straßen und Plätzen nicht empfehlenswert ist.

2.6 Reichweite der Anlockwirkung verschiedener Leuchten

Nicht nur die spektrale Strahlungsverteilung der Lichtquellen, auch die Lichtstärkeverteilung der Leuchten spielt für die Anlockwirkung auf nachtaktive Insekten eine ausschlaggebende Rolle.

So wurde z. B. von Bauer [9] gefunden, daß Leuchten, die ihr Licht lediglich in den unteren Halbraum abgeben, wesentlich weniger Insekten anlocken als Leuchten, deren Licht in allen Richtungen austritt, wie z. B. Kugelleuchten mit Opalglasskugeln. Wahrscheinlich wird eine Leuchte umso häufiger angefliegen, je größer der Anteil des umgebenden Raumes ist, von dem aus die Lichtquelle von den Insekten wahrgenommen werden kann. Diese Wahrnehmbarkeit hängt bei Verwendung gleicher Lampen von der Form und Fläche des lichtabstrahlenden Teils der Leuchte ab.

Lichtquellen- verhältnis	bezogen auf $V(\lambda)$		bezogen auf $V'(\lambda)$	
	Cleve	Menzel	Cleve	Menzel
Na-N: Hg-H	1: 3,7	1: 14,8	1: 0,9	1: 3,2
Na-N: K-L	1: 2,6	1: 8,4	1: 0,5	1: 1,5
Na-N: Na-H	1: 1,5	1: 3,0	1: 0,65	1: 1,3
Na-H: Hg-H	1: 2,5	1: 5,0	1: 1,2	1: 2,5
Na-H: K-L	1: 1,7	1: 2,8	1: 0,7	1: 1,2
K-L: Hg-H	1: 1,4	1: 1,8	1: 1,7	1: 2,1

Tabelle 4:
Verhältnis der photo-
biologisch wirksamen
Strahlungsleistungen
nach Cleve und nach
Menzel, bezogen auf
 $V(\lambda)$ und $V'(\lambda)$

So wurde festgestellt, daß eine Straßenleuchte in Quaderform mit einer ebenfalls quaderformähnlichen, auch seitlich lichtabstrahlenden Glaswanne gegenüber einer Leuchte, die praktisch nur in den unteren Halbraum abstrahlt, die ca. 1,5fache Menge an Insekten anzieht.

Beim Vergleich einer Leuchte in Quaderform mit einer Kugelleuchte erhöhen sich die Fangrelationen beträchtlich. Über alle Insektenarten gemittelt ergab sich diese zu 1:8, d. h. die Kugelleuchte wird achtmal häufiger angefliegen. Gegenüber einer Leuchte, die nur in den unteren Halbraum abstrahlt, ergab sich zum Vergleich mit einer Kugelleuchte eine Relation von ca. 1:12.

Auch die Lichtpunkthöhe der Leuchten spielt je nach ihrer Lichtstärkeverteilung eine Rolle für deren Anlockwirkung. Während bei gleichmäßig abstrahlenden Leuchten (Kugelleuchten) von Bauer [9] kein Einfluß der Lichtpunkthöhe festgestellt werden konnte, wurde von ihm bei vorwiegend nach unten strahlenden Leuchten festgestellt, daß sich die Anlockwirkung mit zunehmender Masthöhe verstärkte. Dies wird damit erklärt, daß sich der lichterfüllte Raum unterhalb der Leuchte mit der Lichtpunkthöhe vergrößert und sich somit auch die Anzahl der Insekten vergrößert, die diesen Raum durchfliegen.

2.7 Lichttechnische und konstruktive Eigenschaften von Leuchten

Leuchten haben die Aufgabe, das Licht der Lampen in einem ihrem Verwendungszweck angepaßten Sinne zu verteilen, d. h. das Licht dahin zu lenken, wo es erwünscht ist. Sie sollen weiterhin den Benutzer vor Blendung schützen. Leuchten enthalten die zur Befestigung, zum Schutz und zur Energieversorgung der Lampe notwendigen konstruktiven Elemente, wie Befestigungseinrichtung, Gehäuse, Reflektor, Vorschaltgerät, Lampenfassung, Abschlußwanne, Scharniere, Verschlüsse, Dichtung, elektrische Verdrahtung usw.

Zur Vermeidung von Blendung der Verkehrsteilnehmer sollen Leuchten entsprechend DIN 5044 [18] abgeschirmt oder zumindest teilabgeschirmt sein, d. h. das Licht soll vorwiegend in den unteren Halbraum abgestrahlt werden. Licht, das horizontal austritt (Ausstrahlungswinkel $\gamma = 90^\circ$, gerechnet von der Vertikalen aus), soll stark begrenzt sein; ebenso gelten Beschränkungen für Ausstrahlungswinkel $\gamma = 80^\circ$ (10° unter der Horizontalen).

Tabelle 5:
Blendungsbegrenzung
für Anlagen für
Kraftfahrzeugverkehr
nach DIN 5044 [18]

	Klasse der Blendungsbegrenzung	
	1	2
Maximale Lichtstärke für $\gamma = 90^\circ$	10 cd/1000 lm höchstens 500 cd	50 cd/1000 lm höchstens 1000 cd
Maximale Lichtstärke für $\gamma = 80^\circ$	30 cd/1000 lm höchstens 1000 cd	100 cd/1000 lm höchstens 2000 cd

Tabelle 6:
Begrenzung der Licht-
stärken von Leuchten
für Anlagen für
Fußgängerkehr [14]

γ	l_{zoh}	
	$L_{\text{ph}} \leq 1,5 \text{ m}$	$L_{\text{ph}} > 1,5 \text{ m}$
100°	10 cd/1000 lm	
90°	30 cd/1000 lm	70 cd/1000 lm
80°		150 cd/1000 lm
60°		3000 cd

Die lichttechnische Industrie ist seit jeher bestrebt, Leuchten zu bauen, die durch entsprechende lichtlenkende Mittel, z. B. Spiegelreflektoren und Refraktoren (Prismen- gläser), das Licht dorthin lenken, wo es benötigt wird; im Falle der Straßenbeleuchtung also auf die Fahrbahn bzw. auf Geh- und Radwege (siehe hierzu auch die LITG- Empfehlungen zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen [13]).

Offene Leuchten entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik, da sie leicht verschmutzen. Die z. Zt. auf dem Markt befindlichen Leuchten besitzen, sofern sie den anerkannten Regeln der Technik entsprechen, eine Abdeckung entweder aus Kunststoffglas oder aus Silikatglas, die dicht mit dem Leuchtengehäuse verbunden ist.

Wie aus den Diagrammen Abb. 14 und Abb. 15, in welche außer dem spektralen Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$ auch die spektralen Hellempfindlichkeitskurven des hell- adaptierten Menschauges sowie des Insektenauges nach [6] eingetragen sind, hervorgeht, läßt eine Leuchtenabdeckung aus PMMA (z. B. Plexiglas®) nahezu keine UV-Strahlung durch. Ein Scheinwerferabschlußglas aus Silikatglas hat im langwelligen UV (320 bis 380 nm) noch eine beachtenswerte Durchlässigkeit.

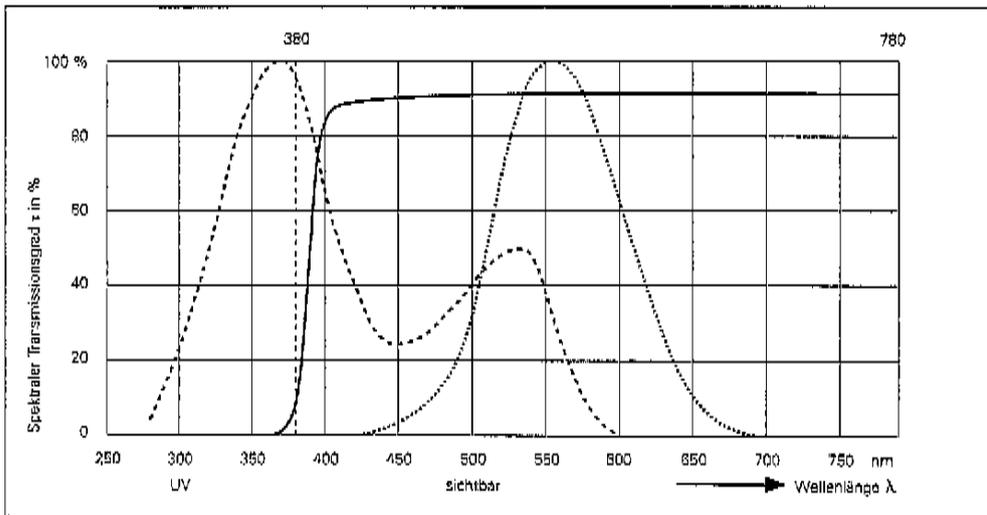


Abb. 14:
Spektraler Transmissions-
grad $\tau(\lambda)$ von PMMA,
z. B. Plexiglas®

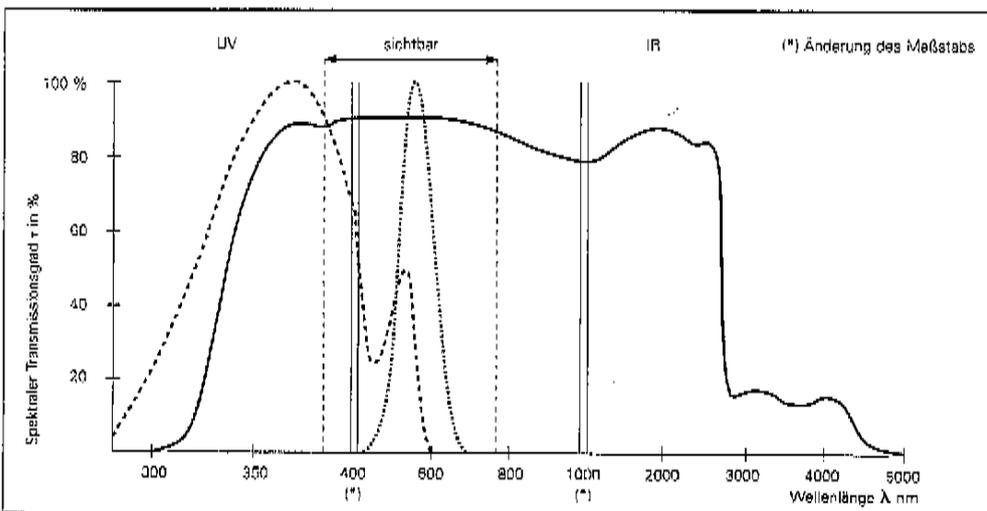


Abb. 15:
Spektraler Transmissions-
grad $\tau(\lambda)$ von Silikatglas,
wie es für Scheinwerfer-
abschlußgläser
verwendet wird

Der Grad der Abdichtung gegen Fremdkörper und Wassereintritt wird international durch eine IP-Kennzeichnung mittels zweier Ziffern dokumentiert. Die erste Ziffer nach dem IP-Zeichen bedeutet den Schutzgrad gegen Eindringen von Fremdkörpern, die zweite Ziffer den Schutzgrad gegen Eindringen von Wasser. Die z. Zt. auf dem Markt befindlichen Leuchten entsprechen zumindest für ihren Lampenraum mindestens der Schutzart IP 43, d. h. Schutz gegen Eindringen von Fremdkörpern größer als 1 mm und Schutz gegen Spritzwasser. Leuchten mit höheren Schutzarten, wie IP 44, IP 54 (staubgeschützt, spritzwassergeschützt) und sogar IP 65 (staubdicht, strahlwassergeschützt), sind heute Stand der Technik. (IP 65 bedeutet z. B., daß keine Partikel größer als 7 µm in die Leuchte eindringen können (gem. DIN VDE 0470)).

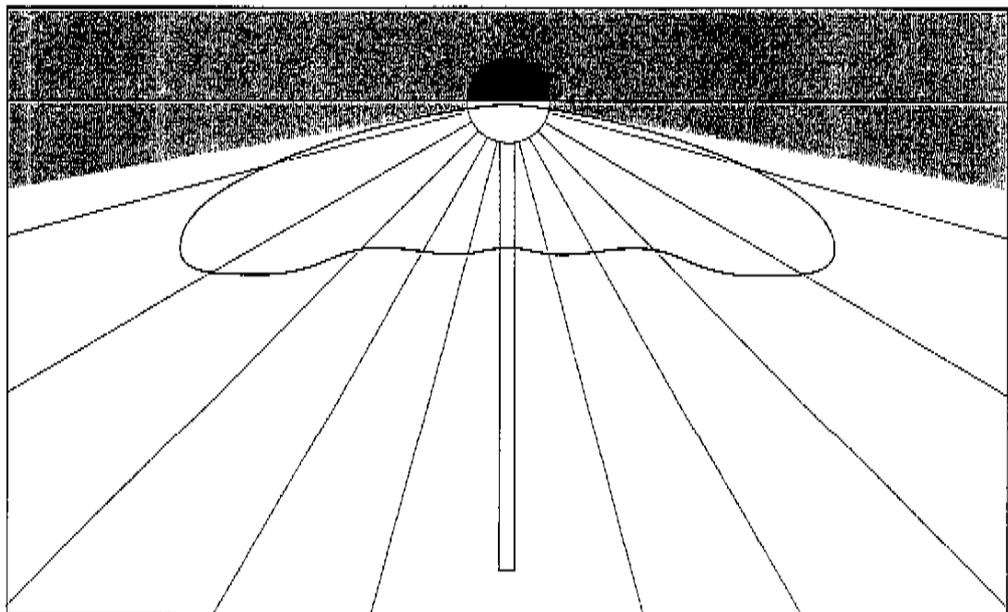
Außenleuchten, die aufgrund ihrer Qualität dauerhaft die Mindestschutzart IP 43 sicherstellen, bieten nachtaktiven Insekten keine Eindringmöglichkeit.

Außenleuchten für dekorative Zwecke können genauso wie Leuchten für Straßenbeleuchtungszwecke in geschlossener Bauart gefertigt werden. Lichtlenkende Bauelemente wie Spiegelreflektoren und Refraktoren entsprechen dem Stand der Technik und lenken das Licht in die Richtungen, in welchen es benötigt wird. In den Richtlinien zur Beleuchtung von Anlagen für Fußgängerverkehr [14] ist klar und deutlich ausgeführt, daß Leuchten mit direkter Lichtausstrahlung nach unten der Vorzug zu geben ist, nicht zuletzt aus energetischen Gründen.

Dekorative Leuchten mit einer Lichtausstrahlung höher als 90° werden vorrangig in Stadtzentren und Architekturensembles eingesetzt, wo der Artenreichtum und die Anzahl nachtaktiver Insekten nicht so hoch ist wie in der freien Natur bzw. wie in Randgebieten und städtischen Grünzonen (Parks usw.). Sind Stadtzentren und Architekturensembles mit Grünanlagen, Grünstreifen, Dach- und Fassadenbegrünung aufgelockert, sollten dekorative Leuchten mit vorwiegend in den unteren Halbraum gerichtetem Licht eingesetzt werden.

Die bevorzugte Lichtpunkthöhe dekorativer Leuchten liegt bei 3,5 bis 5,5 m und damit in einem Bereich, in welchem Insektenanflug nicht so häufig ist wie evtl. bei der Straßenbeleuchtung mit üblichen Lichtpunkthöhen von 6 bis 9 m.

Abb. 16:
Auch dekorative
Leuchten können, sofern
sie mit entsprechenden
lichtlenkenden Mitteln
ausgestattet sind, ihr
Licht in den unteren
Halbraum ausstrahlen.



3 Forderungen und Behauptungen der Naturschützer und Stellungnahme der LiTG

Im folgenden sind die Forderungen und Behauptungen der Naturschützer in normaler, die Stellungnahme der LiTG in kursiver Schrift dargestellt.

- In der Außenbeleuchtung sollen nur Lichtquellen eingesetzt werden, die vorwiegend langwelliges Licht emittieren; kurzwelliges Licht und UV-Strahlung sollten nicht emittiert werden, d. h. bevorzugt sollen Natriumdampf-Niederdrucklampen eingesetzt werden.

Natriumdampf-Niederdrucklampen können überall dort eingesetzt werden, wo es auf eine Farberkennung nicht ankommt und die Farbwiedergabe keine Rolle spielt, z. B. bei der Beleuchtung von Fußgängerüberwegen, von Schleusen und von Ausfallstraßen.

Natriumdampf-Hochdrucklampen ermöglichen, Farben noch angemessen zu erkennen; sie sind auch aus verschiedenen Gründen, insbesondere aus wirtschaftlichen, die geeigneten Lampen für die Straßenbeleuchtung.

- Quecksilberdampf-Hochdruck- und Mischlichtlampen sollen wegen ihrer hohen UV-Strahlungsanteile nicht eingesetzt werden.

Der Anteil von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen in der Außenbeleuchtung geht tendenziell zu Gunsten der Natriumdampf-Hochdrucklampen, und zwar aus energetischen Gründen, zurück. Leuchtenabdeckungen aus Kunststoffglas absorbieren weitestgehend die UV-Strahlung. Mischlichtlampen werden praktisch nicht mehr eingesetzt.

- Leuchtstofflampen locken nachtaktive Insekten nach Quecksilberdampflampen am stärksten an.

Der Anteil von stabförmigen Leuchtstofflampen in der Außenbeleuchtung geht ständig zurück. Kompakt-Leuchtstofflampen kleiner Leistung in der Lichtfarbe warmton emittieren wenig UV-Strahlung, sowie violettes und blaues Licht.

- Leuchten sollten nach oben und zur Seite abgeschirmt sein.

Eine Abschirmung von Leuchten nach oben entspricht den beleuchtungstechnischen Empfehlungen. Eine Abschirmung zur Seite ist aus Gründen der erforderlichen Gleichmäßigkeit nicht ratsam.

- Die Oberflächentemperatur der Leuchten sollte geringer als 60 °C sein.

Leuchtgehäuse und Abdeckgläser werden in den seltensten Fällen wärmer als 60 °C. Eine Ausnahme bilden Flutlichtscheinwerfer hoher Leistung.

- Leuchten sollten keine Kühlschlitze aufweisen.

Derartige Leuchten entsprechen nicht dem Stand der Technik. Bei Leuchten für Außenbeleuchtungszwecke muß zumindest der Lampenraum der Schutzart IP 43 entsprechen.

- Reduzierung der Beleuchtungsstärken auf das mindest Notwendige. Jede zweite Leuchte sollte ausgeschaltet werden.

DIN 5044 erlaubt in verkehrsschwachen Zeiten die Reduzierung des Beleuchtungsniveaus auf die Hälfte, was bei zweilampigen Leuchten durch Abschalten einer Lampe je Leuchte bzw. bei einlampigen Leuchten durch Leistungsreduzierung der

Lampe möglich ist. Das Ausschalten jeder zweiten Leuchte läßt gefährliche Dunkel- und Tarnzonen entstehen, die die Verkehrssicherheit und die persönliche Sicherheit in unverantwortlicher Weise beeinträchtigen.

- Dekorative Leuchten, wie sie vermehrt bei Stadt- und Dorfsanierungen eingesetzt werden, entsprechen nicht den DIN-Vorschriften. Sie sind wartungsunfreundlich und z. T. nach unten offen; sie sind die reinsten Insektenfallen.

Leuchten für dekorative Zwecke können genau wie Leuchten für Straßenbeleuchtungszwecke in geschlossener Bauart gefertigt und mit lichtlenkenden Mitteln versehen werden, die das Licht in die gewünschte Richtung lenken. Offene Leuchten sind nicht Stand der Technik.

- Die Lichtpunkthöhe der Leuchten sollte so gering wie möglich sein.

*Die übliche Lichtpunkthöhe dekorativer Leuchten liegt zwischen 3,5 und 5,5 m; die von Straßenleuchten muß aus wirtschaftlichen Gründen 6 bis 9 m betragen. Die aus physiologisch-optischen Gründen notwendige Gleichmäßigkeit der Beleuchtung erfordert ein gewisses Verhältnis von Lichtpunkthöhe zu Lichtpunkt-
abstand (ca. 1/4 bis 1/6).*

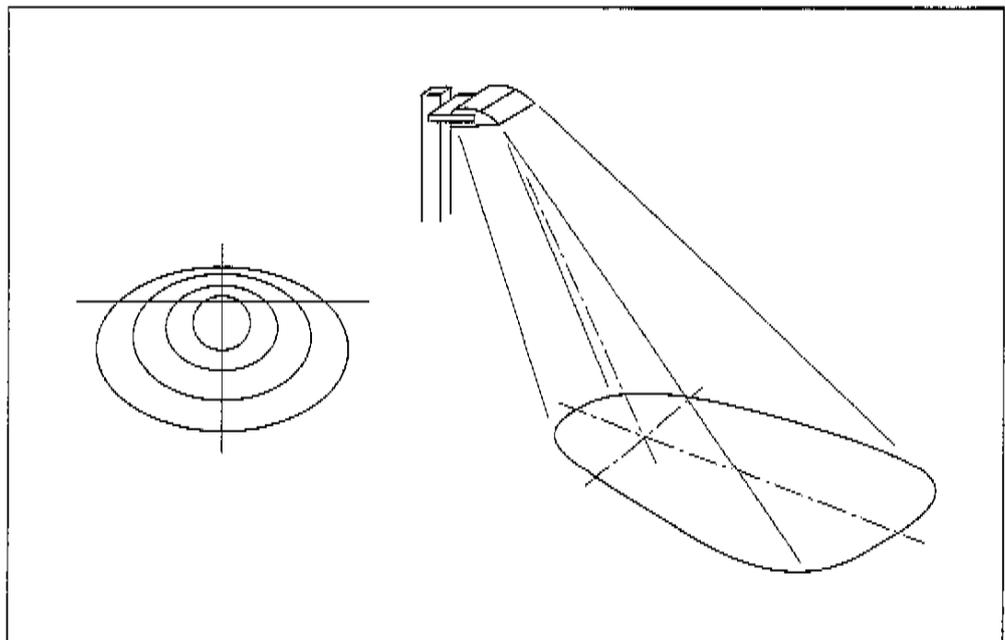
- Die Einschaltdauer der Leuchten sollte auf ein Minimum begrenzt werden. Im Einzelnen ist zu prüfen, ob ein intermittierender (zeitweise unterbrochener) Betrieb praktikabel wäre.

Die Begrenzung der Betriebsdauer von Außenbeleuchtungsanlagen wie Anstrahlungen historisch interessanter Gebäude auf die notwendige Zeit sollte in Erwägung gezogen werden. Dies ist schon aus energetischen Gründen vernünftig. Ähnliches gilt für Lichtwerbeanlagen.

- Bei der Genehmigung von Flutlichtanlagen sollte in jedem Fall ein Ökologe zu Rate gezogen werden und eine differenzierte Standortuntersuchung erfolgen.

Flutlichtscheinwerfer zur Beleuchtung großer Flächen wie Sportstätten, Lagerplätze, Container- und Dockanlagen sollten nicht zuletzt aus Gründen des Immissionsschutzes als Planflächenstrahler mit horizontalem Leuchtenabschluß, d. h. ohne seitliche Lichtausstrahlung gestaltet sein (s. a. Abb. 17).

Abb. 17:
Flutlichtscheinwerfer sollten ihr Licht nach unten abstrahlen; am geeignetsten hierfür sind sogenannte Planflächenstrahler



Flutlichtanlagen für Sportstätten besitzen eine extrem kurze jährliche Einschalt-dauer, die meist in den späten Herbstwochen, im Winter oder im frühen Frühjahr liegt. Diese Jahreszeiten sind für Insekten weniger relevant. Außerdem werden Flutlichtanlagen für Trainingszwecke in den meisten Fällen bis spätestens 22 Uhr ausgeschaltet.

- Da bei der Planung von Beleuchtungsanlagen ein Zuschlag von 25% auf die Nenn-beleuchtungsstärke wegen Alterung und Verschmutzung gefordert wird, liegt die Lichtstärke zumindest am Anfang über der erforderlichen Stärke. Es ist zu prüfen, wodurch der Alterungsprozeß und die Verschmutzung der Leuchten verlangsamt bzw. verhindert werden kann.

Die physikalisch bedingte Lichtstromabnahme der Lichtquellen ist heute auf ein Minimum reduziert. Der Abnahme des Lichtstroms durch Alterungsprozesse, Staubablagerung und dergleichen kann durch Verwendung von Leuchten höherer Schutzart (IP 54; IP 65) entgegengewirkt werden. Im übrigen sind die in den DIN-Normen empfohlenen lichttechnischen Anlagewerte Mindestwerte, die sowohl wirtschaftliche und zunehmend auch ökologische Gesichtspunkte berücksichtigen. Aus physiologischen und Sicherheitsgründen sollten die DIN-Werte deutlich überschritten werden.

- Bei der Installation von Leuchten sollte darauf geachtet werden, daß diese nicht vor weißen, stark reflektierenden Fassaden oder in Gehölzgruppen angebracht werden, weil sich dadurch der Anlockeffekt der Leuchten verstärkt.

Bei der Installation von Beleuchtungsanlagen für Straßen und Wege ist ein bestimmtes Verhältnis von Lichtpunkthöhe zu Lichtpunktstand von etwa 1 zu 4 bis 1 zu 6 einzuhalten. Sofern es die örtlichen Verhältnisse gestatten, kann dieser Forderung an die Anordnung der Leuchten entsprochen werden, jedoch unter Einhaltung des notwendigen Verhältnisses von Lichtpunkthöhe zu Lichtpunktstand. Die Beleuchtung von Parks kann im allgemeinen um 23 bis 24 Uhr zurück-genommen bzw. ganz abgeschaltet werden. Sie sollte in Absprache und im Ein-klang mit den kommunalen Vertretern so gewählt werden, daß die Notwendigkeit der Beleuchtung zur Abwehr von Gefahren zusammen mit den Umweltinteressen angemessen berücksichtigt wird.

Beleuchtungsstärke E	<p>auf eine Fläche A_2 auffallender Lichtstrom ϕ</p> $E = \phi/A_2$ <p>Maßeinheit: Lux; lx</p>
Lichtstärke I	<p>der in einer bestimmten Richtung in einem kleinen Raumwinkel Ω ausgestrahlte Lichtstrom ϕ, bezogen auf diesen Raumwinkel</p> $I = \phi/\Omega$ <p>Maßeinheit: Candela; cd</p>
Raumwinkel Ω	<p>Flächeninhalt eines Ausschnittes A aus einer Kugeloberfläche zum Quadrat des Kugelradius r</p> $\Omega = A/r^2$ <p>Maßeinheit: Steradian; sr</p>
Lichtstrom ϕ	<p>photometrisch – vom Auge entsprechend der Hellempfindlichkeitsfunktion $V(\lambda)$ – bewertete Strahlungsleistung (Strahlungsfluß)</p> <p>Maßeinheit: Lumen; lm</p>
Leuchtdichte L	<p>Lichtstärke $I(\varepsilon_1)$ einer leuchtenden oder beleuchteten Fläche A_1 in Richtung des Ausstrahlungswinkels ε_1 bezogen auf die unter dem Winkel ε_1 gesehene Fläche A_1</p> $L = I(\varepsilon_1)/A_1 \cos \varepsilon_1$ <p>Maßeinheit: Candela/Quadratmeter; cd/m²</p>
Lichtausbeute η	<p>Verhältnis zwischen abgegebenem Lichtstrom ϕ und aufgenommener Wirkleistung P einer Lampe unter definierten Betriebsbedingungen</p> $\eta = \phi/P$ <p>Maßeinheit: Lumen pro Watt; lm/W</p>
Beleuchtungswirkungsgrad η_B	<p>auf eine Fläche A_2 auffallender Nutzlichtstrom ϕ_N bezogen auf den Lichtstrom ϕ der frei strahlenden Lampe(n)</p> $\eta_B = \phi_N/\phi \text{ (dimensionslos)}$
Lampe	<p>technische Ausführung einer Lichtquelle (Leuchtmittel)</p>
Leuchte	<p>Gerät geeignet zur Verteilung des Lichtstroms von Lampen einschließlich der zur Befestigung, zum Schutz und zur Energieversorgung der Lampen notwendigen Bestandteile</p>
Spektrum	<p>spektrale Strahlungsleistung</p>

- [1] Insektenfreundliche Beleuchtungen, Auswirkungen großer Beleuchtungsanlagen auf nachtaktive Tiere, insbesondere Insekten.
Hrsg.: Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart, 1990
- [2] Geblendet.
Eine Information des Ministeriums für Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart, 1990
- [3] Überbelichtet.
2. Auflage 1991, sowie 3. überarbeitete und erweiterte Auflage
Herausgeber: Naturschutzbund Deutschland (NABU), Landesverband Baden-Württemberg e. V., Max-Planck-Straße 10, 70806 Kornwestheim
- [4] Insektenaktivitäten unter dem Einfluß der Beleuchtung. Referat von Dr. Wasner, Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung, Nordrhein-Westfalen (LÖLF), vor der Lichttechnischen Gesellschaft des Ruhrgebiets, Essen, 12. 12. 1990
- [5] Wirkung verschiedener Lichtquellen der Straßenbeleuchtung auf nachtaktive Insekten.
Zwischenbericht einer Untersuchung für den Hessischen Städte- und Gemeindebund (1989) von H. Weber, Stuttgart (nicht veröffentlicht)
- [6] Menzel, R. Spectral sensitivity and colour vision in invertebrates, in: Autrum, H. (Hrsg.): Handbook of Sensory Physiology; Vol. VII / 6A pp. 503-580; Berlin, Heidelberg, New York: Springer (1979)
- [7] Cleve, K. Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge.
Nachrichten der Bayerischen Entomologen, 1967, 16. Jg. Nr. 5/6 S. 33-55
- [8] Gefährdung nachtaktiver Insekten durch Außenbeleuchtung; Vorschläge für eine umweltfreundliche Beleuchtung.
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 10. 04. 1995, Az. 8/3 - 8436.3- 7289

- [9] Bauer, R. Untersuchung zur Anlockung von nachtaktiven Insekten durch Beleuchtungseinrichtungen; Diplomarbeit Uni Konstanz 1993; Matr. Nr. 01/206853
- [10] Beckmann, D. Nebenwirkungen des Lichtes und ihre Bewertung; UV- Strahlung, radioaktive Strahlung, Artenschutz. Tagungsberichte, LICHT 92 Saarbrücken S. 13-24. Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LITG), Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin
- [11] Licht und Umwelt; Energiebilanz, Entsorgung von Entladungslampen, Radioaktivität, UV- Strahlung, Artenschutz. Osram GmbH, München, 1994
- [12] Henke, H. Empfehlungen für eine umweltverträgliche Außenbeleuchtung. Mitteilung des Beauftragten für Naturschutz und Landschaftspflege des Landkreises Peine v. 24. 08. 1991
- [13] Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen. LITG-Publikation Nr. 12.2, 2. überarbeitete Auflage, 1996 Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LITG), Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin
- [14] Richtlinien für die Beleuchtung in Anlagen für Fußgängerverkehr. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 1987
- [15] Auswirkungen von Lichtimmissionen auf die nachtaktive Insektenfauna. Fortbildungsveranstaltung des Ministeriums für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Nov. 1995
- [16] Uschkamp, G. Straßenbeleuchtung und Verkehrssicherheit. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft Verkehrstechnik V 14, Bergisch Gladbach, Februar 1994
- [17] Painter, K. The Impact of Streetlighting on Crime, Fear, and Pedestrian Street Use. Security Journal 5 (1994), S. 116
- [18] DIN 5044, Teil 1 Ortsfeste Verkehrsbeleuchtung; Beleuchtung von Straßen für den Kraftfahrzeugverkehr; Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte. September 1981, Beuth Verlag GmbH, Berlin

Aktuell wird am Institut für Zoologie der Universität Mainz, Arbeitsgruppe Prof. Dr. Gerhard Eisenbeis, eine Untersuchung zum Thema „Einfluß der Straßenbeleuchtung auf den Insektenflug“ durchgeführt. Erste Zwischenergebnisse deuten darauf hin, daß die wirtschaftlichen Natriumdampflampen signifikant weniger Insekten anlocken. Die endgültige Auswertung der Untersuchung soll im Frühjahr 1998 vorliegen.