

# Farbige Augen bei Insekten

H. KNÜTTEL\*, K. LUNAU

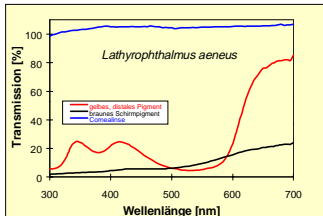
Institut für Zoologie, Universitätsstr. 31, D-93040 Regensburg

\*jetzt: Lehrstuhl Tierökologie I, Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth

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. 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:

## Pigmentfarben

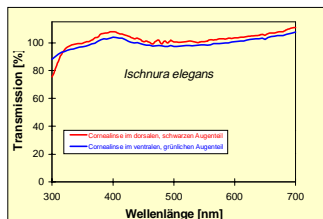
Distal des dunklen Schirmpigments befinden sich schmale Bereiche mit anderen, hellen, stark lichtstreuenden Pigmenten. Das vom hellen Pigment diffus reflektierte, aus dem Auge tretende Licht verursacht das äußere Erscheinungsbild, das das proximal liegende dunkle Schirmpigment verdeckt wird. Bei den bisher untersuchten Arten mit diesen Augen haben die distalen, hellen Pigmente **keinen Einfluß auf das Sehen der Tiere**, sondern nur auf ihr Aussehen[1]. 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 *Lathyrphthalma aeneus* (Diptera: Syrphidae) sind von hellgelber Färbung mit dunkelbraunen Flecken von 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 [1, eig. Untersuchungen]. Die Pseudopupille (Hauptpupille) erscheint auch in den hellen Augenbereichen dunkelbraun, da hier durch den dioptrischen Apparat direkt das dunkle Schirmpigment betrachtet wird. Die Corneallinien 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* (Odonata: Coenagrionidae) sind die Komplexaugen in das allgemeine Körperfarbmuster integriert: Der dorsale Augenteil ist schwarz, der ventrale blaugrün gefärbt, wie angrenzende Körperpartien. Im gesamten Auge ist das schwarze Schirmpigment vorhanden. Die blaugrüne Farbe des ventralen Augenteils ist auf ein zusätzliches, distal gelegenes, helles Pigment zurückzuführen, das im dorsalen Augenteil fehlt. Die Corneallinien aller Augenbereiche weisen eine hohe Transmission im gesamten Wellenlängenbereich auf, für den bei Insekten Sehen nachgewiesen wurde.



## Methodik

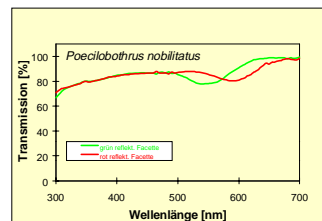
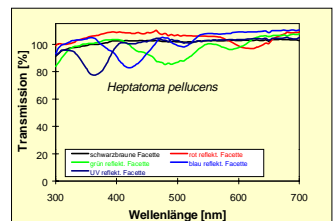
Es wurde die spektrale Transmission einzelner, isolierter Corneallinien frischer Tiere im Bereich von 300 nm bis 700 nm vermessen. Der Durchmesser des Meßfelds betrug 10 µm. Die Präparation erfolgte in Insekten-Ringer-Lösung, in der sich das Präparat auch bei der Messung befand. Die Beleuchtung erfolgte in physiologisch orthotomischer Richtung. Werte für die Transmission von Corneallinien über 100 % sind auf die lichtstreuende Eigenschaft der Linsen zurückzuführen. Die Messung der Transmission von Klumpen von Schirmpigment erfolgte an gleichermäßen präparierten Tieren. Die Absolutwerte für die spektrale Transmission des Schirmpigments sind nur auf die Größe der vermessenen Klumpen zurückzuführen.

## Cornea-Interferenzfilter

Die Augen einiger Dipteren weisen metallisch glänzende, farbige Reflexionen auf, die durch Interferenzfilter in der Cornea verursacht werden [2]. Mikrospektrophotometrische Untersuchungen der Transmission einzelner Corneallinien solcher Augen bei Tabanidae und Dolichopodidae zeigen, daß die **Interferenzfilter als selektive FarbfILTER** wirken, die die ins Auge gelangenden Lichtreize durch selektive 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 [3,4]. Exemplarisch werden die Cornea-Interferenzfilter einer Tabanidae und einer Dolichopodidae präsentiert.



Das Auge von *Heptatoma pellucens* (Diptera: Tabanidae) weist mehrere farbige, ortsfeste Streifen auf, deren Facetten Licht charakteristischer Farbe reflektieren. Das reflektierte Licht gelangt nicht weiter ins Auge und bewirkt somit eine relativ schmalbandige Erniedrigung der Transmission der Corneallinien. Bei *Heptatoma pellucens* kommen Corneallinien vor, die ultraviolette (UV), blaues, grünes, gelbes, oranges oder rotes Licht reflektieren.



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



## Literatur

- [1] Slavenka, D.G. (1979) Pseudopupils of compound eyes, in Autrum, H.: Handbook of sensory physiology VII/6A, Springer, Berlin.
- [2] Bernard, G.D. (1968) Interference filters in the corneas of diptera. *Invest. Ophthalmol.* 7:416-434.
- [3] Lunau, K., Knüttel, H. (1995) Vision through colored eyes. *Naturwissenschaften* 82, 432-434.
- [4] Lunau, K., Knüttel, H. (1996) Optische Signale in der Balz von Fliegen. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* 89, 1-282.