

Farbige Augen bei Insekten

Helge Knüttel & Klaus Lunau

Lehrstuhl Tierökologie I, Universität Bayreuth
Institut für Zoologie, Universität Regensburg

Abstract: Colored eyes in insects

Conspicuous, bright colorations of insect compound eyes may be caused by two different mechanisms resulting in different functions: 1) A thin layer of bright, light scattering pigment inside the pigment cells bordering cornea and crystalline cones may determine the eye's outer appearance when seen through the transparent dioptric apparatus. The insect's vision is not influenced by this phenomenon (STAVENGA 1979). The cornea transmits light equally well for all wavelengths involved in vision. As examples *Ischnura elegans* VAN DER LINDEN (Odonata: Coenagrionidae) and *Lathyrphthalmus aeneus* (SCOPOLI) (Diptera: Syrphidae) are presented. 2) Interference filters in the cornea cause colorful, metallic reflections. Transmission measurements of single cornea lenses revealed that the interference filters act as color filters by reducing transmission of light in a small limited waveband. These filters influence vision, because they change the spectral composition of visual stimuli. Results of transmission measurements of cornea lenses of *Heptatoma pellucens* FABRICIUS (Diptera: Tabanidae) and *Poecilobothrus nobilitatus* LINNÉ (Diptera: Dolichopodidae) are given.

Key words: compound eye, interference filter, cornea, pigment, color pattern, visual signals.

Dipl. Biol. H. Knüttel, Lehrstuhl Tierökologie I, Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth
Dr. K. Lunau, Institut für Zoologie, Universitätsstr. 31, D-93040 Regensburg

Die Farbe der Komplexaugen von Insekten wird im allgemeinen durch die schwarzen, dunkelbraunen oder roten Schirmpigmente in den primären und sekundären Pigmentzellen bestimmt, die durch den dioptrischen Apparat sichtbar sind. Die dunklen, schwarzen, braunen oder roten Schirmpigmente absorbieren Licht im gesamten für die Insekten sichtbaren Wellenlängenbereich; dadurch werden die einzelnen Ommatidien im Auge optisch voneinander isoliert (STAVENGA 1979). Neben den typischen, dunkelgefärbten Komplexaugen fallen aber bei einer ganzen Reihe von Insekten aus verschiedenen Taxa Komplexaugen mit helleren, oft auffälligen Färbungen und Farbmustern auf. Das Aussehen dieser farbigen Augen ist auf zwei grundsätzlich unterschiedliche Ursachen zurückzuführen, die auch unterschiedliche Funktionen bedingen: Schirmpigmente und Cornea-Interferenzfilter.

Material und Methoden

Die spektrale Transmission einzelner Linsen isolierter Corneae frischgetöteter Tiere wurde im Bereich von 300 nm bis 700 nm vermessen. Der Durchmesser des Meßflecks betrug 10 µm. Die Präparation erfolgte in Insekten-Ringer-Lösung, in der sich das Präparat auch bei der Messung befand. Die Beleuchtung erfolgte in physiologisch orthodromer Richtung. Werte für die Transmission von Cornealinsen über 100 % sind auf die lichtsammelnde Eigenschaft der Linsen zurückzuführen. Die Messung der Transmission von Klumpen von Schirmpigment erfolgte an gleichermaßen präparierten Tieren. Unterschiedliche Pigmenttypen eines Auges konnten bereits visuell differenziert werden. Zusätzliche, zur Kontrolle ausgeführte Messungen einer Anzahl von Pigmentklumpen ergaben darüber hinaus keine weiteren Pigmente. Die Absolutwerte für die spektrale

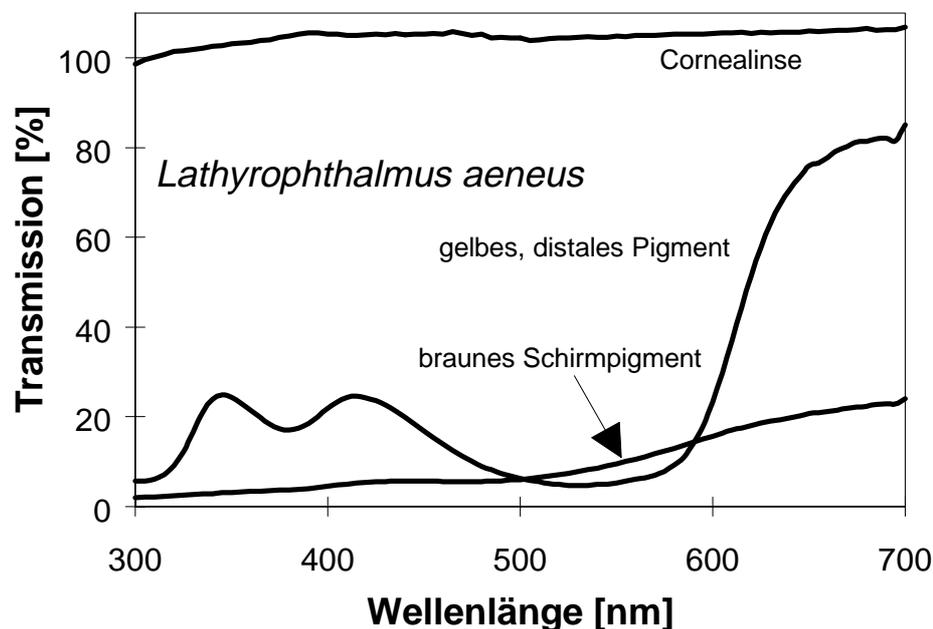
Transmission des Schirmpigments sind nur auf die Größe der vermessenen Klumpen zurückzuführen. Die Versuchstiere stammten aus Freilandfängen in der Umgebung von Regensburg.

Ergebnisse

1. Pigmentfarben

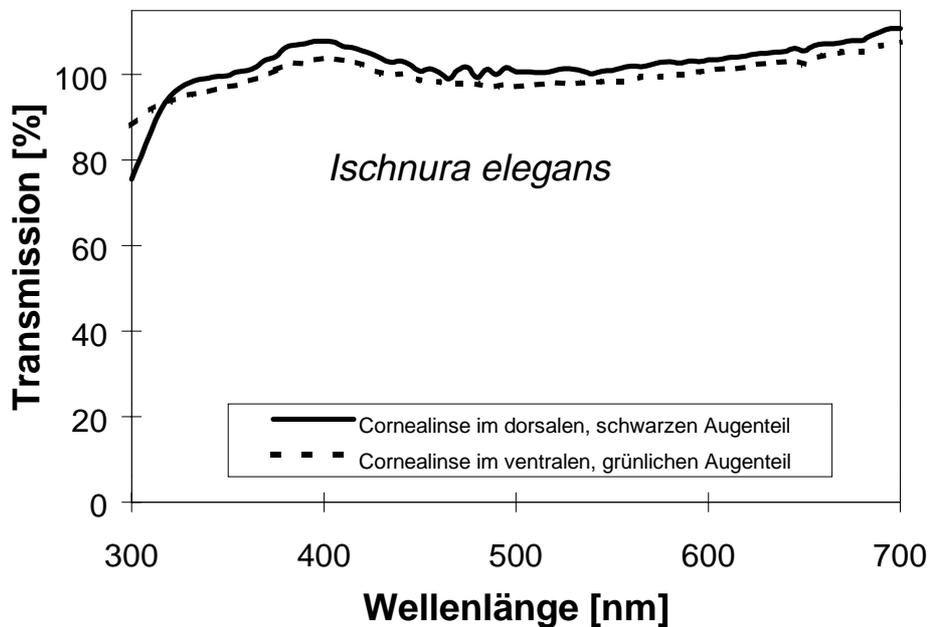
Distal des dunklen Schirmpigments können sich schmale Bereiche mit anderen, hellen, stark lichtstreuenden Pigmenten befinden. Das von diesem distalen Bereich mit hellem Pigment diffus reflektierte, aus dem Auge tretende Licht verursacht das äußere Erscheinungsbild, da das proximal liegende dunkle Schirmpigment verdeckt wird. Bei den bisher untersuchten Arten mit diesen Augen haben die distalen, hellen Pigmente keinen Einfluß auf das Sehen der Tiere, sondern nur auf ihr Aussehen (STAVENGA 1979). Arten mit diesem Augentyp finden sich u. a. bei den Odonata, Saltatoria, Lepidoptera, Hymenoptera und Diptera. Vorgestellt werden eine Schwebfliege und eine Kleinlibelle mit solchen Augen.

Die Augen der Schwebfliege *Lathyrophthalmus aeneus* (SCOP.) (Diptera: Syrphidae) sind von hellgelber Färbung mit zahlreichen, dunkelbraunen Flecken von jeweils mehreren Facetten Ausdehnung. Die gelbe Färbung ist auf ein gelbes, lichtstreuendes Pigment im distalen Teil der Ommatidien zurückzuführen, das das darunterliegende, dunkelbraune Schirmpigment überdeckt; in den Ommatidien der dunklen Flecken reicht dieses bis an die Cornea (STAVENGA 1979, eig. Untersuchungen). Die Pseudopupille (Hauptpupille) erscheint auch in den hellen Augenbereichen dunkelbraun, da hier durch den dioptrischen Apparat direkt das dunkle Schirmpigment betrachtet wird (STAVENGA 1979). Die Cornealinsen dunkler und heller Augenbereiche weisen eine gleichmäßig hohe Transmission über den ganzen vermessenen Wellenlängenbereich hinweg auf. Das gelbe Pigment läßt gelbes und rotes Licht weitgehend sowie etwas ultraviolettes und blaues Licht passieren. Das braune Pigment absorbiert stark im gesamten, betrachteten Spektrum, v.a. im kürzerwelligen Bereich.



Bei der Kleinlibelle *Ischnura elegans* VAN DER LINDEN (Odonata: Coenagrionidae) sind die Komplexaugen in das allgemeine Körperfarbmuster integriert: Der dorsale Augenteil ist schwarz, der ventrale blaugrün gefärbt, wie jeweils angrenzende Körperpartien. Im gesamten Auge ist das schwarze Schirmpigment vorhanden. Die blaugüne Farbe des ventralen Augenteils ist auf ein zusätzliches, distal gelegenes, helles

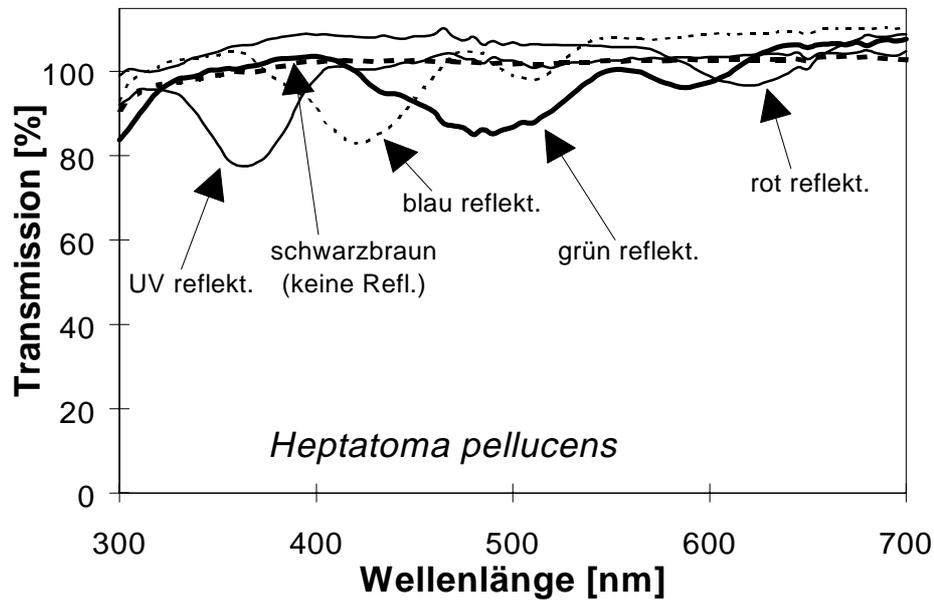
Pigment zurückzuführen, das im dorsalen Augenteil fehlt. Die Cornealinsen aller Augenbereiche weisen eine hohe Transmission im gesamten Wellenlängenbereich auf, für den bei Insekten Sehen nachgewiesen wurde.



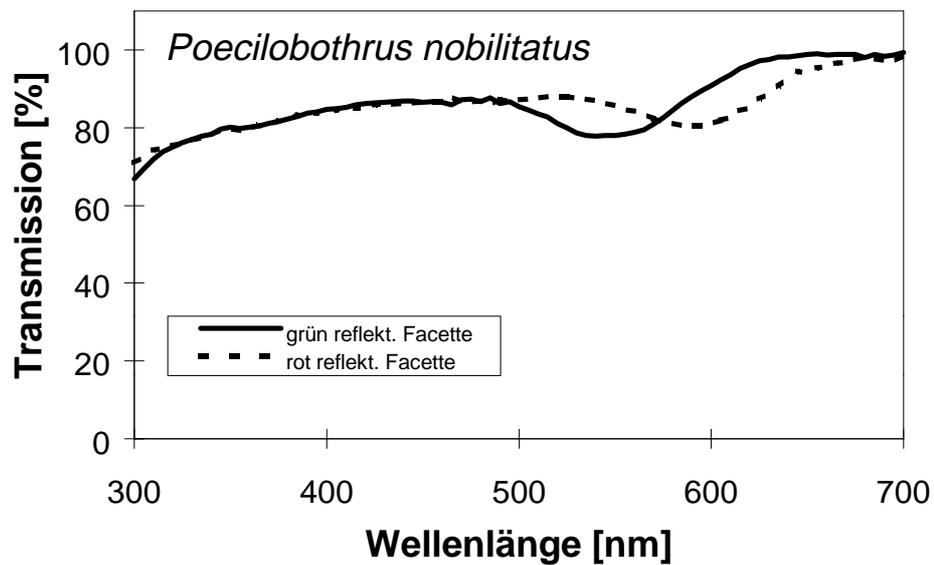
2. Cornea-Interferenzfilter

Die Augen einiger Dipteren weisen metallisch glänzende, farbige Reflexionen auf, die durch Interferenzfilter in der Cornea verursacht werden (BERNARD 1968). Mikrospektrophotometrische Untersuchungen der Transmission einzelner Cornealinsen solcher Augen bei Tabanidae und Dolichopodidae zeigten, daß die Interferenzfilter als selektive Farbfilter wirken, die die ins Auge gelangenden Lichtreize durch Reflexion bestimmter Wellenlängenbereiche in ihrer spektralen Zusammensetzung verändern. Neben einer möglichen Signalfunktion haben die Corneafilter auch Auswirkungen auf die Wahrnehmung optischer Reize. So könnten artspezifische, weiße Balzsignale vor einem farbigen Hintergrund kontrastreicher wahrgenommen werden; aufgrund der Photorekonversion der Sehfärbstoffe könnte das Verhältnis von Rhodopsin und Metarhodopsin in den Photorezeptoren günstig beeinflusst werden (LUNAU & KNÜTTEL 1995, 1996). Exemplarisch wird die Transmission der Cornea-Interferenzfilter je einer Tabanide und einer Dolichopodide dargestellt.

Das Auge von *Heptatoma pellucens* FABRICIUS (♀) (Diptera: Tabanidae) weist mehrere farbige, ortsfeste Streifen auf, deren Facetten Licht charakteristischer Farbe reflektieren. Das reflektierte Licht gelangt nicht zu den Photorezeptoren. Die Farbe des reflektierten Lichts korrespondiert mit der Lage einer relativ schmalbandigen Erniedrigung der Transmission der Cornealinsen. Bei *Heptatoma pellucens* kommen Cornealinsen vor, die ultraviolettes (UV), blaues, grünes, gelbes, oranges oder rotes Licht reflektieren, sowie Cornealinsen, die kein Licht im vermessenen Wellenlängenbereich reflektieren (vgl. unterschiedliche Kurven in Abbildung).



Die Augen von *Poecilobothrus nobilitatus* LINNÉ (Diptera: Dolichopodidae) weisen im frontoventralen Augenteil alternierende Längsreihen von roten und grünen Facetten auf. Entsprechend ist die Transmission der Cornealinsen im roten oder grünen Wellenlängenbereich reduziert.



Literatur

BERNARD, G.D. (1968): Interference filters in the corneas of diptera. - *Invest. Ophthalm.* 7: 416-434.
 LUNAU, K., KNÜTTEL, H. (1995): Vision through colored eyes. - *Naturwissenschaften* 82: 432-434.
 LUNAU, K., KNÜTTEL, H. (1996): Optische Signale in der Balz von Fliegen. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* 89.1: 282.
 STAVENGA, D.G. (1979): Pseudopupils of compound eyes. in Autrum, H.: *Handbook of sensory physiology VII/6A*. pp. 357-439. Springer, Berlin.