

Transmission der Cornealinsen von Bremsen (Tabanidae) und Langbeinfliegen (Dolichopodidae)

Klaus Lunau & Helge Knüttel
 Institut für Zoologie, Universitätsstr. 31, D-93040 Regensburg

Fragestellung

Die Komplexaugen mancher Bremsen (Tabanidae) zeichnen sich durch auffällige Farbmuster aus. Metallisch glänzende, farbige Komplexaugen kommen außer bei Bremsen regelmäßig nur bei Langbeinfliegen (Dolichopodidae) und vereinzelt bei einigen weiteren Familien der Brachycera vor [14,15]. Bei den metallisch glänzenden, außerordentlich satten Augenfarben handelt es sich um Strukturfarben, die durch den Schichtenbau der Cornealinsen verursacht werden [1,3,4,12]. Die Cornealinsen sind im apikalen Bereich wie Interferenzfilter aus alternierenden optisch dichten und optisch dünnen Schichten gebaut sind und reflektieren bevorzugt Wellenlängen von 4-facher Schichtdicke [2,3]. Die Funktion der farbigen Cornealinsen ist unbekannt. Eine Funktion der reflektierten Farbmuster als Signal ist ebenso möglich wie eine Funktion bei der Wahrnehmung von optischen Reizen. Da das reflektierte Licht nicht zu den Photorezeptoren gelangt, wird die spektrale Zusammensetzung von Lichtreizen beim Durchtritt der Cornealinsen verändert. Ziel dieser Arbeit ist es durch mikrospektrophotometrische Messungen der spektralen Transmission einzelner Cornealinsen eine quantitative Abschätzung der Veränderung der spektralen Zusammensetzung von Licht beim Durchtritt der Cornea zu erfassen.

Schlussfolgerung

Die spektralen Transmissionskurven zeigen, daß die farbigen Cornealinsen als selektive Filter die spektrale Zusammensetzung von Lichtreizen beim Durchtritt der Cornealinsen verändern. Im Zusammenhang mit Beobachtungen des Balzverhaltens von Tabaniden und Dolichopodiden prüfen wir die Hypothese, daß durch die selektive Filterwirkung der farbigen Cornealinsen die Wahrnehmung von Balzsignalen im Balzhabitat verbessert sein könnte. Eine mögliche Funktion der farbigen Cornealinsen könnte daher das selektive Herausfiltern von Licht aus Wellenlängenbereichen sein, die vom Hintergrund bevorzugt emittiert werden, so daß der Kontrast von weißen Körpersignalen zum Hintergrund verbessert werden würde. Da die spektrale Zusammensetzung des Lichtes, das die Photorezeptoren erreicht, auch für die Photorekonversion von Bedeutung ist, könnten die farbigen Cornealinsen auch das Gleichgewicht zwischen Rhodopsin und Metarhodopsin beeinflussen. Die meisten Metarhodopsine sowohl der UV-, als auch der Blau- und Grünrezeptoren von Insekten haben ein überestimmendes Absorptionsmaximum bei 470 nm - 500 nm [13]. In diesem Wellenlängenbereich wurden bislang nur wenige Transmissionsminima von Cornealinsen gefunden. Durch diese Verhältnisse wird bei hohen Umgebungslichtintensitäten durch die von farbigen Cornealinsen verursachte verminderte Transmission weniger Rhodopsin in Metarhodopsin konvertiert, jedoch die Rekonversion von Metarhodopsin zu Rhodopsin nicht beeinflusst. Das kann zu einem hohen Rhodopsinanteil in den Photorezeptoren beitragen. Dolichopodiden balzen in extrem reich strukturierten Habitaten, in denen ein Hintergrund aus beschatteten und sonnenbeschienenen Laubblättern häufig vorkommt [6-10]. Laubblätter haben im grünen Wellenlängenbereich bei 550 nm sowohl ein Maximum der Reflexion als auch ein Maximum der Transmission. Beides beeinflusst die spektrale Lichtzusammensetzung in Habitaten unter einem grünen Blätterdach entscheidend [5]. Die unter diesen Bedingungen präsentierten weißen Balzsignale erscheinen in jedem Fall kontrastreicher, wenn die Hintergrundfarbe durch grüne Cornealinsen selektiv herausgefiltert wird. Auch viele Tabaniden balzen in Canopyhabitats, und zwar oft unter den extremen Lichtbedingungen des sehr frühen Morgens bei Seimlingsfang [11,12,16,17]. Tabaniden besitzen ebenfalls weiße Körpermarkierungen an den Beinen, auf den Flügeln und am Kopf, deren Funktion in der Balz jedoch nicht bekannt ist. Bei Tabaniden wurden neben grünen Cornealinsen auch solche gefunden, die ein Minimum der Transmission im kurzwelligen Bereich, im Blau und im UV haben. Solche Cornealinsen würden sich eignen, um weiße Signalflecken vor dem Hintergrund eines blauen Himmels kontrastreich wahrzunehmen. Bei Dolichopodiden spielen die Cornealinsen möglicherweise eine besondere Rolle bei der Wahrnehmung der metallischen, grünlichen Cuticulafarbe [7]. Die Interferenzfarben der Cuticula sind stark abhängig vom Lichteinfallswinkel und von der Orientierung der Oberfläche. Unter natürlichen Lichtbedingungen entsteht am runden Thorax und am Abdomen ein auch für den Menschen sichtbarer Farbgradient mit grünem Zentrum und rötlicher Peripherie. Durch grüne Facetten betrachtet, erschiene solche eine Fläche für eine Dolichopode im Zentrum dunkler, durch rote Facetten betrachtet erschiene sie im Zentrum heller. Dadurch entstünden ideale Voraussetzungen, um eine grüne Fliege in einer grünen Umgebung zu erkennen.

Methodik

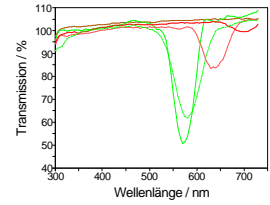
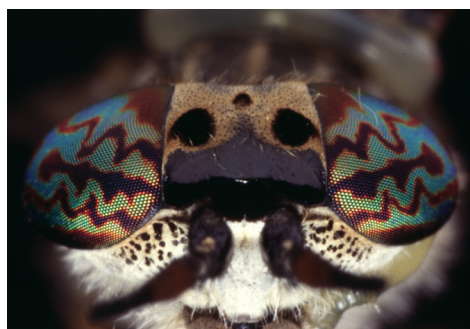
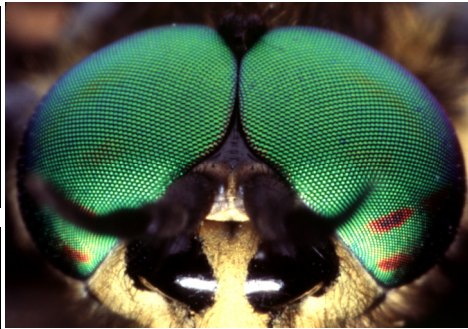
Die Transmission einzelner Cornealinsen wurde mit einem Benham Mikrospektrophotometersystem (Monochromator M300EA, Photomultiplier DH3) gemessen, das mit einem UV-durchlässigen Objektiv (Zeiss Ultrafluor 32x; Apertur: ϕ 0,12 mm) kombiniert war. Als Lichtquelle wurde eine 75 Watt Zeiss Xenon-Lampe verwendet. Der Lichtstrahl wurde in rechtem Winkel zur Corneaoberfläche und zum Objektiv einjustiert. Der Durchmesser des Meßflecks betrug 10 μ m. Die Cornea dekapiertier Fliegen wurde in Fliegen-Ringer-Lösung (150 mM NaCl, 10 mM KCl, 2 mM CaCl₂) präpariert. Die mit einem Retouchierpinsel gereinigte Cornea wurde nach mehreren Einschnitten zwischen 2 Deckgläsern gebracht, das Präparat mit Vaseline abgedichtet. Die Deckgläser wurden auf die Bohrung eines Objektträgers montiert, so daß der Meßlichtstrahl durch Deckgläser, Ringer-Lösung, die Cornealinsenmitte in physiologisch orthodromer Richtung, Ringer-Lösung und Deckgläsern führte. Die Berechnung der spektralen Transmission erfolgte aus einer solchen Originalmessung und einer Vergleichsmessung in unmittelbarer Nähe der Originalmessung, jedoch ohne Cornea im Strahlengang.

Ergebnisse

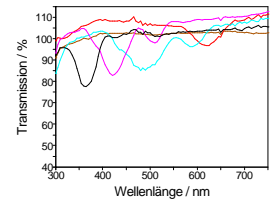
Die räumliche Anordnung der Farbmuster in den Komplexaugen der vier hier dargestellten Arten ist auf den Farbphotos zu erkennen. Die spektrale Transmission ist jeweils neben den Farbphotos dargestellt. Die Transmissionskurven sind in der Farbe dargestellt, die die gemessenen Facetten reflektieren (siehe Photos). Kurven, die ausschließlich bei Männchen gefunden wurden, sind gestrichelt gezeichnet. Bei allen bislang untersuchten Arten vermindern die farbigen Cornealinsen in einem engen, <100 nm großen Wellenlängenbereich die Transmission des einfallenden Lichtes um maximal ca. 50%. Daneben wurden bei Bremsen auch Augenbereiche mit Cornealinsen gleichmäßiger, hoher Transmission gefunden, die die spektrale Zusammensetzung von durchtretendem Licht nicht verändern. Sowohl bei Bremsen als auch bei Langbeinfliegen kommen auch Arten mit einfarbig grünen metallisch glänzenden Komplexaugen und Arten ohne Metallglanz der Komplexaugen vor.

Literatur

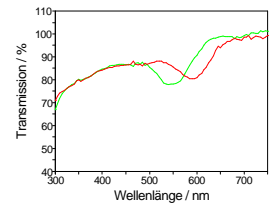
(1) Bernard GD (1971): J Insect Physiol 17, 2287. (2) Bernard GD, Miller WH (1968): Invest Ophthalmol 7, 416. (3) Bernard GD, Gemme G, Seitz G (1972): In: Handbook of sensory physiology, vol. VIII, 357. Autrum H, et al. (Eds.), Springer, Berlin. (4) Burakova OV, Mazokhin-Porshnyakov GA (1982): Ent Rev 61, 26. (5) Enderl JA (1993): Ecol Monogr 63, 1. (6) d'Assis Fonseca ECM (1978): In: Handbooks for the identification of British insects, vol. IX/5, 1. Watson, A. (Ed.), Royal Entomological Society of London. (7) Land MF (1993): J Comp Physiol A 173, 595. (8) Land MF (1993): J Comp Physiol A 173, 605. (9) Lunau K (1992): Zool Beitrage 24, 465. (10) Lunau K, Knüttel H (1994): Verh Dtsch Zool Ges 87, 1, 48. (11) Matsumura T (1984): Kontyû 52, 321. (12) Smith WC, Butler JF (1991): J Insect Physiol 37, 287. (13) Stavenga DG (1992): Trends Neurosci 15, 213. (14) Steyskal, GC (1949): Bull Brooklyn ent Soc 44, 163. (15) Steyskal GC (1957): Bull Brooklyn ent Soc 52, 89. (16) Wilkerson RC, Butler JF (1984): Ann Entomol Soc Am 77, 293. (17) Wilkerson RC, Butler JF, Pechuman LL (1984): Myia 3, 515.



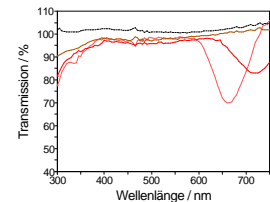
Chrysops relictus Meigen (Tabanidae): Die spektralen Transmissionskurven der Cornealinsen von grünen Facetten haben ein Minimum bei 570 nm mit nur 50% der Transmission im Vergleich zu den Wellenlängenbereichen <520 nm und >620 nm. Die dunkelbraunen Komplexaugenbereiche haben Cornealinsen mit gleichmäßiger und hoher Transmission von ca. 100% im gesamten gemessenen Wellenlängenbereich von 300 nm bis 700 nm. Männchen (Photo) besitzen ein in der Größe reduziertes Farbmuster im Ventralteil der Komplexaugen, der dorsale Bereich weist nur grüne Facetten auf.



Heptatoma pellucens F. (Tabanidae): In den regenbogenfarbenen Komplexaugenbereichen von Weibchen (Photo) liegen Cornealinsen mit Transmissionsminima im blauen (80%) bis roten (90%) Wellenlängenbereich. Die dunkelbraunen Facetten haben wiederum Cornealinsen mit gleichmäßig hoher Transmission. Eine Ausnahme machen dunkelbraune Facetten im äußersten Dorsalbereich des Komplexauges, deren Cornealinsen Transmissionsminima (75%) im ultravioletten Wellenlängenbereich haben.



Bei *Poecilobothrus nobilitatus* L. (Dolichopodidae) besitzen beide Geschlechter zwei Typen von Cornealinsen mit Transmissionsminima von 90% bei 650 nm, bzw. 550 nm. Wie bei allen untersuchten Arten der Dolichopodinae bilden diese beiden Typen bei beiden Geschlechtern ein regelmäßiges Farbmuster aus alternierenden Längsreihen von roten und grünen Facetten, das nahezu im gesamten Komplexauge ausgebildet ist.



Haematopota pluvialis L. (Tabanidae): Bei Männchen (oben) und Weibchen (unten) liegt das Minimum der Transmission der orangefarbenen Facetten (70%) bei 650 nm. Die Männchen besitzen dasselbe Muster nur im ventralen Augenteil, während der dorsale Bereich milchig und beige ist. Die Cornealinsen der dunkelbraunen und milchig beige Augenbereiche weisen eine gleichmäßig hohe Transmission von ca. 100% auf.