Zeitschrift: Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Baselland
Band: 36 (1990)

Artikel: Das Auge und die Sehweise des Mauerseglers Apus apus
Autor: Brückner, Roland
Kapitel: 6: Einfangen und Luftplankton
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-676530

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

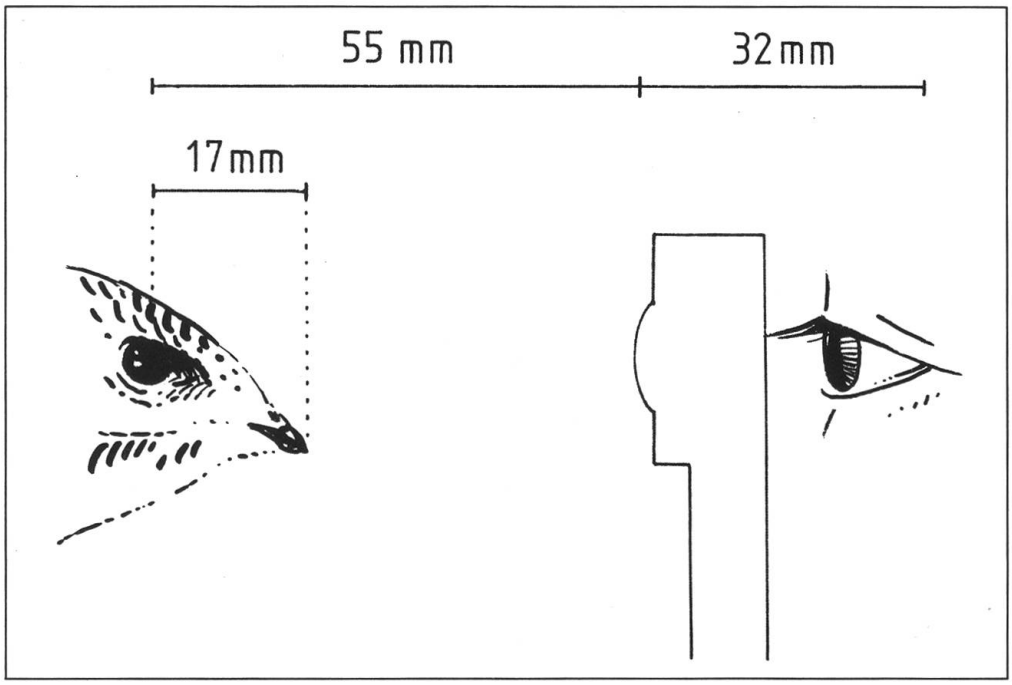

Abb. 13: Transillumination und Ophthalmoskopie am Seglerauge. In den hier angegebenen Distanzen 55+32=87 mm sah ich beim Hin- und Herschwenken des Ophthalmoskopes die rechte und die linke Fovea; siehe auch den Text.

Die Durchleuchtung der Pupille im *horizontalen* Umkreis ergibt *nach hinten* einen toten Winkel von 56°, *nach vorne* endet der tote Winkel 4½ cm vor dem Auge, bzw. 2,8 cm vor der Spitze des geschlossenen Schnabels *(Abb. 12)*. Das Gesichtsfeld misst im horizontalen Umfang 164°. Durch Überlappung der Gesichtsfelder um je 12° entsteht *vorne* ein Binokularfeld von 24°.

Ging ich auf 9 cm Distanz, so traf ich genau von vorne beim Hin- und Herschwenken des Ophthalmoskopes in jeder Netzhaut die Fovea, d. h. mein Auge befand sich im *bifovealen Fixierpunkt (Abb. 13)*. Noch näher zur Schnabelspitze geriet das Lichtbüschel in Regionen lateral der Foveae.

6 Einfangen von Luftplankton

Mit schnellen Flügelschlägen, unterbrochen von kurzen Segelperioden, eilen die Geschöpfe geradeaus, leicht nach rechts, nach links, auf- oder abwärts. Diese Linienführungen unterbrechen sie in unregelmässigen Abständen durch Zacken nach aufwärts, rechts, links, rechts aufwärts, links aufwärts und abwärts. Jede «Zacke» dürfte der Aufnahme eines Insektes gelten. Fluggeschwindigkeit, Zielobjekte und die Struktur der Netzhaut führen im einzelnen zu folgender Vorstellung *(Abb. 14)*: Fällt der genügend reizintensive

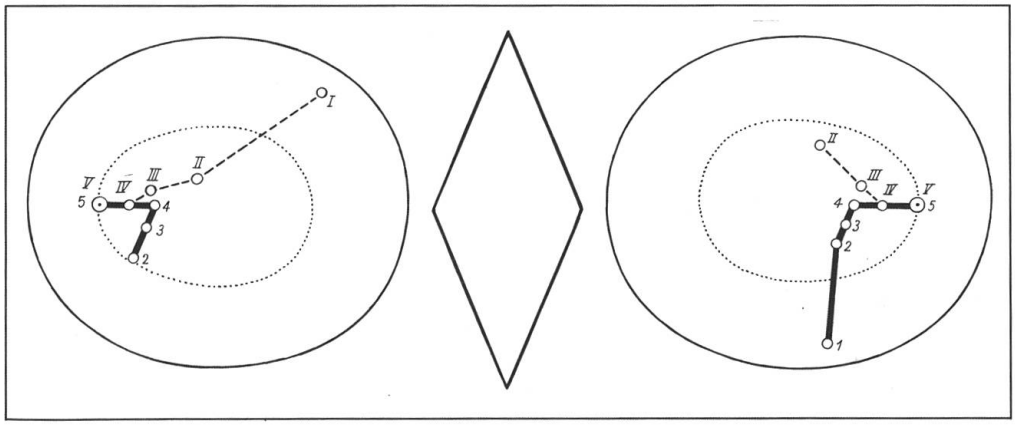

Abb. 14: Konstruktion der Bildpunktwanderung in beiden Netzhäuten beim Insektenfang. Zwischen beiden Netzhäuten ist der weitgeöffnete Schnabel als Rhombus dargestellt. Die Foveae (kleine Kreislein mit schwarzem Mittelpunkt) befinden sich am temporalen Rand je der grossen Zapfenfelder (letztere feinpunktiert umrandet).
Schematisch sind zwei Fangakte dargestellt:
Arabische Zahlen: In der unteren Peripherie der linken Netzhaut taucht der Bildpunkt eines Insektes auf (1). Eine Wendung aufwärts bringt das Bild ins «grosse Zapfenfeld» (2). Der Bildpunkt (2) taucht jetzt auch im «grossen Zapfenfeld» der rechten Netzhaut auf. Sieht der Vogel jetzt doppelt? Jedenfalls steuert er auf bi-(mono-)okulare «Verschmelzung» hin. Bei (3) ist in bezug auf die Sagittalebene Symmetrie der Bilder erreicht. Noch ist eine Höhenkorrektur erforderlich. In (4) ist vollkommene bimonokulare Symmetrie hergestellt, und der Bildpunkt «rast» beidseits gleichzeitig in die Fovea.
Römische Zahlen: Es ist angenommen, der Bildpunkt eines Insektes erscheine zuerst in der oberen nasalen Peripherie der rechten Netzhaut. Über die Zwischenschritte II, III, IV wird wieder Symmetrie hergestellt. Ende der «Fahrt» wie im vorhergehenden Beispiel in beiden Foveae und unmittelbar darnach im Schlund des geöffneten Schnabels.

Bildpunkt eines Insektes auf eine beliebige Stelle einer Netzhaut (der linken oder der rechten) ausserhalb der Fovea, so vollführt der Vogel eine Wendung mit dem *vorletzten* Ziel, den Bildpunkt in beide Foveae zu verlagern. Das kann nicht ruckweise, sondern muss, wenn auch in «scharfer», so doch kontinuierlicher Kurve geschehen. Diese Wendung – wir nannten sie «Zacke» –, die wir nachfolgend in Einzelschritte zerlegen, entspricht sozusagen *einer* einzigen zusammenhängenden «optisch ausgelösten» Einstellbewegung. Die Beweglichkeit der Augen für sich allein ist hierfür zu gering; der gesamte Körper führt die «Einstellung» aus.

Ist die Wendung teilweise vollzogen, soll das Bild auch in der anderen Netzhaut auftauchen und schnellstens beidseits ins grosse Zapfenfeld einfahren (bi-monoculare Wahrnehmung). Die dann von den rechts- und linksseitigen «grossen Zapfenfeldern» aus induzierte Flugsteuerung stellt *Symmetrie* der Bildlage in beiden Augen her. Geringe Auf- oder Abwärtssteuerung bringt das Bild beidseits auf eine Gerade, die man als Verbindung von Schnabelwinkel und Fovea konstruieren kann *(Abb. 14),* und diese ist die

«Landepiste», auf welcher der Bildpunkt beidseits exakt zu gleicher Zeit in die Fovea «hineinrollt». Ist das geschehen, «landet» – *letztes Ziel* – einen Sekundenbruchteil später das reale Objekt, das Insekt, unverfehlbar im geöffneten Schlund des Vogels, – in jedem Seglerleben wohl einige Millionen mal. Während des doppelten «Landemanövers» sind – so muss man annehmen – beide Netzhäute für neue Bildpunktreize gehemmt und erst nach vollendetem Manöver wieder frei. Ambivalenz wäre gewiss abträglich.

7 Stereopsis?

Wenn sich linkes und rechtes Gesichtsfeld frontal vor den Augen überschneiden, postulieren die einen – und reden die andern von – Stereopsis (d. h. plastischem Tiefensehen). Angesichts der *totalen* Sehnervenkreuzung, die bei Vögeln besteht, ist die Frage erlaubt, ob hier nicht nur eine hochpräzise doppelte Sicherung realisiert ist; doch um die Annahme einer *Koordination* der bi-monocular aufgenommenen Foveabilder zu einer einheitlichen Wahrnehmung im Gehirn kommt man nicht herum.

Chamäleons (Harkness 1977), auch Kröten (Collet 1977) messen die Distanz zu ihrer Beute mit der zur Scharfeinstellung aufgebrachten Innervation der Akkommodation. Sicher ist beim Segler (bei Schwalben, Fliegenschnäpper u. a.) die Akkommodation ebenfalls integral ins Insektenfangverhalten eingebaut.

In Experimenten an Karpfen, Stichlingen, Haushuhn und Eichelhäher hat man auf «echte» (?) Stereopsis geschlossen (Literatur bei Tansley 1965).

Bei einer narkotisierten Schleiereule *(Tyto alba)* tasteten Pettigrew et al. (1976) mit Mikroelektroden den Wulst (den Hirnteil, der beim Vogel dem Grosshirn der Säuger entspricht) ab und fanden u. a. bestimmte Zellen, die (nur) dann «feuerten», wenn Lichtreize gleichzeitig auf einander entsprechende Netzhautfelder *beider* Augen einfielen.

Wenn Eulen Stereopsis zugeschrieben wird, so hat meines Wissens niemand dabei berücksichtigt, dass die Augen der Eulen *unbeweglich* in die Augenhöhlen eingemauert sind. Der Säuger bringt in beiden Netzhäuten entworfene Bilder der Aussenwelt durch *Fusionsbewegungen* (Verschmelzungsbewegungen, bei denen jederseit 6 äussere Augenmuskeln agieren) miteinander zur Deckung. Diese Fusion funktioniert für jede beliebige Entfernung. Gälte für die Eule das gleiche Prinzip, könnte sie nur in der einzigen Entfernung, in welcher die Sehachsen der beiden Foveae einander schneiden, fusionieren (und ob die Sehachsen überhaupt einander schneiden, ist noch zu untersuchen). Alle Objekte, die sich weiter entfernt oder näher als der supponierte Kreuzungspunkt befinden, müssten der Eule doppelt erscheinen. Natürlich trifft das nicht zu; d. h. hinsichtlich des Binokularsehens und einer möglichen Stereopsis bleibt die Eule sogar unter den Vögeln ein Sonderfall, der nicht verallgemeinert werden kann.

Fox et al. (1977) experimentierten mit einem (nicht narkotisierten) Buntfalken *(Falco sparverius)*. Dieser hat bewegliche Augen; er kann konvergie-