

# Die antennalen Sinnesorgane der Lepidopteren.

Von **Leopold Karl Böhm.**

(Mit einer Tafel und zwei Textfiguren.)

Die antennalen Sinnesorgane der Insekten waren schon oft Gegenstand eingehender Untersuchungen. Schon in der zoologischen Literatur der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts finden wir Angaben über die Bedeutung der Insektenantennen als Sinnesorgane. So weist **RÉAUMUR**<sup>1)</sup> im Jahre 1734 in seinen „Mémoires pour servir à l'histoire des insectes“ darauf hin, daß vielleicht die Antennen die Organe des Geruches seien, von dem **RÉAUMUR** weiß, daß er bei den Insekten in hervorragender Weise ausgebildet ist. Doch war dies keine durch morphologische oder physiologische Befunde gewonnene Erkenntnis, sondern eine bloße Vermutung, auf die er kam, weil ihm die von seinen Vorgängern gegebenen Deutungen der Antennen als Schutz der Augen, als Putzvorrichtung für dieselben usw. mit Recht höchst unwahrscheinlich erschienen. Einige Zeit später, im Jahre 1749, schreibt **ROESEL v. ROSENHOF**<sup>2)</sup> in seiner „Insektenbelustigung“, einem in wissenschaftlicher und künstlerischer Beziehung hervorragenden Werke, daß ihm „die Meinung derjenigen eben nicht so unwahrscheinlich vorkommt, welche dafür halten, die Fühlhörner seien, bei denen Insekten, das Instrument des Geruchs“. — Zu ähnlichen Schlüssen über die Funktion der Antennen gelangen zu dieser Zeit noch eine ganze Anzahl von Autoren, die ich jedoch nicht alle anführen kann; ich verweise diesbezüglich auf die historisch-kritische Studie von **KRAEPELIN**<sup>3)</sup>, der mit großer Genauigkeit die ältere Literatur über dieses Thema zusammengestellt hat.

<sup>1)</sup> Lit.-Verz. 21. T. I, pag. 224.

<sup>2)</sup> Lit.-Verz. Nr. 22. Zweiter Teil (1749): Samml. d. Heuschrecken u. Grillen hiesigen Landes. Nr. 1, pag. 51.

<sup>3)</sup> Lit.-Verz. Nr. 12.

In der darauf folgenden Zeit, in der besonders stark die Tendenz hervortritt, die einzelnen Organe bei den Tieren an genau denselben Stellen lokalisiert zu vermuten wie beim Menschen, glaubte man die seitlich vom Kopfe abstehenden Antennen mit den Ohren der Säugetiere in Beziehung bringen zu können. Da man infolgedessen genötigt war, die Organe des Geruchssinnes anderweitig zu suchen, entschied man sich, die Tracheeneingänge dafür in Anspruch zu nehmen, indem man von der Erwägung ausging, daß die Stelle, an der aus dem umgebenden Medium die Atemluft in den Körper aufgenommen wird, auch am geeignetsten für die Prüfung ihrer Qualität sei. Der Hauptvertreter dieser Anschauung war der sonst verdienstvolle Hamburger Forscher M. C. G. LEHMANN, der in drei Arbeiten<sup>1)</sup> durch erstmaliges Anführen einer Anzahl anatomischer Details über die Insektenantennen und durch allerdings äußerst primitive Experimente diese seine Ansicht über die Funktion der Stigmen als Geruchsorgane zu bekräftigen suchte. Hingegen hielt er, im Gegensatze zu einigen zeitgenössischen Forschern, die Antennen nicht für Gehör-, sondern für Tastorgane und namentlich auch für Feuchtigkeitsmesser der umgebenden Luft. Wie sehr es ihm gelungen ist, seiner Anschauung zu weiter Verbreitung zu verhelfen, beweist die bemerkenswerte Tatsache, daß CUVIER in seiner berühmten vergleichenden Anatomie<sup>2)</sup> sich den Ausführungen LEHMANN'S über diesen Gegenstand vollständig anschloß. — In der Folgezeit schwankte der Meinungskampf über die Bedeutung der Antennen und über den Sitz der einzelnen Sinnesorgane unentschieden hin und her, bis im Jahre 1826 ein entscheidender Schritt nach vorwärts geschah. In diesem Jahre sprach JOHANNES MÜLLER in seiner „Vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes“ ein im Thorax der Grillen befindliches, schon längere Zeit bekanntes Organ als Gehörapparat an und schlug dadurch die erste bedeutende Bresche in die trotz LEHMANN und mehrerer ihm gleichgesinnter Autoren noch allgemein verbreitete Ansicht, daß als hauptsächlicher Sitz von Sinnesorganen bei den Insekten der Kopf und dessen Anhänge zu betrachten seien. Infolge des Umstandes, daß der Gehörapparat wenigstens bei gewissen Insekten in andere Körpergegenden verlegt gefunden wurde, gewann naturgemäß die Ansicht über die Antennen als Sitz des Geruchssinnes wieder erhöhte Bedeutung; es dauerte aber doch noch zwei Jahrzehnte, bis ERICHSOHN<sup>3)</sup>, der zum ersten

<sup>1)</sup> Lit.-Verz. Nr. 14.

<sup>2)</sup> Lit.-Verz. Nr. 5.

<sup>3)</sup> Lit.-Verz. Nr. 6.

Male genauere anatomische Einzelheiten über den Fühlerbau lieferte, mit großer Wahrscheinlichkeit dartun konnte, daß eigentümliche, auf den Fühlern vieler Insekten befindliche, von einer zarten Membran überspannte Grübchen („Pori“) der Geruchsperzeption dienen. Zugleich wies er auf den augenfälligen Unterschied in der Ausbildung zwischen den Fühlern verschiedener Insektenweibchen und -männchen, ferner zwischen fleisch- und pflanzenfressenden Arten, hin und suchte auch dadurch die Bedeutung dieser Anhänge als Träger der Geruchsorgane zu beweisen. Seine Ausführungen fanden anfangs nicht viel Beifall, wurden vielmehr von einer ganzen Anzahl von Autoren angefochten, bis sie durch LEYDIG, einen der erfolgreichsten Forscher auf diesem Gebiete, Bestätigung und Ergänzung erfuhren. In einer zusammenfassenden Arbeit<sup>1)</sup> schildert LEYDIG, auf zahlreiche anatomische Details gestützt, die Ergebnisse seiner sorgfältigen und umfassenden Untersuchungen über die Geruchs- und Gehörgane der Krebse und Insekten. Er erklärte, die ERICHSONSche Deutung der Fühlergruben, wenigstens soweit sie am Grunde mit Kegeln, Zapfen etc. ausgestattet sind, als Sinnes-, und zwar Geruchsorgane für die plausibelste und wies auch namentlich auf die weite Verbreitung von über die Oberfläche der Antennen sich erhebenden, blaß konturierten Kegeln hin, die er als „Riechzapfen“ in Anspruch nimmt. Betreffs der Krebse fand seine Deutung der blassen Kegel der Antennen Annahme bei einer Reihe von Autoren, so namentlich CLAUS, der in mehreren seiner Arbeiten<sup>2)</sup> für sie eintrat. Dagegen begegnete sie hinsichtlich der Insekten entschiedenem Widerspruch, an dem sich unter anderen auch LANDOIS<sup>3)</sup> beteiligte. Es erschienen aber nunmehr, anfangs spärlich, später in immer rascherer Reihenfolge eine ganze Anzahl von Arbeiten, welche es immer wahrscheinlicher machten und schließlich keinen Zweifel darüber übrig ließen, daß es sich bei den Insektenantennen um Träger nicht nur von Tast- und in einigen Fällen (wie den sogenannten Membrankanälen v. RATHS) vielleicht auch Gehörgorganen, sondern namentlich von Geruchs-Sinnesorganen handle, und daß in letzterer Funktion ihre Hauptbedeutung liege. Die Reihe der diese Ansicht fördernden Autoren wurde durch FOREL<sup>4)</sup> eingeleitet, der seine diesbezüglichen, von wichtigen anatomischen Entdeckungen gekrönten Untersuchungen

---

<sup>1)</sup> Lit.-Verz. Nr. 15.

<sup>2)</sup> Lit.-Verz. Nr. 3 u. 4.

<sup>3)</sup> Lit.-Verz. Nr. 13.

<sup>4)</sup> Lit.-Verz. Nr. 7, pag. 118 ff., pag. 144 ff.

an Ameisen anstellte. Ihm folgte HAUSER<sup>1)</sup>, der nicht nur durch physiologische Experimente, wie Exstirpieren der Antennen etc., und durch anatomische Untersuchung, sondern auch durch Herbeiziehung allgemeiner, namentlich darwinistischer Gesichtspunkte, so der natürlichen Zuchtwahl, des auf geschlechtliche Selektion zurückzuführenden, oft weitgehenden Dimorphismus der Antennen in beiden Geschlechtern etc., den Beweis für die geruchszepizierende Funktion der Antennen zu erbringen suchte. Den bedeutsamsten Fortschritt auf diesem Gebiete erzielte jedoch unter den modernen Autoren OTTO VOM RATH, dessen Arbeiten<sup>2)</sup> noch heute grundlegend sind für jeden, der sich mit der Frage nach den Sinnesorganen der Arthropoden eingehender beschäftigt. Ihm gelang es, durch gründliche anatomisch-histologische Untersuchung bei allen größeren Arthropodengruppen den Apparat der Reizperzeption und -leitung in den Antennen als bei den einzelnen Gruppen im wesentlichen gleichen und als ziemlich einfachen zu erkennen, und zwar befindet sich nach ihm unter jedem der Sinnesfunktion dienenden Haargebilde eine oder eine Gruppe von bipolaren „Sinneszellen“ (eine Bezeichnung, die v. RATH für den früher bei den Autoren gebräuchlichen Ausdruck Ganglion zutreffend einführte); diese Sinneszellen, die nichts anderes als ausschließlich der Reizperzeption dienende Epithelzellen sind, entsenden je einen distalen protoplasmatischen Fortsatz in das Sinneshaar und je einen proximalen, nervösen Fortsatz zu den großen Nervenstämmen der Antenne. Mit Nachdruck wies er darauf hin, daß nicht, wie vor ihm die geläufige Anschauungsweise war, „der an die Sinneszellen (Ganglienzellen der Autoren) antretende, vom Zentralorgan herkommende Nerv das Ganglion seiner Länge nach durchsetzt und dann in das Sinneshaar eintritt“, sondern daß er „sich vielmehr unterhalb der Sinneszellen auffasert und an jede Sinneszelle eine Faser abgibt.“<sup>3)</sup> Nach ihm stellte noch eingehende Untersuchungen über Geruchs- und Geschmackssinn bei Insekten WILIB. NAGEL<sup>4)</sup> an, der namentlich die physiologische Seite der Frage ins Auge faßte und auch das schwierige Grenzgebiet des Riechens und Schmeckens bei Wassertieren, insbesondere bei Wasserinsekten, einer Erörterung vom vergleichend-physiologischen Standpunkte unterzog. Die Frage, ob bei im Wasser lebenden Tieren neben dem Geschmacksinne noch ein besonderer Geruchssinn anzunehmen sei, beantwortete

<sup>1)</sup> Lit.-Verz. Nr. 10.

<sup>2)</sup> Lit.-Verz. Nr. 18, 19, 20.

<sup>3)</sup> Lit.-Verz. Nr. 20, pag. 502.

<sup>4)</sup> Lit.-Verz. Nr. 16 und 17.

er in verneinendem Sinne und erklärte bei diesen Tieren beide Funktionen als in eine zusammenfallend. — Die mannigfaltigen, auf der Insekten-, namentlich der Lepidopteren- und Hymenopteren-antenne befindlichen, mit nervösen Endorganen in Zusammenhang stehenden Chitingebilde wurden von OTTO SCHENK zusammenfassend dargestellt<sup>1)</sup>, und die einzelnen Arten der Sensillen in einige große Kategorien eingereiht. Der sexuelle Dimorphismus der Antennen und der mit diesem Hand in Hand gehende Unterschied in der Menge und Anordnung der Chitingebilde erfuhr in dieser Arbeit besondere Berücksichtigung. Endlich wären noch zwei Arbeiten aus jüngster Zeit über die in Frage stehenden Sinnesorgane zu erwähnen, und zwar die von ERNST RÖHLER<sup>2)</sup>, der Untersuchungen (teilweise auch anatomische) über die antennalen Sinnesorgane bei *Musca vomitoria* und *Tryxalis nasuta* anstellte, und die von HANS H. FREILING<sup>3)</sup> mit Beiträgen zur Kenntnis der Sinnesorgane auf dem Schmetterlingsflügel, aus welchen ersichtlich ist, daß die „Sinnesstacheln“ und „Sinnesschuppen“ des Schmetterlingsflügels im wesentlichen denselben Bau wie die betreffenden Sinnesorgane der Antennen aufweisen.

Wenn wir die Reihe der Arbeiten über das betreffende Thema durchgehen, so fällt uns sogleich auf, daß immer mehr die anatomische Seite in den Vordergrund gerückt ist, und diese Art der Behandlung erwies sich auch in der Tat als die ergebnisreichste. Nachdem die dem Chitinskelett angehörigen Teile der Sinnesorgane aus Präparaten von ganzen Fühlern sattem genug bekannt geworden waren, nachdem man einsehen lernte, daß das physiologische Experiment gerade hier häufig im Stiche ließ, weil zu kleine und zu heterogene Organe auf den an und für sich nicht großen Antennen beisammen liegen, mußte man sich notwendigerweise zunächst darauf beschränken, auf anatomischem Wege sich über die Natur dieser Organe Klarheit zu verschaffen, um dann auf dem Wege der Analogie aus mehr oder minder sicher bekannten Sinnesorganen auf die Funktion gleich oder ähnlich gebauter zu schließen. Von allen Insektengruppen nun, die auf diese Weise in Bezug auf ihre antennalen Sinnesorgane eine anatomische Untersuchung erfuhren, kamen die Schmetterlinge am schlechtesten weg. Der Grund liegt auf der Hand. In dem dicken, sich anscheinend spröder als bei allen anderen Insektenordnungen erweisenden Chitinzyylinder

<sup>1)</sup> Lit.-Verz. Nr. 24.

<sup>2)</sup> Lit.-Verz. Nr. 23.

<sup>3)</sup> Lit.-Verz. Nr. 9.

der Antenne liegen hier die denkbar feinsten und zartesten nervösen Endorgane eingebettet, und es erfordert große Geduld und Erwerbung einer speziellen Technik, um ihnen mit dem Mikrotom beizukommen.

Es erschien mir daher als eine zwar schwierige, aber dankbare Aufgabe, die antennalen Sinnesorgane gerade bei diesen Tieren, mit besonderer Berücksichtigung ihres anatomisch-histologischen Aufbaues, einer näheren Untersuchung zu unterziehen. Zu diesem Zwecke wurde mir von meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. GROBBEN, ein Arbeitsplatz im I. zool. Institute gütigst zur Verfügung gestellt. Hierfür, sowie für alle Anregungen und Ratschläge, die ich von ihm im Verlaufe der Arbeit erhielt, bin ich ihm zu großem Danke verpflichtet. Vielen Dank schulde ich auch Herrn Prof. PINTNER, der mich ebenfalls im Verlauf der ganzen Arbeit durch wertvolle Ratschläge unterstützte. Für mannigfache technische Anleitungen endlich danke ich bestens Herrn Dr. A. ROGENHOFER, dem ehemaligen, und Herrn Dr. K. MIESTINGER, dem derzeitigen Assistenten am Institute.

### Untersuchungsmethoden.

Zum Zwecke des Fixierens müssen die Antennen stets in kleine Stücke zerteilt werden, weil die Fixierungsflüssigkeiten in ganze Antennen nur äußerst langsam eindringen. Als die günstigsten Fixierungsmittel erwiesen sich Salpetersäuregemische infolge der zugleich die Gewebe härtenden und das Chitin erweichenden Einwirkung der Salpetersäure, und zwar verwendete ich hauptsächlich das von HENNINGS<sup>1)</sup> angegebene Gemisch, jedoch mit dem doppelten Quantum von Salpetersäure (also: Salpeters. konz.: 32 Teile [gegenüber den 16 T., die HENNINGS vorschreibt], Chromsäure 0·5% : 16 T., Sublimat ges. Lös. in 60% Alkoh.: 24 T., Pikrinsäure ges. wässer. Lösung: 12 T. und Alkoh. absol.: 42 T.), und das von PETRUNKEWITSCH für die Eier von *Apis* benutzte Gemisch<sup>2)</sup>, das sich auch für meine Zwecke als günstig erwies, ebenfalls mit dem doppelten Quantum von Salpetersäure (aqua dest. 300 cm<sup>3</sup>, Alkoh. abs. 200 cm<sup>3</sup>, ac. acet. glac. 90 cm<sup>3</sup>, ac. nitr. pur. 20 cm<sup>3</sup> [PETRUNKEWITSCH nimmt bloß 10 cm<sup>3</sup>], Subl. corros. bis zur Sättigung). Von anderen Fixierungsmitteln verwendete ich noch Alkoh. absol. (nach O. v. RATH),

<sup>1)</sup> HENNINGS C.: Die Mikrotomtechnik des Chitins in: Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., XVII, 1900.

<sup>2)</sup> Zool. Jahrb., Abt. Morphol. 14. Bd., 1901, pag. 576.

Alkoh. 95% und Aufbewahrung in 4% Formollösung, Alkohol-äther (nach RÖHLER) u. a., alle jedoch ohne besonderen Erfolg, da das Chitin bei Anwendung dieser Mittel zu spröde blieb. Besonders zu erwähnen ist, daß gar kein Unterschied in der Konsistenz des Chitins der Antennen bei dem Ausschlüpfen nahen Puppen und bereits ausgeschlüpfen Faltern zu merken ist. Das Chitin scheint zwar, unmittelbar nachdem man die Antennen aus der Puppenhülle herausgeschält hat, bedeutend weicher als sonst zu sein, nachdem es aber in der üblichen Weise durch die Alkoholreihe hindurchgeführt worden war, um im Paraffin eingebettet zu werden, unterschied es sich in der Konsistenz, wohl infolge der Einwirkung des Alkohols, nicht mehr von dem solcher Antennen, die von frisch ausgeschlüpfen Faltern abgeschnitten wurden. Immerhin aber empfiehlt es sich nicht, die Antennen von schon längere Zeit ausgeschlüpfen Faltern zum Schneiden zu verwenden, es scheint, als ob ihr Chitin mit zunehmendem Alter immer spröder würde. Auch ist darauf zu sehen, daß die Behandlung mit Alkohol möglichst abgekürzt werde, die Objekte möglichst rasch in sehr hartes Paraffin eingebettet und in diesem zu weiterer Behandlung aufbewahrt werden. — Infolge des wie für Fixierungsflüssigkeiten so auch für Farbstofflösungen fast undurchlässigen Chitinmantels der Antennen wendete ich ausschließlich Schnittfärbung an, und zwar erwiesen sich als besonders günstig die gebräuchlichen Färbungen mit Hämatoxylin-Eisen nach HEIDENHAIN und mit Alaunhämatoxylin nach DELAFIELD, beide mit nachfolgender Plasmafärbung durch Eosin (1%ig, wässer.), Fuchsin ( $\frac{1}{2}\%$ ig, wässer.), Kongorot (2%ig, wässer.) oder Orange-G ( $\frac{1}{2}\%$ ig, wässer.). — Beim Schneiden muß das Messer ungemein rasch über den Block geführt werden, je schneller dies geschieht, desto weniger splittert das Chitin. Außerdem ist es unerlässlich, die Schnitte durch MAYERSCHES Eiweißglyzerin (mit Thymolzusatz) oder ein ähnliches Mittel am Objektträger aufzukleben, erst dann durch Erwärmen im Paraffinofen zu strecken und endgültig festkleben zu lassen; es schwimmen sonst fast sämtliche Schnitte bei der weiteren Behandlung weg. — Die Untersuchung erstreckte sich auf Vertreter aller größeren Gruppen der Ordnung der Lepidopteren, doch kam es mir bei vorliegender Arbeit nicht darauf an, möglichst viele Arten auf ihre antennalen Sinnesorgane zu untersuchen, was Gegenstand einer späteren vergleichenden Untersuchung sein wird, sondern den typischen Aufbau derselben, ihre stets wiederkehrenden Merkmale, an der Hand einiger instruktiver Beispiele zu erläutern.

### Eigene Beobachtungen.

Vor Schilderung der einzelnen Kategorien der Sinnesorgane ist es nötig, ein Bild des Aufbaues der Antenne zu geben, weil sich die Sinnesorgane ja nur innerhalb des Verbandes der übrigen Gewebe der Antenne verstehen lassen. Als Beispiel diene der Fühler von *Macroglossum stellatarum* (Fig. 1). Zu äußerst sehen wir denselben auf einem Querschnitt von einer dicken Chitintcuticula (*ch. c.*) umgeben. Dieselbe setzt sich aus drei, gegen denselben Farbstoff sich verschieden verhaltenden Chitinschichten zusammen. Die äußerste Schichte färbt sich gewöhnlich nicht, sondern behält die charakteristische, gelbe Chitinfarbe; die darunterliegende Schichte bleibt in der Regel blasser gefärbt als die innerste, die das Lumen der Antenne begrenzt. Dieses Verhalten der drei Chitinprien dürfte nicht auf chemischer Verschiedenheit, sondern auf kleinen Differenzen physikalischer Natur beruhen. Im ganzen Umkreis der Cuticula, bis auf eine verhältnismäßig kleine, etwa  $\frac{1}{6}$  des Umfanges betragende Partie, welche die Sinnesorgane trägt, die sog. *area sensorialis* (*a. s.*), sind alveolenartige Vertiefungen zu bemerken, die Insertionsstellen der Schuppen. In vielen Fällen ist die Antenne im Querschnitt drehrund, wie bei Tagschmetterlingen, einigen Schwärmern, so auch *Macr. stellatarum* u. a.; bei den meisten Schwärmern jedoch ist der die *area sensorialis* tragende Teil der Antenne kielartig ausgezogen; immer ist die Lage der *area sensorialis* eine derartige, daß sie an dem nach außen und vorne gelegenen Teil der Antenne zu liegen kommt. Die Bedeutung dieser Einrichtung liegt offenbar darin, daß die Sinnesorgane dadurch möglichst weit gegen das auf seine chemische und anderen Qualitäten zu prüfende Medium, in unserem Falle die Luft, ferner gegen zu betastende Gegenstände etc. vorgeschoben sind. Derselbe Effekt wird auch durch die namentlich bei den Spinnern verbreitete Erscheinung der gefiederten Antennen erzielt, durch die außer einer Vergrößerung der Antennenoberfläche und einer Hand in Hand damit gehenden Vermehrung der Sinnesorgane ebenfalls ein Vorschieben letzterer in das umgebende Medium hinaus erreicht wird. Unterhalb der Cuticula liegt ihre Matrix (Hypodermis) (*hyp.*), in dem vorliegenden Falle aus einem Pflasterepithel mit verhältnismäßig großen Kernen und nur wenig Plasma, in anderen Fällen, z. B. bei Tagschmetterlingen (Fig. 3 *hyp.*) aus hohen, palisadenartig angeordneten Zellen mit verhältnismäßig kleinen Kernen und reichlichem, wabenartig angeordnetem Plasma bestehend. Unter-

halb der Insertionsstellen der Schuppen liegen zwischen den gewöhnlichen Hypodermiszellen die Bildungszellen der Schuppen (*m. s.*). Innerhalb der *area sensorialis* sind auf den Schnitten von den Hypodermiszellen nur die Kerne deutlich bemerkbar, von dem Plasma sieht man nur spärliche, zwischen den Kernen und unmittelbar an die Cuticula sich anlegende Teile. Im Lumen der Antenne fallen vor allem die Querschnitte der verhältnismäßig sehr großen, paarigen Hauptnervenzämme (*n*) auf, die vom Gehirn abzweigen und durch den ganzen Fühler hindurchziehen. In jedem Glied der Antenne geben sie je einen Ast ab, der sich dann innerhalb des Gliedes mannigfaltig verzweigt und unterhalb der *area sensorialis* auffasert (vgl. Fig. 2). Auf Querschnitten sieht man gewöhnlich zwei oder vier von diesen Nervenzämmen (*n'*, *n''*), die des betreffenden und der nächstfolgenden Glieder. Ferner fallen im Lumen der Antenne noch die zwei Haupttracheenzämme auf (*tr*). Diese entsenden ebenso wie die Nervenzämme in jedes Glied Ausläufer, die sich in demselben, immer die Nerven begleitend, vielfach verästeln. Die feinsten Verzweigungen verlieren sich zwischen den Gewebsteilen der *area sensorialis* und sind nur schwer als solche zu unterscheiden, da sie hier des Spiralfadens entbehren.

Was die *area sensorialis* betrifft, die, wie erwähnt, nur einen geringen Teil der Antenne einnimmt, so ist die sie bedeckende Cuticula merklich dünner als an den übrigen Stellen der Antenne und von zahlreichen Kanälen durchbrochen, die sich entweder in das Lumen von Sinnesborsten (*s. b.*) fortsetzen oder zu in Gruben versenkten Sinneskegeln (*gr. k.*) führen. Zwischen den Sinnesborsten ist das Chitin in starre, solide Chitinzacken ausgezogen (*ch. z.*). Nach innen zu folgt die Matrix der Cuticula in der schon erwähnten charakteristischen Form der Ausbildung. Zu innerst gegen das Lumen und mit ihrem oberen Teil bis in die Sinnesborsten hineinragend sieht man ferner eine fast ununterbrochene Reihe von Zellen, die in dem Gewirr von verschiedenartigen, meistens deutliche Zellgrenzen nicht aufweisenden Zellelementen leicht kenntlich sind durch ihre ungemein scharfen Konturen und durch die großen, bei allen Färbungsmethoden tief dunkel tingierten Kerne. Ich werde später über ihre Bedeutung noch eingehender zu reden haben, jetzt erwähne ich nur, daß ich sie für die Bildungszellen der Sinnesborsten halte (*dr.*), die zugleich drüsigen Charakter besitzen. Zwischen den unmittelbar unter der Cuticula befindlichen Hypodermiszellen und den eben erwähnten, scharfkonturierten, großkernigen Zellen liegen allenthalben zerstreut in verschiedener Höhe

die Sinnesnervenzellen (*s. z.*), deren Bau ich ebenfalls später ausführlich behandeln werde. Gegen das Lumen der Antenne ist die *area sensorialis* durch eine Basalmembran (*m. b.*) abgegrenzt, durch welche hindurch die Sinnesnervenzellen ihre proximalen Fortsätze zu den Nervenästen entsenden.

Was die Ausbildung der Sinnesorgane im Speziellen betrifft, so sind zwei Kategorien derselben schon nach ihrer Lage auf der Antenne leicht zu unterscheiden:

- I. Auf der Fläche stehende und
- II. in Gruben versenkte Sinnesorgane.

Bei ersteren sind 1. die gewöhnlichen Sinneshaare, Sinnesborsten etc. von 2. gewiß auch der Funktion nach verschiedenen, breiten Sinneskegeln an den Enden der Glieder zu trennen, bei letzteren 1. einfache, in Gruben versenkte Sinneskegel, 2. zusammengesetzten Sinnesgruben (mit mehreren Sinneskegeln) gegenüberzustellen. In allen Fällen wird ein chitiniger, auf ein Haargebilde zurückzuführender, dem Integument angehöriger Teil des Sinnesorganes und ein nervöser Endapparat zu unterscheiden sein.

Wie erwähnt, weisen die mit Sinnesorganen in Verbindung stehenden Haargebilde der Schmetterlingsantenne eine ungeweine Formenmannigfaltigkeit auf. SCHENK hat<sup>1)</sup>, abgesehen von den breiten Sinneskegeln an den distalen Gliederenden z. B. der Schwärmerantenne, die mit seinen *sensilla styloconica* nicht identisch sind, und abgesehen von diesen letzteren, drei Gruppen verschiedenartiger Haargebilde unterschieden, nämlich: *sensilla basiconica*, ebenständige Sinneskegel, *sensilla chaetica*, borstenartige Sinnesorgane und *sensilla trichodea*, haarartige Sinnesorgane. Doch wird es oft schwer, die mannigfaltigen Formen in diesen Gruppen unterzubringen. Betrachtet man z. B. eine Antenne eines Schwärmers, etwa von *Macroglossum stellatarum*, so fallen sofort die zahlreichen Sinnesborsten (Fig. 1, *s. b.*) der *area sensorialis* auf. Sie stehen dicht aneinandergereiht auf der Antennenoberfläche und inserieren gelenkartig zwischen den Chitin Zacken der Cuticula. Sie sind am ehesten den *sensilla chaetica* (borstenartigen Sinnesorganen) SCHENKS einzuordnen. Bei anderen Schwärmern, z. B. den *Deilephila*-Arten, *Acherontia atropos* etc., bei denen der die *area sensorialis* tragende Teil der Antenne kielartig in der ganzen Länge der Antenne vorspringt, sieht man die beiden Seiten dieser kielartigen Leiste mit langen, gekrümmten Sinneshaaren in der Weise besetzt, daß diese auf jedem Glied in zwei

<sup>1)</sup> Lit.-Verz. Nr. 24, pag. 578.

parallelen, in der Querachse der Antenne verlaufenden Reihen einander gegenüberstehen, wobei ihre oberen stark gekrümmten Enden gegeneinandergekehrt sind, so daß sie auf diese Weise ein ziemlich dichtes Gewölbe über der unter ihnen befindlichen Area sensorialis formen. Diese Haargebilde sind weder den sensilla chaetica, noch den sensilla trichodea (haarartige Sinnesorgane) SCHENKS unterzuordnen, sie bilden eine eigenartige Form von Sinneshaaren. Weiters sind bei diesen Schwärmern auf der hinteren, beschuppten, der area sensorialis entgegengesetzten Seite der Antennenglieder lange, nur schwach gekrümmte Sinnesborsten in der Einzahl oder in ganz geringer Anzahl auf jedem Gliede zu bemerken. Diese lassen sich gut den sensilla chaetica SCHENKS vergleichen. Die Fühlerspitze dieser Schwärmer, aus den 8—10 letzten Gliedern bestehend, ist abgeknickt und bildet mit der übrigen Antenne einen fast rechten Winkel, und zwar ist sie nach oben und rückwärts gekehrt. Die zwei bis drei letzten Glieder sind sehr stark in die Länge gezogen, verhältnismäßig dünn und drehrund, so daß sie fast den Eindruck von stärkeren Haargebilden machen. Diese letzten Glieder nun sind mit ungewöhnlich langen, 5—6 von den vorangehenden Antennengliedern an Länge gleichkommenden, haarförmigen Sinnesorganen nach allen Richtungen besetzt. Das distale Ende des letzten Gliedes bietet gerade nur den Einlenkungen zweier ebenfalls ungewöhnlich langer Sinnesborsten Raum, welche sich aber von jenen der unmittelbar vorangehenden Glieder dadurch unterscheiden, daß sie nicht haarförmig dünn sind, sondern eine dickere Chitinwand besitzen, weshalb sie viel kräftiger erscheinen, auch nicht gekrümmt, sondern ganz gerade gestreckt sind. Das ganze eigentümliche Gebilde der letzten Glieder mit den langen Haaren und namentlich die distalen Sinnesborsten würde man bei der ersten Betrachtung als Tastorgan ansprechen, wenn nicht die bereits erwähnte, nach oben und rückwärts gekehrte Lage für eine andere, allerdings nicht näher bestimmbare Funktion sprechen würde. Aus dem Gesagten geht hervor, daß schon bei einer Gruppe von Schmetterlingen, den Schwärmern, eine ganze Anzahl verschiedenartiger Haargebilde, die der Sinnesfunktion dienen, auftreten. Zieht man aber andere Familien in den Kreis der Betrachtung, so vermehrt sich die Verschiedenartigkeit dieser Haargebilde in der Form noch um ein Beträchtliches. So ist die Antenne der *Saturniiden* unter den Spinnern reich an haar- und borstenartigen Sinnesorganen der mannigfachsten Form. Wie in anderen Charakteren, so zeigen auch in der Ausbildung der Antennen diese Tiere einen ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus.

Während bei den Weibchen die Fühlerglieder nur kurze seitliche Fortsätze zeigen, weisen die der Männchen lange, oft dichotomisch geteilte Fiedern auf, die in großer Zahl auftreten und eine starke Vermehrung der Sinnesorgane ermöglichen. Außer den später zu besprechenden Sinnesgruben finden sich auf den Fiedern, und zwar an ihren Enden, lange, ziemlich dickwandige Sinnesborsten, vom Charakter der *sensilla chaetica* nach der Nomenklatur SCHENKS; daneben aber stehen auf den Fiedern unter jeder der langen Sinnesborsten viel kürzere, minder dickwandige, auch leicht gekrümmte, immerhin aber nicht gut als haarförmig zu bezeichnende Sinnesborsten. Die ersteren könnten ihrer Form und exponierten Lage nach als Tastorgane aufgefaßt werden; bei letzteren fällt aber diese Deutung weg infolge des Umstandes, daß sie von den in ihrer unmittelbaren Nähe stehenden langen Sinnesborsten um vieles überragt werden; auch sie dienen also einem andern, unbekanntem Sinne, oder zumindest einer anderen Art mechanischer Reize. Endlich sind die Fiedern ihrer ganzen Länge nach mit langen, verhältnismäßig dünnen, in ihrem oberen Teil gekrümmten haarförmigen Sinnesborsten besetzt, die im rechten Winkel von den Fiedern beiderseits abstehen, und zwar nicht nach abwärts, wie einige Autoren angeben, sondern seitwärts, also gegen die Antennenspitze und -basis gerichtet; es sind dies die typischen *sensilla trichodea*. Ihre Bedeutung kann, wie aus ihrer Lage auf der Antenne hervorgeht, nicht in der Perzeption gewöhnlicher mechanischer Reize liegen. Es wurde von einigen Autoren darauf hingewiesen, daß derartige lange Haare an den Antennen als Druckpunkte funktionieren und den Tieren eine Empfindung von der Bewegungsgröße der Luft und ihrer selbst vermitteln könnten, weiters daß sie, analog gewissen Sinnesorganen auf dem Fledermausflügel, die Nähe größerer Gegenstände anzeigten. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die oft ungemein rasch fliegenden Tiere im Besitze derartig wirkender Sinnesorgane sich befinden. Welche von den zahlreichen Sinnesanhängen der Antenne jedoch für diese Sinnesempfindung in Anspruch zu nehmen wären, läßt sich nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen auch nicht mit annähernder Sicherheit feststellen. — In einer eigentümlichen Ausbildung treten uns Sinnesborsten bei anderen, den eben besprochenen nahe verwandten Tieren, z. B. den *Lasiocampiden* entgegen. Die Enden der Fieder bei den Männchen, resp. der seitlichen Gliederfortsätze bei den Weibchen sind mit je einer gedrungenen, dickwandigen Sinnesborste besetzt. Diese ist bloß ungefähr 3- bis 4mal so lang als ihr Durchmesser an der Basis beträgt und zeigt die Eigentümlich-

keit, daß der zu ihr gehörige nervöse Endapparat, wenigstens in seinem Hauptteil, nicht terminal, sondern seitlich an ihr endigt. Der die Sinnesborste durchsetzende Kanal biegt in ungefähr zwei Drittel der Höhe, bis wohin er einen geraden Verlauf durch die Borste nimmt, ab, und endigt seitlich, während man bisweilen einen bedeutend schwächeren Ast gerade weiterziehen und terminal endigen sieht. Hier möchte ich noch erwähnen, daß ich nie eine Öffnung in irgendeinem Haargebilde der Antenne beobachten konnte, sie müßte denn so fein sein, daß sie sich der Beobachtung entzieht; für wahrscheinlicher halte ich, daß alle Haargebilde zuoberst mit einer äußerst zarten Chitinmembran bedeckt sind, die gasförmige oder in Flüssigkeiten gelöste Körper hindurchdiffundieren läßt.

Eine interessante Erscheinung, welche über das Verhältnis der Sinnesborsten zu den Fiedern aufklärt, ist an der Antenne z. B. von *Noctuiden* zu beobachten. Die Antennenglieder derselben, mit Ausnahme der basalen und der obersten, enden seitwärts in kurzen Fiedern, welche an Länge nur um Weniges die Breite des Stammes übertreffen. An den Enden der Fiederchen sitzen wieder außer kürzeren, dünneren, schwach gekrümmten, gerade, ziemlich dickwandige und lange Sinnesborsten. Ihre Zahl beschränkt sich in den meisten Gliedern auf eins; häufig finden sich auch zwei, manchmal sogar drei, mit dem Grund aneinander stoßende, oben auseinanderweichende Borsten auf dem Fiederchen. Die ersten drei Antennenglieder nun entbehren noch der Fiedern, aber auch dieser Borsten. Am vierten Glied erhebt sich bereits eine Borste, und zwar in der Mitte des oberen Gliedrandes auf der im Fluge nach vorn gerichteten Seite der Antenne. Am fünften Glied stehen zwei von der Mitte des Gliedes rechts und links gleich weit entfernte Borsten, von einem seitlichen Fortsatz des Gliedes ist noch nichts zu merken. Am sechsten Gliede rücken diese zwei Borsten mehr nach rechts und es tritt am linken Rande des Gliedes, an der Stelle des späteren seitlichen Fortsatzes, eine neue Borste auf. Im nächsten Gliede ist die erste Andeutung eines seitlichen Fortsatzes oben am linken Rande zu bemerken. Sie ist bereits mit zwei Borsten besetzt. Im darauffolgenden achten Gliede läßt sich auch zum ersten Male ein rechter seitlicher Fortsatz beobachten, jedoch nicht am Rande, sondern ziemlich weit gegen die Mitte des Stammes verschoben; erst im Verlauf der nächstfolgenden Glieder rückt er mit seinen zwei, öfter auch drei Sinnesborsten an den Rand des Gliedes. Aus dem Auftreten der Sinnesborsten auf den der Fiederchen noch entbehrenden Gliedern, aus ihrem Seitwärtsrücken an die Stelle, wo

später an den Gliedern die seitlichen Fortsätze entstehen, geht klar hervor, daß die Sinnesborsten das Primäre, die Fiederchen das Sekundäre, im Laufe der Entwicklung Hinzugekommene sind. Schließlich möchte ich noch bei der Schilderung der haar- und borstenförmigen Sinnesorgane eines eigentümlichen Organes Erwähnung tun, das ich an der Basis der Antenne bei Spinnern und Eulen beobachtete (vgl. Fig. 5) und das in der Literatur noch nicht erwähnt wurde. Auf dem kugelig aufgetriebenen ersten und dem zweiten Glied der Spinnerantenne und in gleicher Weise auf den beiden ersten Antennengliedern der Eulen stehen, der Basis der Glieder genähert, zwei Gruppen von sehr kurzen, starren Sinnesborsten (*s. b.*) an der beschuppten Seite der Antenne, zu beiden Seiten der Mitte des Gliedes. Jede Gruppe ist ungefähr kreisrund begrenzt und besteht meist aus zirka 30—40 Sinnesborsten, die nach allen Richtungen auseinanderstehen. Von den untersuchten Tieren zeigten die Weibchen eine stärkere Ausbildung dieses Organs als die Männchen. Bei TagSchmetterlingen und Schwärmern ließ sich dieses Organ nicht nachweisen, doch dürfte es immerhin eine größere Verbreitung unter den Lepidopteren besitzen. In bezug auf die Lage erinnert es an das von JOHNSTON<sup>1)</sup> zuerst beschriebene, von CH. M. CHILD<sup>2)</sup> näher untersuchte, sogenannte JOHNSTONSche Sinnesorgan im zweiten Antennenglied vieler Insekten. Doch steht letzteres, als chordotonal sich erweisendes Sinnesorgan nicht mit Sinneshaaren in Verbindung, sondern die „stäbchenförmigen Ausläufer“ der Ganglienzellen endigen „zuweilen in Poren der Gelenkhaut zwischen dem zweiten und dritten Glied, oder an chitinösen Fortsätzen des peripherischen Randes derselben“. <sup>3)</sup> Es ist also nicht identisch mit dem hier in Rede stehenden Organe. Daß dieses Organ, obwohl an derselben Stelle der Antenne, wie das JOHNSTONSche Organ gelegen, noch nicht bemerkt wurde, erklärt sich daraus, daß ersteres an den Tieren, bei denen man das JOHNSTONSche Organ fand, nicht vorkommt. Das JOHNSTONSche Organ wurde nur bei einigen wenigen TagSchmetterlingen gefunden, respektive untersucht, u. zw. von JOHNSTON und CHILD bei *Epinephele*, von Berlese<sup>4)</sup> bei *Pieris* und *Satyrus*. Bei diesen, sowie noch anderen von mir untersuchten TagSchmetterlingen fand sich das von mir hier besprochene Sinnesorgan nicht vor. Die genauere, hauptsächlich ana-

<sup>1)</sup> Lit.-Verz. Nr. 11.

<sup>2)</sup> Lit.-Verz. Nr. 2.

<sup>3)</sup> CHILD, l. c. pag. 524.

<sup>4)</sup> Lit.-Verz. Nr. 1, Bd. 1, pag. 648.

tomisch-histologische Untersuchung und Beschreibung dieses Organes behalte ich mir für später vor. — Wie schon erwähnt, gibt es neben den bis jetzt besprochenen noch eine zweite Kategorie von über die Oberfläche der Antenne sich erhebenden Hautsinnesorganen, die einen ganz anderen Bau besitzen. Sie sind nicht spitz wie jene früher beschriebenen, sondern zeigen meist eine zylindrische Gestalt mit mehr oder minder großem Durchmesser und dementsprechend gedrungenerem oder schlankerem Bau. Ein Teil von ihnen trägt auf der oberen Fläche des Zylinders noch 1 bis 3 Zäpfchen; sie entsprechen dann den in der Literatur mit SCHENK als *sensilla styloconica* (Endzapfen, Kolben) bezeichneten Gebilden; andere hingegen, wie die Endkegel der Schwärmerantennen, enden stumpf. Erstere finden sich entweder auf dem Stamm der Glieder, ungefähr in der Mitte des oberen Randes, sowohl der Vorder- als auch der Hinterseite in der Einzahl, und zwar in weiter Verbreitung, bei Eulen und Spannern vor, oder sie stehen auf distalen Höckern des Stammes der obersten Glieder bei den gefiederten Antennen mancher Spinner, z. B. der *Saturniiden*. Bemerkenswert ist, daß diese Höcker auf der Hinterseite der Antenne, also jener Seite liegen, welche der Lage der übrigen Sinnesorgane entgegengesetzt ist. Die Endzapfen zeigen bei den genannten Spinnern eine besonders reiche Ausbildung. Häufig erheben sich auf einem breiten, gemeinsamen Sockel, der dem distalen Höcker des Gliedes aufsitzt, zwei oder drei derartiger zylindrischer Sinnesorgane, welche am oberen abgestumpften Ende zwei bis drei ganz kleine Zäpfchen, die eigentlichen Enden des ganzen Apparates, tragen. Bei sehr vielen Arten endigt das oberste Glied der Antenne mit einem oder zweien derartiger Sensillen. Die Antennen der Schwärmer sind ausgezeichnet durch den Besitz der zweiten Art hierhergehöriger Sinneshaare (Fig. 2 s. k.). Am oberen Rand der Glieder, und zwar an der Grenze des beschuppten, nach rückwärts gerichteten, und des die kielförmige Leiste mit der *area sensorialis* tragenden nach vorne gerichteten Teiles derselben steht je ein breit zylindrisch bis flaschenförmig gestaltetes, im letzten Falle unten breites, von der Mitte an etwas schmäleres, oben rund endigendes Sinnesorgan. Auf seine mutmaßliche physiologische Bedeutung will ich am Schlusse des beschreibenden Teiles, bei der Besprechung der Funktion aller Hautsinnesorgane der Antenne zurückkommen.

Bei allen Lepidopteren verbreitet und von ausschlaggebender Bedeutung für die Beurteilung der Antenne als eines großen Komplexes von Sinnesorganen, sind die in Gruben versenkten

Sinneskegel. Sie sind bald ziemlich tief unter die Oberfläche der Antenne versenkt und von am Rande der Grube stehenden, gegeneinander geneigten Chitinborsten dicht überdeckt, oder die Gruben sind weniger tief, so daß die am Grunde derselben stehenden Sinneskegel die Oberfläche des Fühlers erreichen, oder endlich in einer weiteren Reihe von Fällen, z. B. bei manchen Tagschmetterlingen, sind die Vertiefungen so seicht, daß die auf ihnen sich erhebenden Sinneskegel gerade noch durch die hier mächtig entwickelten Chitin-zacken der Cuticula überragt und geschützt werden (vgl. Fig. 3). Ihre in bezug auf Zahl und Verteilung beste Entfaltung finden sie auf den Fiedern mancher Spinner, in zweiter Linie auf der Antenne der Tagschmetterlinge. Ihre Beziehung zur Geruchsperzeption steht ziemlich fest. Meistens sind sie an den Enden der Fiederchen gehäuft, selten erstrecken sie sich längs des ganzen Verlaufes derselben bis zum Stamme und häufig nehmen sie die distalen Enden der obersten Antennenglieder ein, immer aber sind sie auf der im Fluge nach vorne gekehrten Seite gelegen, so daß sie vom vorbeiziehenden Luftstrom getroffen werden.

An einem derartigen Grubenkegel möchte ich nunmehr den anatomisch-histologischen Bau dieser Organe erläutern; das von diesen Gesagte wird jedoch für alle Sinneshaare der Antenne Geltung haben, denn so mannigfaltig auch der chitinige Teil derselben differenziert sein mag, im anatomisch-histologischen Aufbau existiert zwischen allen kein wesentlicher Unterschied. Das Wesentlichste an dem Sinnesorgan ist immer die Sinneszelle (Fig. 3 *s. z.*). Selten ist nur eine unter dem betreffenden Haargebilde zu finden, gewöhnlich beteiligen sich zwei oder mehrere von ihnen an dem Aufbau eines Sinnesorganes. Diese Zellen sind als Sinnesnervenzellen zu bezeichnen; sie sind epitheliale Nervenzellen, welche mittels ihres distalen, in das Haargebilde hineinreichenden Fortsatzes Reize von außen perzipieren und mittels ihres basalen Axons zum Zentralorgan des Nervensystems weiterleiten. Diese Zellen zeigen Eigentümlichkeiten, durch welche sie immer, auch in dem manchmal sehr dichten und schwer aufzulösenden Gewirr von Zellen der *area sensorialis* (vgl. Fig. 2) leicht kenntlich sind. Ihre Kerne nämlich, die im Verhältnis zu dem oft (*Sphingiden*) spärlichen Plasma sehr groß sind, zeigen um einen zentralen, mit den diversen Kernfarbstoffen tief tingierten Teil eine lichtere Zone, die oft (wie bei den *Sphingiden*, vgl. Fig. 2 *s. z.*) ganz ungefärbt ist, so daß der Kern ein bläschenförmiges Aussehen besitzt. Doch scheint diese Erscheinung des Kernes nichts Primäres zu sein. Man findet nämlich

auf manchen Schnitten durch Schwärmerantennen den bläschenartigen Charakter der Kerne dadurch verwischt, daß der tingierte, sonst zentral liegende Teil des Kernes größer als sonst ist und der Kernmembran an einer Stelle anliegt, so daß man nicht mehr eine lichte Zone unterscheiden kann. Von diesem Stadium bis zur vollständigen Ausfüllung der Kernmembran mit der Kernsubstanz und dem völligen Schwinden der Bläschenatur finden sich alle Übergänge.

Unterhalb der Sinnesnervenzellen, gegen das Lumen der Antenne zu, findet sich fast immer noch ein Kern (Fig. 3, *h. k.*), der einer Zelle unbekannter Bedeutung angehört. FREILING erwähnt diese Kerne ebenfalls bei der Schilderung der Innervierung von Sinnesborsten auf dem Schmetterlingsflügel<sup>1)</sup> und nennt sie Hüllzellkerne. Diese Kerne sind von jenen der Sinneszellen, zu welchen sie in den Fällen, wo die Kerne nicht bläschenförmig ausgebildet sind, bei oberflächlicher Betrachtung gerechnet werden könnten, leicht zu unterscheiden. Der Kern der Sinneszelle ist nämlich, wenn nicht bläschenförmig, so doch durch sein spärliches Chromatingerüst sofort als solcher kenntlich. Bei den *Sphingiden* umgibt der sogenannte Hüllzellkern meist halbmondförmig die Sinneszelle, und erreicht hier auch eine ansehnliche Größe, häufig ist er aber auch kegelförmig ausgebildet und legt sich dann mit der ausgebauchten Basis, jedoch immer mit Freilassung eines geringen Zwischenraumes, an die Sinneszelle.

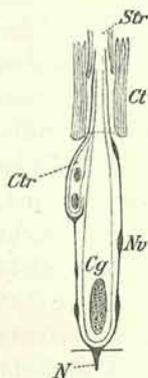
Bevor ich eine dritte Kategorie von Zellen beschreibe, die immer an der Bildung von antennalen Sinnesorganen beteiligt sind, ist es nötig, auf die Darstellung dieser Organe, die in jüngster Zeit ANT. BERLESE<sup>2)</sup> lieferte, etwas näher einzugehen. BERLESE kommt zu Ergebnissen, die jenen sämtlicher Autoren auf diesem Gebiete in wesentlichen Punkten widersprechen. Die zwei hauptsächlichsten dieser Punkte sind die, daß er das Vorhandensein von Sinneszellen jeglicher Art leugnet (nach ihm vermitteln sich allenthalben verzweigende Nervenfasern mit Nervenkernen die Sinnesempfindung), und daß er auf die allgemeine Verbreitung von drüsigen Elementen in Verbindung mit den antennalen Sinnesorganen hinweist, deren Vorhandensein er die allergrößte Bedeutung beimißt. Was den ersten Punkt betrifft, so stehen mit BERLESE, wie erwähnt, die Ergebnisse aller anderen Autoren und, wie ich gleich

<sup>1)</sup> FREILING, l. c. pag. 258.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 615 ff.

hinzufüge, auch die meinigen in vollständigem Widerspruche. Nach BERLESE umgibt der Nerv (vgl. Textfig. 1) hüllenförmig die unter jedem Sinneshaar befindliche Drüsenzelle, zeigt auch noch während seines Verlaufes innerhalb der *area sensorialis* ziemlich viele Nervenkerne und endigt an der Basis des Sinneshaares, setzt sich aber manchmal auch in dieses fort und endigt an der Spitze desselben. Die unterhalb des Sinneshaares gelegenen Sinneszellen spricht

Fig. 1.



BERLESE nicht als solche, sondern als „cellule trico-gene“ (haarbildende Zellen) an. Auch diese endigen unterhalb der Basis der Sinneshaare und werden, wie erwähnt, nach BERLESE von dem Nerv umhüllt, wobei BERLESE immer an der Stelle, wo der Nerv an die haarbildende Zelle herantritt, einen dieselbe halbmondförmig umgebenden Kern, nach ihm Nerven-kern, abbildet. Demgegenüber bemerke ich, daß ich auf meinen zahlreichen Schnitten nie diese von BERLESE als Haarbildner bezeichneten Zellen von Nervenfasern umhüllt sah, daß ich vielmehr, wie ich es in Fig. 3 abgebildet habe, deutlich einen von ihnen in das Sinneshaar abgehenden distalen Fortsatz und einen zu dem Nervenstamm des betreffenden Antennen-

glieders abziehenden proximalen Achsenzylinder beobachten konnte, wodurch diese Zellen unzweifelhaft als Sinnesnervenzellen gekennzeichnet sind. Die von BERLESE als Nervenkerne am Grunde der Sinneszellen abgebildeten halbmondförmigen Kerne sind die oben besprochenen sogenannten Hüllzellkerne. In den Fällen, wo die Sinneszellen in größerer Anzahl unter dem Sinneshaar vorhanden sind (z. B. in den Labialpalpen der Schmetterlinge, den Antennen der Coleopteren, Orthopteren etc.) und wo die Autoren, namentlich OTTO v. RATH, von „Sinneszellengruppen“ sprechen, spricht BERLESE von einer großen Zahl von kleineren Drüsenzellen, die überdeckt seien mit einer nervösen Hülle („*involucri nervosi*“). Vielfach bestärkt wurde BERLESE in dieser Auffassung der Sinneszellen durch unrichtig verstandene Stellen aus den Arbeiten v. RATHS. Ich zitiere hier eine diesbezügliche Stelle BERLESES<sup>1)</sup>: „Però VON RATH (1888—1896) non definisce per nervose le cellule che compongono il cosiddetto *ganglio* degli autori, ma solo per *sensitive* (Sinneszellen) sol perchè sono in un organo del senso, ma le mette in rapporto con un rivestimento nervoso, che egli considera per *neurilemma*

<sup>1)</sup> BERLESE, l. c. pag. 616—617.

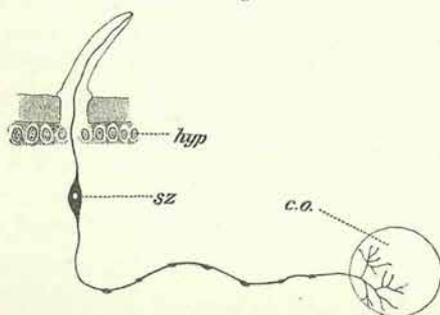
con nuclei, ma che intanto manda fibre nervose a ciascuna cellula delle predette e di poi entro l'appendice cutanea sensoriale. Ora, ognuno vede che mentre è impossibile affermare per neurilemma uno strato che avvolge un altro complesso di elementi che non sieno nervosi e che possieda la proprietà di emettere fibre per suo conto, è da notarsi questo riserbo del Rath circa la natura delle sue cellule sensitive e si deve convenire che egli aveva sott' occhio ammassi di cellule di speciale natura, non nervosa, rivestiti da involucri prettamente nervosi, cioè di vere e proprie fibre nervose con nuclei sparsi e che terminano entro l'appendice sensoriale, appunto come già per noi si è detto abbastanza.“ Diese Worte zeugen von einem Mißverständnis der betreffenden Stellen v. RATHS. Nie hat dieser Autor einen Zweifel darüber gelassen, daß er die Sinneszellen für wirklich nervöser Natur hielt, was ja eigentlich selbstverständlich ist. Vielmehr schreibt er in seiner letzten Arbeit, in der er auch die Ergebnisse seiner früheren Untersuchungen als zu Recht bestehend erklärt <sup>1)</sup>: „Unterhalb der Basis eines jeden einer Sinnesfunktion dienenden Sinneshaares eines Arthropoden liegt in der Mehrzahl der Fälle, bald in der Hypodermis selbst, bald weiter von derselben entfernt, eine Gruppe bipolarer Sinneszellen, die mit Nervenfasern direkt in Verbindung stehen; diese Zellgruppen werden von den Autoren als Ganglien bezeichnet, da dieselben aber nichts anderes als perzipierende Epithelzellen sind, schlug ich für sie den Namen „Sinneszellen“ vor, ohne aber damit einen strengen physiologischen Unterschied zwischen Ganglien- und Sinneszellen behaupten zu wollen“. Angesichts dieser klaren Darlegung der Verhältnisse glaube ich nicht, daß man von einem Zweifel v. RATHS über die nervöse Natur der Sinneszellen sprechen kann, oder gar annehmen könnte, er hätte eine andere Deutung derselben, etwa als Gruppen von Drüsenzellen, durch diese Stelle angeregt. Was die Stelle betrifft, in welcher O. v. RATH angeblich das Neurilemma nervöse Fasern an jede Sinneszelle abgeben läßt, so lautet sie folgendermaßen <sup>2)</sup>: „ . . . Der Nerv fasert sich unterhalb der Sinneszellen auf und gibt an jede Sinneszelle eine Faser ab; am vorderen distalen Teile der Sinneszellengruppen sah ich dann deutlich, wie die protoplasmatischen Fortsätze der einzelnen Sinneszellen sich zu einem feinstreifigen Bündel, einem „Terminalstrang“, zusammenlegen, welcher seinerseits in das Haar eintritt und seine streifige Natur bis zur

<sup>1)</sup> O. v. RATH, l. c. (1896), pag. 501.

<sup>2)</sup> Ibidem pag. 502.

Spitze des Haares deutlich erkennen läßt. . . . Jede Gruppe von Sinneszellen ist mit einer bindegewebigen Hülle umkleidet, die aus flachen Zellen mit abgeplatteten Kernen besteht; in gleicher Weise ist der distale Fortsatz (Plasmafortsatz) und der proximale (nervöse) Fortsatz von solchen flachen Zellen umhüllt; es sind Neurilemmzellen.“ Es ist also offenbar ein Mißverständnis dieser Stelle, wenn BERLESE behauptet, O. v. RATH hätte von einem Abgeben von Fasern seitens des Neurilemms gesprochen, und wenn er, da dies ja bei einem Neurilemm ausgeschlossen wäre, eine andere Funktion für die Hülle um die Sinneszellen (nach BERLESE Drüsenzellen) in Anspruch nimmt, nämlich die eines wirklichen Nerven, mit allenthalben zerstreuten Nervenkernen. Ich schließe mich daher nach dem oben Gesagten den Ausführungen BERLESES in diesem Punkte

Fig. 2.



nicht an und halte vielmehr die bei allen anderen Autoren verbreitete, von OTTO v. RATH im wesentlichen begründete Auffassung des nervösen Endapparates der Hautsinnesorgane auch für die Antennen der Lepidopteren als zu Recht bestehend. Nach dieser sind, um dies kurz zu wiederholen, die Sinneszellen modifizierte

Hypodermiszellen, die durch ihren distalen Fortsatz Reize von außen perzipieren und durch ihren proximalen Fortsatz, der sich bis zum Zentralorgan fortsetzt, weiterleiten, wodurch sie zu Sinnesnervenzellen werden (vgl. Schema Textfig. 2).

Anders verhält es sich mit dem zweiten der erwähnten Punkte, in denen BERLESE von den Autoren abweicht, nämlich mit dem Auftreten von drüsigen Elementen in Verbindung mit den anten-nalen Sinnesorganen. In der Antenne aller untersuchten Lepidopteren fand auch ich immer zahlreiche, am Aufbau der area sensorialis mitbeteiligte Zellen, welchen ich drüsige, vielleicht auch haarbildende Funktion zuschreiben möchte. Sie stehen oft in dichter Reihe pal-lisadenförmig nebeneinander, ihre Kerne sind meist an der Basis der area sensorialis, unmittelbar über der Basalmembran (vgl. Fig. 1 und 2, *dr.*) zu finden, doch rücken sie auch, namentlich bei Tag-schmetterlingen, hoch zwischen den hier mächtig entwickelten Hy-

podermiszellen hinauf (Fig. 3, *dr.*). Sie sind von den umgebenden Zellen durch ihre ungemein scharfen, auffällig deutlichen Konturen leicht zu unterscheiden. Der Kern liegt fast immer an der Basis der Zelle oder wenigstens derselben sehr genähert. Ihr ganzer übriger, immer mit einem feinen Fortsatz in das Sinneshaar hineinreichender distaler Teil ist schmal, kanalförmig und gibt so der Zelle das für die einzelligen Drüsen vieler niederen Tiere charakteristische Aussehen. Das entscheidende Argument für die Drüsenatur dieser Zellen bilden aber die in ihnen und in den ihnen zugehörigen Haaren sich öfter vorfindenden Sekretpfropfen (*dr. sekr.*), -körnchen usf. Besonders deutlich konnte ich diese bei manchen Schwärmern, z. B. *Smerinthus modestus*, beobachten (vgl. Fig. 6). In einer der drei abgebildeten Zellen sieht man das strahlenförmig angeordnete Sekret immer mehr zusammenfließen, bis es sich zu einem auf dem Schnitt mit dem Kernfarbstoff tief tingierten Sekretpfropf verdichtet, der sich in dem Sinneshaar in ebenfalls tief dunkel gefärbte, ziemlich grobe Sekretkörnchen auflöst. Von Wichtigkeit für die Beurteilung dieser Zellen als Drüsen ist die Erwägung, wie das Sekret derselben nach außen gelangt. Hierfür wären drei Möglichkeiten gegeben: Abbrechen des oberen Teiles des Haares und darauffolgendes Austreten des Sekrets, bereits vorhandene Perforation des Haares an der Spitze und dadurch ermöglichtes ständiges Ausfließen von Sekret aus demselben und endlich osmotische Vorgänge, welche dasselbe bei oben mittels einer feinen durchlässigen Membran geschlossenem Sinneshaar hinausbefördern. Nachdem sich alle neueren Autoren gegen eine obere Öffnung der Sinneshaare aussprechen und auch ich nie eine derartige auf meinen Präparaten konstatieren konnte, schalte ich die zweite Möglichkeit vorderhand aus. Betreffs der ersten dagegen zitiere ich eine Stelle von FREILING aus dessen oben erwähnter Arbeit: „Endlich bleibt noch zu erwähnen, daß unter den Sinnesborsten (auf den Flügeln der Weibchen von *Stilpnotia salicis*) gleichfalls Drüsenzellen gelegen sind. . . . Das von diesen Drüsenzellen gelieferte Sekret kann aber nur dann nach außen gelangen, wenn die hohle Borste an irgend einer Stelle abbricht, was die Weibchen durch Reiben des Afterfeldes an irgend einem harten Gegenstand leicht bewerkstelligen können.“<sup>1)</sup> Ich halte denselben Vorgang bei den Drüsenzellen der Sinnesorgane auf der Schmetterlingsantenne nicht für ausgeschlossen. Die Sinnesborsten sind auf den Schnitten, wie ich es auf den Figuren dargestellt habe, meistens abgebrochen,

<sup>1)</sup> FREILING, l. c. pag. 259.

was selbstverständlich in den allermeisten Fällen auf Rechnung des Mikrotommessers zu setzen sein wird, indessen ist es nicht unmöglich, daß Borsten auch zu Lebzeiten des Tieres angebrochen werden, die entweder offen bleiben oder durch einen Wundheilungsprozeß mit einem Chitinhäutchen wieder verschlossen werden.

Die dritte Möglichkeit des Austretens von Drüsensekret durch das Sinneshaar, nämlich die Osmose, dürfte jedoch die hauptsächlich hier in Betracht kommende sein. Die oberste, aus einer feinen Chitinmembran bestehende Kuppe des Sinneshaares muß feucht erhalten werden, denn auf einer trockenen Membran würden ja die in der Luft suspendierten, auf ihre chemischen Qualitäten zu prüfenden Partikelchen, etwa der Duftstoff der Weibchen, keine Möglichkeit finden, gelöst zu werden, um dann auf osmotischem Wege zur distalen Endigung der Sinnesnervenzelle zu gelangen und dort den Reiz auszulösen. Bei im Wasser lebenden Arthropoden, z. B. den Crustaceen und vielen Insektenlarven, ist diese Möglichkeit infolge des die Antennen allseitig umgebenden feuchten Mediums a priori gegeben. In dem Feuchthalten der obersten Kuppe des Sinneshaares, durch das die Lösung der zu prüfenden Partikelchen ermöglicht wird, liegt also wohl die Bedeutung der immer, wenigstens auf den Antennen der Lepidopteren, in Verbindung mit Sinnesorganen auftretenden einzelligen Drüsen. — Ich erwähnte oben, daß ich diesen Zellen außer ihrer drüsigen Funktion zugleich auch die von Bildnern der Sinneshaare, -borsten, -kegel etc. zuschreiben möchte. Ich konnte nämlich nicht beobachten, daß die gewöhnlichen, nicht weiter differenzierten Hypodermiszellen Fortsätze in die Sinneshaare hineinsenden, sondern sah solche immer nur von den Drüsenzellen ausgehen. Mit der cuticularbildenden Funktion dieser letzteren läßt sich die der Sekretion ganz gut vereinigen, diese Zellen hätten sich eben die allen epithelialen Zellen eigentümliche Fähigkeit, an ihrer Oberfläche ein cuticulares Gebilde abzusondern, neben ihrer Drüsenfunktion bewahrt. Immerhin ist anzunehmen, daß in gewissen Fällen besondere, nicht weiter differenzierte Hypodermiszellen als Bildner des chitinenen Teiles der Sinnesorgane funktionieren.

Was in den bisherigen Ausführungen über den anatomisch-histologischen Aufbau eines in eine Grube versenkten Sinneskegels gesagt wurde, gilt in gleicher Weise auch von den auf der Oberfläche der Antenne stehenden Sinneshaaren, -borsten etc., sowie von den breiten Endzapfen und den Endkegeln der Schwärmerantenne. Unter letzteren liegt jedoch, ihrer Größe und wahrscheinlich auch Wichtigkeit entsprechend eine ganze Gruppe von Sinneszellen, deren

proximale Achsenzylinder sich zu einem verhältnismäßig dicken Nervenstrang vereinigen.

Den gleichen anatomisch-histologischen Aufbau zeigt endlich auch die vierte noch zu besprechende Kategorie von Sinnesorganen der Lepidopterenantenne, nämlich die zusammengesetzten Sinnesgruben (mit mehreren Sinneskegeln am Grunde versehene Gruben) (Fig. 4, *s. gr.*). Sie sind im Gegensatze zu den einfachen Gruben selten zu finden, und zwar wurden sie bisher nur bei Tieren der Gattungen *Vanessa* und *Bombyx* beobachtet. Ich konnte das Vorkommen von zusammengesetzten Sinnesgruben auch auf der Antenne von Schwärmern konstatieren. Sie finden sich hier auf einigen wenigen Gliedern in der Nähe der Antennenspitze, und zwar in der Mitte der vorderen (von den Autoren nicht zutreffend als ventral bezeichneten) Seite der Glieder, welche auch die übrigen Sinnesorgane trägt und der Schuppen entbehrt. In Fig. 4 der Tafel ist eine derartige Grube mit ziemlich viel Sinneskegeln abgebildet. Nicht immer trägt dieselbe eine größere Anzahl solcher, manchmal stehen nur 2—3 oder 4—5 von ihnen am Grunde der Grube, ihre Zahl steigert sich jedoch meist auf 12—15, wie im vorliegenden Fall. Die Grube ist verhältnismäßig nicht sehr tief und oben, offenbar zum Schutze gegen mechanische Insulte, von einem Kranze solider Borsten umgeben, aber nicht in dem Maße wie die einfachen Gruben, wo die Chitinborsten reusenartig nach der Mündung der Grube konvergieren. Jeder Sinneskegel (*gr. k.*) ruht einer kuppelartigen Erhöhung des Grubenbodens auf, ist oben meist keulenförmig verdickt und zeigt oberhalb der Stelle, wo er der erwähnten kleinen Kuppel aufsitzt, eine Einschnürung, durch welche er in einen schmalen basalen und einen keulig verdickten distalen Teil zerfällt; der letztere ist aber nicht immer derart ausgebildet, sondern häufig nicht verdickt, so daß das Haargebilde dann ein stäbchenförmiges Aussehen gewinnt. Die Chitinmembran dieser Gebilde ist ungemein zart und durchsichtig, sie erinnert lebhaft an jene der Spürschläuche auf den vorderen Antennen der Kruster. Unter jedem der Sinneskegel zieht sich ein breiter Kanal durch die Cuticula hindurch, der den nervösen und haarbildenden, sowie drüsigen Teil des Sinnesorganes aufnimmt und in das Haargebilde weiterleitet. Es ist also der nervöse Endapparat auch dieser Gruppe von Sinnesorganen dem der übrigen gleich und es läßt sich daher sagen: Sämtliche antennalen Sinnesorgane innerhalb der Ordnung der Lepidopteren zeigen im wesentlichen den gleichen anatomischen Aufbau, sie unterscheiden sich nur einerseits

durch die ungemein mannigfaltige Ausbildung ihres chitinigen, der Cuticula angehörigen Teiles und andererseits durch ihre verschiedene Lage im Verhältnis zur Oberfläche der Antenne.

\* \* \*

Zum Schlusse will ich die Funktion der einzelnen Sinnesorgane kurz besprechen. Ich erwähnte bereits mehrmals, daß sich ein sicheres Urteil über dieselben meist nicht abgeben läßt. In vielen Fällen liefern die bei diesen Tieren ziemlich genau bekannten Lebensverhältnisse wertvolle Anhaltspunkte, desgleichen die oft unglaublich stark ausgebildeten sexuellen Verschiedenheiten, die z. B. bei Arten mit plumpen, schlechtfiegenden Weibchen so weit gehen können, daß ganze Gruppen von Sinnesorganen der Männchen den Weibchen vollständig fehlen, andere wieder, die bei ersteren in großer Zahl auftreten, den letzteren nur in überraschend geringem Ausmaße zukommen.

Die langen, gelenkartig eingesetzten, an exponierten Stellen, z. B. der Antennenspitze, den Enden der Fieder etc. stehenden Sinnesborsten dürften mit einiger Sicherheit als Tastorgane anzusprechen sein. Den langen, gekrümmten Haaren auf den Fiedern und auf der Vorderseite der Spinnerantenne wird eine derartige Funktion nicht zugeschrieben werden können. Ich erwähnte schon oben, daß man sie als Druckpunkte auffaßt, als Organe, die den Tieren die Nähe größerer Gegenstände, infolge der beim Anfliegen an solche komprimierten Luft, anzeigen. Dagegen läßt sich über die physiologische Bedeutung anderer, auch auf der Oberfläche stehender Sinneshaare, z. B. der zahlreichen Sinnesborsten auf der *area sensorialis* von Schwärmern (Fig. 1 s. b.), nach meiner Ansicht überhaupt nichts Bestimmteres aussagen.

Von allen Autoren übereinstimmend werden die einfachen und zusammengesetzten Gruben als Geruchsorgane gedeutet, und es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Deutung die zutreffende ist. Einerseits sind die Gruben immer an der Spitze der Antenne, bei Vorhandensein von Fiedern an den Enden derselben, und zwar an der gegen den Luftstrom gekehrten Seite gehäuft, andererseits schließt ihre unter die Oberfläche versenkte Lage und die durch den Kranz von Chitinborsten gewährleistete relative Abschließung eine Perception mechanischer Reize von vornherein aus. Dazu kommt noch, daß sie bei in beiden Geschlechtern ungefähr gleich lebhaften Formen z. B. bei Tagmetterlingen, Schwärmern, in annähernd

gleicher Anzahl vorkommen, bei anderen wieder, wo die Männchen zum Aufsuchen der plumpen, des Fliegens nur im beschränkten Maße fähigen, aber dafür mit einem Duftstoff versehenen Weibchen eines ausgebildeten Geruchssinnes bedürfen, in weitaus überwiegender Anzahl beim Männchen zu finden sind. Alle diese Gründe sprechen dafür, daß man mit Recht diesen so allgemein verbreiteten und oft in so erstaunlich großer Anzahl auf den Schmetterlingsantennen vorhandenen Sinnesorganen die Perzeption chemischer Reize zuschreibt, die nach dem Befunde zahlreicher Experimente in den Fühlern lokalisiert ist.

In gleicher Weise werden, obwohl dies hier bei weitem nicht so sicher ist, auch die Endzapfen (*sensilla styloconica*) und die breiten Sinneskegel auf den Gliederenden der Schwärmerantenne als Geruchsorgane gedeutet. Für letztere scheint mir diese Deutung nicht unwahrscheinlich. Sie sind zwar in bezug auf ihren Chitinteil wesentlich anders gebaut als die gleichfalls für Geruchsorgane in Anspruch genommenen Grubenkegel, aber in ihrer Organisation ist nichts, was dieser Deutung widersprechen würde. Sie stehen auch ziemlich exponiert an den Enden der Glieder, und zwar ebenfalls auf deren nicht beschuppter, nach vorn gerichteter Seite und sind oben ziemlich breit, was mir von wesentlicher Bedeutung für ein der Geruchsperzeption dienendes Haargebilde zu sein scheint, das nicht in eine Grube eingeschlossen ist. Die sogenannten *sensilla styloconica* dagegen tragen erst an ihrem oberen abgestumpften Ende ein oder mehrere spitze Zäpfchen, welche mir mit Rücksicht auf ihre geringe Oberfläche zur Geruchsperzeption nicht so geeignet scheinen. NAGEL, der sich am eingehendsten mit der physiologischen Deutung dieser und verschiedener anderer, nicht auf den Antennen gelegener Sinnesorgane befaßte, vermutet, daß die Endzapfen (womit er sowohl die breiten, oben stumpfen Endkegel, wie sie bei den Schwärmern auftreten, als auch die oben mit spitzen kleinen Zäpfchen versehenen *sensilla styloconica* meint) in der Ruhe als Riechwerkzeuge funktionieren, neben den Grubenkegeln, die hauptsächlich nur dann in Tätigkeit treten, wenn das Tier fliegt.<sup>1)</sup> Ich halte es für sehr wahrscheinlich, daß die Lepidopteren sich im Besitze derartiger Geruchsorgane befinden, die vornehmlich funktionieren, wenn die Tiere nicht fliegen. Dagegen weist die in die Tiefe der Cuticula versenkte Lage der Grubenkegel darauf hin, daß lösliche Partikeln, die einen Reiz bewirken, nur durch einen starken, entgegenstreichen-

<sup>1)</sup> NAGEL, l. c. pag. 108.

den Luftstrom, wie er beim Fliegen zustande kommt, in dieselben hineingelangen. Nun kommen aber z. B. die Männchen, die die Weibchen, durch deren Duftstoff geleitet, zur Kopulation aufsuchen, nicht oder nur selten im Fluge in die unmittelbare Nähe der Weibchen, sondern sie lassen sich in der Regel in einiger Entfernung von denselben nieder. Da dürften sie nun durch die oberflächlich gelagerten Geruchsorgane endgültig zu denselben geführt werden, da ja, sobald sie sich niederlassen, der Luftstrom nicht mehr gegen die Grubenkegel, sondern über diese hinwegstreicht. — Über das an der Basis gelegene Sinnesorgan, das ich oben beschrieb, ein begründetes Urteil abzugeben, fehlt vorderhand jeder Anhaltspunkt. — Verschiedene Gründe, die sich aus der Beobachtung der Lebensweise der Lepidopteren ergeben, sprechen dafür, daß diese Tiere noch mit der Fähigkeit der Perzeption einer ganzen Reihe von Reizqualitäten ausgestattet sind, z. B. der Temperatur, des Feuchtigkeitsgrades der Luft etc. Inwiefern die Organe dieser Sinne auf den Antennen gelegen sind und welche von den hier befindlichen Sinnesorganen damit in Verbindung zu bringen sind, das zu entscheiden bleibt der Zukunft vorbehalten.

---

## Literaturverzeichnis.

1. BERLESE, ANTONIO: Gli insetti, loro organizzazione, sviluppo, abitudini e rapporti coll' uomo. Volume primo. Milano 1909.
2. CHILB, CHARLES M.: Ein bisher wenig beachtetes antennales Sinnesorgan d. Insekten etc. in: Zeitschr. f. wiss. Zool., 58. Bd. 1894.
3. CLAUS: Über d. Organisation u. Verwandtschaft d. Copepoden. Würzburg 1862.
4. — Die freilebenden Copepoden. Leipzig 1863.
5. CUVIER: Leçons d'anatomie comparée. 1800—1805.
6. ERICHSON: De fabrica et usu antennarum in insectis. Berolini 1847.
7. FOREL: Les Fourmis de la Suisse. Bâle 1874.
8. — Beitr. z. Kenntn. d. Sinnesempfindungen der Insekten. Mitt. Münchn. entom. Ver. 2. Jg., 1. Heft, 1878.
9. FREILING, HANS H.: Duftorgane d. weibl. Schmett. nebst Beitr. z. Kenntn. d. Sinnesorgane auf d. Schmetterlingsflügel. Z. f. wiss. Zool., 92. Bd., 1909.
10. HAUSER, G.: Physiol. u. histiol. Untersuchungen üb. d. Geruchsorgane d. Insekten in: Zeitschr. f. wiss. Zool., 34. Bd., 1880.
11. JOHNSTON, CHRISTOPHER: Auditory Apparatus of the Culex Mosquito. Journ. Microsc. Science, Old Series, Vol. III. 1855.
12. KRAEPELIN, K.: Üb. d. Geruchsorg. d. Gliedertiere (im Osterprogr. d. Realschule des Johanneums. Hamburg 1883).
13. LANDOIS, H.: Das Gehörorgan des Hirschkäfers in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. IV, 1868.
14. LEHMANN, M. C. G.: De antennis insectorum dissertatio posterior. Hamburg 1800. (In dieser dessen beide früheren Arbeiten angeführt).
15. LEYDIG, F.: Über Geruchs- und Gehörorgan der Krebse und Insekten in: Müllers Archiv 1860.
16. NAGEL WIL.: D. niederen Sinne d. Insekten (Inaugural. Dissertation). Tübingen 1892.
17. — Vgl. physiol. u. anat. Untersuchungen üb. d. Geruchs- u. Geschmackssinn u. ihre Organe. Bibl. zool., Heft 18, 1894.
18. RATH, OTTO VON: Die Hautsinnesorgane d. Insekten. Zeitschr. f. wiss. Zool., 46. Bd., 1888.
19. — Über d. Nervenendigungen d. Hautsinnesorgane d. Arthropoden in: Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br. 9. Bd., 1895.
20. — Zur Kenntn. d. Hautsinnesorgane u. d. sensiblen Nervensystems d. Arthropoden. Zeitschr. f. wiss. Zool., 61. Bd., 1896.
21. RÉAUMUR: Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes, 1734—1742.
22. ROESEL V. ROSENHOF: Insektenbelustigung. 1749.
23. ROEHLER, E.: Beitr. zur Kenntnis d. Sinnesorgane der Insekten. Zool. Jahrb., Abt. f. Anat., 22. Bd., 1906.
24. SCHENK, OTTO: Die antennalen Hautsinnesorgane einiger Lepidopteren u. Hymenopteren mit bes. Berücksichtigung d. sexuellen Unterschiede. Zool. Jahrb. Abt. Anat., 17. Bd., 1903.

## Figurenerklärung.

Fig. 1. Querschnitt durch d. Antenne von *Macroglossum stellatarum* ♂ (Obj. 5, Oc. 3).

Fig. 2. Längsschn. durch ein Antennenglied von *Pergesa elpenor* ♂ (Obj. 5, Oc. 3).

Fig. 3. Stück aus einem Querschnitte durch die Antenne von *Colias hyale* ♂ (Öl.-Immers.  $\frac{1}{12}$ , Ocul. 4).

Fig. 4. Längsschn. durch ein Antennenglied von *Pergesa elpenor* ♂ mit zusammengesetzter Sinnesgrube (Obj. 5, Oc. 3).

Fig. 5. 2. Glied der Antenne von *Perigrapha cincta* ♀ mit basalen Sinnesorganen (Obj. 5, Oc. 2).

Fig. 6. Stück aus einem Querschn. durch die Antenne von *Smerinthus modestus* (Obj. 5, Oc. 4).

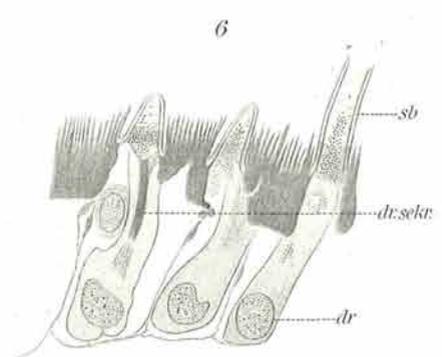
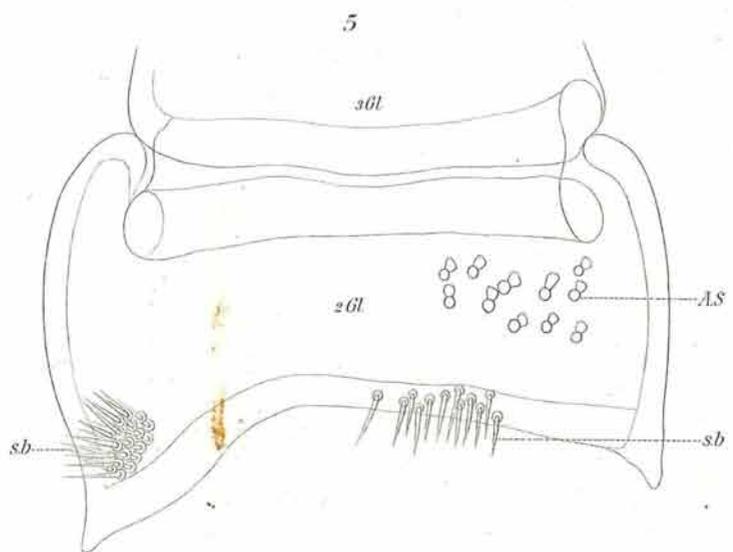
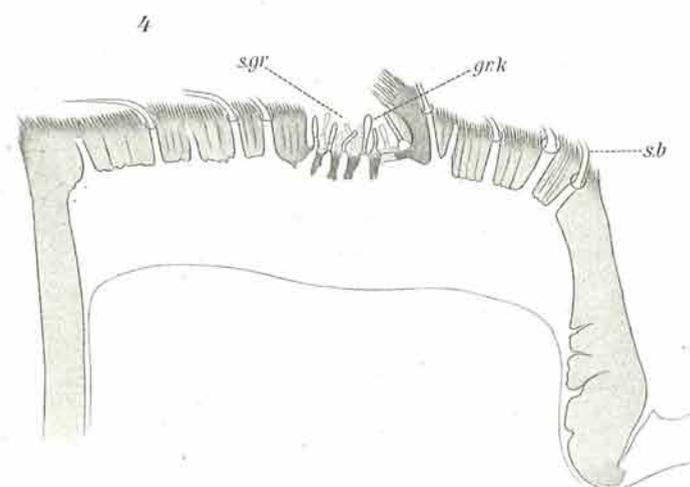
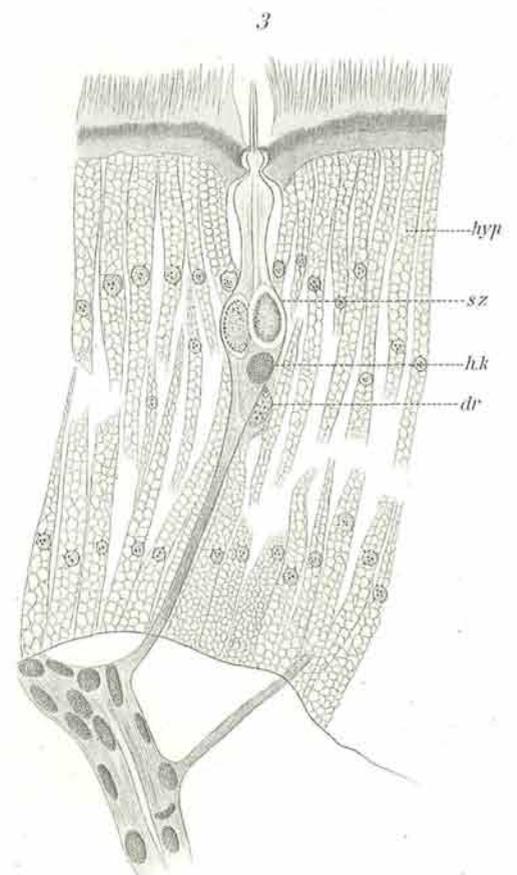
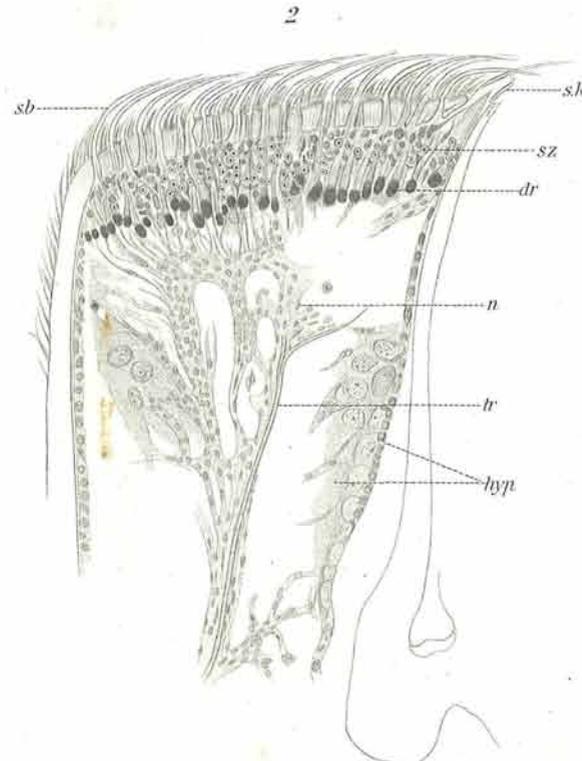
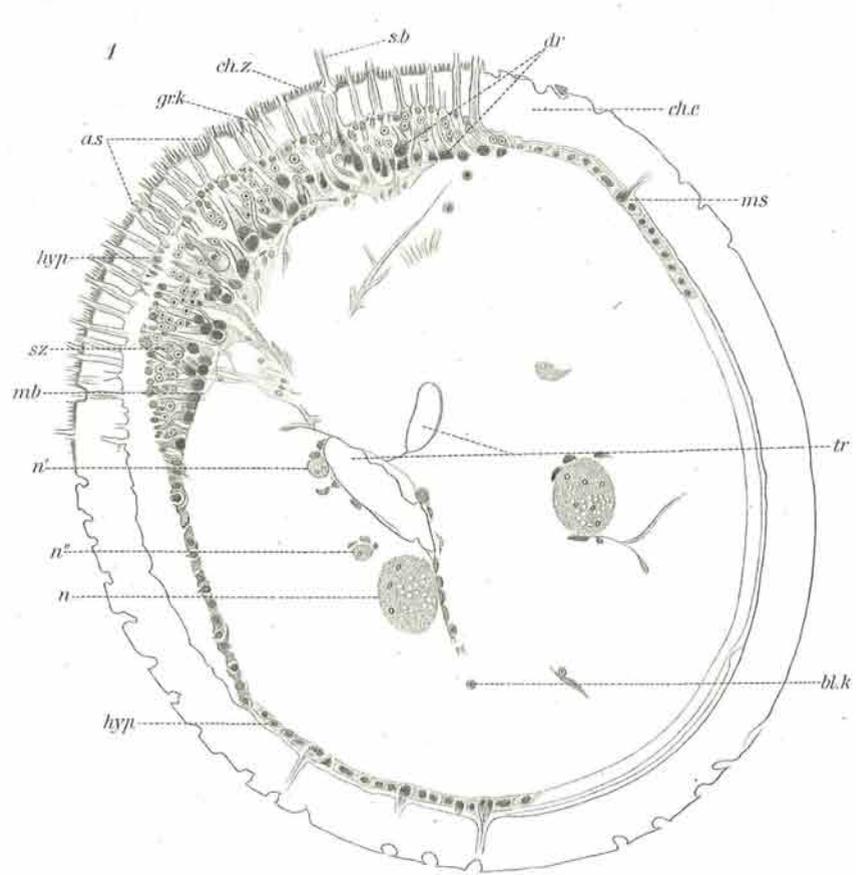
Textfig. 1. Schema eines Sinneshaares mit dem nervösen Endapparat (Kopie nach BERLESE).

Textfig. 2. Dasselbe nach v. RATH (Kopie).

Die Stärken der optischen Systeme beziehen sich auf Mikroskope der Firma Leitz.

## Buchstabenerklärung.

- |  |  |
|--|--|
| A. S. : Ansatzstellen der Schuppen.                  | hyp. : Hypodermiszellen.                         |
| a. s. : Area sensorialis.                            | m. b. : Basalmembran.                            |
| bl. k. : Blutkörperchen.                             | m. s. : Bildungszellen der Schuppen.             |
| Cg. : Drüsenzelle ( <i>Cellula ghiandolare</i> ).    | n. : Nerv.                                       |
| ch. c. : Chitincuticula.                             | n' : } Querschnitte der Nervenstämmen            |
| ch. z. : Chitin Zacken.                              | n'' : } der nächstfolgenden Glieder.             |
| c. o. : Zentralorgan.                                | Nv. : Nervenzelle ( <i>Cellula nervosa</i> ).    |
| Ct. : Cuticula.                                      | s. b. : Sinnesborsten.                           |
| Ctr. : Haarbildnerzelle ( <i>cellula tricogena</i> ) | s. gr. : Sinnesgrube.                            |
| dr. : Drüsenzellen.                                  | s. k. : Sinneskegel.                             |
| dr. sekr. : Drüsensekret.                            | Str. : Sinneshaar ( <i>sensillo tricoideo</i> ). |
| gr. k. : Grubenkegel.                                | s. z. : Sinnesnervenzellen.                      |
| h. k. : sog. Hüllkerne.                              | tr. : Tracheen.                                  |



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Zoologischen Institut der Universität Wien und der Zoologischen Station in Triest](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Böhm Leopold Karl

Artikel/Article: [Die antennalen Sinnesorgane der Lepidopteren. 219-246](#)