

Über das Sehvermögen der Insekten.

Von W. O. Focke und E. Lemmermann.

1. Einleitung.

Die Beziehungen zwischen Pflanzen und Insekten sind während der letzten Jahrzehnte nach den verschiedensten Richtungen hin untersucht worden. Bei einer Prüfung der Schlussfolgerungen, welche man aus den angestellten Beobachtungen gezogen hat, erkennt man bald, dass die Unsicherheit des Urteils über den Zusammenhang der Thatsachen in manchen Fällen aus unserer Unwissenheit über die Leistungsfähigkeit der Sinnesorgane bei den Insekten entspringt. Die in den letzten Jahren angestellten Untersuchungen über das Insektenauge bringen nun lehrreiche Aufschlüsse über das Wahrnehmungsvermögen dieser Tiere. Auf meinen Wunsch hat Herr Lemmermann den folgenden kurzen Bericht über die neueren Forschungen auf diesem Felde zusammengestellt.

F.

2. Über den Sehvorgang im Facettenauge.

Durch die mit grosser Sorgfalt ausgeführten Untersuchungen Grenacher's*) ist der anatomische Bau des Facettenauges der Insekten sehr genau bekannt geworden, und verweise ich deshalb auf die citierte Arbeit. Im Folgenden gebe ich nur eine kurze Zusammenfassung, so weit es für unsern Zweck nötig ist.

Alle Weichteile des Facettenauges sind von einer harten Chitinkapsel eingeschlossen, die nach aussen hin von einer durchsichtigen, mehr oder weniger stark gewölbten Cornea gebildet wird. Dieselbe ist bei den Insekten in viele, winzig kleine Felder, Facetten genannt, eingeteilt. Zu jedem dieser Gebilde gehört ein in radialer Richtung verlaufender Strang, der aus einem lichtbrechenden und einem lichtempfindlichen Körper besteht; jenen nennt man Kristallkegel und diesen Retinula. Die Zellen der letzteren tragen am vorderen Ende je ein Sehstäbchen. Alle Stränge sind durch dicke Pigmentschichten von einander getrennt. Nach dem Vorhandensein eines Kristallkegels unterscheidet Grenacher**)

*) Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden. Göttingen 1879.

***) l. c. S. 75.

1) acone Augen, bei denen die Kristallkegel durch besondere Zellen, die Kristallzellen, zeitlebens vertreten werden. 2) pseudocone, welche zwar eine lichtbrechende Substanz besitzen, die aber in morphologischer Hinsicht nicht mit dem Kristallkegel übereinstimmt. 3) eucone Augen, d. s. solche mit echten Kristallkegeln.

Schon viel früher wie Grenacher haben sich eine grosse Anzahl Forscher mit diesem Gegenstande beschäftigt, ich erinnere nur an Johs. Müller, Fr. Leydig, E. Claparède etc., die auch zum Teil mit mehr oder weniger Erfolg die Frage nach dem Sehvorgang zu beantworten versucht haben. Epochemachend war jedenfalls Müllers*) Theorie vom „musivischen Sehen“, deren Grundsatz lautet: „Nur die in radialer Richtung einfallenden Strahlen können perzipiert werden.“ Infolge der Sonderung der vorhin erwähnten Stränge wird demnach jedes Augenelement nur durch Lichtstrahlen erregt, die von einem entsprechenden Punkte des Gegenstandes in radialer Richtung einfallen, und dadurch kommt ein Punkt zum Bewusstsein. Das ganze Auge sieht also den Gegenstand nur einmal, und zwar in mosaikartiger Gestalt, als aus so vielen Punkten zusammengesetzt, wie Augenelemente gereizt sind.

So einfach und natürlich auch Müllers Hypothese ist, hat es ihr doch nicht an vielen Gegnern gefehlt; einer der heftigsten war Gottsche. Dieser zeigte,***) dass man an den Spitzen der Kristallkegel unterm Mikroskop das umgekehrte Bild eines Gegenstandes erblickt, den man zwischen Objektisch und Spiegel hält. Auf diesen schon von Leeuwenhoek ausgeführten Versuch begründete er seine Theorie vom „vervielfachten Sehen“, (Bildchentheorie nennt sie Grenacher), nach welcher das Insekt den Gegenstand so oft erblickt, als Facetten vorhanden sind und zwar in umgekehrter Gestalt. Schon das einfache Nachdenken lehrt uns, dass ein solches Sehen faktisch unmöglich ist; dennoch liessen sich viele durch Gottsche's Experiment täuschen, das im Grunde nichts anderes darlegt, als dass Corneallinsen denselben Einfluss auf die Lichtstrahlen ausüben wie Glaslinsen. „Müllers Theorie ist physikalisch nicht haltbar“, schrieb einer der besten Kenner auf diesem Gebiete, und in der That wurde vielfach dem Satze gläubig zugestimmt, bis es endlich Grenacher 1879 gelang, †) die völlige Unhaltbarkeit der Bildchentheorie klar zu beweisen, und die Theorie vom musivischen Sehen glänzend zu rechtfertigen.

Auch der berühmte Biologe Sir John Lubbock hat in

*) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig 1826.

**) Beitrag zur Anatomie und Physiologie des Auges der Fliegen und Krebse. In Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie, 1852, p. 483—492.

***) Die Zahl der Facetten beträgt z. B. bei der Stubenfliege 4000, dem Weidenbohrer (Cossus) 11000, dem Totenkopf 12000, einer Libelle (Aeschna) 20000, dem Stachelkäfer (Mordella) 25000.

†) l. c. S. 142 ff.

neuester Zeit in einer höchst interessanten Arbeit*) eine ganze Reihe von Gründen zu Gunsten derselben ins Feld geführt.

Wenn aber einige Forscher bei Betrachtung des Sehvermögens der Insekten mit begeisterten Worten die ausserordentliche Scharfsichtigkeit des Facettenauges rühmen, indem sie ausrufen: „Das Facettenauge ist das vollkommenste aller Sehorgane“, so gehen sie damit entschieden zu weit; das scheint sowohl mit der Theorie als auch mit manchen Erfahrungen nicht im Einklang zu stehen.

Notthaft**) berechnet z. B. den Grad der Deutlichkeit für einen Abstand von 60 cm und erhält folgende Resultate:***)

Aeschna	0,000044
Sphinx nerii	0,000035
Necrophorus	0,000030
Apis mellifica	0,000024
Musca domestica	0,000006

Es geht daraus mit Sicherheit hervor, dass die Insekten nicht einmal in einer Entfernung von $\frac{2}{3}$ Metern die Gegenstände erkennen können, mithin sehr kurzsichtig sind. †) Es erscheint ihnen, wie Notthaft theoretisch entwickelt und durch Zeichnungen erläutert, das gefiederte Blatt der Eberesche wie ein Eichenblatt und das gefingerte der Rosskastanie rundlich wie das einer Malve.

Mit dieser Kurzsichtigkeit steht die ausserordentliche Fluggewandtheit vieler Arthropoden in scharfem Kontrast. Exner ††) hat zuerst diesen Widerspruch zu lösen versucht, indem er annahm, dass die Insekten mit dem Facettenauge hauptsächlich Bewegungen wahrnehmen und dadurch auf die ungefähre Entfernung der Objekte schliessen; etwa dieselbe Ansicht ist neuerdings von Plateau †††) ausgesprochen worden. Er fügt jedoch noch die Vermutung hinzu, dass manche Arthropoden durch den Geruch geleitet werden, wenn sie auf ihre Beute stürzen, durch welche sie aber zunächst durch Bewegungen aufmerksam gemacht werden. Die ganze Bewegungstheorie steht jedoch auf sehr schwachen Füßen †*) man überlege sich nur, dass ja die Tierchen ausser der scheinbaren Geschwindigkeit der Gegenstände noch ihre eigene Fluggeschwindigkeit in Rechnung zu ziehen haben. Was ergibt das aber für komplizierte Ver-

*) „Die Sinne und das geistige Leben bei den Insekten.“ Deutsch von W. Marschall. Leipzig 1889.

**) „Über die Gesichtswahrnehmungen vermittelt des Facettenauges.“ Abhandl. d. Senk. naturf. Ges. Bd. XII. S. 35—124.

***) l. c. S. 67.

†) Plateau schätzt die weiteste Entfernung auf 0,58—2 m. Lowne berechnet, dass bei einem Abstände von 30 Fuss Gegenstände von $\frac{1}{2}$ —1 Zoll Durchmesser noch erkannt werden können. (?) Focke, Abhandl. d. Naturw. Ver. Bremen. Bd. X, S. 437.

††) Über das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges. Mit 1 Tafel. Separat-Abdr. aus den Sitzungsberichten Wien. Akad. III. Abt., Bd. LXXII, Juliheft 1875.

†††) Experimentaluntersuchungen über das Sehen bei den Gliedertieren. (V. Bulletin de l'Academie royale de Belgique. Sér. 3. T. XVI.)

†*) Siehe auch Zacharias: „Das Sehvermögen der Insekten.“ Monatl. Mitt. aus dem Gesamtg. d. Naturw. 7. Jahrg., Nr. 8, S. 173—179.

hältnisse! Welch' eine ungeheure psychische Fähigkeit müssten die Insekten besitzen, um aus all diesen Faktoren die richtige Entfernung ermitteln zu können! Viel einfacher und verständlicher scheint mir die Theorie zu sein, welche Notthafft entwickelt hat. Er nimmt an, dass in jedes Augenelement ein cylindrisches Lichtbündel, kein Lichtkegel fällt und stellt danach folgende Betrachtungen an. Nennt man die Lichtstärke eines leuchtenden Punktes bei einem Abstände von 1 m n , die Anzahl derselben n , so ergibt sich: Auf der Retinula vereinigen sich die Strahlen zu einem Eindruck, dessen Helligkeit gleich der Summe der Intensitäten der leuchtenden Punkte des Elementarsehfeldes, also gleich n ist. In einer Entfernung von 5 m wird die Intensität eines Punktes nur $\frac{1}{25}$ betragen, da ja bekanntlich die Lichtstärke mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Die gesamte Helligkeit beträgt dann $n \cdot \frac{1}{25} = \frac{n}{25}$, bei 10 m Entfernung nur $\frac{n}{100}$. In dieser Abstufung der scheinbaren Helligkeit findet Notthafft einen vorzüglichen Massstab zur Beurteilung der wechselnden Entfernung der Gegenstände. Die Insekten werden sich also dem Teile ihres Gesichtsfeldes zuwenden, welcher düster und verschwommen erscheint, da hier die Gegenstände am weitesten entfernt sind und Raum zum Fliegen genugsam vorhanden ist. Damit steht auch die jedem Sammler bekannte Thatsache im Einklang, dass sich manche Insekten bei nahender Gefahr in das schützende Dunkel zurückziehen oder sich, wie die Rüssel- und Rohrkäfer, sofort zur Erde fallen lassen. Das Fliegen der Insekten nach dem Licht, erklärt Notthafft dahin, dass sie ein gewisses Wohlbehagen am Glanze desselben befriedigen wollen. Die eigentümliche Stellung des Facettenauges ist nach diesen Gesichtspunkten folgende: „Innerhalb der engen Grenzen seiner deutlichen Sehweite hat es auch wie das Stemma (einfaches Auge, Nebenaug^e*) den Zweck, hinlänglich scharfe Bilder der einzelnen Gegenstände zu entwerfen. Allein seine wichtigste Bestimmung besteht darin, dass es wesentlich ein Organ zur Orientierung über die räumlichen Verhältnisse der umgebenden Dinge, vor allem über deren wechselnde Abstände vom Körper des Tieres zu nennen ist.“

L.

3. Ergebnisse der Beobachtung über das Sehvermögen der Insekten.

Jene feinen Strichelungen und Punktierungen der Blumen, welche offenbar dem Zwecke dienen, den Insekten die Lage des Honigs anzuzeigen, haben die Beobachter von jeher zu der Ansicht

*) In Bezug auf die Funktionen der Nebenaugen glaubt Lubbock, dass dieselben wahrscheinlich zum Sehen im Dunkeln dienen. Jedenfalls aber sind sie sehr kurzsichtig, wie aus seinen Versuchen mit *Lycosa saccata* (einer Jagdspinne, deren Weibchen die Eier in einem selbstgesponnenen Säckchen mit sich herumträgt, klar hervorgeht. (l. c. S. 179 ff.)

geführt, die blumenbesuchenden Bienen und Falter müssten sehr scharfsichtig sein. Andererseits geht aus dem ganzen Benehmen der honigsammelnden Insekten hervor, dass ihre Augen den menschlichen an Leistungsfähigkeit ausserordentlich weit nachstehen. Durch die Annahme, dass die Facettenaugen kurzsichtig sind, erklären sich die Thatsachen und Erfahrungen in einfachster Weise.

Ich darf wohl auf die wenigen Beobachtungen verweisen, welche ich Bd. X dieser Abh. S. 437 u. 438 mitgeteilt habe, kann jedoch hinzufügen, dass ich meine Aufmerksamkeit seit vielen Jahren recht häufig auf das Benehmen der blumenbesuchenden Insekten richtete. Nachdem ich in der Annahme einer hochgradigen Kurzsichtigkeit der Insekten den Schlüssel zum Verständnisse ihrer Bewegungen erhalten habe, glaube ich meine Erfahrungen zunächst in folgenden Sätzen zusammenfassen zu können, die ich einer näheren Prüfung empfehle.

1) Die Falter und Fliegen werden in vielen Fällen vorzugsweise durch den Geruchssinn zu den gesuchten Pflanzen geleitet; für die Hymenopteren dagegen dient der Geruch nur ausnahmsweise als wesentliches Hilfsmittel zur Auffindung honigführender Blumen (z. B. bei den Linden).

2) Die Insekten sehen nur in unmittelbarer Nähe scharf; für Bienen und Hummeln werden die Gesichtseindrücke schon in einer Entfernung von etwa 10 cm undeutlich; manche Falter und Fliegen sind noch kurzsichtiger.

3) Von fernerer Gegenständen erhalten die Insekten nur verschwommene Lichtempfindungen. Farbenunterschiede vermögen sie auf verhältnismässig beträchtliche Entfernungen wahrzunehmen, wenn die farbigen Gegenstände hinreichend gross sind und sich scharf von der Umgebung abheben. Eine lebhaft gefärbte Blume von 1 cm Durchmesser wird im grünen Rasen von Bienen, Hummeln und Faltern etwa auf 1—2 m Entfernung bemerkt. Weisse Blumen scheinen in der Dämmerung von Schwärmen schon aus viel grösserer Entfernung wahrgenommen zu werden, doch bleibt es zweifelhaft, ob die Tiere nicht durch den Ortssinn und durch an den vorhergehenden Tagen gesammelte Erfahrung in die Nähe der honigführenden Blumen geleitet werden.

4) Der Farbensinn der einzelnen Insektenarten ist in verschiedenem Grade und in verschiedener Richtung entwickelt.

F.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen](#)

Jahr/Year: 1889-1890

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Focke Wilhelm Olbers, Lemmermann Ernst Johann

Artikel/Article: [Über das Sehvermögen der Insekten. 439-443](#)