

Bau und Entwicklung des männlichen Begattungsapparates der Honigbiene.

Von

Dr. med. et phil. Georg Michaëlis

(Berlin).

(Aus dem zoologischen Institute der Universität Erlangen.)

Mit Tafel XXVI.

Während der Stachel der weiblichen Honigbiene als ein Lieblingsobjekt des Studiums erscheint und durch eine große Zahl von Arbeiten wohl bekannt geworden ist, ward der Begattungsapparat der männlichen Honigbiene bisher recht stiefmütterlich behandelt. Neben der Schilderung in SWAMMERDAM's »Bibel der Natur«, welche durch mehrere für die damalige Zeit vortreffliche Abbildungen illustriert ist, kann eigentlich nur LÉON DUFOUR's Abhandlung »Recherches anatomiques et physiologiques sur les Orthoptères, les Hymenoptères et les Neuroptères« als wissenschaftliche Quellenschrift demjenigen genannt werden, welcher den Bau des Penis der Drohne, so weit er sich mit freiem Auge oder schwachen Vergrößerungslinsen ergründen lässt, kennen lernen will.

Da nun der männliche Begattungsapparat des überall gezüchteten nützlichen Hausthieres durch seine eigenartige Form und Beschaffenheit eine durchaus isolirte Stellung innerhalb der Ordnung der Hymenopteren einzunehmen scheint, habe ich versucht, die Lücken unserer Kenntnis auszufüllen und die Entwicklung desselben von der ersten Anlage bis zur völligen Chitinisirung theils präparatorisch, theils durch die Schnittmethode aufzuklären.

Ich beginne sogleich damit, das Abdominalende des Drohnenkörpers zu schildern.

Am Hinterleib der Drohne zählt man bei Lupenbetrachtung sieben Rücken- und sieben Bauchschuppen, allein damit sind die

wirklich vorhandenen Stücke des Hautskelettes nicht richtig bestimmt. Ihre Zahl ist größer, als es den Anschein hat. Das Studium einer sehr vollständigen Reihe von Entwicklungsstadien der Drohne hat mich auf die Fehler aufmerksam gemacht, welche unvermeidlich sind, sobald man nur an geschlechtsreifen Insekten die Stückzahl der Hautskeletttheile festzustellen sucht, denn der Körper aller Bienen, gleichgültig ob sie männlichen oder weiblichen Geschlechtes sind, besteht während der Larvenzeit außer dem Kopfe aus 13 Segmenten. Alle scheiden auf ihrer einem verschieden großen Abschnitte eines Cylinder- oder Kegelmantels vergleichbaren Oberfläche einen Chitینگürtel ab, welcher wenigstens in der Abdominalregion sich in je eine Rücken- und Bauchschuppe gliedert. Die drei vorderen durch den Besitz der Beine und Flügel ausgezeichneten Thorakalsegmente verwachsen mit dem vierten Körpersegmente zur großen Thoraxregion. Ihre Skelettanordnung bleibt außer Betracht. Die übrigen neun Segmente, also das fünfte bis dreizehnte Segment, bilden das Abdomen des geschlechtsreifen Thieres und entwickeln je eine chitinöse Rücken- und Bauchschuppe. In Folge dessen spricht man richtig, wenn man sagt, das Hinterleibsskelett einer Drohne besteht aus neun Rücken- und neun Bauchschuppen. Nur die ungleichmäßige Größenentfaltung, sowie die wechselnde Chitinabscheidung derselben ist der Grund, wesshalb man sie nicht auf den ersten Blick wahrnimmt.

Ich will den fertigen Zustand als Ausgangspunkt meiner Schilderung wählen.

I. Beschreibung des genitalen Hautskelettes der Drohne.

Das plumpwalzige Abdomen der Drohne unterscheidet sich auf den ersten Blick von dem spitz zulaufenden Hinterleib der Königin und Arbeitsbiene durch die Eigenthümlichkeit, dass es anal stumpf abgerundet ist und dass eine kleine ventrale Zone um den After etwas vorgewölbt wie ein Höckerchen an dem rundlichen Ende des Abdomens hängt. Sieben breite Rückenschuppen, kräftig nach der Ventralfläche abgekrümmt und mit deutlichen Stigmen versehen, gürten den größten Theil des Hinterleibes und lassen die Bauchschuppen auf einer verhältnismäßig beschränkten Fläche freiliegen. Die letzte, direkt als siebente gezählte Rückenschuppe bildet den dorsal-analen Abschluss und überschirmt das Aftersegment. Ventral sind sechs Bauchschuppen bei Lupenbetrachtung zu sehen, als langgezogene ungefähr rechteckige Chitinplatten, welche in oro-analer Richtung

schmal, aber lateral breit entwickelt sind. Am hinteren Rande der letzten Bauchschuppe liegt die männliche Geschlechtsöffnung.

Das ist kurz geschildert der Befund, wie er bei wenig eindringender Untersuchung sich ergibt. Anders stellt sich das Resultat, wenn man durch vorsichtige Behandlung mit Kalilauge das Abdominalskelett isolirt und mit schwachen Mikroskoplinsen betrachtet; dann fallen mehrere, von den früheren Untersuchern ungenügend gewürdigte Chitinstücke auf. Zunächst unter der hintersten sichtbaren Rückenschuppe das Aftersegment. Dasselbe ist so schwach chitinisirt und wird von der letzten freien Rückenschuppe so sehr überschirmt, dass es bei der Betrachtung des lebenden oder eines unversehrten toten Thieres als Segment überhaupt nicht auffällt. Trotzdem besitzt es eine zarte Bauchschuppe von ungefähr ovaler Gestalt, seine Rückenschuppe ist eine zarte Chitinhaut, deren lateraler Rand etwas verstärkt ist und deshalb wie ein schwacher Saum in die Augen fällt, während die zwischen ihnen ausgespannte eigentliche Rückenschuppe in Folge ihrer Zartheit leicht übersehen wird. Die scheinbar letzte Schuppe der ventralen Reihe (Fig. 2), welche nicht wie bei der Königin mit herzförmiger analer Spitze ausläuft, sondern durch einen queren analen Rand begrenzt wird, erweist sich unter dem Mikroskop als ein aus acht Stücken bestehender Komplex (Fig. 2), den ich Genitalschild nennen will, um den spezifischen morphologischen Werth derselben auch durch den Namen zu charakterisiren. Er hat ungefähr fünfeckigen Umriss, sein oraler Grenzrand läuft quer zur Längsachse und ziemlich parallel dem oralen Rande der vorhergehenden Bauchschuppe. Die Chitinisirung dieses Komplexes entbehrt der Gleichmäßigkeit und deutet dadurch an, dass die letzte ventrale Deckplatte aus mehreren ursprünglich getrennten Stücken verschmolzen ist. Die orale Region des Komplexes besteht aus einer dicken Chitinlage, während im analen Bezirke das Chitin zarter, weich und weniger dunkel gefärbt erscheint. Deshalb lassen sich deutlich acht Regionen unterscheiden. Zuvörderst, d. h. oral eine dunkel chitinisirte länglich rechteckige Zone mit einem dicken präsegmentalen Rande und geraden, oral vorspringenden Präsegmentalhöckern (Fig. 2 *Xv*). Sie ist als die zehnte Bauchschuppe zu deuten. An den analen Rand derselben stoßen drei Stücke, ein mediales und zwei symmetrische laterale. Die mediale Zone (Fig. 2 *XIIV*) ist zwar ziemlich breit und wenig gekrümmt, aber sie reicht doch nicht mehr so weit lateral als die zehnte Ventralschuppe selbst, denn ihr schmiegen sich lateral zwei dreieckige Chitinfelder (Fig. 2 *XIV*) an und hemmen so die

Breitenausdehnung. Die eben beschriebenen Stücke sind nichts Anderes, als die schwach entwickelten Bauchschuppen des elften und zwölften Segmentes, welche sowohl unter einander, wie mit der analen Randzone des zehnten Segmentes verschmelzen. Dass die beiden durch eine ganz schmale mediale Zone verknüpften dreieckigen Stücke mit Fug und Recht als Theile der elften Bauchschuppe in Anspruch genommen werden, geht unzweifelhaft aus dem Besitze von zwei unterhalb der zwölften Bauchschuppe liegenden langen cylindrischen Chitinfortsätzen (Fig. 2 *f*) hervor, deren Werth als präsegmentale Höcker bei der Betrachtung von der Dorsalseite nicht verkannt werden kann.

Aus dieser Darstellung erhellen die von früheren Untersuchern begangenen Fehler. Es ist in Zukunft nicht mehr zulässig, die Zahl von sieben Abdominalringen als typisch für die Drohne anzugeben, da diese Angabe nur die Folge einer oberflächlichen Betrachtung ist. Der hintersten zwölften Bauchschuppe des Genitalschildes sitzen zwei Paare kleiner, etwas gekrümmter Chitinplatten auf: ein größeres mediales und ein kleineres laterales Paar; sie stehen ventral der männlichen Geschlechtsöffnung an. Von ihnen fallen zunächst auf die mittleren Glieder: zwei bilateral symmetrische, rundlich dreiseitige Chitinplättchen (Fig. 2 *Dp*), welche einen schmalen nicht sehr langen Längsspalt umgrenzen und sich ungefähr in der Wölbung je eines Kugeloktanten dorsalwärts krümmen. So verdecken sie die weite Mündung des Penis Schlauches an der ventralen Bauchhaut und dürfen wohl als Deckplatten bezeichnet werden. Lateral von den Deckplatten liegen zwei ziemlich kleine, in schwachem Bogen gekrümmte Chitinstücke (Fig. 2 *Ds*), welche ich Deckschuppen nennen will. Sie sind stärker chitinisirt als die Deckplatten, begrenzen den seitlichen Rand der Geschlechtsöffnung und stoßen dorsal an zwei sehr stark chitinisirte dunkelbraune Chitinstücke, deren sonderbare, einem Spitzhammer vielleicht vergleichbare Gestalt (Fig. 2 *XIId*) die Figur besser als die Beschreibung erläutert. Da letztere seitlich und etwas oral vom Aftersegmente dorsalwärts emporragen, von der elften Rückenschuppe überdeckt und selbst durch eine zarte dorsale Chitinhaut vereint werden, sind sie als die stark chitinisirten lateralen Zonen der schwach entwickelten zwölften Rückenschuppe zu deuten.

Deckplatten und Deckschuppen sind durch weiche Gelenkhäute mit der zwölften Bauchschuppe vereinigt und stellen desshalb besondere, bewegliche Anhänge derselben dar, welche entwicklungs-

geschichtlich als Zapfen entstehen. Sie sind also die wirklichen, von dem Genitalschilde der Bauchschuppenreihe getragenen männlichen Geschlechtsanhänge der Drohne, welche dem Kopulationsapparate der übrigen Hymenopteren zu vergleichen sind.

Der Eingang in die Penishöhle ist von ihnen verdeckt und wird erst sichtbar, nachdem ein minutiöses Wattepföpfchen hinter den Deckplatten und ventral vom Aftersegmente eingeschoben wurde. Im Ruhezustande erscheint er als ein schmaler medianer und ventro-dorsal schräg gerichteter Längsspalt, der ventral vom After gelegen, von den Deckplatten und Deckschuppen ventral und lateral umrandet wird. Er ist jedoch einer außerordentlich starken Erweiterung fähig, weil das Penisrohr dort ausgestülpt werden muss.

II. Das Kopulationsrohr.

Der innere Geschlechtsapparat der Drohne erstreckt sich durch den ganzen Hinterleib des Thieres. Nach der Funktion des Organs sind zwei Abtheilungen desselben aus einander zu halten: zunächst die Stätte der Spermabereitung und die Ausführungsgänge: die paarigen Vasa deferentia, dann der unpaarige eigentliche Begattungsapparat, der die Überleitung des Spermas in die Vagina der Königin vermittelt. Demnach sind zu unterscheiden: Hoden, Vasa deferentia, Anhangsdrüsen und Kopulationsrohr. — Den letzteren Namen schlage ich vor, um dadurch in der Nomenklatur den Gegensatz bestimmt auszusprechen, welcher zwischen der Honigbiene und anderen Hymenopteren besteht. Bei letzteren sind die Begattungswerkzeuge äußere Anhänge des Körpers, die aus mehreren Theilen bestehen und so gelagert sind, dass ein dorsaler Chitinzapfen, vom Ductus ejaculatorius durchbohrt, den Penis bildet, während zangenartige Anhänge ihn lateral und medial umgeben. Bei der Honigbiene aber werden die kleinen, den Genitalspalt umrandenden Chitinplättchen, die Deckplatten und die Deckschuppen nicht als Haltewerkzeuge für die Kohabitation verwendet. Dafür wird das erweiterte Endstück des Ductus ejaculatorius als sogenannter Penis ausgestülpt. Es ist deshalb nicht zugänglich, die zwar gleichen Zwecken dienenden, aber so verschieden geformten und gelagerten Begattungswerkzeuge im Hymenopterenstamme mit gleichen Namen zu belegen.

Die Hoden sind nierenförmige Gebilde von 2—3 mm Durchmesser und 4,5—5 mm Länge. Sie liegen unterhalb der Dorsalwand des Abdomens so dicht an einander, dass ihre medianen Flächen zusammenstoßen. Ihr Vorderrand steht an der oralen Grenze des

Abdomens. Die strahlenförmig angeordneten Samenkanälchen sind von einer dünnen Bindegewebsmembran umgeben; sie münden alle in ein im Inneren liegendes epitheliales Becken (Reservoir), welches als Endstück des Samenleiters betrachtet werden muss und direkt in das Vas deferens übergeht. Dasselbe zieht mit gewundenem Verlaufe innerhalb des Hodens und bildet auch nach seinem Austritt, welcher unterhalb der Mitte des Hodens liegt, einen aus mehreren dicht an einander gedrängten Windungen bestehenden Knäuel. Dann erweitern sich die Vasa deferentia zu länglichen Schläuchen von 3 mm Länge und ca. 1 mm Dicke, den Samenblasen — *Vesiculae seminales* (Fig. 1 *Sb*) — und treten wieder verengt in den unteren Theil der Anhangsdrüsen — *Glandulae mucosae* — (Fig. 1 *A*). Letztere bestehen aus zwei gabelförmig aus einander gehenden, an der Basis vereinigten secernirenden Schläuchen, welche sich dorsalwärts bis etwas über die Austrittsstelle der Vasa deferentia an den Hoden in einer Länge von ca. 4 mm ausdehnen. Ihr Durchmesser beträgt an ihrem vordersten Theile 1 mm, an der breitesten Stelle 1,5 mm, an der Vereinigungsstelle ca. 0,75 mm.

Der zweite Haupttheil des Geschlechtsapparates ist das im Ruhezustande zwischen den beiden Anhangsdrüsen in der Abdominalhöhle liegende Kopulationsrohr (Fig. 1), welches durch den 5 mm langen aber engen Ductus ejaculatorius mit dem Vas deferens und den Anhangsdrüsen in Verbindung steht. Das Begattungsrohr ist ein mehrfach eingeschnürter mit drei Anhängen versehener epithelialer und ganz chitinös tapezirtter Schlauch, dessen orales Kuppelende als eine bulbusartige Erweiterung (Fig. 1 *B*) — Peniszwiebel nach LEUCKART, bulbe de la gaine copulatrice nach LÉON DUFOUR, auffällt und in der Leibeshöhle asymmetrisch nach links verschoben liegt. Der Ductus ejaculatorius tritt von unten und links in der Medianebene an die Spitze des Bulbus heran, er biegt desshalb von der Vereinigungsstelle der Vasa deferentia mit den Anhangsdrüsen in einer Doppelkrümmung zunächst ventralwärts unter den Bulbus durch und dann nach rechts ab. Die Chitintapete des Bulbus ist durch vier dorsale dickere Chitinzone: zwei mediane lange Platten (Fig. 1 *P*), welche DUFOUR den branches du forceps copulateur der übrigen Hymenopteren vergleicht und zwei laterale kleinere dreiseitige Platten (Fig. 1 *P₁*), welche nach DUFOUR der Volsella von *Bombus* entsprechen sollen, versteift. Der größte Durchmesser des Bulbus beträgt 2 mm, seine Länge ca. 2,5 mm. Parallel der nach links gelegenen Konvexität des Bulbus hängt an der dorsalen Wand analwärts eine gefiederte

seitliche Ausstülpung (Fig. 1 *g*). — Borsouffloure latérale de la gaine copulatrice nach DUFOUR und an der ventralen Wand ein scheinbar spiralig gewundener und dunkler gefärbter Streifen (Fig. 1 *Sp*), der über einer Länge von 1,75—2 mm hinzieht und vier bis fünf durch starken Borstenbesatz ausgezeichnete rechteckige kleine Feldchen aufweist. LÉON DUFOUR hat denselben verge oder penis genannt. Er stößt analwärts an eine oblonge, mit Borsten besetzte Chitinplatte (Fig. 1 *r*) — Rautenplatte — von 1 mm Durchmesser, welche die ventrale Wand des Schlauches in seiner ganzen Breite auf eine Strecke von ca. 2 mm einnimmt. Dorsal ist das Begattungsrohr von einer kleinen intensiver gefärbten und gleichfalls stark behaarten dreieckigen Chitinplatte (Fig. 1 *d*) gestützt, deren 0,5 mm breite etwas konvexe Basis dem Abdominalende zugekehrt ist, und deren Höhe 1 mm beträgt. Seitlich und etwas unterhalb der letztgenannten Platte und dorsal über der Rautenplatte buchtet das Kopulationsrohr zwei längere, dünnwandige, spitz konische Blindsäcke (Fig. 1 *H*) — Hörnchen — Pneumophyses oder vessies aérofères nach DUFOUR aus, die mehrfach gewunden ihre Spitzen dorsalwärts richten. Der Mündungstheil des Begattungsrohres ist im Gegensatze zu dem oralen Abschnitt stark erweitert und während der geschlechtlichen Ruhe in vielfache unregelmäßige Falten gelegt. Er geht ohne scharfe Grenze in die stärker chitinisirten Stücke der die männliche Geschlechtsöffnung ventral und lateral umfassenden Deckplatten und Deckschuppen über. Nur dorsal unterhalb des Aftersegmentes wird der schmale Rand der Genitalspalte von einer ganz weichen und desshalb nicht so leicht bemerkbaren Chitinmembran gebildet. Der dorsale Spaltenrand stößt nicht direkt an den präsegmentalen Rand der analen Bauchschuppe, sondern wird durch eine schmale Zone der Körperwand von demselben getrennt. Diese Zone kann der analen Randzone der übrigen Bauchschuppen verglichen werden. Sie chitinisirt ansehnlich, bleibt jedoch immer nachgiebig und biegsam. Das lässt sich leicht begreifen, weil bei der Ausstülpung des Kopulationsrohres die dorsale Randzone stark gedehnt wird.

III. Entwicklung des Kopulationsapparates.

Ehe ich die Resultate der ontogenetischen Untersuchung zusammenfasse, will ich kurz bemerken, dass sich die Behandlung der Untersuchungsobjekte nicht von den bekannten Methoden unterschied. Die Larven und Puppen wurden frisch aus dem Stock herausgenommen und sofort in kochendem Wasser getödtet. Nach stufen-

weiser Entwässerung durch 35, 50 und 70 %igen Alkohol und Entfettung durch Äther erfolgte die Färbung mit 70 %iger salzsaurer Karminlösung.

Da sich das tägliche Wachsthum der Larven von Witterung und Fütterung sehr abhängig erwies, wurde die Eintheilung des dem Stocke entnommenen Materials nach den Größenverhältnissen vorgenommen. Bei Abmessung der Länge zwischen Kopfende und After blieb die Krümmung der Larve unberücksichtigt; als weitere Bestimmungsmarke wurde der größte Durchmesser genommen. Bei den Puppen gaben Intensität der Pigmentirung und Chitinisirung ein bequemes Kennzeichen ab.

Das Ei wird von der Königin senkrecht zum Boden der Zelle abgelegt; am dritten Tage schlüpft aus ihm die Larve hervor. An derselben sind bei genügender Vergrößerung Kopf- und Bauchende zu unterscheiden. Der sackförmige Körper besteht außer dem Kopf aus dreizehn Segmenten, welche durch flache ringförmige Furchen von einander getrennt sind. Das vorletzte, zwölfte Segment trägt die erste Anlage des männlichen Geschlechtsapparates.

Eine eingehende Untersuchung der verschiedenen Entwicklungsstadien ergab folgende Resultate.

Stadium I: Larve schwach gekrümmt, daher gegenüber dem folgenden Stadium eine Länge von 2,5 mm, Querdurchmesser 1 mm. Geschlechtsanlage noch nicht erkennbar.

Stadium II: Larve fast kreisförmig gekrümmt. Länge 1,8 mm Querdurchmesser 2 mm.

An der hinteren Grenze des zwölften Segmentes senkt sich eine Ektodermtasche — Genitaltasche — schräg in die Tiefe; ihre vordere, oralwärts konkav gekrümmte Wand zeigt zwei symmetrische, scheibenförmige Zonen, an welchen das Ektodermepithel stark wuchert. Dieselben stoßen median in einem kleinen, schmalen Epithelwulste zusammen. Die vordere Wand der Genitaltasche stößt an zwei kurze, hohle Epithelschläuche, die schräg divergirend in die Leibeshöhle einragen und die Anlage der Vasa deferentia darstellen, die sich schon früher vom Ektoderm der Larvenhaut abgeschnürt haben.

Die Tiefe der Grube beträgt 0,077 mm, die Länge der ganzen Anlage von hinten nach vorn 0,165 mm.

Stadium III: Länge der Larve 2,5 mm, Durchmesser 3 mm. Die Genitaltasche der Bauchwand hat sich erweitert und zugleich vertieft; ihre mediane Achse ist gegen die ventrale Körperwand schräg dorsal- und oralwärts geneigt. Die Öffnung an der ventralen Haut-

oberfläche ist enger geworden; an ihrer seitlichen Wandung finden sich die beiden symmetrischen verdickten Ektodermscheiben. Sie sind etwas größer geworden, haben sich schräger gegen einander geneigt, nehmen jetzt den größten Theil der seitlichen Taschenwand ein und konvergiren gegen den tiefsten Taschengrund. Sie stoßen jedoch median nicht zusammen, sondern lassen einen schmalen, rinnenförmigen Abschnitt des Taschenlumens zwischen einander bestehen. Der so entstandene, nur nach hinten geöffnete Spaltraum hat ein herzförmiges Lumen; er stellt den Eingang des späteren Kopulations-schlauches dar. Zu beiden Seiten dieses Schlauches und zwar an dessen unterem Ende, stehen die schon im Stadium II erwähnten, hohlen Röhrchen an, welche ebenfalls vergrößert sind und in solide, am apicalen Ende dünner werdende Zellstränge auslaufen. Sie repräsentiren die erste Anlage der Anhangsdrüsen und der Vasa deferentia. Die Länge der Anlage ist von 0,165 mm auf 0,240 mm gestiegen.

Stadium IV: Länge 3 mm, Durchmesser 3,5 mm. Die Untersuchung dieser etwas älteren Larve ließ keinen Fortschritt in der Ausbildung der Genitaltasche erkennen. Dieselbe bleibt also etliche Zeit in ihrer Entwicklung stehen, um bei einer Larve — Stadium V — von 5 mm Länge, 5 mm Durchmesser weiter zu wachsen (Fig. 3). Die Tasche ist oralwärts in die Länge gestreckt und hat sich allseitig, besonders an ihrer dorsal-analen Region zu einem größeren Sack erweitert, dessen Epithelwand dünn und zart bleibt, mit Ausnahme der seitlichen Zonen, welche bereits in früheren Stadien stärker verdickt waren. Die Länge der Tasche, welche 0,945 mm vom After beginnt, beträgt 0,375 mm; sie ragt also schon ein beträchtliches Stück in den Larvenkörper ein. Ihre Mündung an der ventralen Körperwand ist jedoch ziemlich eng. Die verdickten Seitenwände wulsten sich stärker in das Lumen der Genitaltasche vor und bilden dadurch zwei laterale, ungefähr dreiseitige, von Mesoderm bereits unterlegte Zapfen, welche gegen das hintere Ende der Tasche schmal zulaufen und sich sogar von der Wand ganz emancipirend mit einem stumpf abgerundeten Ende frei ins Lumen ragen.

Ihre freie Spitze liegt dicht unter der Hautöffnung der Genitaltasche. Gegen den blinden Grund der Tasche, d. h. oralwärts, verstreichen die Zapfen und laufen als niedrige aber breite Wülste aus. Die medialen Flächen beider Zapfen sind einander fast parallel gerichtet und so stark genähert, dass zwischen ihnen nur ein ganz schmales Spaltlumen bleibt und die ganze Genitaltasche auf dem Querschnitte einen doppelt T-förmigen Kontour zeigt. In einer Ent-

fernung von 0,180 mm vom vorderen Endrand der Tasche liegen den konvex verdickten Seitenwänden derselben die blinden Hinterenden der beiden hohlen Röhrchen an, welche eine Strecke weit längs der oral vorwachsenden Genitaltasche streichen und nur wenig über das orale Vorderende der letzteren hinausragen. Das hintere Blindende beider zeigt kreisförmigen Querschnitt, weiter nach vorn aber ist das ursprünglich einfache Rohrlumen in zwei scharf gesonderte über einander liegende Hohlräume, einen engen dorsalen und einen weiteren ventralen Gang getrennt, indem etwa an dem Beginn des zweiten Drittels ihrer Gesamtlänge eine schmale Längsfalte der lateralen Epithelwand in das Lumen vorspringt und allmählich zur Scheidewand desselben wird. Von den so entstandenen Kanälen werden die mehr dorsalwärts gelegenen engen Röhrchen zu Anhangsdrüsen, aus den weiten ventralen, seitlich fadenförmig ausgezogenen entstehen die Vasa deferentia. Die Länge der eben beschriebenen Anlage beträgt 0,225 mm, der Durchmesser des noch ungetheilten Rohres 0,180 mm. Die Länge der Gesamtanlage ist von 0,240 mm auf 0,420 mm gestiegen.

Stadium VI: Durchmesser 5 mm, Länge 7 mm. Trotz des Längenwachstums der Larve ruht das Wachsthum der Genitaltasche und schreitet erst im nächstfolgenden Stadium zu weiterer Modellirung.

Stadium VII: Durchmesser 6 mm, Länge der Larve 8 mm. Die Genitaltasche hat sich noch mehr erweitert und zwar lateralwärts, so dass sie jetzt breiter erscheint. Außerdem ist sie oralwärts vorgedrungen, jedoch nicht breit sackförmig, sondern mit einem schmalen medianen Fortsatze. Auch ihre Öffnung an der Bauchfläche des zwölften Segmentes ist größer geworden. Die beiden Zapfen liegen der Seitenwand an, im vorderen Theil der Tasche, welcher zugleich ihren tiefsten Grund bildet, nur als verhältnismäßig schwache Epithelplatten, nach hinten immer stärker in das Lumen einspringend, gewinnen sie die Gestalt von konischen Wülsten, deren abgerundetes Ende ganz frei in das Taschenlumen schaut. Sie sind 0,339 mm hoch und haben an ihrer Basis einen Durchmesser von 0,307 mm. In der vorhin beschriebenen Weise 0,255 mm von der Höhe der Zäpfchen entfernt liegt die paarige Anlage der Anhangsdrüsen und der Vasa deferentia der Seitenwand der Zapfen innig an; ihre Gesamtlänge beträgt 0,435 mm. Die soliden Ausläufer der dorsalen paarigen Röhren beginnen hohl zu werden und schräg nach vorn und aufwärts zu wachsen. Die Länge der Gesamtanlage ist von 0,420 mm auf 0,690 mm gestiegen, die Breite beträgt 0,630 mm.

Stadium VIII: Länge der Larve 10 mm, Durchmesser 6 mm. Die Geräumigkeit der Tasche hat sich noch gesteigert und ihre Hautöffnung stellt jetzt ein weites Loch dar, mit anderen Worten, die Tasche beginnt zu verstreichen und die bisher in ihr verborgenen Zapfen kommen dadurch auf die ventrale Hautfläche des Larvenkörpers zu liegen.

Die Zäpfchen sind im Allgemeinen wenig vergrößert, ihre freien Spitzen stehen im Niveau des Taschenrandes, während der größere Abschnitt der Zapfen an den beiden Seitenwänden der Tasche stark in das Lumen vorgewölbt ist. Dadurch wird der dorsale Boden der Tasche oralwärts zu einem schmalen vertikal stehenden Spalt eingengt. Als neue Differenzierung tritt eine kurze cylindrische mediane Ausbuchtung am oralen Bezirk der Tasche zwischen der Basis der beiden Zapfen auf, welche in dem Larvenkörper zwischen die epithelialen Rohranlagen der Vasa deferentia und Anhangsdrüsen als Kopulationsrohr vorwächst. Breite desselben 0,200 mm, Höhe 0,390 mm. Breite des noch ungetheilten Hohlraumes der Vasa deferentia und Anhangsdrüsen — 0,230 mm, Durchmesser der Anhangsdrüsen 0,139 mm, der Vasa deferentia 0,075 mm.

Stadium IX: Länge 12 mm, Durchmesser 6 mm (Fig. 4). Die Larve beginnt sich zu verpuppen. Man erkennt unter der Oberhaut deutlich das Kopfsegment, eben so auf der Ventralseite der vordersten Segmente die Anlage der Extremitäten. Die nun vorliegenden Veränderungen sind gegenüber den früheren Stadien ausgesprochener.

Die Öffnung der Tasche ist noch breiter geworden, und die tiefe Einsenkung allmählich zu einer flachen Nische verstrichen, so dass die Zapfen jetzt freier zu Tage liegen und ihre Endspitzen ein klein wenig über die ventrale Körperfläche vorspringen. Die Zapfen (Fig. 4) haben an Volumen zugenommen und eine ungefähr sichelförmige Gestalt gewonnen. Durch eine seichte Furche wird ihre laterale und vordere Randzone abgegliedert. So entstehen durch Verdickung und Hervorwölbung der Epidermis zwei neue Zäpfchen. Wir können also jetzt zwei mediane innere (Fig. 4) und zwei laterale äußere symmetrische Zäpfchen unterscheiden und ohne Schwierigkeit das mediale Paar als Anlage der Deckplatten, das kleinere laterale Paar als Anlage der Deckschuppen deuten. Die medianen Ränder der medialen Zäpfchen vereinen sich nahe der Basis. Von dieser Stelle aus springt der oben erwähnte mediale, hohleylindrische Fortsatz der Genitaltasche, das Kopulationsrohr deutlich abgegrenzt in die Leibeshöhle ein und schiebt sich median

zwischen die paarigen Anlagen der Ausführungsgänge vorwärts; seine Länge beträgt 0,150 mm, sein Durchmesser 0,200 mm, die Dicke der Wandungen durchschnittlich 0,07 mm. Die Länge der Gesamtanlage ist von 0,690 mm auf 0,810 mm gestiegen, die Breite von 0,723 mm auf 0,907. Die Anlagen der Ausführungsgänge finden sich jetzt nicht mehr an der oralen Zone der Zapfenwülste, da sie oralwärts tiefer in den Körper verlagert wurden. Besonders bedeutend gewachsen sind die Anhangsdrüsen und Vasa deferentia, auch der Unterschied der Formen derselben tritt nun sehr klar hervor. Erstere erscheinen als weite Schläuche, während die dorsalen Vasa deferentia ein enges Lumen aufweisen und ihr vorderes dorsal aufgekrümmtes Ende zu einem sehr feinen Hohlfaden ausziehen. Die Länge der Anhangsdrüsen und Vasa deferentia von hinten nach vorn beträgt je 0,375 mm. Das Lumen der ersteren hat in seiner größten Ausdehnung einen Durchmesser von 0,370 mm, dasjenige der Vasa deferentia von 0,169 mm; beide endigen blind.

Stadium X (Fig. 5): Länge 15 mm; Durchmesser 6,5 mm. Die Genitaltasche ist weiter, die Zäpfchen sind größer geworden. Länge des Kopulationsrohres dieselbe wie bei Stadium IX. Breite von 0,907 mm auf 0,938 mm gestiegen. Wiederum zeichnen sich die Anhangsdrüsen und die Vasa deferentia durch starkes Wachstum aus. Erstere haben eine Länge von 0,450 mm, die Vasa deferentia sind von 0,370 mm auf 0,600 mm vergrößert. Das Lumen der Anhangsdrüsen hat einen Durchmesser von 0,373 mm, das der Vasa deferentia von 0,172 mm.

Stadium XI: Die Puppe hat sich fast gerade gestreckt; durch die Oberhaut ist zu erkennen, dass Thorax und Abdomen sich vom Kopfe abzusetzen beginnen. Die Anhänge des Kopfes und die Beine sind deutlich entwickelt. Die größer gewordenen Deckplatten liegen jetzt auf der Oberfläche, da die Genitaltasche ganz verflacht ist. Das dreizehnte Segment hat sich fast ganz unter das zwölfte zurückgezogen; das zwölfte und das elfte verkürzen sich nur auf der Ventralseite. Die Deckplatten bilden nun unterhalb des Aftersegmentes einen kleinen, vorspringenden Hügel und verdecken den Eingang in das Kopulationsrohr. Dasselbe erscheint als enger dorsal gerichteter Epithelschlauch, der nur von schwachen mesodermalen Lagen umgeben ist, während Anhangsdrüsen und Vasa deferentia von dicken Mesodermhüllen umschlossen werden. Seine Epithelwand ist im Verhältnis zum Lumen sehr dick. Die Innenfläche seiner Höhle ist nicht glatt, sondern durch vier Längswülste etwas gebuchtet, so dass

der Querschnitt vierkantig erscheint. Das orale Blindende treibt zwei kleine laterale Blindsäckchen gegen den gemeinsamen Endabschnitt der Vasa deferentia und Anhangsdrüsen. Die Dicke der Wandung ist durchschnittlich 0,107 mm, der vertikale Durchmesser des Lumens 0,307 mm, der horizontale 0,072 mm. Die Länge des Kopulationsrohres ist von 0,150 mm auf 0,390 mm gestiegen, hat sich also mehr als verdoppelt.

Anhangsdrüsen und Vasa deferentia besitzen auf eine kurze Strecke von 0,105 mm beiderseits einen gemeinsamen Abschnitt mit einfachem Lumen, dessen mediale Wand durch je eine der paarigen kleinen Blindausstülpungen des oralen Endes des Kopulationsrohres eingedellt wird. Jenseits desselben vergrößert sich das Lumen der Anhangsdrüsen beträchtlich und wird eiförmig. Der vertikale Durchmesser derselben beträgt 0,537 mm, der horizontale 0,184 mm, die Länge 0,475 mm. Die Vasa deferentia sind stark gewachsen und dringen bis zum Hoden vor, ihr Lumen wird dabei immer kleiner und ist an ihrem Endpunkt fast geschwunden; sie erreichen die Länge von 1,755 mm.

Stadium XII: Die Abschnürung des Thorax und des Abdomen ist fortgeschritten. Die oberflächlichen Formen der Genitalspalte haben keine Veränderung erfahren, eben so wenig andere Abschnitte. Nur das Kopulationsrohr (Fig. 6), welches noch nicht mit den Anhangsdrüsen und den Vasa deferentia in Verbindung steht, sondern nur in die vorhin erwähnten paarigen kurzen und blinden Ausstülpungen ausläuft, ist bedeutend von 0,390 mm auf 0,765 mm, beinahe um das Doppelte, in die Länge gewachsen; sein Lumen wird allmählich kreisrund. Die Länge der Anhangsdrüsen ist von 0,475 mm auf 1,260 mm gestiegen.

Stadium XIII: Die Umwandlung der Larve in die Puppe ist vollendet, Abdomen und Thorax sind deutlich und tief abgeschnürt, Facettenaugen erkennbar, doch völlig farblos. Die Ringe des Abdomens beginnen sich dachziegelartig über einander zu schieben und sich in Rücken- und Bauchschuppen zu theilen. Dieses Stadium zeichnet sich durch ein sehr schnelles Wachsthum aus; bei ihm ist nunmehr die Anlage des vollständigen Geschlechtsapparates vorhanden. Die Zapfen springen stark ventral vor. Das Kopulationsrohr hat in seiner ganzen Länge ein fast kreisrundes Lumen mit dem gleichen Durchmesser von 0,338 mm, seine Länge hat sich mehr als verdreifacht, indem sie von 0,765 mm auf 2,370 mm gestiegen ist. Die ventrale und laterale Wand des Rohres zeigt hohe Cylinderzellen,

die dorsale niedere kubische Zellen. 0,150 mm von der Hautöffnung des Kopulationsrohres werden die Hörnchen angelegt, indem an symmetrischen Stellen der dorsalen Wand des Rohres zwei schräg dorsal gerichtete Blindsäcke von 0,353 mm Länge gebildet werden. Von dieser Stelle zieht der Kopulationsschlauch als verhältnismäßig enges Epithelrohr oralwärts in der Medianebene. Da sein Lumen etwas weiter wird, kann man in einer nur geringgradig aufgeblähten Zone nahe der vorderen Kuppel des Schlauches die erste Andeutung der Peniszwiebel erkennen. Das obere Ende des in früheren Stadien blindgeschlossenen Schlauches, welches die beiden kurzen seitlichen Ausstülpungen gegen das gemeinsame Endstück der Anhangsdrüsen und Vasa deferentia ausgebuchtet hatte, ist als ein enger cylindrischer Epithelkanal herausgewachsen, als Anlage des Ductus ejaculatorius, der die Verbindung zwischen Kopulationsrohr, den Vasa deferentia und den Anhangsdrüsen herstellt; der Ductus, welcher beim fertigen Imago links asymmetrisch oralwärts emporsteigt, nimmt hier noch einen völlig ungekrümmten Verlauf in der Medianebene des Abdomens. Durch die mächtige Entwicklung des Kopulationsrohres sind die Anhangsdrüsen und die Vasa deferentia tiefer in der Leibeshöhle nach oraler Richtung vorgeschoben worden. Sie liegen 0,461 mm dorsalwärts und 1,350 mm von dessen Ende entfernt und bilden an ihrer Vereinigungsstelle einen Hohlraum von 1,169 mm lichter Weite. Die Anhangsdrüsen sind 1,410 mm lang geworden. Die Lumina der Vasa deferentia haben sich stark vergrößert; ihre Länge ist nicht mehr genau zu messen, da ihr orales Ende gegen die Hoden hin stark geschlängelt verläuft.

Stadium XIV: Facettenaugen schwach rötlich gefärbt. Die Zäpfchen ragen nur noch wenig hervor, als niedrige breite Platten die Mündung des Kopulationsrohres lateral umgreifend. Länge des Rohres 2,490 mm. Dasselbe, das an der Mündung eine rundliche, dorsal geöffnete Halbrinne darstellt, verändert in ganz kurzer Entfernung von der Hautöffnung sein Lumen, so dass der Querschnitt dreieckig erscheint, die Basis des Dreiecks dorsal, die Spitze ventral gerichtet. An der dorsalen Wand erhebt sich eine schmale, außerordentlich kurze mediane Falte, hinter derselben folgen die Seitenhörner (Fig. 7) als ganz kurze epitheliale Blindsäckchen. Ihrer Mündung gegenüber entsteht an der ventralen Schmalkante des Kopulationsrohres eine kleine seichte rinnenförmige Ausbuchtung. Hinter den Hörnchen ist das Penislumen rund und eng und erweitert sich erst in der Bulbusregion mächtig. Auch das anale Endstück des

Ductus ejaculatorius ist weiter und dickwandiger geworden. Der Ductus selbst bildet eine links von der Medianebene gelegene Schleife, deren Krümmung analwärts schaut. Seine Länge beträgt 1,125 mm. Die Anhangsdrüsen haben eine Länge von 1,470 mm erreicht.

Stadium XV: Facettenaugen intensiv roth gefärbt. Der Geschlechtsapparat nimmt nun seine endgültige Gestalt an, indem folgende Veränderungen an dem Kopulationsrohr vor sich gehen. Während dasselbe bis jetzt im Allgemeinen als ein cylindrischer Hohlschlauch mit wenigen erweiterten Abschnitten bezeichnet werden konnte, ist seine Gestalt nunmehr durch die mannigfachsten Aus- und Einbuchtungen völlig unregelmäßig geworden. Der Endabschnitt ist bereits außerordentlich erweitert, das Lumen selbst nicht weit, sondern in transversaler Richtung schmal, weil das Rohr in dieser Region stark abgeplattet ist und die dorsale Wand sehr dicht über der ventralen zieht. Die ventrale Wand des Mündungsabschnittes liegt der Bauchwand der Genitalschildregion nahe an und zeigt bereits einen höheren Grad von Chitinablagerung, der zur Bildung der Rautenplatte führen wird. Oralwärts folgt nun derjenige Theil, der durch die Hörnchen sein charakteristisches Gepräge empfängt. Dieselben gehen mit breitem Ansatz dorsal- und lateralwärts von der Wand des Kopulationsrohres aus, verdicken sich, biegen sich medianwärts zurück, um wiederum lateral- und dorsalwärts gewandt allmählich spitz zulaufend zu endigen. Der folgende Theil des Rohres ist lateral komprimirt, so dass sein Lumen als ein medialer Längsspalt erscheint, der sich von der ventralen Mittellinie dorsalwärts ausdehnt. An dem oralen Rande der rautenförmigen Platte schließen sich ebenfalls, der ventralen Wand angehörend, einige von rechts nach links schräg aufsteigende kleine Querfalten der Epithelwand an, die Anlage der streifenförmigen Wülste. Auf der Dorsalseite desselben Abschnittes ist das Epithel nur an einem cirkumskripten Bezirke erhöht, der Bildungsstätte der kleinen dreieckigen Platte. Als Neubildung tritt an der Basis des Bulbus die oral gerichtete dorsale Ausstülpung, der gefiederte Anhang, auf. Die Wand des Bulbus wird jetzt unregelmäßig gewölbt und ventrale Falten stellen die Anlage der lateralen und medianen Chitinplatten dar. Die Vasa deferentia sind bedeutend gewachsen, ihre oralen Erweiterungen, die als Samenbläschen funktionieren, sind gebildet; sie vereinigen sich nicht mehr wie bisher direkt vorn mit den Anhangsdrüsen, sondern sie bilden eine nach hinten gerichtete Schleife und treffen dann mit den weiter nach vorn liegenden Anhangsdrüsen zusammen.

Die Länge des Kopulationsrohres ist von 2,490 mm auf 3,705 mm gestiegen. Die nunmehr 1,740 mm lang gewordenen Anhangsdrüsen besitzen sehr dicke Wandungen, ihr Lumen hat sich vergrößert. Der Ductus ejaculatorius, im vorigen Stadium 1,125 mm lang, ist auf 2,850 mm gewachsen.

Stadium XVI: Facettenaugen bläulich roth gefärbt, an Kopf und Thorax ist die beginnende Chitinisierung bemerkbar. Schärfer und deutlicher tritt in diesem Stadium die Anlage der beiden medianen länglichen Chitinplatten hervor. Am vorderen Ende des Bulbus, gegenüber der Eintrittsstelle des Ductus ejaculatorius, beugt sich nämlich die linke Seitenwand in starker Krümmung. Der so entstandene größere Hohlraum wird durch eine in das Lumen hineinspringende Scheidewand in zwei kleinere, längliche Taschen getheilt. Aus ihnen gehen die beiden medianen Chitinplatten des Bulbus hervor, welche die Form eines lang ausgezogenen sphärischen Dreiecks besitzen. Die Länge des Kopulationsrohres beträgt 3,915 mm, die des Ductus ejaculatorius 3,165 mm, die der Anhangsdrüsen 1,950 mm.

Stadium XVII: Chitinisierung ist auf das Abdomen fortgeschritten. Im Allgemeinen ist die Lage wie im vorigen Stadium. Innerhalb des Bulbus sind die länglichen Chitinplatten zu bemerken; als Neubildungen haben sich an der unteren Hälfte des Bulbus die beiden kleineren lateralen Chitinplatten, die in ihren medialen Theilen von den länglichen Platten überdeckt sind, gebildet; sie sind flacher, ihre Seitentheile flügelartig geformt und scharf ausgezackt.

Die Länge des Kopulationsrohres ist von 3,915 mm auf 4,935 mm gestiegen, die Anhangsdrüsen von 1,950 mm auf 2,355 mm, der Ductus ejaculatorius von 3,165 mm auf 3,975 mm.

Hiermit sind nun die endgültigen Formen des Begattungsrohres gegeben; nur das Längenwachsthum und die Chitinisierung schreiten fort. Wir können desshalb von einer weiteren Beschreibung absehen und verweisen auf die vorn schon gegebene Schilderung des Kopulationsrohres der reifen Drohne.

IV. Die Erektion des Kopulationsrohres.

Bei der Begattung wird das Kopulationsrohr in seiner gesammten Ausdehnung von der Genitalspalte bis zur Abgangsstelle des engen Ductus ejaculatorius wahrscheinlich durch Blutstauung in der Abdominalhöhle, verbunden mit einer gleichzeitig erfolgenden Kontraktion der sämtlichen Muskeln des abdominalen Hautskelettes aus der

Leibeshöhle hinausgetrieben, so dass er als sonderbar, aber ziemlich gestalteter Anhang das Hinterleibsende der Drohne schmückt (Fig. 10). Bei den oben geschilderten Eigenthümlichkeiten im Baue und in der Entwicklung des Kopulationsrohres kann es sich nicht um einfache Schwellung und dadurch bedingt um einfaches Vorschieben aus der Leibeshöhle handeln. Das Rohr muss total umgekrempelt und das, was innen lag, nach außen und umgekehrt gelagert werden. Der ausgestülpte Begattungsapparat ist demgemäß von einer zarten Chitinhülle umkleidet, welche während des Ruhezustandes die innere Lichtung des Kopulationsrohres austapezirte und die epitheliale Rohrwand überdeckte. Nach der Erektion sind die vorher beobachteten Beziehungen aller Theile ganz auf den Kopf gestellt. Nicht als ob das innige genetische und topographische Verhältnis zwischen der epithelialen Rohrwand und den von ihr producirten Chitinschichten aufgehoben würde — nur die Lagebeziehungen der Wandschichten zu der idealen Längsachse des Kopulationsrohres sind verändert, indem sie gerade entgegengesetzt wurden. Während seit der Entwicklung bis vor dem Beginne des Liebesspieles die Chitintapete die innere und die Epithelschicht die äußere zweier concentrischer Lagen darstellte, ist mit der Begattung das umgekehrte Verhalten eingetreten, dass nämlich die Chitintapete den äußeren und das Epithel den inneren Mantel — bezogen auf die Längsachse — des hohlen Kopulationsrohres bildet. Das geschah durch successive Umstülpung der einzelnen Regionen des Rohres, welche in der Richtung von der Genitalspalte bis zum Bulbus allmählich erfolgt. Eine Steigerung des intraabdominalen Druckes ist sicher die Ursache des Vorganges. Obwohl ich keine experimentellen Untersuchungen angestellt habe, darf ich, ohne Widerspruch befürchten zu müssen, diese Behauptung aufstellen, weil jeder Bienenzüchter weiß, dass man durch Quetschen des Abdomens in einer beliebigen Richtung die Ausstülpung des Kopulationsrohres hervorrufen kann. Dieselbe vollzieht sich leicht und rasch; komprimirt man schnell und kräftig, so verläuft sie geradezu wie eine Explosion und erweckt beim erstmaligen Anblick fast den Anschein, als sprühten sämtliche Eingeweide aus der Hinterleibsspitze des Drohnenkörpers hervor. Besser beobachten sich die Einzelheiten bei zartem Zugreifen und langsam schwellender Steigerung des Druckes. Es wird dadurch das ganze Kopulationsrohr in seiner gesammten Ausdehnung von der Genitalspalte bis zum oralen Ende — der Abgangsstelle des Ductus ejaculatorius — derartig umgestülpt, dass das letztere an der weit

hinter dem Ende des Abdomens hinausragenden Spitze des erigirten Kopulationsorgans zu suchen ist. Die kleine Öffnung dort (Fig. 10) führt nämlich, wie man sich durch einen Scherenlängsschnitt leicht überzeugt, direkt in den engen Ductus ejaculatorius, welcher die innere mit Blut erfüllte Höhlung des umgestülpten Kopulationsrohres entlang gegen die Leibeshöhle zieht. Da der ganze Vorgang aufzufassen ist als eine einfache Umstülpung, genau so, wie die Wandung eines eingestülpten Handschuhfingers wieder in normale Stellung und Krümmung gebracht wird, so werden die topographischen Beziehungen der früher beschriebenen Zonen der Chitintapete des Kopulationsrohres nicht geändert. Die ventralen Zonen: Rautenplatte, Spiralstreif, werden an der ventralen Wand, die dorsalen Anhänge: die beiden Hörnchen, der gefiederte Blindsack und die Chitinplatten des Bulbus werden an der dorsalen Wand des Schlauches beobachtet, nachdem sie successive aus der Genitalspalte vorgeschoben wurden (Fig. 8, 9). Zunächst sieht man bei sanftem Druck die Deckplatten des vorletzten Abdominalsegmentes sich in einem nur für den Geübten bemerkbaren geringen Grade ventral abneigen und die Deckschuppen sich etwas lateral verschieben, dann kommt der Mündungsabschnitt des Kopulationsrohres aus der Genitalspalte. Die dünne, zart behaarte Membran tritt langsam aus und bildet rasch einen plumpen, sphärischen, äußeren Körperanhang, der die Breitenausdehnung der beiden Deckplatten an Volumen um ein Vielfaches übertrifft und sich hauptsächlich ventral- und lateralwärts ausbaucht. Das große Volumen des basalen Theiles macht es uns verständlich, warum der Mündungsabschnitt des Kopulationsrohres während der Ruhe in so viele Falten gelegt ist. Die Rautenplatte mit ihrem reichen Besatze langer weicher Haare nimmt den größeren Theil der ventralen Wand ein, dorsal über ihr springen die beiden Hörnchen mit eleganter Krümmung vor und oral von der Platte zieht eine schwach gelblich-braun gefärbte Zone mit niedrigen und weniger zahlreichen weichen Zähnechen übersät gegen die beiden Deckplatten. Die letztgenannte Zone fällt schon während des Ruhezustandes auf, da sie an der Innenfläche der Deckplatten liegt und in vielen Fällen als eine kurze, zungenartige Wulstlippe in dem medianen Spaltraum zwischen den beiden Deckplatten vorspringt. Jenseits der Rautenplatte fällt an der ventralen Wand die oben als Spiralwulst bezeichnete Zone auf. Ihre vier bis fünf Borstenplatten liegen hier aber regelmäßig parallel hinter einander und quer zur Längsachse des Kopulations Schlauches. Daraus lässt sich mit Sicherheit schließen, dass dieselben auch früher

an dem sich entwickelnden Kopulationsrohre einander parallel gerichtet waren und dass der Eindruck ihrer spiraligen Anordnung nur durch die seitliche Kompression und eine geringe Drehung jenes Abschnittes hervorgerufen war. Man kann sich von der Richtigkeit des Schlusses leicht überzeugen, indem man das Begattungsrohr einer fertigen Drohne durch einen Längsschnitt der dorsalen Wand spaltet und die Chitintapete flach auf einem Objektträger ausbreitet.

In der dorsalen Wand über dem Spiralstreifen und mit ihrer Spitze zwischen die beiden Hörnchen eingeschoben fällt die dreieckige Chitinplatte auf. Ihr reicher Borstenbesatz ist auf der sonst fast glatten dorsalen Wand von feiner malerischer Wirkung. Hinter der dreieckigen Haarzone folgt gleichfalls dorsal der gefiederte Anhang. Wie der Kopulationsschlauch im Ganzen gleich einem Handschuhfinger umgestülpt wird, so geschieht das Gleiche auch mit seinem gefiederten Anhange. Derselbe zeigt nach vollendeter Umkehrung eine konvexe Krümmung seiner analen Fläche, so dass sein blindes Ende oral gerichtet ist. Über den gefiederten Anhang schiebt sich noch der oberste Abschnitt des Kopulationsrohres, der Bulbus, heraus. Er gewinnt durch die Umkehrung eine ungefähr cylindrisch wurstförmige Gestalt und wird in schwungvollem Bogen dorsal aufgekrümmt. Die Zone, welche am ruhenden Apparate die vorderste Kuppelwölbung seiner Höhle tapezirte, liegt naturgemäß an dem freien oralwärts zurückgekrümmten Ende des umgestülpten Organs. Hier ist deutlich die frei liegende Mündung des Ductus ejaculatorius zu erkennen. Dass der Bulbusabschnitt nunmehr sichelförmig nach aufwärts gekrümmt liegt, hat er unzweifelhaft den beiden Paaren der früher geschilderten dunklen Chitinplatten zu danken, denn diese stellen eine durchaus unelastische Zone der im Übrigen zarten und elastischen Chitintapete des Abschnittes dar und verhindern es, dass letzterer eine allseitig cylindrisch gekrümmte und gerade gerichtete Gestalt annimmt. Sie sind deshalb als Versteifungszonen zu betrachten, welche bei der Ausstülpung widerspenstig nicht aus einander weichen und dadurch eine konkave Einziehung ihrer Region und die konvexe Krümmung der ventralen Bulbuswand verursachen. Nach diesem Gesichtspunkte sind wohl auch die übrigen stärker chitinisirten Zonen des Kopulationsrohres: die Rautenplatte, die Spiralstreifen und die dreieckige Platte zu beurtheilen. Vertheilt auf Medianzonen der ventralen oder dorsalen Wand liegen sie gerade an solchen Stellen des Rohres, wo eine stärkere Abkrümmung gegenüber den benachbarten Zonen erfolgt (vgl. Spiralstreifen und dreieckige Platte auf Fig. 10), oder

wo, wie in der Gegend der rautenförmigen Platte eine Versteifung des ausgestülpten Kopulationsschlauches gegen die Körperwand notwendig erscheint. Sie sind also insgesamt Bildungen sui generis und dürfen nicht mit den äußeren Begattungsanhängen anderer Hymenopteren-Arten homologisirt werden, wie es DUFOUR einmal versucht hat. Der starke Haarbesatz der Versteifungszonen mag vielleicht die Bedeutung haben, den die Versteifungsfunktion beschränkenden Druck des weiblichen Körpers nach der Einführung in die Stachelnische der Königin zu vermindern. Vielleicht sorgt er aber auch dafür, dass diese Zonen sich innig an die Nischenwand anschmiegen und das Hinausziehen des männlichen Begattungswerkzeuges während des Hochzeitsfluges verhindern. Dafür spricht die Richtung der Haare z. B. auf der Rauten- und dreieckigen Platte, deren Spitzen nach der Umstülpung oral, d. h. gegen die männliche Geschlechtsöffnung gerichtet sind und indem die beiden gegenüberliegenden Platten an die Stachelnische angepresst werden, das Hinausgleiten des Kopulationsrohres aus der Scheide erfolgreich verhindern können. Unzweifelhaft sind die beiden Hörnchen, sowie der gefiederte Anhang direkt als Klammerorgane anzusprechen. Jedenfalls werden die Hörnchen in die kleinen Seitenräume der Vagina eingreifen, welche bei der Bienenkönigin als Begattungstaschen beschrieben sind. Der gefiederte Anhang dient gleichfalls der Verhänger beider Thiere. Das an seiner Spitze befindliche reich gelappte Gefieder stellt nach der Umstülpung eine von rundlichen Würzchen bedeckte Platte dar, welche sich an der Vaginalwand gleichsam festzusaugen im Stande ist.

Nach Kenntnisnahme des ausgestülpten Kopulationsrohres leuchtet es ein, dass die Drohne während des Hochzeitsfluges dasselbe nicht frei ausstülpt und dann erst in die Vagina der Königin einzuführen suchen wird, sondern dass sie, ihr Abdomen nach abwärts krümmend, die Genitalspalte an die Hautnische des Stachels drückt und nun das Kopulationsorgan langsam gegen die Mündung der Vagina selbst vorstülpt. Entsprechend der gemächlichen Umkehrung der Wände des Begattungsschlauches wird zunächst die Stachelnische, dann die Vagina selbst erweitert und setzt dem weichen sich einbohrenden Organe keinen allzugroßen Widerstand entgegen. Der Mündungsabschnitt des Kopulationsrohres drückt wahrscheinlich den Legestachel dorsal, die große Bauchschuppe des zehnten Segmentes ventral und füllt so die Hauttasche aus, in der der Legestachel gewöhnlich verborgen liegt, während die Spitzen der Hörnchen in die Begattungstaschen der

Vagina eindringen. Dann sind die mechanischen Schwierigkeiten der Einführung überwunden. Die übrigen Theile des sich ausstülpenden Rohres werden, da der gefiederte Anhang vor dem Bulbus bohrend und eröffnend auf die inneren Abschnitte der Vagina wirkt, leicht tiefer dringen. So wird die Verhängung der beiden im Fluge befindlichen Hochzeitsthiere äußerst fest, so fest, dass die Bemühungen der Drohne nach der Kohabitation von der Königin loszukommen, nicht mit der Retraktion des Kopulationsrohres, sondern mit dem Zerreißen desselben an seiner zartwandigen Mündungszone enden. Erst nach der Heimkehr vom Hochzeitsfluge, wenn die Samentasche sicher mit Sperma vollgepfropft ist, entledigt sich die Königin, wie mehrere Beobachter berichten, des noch in der Vagina steckenden abgerissenen Kopulationsschlauches.

Auf die Litteratur bin ich nicht näher eingegangen, weil die da und dort zerstreuten Angaben über die letzten Hinterleibsringe und das Kopulationsrohr der Drohne einzelne anatomische oder entwicklungsgeschichtliche Thatsachen nur beiläufig berichten.

KRAEPELIN hat in den Untersuchungen über Bau, Mechanismus und Entwicklungsgeschichte des Stachels der bienenartigen Thiere (diese Zeitschr. 1873) die Skelettelemente der letzten Abdominalringe kurz beschrieben und richtig gedeutet.

KOSCHEWNIKOFF macht in einer vorläufigen Mittheilung (Zur Anatomie der männlichen Geschlechtsorgane der Honigbiene, Zool. Anz. 1891, p. 393), deren ausführliche Abhandlung ich nicht habe auffinden können, kurze Angaben über den histologischen Bau des Hodens und der Ausführungsgänge nebst Adnexen.

Mein verehrter Lehrer, Herr Prof. Dr. FLEISCHMANN, führte mich in die entwicklungsgeschichtliche Arbeitsmethode ein; er war mir auch auf dem Gesamtgebiet der Zoologie ein Führer, der durch seine stets von gemeinsamen großen Gesichtspunkten ausgehende Art wissenschaftlicher Betrachtung und durch seine eigenartige Persönlichkeit immer fördernd und anspornend wirkte. Ihm meinen aufrichtigen Dank auszusprechen, ist mir Herzensbedürfnis.

Erlangen, im August 1894.

Erklärung der Abbildungen.

Buchstabenbezeichnung:

A, Anhangsdrüsen; *a*, After; *B*, Bulbus des Kopulationsrohres; *d*, dreieckige Chitinplatte; *De*, Ductus ejaculatorius; *Dp*, Deckplatte; *Ds*, Deckschuppe; *f*, präsegmentaler Fortsatz der XI. Bauchschuppe; *g*, gefiederter Anhang; *H*, Hörnchen; *P*, *P*₁, Chitinplatten des Bulbus; *Pr*, Kopulationsrohr; *r*, Rautenplatte; *Sb*, Samenbläschen; *Sp*, sog. Spiralstreifen; *T*, Hoden; *Vd*, Vas deferens; *Xv*, *XIv*, *XIIv*, Bauchschuppe des X., XI. und XII. Segmentes; *XId*, *XIIId*, Rückenschuppe des XI. und XII. Segmentes.

Tafel XXVI.

Fig. 1. Das Kopulationsrohr der Drohne nebst dem Ductus ejaculatorius und den Anhangsdrüsen. 12/1 nat. GröÙe.

Fig. 2. Hinterleibsende der Drohne. Ventralansicht. Das Aftersegment ist nicht eingezeichnet. 22/1 nat. GröÙe.

Fig. 3. Die Genitalgrube des zwölften Segmentes. Stadium V. Ventralansicht. Aus der Genitalgrube ragen die Anlagen der Deckplatten vor, sie umgrenzen medial den Eingang in das Kopulationsrohr. An ihrer Basis schimmern die hohlen Anlagen der Anhangsdrüsen und der Vasa deferentia durch. 22/1 nat. GröÙe.

Fig. 4. Die Genitalgrube (Stadium IX). Ventralansicht, aber etwas von hinten betrachtet. An der lateralen Seite der Deckplatten sind die Deckschuppen abgegliedert. 22/1 nat. GröÙe.

Fig. 5. Die Genitalgrube (Stadium X). 22/1 nat. GröÙe.

Fig. 6. Anlage des Kopulationsrohres, der Anhangsdrüsen und der Vasa deferentia von der Bauchhöhle aus gesehen. Stadium XII. 20/1 nat. GröÙe.

Fig. 7. Das Kopulationsrohr von der Bauchhöhle aus gesehen. Stadium XIV. Die nach links gekrümmte Spitze setzt sich in den Ductus ejaculatorius fort, der nicht mehr gezeichnet ist. 20/1 nat. GröÙe.

Fig. 8. Der halb ausgestülpte Kopulationsschlauch. Dorsalansicht. 6/1 nat. GröÙe.

Fig. 9. Der halb ausgestülpte Kopulationsschlauch. Ventralansicht. 6/1 nat. GröÙe.

Fig. 10. Der völlig ausgestülpte Kopulationsschlauch von der lateralen Fläche. 6/1 nat. GröÙe.

Fig. 7.



Fig. 3.



Fig. 6.

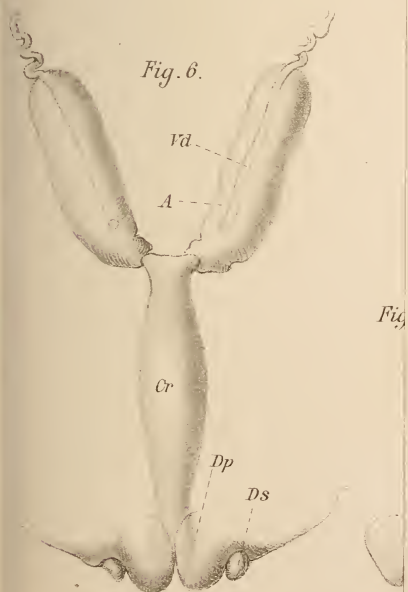


Fig.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1899-1900

Band/Volume: [67](#)

Autor(en)/Author(s): Michaelis Georg

Artikel/Article: [Bau und Entwicklung des männlichen Begattungsapparates der Honigbiene. 439-460](#)