© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

Doch nicht immer kommt bei der Copulation ein normal gebautes großes Gehäuse zustande; gar nicht selten werden dabei auch Doppelschalen von verschiedener Form erzeugt, die dann gewöhnlich zweikernige Tiere beherbergen und den Eindruck einer mehr oder weniger fortgeschrittenen, regelmäßigen oder unregelmäßigen Längsteilung machen. Auch diese monströsen Formen können sich vermehren, wobei gewöhnlich neue Doppelschalen gebildet werden; nie aber habe ich aus einer solchen eine Cyste hervorgehen sehen.

Viel häufiger als die mit Copulation und einem Generationswechsel verknüpfte Cystenbildung ist ein andres Ruhestadium zu beobachten, wobei die gewöhnlichen Tiere einfach ihre Schalenöffnung mit Detritus und einer noch dahinter abgelagerten Kittschicht verstopfen und sich dann im Ei- oder Schalengrunde zur Kugel zusammenziehen, ohne jedoch noch eine besondere Cystenhülle abzuscheiden (Fig. 4). Während die letztere Form hauptsächlich im Winter zu finden ist, scheint die erstere besonders bei drohender Austrocknung gebildet zu werden und neben der Erhaltung vor allem auch der Verbreitung der Art durch Übertragung mit trockenen Schlammteilchen zu dienen.

3. Beitrag zur Kenntnis der Facettenaugen der Hymenopteren.

Von Kurt Geyer.

(Aus dem zoologischen Institute der Universität Leipzig.)

(Mit 6 Figuren.)

eingeg. 26. Januar 1912.

Im Anschluß an die Arbeiten von Kirchhoffer[1] über Käferfacettenaugen, Zimmer[2] über die der Ephemeriden, Dietrich[3] über die von Dipteren, Bedau[4] über die von Wanzen und Johnas[5] über Facettenaugen bei Lepidopteren habe ich es unternommen, die Facettenaugen der Hymenopteren auf ihren feineren Bau hin zu untersuchen und nach »Doppelaugen« Ausschau zu halten. — Herrn Geh. Rat. Prof. Dr. Chun, unter dessen Leitung die Arbeit entstand, sowie Herrn Privatdozent Dr. phil. et med. O. Steche spreche ich für ihre gütige Hilfe meinen innigsten Dank aus.

---

[1] O. Kirchhoffer, 1908, Untersuchungen über die Augen pentamerer Käfer. In: Archiv f. Biontologie. Bd. II.

[2] C. Zimmer, 1897, Die Facettenaugen der Ephemeriden. In: Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. LXIII. S. 236—262.

[3] W. Dietrich, 1909, Die Facettenaugen der Dipteren. In: Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XCII. S. 465—539.

[4] K. Bedau, 1911, Das Facettenauge der Wasserwanzen. In: Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XCVII. S. 417—456.

[5] W. Johnas, 1911, Das Facettenauge der Lepidopteren. In: Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XCVII. S. 218—261.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

Das Material wurde meist in der näheren und weiteren Umgebung Leipzigs gesammelt, zum Teil auf einer vierzehntägigen entomologischen Sammelreise in die Alpen Kärntens und Krains.

Die erbeuteten Tiere wurden sofort abgetötet in einem Gemisch von 6 Teilen Formol, 15 Teilen 96 %igem Alkohol, 4 Teilen Eisessig und 30 Teilen destilliertem Wasser, worin sie je nach ihrer Größe 1 bis 3 Tage verweilten; zum besseren Eindringen der Konservierungsflüssigkeit wurden meist sogleich die Köpfe vom Thorax getrennt. Hierauf gelangten sie in 70 %igen Alkohol. Determiniert wurden sie nach Dr. O. Schmiedeknechts »Die Hymenopteren Mitteleuropas« (Jena 1907).

Zur Erleichterung des Schneidens wurde die von Bedau[4] angegebene Seifenspiritusmethode verwendet, in Verbindung mit einem von Herrn cand. med. J. Caesar aus dem zoologischen Institut der Universität Freiburg i. Br. angegebenen Verfahren, das auf einem zeitweiligen Einlegen der Objekte in Celloidin beruht. Seifenspiritus (etwa 14 Tage), 70 %iger Alkohol (1 Tag), 96 %iger Alkohol (1 Tag), Alkohol absolutus (2 Tage), Celloidinlösung (2 g Celloidin in 80 Teilen Äther und 20 Teilen absolutem Alkohol gelöst).

In dem Celloidin wurden die Objekte etwa 3 Wochen gelassen, bis sie mäßig eingedickt waren; darauf brachte ich sie in Cedernholzöl (1 Tag), welches nicht so stark härtet wie das von Caesar angewandte Chloroform. Es folgt die Überführung in Cedernholzöl + Paraffin (45° Schmelzpunkt; 1 Tag auf dem Thermostaten), Paraffin (45° Schmelzpunkt; 2—3 Tage im Thermostaten), Paraffin (58° Schmelzpunkt; 1 Tag) und endlich das Einbetten in letzgenanntes Paraffin. Der Erfolg war überraschend; das harte Chitin splitterte gar nicht mehr, und sogar die größten Köpfe lieferten gute Schnitte. Nach dem Trocknen der Schnitte wurden diese (nach Hesse[6]) mit einer 1 %igen Photoxylinlösung überzogen. Zur Färbung der Schnitte bediente ich mich meist des Hämalauns und des Alaunhämatoxylins nach Delafield; ferner gebrauchte ich sehr oft Hämatoxylineisen nach Heidenhain. Zur Depigmentierung des äußerst resistenten Pigmentes wurde das bekannte Gemisch von Grenacher[7] benutzt. Die Dauer der Depigmentierung schwankte zwischen 1 und 10 Tagen, je nach der Hartnäckigkeit des Pigmentes. Am ehesten wich das Pigment bei Sphegiden, am schwersten bei Formiciden und Siriciden; ferner ist auch das Pigment der Hauptpigmentzellen bedeutend schwieriger zu entfernen als das der Nebenpigmentzellen.

---

[6] R. Hesse, 1901, Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. VII. Von den Arthropodenaugen. In: Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. LXX. S. 347—473.

[7] H. Grenacher, 1884, Retina der Cephalopoden. In: Abh. Nat. Ges. Halle. 16.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

Es wurden nun die Facettenaugen bei der Mehrzahl der Hymenopterenfamilien untersucht, und zwar ergab sich dabei folgendes:

I. Apidae.

Von Apiden wurden untersucht die Arten: *Bombus hortorum* L. und *hypnorum* L. ♂, *Systropha curvicornis* Scop. ♂ und ♀, *Colletes* Latr. spec. ♀, *Prosopis nigrita* F. ♀ und *Psithyrus rupestris* F. ♀ und *vestalis* Fourch. ♀.

Corneafacetten von normaler Stärke, meist auf ihrer Innenseite etwas stärker gekrümmt als auf der Außenseite. Eine Ausnahme machen nur die beiden *Psithyrus*-Arten; bei *Ps. vestalis* ist die Cornea außen fast eben und ziemlich dick; noch dicker ist sie bei *Ps. rupestris*, ja es ist die dickste Cornea überhaupt, die mir bei den untersuchten Hymenopteren entgegengetreten ist; auch ist bei dieser Art die Cornea glatt. Das ist nun ganz offenbar eine Anpassung an die Lebensart

Fig. 1.

Fig. 2.

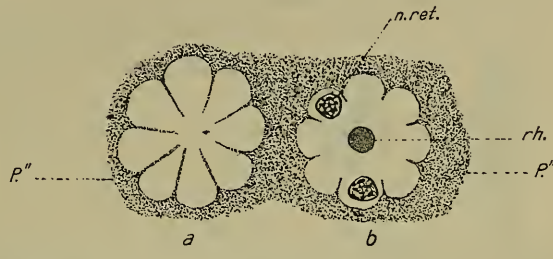

Fig. 1. Retinulaequerschnitte von *Bombus hortorum* L. ♀.
Fig. 2. *Systropha curvicornis* Scop. *P''*, Nebenpigment; *n.ret.*, Retinulakern; *rh*, Rhabdom.

dieser Tiere, die bekanntlich als sog. Commensalen in den Erdbauten der Hummeln herumkriechen müssen. Oft kann auch die Cornea eine deutliche Zwischenschichtigkeit aufweisen, die sich besonders bei der Färbung kundgibt, so bei *Prosopis nigrita*. Kristallkegel durchweg von geringer Größe, 4 Sempersche Kerne. Zwei Hauptpigmentzellen. Nebenpigmentzellen zahlreich, bei *Bombus hortorum* 12. Retinula aus 8 Zellen zusammengesetzt, die an Größe gleich sind, so daß sich im Querschnitt eine 8 strahlige Rosette ergibt, die in ihrem Centrum das Rhabdom einschließt. Dieses typische Bild zeigten geradezu schematisch einfach *Bombus hortorum* und *hypnorum* (vgl. Fig. 1).

Auch bei *Systropha* ist die Retinula aus acht gleichgroßen Zellen zusammengesetzt, so daß ein regelmäßig kreisförmiger Querschnitt entsteht. Charakteristisch ist das Verhalten der Nebenpigmentzellen, die sich dicht an die Retinulazellen anlegen und tief in die Zwischenräume der einzelnen Zellen eindringen. Es entsteht auf diese Weise eine Pigmentscheide um jede einzelne Zelle (vgl. Fig. 2), die gegen den Kristallkegel zu sehr

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

tief einschneidet, in den unteren Partien, gegen die Basalmembran hin, sich allmählich immer weiter zurückzieht. Beim Entpigmentieren hält sich das Pigment der Nebenpigmentzellen am längsten unmittelbar an der Grenze der Retinulazellen. Retinulakerne auf zwei Schichten verteilt.

Bei *Colletes* stehen die Kristallkegel im ventralen Teil des Auges nicht senkrecht, sondern etwas schief auf den Corneafacetten.

II. Sphegidae.

Untersucht wurden: *Clytochrysus sexcinctus* Panz. ♀, *Mellinus arvensis* L. ♀, *Philanthus triangulum* F. ♀, *Ammophila campestris* Jur. ♀ und *sabulosa* L. ♀, *Psammophila affinis* Kirby ♀, *Dahlbomia atra* F. ♀ und *Trypoxylon clavicerum* Lep. et Serv. ♀.

Cornea bei der Mehrzahl der Formen beiderseits mäßig stark gewölbt; eine Ausnahme bildet nur *Dahlbomia*, indem hier merkwürdigerweise die innere Seite ganz außerordentlich flach ist, zweischichtig und oft dann noch prismatisch abgetrennt. Von den zwei Schichten erscheint die nach außen gewandte fast homogen, während die innere eine feine Querstreifung besitzt. Kristallkegel aus vier Elementen zusammengesetzt. Die Semperschen Kerne haben die gleiche Lage wie bei den Apiden, ja manchmal bilden sie eine »Kappe« auf dem Kristallkegel (*Mellinus*, *Philanthus*). Zwei Hauptpigmentzellen, oft von beträchtlicher Größe (*Clytochrysus*). Nebenpigmentzellen 9—18, *Clytochrysus* 9, *Mellinus* 11 und *Trypoxylon* 18. Bei einigen Formen hatten die Nebenpigmentzellkerne ihre sonstige Lage zwischen den mittleren Teilen der Kristallkegel nicht innegehalten, sondern sie hatten sich mehr in die Tiefe geschoben, so daß sie zwischen den proximalen Kristallkegelenden auftauchen, fast auf gleicher Höhe mit den Hauptpigmentzellen (bei *Ammophila sabulosa*, *Philanthus*, *Dahlbomia*). Retinula achtteilig, Zellen untereinander gleichwertig, nie Pigment im Innern, Querschnitt rhombisch. Die langgestreckten Retinulakerne auf zwei Ebenen verteilt, und zwar — nach Präparaten von *Ammophila campestris*, die einen guten Aufschluß darüber ergaben — sechs Kerne in einer Ebene weiter proximal und zwei Kerne in einer Ebene weiter distalwärts. Bei den Retinulazellkernen von *Ammophila sabulosa* und *Psammophila* ist das Chromatin in großen Brocken an der Kernmembran angehäuft, wie Fig. 3 a von einem Längsschnitt und Fig. 3 b von einem Querschnitt zeigt. An der Basalmembran ist das schwarze Retinapigment besonders stark angehäuft bei *Ammophila sabulosa*.

Fig. 3. *Ammophila sabulosa* L. ♀. a, Retinulakern im Längsschnitt; b, Retinula mit Retinulakernen im Querschnitt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

Häufig zeigt sich in dieser Hymenopterenfamilie eine Differenzierung in der Facettengröße in der Weise, daß die ventralen Facetten länger sind als die weiter dorsal gelegenen (*Mellinus*, *Philanthus*, *Ammophila sabulosa*, *Dahlbomia* und *Trypoxylon*). Eigenartig ist noch *Clytochrysus*, wo besonders die Facetten im Gesichtsteil des Auges eine beträchtliche Größe erreichen. Schiefstellung der ventralen Kristallkegel bei *Psammophila affinis*. — Augen von *Dahlbomia* behaart.

III. Pompilidae.

Untersucht wurden: *Calicurgus fasciatellus* Spin. ♂ und *Pompilus* F. spec.

Cornea von mittlerer Stärke; zweischichtig ist sie nur bei *Pompilus*, während sie bei *Calicurgus* in einzelne, scharf voneinander getrennte Abschnitte — entsprechend der Zahl der Kristallkegel — zerfällt. Die Kristallkegel erweisen sich wieder als aus 4 Kristallzellen entstanden, deren Kerne der Kristallkegelbasis aufliegen. Besonders gut sind hier die Hauptpigmentzellen um das proximale Kristallkegelende entwickelt. Während bei *Pompilus* die Kristallkegel ventral schief zur Corneaoberfläche stehen, sind es bei *Calicurgus* dagegen die dorsalen. Acht gleichwertige Retinulazellen.

IV. Vespidae.

Vespa crabro L. war insofern ein sehr günstiges Objekt, als man es mit großen Augen und großen Bauelementen zu tun hatte. Cornea außen fast eben — eine Anpassung des Tieres an das Leben in hohlen Baumstämmen und zwischen Rinden —, auf der Innenseite dagegen stärker vorgewölbt, in prismatische Felder geteilt, ventral am dicksten. Kristallkegel wieder aus 4 Elementen zusammengesetzt, deren Bildungszellkerne man an den Seiten der Kristallkegelbasis gewahrt. Ventral stehen die Kristallkegel stark gegen die Cornea geneigt (vgl. Exner, Die Physiologie der facettierten Augen von Krebsen und Insekten. 1891. Taf. III, Fig. 27). Wie Fig. 4 zeigt, setzt sich auch hier die Retinula aus acht gleichmäßigen Zellen zusammen. Der Längsschnitt in Fig. 5 zeigt, daß sie am vorderen Ende den Kristallkegel und die Hauptpigmentzellen umfassen; wie weit sie an ihnen emporreichen, läßt sich nicht feststellen, da es unmöglich ist, eine Grenze gegen die Nebenpigmentzellen zu ziehen. Die Hauptpigmentzellen ihrerseits greifen mit sternförmigen Ausläufern zwischen die Retinulazellen ein (vgl. Fig. 4a u. b); in den Retinulazellen selbst findet sich an der Grenze von Rhabdom und äußerem Zellteil eine Pigmentanhäufung, welche die ganze Länge der Retinula durchzieht (vgl. Fig. 5 *P. ret.*), nach oben kolbig anschwillt und an der Basis des Kristallkegels sternförmig auseinander

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

weicht. In den mittleren Teilen der Retinula sind die einzelnen Zellen durch tiefe Einschnitte voneinander getrennt, die bis zum Rhabdom reichen und ihm ein kanneliertes Aussehen verleihen (vgl. Fig. 4c). In den äußeren Partien der Retinulazellen finden sich auf manchen Präparaten tropfenförmige Bildungen (vgl. Fig. 5, g) von verschiedener Größe, die sich mit Heidenhain intensiv schwärzen. Die Neben-

Fig. 4.

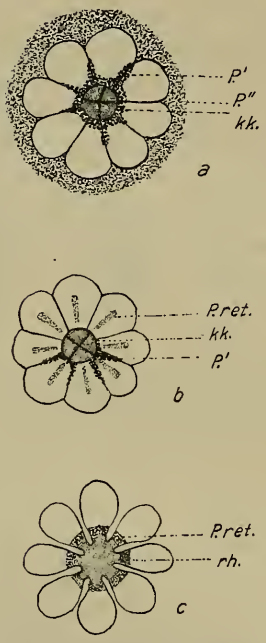

Fig. 5.

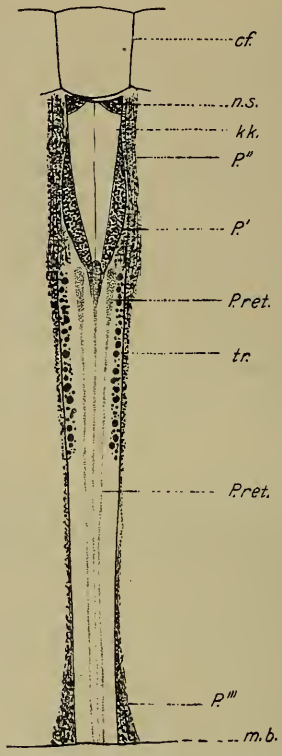

Fig. 4. *Vespa crabro* L. Querschnitte der Retinula auf verschiedenen Höhen. *P'*, Hauptpigment; *P''*, Nebenpigment; *P.ret*, Pigment im Innern der Retinulazellen; *kk*, Kristallkegel; *rh*, Rhabdom.

Fig. 5. *Vespa crabro* L. Längsschnitt durch ein Ommatidium. *cf*, Corneafacette; *P'*, Hauptpigment; *P''*, Nebenpigment; *P'''*, Retinapigment; *P.ret*, Pigment im Innern der Retinulazellen; *kk*, Kristallkegel; *ns*, Sempersche Kerne; *tr*, tropfenförmige Bildungen; *mb*, Basalmembran.

pigmentzellen — etwa 18—20 — ziehen sich sehr tief hinunter, so daß man die großen Kerne auf Querschnitten der mittleren Retinula noch in den Zwischenräumen benachbarter Retinulis antrifft.

V. Formicidae.

Untersucht wurde *Camponotus herculeanus* L. ♀, dessen Augen ja verhältnismäßig am größten unter denen heimischer Arten sind.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

Corneafacetten außen nur sehr schwach gewölbt, im Innern sehr stark zapfenartig vorspringend; dies hängt auch hier mit dem Leben der Art in Baumstämmen und unter Rinden zusammen. Der kleine Kristallkegel ist deutlich vierteilig und weist die Semperschen Kerne auf. Zwei Hauptpigmentzellen. Nebenpigmentzellen gering an Zahl. Die Zellen der achtteiligen Retinula sind stark verschmälert, und nur an den Stellen, wo Kerne liegen, besitzen sie die normale Stärke. Die Retinula setzt sich nun so zusammen, daß die Anschwellungsstelle einer Retinulazelle stets tiefer liegt als die der vorhergehenden. Daher kommt es, daß sich die acht relativ großen, langgestreckten Retinulakerne auf acht verschiedenen Höhen zeigen. Trotzdem erreicht das Rhabdom, das an seinem vorderen Ende abgerundet endet, hier eine beträchtliche Stärke.

VI. Chalcididae.

Pteromalus Sved. spec.: Cornea dünn, nach außen und innen mäßig gewölbt. Kristallkegel von vier typischen Kristallzellen gebildet,

Fig. 6.

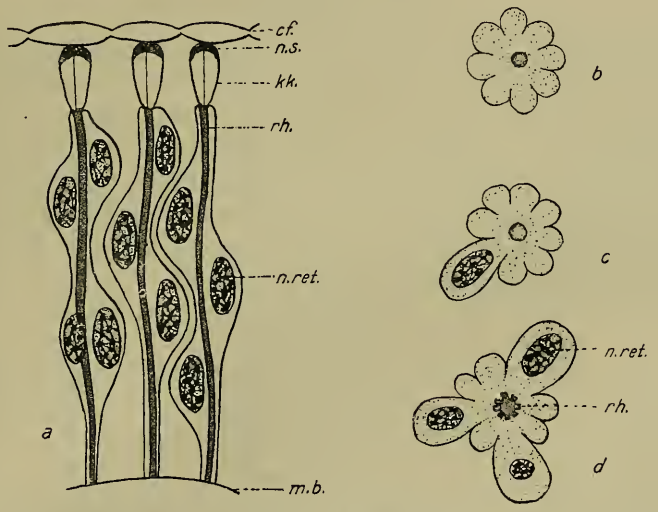

Fig. 6a u. b. *Pteromalus* Sved. spec. a, Längsschnitt durch 3 Ommatidien, etwas schematisiert; *cf*, Corneafacette; *ns*, Sempersche Kerne; *kk*, Kristallkegel; *rh*, Rhabdom; *n.ret*, Retinulakern; *mb*, Basalmembran; b, Retinulaquerschnitte; *n.ret*, Retinulakern; *rh*, Rhabdom.

deren Sempersche Kerne ihm als Kappe aufsitzen, ventral auf den Corneafacetten schiefstehend. 6 Nebenpigmentzellen. Die Retinulakerne liegen über die ganze Retinula verteilt. Beim Überblicken der Retinulaquerschnitte fallen sofort die sehr nahe beieinander gelegenen Rhabdome auf und zwischen ihnen oft ein relativ sehr großer Kern, ein

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

Retinulakern. Bei näherer Betrachtung dieser so zusammengedrängt liegenden Elemente ergibt sich, daß die Retinulazellen extrem verdünnt sind, so daß die Stellen, wo der Kern liegt, im Verhältnis zu den andern kolossal vorspringen (vgl. Fig. 6a); es zeigt dann an einer solchen Stelle, wo ein großer Kern liegt, die Retinula im Querschnitt eine ganz asymmetrische Form (vgl. Fig. 6c, d). An kernfreien Stellen dagegen besitzt die Retinula die typische Rosettenform (vgl. Fig. 6b).

VII. Braconidae.

Microgaster Latr. spec.: Cornea dünn, innen etwas stärker vorgewölbt als außen, zweischichtig. Kristallkegel mit haubenförmig aufliegenden Semperschen Kernen, ventralwärts auf den Corneafacetten schiefstehend. Von der Retinula ließ sich nichts Genaues feststellen, da die Schnitte nicht depigmentiert waren; desto vorteilhafter aber kam die Anhäufung des rotbraunen Pigmentes zwischen den Kristallkegeln und an der Basalmembran zum Vorschein; zwischen benachbarten Retinulis zieht sich das Pigment nur fadenförmig und ganz dünn verstreut hin.

VIII. Siricidae.

Sirex gigas L. ♀: Cornea außen sehr flach, ragt aber dafür stark gewölbt nach innen vor. Kristallkegel mit Semperschen Kernen ziemlich lang und zugespitzt. Prachtvoll entwickelt sind die Nebenpigmentzellen, die vor allem durch ihre große Anzahl langgestreckter Kerne auffallen. Acht Retinulazellen; die Retinulakerne scheinen sich über die ganze Retinula zu verteilen. Ferner ist noch »die Achse der Kristallkegel geneigt, und die einzelnen Corneacylinder stehen schief auf der Corneaoberfläche« (vgl. Exner, S. 122).

IX. Tenthredinidae.

Leider waren von dieser Hymenopterenfamilie meine Präparate von *Dolerus* Jur. spec. ♀ und *Tenthredo viridis* L. ♀ so zerrissen, daß ich nur geringe Einzelheiten sicher feststellen konnte.

Die Cornea ist hinsichtlich ihrer Stärke wie ihrer Wölbung durchaus normal. Ebenso deutlich zeigen sich die Semperschen Kerne und auf Querschnitten der vierteilige Kristallkegel. 10 Nebenpigmentzellen. 2 Hauptpigmentzellen. Retinula wieder aus 8 Zellen aufgebaut.

Nach dieser Schilderung der Facettenaugen bei den einzelnen Hymenopterenfamilien sei es mir nunmehr gestattet, nochmals zusammenfassend den Aufbau der Komplexaugen bei Hymenopteren zu rekapitulieren:

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

Sämtliche Hymenopterenfacettenaugen sind dem euconen Typus nach Grenacher[8] zuzurechnen, wie das ja schon Grenacher in seinem grundlegenden Werke über das Arthropodenauge angibt. Die Cornea weist in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine gleichbleibende, normale Stärke und eine innen wie außen normale Wölbung auf. Nur selten ist sie ventralwärts oder an allen Stellen gleichbleibend sehr dick; nur in einzelnen Fällen ist sie — eine Anpassung an die Lebensweise der Tiere — außen ganz glatt und springt desto tiefer zapfenförmig nach innen vor.

Die echten Kristallkegel schwanken in ihrer Größe sehr; die größten besitzen die Siriciden, die kleinsten die Ameisen. Stets sind auf Querschnitten die Trennungslinien der den Kristallkegel zusammensetzenden Segmente deutlichst zu erkennen, so daß es mich wunder nimmt, wenn Grenacher[8] sagt: »Die Trennungsflächen der einzelnen Segmente des Kristallkegels sind sehr schwer wahrzunehmen«. Sehr klar und deutlich treten meist die Kerne der Kristallkegelbildungszellen, die sog. Semperschen Kerne, als Kappe auf der Kristallkegelbasis oder an deren Seiten auf.

Sehr gut ausgebildet sind ferner die Pigmentzellarten, sowohl die Nebenpigmentzellen, deren Zahl selbst in den einzelnen Familien schwankt, als auch die Hauptpigmentzellen, die regelmäßig in der Zweizahl um die Kristallkegelspitze auftreten. Nie aber konnten Corneagenzellen nachgewiesen werden, wie sie Patten[9] ja außer für Kruster auch für Insekten annimmt, ja nicht einmal deren Kerne oder bloß Rudimente davon; mithin wäre das wieder eine weitere Stütze für Hesses[10] Satz: »Die Corneagenzellen der Krebse und die Hauptpigmentzellen der Insekten, deren Kerne neben der Spitze des Kristallkegels liegen, sind einander homolog; und wo Corneagenzellen auftreten, da fehlen die Hauptpigmentzellen et vice versa.«

Proximal vom dioptrischen Apparat schließt sich die Retinula an, die sich durchweg bei allen Hymenopteren, die untersucht wurden, aus acht um eine Achse gelagerten Zellen zusammensetzt. Nach innen haben die Zellen das stark lichtbrechende Rhabdom gebildet, an dem Stiftchensäume nie zu erkennen waren. Im Querschnitt erscheint die Retinula mit nur einigen Ausnahmen als eine achtstrahlige Rosette, deren einzelne Zellen vollständig gleichwertig an Größe sind. Niemals ließ sich etwa

[8] H. Grenacher, 1879, Untersuchungen über die Sehorgane der Arthropoden. Göttingen.

[9] W. Patten, 1887, Eyes of Molluscs and Arthropods. In: Mitteil. d. Zool. Station Neapel. Bd. VI. S. 542—756.

[10] R. Hesse, 1908, Das Sehen der niederen Tiere. Jena.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

konstatieren, daß eine der 8 Retinulazellen rudimentär wäre, wie das ja W. Dietrich[3] zuerst bei Dipteren von der 8. Retinulazelle nachgewiesen hat, von der wenigstens der Kern — zwischen die erste und zweite Retinulazelle eingeschoben — zu sehen war. Auch die bei den Dipteren gefundene »asymmetrische Zusammensetzung der Retinula« zeigt sich bei Hymenopteren nicht. Das Hymenopterenauge besteht somit auch nicht aus zwei spiegelbildlich gleichen Teilen. Ferner erfährt auch hierdurch die von E. Rádl[11] geäußerte Vermutung, daß das Facettenauge ursprünglich durch Verschmelzung zweier Augenanlagen zustande gekommen wäre, keine Stütze. Dieser Aufbau der Retinula aus acht untereinander gleichen Zellen tritt also bei allen Hymenopteren auf, wie schon Grenacher[8] und Carrière[12] vermuteten. Ferner dürfte auch die Annahme von Hesse[10], daß »die Achtzahl der Sehzellen die ursprüngliche ist für die Insektenretinula, und daß die Siebenzahl usw. auf einer Reduktion beruht«, auch nach der Hymenopterenretinula zu urteilen, ganz gerechtfertigt dastehen. Im Längsschnitt zeigt die Hymenopterenretinula eine fast gleichbleibende Stärke, und nur nach der Basalmembran zu verjüngt sie sich ein wenig. Eine Ausnahme machen die Formiciden und *Pteromalus*, wo die einzelnen Retinulazellen extrem verdünnt und an den Stellen, wo ein Kern liegt, von normaler Stärke sind. Die Retinulakerne liegen bald auf ganz verschiedenen Höhen über die ganze Retinula verteilt, bald wieder in zwei Ebenen und bald in einer Ebene (bei *Vespa crabro*), und dann auf mittlerer Höhe der Retinula.

An den proximalen Enden zwischen den benachbarten Retinulis liegt das Retinapigment — meist von schwärzlicher Farbe — ziemlich dicht angehäuft.

Die Basalmembran, durch die man oft recht deutlich die vom Ganglion opticum kommenden Nerven in einem Bündel in die Retinulazellen einstrahlen sieht, schließt das ganze Komplexauge nach dem Kopfinnern zu ab.

Somit setzt sich also das Facettenauge der Hymenopteren aus einer mehr oder weniger großen Anzahl einzelner Ommatidien zusammen; und ein solcher morphologischer Bestandteil wird von 14 Zellen gebildet (wenn man mit Hesse[10] die Nebenpigmentzellen unbeachtet läßt), und zwar von 4 Kristallzellen, 2 Hauptpigmentzellen und 8 Retinulazellen.

Als wichtiges Ergebnis erscheint mir, daß das Vorkommen von

---

[11] E. Rádl, 1900, O morfologickem významu dvojitých oči n členovců. Spisů jubil. Cenou král. spol. nauk poctěných č. 13. — Ein deutsches Referat: Über die morphologische Bedeutung der Doppelaugen der Arthropoden. Zool. Centralblatt. 9. Jahrg. Nr. 3. S. 82—83.

[12] J. Carrière, 1885, Die Sehorgane der Tiere. München.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

»Doppelaugen« in dem Sinne, wie sie Chun[13] in seiner »Atlantis« von Tiefseekrustern, Zimmer[2] von Ephemeriden und W. Dietrich[3] von zahlreichen Dipteren beschrieben hat, bei Hymenopteren sich nicht konstatieren läßt. Dieser Befund wurde nicht nur histologisch, sondern auch durch eine Durchsicht der Institutssammlung gestützt. Wohl aber ergab sich bei näherer Betrachtung mit Doppellupe an den trocken präparierten Exemplaren, daß einige Formen deutlich einen Unterschied in der Größe der Corneafacettenoberfläche erkennen lassen. Auf Schnitten zeigte sich dann, daß tatsächlich eine Anzahl Ommatidien — meist waren es die ventral gelegenen — länger waren und nicht so dicht gedrängt nebeneinander standen wie die weiter dorsal gelegenen. Nie aber ist ein jäher Abfall von kurzen zu langen Ommatidien zu konstatieren, ein Verhalten, das sich ja dann unbedingt schon äußerlich als ein Knick oder besser als eine eingebuchtete Linie quer über das ganze Auge verraten haben würde. Nichts von alledem ist zu sehen, vielmehr ist der Übergang von kurzen zu langen Facetten durchaus kontinuierlich und nicht sprunghaft. Ebenso regelmäßig ist auch die Anschwellung der Cornea, die ihre größte Stärke dann an ihrem ventralsten Teile erhält, und genau so regelmäßig das Größerwerden der Kristallkegel. Diese Differenzierung zeigen unter den Sphegiden: *Astata boops* Schrank., *Psammophila hirsuta* Scop. und *affinis* Kirby., *Ammophila sabulosa* L., *Passaloecus tenuis* A. Moraw. und *monilicornis* Dahlb., Arten von *Psenulus* Kohl., Arten von *Mimesa* Shuck. und *Dahlbomia atra* F. Eine ganz besondere Stellung nehmen die Angehörigen der großen Gruppe *Crabro* ein. Die großen Komplexaugen beschränken sich hier nicht bloß auf die beiden Seiten des Kopfes, sondern sie greifen, nach vorn sich umbiegend, bis weit ins Gesicht hinein, und zwar so weit, daß für die Fühler nur ein ganz geringer Raum zur Ansatzstelle gelassen wird; sie stehen daher ganz eng zusammengedrängt nebeneinander. Diese durch ihre Größe imponierenden Ommatidien im Bereiche des Gesichtes sind nun beim Fluge des Tieres direkt nach vorn gerichtet. Sie erreichen in diesem ventralen Teil eine ganz besondere Länge; der Bereich einer Corneafacette ist hier um ein Mehrfaches größer als weiter dorsal im Auge; desgleichen nimmt der Kristallkegel sowie die Hauptpigmentzellen geradezu enorme Dimensionen an, wenn man dabei stets die dorsalen Gebilde damit vergleicht. Da nun die Weibchen diese Differenzierung in der Facettengröße viel deutlicher ausgeprägt zeigen als die Männchen derselben Arten, so liegt die Schlußfolgerung nahe, daß besonders dieser nach vorn gerichtete Teil des Auges mit seinen längeren Elementen es ist, der den Weibchen beim Fangen der Beute sehr viel nützt. Denn mit ihrer Hilfe vermag das

[13] C. Chun, 1896, Atlantis. In: Zoologica. 19. Heft.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

Tier die schnellfliegende Beute — meist sind es ja kleine Dipteren — leichter zu erspähen; es ist ja ganz offenbar, daß diese längeren Elemente besonders gut zum Bewegungssehen geeignet sind. Schon Exner[14] spricht sich darüber folgendermaßen aus: »Die Differenz im Bau des Auges hat also darin seinen Grund, daß die eine Form günstiger ist zur Wahrnehmung von Bewegungen, die andre zur Wahrnehmung der Formen ‚ruhender Objekte'«. Ferner »vereinigt sich mit diesem ‚Bewegungssehen' noch der Vorteil, das Objekt in möglichster Detaillierung zu erkennen« (vgl. Dietrich[3]). Es wäre also dieses merkwürdige Verhalten bei den Formen von *Crabro* wieder eine Bestätigung für den Ausspruch von Chun[13], daß »die Differenzierung der Augen immer in Anpassung an die Lebensweise vor sich geht.« Von der formenreichen Gattung *Crabro* tritt dieses Charakterstikum mit Evidenz bei folgenden Untergattungen zutage: *Crabro* s. str., *Clytochrysus* A. Moraw., *Solenius* Thoms., *Ectemnius* Dahlb., *Ceratocolus* Lep., *Thyreus* Lep., *Thyreopus* Lep., *Cuphopterus* A. Moraw., *Hoplocrabro* Thoms., *Coelocrabro* Thoms., *Crossocerus* Thoms., *Rhopalum* Kirby., *Lindenius* Lep. und *Entomognathus* Dahlb. Von den Vespiden sind es namentlich die Arten von *Eumenes* F. und *Odynerus* Latr. mit seinen Untergattungen, welche einen Unterschied in der Facettengröße erkennen lassen. Unter den Ichneumoniden ragen in dieser Beziehung einige Arten der Gattungen: *Ephialtes* Grav., *Pimpla* F., *Anomalon* Gray., *Tryphon* Grav. und *Ichneumon* L. hervor.

Es wäre nun noch eine Eigentümlichkeit zu erwähnen, die die Kristallkegel betrifft. Vielfach stehen nämlich in den ventralen Augenpartien die Kristallkegel schief auf den Corneafacetten und oft noch die Corneacylinder schief auf der Corneaoberfläche. Auf die physiologische Wirkung machte schon Exner[14] (S. 24) aufmerksam. Er legt dar, daß dadurch »das Sehfeld des Auges erweitert wird«; »das ist besondere bei Tieren, die ein stark gewölbtes Auge nicht brauchen können, weil sie sich in Sand eingraben oder Steine wegschaffen müssen, von Nutzen; denn stark gewölbte Augen würden viel leichter beschädigt werden«. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß in den Hymenopterenfacettenaugen nur »Appositionsbilder« erzeugt werden, wie das bereits Exner[14] an *Bombus terrestris* expliziert: »Eine an die Kegel sich anschließende Retinula deutet immer auf ein Appositionsbild hin«; denn »nur ein Auge, dessen Netzhautelemente sich in nächster Nähe der Kegelspitzen befinden, vermag ein Appositionsbild zu entwerfen«.

Leipzig, am 12. Dezember 1911.

---

[14] S. Exner, 1891, Die Physiologie der facettierten Augen von Krebsen und Insekten. Leipzig u. Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zoologischer Anzeiger

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: 39

Autor(en)/Author(s): Geyer Kurt

Artikel/Article: Beitrag zur Kenntnis der Facettenaugen der Hymenopteren. 375-386