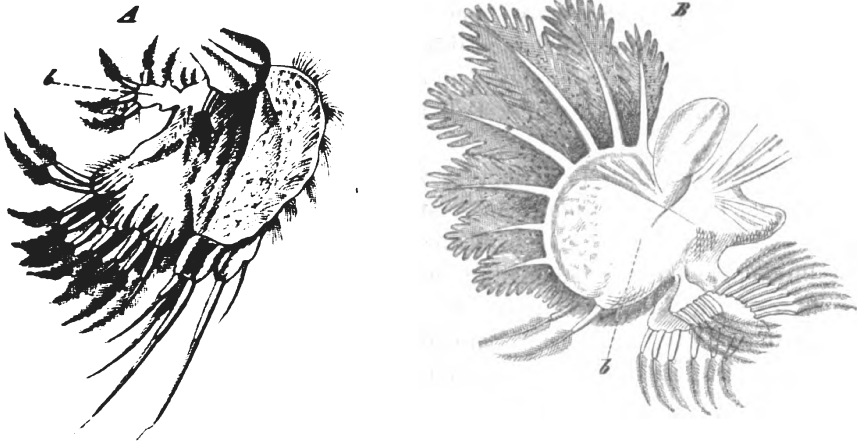


der primitivsten, als dünnhäutige Lamelle auftretenden Kiemenform durch Umwandlung der Gliedmaassen selbst oder einzelner ihrer Theile sehr deutlich zur Erscheinung kommt. Ein hierfür besonders in die Augen springendes Beispiel liefern die Copepoden. Die frei lebenden Gattungen derselben (*Cyclops* u. A.), welche bei ihren fortwährenden rapiden Bewegungen im Wasser der Respirationsorgane entbehren können, haben gleich den Kiefern auch die Schwimmbeine und die am letzten Körpersegment beweglich eingelenkten paarigen Endgriffel (gleichfalls einem Gliedmaassenpaare aequivalent) vorwiegend in der Längsrichtung und in annähernd cylindrischer Form entwickelt. Dagegen bilden sich bei den ihres

Fig. 16.



Ederbeine von *Lynceus lamellatus*. A. Erstes, B. Viertes, C. Fünftes Paar. b. Kieme.

Parasitismus halber sesshaften Gattungen (*Nogagus*, *Pandarus* u. A.), deren blattförmige Rücken-Anhänge (Taf. IX. Fig. 11—13) man gewiss mit Unrecht als Athmungsorgane gedeutet hat, mehrere solcher Gliedmaassen-Paare, insbesondere die Schwimmbeine und die Endgriffel des letzten Körperringes, oft ihrer ganzen Ausdehnung nach in blattförmige Gebilde um (Taf. IX. Fig. 5d, 9b, 9c), welche sich durch ihre dünnhäutige Beschaffenheit um so mehr als Kiemen zu erkennen geben, als sie eine Ortsbewegung nicht mehr zu vermitteln haben. Die Aequivalenz der betreffenden Gliedmaassen, welche in dem einen Fall als Lokomotionsorgane, in dem anderen

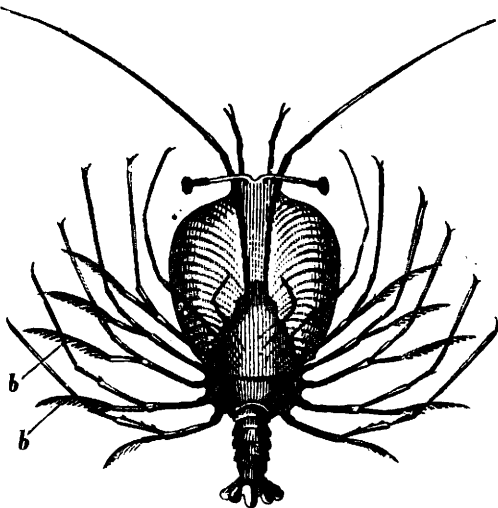


welche in dem einen Fall als Athmungsorgane fungiren,

kann hier keinem Zweifel unterliegen, da sie den sich genau correspondirenden Körperringen angehören. Aber auch bei dem Vergleich der unmittelbar auf einander folgenden Gliedmaassenpaare eines und desselben Thieres stellt sich zuweilen die Hervorbildung von Kiemen aus bestimmten Theilen des Beines deutlich heraus: so z. B. bei der Gattung *Lynceus* unter den Cladoceren, deren erstes Beinpaar im Gegensatz zu den sehr vollständig entwickelten Theilen des Ruderorgans nur ein ganz rudimentäres Kiemenblättchen trägt, während letzteres unter allmählicher Grössenzunahme an den beiden folgenden, sich schliesslich am vierten und fünften Paare zu einem solchen Umfange entwickelt hat, dass dagegen die Theile des eigentlichen Beines vollständig zurtücktreten. Was hier an den Schwimmbeinen stattfindet, tritt bei den Ostracoden in ganz analoger Weise an den Kiefern hervor; bei *Cypris* ist es das zweite Kieferpaar, welches eine sehr ansehnliche, in ihrem Umkreis mit langen Fiederstrahlen besetzte Kieme trägt, während das erste und dritte an ihrer Stelle nur ein kleines Blättchen, in einem Fall selbst als Taster-Anhang auftretend, darbietet.

Bei diesen nahen Beziehungen zwischen Kiemen und Gliedmaassen ist es unter Umständen sogar äusserst schwer, wenn nicht unmöglich, die Grenze zwischen beiden festzustellen: ganz besonders wenn, wie z. B. bei den Phyllopoden die Beine in ihrer ganzen Ausdehnung eine flächenartige, lamellöse Entwicklung zeigen. In solchen Fällen ist möglicher Weise eine Differenzirung zwischen Schwimmbein und Kieme überhaupt noch nicht zum Ausdruck gelangt und einem und demselben Organ die zwei-

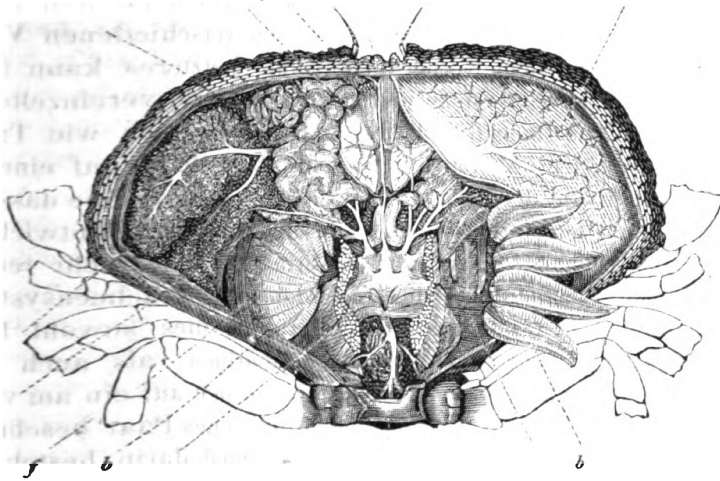
Fig. 17.

*Phyllosoma. b. b. Branchiae.*

fache Funktion der Ortsbewegung und Athmung gleichzeitig übertragen. Unter den höheren Crustaceen ändert sich ein derartiges Verhältniss selbst dann, wenn die Kieme die einfachste Form eines lamelösen Anhangs beibehalten hat; letztere unterscheidet sich, wie z. B. an den deckplattenartigen Postabdominalbeinen der Isopoden von der eine andere Funktion versiehenden eigentlichen Gliedmaasse schon durch ihre sehr viel zarthäutigere Consistenz, in anderen Fällen (*Isopoda*, manche *Decapoda*) durch verschiedene Grösse und Form, u. A. auch z. B. durch den Mangel der Gliederung. Der Uebergang von der lamelösen Kieme

zu solchen Formen, welche sich schon durch die Complicirtheit ihres Baues als eigentümlich funktionirende Organe zu erkennen geben, wird durch einen geisselförmigen Anhang bestimmter Gliedmaassengruppen (z. B. bei *Phyllosoma*) vermittelt; bei vollendeterer Ausbildung verästelt sich ein solcher nach der einen Seite hin und bildet durch abermalige Verzweigung dieser Seitenäste die büschel- oder quastenförmigen Kiemen, wie sie bei *Squilla* zur Erscheinung kommen. Die hierbei hervortretende Intention, der Einwirkung des Wassers eine möglichst ausgedehnte Oberfläche bei möglichst geringem Grössenumfang des Organs auszusetzen,

Fig. 18.



Anatomie einer Krabbe. *b. b.* Branchiae, auf der rechten Seite theilweise zurückgeschlagen. *f.* Flagellum.

wird dann schliesslich in anderer Weise bei den am höchsten organisirten Decapoden erreicht, deren Kiemen sich zu zahlreichen, in zwiefacher Reihe aneinander liegenden Blättchen einfallen und nicht mehr an der Bauchseite des Körpers frei in das Wasser herabhängen, sondern, indem sie sich oberhalb der Beine lagern, von dem Körperintegument überdacht und so in besondere Kiemenhöhlen eingeschlossen werden.

b) Im Gegensatz zu den Kiemen stehen die den Insekten, Myriopoden und manchen Arachniden zukommenden Luftröhren (*Tracheae*) in durchaus keiner Beziehung zu den Gliedmaassen. Sie stellen ein das Innere des Körpers nach allen Richtungen durchsetzendes und alle Organe desselben mit den mannigfachsten Verästelungen durchstrickendes System bohler Röhren dar, welches bei allen luftathmenden Formen in das äussere Integument durch paarige, in verschiedener Zahl auftretende Athmungsöffnungen (*Stigmata* s. *Spiracula*) ausmündet, sich bei den wasserathmenden dagegen über die Oberfläche des Körpers hinaus fortsetzt, um mit abermaligen Verzweigungen in eine zarthäutige Ausstülpung der Chitinhaut (*Tracheenkiemen*) einzutreten. Im ersteren Fall wird die

atmosphärische Luft durch die Stigmata den Tracheen direkt zugeführt und mittels der Verästelungen der letzteren durch den ganzen Körper vertheilt; in letzterem nehmen die frei im Wasser flottirenden Tracheenkiemen, welche sich mit vereinzelt Ausnahmen (Larven von *Libellula*, *Aeschna*) in ihrem Ursprung genau der Lage der Stigmen entsprechend verhalten, mittels ihrer porösen Oberfläche die im Wasser enthaltene atmosphärische Luft durch Endosmose zunächst in ihre feineren Tracheen-Verästelungen auf, um sie durch den sich in das Innere des Körpers erstreckenden Hauptstamm in diesen überzuführen. In beiden Fällen sind also die innerhalb des Körpers befindlichen Athmungsorgane genau dieselben und die einzige Abweichung zwischen den durch Tracheen und Tracheenkiemen athmenden Arthropoden besteht in dem verschiedenen Verhalten der Athmungsrohren zu dem Körper-Integument. Letzteres kann übrigens mit dem inneren Tracheensystem ebensowohl in sehr vereinzelt als in sehr ausgedehnte Communication treten, da sich Stigmen wie Tracheenkiemen bald auf einzelne Körperringe beschränken, bald auf eine grosse oder selbst die Mehrzahl der Segmente vertheilen können, ohne dass jedoch die letztere Modification durchweg einen besonders hohen Entwicklungsgrad der inneren Athmungsorgane repräsentirte. Bei einer sehr reducirten Zahl von Stigmen ist allerdings die Ausbildung des Tracheensystems im Allgemeinen eine sehr einfache. Es zeigt sich dies sowohl bei den mit einem einzigen Stigmenpaar versehenen Acarinen, als auch bei den meisten derjenigen Insektenlarven, deren Stigmen sich auf ein am vorderen Körperende und ein zweites am Endsegment gelegenes Paar beschränken: obwohl auch hier noch ein wesentlicher Unterschied darin besteht, dass bei ersteren überhaupt nur wenig Luft in den Körper eingeführt, bei letzteren die in beträchtlicher Quantität darin vorhandene Luft nur eine beschränkte Vertheilung durch die spärlichen Nebenäste erfährt. In keinem Fall kann aber eine sehr gesteigerte Zahl von Stigmen auf eine entsprechende Complicirtheit des inneren Tracheensystems hinweisen; denn bei den selten mit mehr als 9 bis 10 Stigmenpaaren versehenen Hexapoden ist dasselbe ganz allgemein ungleich höher ausgebildet als bei den Myriopoden, deren Stigmenzahl mit derjenigen der Körperringe bis auf mehr als 100 wächst. — Ausser in ihrer Zahl und Vertheilung lassen auch die Stigmata sowohl als die Tracheenkiemen mannigfache Modificationen in ihrer Bildung erkennen. Bei ersteren sind dieselben im Ganzen weniger in die Augen fallend und beschränken sich auf die in verschiedener Weise hergestellten Vorrichtungen, einen Abschluss nach aussen zu bewirken und z. B. das Eindringen fremder Körper zu verhindern. Letztere bieten nicht nur in ihrer mannigfaltigen Vertheilung und Ansatzstelle, sondern auch in ihrer äusseren Erscheinung eine interessante Parallele mit den eigentlichen Kiemen der Crustaceen dar, welchen entsprechend sie in der Form zarter, lamellöser Blätter, geisselförmiger Stränge und gefiederter oder büschelförmiger Organe auftreten. Auch Beispiele für ein Abweichen von der gewöhnlichen Lage fehlen nicht. Schon bei den Larven mancher

Phryganiden und einiger Lepidopteren (*Paraponyx stratiotalis*) ist es bemerkenswerth, dass sich die fadenförmigen Tracheenkiemen nicht nur auf die Seiten des Körpers, welche sonst die Stigmen tragen, beschränken, sondern sich in sechs parallele Längsreihen vertheilen; besonders sind es aber die Larven gewisser Libellulinen (*Aeschna*, *Libellula*), welche dadurch, dass bei ihnen die Tracheenkiemen nicht mehr äussere sind, sondern der inneren Wand des Mastdarmes übertragen werden, eine augenscheinliche Analogie mit den Decapoden erkennen lassen.

Fig. 19.

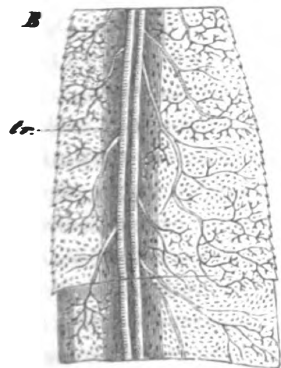
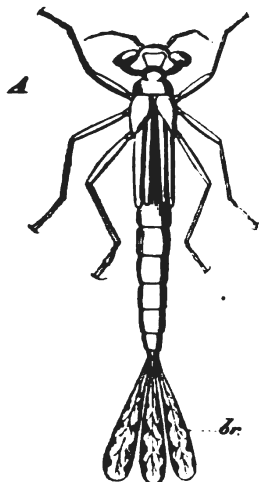
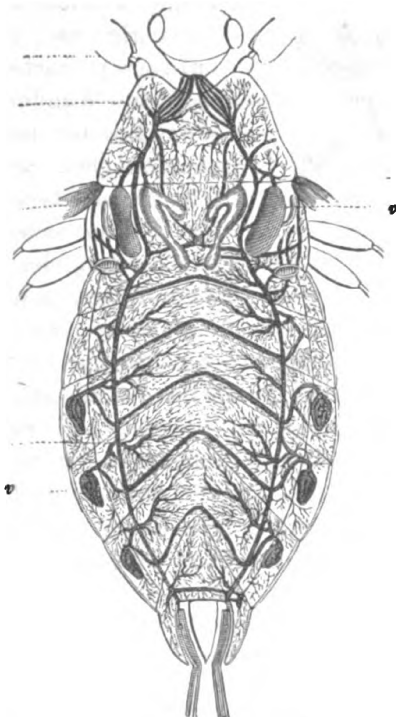


Fig. 20.



Tracheensystem von *Nepa cinerea*. v. v. Blasenförmige (vesiculäre) Tracheen.

A. Larve von *Agrion* mit den blattförmigen Schwanskiemen (br).  
 B. Ein Stück der Schwanskiemen, vergrössert, mit den sich baumartig verzweigenden Tracheenstämmen (tr).

Die bei weitem verbreitetste Form der Tracheen ist die von cylindrischen oder abgeplatteten Röhren, welche sich entweder, je weiter sie sich von ihrer Communication mit dem Körper-Integument entfernen, allmählich immer mehr verzüngen oder eine solche Verminderung ihres Lumens dadurch erfahren, dass sie sich nach Art eines Baumes bis in das Unendliche verzweigen; letzteres, in allgemeiner Verbreitung besonders bei den Insekten auftretend, geschieht im Verlauf der Tracheenstämmen gewöhnlich in dichotomischer Weise, während in der Nähe der Stigmen

häufig ein Ursprung zahlreicher Stämme aus einem und demselben Punkte zu beobachten ist. Dem Erforderniss, den Wandungen dieser Röhren eine ihrer Funktion entsprechende Resistenz zu verleihen, wird wenigstens bei den Hexapoden dadurch genügt, dass die sie hauptsächlich constituirende Membran sich lokal erhärtet, und zwar in Form einer sich um die Peripherie continüirlich herumwindenden Spirale, welche sich bis in die feinsten Verzweigungen derselben fortsetzt. Neben diesen durch den sogenannten „Spiralfaden“ charakterisirten tubulären Tracheen finden sich aber

Fig. 20.



Tubuläre Trachee eines Insekts mit dem Spiralfaden.

nicht selten, wenigstens bei den zu einem anhaltenden Fluge befähigten ausgebildeten Insekten als zweite Kategorie die sack- oder blasenförmigen (vesiculären) Tracheen vor, welche sich durch weniger resistente Wandungen und im Gegensatz zu der Durchsichtigkeit der tubulären durch eine milchige Trübung unterscheiden. Sie erscheinen nur prall bei der Anfüllung des Tracheensystems mit atmosphärischer Luft, und finden sich einerseits im Verlauf der tubulären Tracheen in der Weise, dass sie diese stellenweise unterbrechen, dann meistens in grosser Zahl vorhanden sind und eine verhältnissmässig geringe Grösse haben (*Melolontha*): andererseits zu wenigen oder selbst nur zu einem Paare, in diesem Fall meist in unmittelbarem Anschluss an die Stigmen und gewöhnlich an der Basis der Hinterleibshöhle gelegen (*Diptera*, *Apis*, *Hydrophilus*). Gerade diese letztere Modifikation der vesiculären Tracheen ist es, welcher eine allgemeinere morphologische Bedeutung beizulegen ist: denn durch sie wird offenbar das richtige Verständniss der bei den höchsten Arachniden-Ordnungen als „Lungen“ bezeichneten Athmungsorgane noch in höherem Grade vermittelt, als dies mit den manchen Arachniden zukommenden bandartig abgeplatteten Tracheen der Fall ist. In Uebereinstimmung mit den Tracheen sind letztere durch paarige spaltförmige Stigmata, welche sich an der Basis des Hinterleibes zu einem bis vier Paaren vorfinden, mit der Oberfläche des Körpers in Verbindung gesetzt; auch stellen sie wenigstens in unmittelbarer Nähe der Stigmenmündung einen hohlen Sack dar, in welchen die Luft zunächst eintritt. Nur das Verhältniss ihrer der Leibeshöhle zugekehrten Wandung ist ein durch Complication wesentlich verändertes; anstatt eines Abschlusses durch eine einfache oder in tubuläre Tracheen auslaufende Membran zeigt sich eine Zusammenfaltung dieser zu zahlreichen, wie die Blätter eines Buches dicht aneinander liegenden Duplikaturen, deren Lumen jedoch mit der hinter dem Stigma liegenden Athemhöhle communicirt. Nach Leuckart\*), welcher diese Lungen zuerst in ihrer wahren morphologischen Bedeutung erkannte und sie als Modifikation der Tracheen nachwies, beläuft sich die Zahl dieser Duplikaturen

\*) Ueber den Bau und die Bedeutung der sogenannten Lungen bei den Arachniden (Zeitschr. f. wissensch. Zoolog. I. p. 246 ff.).

in gewissen Fällen (*Androctonus*) bis auf 80 und 100, während kleinere Arachniden (*Arygmoneta*) deren oft nur 20 bis 30 zählen lassen. In ähnlicher Weise, wie bei den höchst entwickelten Crustaceen die Kiemen, auf eine bestimmte Gegend des Körpers beschränkt, bieten diese Organe dafür der Einwirkung der atmosphärischen Luft eine um so grössere Oberfläche dar.

e) Auch in histiologischer Beziehung sind die Kiemen und Tracheen der Arthropoden wesentlich von einander verschieden; da erstere auf die Crustaceen beschränkt und bei diesen spezieller zu berücksichtigen sind, würden hier vorläufig nur die Strukturverhältnisse der den übrigen drei Classen gemeinsamen Tracheenbildungen in Kurzem zu erörtern sein. An den mit einem deutlichen Spiralfaden versehenen tubulären Tracheen hatten frühere Beobachter drei von einander unabhängige Elementarbestandtheile unterscheiden zu müssen geglaubt: 1) eine äussere zarte, meistens glashelle, nur selten gefärbte Membran, welche als Peritoneal-Ueberzug galt; 2) eine innere, gleichfalls sehr zarte, das Lumen der Trachee auskleidende Membran, welche als Schleimhaut aufgefasst und von Platner als aus Pflasterepithelium bestehend angegeben wurde; 3) den zwischen beiden liegenden und den Tracheen als Ganzes ihr typisches Gepräge verleihenden Spiralfaden. Die Irrigkeit dieser Annahme wurde zuerst durch Leuckart (fast gleichzeitig auch durch Dujardin und H. Meyer) durch den Nachweis dargelegt, dass die innere Tracheenhaut eine wirkliche Chitinmembran sei, mit welcher der Spiralfaden in engster Beziehung stehe; trete letzterer auch zuweilen als isolirtes Gebilde auf, so müsse darum doch seine Auffassung als selbstständige Membran um so zweifelhafter erscheinen, als er gleich der Intima eine Chitinbildung sei. Später ist sein Verhalten zu letzterer durch Leydig noch präciser dahin formulirt worden, dass von einem Spiralfaden als solchem überhaupt keine Rede sein könne, dass die von den früheren Beobachtern mit diesem Namen belegte Bildung auch nicht zwischen einer inneren und äusseren Membran liege, sondern dass es sich bei den Tracheen überhaupt nur um eine, in Form einer Spirale gegen das Lumen hin lokal verdickte Chitinhaut (Intima) und eine dieselbe nach aussen umkleidende Bindegewebs-hülle handele. Bei diesem Verhalten können die Tracheen im Grunde nur als integrirende Theile des chitinisirten Körperinteguments, welches sich in Form von zartwandigen Röhren gegen die Leibeshöhle hin einstülpt, angesehen werden, und die sich z. B. von dem Darmkanal, in dessen Lumen eine solche Einstülpung der Chitinhaut gleichfalls stattfindet, dadurch unterscheiden, dass ihnen eine eigene, als Grundlage dienende Membran (*Tunica propria*) ganz abgeht. Darauf weist auch schon ihre Erscheinung bei einem lebenden Insekt, wo sie durch die in ihnen circulirende atmosphärische Luft einen lebhaften Silberglanz erkennen lassen, deutlich hin. Derselbe wird nur durch die vollkommen glasartig durchsichtige Beschaffenheit ihrer Wandungen ermöglicht und erleidet nur in den Fällen eine Trübung, wo sich in der sie nach aussen umhüllenden

Bindegewebsmembran ein feinkörniges Pigment ablagert. Ein solches findet sich besonders in die Augen fallend z. B. unter den Orthopteren, wo es, wie bei den Heuschrecken öfters roth oder violett, bei den Larven von *Aeschna* röthlich braun u. s. w. gefärbt ist. Ausser diesem Pigment, wo es überhaupt vorhanden ist, lassen sich, wie hier gleich bemerkt werden mag, in der Bindegewebshülle isolirte Zellen beobachten, welche sich als Ueberbleibsel einer Zellenlage erweisen, der diese Membran gleich dem Substrat des Corpus adiposum ihre Entstehung verdankt. — Das speziellere Verhalten der als „Spiralfaden“ bezeichneten Verdickung der Intima betreffend, so ist dieselbe in den gewöhnlichen tubulären Tracheen eine continuirliche, in parallelen Windungen an der Wand derselben heraufsteigende, welche nur da eine Unterbrechung erleidet, wo sich ein Tracheenstamm in zwei oder mehrere Aeste spaltet. An einer solchen Stelle kann man stets den Beginn eines neuen, für den sich abzweigenden Ast bestimmten Spiralfadens und zwar in dem Zwischenraum zwischen zwei Windungen des hier endigenden erkennen. In gleicher Weise bei jeder weiteren Verzweigung eines Tracheenstammes von Neuem anhebend, erstreckt er sich bis in die feinsten Verzweigungen, in welchen er jedoch allmählich an Deutlichkeit abnimmt, um schliesslich ganz zu verschwinden. Sein Verhalten zu der äusseren Bindegewebshülle scheint daher ein ähnliches zu sein, wie dasjenige der *Muscularis* zu der sie umkleidenden Membran bei den Blutgefässen. Allerdings hat Newport die Ansicht vertreten, dass die äussere Tracheenhaut früher eingehe als der Spiralfaden, so dass mit der äussersten Grenze des letzteren auch die Endigung der feinsten Verzweigungen zusammenfalle. Nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Williams und Leydig lässt sich jedoch in vielen Fällen die Bindegewebshülle noch auf beträchtliche Strecken über den Spiralfaden hinaus verfolgen und es können daher die Endverzweigungen des ganzen Systems als membranöse Tracheen (nach Williams) bezeichnet werden. Durch diese wird nun auch die von Newport in Abrede gestellte Bildung von Capillarnetzen bewirkt, welche nach Williams' Beobachtungen ein ganz ähnliches Verhalten wie diejenigen an den Blutgefässen der Wirbelthiere zeigen. In den Muskeln treten sie in Form von länglichen Maschen auf, welche einerseits durch die mit den Muskelfibrillen parallel laufenden feinsten Zweige, andererseits durch zarte, jene in querer Richtung verbindende Anastomosen hergestellt werden; in den Drüsen umschliessen die feinsten Verästelungen einzelne Drüsenzellen. Weitere Beobachtungen werden hier gewiss noch zahlreiche Modifikationen zur Kenntniss bringen. Eine recht eigenthümliche liegt bereits durch Leydig für die Larve der *Corethra plumicornis* vor, bei welcher sich diese membranösen Endverzweigungen nach längerem Verlauf zu ovalen Zellen erweitern, aus deren Peripherie dann radiär gestellte Ausläufer hervorgehen; letztere, welche gleichfalls noch als Tracheen-Endigungen angesehen werden müssen, können sich zwar noch weiter verästeln, gehen aber unter einander keine Anastomosen mehr ein.



Das eben geschilderte Verhalten des Spiralfadens, welches wegen seiner allgemeinen Verbreitung als das typische angesehen werden kann, erleidet nun verschiedene Modifikationen, welche theils in engem Zusammenhang mit einer von der Röhrenform abweichenden Gestaltung des ganzen Athmungssystems stehen, zum Theil aber auch den tubulären Tracheen eigen sind. So zeichnen sich z. B. die grösseren Tracheenstämme der Leuchtkäfer (*Lampyris*) durch frei in das Lumen derselben hineinragende Chitinborsten aus und bei *Procrustes coriaceus* fand Leydig die Intima zwischen den Spiralwindungen mit kleinen, dieselben in einem Winkel schneidenden Chitin-Vorsprüngen versehen. Offenbar stehen solche Strukturverhältnisse mit dem Circuliren der atmosphärischen Luft innerhalb der Tracheen in engem Zusammenhange: schon der in das Lumen stark hervorspringende Spiralfaden bewirkt eine Art Kammerung, welche eine feinere Vertheilung und ein Zurückhalten der Luft zu bewirken im Stande sein wird und einen gleichen Zweck muss die Herstellung von sehr zahlreichen kleinen Luftkammern in noch vollendeterer Weise erfüllen. Letztere finden sich übrigens in weiterer Verbreitung und in besonders deutlicher Ausprägung in den verschiedenen Tracheenbildungen der Araneinen vor, wiewohl gerade diesen der Spiralfaden lange Zeit hindurch ganz abgesprochen worden ist. An den hinter den Lungensäcken vieler Webspinnen (*Argyroneta*, *Segestria* u. A.) entspringenden und sich an ihrem Ende in einen dichten Büschel feiner Tracheenzweige auflösenden Stämmen tritt nämlich die Intima zunächst in Form zahlreicher Querleisten in das Lumen hervor und diese werden dann wieder durch kleine, der Länge nach verlaufende Leisten oder Platten zu einem netz- oder gitterförmigen Gerüst mit einander in Verbindung gesetzt. Was in diesem Fall durch zahlreiche, in der Wandung hergestellte Areolen bewirkt wird, leistet bei den zuerst durch v. Siebold aufgefundenen abgeplatteten Tracheen vieler Araneinen die Erhebung der Chitinhaut zu zahlreichen isolirten Vorsprüngen, welche das Ansehen feiner Körnchen darbieten und sich in ganz übereinstimmender Weise auch in den blattartigen Duplikaturen der Lungen dieser Spinnen vorfinden. Da in beiden Fällen zwei einander dicht aufliegende Wandungen vorhanden sind, so werden die Körnchen durch gegenseitige Berührung auch ihrerseits eine möglichst feine Vertheilung der Luft bewirken müssen und eine andauernde Einwirkung derselben auf das Blut vermitteln. Dass eine solche aber gerade bei den auf eine bestimmte Körpergegend beschränkten Lungen der höheren Arachniden von besonderer Wichtigkeit ist, liegt auf der Hand. — Auch in den vesikulären Tracheen, welchen man gleichfalls den Spiralfaden im Allgemeinen abgesprochen hat, findet sich derselbe häufig wenigstens noch im Rudiment vor; meistens zeigt er hier einen unregelmässigen, mehr zickzackartigen Verlauf, seltener ist er, wie nach Leuckart bei *Tryxalis* und *Pamphagus*, nur in Halbringe aufgelöst. Es fehlt aber auch nicht an complicirteren Bildungen: so fand z. B. Leydig an den Luftsäcken von *Geotrupes* gleichfalls die Querleisten durch kleine Zwischenbalken

gitterartig verbunden und in etwas modificirter Weise lässt sich dasselbe an *Apis mellifica* beobachten. An den grossen, zu beiden Seiten des Hinterleibes befindlichen Luftsäcken sieht man den Spiralfaden der Tracheenstämme bei ihrem Uebergang in die vesikulären Erweiterungen sich auf diese zunächst noch in queren Ringen, welche nur an Schärfe verloren haben, fortsetzen; dagegen nimmt er in der Mitte der Blasen allmählig eine Längsrichtung an, welche ganz besonders deutlich in den schlauchförmigen Verbindungen derselben hervortritt, wo sich häufig sogar diese Längsriefen paarweise nähern. Alle diese als Fortsetzungen des Spiralfadens anzusehenden Vorsprünge der Intima geben nun nach beiden Seiten hin kurze und dornartig verästelte Ausläufer ab, welche sich zwar nicht ganz bis zu dem nächst folgenden Längsstamm erstrecken, aber der Innenfläche der Luftsäcke doch gleichfalls ein sehr complicirtes, netzartiges Ansehn verleihen.

d) Die bei der Athmung der Arthropoden stattfindenden Respirationsbewegungen lassen sich in zwei Categorien sondern, welche sich der Hauptsache nach an die beiden als typisch bezeichneten Formen der Athmungsorgane selbst binden; ausgenommen sind die Tracheenkiemen, welche sich in dieser Beziehung nicht den Tracheen, sondern den wirklichen Kiemen gleich verhalten. Bei der Wasserathmung ist es nämlich die Kieme selbst, welche mit vereinzelt Ausnahmen entweder durch einen ihr eigenthümlichen Muskelapparat oder wenigstens durch diejenigen Körpertheile, als deren Anhang sie auftritt, in Bewegung gesetzt wird; bei der Luftathmung dagegen werden solche rhythmische Bewegungen nicht von den Tracheen, sondern durch einzelne Theile des Körper-Integuments vollzogen. Bei allen im Wasser lebenden Crustaceen, deren frei herabhängende Kiemen entweder an den Lokomotionsorganen aufgehängt oder durch Umbildung einzelner Theile derselben entstanden sind, wird die Respiration schon allein durch die Ortsbewegung vermittelt; bei Unterbrechung dieser unterhalten aber, wie man z. B. bei den Phyllopoden, Cladoceren u. A. beobachten kann, die der Athmung dienenden Gliedmaassen eine ununterbrochene, schwingende Bewegung. Eine solche findet auch in den Fällen statt, wo die Kiemen nicht den eigentlich lokomotorischen Gliedmaassen, sondern solchen, welchen anderweitige Funktionen obliegen, wie Kiefern, Kieferfüßen u. s. w. inserirt sind. So zeigt sich das zweite Kieferpaar der Ostracoden, auch ohne dass gerade eine Zuführung von Nahrung dabei im Spiele ist, ununterbrochen lebhaft hin und her schwingend und die zu Kiemendeckeln umgewandelten *Pedes spurii* am Postabdomen der Isopoden (*Asellus aquaticus*) öffnen und schliessen sich über den Kiemenblättern abwechselnd. Bei den Decapoden sind zwar die von einer Kiemenhöhle eng umschlossenen, der Basis der Cephalothorax-Beine ansitzenden Kiemen einer selbstständigen Bewegung kaum mehr fähig; dafür existirt hier aber ein besonderes Strudelorgan, welches durch die an der Basis der *Pedes maxillares* entspringenden Flagella (häutige, peitschenförmige Stränge) gebildet wird und der Oberfläche der Kiemen

aufliegt. Ein Aus- und Einströmen des Wassers in die Kiemenhöhle beruht auf seinen Bewegungen, welche ihrerseits wieder durch diejenigen der Kieferfüsse bedingt werden; letztere zeigen sich daher selbst bei dem ausser Wasser befindlichen *Astacus* in ununterbrochener Thätigkeit.

Die rhythmischen Athembewegungen der mit Tracheen versehenen luftathmenden Arthropoden bestehen in abwechselnden Contractionen und Erschlaffungen einzelner Theile des Hautskelets. Einer spezielleren Beobachtung sind dieselben bisher nur bei den eigentlichen Insekten unterworfen worden, wo sie sich auf den Hinterleib beschränken und meist sehr deutlich in die Augen fallen; ob sie den Arachniden, bei denen sie wenigstens nicht leicht wahrnehmbar sind, überhaupt ganz fehlen, muss vorläufig dahin gestellt bleiben. Nach den vortrefflichen Untersuchungen Rathke's \*) lässt sich an dem respirirenden Hinterleibe eines Insektes meist nur die mit der Expiration zusammenfallende Contraction der Segmente auf die Wirkung eigener Respirations-Muskeln zurückführen, während bei der Mehrzahl entgegengesetzt wirkende Muskeln fehlen; nur die Hymenopteren, bei denen sich die Athmungsbewegungen in abwechselnder Streckung und Verkürzung des Hinterleibes dokumentiren, besitzen sowohl Ex- als Inspirations-Muskeln. Der Mangel der letzteren mag bei den übrigen Insekten-Ordnungen durch die Elasticität der tubulären Tracheen ersetzt werden. Auch bestehen hier im Gegensatz zu den Hymenopteren die Athmungsbewegungen entweder in abwechselndem Heben und Senken bald der Rückenschienen (*Coleoptera*), bald der Bauchschienen (*Libellula*, *Acridium*), oder in der Entfernung und Annäherung beider Hälften mehrerer oder aller Ringe (*Lepidoptera*), wobei sich dann gewöhnlich die seitlichen Verbindungshäute der verhornten Platten aus- und einfallen. Dass diese Bewegungen sich auf die Respiration beziehen, lässt sich dadurch nachweisen, dass sich z. B. bei *Melolontha* gleichzeitig mit dem Senken der Dorsalringe des Hinterleibes die vesikulären Tracheen ausdehnen oder dass man bei grossen Insekten die Zusammenziehung des Hinterleibes mit einem Oeffnen der Stigmen verbunden sieht (*Acridium*). — Ueber die Zahl der Respirationsbewegungen liegen bisjetzt wenig Beobachtungen vor; auch hängt dieselbe gleich derjenigen der Herz-Contractionen von Temperatur, schneller Bewegung und ähnlichen Momenten wesentlich ab. Aus dergleichen Umständen erklären sich offenbar die verschiedenen Resultate, welche die Zählung an einem und demselben Objekte ergab. Während Rathke an Libellen 80 bis 90, beobachtete Barlow im Ruhezustande derselben nur 45 Respirationen, doch konnte er diese durch erhöhte Temperatur bis auf 110 und durch Anwendung von Galvanismus selbst bis auf 150 steigern.

\*) Anatomisch-physiologische Untersuchungen über den Athmungsprocess der Insekten (Schriften d. physik.-ökonom. Gesellsch. zu Königsberg. I. p. 99—136).

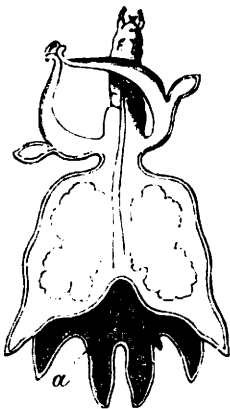
### 8. Fortpflanzungsorgane.

Eine Vertheilung von männlichen und weiblichen Fortpflanzungsorganen auf zweierlei Individuen ist bei den Arthropoden in grosser Allgemeinheit zur Durchführung gelangt; die wenigen hiervon vorkommenden Ausnahmen beschränken sich auf zwei, die niedrigste Stufe der Organisation repräsentirende Ordnungen der Arachniden (*Tardigrada*) und Crustaceen (*Cirripedia*), welche überhaupt schon auf der Grenze des Typus stehen und von denen sich die letztere gleichfalls schon in einigen Formen zu dem allgemeineren Verhalten der Doppelgeschlechtigkeit erhebt. Ueberdies giebt bei diesen exceptionell dastehenden Formen die entweder vollständig behinderte (*Cirripedia*) oder wenigstens sehr erschwerte (*Tardigrada*) Ortsbewegung des Individuum eine genügende Erklärung für die Vereinigung von samen- und keimbereitenden Organen.

Sehr häufig entspricht bei den Arthropoden der Sonderung der Fortpflanzungsorgane eine auffallende Differenz in der äusseren Erscheinung der als Männchen und Weibchen bezeichneten beiden Geschlechter und zwar wiederholt sich dieselbe merkwürdiger Weise in schärfster Ausprägung gerade an den beiden Enden der ganzen Entwicklungsreihe, nämlich bei den Entomostraken unter den Crustaceen einer- und bei den sechsfüssigen Insekten andererseits. Zwar fehlen auch den übrigen Arthropoden äusserliche Verschiedenheiten der beiden Geschlechter im Ganzen nur selten: sie beschränken sich jedoch hier wesentlich auf das Hervortreten der männlichen Copulationsorgane (*Chilognatha*, *Araneina*), oder auf die Form-Differenz einzelner Körpertheile (*Scorpio*, *Phalangium*, *Amphipoda*, *Daphnia*, *Copepoda*) oder auch auf einen mehr oder minder hervortretenden

Unterschied in der Körpergrösse (*Ixodes*, *Julus* u. A.) Bei vielen Entomostraken und Hexapoden ist dagegen neben der letztgenannten Differenz die ganze Körperform so auseinandergehend, dass man Männchen und Weibchen für sich betrachtet nicht nur verschiedenen Gattungen, sondern wie es auch vielfach geschehen ist, selbst verschiedenen Familien und Ordnungen zuzuertheilen geneigt sein könnte. Unter den parasitischen Entomostraken sind es ganz besonders die Chondranchinen und Lernaeoden, bei welchen die Männchen nicht nur in einem wahren Missverhältniss zu der Grösse der Weibchen stehen — dieselben sind

Fig. 21.



*Tracheliastes*, Weibchen.  
Bei  $\alpha$  zwei Pygmäen-  
Männchen.

Fig. 22.

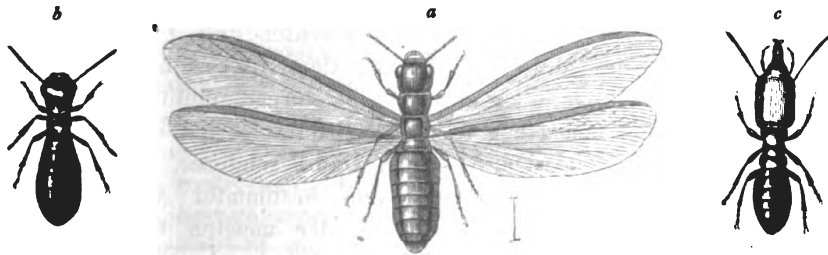


*Tracheliastes*,  
Männchen stark  
vergrössert.

z. B. bei Weibchen von 3 Lin. Länge kaum mit unbewaffnetem Auge als kleine Pünktchen zu unterscheiden und werden deshalb in diesen Familien

auch als „Pygmäen-Männchen“ bezeichnet — sondern sie zeigen auch weder in den Körperverhältnissen noch in der Form ihrer einzelnen Theile eine auch nur annähernde Uebereinstimmung mit ihren Weibchen. Dasselbe findet auch mehrfach bei solchen parasitisch lebenden Formen statt, wo der Grössenunterschied beider Geschlechter nicht mehr so auffallende Dimensionen zeigt (*Philichthys xiphiae*): und selbst Gattungen, wie *Nicotoë* u. A. lassen neben manchen, hier allerdings schon hervortretenden Uebereinstimmungen die allgemeine Körperform dennoch different genug erscheinen. In allgemeiner Verbreitung und grösster Mannigfaltigkeit tritt jedoch die äussere Geschlechtsdifferenz in der Classe der Insekten auf. Indem sie hier alle Grade der Präganz durchläuft, beschränkt sie sich häufig auf verschiedene Gestaltung einzelner oder mehrerer Gliedmassenpaare (Oberkiefer, Fühlhörner, Beine) oder auf verschiedene Grössen- und Form-Entwicklung bestimmter Abschnitte des Rumpfes, wie besonders des Kopfes und Prothorax bei vielen Coleopteren (*Lamellicornia*); gesteigert wird sie schon durch die Ausbildung (Männchen), resp. den Mangel (Weibchen) der Flugorgane, mit welchen ganz allgemein ein auffallender Unterschied in der Form der Thoraxringe verbunden ist (viele *Orthoptera* und *Bombycidae*, *Mutilla* u. A.), bis es dann schliesslich zu vollständig differenten Erscheinungen in der Grösse und Form, der Skulptur und Färbung des ganzen Körpers, wie bei *Thynnus*, *Dorylus*, *Psyche*, *Xenos* u. A. kommt. Uebrigens finden sich dergleichen Differenzen in der Classe der Insekten nicht nur zwischen Männchen und Weibchen, sondern in einer Reihe von Fällen auch zwischen den verschiedenen Individuen eines und desselben Sexus vor und zwar ist es, wenn nicht in allen, so doch in den meisten Fällen das weibliche Geschlecht, welches einen derartigen Dimorphismus und selbst Polymorphismus erkennen lässt. Ob auch das männliche Geschlecht zuweilen derartige Form-Verschiedenheiten eingeht, ist nur für die Termiten noch eine offene Frage, welche

Fig. 23.



*Termes*. a. Geflügeltes, fortpflanzungsfähiges Weibchen. b. Arbeiter. c. Soldat.

durch die von *Lespès* gemachten Angaben, wonach die Arbeiter und Soldatenformen ebensowohl verkümmerte Weibchen als Männchen in sich begreifen sollen, noch keineswegs als gelöst angesehen werden kann. Mit Ausnahme einiger der Gattung *Papilio* angehörenden Lepidopteren, deren Weibchen

je nach den Lokalitäten in auffallend verschiedener Form, Färbung und Zeichnung der Flügel auftreten (z. B. *Pap. Pammon* Lin.), scheint ein Dimorphismus der weiblichen Individuen von dem Grade der Entwicklung, welchen die Fortpflanzungsorgane eingehen, abzuhängen: denn dass die z. B. bei der Honigbiene, den Wespen und Ameisen vorkommenden sogenannten „Arbeiter“ nicht den ihnen früher beigelegten Namen der „Geschlechtslosen“ verdienen, ist durch den für sie geführten Nachweis verkümmelter weiblicher Fortpflanzungsorgane längst ausser Zweifel gestellt. Der Ausdruck, welchen diese verschiedene Ausbildung der Genitalien aber in der äusseren Körperbildung findet, ist ein oft wesentlich verschiedener. So ist er z. B. bei der Honigbiene, den Hummeln und Wespen ein wenig in die Augen fallender, bei den Ameisen dagegen ein besonders hoch potenzirter. Während bei ersteren die sogenannten „Arbeiter“ den eigentlichen, fortpflanzungsfähigen Weibchen bei weitem mehr, als letztere den Männchen gleichen, ist bei den Ameisen das Umgekehrte der Fall: hier tritt vielmehr das geschlechtlich verkümmerte Weibchen in auffallend verschiedener Grösse, Form und Skulptur auf und bietet schon einen durch den Mangel der Flugorgane bedingten auffallend verschiedenen Habitus von den beiden sich sehr viel ähnlicheren geschlechtlichen Formen dar.

Die Fortpflanzungsorgane der Arthropoden sind mit Ausnahme einiger am niedrigsten organisirten Formen auf den als Abdomen bezeichneten, hinteren Abschnitt des Körpers beschränkt, an welchem sie stets ventral und vor der Afteröffnung ausmünden; doch ist die Entfernung, in welcher sich das Orificium genitale von dem After befindet, den mannigfaltigsten Schwankungen unterworfen. Es hängt dies zum Theil von der Anzahl der Segmente, welche am Abdomen zur Ausbildung gelangt sind, zum Theil aber auch von dem Lagerungsverhältniss der einzelnen, den Genitalapparat zusammensetzenden Abschnitte ab. Sind an letzterem die der Erzeugung der reproduktorischen Elemente dienenden Drüsen-Organe (Hoden und Eierstöcke) dem vorderen Körperende zugewandt, so dass die aus ihnen entspringenden Ableitungskanäle ihren Verlauf nach hinten einschlagen, so kann, wie es bei den Insekten und Chilopoden sehr allgemein der Fall ist, die Genitalöffnung dem After sehr nahe rücken und wenigstens scheinbar in ein und dasselbe Körpersegment (Analsegment des Hinterleibes) mit demselben fallen. Letzteres ist jedoch nur dadurch bedingt, dass sich hier an dem Abdomen kein besonderer, zur ausschliesslichen Aufnahme des hinteren Darmtheiles bestimmter Abschnitt (Postabdomen) ausgebildet hat. Wo, wie bei den meisten Crustaceen, ein solcher zur Entwicklung gekommen ist, wird trotz eines entsprechenden Lagerungsverhältnisses der Geschlechtsorgane eine beträchtliche örtliche Trennung von Geschlechts- und Afteröffnung zum Ausdruck gelangen: die Decapoden, bei welchen erstere an der hinteren Grenze des Cephalothorax, letztere an der Spitze des ganzen Körpers (Schwanz der Krebse) gelegen ist, bieten für diese Modification ein besonders in die Augen springendes Beispiel dar. Bei den übrigen Arthropoden (Arachniden und Chilognathen)

wird dagegen die weit nach vorn verschobene Lage der Geschlechtsöffnung dadurch bedingt, dass die Ausführungsgänge der Genitalien, welche selbst mehr dem hinteren Körperende zugewandt liegen, von diesen aus nach vorn verlaufen und die Segmentirung des Hinterleibes hat hier erst in zweiter Linie auf den Grad der Entfernung zwischen Orificium genitale und After einen Einfluss. Geringer ist der Abstand beider, wenn wie bei den Araneinen, Phalangiern, Acarinen u. A., ein Postabdomen fehlt und sich die Geschlechtsöffnung an der Basis, der After an der Spitze des (verhältnissmässig kurzen) Hinterleibes vorfindet; beträchtlich grösser schon bei den Scorpionen, wo sich ein den hinteren Darm-Abschnitt aufnehmendes Postabdomen von wesentlicher Länge und in Form eines dünneren Schwanzes abscheidet: am grössten endlich bei den Chilognathen, deren an das vordere Körperende verlegte Geschlechtsöffnung durch die in sehr grosser Zahl entwickelten Hinterleibssegmente auf eine weite Strecke hin sich vom After entfernt. — Dass die Geschlechtsöffnung bald, wie bei den Crustaceen und Chilognathen in beiden Sexus eine doppelte, bald, wie bei den Insekten eine einfache (unpaare) ist, hängt von dem verschiedenen Verhalten der Ausführungsgänge der inneren Geschlechtsorgane, welche sich ebenso wohl vereinigen, als getrennt bleiben können, ab.

Die ganze Anlage der Fortpflanzungsorgane lässt bei den Arthropoden durchweg eine deutliche Symmetrie erkennen, wenn gleich eine Scheidung des gesammten Apparates in eine correspondirende rechte und linke Hälfte nicht überall einen gleich scharfen Ausdruck erlangt hat. Eine Verschmelzung einzelner Theile derselben zu scheinbar unpaaren Organen ist nicht einmal auf gewisse niedriger organisirte Formen der Arachniden und Crustaceen beschränkt, sondern sie findet sich vereinzelt selbst unter den auf der höchsten Stufe der Entwicklung stehenden Formen aller Classen, wie z. B. an den Ovarien der Skorpione, an den Hoden der Schmetterlinge u. s. w. wieder. In manchen Fällen (Chilopoden) scheinen sogar die keim- und samenbereitenden Organe, vielleicht durch die lineare Form des ganzen Körpers bedingt, überhaupt nur eine einseitliche Ausbildung erlangt zu haben. In allen diesen abweichenden Bildungen tritt aber die seitliche Symmetrie wenigstens in einzelnen Theilen des Geschlechtsapparates, wie z. B. in den Ausführungsgängen, den accessorischen Drüsen u. s. w. immer wieder deutlich zu Tage, um sich schliesslich in der Classe der Insekten in ziemlicher Allgemeinheit auf alle einzelnen Abschnitte zu erstrecken. In dieser den höchsten Entwicklungstypus der Geschlechtsorgane repräsentirenden Abtheilung der Arthropoden tritt auch die Aehnlichkeit des gesammten Apparates mit demjenigen der Wirbelthiere am deutlichsten zu Tage; sie beschränkt sich hier nicht nur auf die Anordnung der einzelnen Theile, sondern giebt sich selbst in einer formellen Uebereinstimmung des einen oder anderen zu erkennen, so dass bereits die ältesten Entomotomen derselben durch gleiche Benennungen einen entsprechenden Ausdruck verliehen. Wie bei den Wirbelthieren, so sind nun auch bei den Arthropoden männliche und weibliche

Fortpflanzungsorgane nach demselben Schema angelegt, indem den Hoden (*Testes*) die Eierstöcke (*Ovaria*), den Samenleitern (*Vasa deferentia*) die Trompeten (*Tubae*), dem Ductus ejaculatorius der Eileiter (*Oviductus*) der Lage und Form nach im Wesentlichen entsprechen; paarige in die Ausführungsgänge einmündende Drüsen (*Glandulae accessoriae*), den Hoden und Eierstöcken in ihrer Form oft sehr ähnlich, kommen beiden Apparaten übereinstimmend zu. Von allen diesen Theilen zeigen sich übrigens die eigentlichen Geschlechtsdrüsen den mannigfachsten Form-Modificationen unterworfen und besonders sind es die Testes, welche in einigen Fällen selbst das für die Arthropoden im Allgemeinen typische Gepräge dadurch verlieren, dass sie die Einheitlichkeit des Organes aufgeben und sich in eine grössere Anzahl, unter gleicher Wiederholung auftretender und numerisch den Körpersegmenten annähernd entsprechender Einheiten auflösen. Unter den Myriopoden, welche sich in dieser Beziehung ebenso augenscheinlich wie durch die homonome Körpersegmentirung den Annulaten nähern, tritt ein derartiges Verhalten der Hoden schon bei *Scolopendra*, in noch viel auffallenderer Weise aber bei *Julus* hervor; die hier in grosser Anzahl auftretenden, paarig angeordneten Samenbläschen, welche durch leiterartig angeordnete Canälchen in Verbindung gesetzt sind, rufen schon lebhaft das Bild der entsprechenden Organe bei *Hirudo medicinalis* hervor. Seltener lässt sich eine solche Abhängigkeit von der Körpersegmentirung bei den Ovarien nachweisen; indessen ist sie an den überhaupt sehr abweichenden Eierstöcken von *Scorpio* besonders im Vergleich mit denjenigen der Araneinen gleichfalls nicht zu verkennen.

Fig. 24.

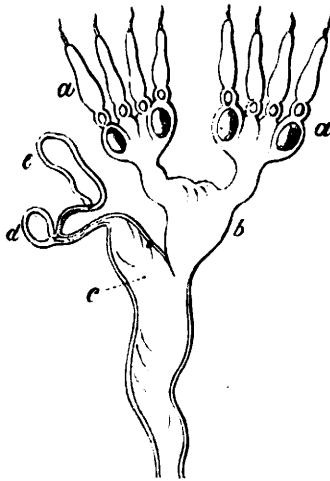
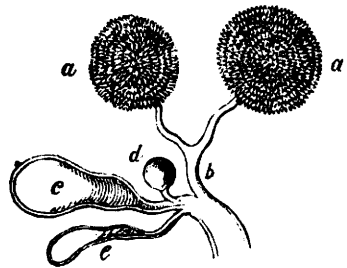
Weibliche Genitalien von *Platysoma frontale*.

Fig. 25.

Weibliche Genitalien von *Meloe proscarabaeus*.

Zu Fig. 24 u. 25.

- a. a. Eierstöcke.
- b. Unpaarer Eileiter.
- c. Begattungstasche, der Blindsack der Scheide.
- d. Samentasche.
- e. Anhangsdrüse.

A) Weibliche Geschlechtsorgane. Sie bestehen in ihrer einfachsten Gestaltung aus den als Eierstöcken (*Ovaria*) bezeichneten



Geschlechtsdrüsen, deren eines Ende durch die Eileiter (*Oviductus*) direkt mit der Geschlechtsöffnung in Verbindung tritt. Complicirtere Bildungen entstehen durch die Einmündung seitlicher, eine besondere Sekretion vermittelnder Anhangsdrüsen (*Glandulae accessoriae s. sebaceae*), durch eine Vereinigung der beiden Eileiter (in diesem Fall als *Tubae* bezeichnet) zu einem unpaaren Oviductus; durch eine der Geschlechtsöffnung vorangehende Erweiterung des letzteren zu einer Scheide (*Vagina*), durch eine seitliche, taschenförmige Ausstülpung dieser Vagina zu einer Begattungstasche (*Bursa copulatrix*), endlich auch durch die Anwesenheit einer oder mehrerer, zur Aufnahme des männlichen Sperma bestimmten Schläuche oder Kapseln (*Samentasche*, *Receptaculum seminis*) als Anhang der Vagina oder des Oviductus.

a) Die Eierstöcke stellen zwei zu beiden Seiten des Darmes liegende, bald mehr der Rücken-, bald mehr der Bauchseite zugewandte Drüsen-schläuche dar, welche in Grösse und Form den mannigfachsten Schwankungen unterworfen sind, nicht selten auch zu einem unpaaren Organe verschmolzen erscheinen. Ihre speziellere Gestaltung hängt zunächst nicht von der Zahl der an ihrer Innenfläche sich erzeugenden Eikeime ab, sondern zeigt wenigstens annähernd je nach den verschiedenen Classen der Arthropoden ein typisches Verhalten. Bei den Crustaceen, Arachniden und Myriopoden treten sie meist in Form von einfachen, seltener von mehr oder minder verästelten (*Squilla*, *Limulus*, *Apus*) Schläuchen auf, welche unter einander nur darin Verschiedenheiten zeigen, dass die Eikeime sich theils (Crustaceen) überall an ihrer Innenseite hervorbilden können, theils (Arachniden, Myriopoden) in ihrer Entstehung an eine bestimmte, meist in Form einer Längsfalte (*Rhachis*) erscheinende Stelle gebunden sind. Im Gegensatz hierzu ist bei den eigentlichen Insekten eine Theilung der absondernden Drüsenfläche ganz allgemein in der Weise zur Durchführung gelangt, dass sich jeder der beiden Ovarialsäcke in eine grössere oder geringere Anzahl selbstständiger Schläuche (Eiröhren) aufgelöst hat, welche nur einen äusserlichen Zusammenhang durch Bindegewebe, Tracheen u. s. w. erkennen lassen. Auch die Zahl dieser Eiröhren ist bis zu einem gewissen Grade von derjenigen der durch sie zu producirenden Eier unabhängig; denn es giebt Insekten, welche bei einer geringen Zahl von Eiröhren jederseits (z. B. *Bombus* mit dreien) ebenso fruchtbar sind wie solche, bei denen die Zahl dieser Röhren eine sehr beträchtliche ist. Es steht dies in engem Zusammenhang mit der reproduktorischen Thätigkeit dieser einzelnen, als absondernde Drüsen fungirenden Eiröhren, in deren äusserster Spitze (Keimfach) die Bildung der Eier vor sich geht; bei Entwicklung zahlreicher Eikeime können dieselben eine Länge erreichen, welche selbst diejenige des Körpers sehr bedeutend, oft sogar um das Mehrfache (*Saturnia*, *Bombus*) übertrifft, während sie sich in anderen Fällen (*Psylla*, *Aphis*) nur als kurze, Handschuhfinger-förmige Ausstülpungen zu erkennen geben. Eine besonders hoch potenzierte Fruchtbarkeit, wie wir sie z. B. bei der Bienen-Königin oder bei den Termiten-

Weibchen antreffen, bedingt dann allerdings neben der Länge der einzelnen Eiröhren zugleich eine stark vermehrte Zahl derselben; letztere beläuft sich bei der Bienen-Königin auf 160 bis 180 und ist bei einem im Stadium der Eierablage befindlichen Termiten-Weibchen, dessen zu einem dicken, wurstförmigen Sack ausgedehnter Hinterleib schon auf die Massenhaftigkeit der Ovarien schliessen lässt, nach Hagen mindestens auf 2000 bis 3000 zu veranschlagen.

Die Auflösung der beiden Ovarien in selbstständige Eierschläuche lässt diese Organe bei den Insekten nicht nur als auf der höchsten Stufe der Ausbildung stehend erscheinen, sondern verleiht ihnen zugleich ein eigenthümliches, von den entsprechenden Geschlechtsdrüsen der übrigen Arthropoden wesentlich abweichendes Ansehen. Das typische Gepräge, welches sie in dieser Classe aufzuweisen haben, macht sich trotz der mannigfachen Modificationen in der Form und Anordnung der einzelnen Eiröhren stets geltend, tritt aber ganz besonders bei Ausbildung der sogenannten „vielkammerigen“ Eiröhren hervor. Bei solchen legt sich nämlich ihre durch starke Ausdehnung äusserst zart gewordene Hülle um die einzelnen, an der Spitze gegen die Basis hin allmählich an Grösse zunehmenden Eier eng an, so dass die Eiröhre als Ganzes die Form einer Perlenschnur erhält. Dabei zeigen die einzelnen Abschnürungen, wenn sie lediglich durch die in verschiedenen Stadien der Reife befindlichen Eier gebildet werden, wie es z. B. bei den Coleopteren und Orthopteren der Fall ist, eine allmähliche Progression in Länge und Dicke; dagegen tritt abwechselnd eine grössere und kleinere Abschnürung (mit gleichzeitiger Grössenabnahme im Ganzen) auf, wenn zwischen je zwei Eiern sich noch Dottermasse in besonderen Fächern (*Loculi*), wie bei den Hymenopteren und Lepidopteren angehäuft findet. Im letzteren Fall sind dann im Verlauf der ganzen Eiröhre alternirend Ei- oder Keimfächer und Dotterfächer zu unterscheiden. — Wenn bei dieser Beschaffenheit der Eiröhren die Ovarien der Insekten ziemlich allgemein an ihrer Oberfläche ein traubenartiges Ansehen zeigen, so wird die vielfach schwankende Form derselben durch die Zahl sowohl als die Anordnung der einzelnen Röhren bedingt. Bei weitem am häufigsten verlaufen letztere dem Längsdurchmesser des Körpers entsprechend von vorn nach hinten und inseriren sich dann, wenn sie in geringerer Zahl vorhanden sind, in gleicher Höhe um das obere Ende des hier meist kelchartig erweiterten paarigen Eileiters, welches sie entweder wirtelförmig umgeben, oder von welchem sie radiär ausstrahlen. In anderen Fällen (*Panorpa*) ist der Verlauf der Eiröhren quer gegen die Längsaxe des Körpers gerichtet und es verlängert sich in diesem Fall der paarige Eileiter einseitig in der Richtung nach vorn, um diese neben einander liegenden Röhren in sich einmünden zu lassen. Je nach diesem Verhalten unterscheidet man birn- oder spindelförmige, kammförmige u. s. w. Ovarien. Eine besonders hoch gesteigerte Zahl von Eiröhren, wie sie z. B. bei vielen Orthopteren und Dipteren, vor Allen aber bei *Termes* vorkommt, bedingt dann eine allseitige Insertion derselben

sowohl in der Quere als eine häufige Wiederholung derselben in der Längsrichtung, so dass der Durchschnitt die Form einer Aehre erkennen lässt, während der Umriss im Ganzen sowohl eine Pyramide oder Kugel (viele *Diptera*), als einen cylindrischen Strang (*Termes*) darstellen kann.

Die Befestigung der Eierstöcke in der Leibeshöhle wird je nach ihrer Gestaltung, ausserdem auch nach den verschiedenen Classen der Arthropoden in verschiedener Weise bewirkt. Bei den in der Regel nur mit einfach schlauchförmigen Ovarien versehenen Entomotraken sind es nur leichte Bindegewebsstränge, welche diese Organe theils mit dem Darmkanal, theils mit den Leibeswandungen in Verbindung setzen und sie so in ihrer Lage fixiren (Taf. VIII. Fig. 5). Einen gleichen Zweck erfüllt bei den Decapoden eine sich quer über den Darm legende brückenartige Verbindung beider Eierstöcke, während bei verästelten (*Squilla*, *Limulus*) oder leiterförmig gestalteten Ovarien (*Scorpio*) die Einbettung derselben zwischen den umfangreichen Leberlappen eine Dislokation hinreichend beseitigt. Bei den mit Tracheen versehenen Arthropoden und ganz besonders bei den Insekten, deren häufig zu einem sehr bedeutenden Umfange ausgedehnte Ovarien vor Allen einer Fixirung bedürfen, sind es einerseits die zahlreichen Zweige und Verästelungen dieser Tracheen, welche gleich den übrigen Eingeweiden auch die Eierstöcke in mannigfachster Weise umstricken, andererseits aber ein aus der Spitze der Eiröhren hervorgehender Bindegewebsstrang, welcher das vordere Ende derselben in unmittelbarer Nähe des Rückengefässes mit der oberen Wand der Leibeshöhle in Verbindung setzt.

b) Die als paarige Eileiter oder Tubae bezeichneten Ausführungsgänge der Ovarien, welche diese mit der äusseren Geschlechtsöffnung in Verbindung setzen, bilden die unmittelbare Fortsetzung des Ovarial-Schlauches, von welchem sie sich gewöhnlich durch derbere Consistenz ihrer Wandungen unterscheiden. Selbst in den Fällen doppelt vorhanden, wo das Ovarium durch Verschmelzung seiner beiden Hälften als unpaares Organ erscheint, verlaufen sie unter mannigfachen Modificationen ihrer Länge, welche sich nach der Entfernung der Genitalöffnung von den Geschlechtsdrüsen richtet, bald in gerader, bald in geschlängelter Richtung zu den Seiten des Darmes, um entweder getrennt in die äussere Hautdecke auszumünden oder um sich zuvor zu einem unpaaren Eileiter (*Oviductus* der Insekten) von ansehnlicherem Lumen und deutlich muskulösen Wandungen zu vereinigen.

c) Eine Erweiterung der Eileiter vor ihrer Ausmündung in die Geschlechtsöffnung zu einer Scheide (*Vagina*) kann sowohl bei ihrer Duplicität als bei vorhergehender Verschmelzung zu einem unpaaren Oviductus vorhanden sein, in beiden Fällen aber auch fehlen. Es hängt dies in gleicher Weise wie die Ausbildung einer seitlichen sackförmigen Ausstülpung dieser Scheide, welche vielen Arthropoden als Begattungstasche (*Bursa copulatrix*) dient, in erster Linie von der Anwesenheit, resp. der Grösse und Form des männlichen Begattungsorganes ab, bei

dessen Mangel auch die weiblichen Ovidukte in Form einfacher Canäle auftreten.

d) Als paarige Anhangsgebilde der weiblichen Geschlechtsorgane treten sehr allgemein die sogenannten accessorischen Drüsen, auch als Schleim- oder Kittdrüsen (*Glandulae accessoriae s. sebaceae s. colleteriae*) bezeichnet, auf. Sie sind den Ovarien, wenn diese in einfacher Schlauchform auftreten, in ihrer äussern Erscheinung oft so ähnlich, dass erst eine nähere Prüfung des Sekretes beide mit Sicherheit unterscheiden lässt. Gleich diesen nicht selten als einfache, cylindrische Schläuche in verschiedener Länge und Anordnung vorhanden, verdoppeln sie sich nicht selten, lösen sich mitunter (*Mantis, Blatta*) auch in einen umfangreichen Büschel zahlreicher Einzelschläuche auf oder zeigen eine mehr oder minder reiche Verästelung. Gleichfalls mit Ausführungsgängen versehen, münden sie in die paarigen Ovidukte oder in deren Vereinigung aus. Das von denselben abgesonderte Sekret hat ganz allgemein eine klebrige Beschaffenheit und die Eigenthümlichkeit, an der Luft zu erhärten oder im Wasser zu gerinnen. Es dient dazu, die aus dem Ovidukt hervortretenden Eier entweder an einem fremden Gegenstande anzukitten (*Bombyx*) oder dieselben mit einer schützenden Hülle zu versehen (*Blatta, Mantis*), dieselben auch wohl in ein eigenthümlich gestaltetes Cocon (*Hydrophilus*) einzuschliessen. Nicht selten wird auch dieses Sekret dazu verwandt, die reifen Eier an der Aussenseite des mütterlichen Körpers selbst zu befestigen, wie dies bei den Decapoden und Isopoden an den Beinen des Postabdomen stattfindet oder wie es bei den Copepoden, Lernaeen, Cirripeden u. A. noch in eigenthümlicherer Weise durch eigene, aus diesem Kittstoff hergestellte beutel- oder schlauchförmige Eierbehälter bewirkt wird. In letzterem Fall ist übrigens das Verhältniss der Kittdrüsen zu den Geschlechtsorganen selbst in so fern ein modificirtes, als sie unabhängig von den Ausführungsgängen dieser, selbstständig in die Körperbedeckung ausmünden.

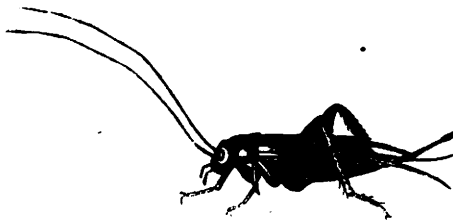
e) Eine zweite Kategorie von Anhangsgebilden, welche die weiblichen Geschlechtsorgane der Arthropoden durch ihr weit verbreitetes Vorkommen besonders charakterisirt und bei dem Befruchtungsakt eine sehr hervorragende Rolle spielt, ist ein mit dem Namen der Samentasche (*Receptaculum seminis*) bezeichneter Apparat. Die Verschiedenheiten, welche dieselbe in Zahl, Form und Lage darbietet, richten sich zunächst nach dem verschiedenen Verhalten der Eileiter, sind zum Theil aber auch an grössere systematische Gruppen, wie Classen und Ordnungen gebunden. Als einfachste Form dieser Samentasche können zwei rundliche Erweiterungen der getrennt bleibenden Ovidukte, welche sich kurz vor ihrer Ausmündung in die Geschlechtsöffnungen (*Scorpio*) vorfinden, angesehen werden, wenn gleich dieselben hier vielleicht nur zur vorläufigen Aufnahme des bei der Begattung eingebrachten Sperma dienen. Eine höhere Ausbildung zeigen sie schon bei den Araneinen und Myriopoden, wo sie sich unabhängig davon, ob der Eileiter paarig oder unpaar ausmündet, als paarige Blind-

schläuche oder selbst mit einem Ausführungsgange versehene Kapseln, welche bei den Araneinen meist von horniger Consistenz sind, zu erkennen geben. Auch bei den Insekten kommen trotz des hier stets unpaar auftretenden Oviductus zuweilen (*Blatta*, *Libellula*) noch paarige Receptacula seminis vor; in der grossen Mehrzahl der Fälle ist das Organ jedoch hier ein unpaares, nur in der Ordnung der *Diptera* sehr allgemein in der Dreizahl vorhanden. Seltener zeigt dasselbe hier die Form eines einfachen in den Ovidukt mündenden Schlauches (*Nepa*, *Naucoris*), sehr viel häufiger eine Zusammensetzung aus drei formell geschiedenen Theilen. Zunächst communicirt nämlich mit dem Ovidukt oder der Vagina ein dünner, cylindrischer Canal, welcher bei beträchtlicherer Längsausdehnung sich in mehrfachen Windungen zusammenlegt. Dieser als Samengang (*Ductus seminalis*) bezeichnete Theil mündet in eine bald kuglige, bald birn- oder eiförmige Kapsel (*Capsula seminalis*) mit verhältnissmässig starken, muskulösen Wandungen, welche nicht selten dem Lumen derselben an Durchmesser gleichkommen. In diese senkt sich auf der dem Ductus seminalis entgegengesetzten Seite wiederum der Ausführungsgang einer der Kapsel aufliegenden absondernden Drüse von verschiedener Form und Grösse (*Glandula appendicularis*) ein, welcher das Sekret derselben dem Receptaculum seminis zuführt. Die Einrichtung dieses complicirten Apparates ist darauf berechnet, nach einmaliger Begattung sämtliche von den Ovarien producirten Eier eines Insektenweibchens bei ihrem Durchtritt durch den Oviductus nach aussen zu befruchten. Das bei der Copulation in die Vagina oder in die Bursa copulatrix entleerte Sperma tritt nämlich zunächst durch den Ductus seminalis in die Samenkapsel ein, um bei der Eiablage aus dieser durch Muskeldruck wieder allmählig entleert zu werden und mit den einzelnen Eiern in Contact zu treten. Es wird daher bei einem eben befruchteten Insektenweibchen das Receptaculum seminis von Spermatozoën angefüllt getroffen, unter Umständen auch ein selbst jahrelanges Verbleiben derselben in jener Kapsel beobachtet (Bienen-Königin). Letzteres Verhalten hat zu der Annahme geführt, dass das Sekret der in die Capsula seminis einmündenden Anhangsdrüse dazu dienen möge, die Samen-Elemente lebensfähig zu erhalten; doch lässt sich auch eine zweite Vermuthung rechtfertigen, wonach jenes Sekret eine Verdünnung des Sperma vermitteln und dadurch den Austritt der Samenzellen durch den Ductus seminalis behufs der Befruchtung der Eier erleichtern soll. — In der Classe der Crustaceen scheint die Samentasche mit Ausnahme der Ostracoden, wo sie doppelt vorhanden ist, durchweg zu fehlen und auch für die genannte Ordnung bliebe noch die Frage offen, ob die den weiblichen Cypriden eigenthümlichen gestielten Kapseln sich nicht in gleicher Weise wie bei den Copepoden als männliche Spermatophoren herausstellen möchten. Ein bei den Brachyuren unter den Decapoden als Receptaculum seminis in Anspruch genommener birnförmiger Sack, welcher bei der Vereinigungsstelle beider Ovarien in die Vagina einmündet, ist seiner Bedeutung nach

bisjetzt mindestens zweifelhaft, könnte jedoch die Funktion einer Samentasche vielleicht wenigstens nebenbei versehen. Für die Copepoden wenigstens, denen ein eigentliches Receptaculum gleichfalls fehlt, hat Claus ein derartiges Eintreten der in ihrem Inneren hohlen Kittdrüsen durch die darin angehäuften Spermatozoën mit Sicherheit nachgewiesen. Da diese Drüsen der Copepoden mit besonderen, von der Genitalöffnung getrennten Poren in die Körperhaut ausmünden, so werden die männlichen Spermatophoren, durch welche hier die Befruchtung vollzogen wird, auch nicht in die weibliche Geschlechtsöffnung eingebracht, sondern äusserlich an der Mündung der Kittdrüsen-Gänge angeheftet.

f) Die weibliche Geschlechtsöffnung rückt in denjenigen Fällen, wo sie weit vor dem After gelegen ist, dem vorderen Körperende zuweilen näher, als dies mit der männlichen der entsprechenden Formen der Fall ist. So finden sich bei den Decapoden, wo die männlichen Genitalien in dem Hüftglied des letzten (5.) Beinpaares des Cephalothorax oder zwischen diesem ausmünden, die weiblichen Vulvae an der Basis des dritten Beinpaares gelegen. Ein analoges Verhalten scheinen auf den ersten Blick die Chilognathen unter den Myriopoden darzubieten; in Wirklichkeit sind aber hier bei beiden Geschlechtern die Genitalöffnungen dem zweiten Körpersegmente eigen und nur die männlichen Begattungsruthen sind auf das siebente übertragen. — Der Ort, an welchen von den weiblichen Arthropoden die Eier abgesetzt werden und die Art und Weise, in welcher dies geschieht, bedingen sehr häufig eigenthümliche, durch Theile der äusseren Hautbedeckung hergestellte Lege Apparate, welche zwar besonders in der Classe der Insekten in mannigfaltigster Weise zur Erscheinung kommen, aber auch den übrigen Gliederfüsslern nicht ganz fehlen. So besitzen z. B. unter den Arachniden die weiblichen Phalangier und manche Acarinen einen ausstülpbaren, röhrenförmigen Ovipositor, wie er bei den Insekten besonders unter den Dipteren, ferner auch bei der Gattung *Chrysis* vorkommt. Bei letzteren wird er durch mehrere der hinteren, nur rudimentär entwickelten Abdominal-Segmente hergestellt, welche sich teleskopartig ausstülpfen können. In anderen Fällen besteht er in kürzeren (*Acridioidea*) oder langen, oft säbelförmig gebogenen

Fig. 26.



*Gryllus domesticus* (Heimchen). Weibchen mit Legescheide.

Platten (*Locusta*, *Gryllus*, *Rhaphidia*), welche als Legescheide (*Vagina*) die Geschlechtsöffnung beiderseits umgeben und die in die Erde, in die Spalten der Baumrinde u. s. w. abzulegenden Eier zwischen sich hinabgleiten zu lassen dienen.

g) Histologische Struktur. Der weibliche Genitalschlauch der Arthropoden wird durch eine bindegewebige und allgemein Tracheen oder Gefässverzweigungen führende Tunica propria constituirt, welcher sich

nach innen eine Epithelialschicht anschliesst, während derselben nach aussen ein nach den einzelnen Theilen verschieden stark entwickeltes Muskelstratum aufliegt. Letzteres ist besonders in den der Geschlechtsöffnung zunächst gelegenen Theilen, also den Ausführungsgängen mit ihren Anhängen, je nach Bedarf zu einer geringeren oder grösseren Mächtigkeit ausgebildet. Sowohl der Ovidukt als das Receptaculum seminis, von denen ersterer durch Muskeldruck das Herabgleiten der Eier, letzteres die Entleerung des Sperma zu bewirken hat, ganz besonders aber die Vagina, welche sowohl während des Begattungsaktes als für den Fall einer in ihr stattfindenden Embryonal-Entwicklung (vivipare Dipteren) einer beträchtlichen Erweiterung und Zusammenziehung bedarf, lassen sehr allgemein eine ansehnliche Muskulatur erkennen. Aber selbst in den terminalen Theilen des Geschlechtsapparates wird dieselbe nicht ganz vermisst: wenigstens hat man bei verschiedenen Insekten in der bindegewebigen Hülle der Eiröhren gleichfalls quergestreifte und verästelte Muskelfasern nachweisen können. Zeigt demnach der Gewebe-Aufbau der Geschlechtsorgane eine deutliche Uebereinstimmung mit dem Darmkanal, so wird dieselbe noch dadurch vervollständigt, dass sich auch hier eine Cuticula als unmittelbare Fortsetzung der äusseren Chitindecke auf die Innenseite des Genitalrohres einschlägt, um die Epithelialschicht desselben als Intima auszukleiden. In weiterer Entfernung von der Geschlechtsöffnung, wie z. B. in den Tuben als äusserst zarte, glashelle Membran auftretend, geht sie in den Ausführungsgängen, welche wie der Ovidukt und die Vagina mit jener zunächst communiciren, nicht selten ansehnliche Verdickungen ein, indem sie stellenweise eine schuppen- oder riefenartige Struktur annimmt, zuweilen auch gleich der äussern Haut eine polygonale Felderung (*Melolontha*) oder selbst eine Bekleidung mit Borsten oder Stacheln erkennen lässt. Besonders deutlich tritt diese Cuticula auch in dem Receptaculum seminis und seinem Ausführungsgange auf und fällt hier um so mehr in die Augen, als sie daselbst nicht selten eine dunkle Färbung annimmt. So erscheint z. B. die in der Dreizahl auftretende Samenkapsel vieler Dipteren (*Musca*, *Eristalis*) durch die ihr Lumen auskleidende Intima tief dintenschwarz gefärbt, bei anderen Insekten rothbraun und zuweilen gleichfalls durch polygonale Felderung ausgezeichnet.

Das der Tunica propria anliegende Epithelium wird in verschiedenen Theilen des weiblichen Geschlechtsapparates häufig durch isolirte Zellen ersetzt: dies ist z. B. in der Wand des Receptaculum seminis und seines Ausführungsganges (*Eristalis*), in der Wand des Oviduktes und der Begattungstasche bei vielen Insekten der Fall. In einzelnen Fällen (Ovidukt von *Geotrupes*) sind diese Zellen sogar auffallend gross und nehmen die Gestalt von einzelligen Drüsen an. Den Bau der zusammengesetzten Drüsen zeigen in mannigfachster Form die in den Ovidukt einmündenden Kittdrüsen, deren Sekretionszellen bald zu Gruppen vereint, bald mit isolirten Ausführungsgängen in ihr Lumen ausmünden, um ihr Sekret

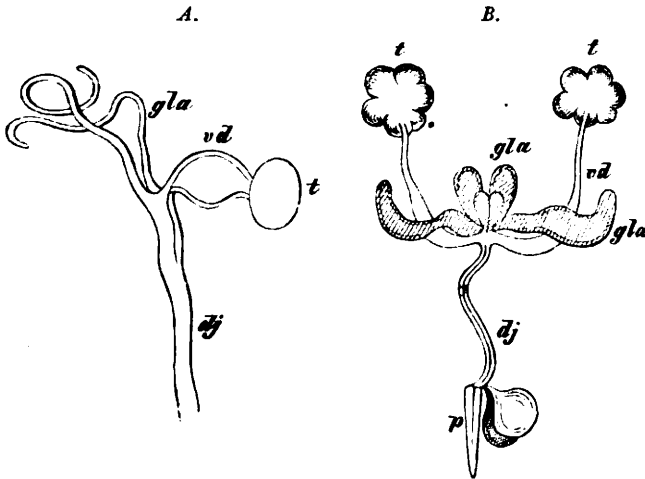
demselben zuzuführen. Derselben Kategorie von Drüsen können gewissermaassen auch die Ovarien selbst zugerechnet werden, nur dass ihre Thätigkeit nicht auf die Abscheidung eines flüssigen Sekretes, sondern auf die Produktion lebens- und entwicklungsfähiger Zellen, der Eier und Keime gerichtet ist. Die Entstehung der letzteren ist erst in neuester Zeit, besonders durch die Untersuchungen von Huxley, Leuckart, Lubbock und Claus, wenigstens an den Eiröhren der Insekten (*Coccus*, *Aphis*) zur näheren Kenntniss gekommen. Die einzelnen durch Einschnürungen von einander getrennten Fächer (*Loculi*) dieser Eiröhren bestehen aus einer durchsichtigen, homogenen Tunica propria, welcher sich nach innen ein Epithelium anschliesst. Die Zellen derselben sind in allen Fächern, welche Eier oder Keime enthalten, klein und pflasterartig dicht an einander gedrängt, nur in dem die äusserste Spitze einnehmenden Keim- oder Endfache grösser und loser neben einander liegend. Ausser dem durch das Keimbläschen bezeichneten jüngsten Ei enthält das Lumen dieses Endfaches eine verschiedene Anzahl (3, 5 oder 10) grosser ovaler oder polyedrischer Zellen, welche oberhalb der Eizelle gelegen sind und ihrem Inhalt nach als Dotterbildungszellen bezeichnet werden. Ihrer Bestimmung gemäss, der Eizelle zur Ernährung und Vergrösserung zu dienen, rücken sie mit dieser allmählig aus dem Keimfache nach unten herab und müssen daher stets von Neuem erzeugt werden. Dass dies von dem Keimfache aus geschehen müsse und dass die Wandung desselben als ihre Matrix anzusehen sei, konnte nicht zweifelhaft sein; nur die Art und Weise, wie dies geschehe, ob Epithel-, Ei- und Dotterzellen ihrer Genese nach verschieden seien oder nicht, war zu erledigen. Nach den Beobachtungen von Claus, welche die zuerst von Lubbock ausgesprochene Ansicht von der genetischen Identität bestätigen, kann es als ausgemacht gelten, dass sowohl die Ei- als Dotterbildungszellen nur Umformungen der sich von der Wand frei abhebenden Epithelialzellen des Keimfaches sind.

B) Männliche Geschlechtsorgane. Sie beschränken sich bei den auf der niedrigsten Stufe der Organisation stehenden Arthropoden lediglich auf eine unpaare oder paarige Geschlechtsdrüse (Hoden, *Testes*) und deren Ausführungsgänge (*Vasa deferentia*), können sich aber bei vollkommenerer Gesamt-Organisation in verschiedener Weise compliciren. Zunächst können sich die Samengänge in zwei oder drei formell geschiedene Abschnitte sondern; in diesem Fall wird der untere, der Geschlechtsöffnung zunächst liegende Theil des Ausführungsganges, welcher eben sowohl paarig als unpaar sein kann, als Ductus ejaculatorius, eine am unteren Ende der *Vasa deferentia* liegende blasenförmige Erweiterung als Samenblase (*Vesicula seminalis*) bezeichnet. Sodann können dem samenbereitenden Apparat, in gleicher Weise wie den weiblichen Geschlechtsorganen ein oder mehrere Paare accessorischer Drüsen beigefügt sein, welche den Hoden selbst oft in der Form ausserordentlich ähnlich, meistens in den Ductus ejaculatorius durch Ausführungsgänge



eimfinden, wo dieser aus der Vereinigung der Vasa deferentia entsteht. Endlich tritt in unmittelbarem Anschluss an den Ductus ejaculatorius häufig ein mehr oder weniger complicirtes Begattungsorgan (*Penis*) auf.

Fig. 27.



Männliche Geschlechtsorgane. A. von *Hipparchia*, B. von *Lagria hirta*. t. Hoden. vd. Vas deferens. dj. Ductus ejaculatorius. p. Penis. gla. Glandulae mucosae.

a) Die Hoden (*Testes*), an deren Innenwandung die zur Befruchtung der weiblichen Eier dienenden Samen-Elemente producirt werden, wiederholen fast dieselben zahlreichen Form-Modifikationen, welche bei den Ovarien zur Erscheinung kommen, nur dass sie im Allgemeinen, wenngleich nicht ohne Ausnahmen (manche *Coleoptera*: *Dyticus*) beträchtlich an Umfang gegen die weiblichen Geschlechtsdrüsen zurücktreten. In den zahlreichen Fällen, wo ein auffallender Grössen-Unterschied zwischen den beiden Sexus derselben Art existirt (parasitische Copepoden, viele Insekten), wird dies schon durch das meist sehr viel geringere Körpermaass des Männchens bedingt; aber auch wo ein solcher fehlt, zeigt sich die räumliche Entwicklung der Hoden im Vergleich mit den Ovarien so allgemein benachtheiligt, dass etwas Typisches in diesem Verhalten nicht zu verkennen ist. Vielleicht ist hierbei der Umstand mit bestimmend, dass den Männchen, welchen das Aufsuchen der Weibchen häufig auf weite Distanzen hin vorbehalten ist, eine freiere Beweglichkeit und grössere Behendigkeit eigen sein muss; sind dieselben ja in einzelnen Fällen (*Psyche*, *Orgyia*, *Hibernia*, *Mutilla*, *Dorylus*, *Xenos*, *Lampyrus* u. A.) ausschliesslich mit den vorwiegend zur Ortsbewegung dienenden Organen ausgestattet! Uebrigens wird eine Grössenreduktion der Hoden in zahlreichen Fällen schon durch ein Verschmelzen derselben zu einem unpaaren Organ bewirkt, eine Modification, welche hier sehr viel häufiger als bei den Ovarien auftritt: verschiedenen niederen Crustaceen-Formen (*Cyclopidae*, *Cypris*) und gewissen Myriopoden (*Scolopendra*), bei welchen überhaupt nur ein

einzelner Hode vorhanden ist, schliessen sich durch mediane Vereinigung der ursprünglich paarigen zahlreiche Insekten aus den Ordnungen der *Lepidoptera*, *Hymenoptera* (*Scolia*, *Pompilus*, *Crabro*, einige Apiarien), *Orthoptera* (*Gryllotalpa*, *Ephippigera*), *Coleoptera* (*Galleruca*) u. A. an. Gleichzeitig tritt bei einer derartigen Verschmelzung besonders häufig eine Umhüllung der Hoden durch eine *Tunica vaginalis*, welche zuweilen auch eine lebhafte Färbung (gelb, roth, braun) erkennen lässt, ein.

In ihrer einfachsten Form stellen die Hoden zwei kurze, rundliche, ei-, bohnen- oder birnförmige Schläuche dar, an deren Oberfläche keinerlei Unebenheiten oder Ausstülpungen hervortreten und deren eines Ende sich unmittelbar in das *Vas deferens* der entsprechenden Seite fortsetzt. Diese z. B. vielen niederen *Crustaceen*-Formen (*Cyclops*) und zahlreichen Insekten (*Diptera*, *Lepidoptera*) eigene Gestaltung modificirt sich in gewissen Fällen dahin, dass der Hode jeder Seite sich auf Kosten seiner Grösse vervielfacht und so in zwei bis zwölf ähnlich gestaltete Einzelhoden zerfällt, von denen jeder mit einem besonderen Ausführungsgang in das *Vas deferens* einmündet. Beispiele hierfür kommen besonders unter den Insekten (*Pediculina*, *Lamellicornia*, *Cerambyx*, *Curculio*), seltener unter den *Crustaceen* (*Decapoda macrura*) vor, bei welchen letzteren zwei paarige Hoden in entgegengesetzter Richtung in das *Vas deferens* einmünden. Eine andere ziemlich verbreitete Form der Hoden ist die eines einfachen cylindrischen Schlauches, welcher sich von dem *Vas deferens* meist nur durch stärkeres Kaliber unterscheidet; nimmt ein solcher schlauchförmiger Hode, wie es nicht selten der Fall ist, eine bedeutende Längsausdehnung an, so schlingt er sich in vielfachen Windungen zu einem Knäuel zusammen (*Carabus*, *Dytæus*, *Lucanus*, *Araneina*). In anderen vervielfältigt sich auf Kosten der Länge die Zahl der Schläuche, so dass zwei (*Isopoda*, *Amphipoda*), sechs (*Cypris*), sieben (viele *Hemiptera*) oder selbst sehr zahlreiche (viele *Hymenoptera*, *Orthoptera* und *Coleoptera*. *Cicada* u. A.) neben einander verlaufen und in letzterem Fall die Form eines Büschels oder einer Quaste darstellen. Nicht immer sind jedoch die Schläuche in ihrem ganzen Verlaufe von einander geschieden, so dass sie sich dem *Vas deferens* einzeln inseriren: sondern sie sind zuweilen, wie bei *Phalangium*, *Tenthredo*, manchen *Coleopteren* (*Silpha*, *Staphylinus*) u. A. nur peripherisch isolirt und verleihen dann dem Hoden als Ganzem ein beeren- oder traubenförmiges Ansehen. Als seltner auftretende Modifikationen wären endlich die Hoden mit verästelten Canälen (*Limulus*, *Stomatopoda*), und die in Form einer durch Quercanäle verbundene Schlinge (*Scorpio*) oder Leiter (*Julus*) sich darstellenden zu erwähnen.

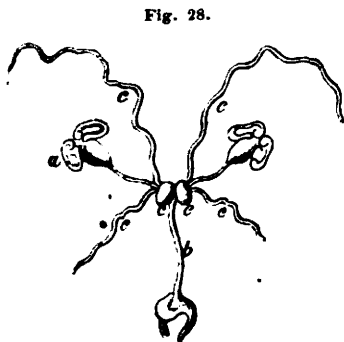
b) Die *Vasa deferentia* sind selbst in denjenigen Fällen, wo ein durch Verschmelzen der beiderseitigen Geschlechtsdrüsen entstandener unpaarer Hode vorhanden ist, sehr allgemein in der Zweizahl ausgebildet; Ausnahmen hiervon bilden nur einige *Myriopoden* (*Scolopendra*) und *Entomotraken* (*Cypris*, *Pontella*, *Calanus*, *Diaptomus* u. A.), bei welchen dem Einzelhoden entsprechend auch nur ein unpaares *Vas deferens*

vorhanden ist. In vielen Fällen von geringer Längsausdehnung, verlaufen sie in gerader oder geschlängelter Richtung entweder direkt zu der paarigen Geschlechtsöffnung (viele Crustaceen, *Chilognatha*), oder sie vereinigen sich bei einfacher (*Diptera*, *Lepidoptera*) zu einem Ductus ejaculatorius: in anderen Fällen von beträchtlicher Länge, welche selbst diejenige des Körpers oft mehrfach übertrifft, schlingen sie sich entweder vor ihrer Vereinigung (*Nepa*, *Cicada*, *Stratiomys*, *Gryllus*, *Eumorphus*), seltener erst nach derselben (*Phalangium*), oder indem sie überhaupt getrennt bleiben (*Brachyura*, *Astacus*), in ähnlicher Weise wie die schlauchförmigen Hoden in vielfachen Windungen knäuelartig zusammen. Ihr unteres Ende ist bisweilen zu blasenartigen Auftreibungen (*Vesiculae seminales*) erweitert, welche sich nach der Untersuchung an verschiedenen Insekten (*Apis*, *Cynips*, *Hydrophilus*, *Stylops*) als Reservoirs zur Aufnahme des durch die Vasa deferentia herabgeleiteten Sperma erwiesen haben; doch sammelt sich letzteres in gewissen Fällen (*Scorpio*, *Scolopendra*) auch in kurzen Blindschläuchen an, welche in die Vasa deferentia oder in den Ductus ejaculatorius seitlich einmünden.

c) Wo, wie bei den Insekten und Arachniden, ein unpaarer Ductus ejaculatorius durch Vereinigung der Vasa deferentia hergestellt wird, oder wie bei den Chilopoden (*Scolopendra*) sich deutlich von dem unpaaren Samengange absetzt, unterscheidet er sich von jenen nicht nur durch beträchtlicheres Lumen, sondern auch durch eine mehr oder minder kräftig entwickelte Muskellage seiner Wandungen, durch deren Aktion die Ausbreitung des Sperma bewirkt wird. Eine ansehnlichere Muskulatur findet sich besonders in den Fällen vor, wo sich dem Ductus ejaculatorius, wie bei den Coleopteren, ein umfangreiches Copulationsorgan anschliesst.

d) Accessorische Drüsen (*Glandulae mucosae*) sind unter den Insekten und Myriopoden ganz allgemeine Attribute der männlichen Geschlechtsorgane, während sie bei den Crustaceen und Arachniden seltener zur Ausbildung kommen. Mit vereinzelt

Ausnahmen (*Cypris*) sind sie selbst bei unpaaren Hoden in der Zweizahl (*Cyclops*) oder selbst zu zwei Paaren (*Scolopendra*) vorhanden. Auch bei den wenigen mit ihnen versehenen Arachniden (*Scorpio*, *Argas*) und der Mehrzahl der Insekten erscheinen sie paarig und treten auch ihrerseits wieder bei letzteren in der grössten Mannigfaltigkeit der Form auf: zu einem Paar als einfache Schläuche bei den Dipteren, Lepidopteren und den meisten Coleopteren, zu mehreren bei *Hydrophilus*, *Elater*, *Staphylinus* u. A., in vielfach verästelter Form



Männliche Geschlechtsorgane von *Anobius latirostris*. a. Hoden. b. Ductus ejaculatorius. c. c. Glandulae mucosae.

bei den Hemipteren (*Pentatoma*), als zahlreiche, zu zwei Büscheln vereinigte Schläuche bei den meisten Orthopteren. — Das von diesen Drüsen

abgesonderte schleimige Sekret besitzt die Eigenschaft, bei seinem Austritt aus den Ausführungsgängen zu erstarren und wird dazu verwandt, das durch die Vasa deferentia herabtreternde Sperma in kapselartige Hüllen (Spermatophoren) einzuschliessen. Solche Spermatophoren werden bald nur zu zweien (*Copepoda*) oder selbst zu einem (*Gryllus*, *Locusta*), bald in grösserer Anzahl (*Astacus*, viele Insekten), dann aber in geringer Grösse producirt. In letzterem Fall werden sie bei der Copulation in die Geschlechtsöffnung des Weibchens eingebracht, um zunächst in der Begattungstasche zu verbleiben; dagegen werden sie bei ansehnlicher Grösse (*Gryllus*, *Locusta*, *Copepoda*) nur äusserlich an der Vulva befestigt oder nach der interessanten Beobachtung Fabre's (bei den Chilopoden) sogar auf fremde Gegenstände (Gespinnste) abgesetzt und von diesen in die weibliche Geschlechtsöffnung aufgenommen.

e) Ein männliches Begattungsorgan geht einer nicht unbeträchtlichen Anzahl von Arthropoden-Formen ganz ab und es findet in diesem Fall die Ausmündung des männlichen Geschlechtsapparates in die Hautdecke durch einen unpaaren oder doppelten Porus genitalis in ähnlicher Weise wie bei den weiblichen Individuen statt. Als Beispiele hierfür können die meisten Entomotraken (*Phyllopora*, *Copepoda*, *Siphonostomata*) und die Pycnogoniden, ja selbst manche höher organisirte Formen, wie die Scorpione und Chilopoden gelten: denn der kurze papillenartige Vorsprung, auf welchen bei letzteren beiden der Ductus ejaculatorius ausmündet, kann wohl kaum als wirkliches Copulationsorgan in Anspruch genommen werden. In anderen Fällen — und diese bilden die bei weitem grösste Mehrzahl — findet sich ein Begattungsorgan in unmittelbarem Anschluss an den Ausführungsgang der männlichen Genitalien vor, und je nachdem dieser ein unpaarer oder doppelter ist, tritt auch der männliche Penis in der Ein- oder Zweizahl auf. Letzterer ist in allen Fällen ein integrierender Theil des Hautskeletes, sei es dass zur Herstellung desselben, wie bei manchen Crustaceen (*Brachyura*, *Isopoda*) das eine oder andere Beinpaar eine Umgestaltung erfahren hat, sei es dass, wie bei der Mehrzahl der Insekten, die letzten Hinterleibssegmente eine jenem specifischen Zweck entsprechende Form-Metamorphose eingegangen sind. Im ersteren Fall ist die morphologische Aequivalenz der männlichen Ruthen mit einem Beinpaar nicht zweifelhaft, da letzteres in der gewöhnlichen Form bei den weiblichen Individuen die Stelle jener vertritt. In letzterem ist die Aehnlichkeit des Begattungsorganes mit einem Körpersegment oft in hohem Grade alterirt, besonders dann, wenn dasselbe nicht, wie bei vielen Dipteren, manchen Neuropteren (*Panorpa*) u. A. frei aus dem Ende des Hinterleibes hervortritt, sondern während der Ruhe in die Bauchhöhle zurückgezogen ist. Jedoch auch bei dieser Modifikation, welche unter den Insekten besonders bei den Coleopteren, Hymenopteren u. A. eine allgemeine Verbreitung hat, in etwas veränderter Weise auch manchen Arachniden (*Phalangium*, *Gamasus* u. A.) eigen ist, kann die Gleichwerthigkeit des Begattungsapparates mit einem Leibesringe oder einem Theil desselben

nicht wohl verkannt werden. Einerseits wird nämlich sehr allgemein die normale Zahl der Körpersegmente erst durch Hinzurechnung dieses als Rathe funktionirenden letzten erreicht, andererseits zeigt die sich dem Copulationsorgan inserirende Muskulatur, welche die Hervorstülpung desselben nach aussen bewirkt, in ihrer ganzen Anlage eine vollständige Uebereinstimmung mit den übrigen Rumpfmuskeln, nur dass sie diejenigen des übrigen Hinterleibes sehr häufig an Mächtigkeit bedeutend übertrifft. Sie bildet in ähnlicher Weise den Abschluss des gesammten Muskelschlauches nach hinten, wie das Begattungsorgan bei seiner Hervorstülpung aus der Leibeshöhle den chitinisirten Hautsack vervollständigt.

Uebrigens hindert die morphologische Gleichwerthigkeit mit einem Leibesringe das Copulationsorgan durchaus nicht, die mannigfachsten und complicirtesten Bildungen anzunehmen; denn einem einfach röhren- oder halbrinnenförmigen Penis gesellen sich ganz besonders in der Classe der Insekten vielfach accessorische Gebilde von häutiger oder horniger Consistenz hinzu, welche, zu einem oder mehreren Paaren auftretend, die mannigfachsten Gestalten von blattförmigen Lamellen, Griffeln, Haltezangen u. dgl. annehmen, um bei dem Begattungsakte theils die weibliche Genitalöffnung von aussen her zu fixiren, theils gleichzeitig mit dem eigentlichen Penis in die Vagina eingeführt zu werden. Sind dieselben nur zu einem Paare vorhanden, wie z. B. bei den Hymenopteren, so scheinen sie gleich dem Begattungsorgan durch das letzte Körpersegment allein gebildet zu werden; finden sich deren mehrere, so betheilt sich an der Herstellung derselben auch das jenem vorangehende. Diesen in der descriptiven Entomologie gemeinhin als Appendices anales oder Genitalia externa bezeichneten Gebilden schliessen sich in funktioneller Beziehung bei vielen Arthropoden noch Vorrichtungen an, welche auf das männliche Geschlecht beschränkt und meist den Gliedmaassen übertragen, gleichfalls als Fixirungs- und Greifapparate bei der Begattung dienen. Während sie in der Classe der Insekten meist an einem oder mehreren Beinpaaren hervortreten, gehen sie unter den Crustaceen und zwar besonders in der Abtheilung der Entomostraca fast ausschliesslich auf das stärker entwickelte vordere Fühlerpaar über, wiewohl auch hier die in der Nähe der Geschlechtsöffnung eingelenkten Beine nicht selten eine auf denselben Zweck gerichtete stärkere Entwicklung erkennen lassen. Die mächtigen, zangenförmig gestalteten Fühler der männlichen *Branchipus*, der dünne, an der Spitze gekrümmte Endhaken an den Ruderantennen der Daphnien und Lynceiden, die oft in einzelnen Theilen stark deformirten und gelenkartig einschlagbaren Schwimmfühler vieler Copepoden-Männchen versehen bei diesen im Süsswasser lebenden und dasselbe mit ununterbrochener, hurtiger Bewegung durchkreuzenden Entomostraken den gleichen Zweck, wie die tellerartig erweiterten Vordertarsen der männlichen *Dyticus*, *Megachile* u. A. oder die zu einem gewölbten Schilde erweiterten Vorderschienen mancher Crabro-Arten (*Thyreopus cribrarius*). Ob die den männlichen sowohl als weiblichen Scorpionen zukommenden paarigen Käme, welche am Ende

der Gliedmaassenreihe von der Bauchseite entspringen und morphologisch einem Beinpaare entsprechen, ebenfalls als Fixirungsapparate bei der Begattung fungiren, ist bis jetzt noch nicht direkt beobachtet; doch lässt sowohl ihre Struktur als ihr Ursprung in unmittelbarer Nähe der Geschlechtsöffnung dies um so mehr vermuthen, als ein eigentliches Begattungsorgan den Männchen abgeht.

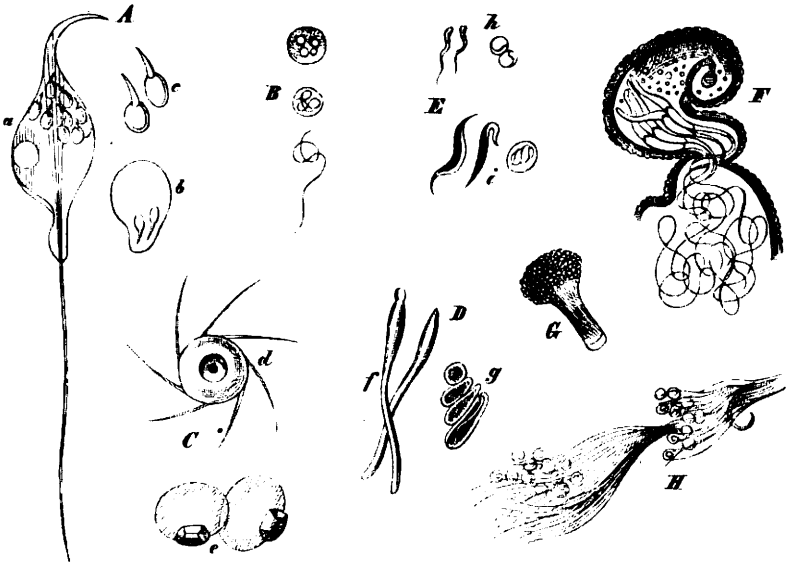
Einer besonderen Erwähnung verdient es, dass sich bei einzelnen Formen der verschiedenen Arthropoden-Classen, wenngleich in etwas modificirter Weise, das männliche Copulationsorgan von der Ausmündung der Geschlechtsorgane auf eine geringere oder weitere Strecke hin entfernt. In der Mehrzahl der Fälle, bei welchen ein derartiges exceptionelles Verhalten in der Lokalisation des Begattungsorganes bekannt geworden ist, sind es bestimmte Gliedmaassenpaare, welche entweder unter Beibehaltung ihrer gewöhnlichen Gestaltung und Funktion den männlichen Copulationsapparat in sich aufnehmen (*Araneina*, *Argulus*) oder welche, indem sie ihre Fähigkeit, die Ortsbewegung zu vermitteln, einbüssen, sich in männliche Ruthen umbilden (*Chilognatha*, manche *Decapoda*). Nur in der Familie der Libellulinen ist dieses von der Geschlechtsöffnung entfernte männliche Begattungsorgan nicht einem Gliedmaassenpaar übertragen, sondern an der Basis des Hinterleibes, in das durch einen Spalt geöffnete zweite Bauchsegment aufgenommen. Eine Uebereinstimmung zwischen dieser durch ihre Lebensweise und ihre anatomischen Verhältnisse gleich interessanten Orthopteren-Familie und der Ordnung der Webespinnen unter den Arachniden und in gleicher Weise zwischen ihr und der Entomostraken-Gattung *Argulus* besteht indessen darin, dass das männliche Begattungsorgan weit gegen das vordere Körperende hin translocirt ist, während es bei den Chilognathen und einigen langschwänzigen Decapoden hinter den Geschlechtsöffnungen angebracht erscheint. Bei den männlichen Araneinen ist es nämlich das angeschwollene Endglied der beiden Taster, d. h. des den vier Paaren der Schreitbeine vorangehenden Gliedmaassenpaares, welches, in gleicher Weise wie das zweite Bauchsegment der Libellulinen, unterhalb durch einen Spalt klaffend, den am Grunde mit einer hornigen Samenkapsel versehenen, oft in sehr complicirter Weise gebildeten Penis in sich birgt: während bei den männlichen *Argulus* das vor der Genitalöffnung eingelenkte vorletzte Beinpaar nahe der Spitze und am hinteren Rande seines Basaltheiles gleichfalls eine zur Aufnahme des Sperma dienende Kapsel besitzt, welcher ein am Vorderrande des letzten Beinpaares entspringender horniger Haken der Lage nach entspricht. Dagegen treten bei den Gattungen *Julus*, *Polydesmus* u! s. w. unter den Chilognathen die paarigen Ruthen weit hinter den im zweiten Leibesringe liegenden Genitalöffnungen, nämlich am achten Segmente und zwar als Ersatz für ein bei den Weibchen daselbst ausgebildetes Beinpaar auf, so dass bei der durch die beiden Geschlechter vollzogenen Copulation das Männchen sein Weibchen mit dem Kopfe überragt. In allen diesen Fällen muss, bevor sich das

Männchen zur Copulation anschiekt, durch Annäherung des (resp. der beiden) Copulationsorganes an die Ausmündungsstelle der Vasa deferentia, die zur Befruchtung nöthige Quantität von Sperma in jenes aufgenommen werden. Letzteres findet nur nicht bei den mit accessorischen Ruthen am ersten Hinterleibsringe versehenen Decapoden (*Astacus*, *Homarus* u. A.) statt, da diese nur dazu dienen, die aus dem durchbohrten Hüftgliede des fünften Beinpaars während der Begattung hervortretende Samenflüssigkeit in die weiblichen Vulvae überzuleiten.

f) Histiologische Beschaffenheit. Im Bereich ihrer Ausführungsgänge und der in letztere einmündenden accessorischen Drüsen verhalten sich die männlichen Geschlechtsorgane bezüglich ihrer feineren Struktur den weiblichen durchaus analog, indem ersteren neben der Tunica propria eine mehr oder weniger entwickelte Muskelschicht und die das Lumen auskleidende homogene Cuticula, letzteren die hier den zur Bildung der Spermatophoren dienenden zähen Schleim absondernden Sekretionszellen zukommen. An den Hoden giebt sich die der Bindesubstanz angehörende äussere Hülle als eine unmittelbare Fortsetzung der Tunica propria der Vasa deferentia zu erkennen und zerfällt in eine schärfer contourirte, homogene innere und eine mehr lockere, mit deutlichen Kernen versehene äussere Schicht, welche continuirlich in das Bindegewebe des Fettkörpers übergeht. Letztere enthält ausser den sich an der Oberfläche des Hodens verbreitenden, oft ein dichtes Netzwerk bildenden Tracheen-Verzweigungen auch ausschliesslich das diesem Organ in manchen Fällen ein lebhaftes Colorit verleihende Pigment, welches vorzugsweise im Verlauf der Tracheen-Verästelung abgelagert ist. Je nachdem der Hoden aus voluminöseren Schläuchen oder kleineren Follikeln gebildet wird, schliessen sich der Tunica propria nach innen mehrere oder nur eine einzelne Lage dicht gedrängter Zellen an, welche um einen centralen Abführungsgang gelagert sind. In der Regel ist die Thätigkeit aller dieser Sekretionszellen darauf gerichtet, in ihrem Inneren Samenelemente zu produciren; doch kommen nach Leydig's Beobachtung auch Fälle (z. B. bei *Silpha obscura*) vor, in welchen nur bestimmte, an Zahl jedoch überwiegende Hodenfollikel solche Sperma producirende Zellen einschliessen, während in anderen, durch beträchtlichere Grösse abweichenden sich stets nur helle, eiweissartige Kugeln vorfinden. Freilich wäre in Betreff der letzteren noch die Frage zu erledigen, ob dieses ihr Verhalten nicht etwa ein temporäres, auf einem bestimmten Entwicklungsstadium beruhendes sei und ob sie bei weiterer Fortbildung ihres Inhalts nicht als den übrigen aequivalent nachzuweisen wären. Wenigstens findet man sehr allgemein in den Hoden eines und desselben Individuums neben Zellen mit ausgebildeten Spermatozoën auch solche, in denen vor der Hand nur Tochterzellen entwickelt sind und neben diesen wieder solche, deren Inhalt überhaupt noch keine Differenzirung erkennen lässt; eine nähere Untersuchung lässt aber in solchen Fällen stets Uebergangsstufen von der einen zu der anderen Bildung erkennen.

In Betreff der Genese der Spermatozoën innerhalb der Samenzellen lassen sich bei den Arthropoden zwei Modificationen unterscheiden: entweder — und dies scheint bei der weit grössten Mehrzahl stattzufinden — es klüftet sich der Inhalt der einzelnen Zellen zu einer beträchtlichen Zahl von sekundären Bläschen, in deren jedem sich ein einzelner Samen-faden ausbildet; oder, wie es ganz besonders bei Spermatozoën von auffallender Grösse (*Cypris*, *Ixodes*) einzutreten scheint, es bildet sich der gesammte Inhalt einer Zelle ohne vorhergehende Theilung in einen solchen

Fig. 29.



A. Entstehung der Spermatozoën bei *Asellus aquaticus*. a. Reife Samenzelle mit den aus dem unteren Ende hervortretenden haarförmigen und den im oberen Theil angesammelten gekulten Spermatozoën. b. Unreife Samenzelle mit beginnender Spermatozoën-Bildung. c. Die gekulten Spermatozoën isolirt. — B. Entwicklungszellen und freies Zoosperm von *Argulus foliaceus*. — C. Spermatozoën von *Astacus fluviatilis*. d. Von der Fläche gesehen, mit ausgespreizten Strahlen. e. Seiten-Ansicht. — D. Spermatozoën von *Ixodes*. f. Im ausgebildeten Zustande. g. Entwicklungszellen. — E. Spermatozoën und Entwicklungszellen von Araneinen. h. *Epeira*. i. *Dysdera*. — F. Receptaculum seminis mit Spermatophoren von *Clivina fossor*. — G. Spermatozoën-Bündel aus den Hoden von *Staphylinus*. — H. Spermatozoën-Bündel mit aufgerollten Samen-fäden aus dem Vas deferens von *Cimex rufipes*.

um. Im ersteren Fall wird mit vollständiger Entwicklung der Tochterzellen die sie umschliessende Wand der Mutterzelle gesprengt und die in letzterer ausgebildeten Spermatozoën können dann nach Befreiung aus ihrer eigenen Hülle in den Ausführungsgang des Hodenfollikels gelangen. Jedoch auch hier verrathen sie ganz allgemein die Neigung, in näherer Beziehung mit einander zu verbleiben, indem sie sich ganz besonders bei faden- und haarförmiger Bildung zu dichten Bündeln, zu wurmförmigen Strängen (*Lepidoptera*, *Diptera*) oder zu federartigen Gebilden (*Locusta*, *Tettigonia*, *Cercopis*) vereinigen, um in dieser Gestalt durch das zähe Sekret der accessorischen Drüsen umhüllt und zu Spermatophoren abgeschlossen zu werden. Dass sie als solche selbst durch das männliche



Copulationsorgan in die Geschlechtsorgane des Weibchens übertragen werden, geht daraus hervor, dass man sie kurze Zeit nach erfolgter Begattung noch zu Bündeln vereinigt in dem Receptaculum seminis vieler Insekten-Weibchen antreffen kann.

In Form sowohl als Grösse lassen die Spermatozoën der Arthropoden die grösste Mannigfaltigkeit, die auffallendsten Verschiedenheiten erkennen. In Bezug auf erstere ist zu erwähnen, dass sich alle Uebergänge von der dünnsten Haarform bis zu der einer abgeplatteten rundlichen Zelle ohne den geringsten Ausläufer vorfinden, dass aber erstere, schon weil sie der Mehrzahl der Insekten zukommt, die bei weitem häufigste ist; ausser Letzteren findet sie sich auch bei den Chilopoden, bei *Scorpio* und unter den Crustaceen bei den Cirripedien (Taf. V. Fig. 11), bei *Cypris*, *Argulus*, *Porcellio*, den meisten Amphipoden, so wie unter den Decapoden ausnahmsweise bei *Mysis*. Während schon hier zuweilen (viele Insekten, Amphipoden) das eine Ende eine deutliche Verdickung zeigt, tritt bei manchen Araneinen (*Epeira*, *Clubiona*) das Kopfende durch sehr viel stärkere Entwicklung und unter gleichzeitiger Verkürzung des fadenförmigen Schwanzes mehr hervor, um allmählig ein Uebergewicht über letzteren zu gewinnen oder sich schliesslich desselben ganz zu entledigen. Bei *Dysdera* finden sich bereits deutlich spindelförmige, nach beiden Seiten nur zugespitzte, bei *Lycosa*, *Salticus*, *Tegenaria* u. A. selbst rundliche, durchaus zellenförmige Spermatozoën, wie sie ausserdem bei den Chilognathen und der Mehrzahl der Crustaceen die Regel bilden. Man hat sie bei *Glomeris* spindel-, bei *Julus* kegelförmig oder abgeflacht cylindrisch, bei den Copepoden von ovalem oder wurstförmigem (Taf. XII. Fig. 20), bei *Daphnia* von birn- und halbmondförmigem Umriss gefunden, in der auffallendsten Gestalt aber bei manchen Decapoden (*Astacus*), wo sie gekernte Zellen, mit mehreren strahlenförmigen Fortsätzen versehen, darstellen.

Als ein besonders eigenthümliches Verhalten ist das gleichzeitige Auftreten zweier auffallend verschiedener Formen von Spermatozoën bei einzelnen Arthropoden aus der Classe der Crustaceen zu erwähnen, wie es zuerst bei *Asellus aquaticus* von Zenker entdeckt, später auch von Leydig für *Oniscus* nachgewiesen worden ist. Bei ersterer Gattung zeigt die an den Beinen der befruchteten Weibchen hangende Samenmasse Bündel von sehr langen haarförmigen Samenfäden, welchen zahlreiche kurze, aus einem dünnen Griffel und einem kugligen Kopf bestehende ringsherum anhaften. Beide Formen entstehen nach Zenker's Beobachtungen gleichzeitig in denselben Samenzellen, die kurzen, geknöpften jedoch in grösserer Zahl an dem beim Auswachsen der Zelle stumpf bleibenden Ende derselben.

Nicht minder bemerkenswerth ist ferner die auffallende Grösse, welche die Samenfäden bei gewissen Arthropoden erreichen. Schon bei den Chilopoden und manchen Insekten ist ihre bis auf 1 Linie und darüber gesteigerte Länge als etwas Exceptionelles zu betrachten; eine wahrhaft

erstaunliche Grösse erreichen sie aber bei der Gattung *Cypris*, in welcher sie die drei- bis vierfache Länge des ganzen Thieres erreichen. Man findet sie hier in lebhaft schlängelnden Bewegungen begriffen, die *Receptacula seminis* der befruchteten Weibchen anfüllend und jeden einzelnen mit einem spiralig gewundenen, aus der männlichen Schleimdrüse abge-sonderten Ueberzuge versehen. Auch die Samenfäden von *Ixodes* zeichnen sich neben ihrer auffallenden, die Gestalt einer Keule nachahmenden Form durch besondere Grösse aus.

Als eine charakteristische Eigenschaft der Crustaceen-Spermatozoën hat man vielfach ihre „Starrheit“, d. h. den vollständigen Mangel einer spontanen Beweglichkeit hervorgehoben. Es ist jedoch diese Eigenschaft der Samenfäden weder allen Crustaceen-Formen gemeinsam, noch ist sie ausschliesslich auf diese Classe der Arthropoden beschränkt. In ersterer Beziehung ist zu erwähnen, dass die fadenförmigen Spermatozoën der Cirripeden (*Lepas*, *Balanus*) die lebhaftesten schlängelnden Bewegungen ausführen und dass ein Gleiches, wie eben erwähnt, auch mit denjenigen der Ostracoden (*Cypris*) der Fall ist, sobald sie wenigstens in den weiblichen Geschlechtsapparat eingebracht sind. Bei Untersuchung der männlichen Geschlechtsdrüsen zeigen letztere sich allerdings gleich denen von *Mysis*, den Amphipoden und Isopoden unbeweglich und es wäre daher auch in Betreff dieser die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass sie in einem späteren Stadium noch beweglich würden. Was die Unbeweglichkeit der Samenfäden in den übrigen Arthropoden-Classen betrifft, so kommen dergleichen starre ausser bei den Crustaceen auch bei den Chilognathen und bei vielen Arachniden (*Araneina*, *Acarina*) und zwar überall da vor, wo diese Samenelemente die Zellenform beibehalten haben oder sich derselben wenigstens noch nähern. Bei den Insekten, deren Spermatozoën durchweg faden- oder haarförmig sind, findet überall eine lebhafte Bewegung statt und dasselbe ist auch der Regel nach bei solchen Formen der übrigen Arthropoden-Classen der Fall, deren Samenfäden jenen gleich gebildet sind. Uebrigens wird die Beweglichkeit dieser fadenförmigen Arthropoden-Spermatozoën in gleicher Weise, wie bei den Wirbelthieren, durch den Zusatz von Wasser sistirt und das Erstarren findet gleichfalls unter Oesenbildung statt.

C. Befruchtung und Fortpflanzung. Bei den vereinzelt unter den Arthropoden vorkommenden hermaphroditischen Formen findet entweder, wie bei den Tardigraden und den niedriger entwickelten Cirripeden eine unmittelbare Befruchtung der Eier aus den in der nächsten Umgebung der Ovarien liegenden Hoden statt oder der Hermaphrodit vollzieht, wie bei den höher organisirten Rankenfüsslern (*Lepas*, *Conchoderma*, *Alepas* u. A.), durch Einbringung eines eigenen Copulationsorganes in die Ausmündung der Ovidukte eine Selbstbegattung. Dagegen ist eine gegenseitige Befruchtung von Hermaphroditen, wie sie z. B. unter den Mollusken und Würmern mehrfach beobachtet wird, bis jetzt bei keinem Arthropoden zur Kenntniss gekommen.

Das Geschlechtsleben der bisexuellen Arthropoden ist je nach der Lebensdauer der einzelnen Formen, je nachdem der Entwickelungs-cyclus des Individuums sich auf einen kürzeren Zeitraum beschränkt oder weitere Dimensionen annimmt, in mehrfacher Weise modificirt. Für die drei Classen der Crustaceen, Arachniden und Myriopoden, bei denen die genaue Verfolgung ihres ganzen Lebenslaufes von der Entwicklung aus dem Eie bis zu ihrem natürlichen Absterben sehr viel schwieriger als bei den Insekten ist, liegen in dieser Beziehung bis jetzt nur sehr vereinzelte und fragmentarische Beobachtungen vor. Indessen ist wenigstens für die höheren Crustaceen (*Astacus*, *Homarus*, *Cancer* u. A.) und Arachniden (*Scorpio*, *Mygale*) so viel festgestellt, dass sie, wie schon ihre Wachstums-Verhältnisse ergeben, ein nicht unbeträchtliches, sich bei manchen auf eine längere Reihe von Jahren erstreckendes Alter erreichen und dass sie nach erlangter Geschlechtsreife die Begattung öfter wiederholen; nach jeder, bei manchen Arten mehrmals im Jahre wiederkehrenden Häutung des Körpers, scheint dieselbe von Neuem vollzogen zu werden. Ganz anders verhält es sich dagegen mit den Insekten, bei welchen, abgesehen davon, ob sie eine Metamorphose durchmachen oder nicht, ein durch Häutung bedingtes Wachstum stets abgeschnitten wird, sobald die Geschlechtsreife mit der Ausbildung der Flugorgane erreicht ist und bei denen das der Fortpflanzung der Art gewidmete Imago-Stadium sich stets nur auf einen verhältnissmässig engen Zeitraum, oft sogar nur auf wenige Tage oder Stunden beschränkt. Ausnahmen hiervon sind ganz vereinzelte und wie bei der Bienenkönigin, den Termiten-, Hummel- und Wespen-Weibchen durch eigenthümliche, gleichfalls mit der Erhaltung der Art in engem Zusammenhange stehende Verhältnisse bedingt. Aber selbst diese in Betreff ihrer Lebensdauer als Imago stattfindenden Ausnahmen stimmen im Gegensatz zu den übrigen Arthropoden-Classen mit allen anderen Insekten darin überein, dass eine Begattung der Regel nach nur einmal vollzogen wird oder dass es wenigstens für die Weibchen in allen Fällen nur einer einmaligen solchen bedarf, um ihre Lebensbestimmung im vollsten Maasse zu erfüllen: denn dass unter Umständen nicht auch bei den Insekten ein und dasselbe Männchen die Copulation an mehreren Weibchen vollziehen oder ein Weibchen nicht ausnahmsweise mehr als einmal begattet werden könne, soll damit keineswegs gesagt werden. In jedem Fall ist aber das geschlechtliche Entwicklungsstadium bei den Insekten nicht nur durch seine kürzere Lebensdauer, sondern auch wie durch seine Organisation, so durch sein ganzes Dichten und Trachten dem Larvenstadium in sehr viel schärferer Weise gegenübergestellt, als dies bei irgend einer anderen Classe der Arthropoden der Fall ist. In der That giebt es eine nicht unbeträchtliche Zahl von Insekten, welche, wie ganz besonders die Ephemeriden, die Strepsipteren u. A., im Stadium der Imago ausschliesslich auf die Fortpflanzung bedacht sind und sofort nach Vollzug der Begattung ihr Dasein abschliessen, ohne z. B. zur Erhaltung ihres Körpers Nahrung in sich aufgenommen zu

haben: und gilt dies gleich nicht in demselben Maasse von allen übrigen, sondern existiren deren gleich viele, welche, wie die Libellen, die Raubfliegen (*Asilus*, *Empis*, *Thereva*), die Raubkäfer (*Carabus*, *Dyticus*), neben der Fortpflanzung in ausgiebigem Maasse der Vernichtung ihrer schwächer organisirten Genossen oder wie die Phytophagen (*Melolontha*, *Acridium*) der Zerstörung der Saaten obliegen, so ist doch im Gegensatz zu dem ausschliesslich auf die Nahrung und das darauf beruhende Wachstum gerichteten Streben des Larvenstadiums die reproduktorische Thätigkeit der Imago immer das zumeist in den Vordergrund Tretende und die Begattung der beiden Geschlechter der eigentliche Zweck dieser Lebensperiode, dem sich alles Uebrige unterordnet. Allerdings hat man eine Copulation bei verschiedenen ametabolen Insekten (*Hemiptera*, *Orthoptera*) auch schon während des Larvenstadiums beobachten wollen und damit die scharfe Grenze zwischen Imago und Larve verwischen zu können geglaubt; es gehören indessen derartige Fälle einerseits zu den ganz ausnahmsweise und vereinzelt vorkommenden und sind andererseits in ihren Resultaten bisher nicht specieller verfolgt worden, um darauf Schlüsse basiren zu können. In keinem derartigen Falle hat man bisher das Ablegen entwickelungsfähiger Eier von Seiten eines solchen noch im Larvenstadium befindlichen Weibchens und noch weniger die Entwicklung einer Nachkommenschaft in Folge einer solchen Begattung festgestellt.

Der Begattungsakt der Arthropoden entbehrt, soweit er zur näheren Kenntniss gekommen ist, wohl stets einer eigentlichen Akme beim Männchen, obwohl er von manchen Insekten, wie besonders von vielen Hymenopteren (*Apiariae*, *Vespariae*, *Fossores*) und Dipteren (z. B. *Dolichopus*), ebenso bei den Strepisiteren ziemlich schnell vollzogen wird. Im Ganzen gehören jedoch solche Fälle immerhin zu den Ausnahmen und bei der grossen Mehrzahl der hierher gehörenden Thiere nimmt er sogar eine ungewöhnlich lange Zeit in Anspruch. Von den Maikäfern ist es allgemein bekannt, dass sie halbe oder ganze Tage lang in copula mit einander verbunden sind und bei den grösseren Bombyciden (z. B. *Saturnia Cecropia*) verharrt ein Pärchen selbst drei volle Tage unbeweglich bei diesem Aktus. Vielfach wechselnd ist die gegenseitige Position, welche die beiden Geschlechter während der Copulation einnehmen, indem dieselben einerseits durch Form und Lage des Copulationsorganes beim Männchen, andererseits auch durch das Grössenverhältniss des letzteren zum Weibchen bedingt wird. Ueberall, wo ein wirkliches Copulationsorgan mangelt, die Begattung aber trotzdem unter unmittelbarem Contact der beiderseitigen Genitalöffnungen vollzogen wird, ferner in denjenigen Fällen, wo, wie bei vielen parasitischen Crustaceen und zahlreichen Acarinen, das Männchen dem Weibchen sehr beträchtlich an Grösse nachsteht, findet sich ersteres an der Bauchseite des letzteren angeklammert und wird sich dann, wie besonders die Pygmäen-Männchen der Lernaedon und mancher Cirripeden, leicht der Beobachtung entziehen können. Auch bei den meisten höheren Crustaceen, bei den Chilognathen unter den Myriopoden,

bei den Scorpionen u. A. wird die Begattung von beiden Geschlechtern, Bauch gegen Bauch gekehrt, vollzogen. Dagegen scheint eine derartige Position unter den sich begattenden Insekten ganz zu fehlen; die beiden hier am häufigsten wiederkehrenden Stellungen sind vielmehr die, dass, wie bei den meisten Coleopteren, Orthopteren und Hemipteren, ebenso bei vielen Dipteren (*Musca*, *Sarcophaga*), das Männchen vom Weibchen auf dem Rücken getragen wird, welchen ersteres mit seinen Vorderbeinen umklammert, oder dass nach Art der Lepidopteren, Phryganiden und anderer Dipteren die mit der Hinterleibsspitze aneinander haftenden Geschlechter in gleicher Ebene mit dem Kopf nach der entgegengesetzten Seite gewandt sitzen. Bei manchen Bombyciden (*Saturnia*, *Endromis*) und Dipteren (*Tipula*, *Limnobia*) heftet sich das in der Regel sehr viel voluminösere Weibchen oft nur mit den vorderen Beinen an einem Zweige fest und lässt während der lange andauernden Copulation das Männchen, mit dem Kopfe senkrecht nach unten gerichtet, an der Spitze seines Hinterleibes frei herabhängen. Zu den seltener vorkommenden Begattungspositionen gehört diejenige der Gattung *Panorpa*, deren beide Geschlechter unter einem spitzen Winkel vereinigt nebeneinander sitzen, und unter denjenigen Insekten, welche die Copula im Fluge vollziehen, besonders diejenige der Honigbiene, der Ephemeriden und der Libellen. Während sowohl die sich hoch in der Luft begattende Bienenkönigin als das über dem Wasser schwebende Weibchen der Eintagsfliege sich auf den Rücken ihres Männchens niederlässt, um durch dieses befruchtet zu werden, ergreifen die männlichen Libellen mittels ihrer an der Hinterleibsspitze befindlichen Griffel oder Haltezangen den Nacken (das Pronotum) ihres Weibchens, um unter schlingenförmiger Verkettung ihrer beiderseitigen Hinterleiber während der Copula gemeinsam die Luft zu durchstreichen.

Ueberhaupt wird die Begattung von zahlreichen Arthropoden unter perpetueller und zum Theil selbst sehr rapider Ortsbewegung vollzogen oder, wenn eine solche durch Störung eines ruhenden Pärchens plötzlich veranlasst wird, durch diese wenigstens nicht unterbrochen. An vielen der im Wasser lebenden Gliederfüßler lässt sich dies in gleicher Weise wie an den Luftthieren beobachten. Die in copula vereinigten Pärchen der Cyclopiden und Daphniden durchkreuzen das Wasser in den hurtigsten und mannigfachsten Bewegungen und das sein Männchen auf dem Rücken tragende Dytiscus-Weibchen entflieht mit demselben der sich nahenden Gefahr. Die Weibchen vieler Tagfalter (*Pieris*, *Argynnis*, *Satyrus*) tragen das an ihnen haftende Männchen auf weite Strecken durch die Luft, von Blume zu Blume, um sich während des Begattungsaktes gleichzeitig am Honig der Blüthen zu sättigen und die Empis-Arten führen an klaren Sommerabenden, zu Paaren vereinigt, in grossen Gesellschaften lange andauernde Tänze über Teichen und Weihern auf. Das gemeinsame Auffliegen der in copula begriffenen Asilus-, Sarcophaga-, Zygæna-Arten ist eine täglich zu beobachtende Erscheinung, die besonders an ersterer

Gattung dadurch interessant wird, dass hier jedes der beiden Individuen häufig nach der entgegengesetzten Richtung zu fliegen bemüht ist.

Während sich die Arthropoden durch die längere Dauer und die Stetigkeit der Copulation selbst offenbar mehr den Schnecken und Würmern anschliessen, lassen sie in den Vorspielen zu derselben häufig die augenscheinlichsten Analogieen mit den höheren Wirbelthieren, insbesondere mit den Säugern und Vögeln erkennen. Auch hier beruht diese Aehnlichkeit wieder auf der Mannigfaltigkeit und der hohen Vollendung ihrer Bewegungen, wie sie der complicirten Gliederung des Haut- und Muskelsystemes entspricht und in welcher sich besonders bei den Männchen oft ein ungemein hoher Grad der Erregtheit und Geilheit dokumentirt. Schon die älteren Beobachter der Entomostraken, wie O. F. Müller und Jurine, verweilen mit besonderer Vorliebe bei der Beschreibung und bildlichen Darstellung des belustigenden Schauspieles, welches ein in den Vorspielen zu der Begattung begriffenes Cyclopiden-Pärchen darbietet, nachdem das Männchen dem von ihm begehrten Weibchen längere Zeit hindurch mit eifriger Verfolgung zugesetzt hat. Unter den Insekten sind es gleichfalls Gattungen der verschiedensten Ordnungen, welche bei diesem Vorhaben in gleich hohem Maasse das Interesse fesseln und von denen einige durch den buchstäblichen Liebestaumel, in welchen die Männchen bei ihren oft vergeblichen Begattungsversuchen verfallen, lebhaft an die possirlichen Geberden des Auerhahns und anderer Wirbelthiere erinnern. So gerathen z. B. die Männchen der interessanten Dipteren-Gattung *Dolichopus*, deren zahlreiche Arten fast den ganzen Sommer hindurch die Blätter unserer Sträucher und Sumpfpflanzen bevölkern, bei der Annäherung an ein vor ihnen sitzendes Weibchen in ein förmliches krampfhaftes Zittern sämmtlicher Körpertheile und führen dabei unter Ausspreizung ihres complicirten Genitalapparates die stürmischsten Tanzbewegungen aus. Diesen Anstrengungen der Männchen gegenüber, sich in den Besitz eines Weibchens zu setzen, versuchen letztere, wenigstens bei der ersten Annäherung, häufig zu entfliehen und oft bedarf es einer grossen Hartnäckigkeit von Seiten der Männchen, um zum Ziele zu gelangen. Auch hierfür liefern unter den Crustaceen die Cyclopiden und Daphnioiden, unter den Insekten besonders zahlreiche Dipteren und Hymenopteren täglich zu beobachtende Beispiele. Während sich jedoch bei diesen die Weibchen dem Andringen der Männchen höchstens zur Wehr setzen, vergelten die Araneinen die Begattungsversuche der meist sehr viel kleineren und schwächeren Männchen häufig sogar mit dem Tode, ein Lohn, welcher letzteren von Seiten der Weibchen nicht selten auch nach vollzogener Copula zu Theil wird. Andererseits fehlt es jedoch auch nicht an Fällen, wo die Weibchen eine ausnehmende Lüsternheit bekunden und die in ihrer Nähe befindlichen Männchen mit allen ihnen zu Gebote stehenden Mitteln zur Begattung anzustacheln versuchen; ganz besonders sind es die Weibchen mancher Bombyciden, wie z. B. des Seidenspinners (*Bombyx mori*), welche zu diesem Zwecke unter abwechselndem Heben und Senken

des Hinterleibes, unter Aufspreizung der Vulva u. s. w. die Männchen umkreisen.

Zur Begattung selbst wird von Seiten der Männchen zunächst das in der Leibeshöhle gelagerte Copulationsorgan, falls ein solches vorhanden ist, durch den ihm eigenen kräftigen Muskelapparat hervorgestülpt und in die weibliche Geschlechtsöffnung eingesenkt. In vielen Fällen scheint sich während dieses Aktus in dem männlichen Begattungsorgan ein beträchtlicher Turgor einzustellen, da es wenigstens bei den Insekten nicht selten des Aufwandes einer gewissen Gewalt bedarf, um ein in copula begriffenes Pärchen von einander zu trennen und es selbst nicht an Beispielen fehlt, wo das Männchen nach vollzogener Begattung selbst nicht im Stande ist, seinen Penis aus der weiblichen Vagina zu entfernen. Letzteres ist bekanntlich bei der Honigbiene der Fall, deren Weibchen (Königin), die losgetrennte männliche Ruthe als sicheres Zeichen der empfangenen Befruchtung in der Scheide tragend, von dem Hochzeitsfluge in den Stock zurückkehrt. Gleichviel, ob dieses Begattungsorgan der Drohne, wie man früher annahm, nach der Copulation abgerissen oder, wie man gegenwärtig mit grösserer Wahrscheinlichkeit vermuthet, von der Königin mit den Kiefern abgebissen wird: in jedem Fall werden für sein Steckenbleiben in der Vagina mechanische Hindernisse vorausgesetzt werden müssen.

Das in Spermatophoren eingeschlossene männliche Sperma wird, wie die Untersuchung eines eben befruchteten Arthropoden-Weibchens ergibt, zunächst in die Vagina oder, falls eine besondere Begattungstasche (viele Insekten) vorhanden ist, in diese entleert. Sein demnächstiger Verbleib ist je nach der Ausbildung der weiblichen Geschlechtsorgane ein verschiedener. Bei dem Mangel eines Receptaculum seminis, wie er viele Crustaceen und Arachniden charakterisirt und ausnahmsweise auch den Pupiparen unter den Insekten zukommt, verhartet die Samenflüssigkeit entweder in der Vagina, um die aus den Eiröhren in diese herabsteigenden Eier daselbst zu befruchten oder sie dringt, worüber bei gewissen Arthropoden-Formen kein Zweifel obwalten kann, in die Eiröhren selbst vor, um hier mit den Eiern in unmittelbarem Contact zu treten. Bei einigen theils lebendig gebärenden (*Scorpio*), theils in ihrer Entwicklung weit vorgeschrittene Eier legenden Arthropoden-Weibchen, wie z. B. den ovoviviparen Coccinen, ist der Nachweis von Spermatozoën in den Eiröhren durch Leuckart bereits direkt geführt worden und auch für andere, wie z. B. für die lebendig gebärenden *Phrynus*-Weibchen, kann ihr Vordringen bis in die Eiröhren insofern nicht zweifelhaft sein, als die Ovarien derselben gleich denen des Skorpions vollständig ausgebildete Embryonen enthalten. Immerhin gehören diese Fälle jedoch zu den Ausnahmen und die bei weitem verbreitetste Befruchtung findet bei den Arthropoden-Eiern in der Vagina statt. Aus dieser begiebt sich nämlich das Sperma in einer bis jetzt nicht näher bekannt gewordenen Weise kurze Zeit nach der Begattung durch den Ductus seminalis in das Receptaculum seminis, in

welchem es bei einem befruchteten Weibchen theils bereits frei, theils noch in Spermatophoren eingeschlossen, vorgefunden wird. Da eine Wimperbewegung auf der Innenwand der Vagina der Arthropoden durchweg fehlt, eine spontane Fortbewegung der Spermatophoren aber nicht wohl denkbar ist, so würde nur die Annahme übrig bleiben, dass der Uebergang des Spermas in das Receptaculum seminis durch die Muskulatur der Scheide bewirkt werde. Allerdings müsste die Aktion dieser Muskeln als eine sehr viel complicirtere gedacht werden, als sie bei dem Wiederausstossen der Spermatozoën aus dem Receptaculum seminis bei der Befruchtung der die Vagina passirenden Eier vor sich geht, da hierfür nur eine Contraktion der meist aus stark muskulösen Wandungen versehenen Capsula seminalis von Nöthen ist. Eine solche wiederholt sich nämlich unter jedesmaliger Ausstossung einer geringen Quantität von Samenflüssigkeit so oft, als ein zum Legen reifes Ei durch die Vagina herabgleitet, um dieses in einer sogleich näher zu erörternden Weise zu befruchten. Wie bereits erwähnt, reicht der in der Samenkapsel befindliche Vorrath von Sperma bei einmaliger Befruchtung (Insekten) für sämtliche, oder bei öfter wiederholter (höhere Crustaceen und Arachniden) wenigstens für alle zur Zeit in den Ovarien zur Entwicklung kommenden Eier aus.

Die zur Befruchtung reifen Eier der Arthropoden, welche meist eine im Verhältniss zum Mutterthiere geringe, bei manchen kleineren Formen (z. B. *Pulex*, *Pediculus*) jedoch eine ansehnliche Grösse zeigen, lassen sehr allgemein eine doppelte Hülle erkennen, von denen die innere, den Dotter unmittelbar umschliessende stets so zart ist, dass sie beim Sprengen des Eies sofort collabirt, während die äussere, das sog. Chorion, meist eine sehr viel derbere, oft sogar eine feste, brüchige Consistenz besitzt. So allgemein jedoch die gleichzeitige Anwesenheit dieser beiden Eihüllen nachweisbar ist, so scheint doch unter Umständen bald die eine, bald die andere auch fehlen zu können. Weniger sicher ist dies allerdings für die Dotterhaut, welche von Rathke und Stein bei mehreren darauf speziell untersuchten Insekteneiern, von ersterem z. B. bei *Hydrometra*, *Naucoris* und einigen Lepidopteren (*Geometra*, *Liparis*) vermisst, vielleicht aber dennoch vorhanden ist; wenigstens stimmen Meissner und Leuckart bei ihren sich auf eine grosse Anzahl von Formen erstreckenden Untersuchungen darin überein, dass sie bei den Eiern der Insekten in allen Fällen nachweisbar sei. Kaum zu bezweifeln dagegen ist das Fehlen des Chorion an den Eiern einzelner niedriger organisirter Crustaceen, deren Weibchen dieselben nach der Befruchtung nicht absetzen, sondern sie, wie die Cyclopiden, *Branchipus* u. A., in schlauch- oder sackartigen, durch das Sekret der Kittdrüsen producirten Eierbehältern bis zur vollständigen Entwicklung der Brut mit sich herumtragen. In der That scheint hier der Dotter nur von einer einfachen, durchscheinenden Hülle umschlossen zu sein und der Mangel des Chorion dadurch ersetzt zu werden, dass jedes einzelne Ei innerhalb des Sackes noch in einer



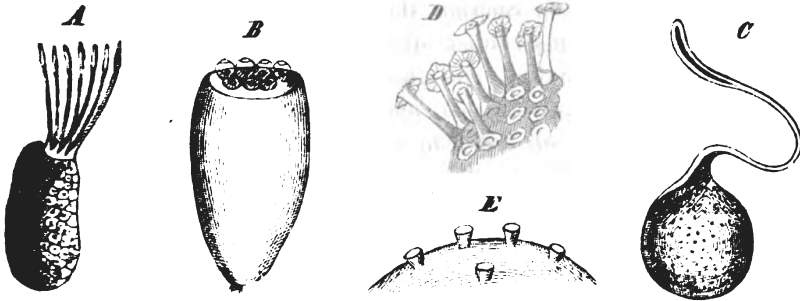
besonderen, abgeschlossenen Zelle gelagert und hierdurch hinreichend geschützt ist. — Der von der strukturlosen, durchaus homogenen Dotterhaut umschlossene Einhalt lässt häufig eine intensive Färbung in Blau, Gelb, Braun u. s. w. erkennen und enthält in einer eiweissartigen Flüssigkeit neben einer feinkörnigen Substanz mehr oder minder zahlreiche Fettkügelchen suspendirt, von welchen die dem Dotter eigenthümliche Färbung herrührt. Neben dem den Arthropoden-Eiern allgemein zukommenden, aber oft schon frühzeitig verschwindenden Keimbläschen findet sich im Dotter einiger Araneinen noch ein besonderer runder Kern von feinkörniger, fester Beschaffenheit, welcher bei der Entwicklung des Eies unzweifelhaft eine wichtige Rolle spielt. Derselbe zeichnet sich nach v. Siebold's Betrachtungen gegen den übrigen Inhalt des Eies bei durchfallendem Lichte durch seine schmutzig gelbe Farbe aus und scheint noch ein centrales Kernkörperchen zu enthalten.

Für die in neuerer Zeit durch v. Siebold, Leuckart und Meissner direkt beobachtete Befruchtung der Arthropoden-Eier mittels der Spermatozoën ist vor Allem die genauere Kenntniss des Chorion sowohl in Betreff seines allgemeinen Verhaltens als seiner feineren Struktur von Wichtigkeit. Indem dasselbe dem Ei seinen Abschluss nach aussen giebt, verleiht es demselben seine nach den Familien und Gattungen allerdings die mannigfachsten Verschiedenheiten zeigende Form; denn wenngleich auch unter den Arthropoden die vollständige oder wenigstens annähernde Kugelform die bei weitem am häufigsten vorkommende ist, so fehlt es doch nicht an allen Uebergangsstufen, welche zwischen jener und der cylindrischen oder lineären einer- und der linsen- oder tellerartigen Gestalt andererseits denkbar sind. Ebenso wenig fehlen exceptionelle und selbst abenteuerlich aussehende Bildungen, wie sie sich z. B. in strahlenförmigen Ausläufern des einen Endes (*Nepa, Ranatra*), in stiel förmigen Verlängerungen (*Cynips, Ophion*), in horn- oder mützenartigen Aufsätzen und dergl. zu erkennen geben. Hauptsächlich sind es die mit dergleichen Auszeichnungen versehenen, im Uebrigen besonders die nach einer Axe hin auffallend verlängerten Arthropoden-Eier, an welchen sich mit Leichtigkeit zwei Pole unterscheiden lassen, von denen derjenige, mit welchem das Ei innerhalb der Ovarien dem vorderen blinden Ende der Eiröhre zugewandt ist, als der vordere oder obere, der diesem entgegengesetzte dagegen als der hintere oder untere Eipol bezeichnet wird. Aber auch bei denjenigen Eiern, welche ihrer Kugelform halber diese beiden Pole nicht deutlich hervortreten lassen, sind sie virtuell dennoch vorhanden, da dem vorderen stets das Kopfende des sich aus dem Dotter hervorbildenden Embryo entspricht, während das hintere in sehr zahlreichen Fällen Haftapparate besitzt oder beim Ablegen des Eies wenigstens zu seiner Fixirung benutzt wird. Sehr viel seltener lässt sich auch eine Rücken- und Bauchseite am Eie unterscheiden, nämlich nur in den Fällen, wo, wie z. B. bei vielen Dipteren- und Orthopteren-Eiern, bei Verlängerung der einen Axe zugleich eine Auskrümmung der einen

und eine Einbuchtung der anderen Längsseite bemerkbar ist. Da in solchen Fällen stets die Bauchseite des Embryo der convexen Seite des Eies entspricht, ist die concave Fläche der letzteren als seine Rücken-  
seite anzusehen.

Gleich der Form ist auch die Consistenz und die mikroskopische Struktur des Chorion vielfachen Abänderungen unterworfen. Von sehr viel geringerer Derbheit und nicht selten deutlich nachgiebig, oft sogar halb durchscheinend und von der darunter liegenden Dotterhaut an Festigkeit wenig unterschieden ist das Chorion z. B. besonders an solchen Eiern, welche ihre Entwicklung im Wasser durchzumachen haben, daher diese sich auch bei weitem am besten zur Beobachtung der in ihm auftretenden Entwicklungsvorgänge eignen. Von beträchtlicher Starrheit und Dicke zeigt es sich ganz allgemein bei allen denjenigen Eiern, welche, wie die der meisten Lepidopteren, frei auf die Oberfläche der Blätter, der Baumrinde u. s. w. abgelegt werden und daher ebenso wohl der Einwirkung der Atmosphäre als den Angriffen zahlreicher Feinde Trotz zu bieten haben. Gerade diese mit hartem, oft brüchigem Chorion versehenen Eier sind es auch, bei welchen letzteres die ausgeprägteste Skulptur seiner Oberfläche erkennen lässt. Während sich sonst in der Regel nur eine mosaikartige Felderung durch mehr oder weniger reguläre Facetten, in vielen Fällen (besonders bei kleinen Eiern) selbst nur eine gleichmässige feine Granulirung der Oberfläche nachweisen lässt, finden sich an dem Chorion jener häufig die zierlichsten Leisten- und Rippenbildungen mit tiefen Gruben, Furchen u. dgl. abwechselnd, nicht selten auch eine Durchsätzung mit zahlreichen Porenkanälen vor: Einrichtungen, welche offenbar die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure an die Atmosphäre zu vermitteln bestimmt sind. Ausser diesen meist die ganze Oberfläche des Chorion auszeichnenden Strukturverhältnissen findet sich aber gewöhnlich am vorderen Eipole allein, seltener (*Pulex*) an beiden noch eine Vorrichtung, welche in specieller Beziehung zu der Befruchtung des Eies steht. Eine Einwirkung der Spermatozoën auf den Dotter durch die starre Chitinhülle des Eies hindurch würde nicht stattfinden können, wenn ersteren nicht durch die letztere ein direkter Weg gebahnt wäre: und ein solcher findet sich, wie es die ausgedehnten Untersuchungen Leuckart's an zahlreichen Insekten-Eiern und mehr vereinzelte Beobachtungen an den Eiern verschiedener Crustaceen ausser Zweifel stellen, auch unter den Arthropoden in grosser Allgemeinheit vor. Es wird nämlich die Hülle des Eies gewöhnlich am vorderen Eipole theils durch einen einzelnen, theils durch eine Anzahl nahe bei einander liegender Porenkanäle durchsetzt, welche im Chorion mit verschieden gestalteten Oeffnungen, dem sogenannten Micropyl-Apparat endigen und um welche sich das aus dem Receptaculum seminis hervortretende Sperma in Form eines Pfropfes herumlagert. An grösseren Schmetterlingseiern ist diese Micropyle am abgestutzten freien Ende schon mit blossem Auge als abweichend gefärbtes Pünktchen oder

Fig. 30.



Micropyle-Apparat verschiedener Insekten-Eier (nach Leuckart). A. Von *Nepa cinerea* (Profil-Ansicht des Eies). B. Von *Pediculus capitis*. C. Das in einen hohlen Schlauch endigende Ei von *Cynips quercus*. D. Ein Stück des Chorions von *Locusta viridissima*. E. Oberer Eipol mit den Micropylen von *Pyrrhocoris apterus*.

Grübchen zu bemerken und als solches auch schon von den älteren Beobachtern bemerkt worden. Wo, wie bei den meisten Dipteren-Eiern, eine einfache Micropyle vorhanden ist, erscheint sie meist in der Form einer trichterförmigen Einsenkung; bei zahlreichen Oeffnungen sind diese verschieden gestellt und geformt, bald rosettenförmig angeordnet und flach, bald weiter auseinander stehend und hervorragende Trichter darstellend. In allen Fällen findet das Eindringen der Spermatozoën durch diese Oeffnungen statt, wie dies eben befruchtete, aus der Vagina hervortretende Eier häufig noch erkennen lassen; die Befruchtung des Dotters erfolgt dadurch, dass die in ihn herableitenden Samenfäden daselbst aufgelöst werden, ein Vorgang, welcher sich nach wiederholten Beobachtungen an verschiedenen Insekten meist schon binnen wenigen Minuten vollzieht.

Dass nun ein derartiger inniger Contact zwischen den reproduktori-schen Elementen beider Geschlechter, wie man ihn für das Thierreich im Allgemeinen als die *conditio sine qua non* der Entwicklung eines neuen Organismus lange Zeit hindurch anzusehen berechtigt war, auch für die Arthropoden im Grossen und Ganzen seine volle Giltigkeit habe, kann nach tausendfach wiederholten Beobachtungen und Erfahrungen nicht dem mindesten Zweifel unterliegen. Fast jedem der zahlreichen Sammler und Beobachter von Insekten ist es aus eigener Erfahrung zur Genüge bekannt, dass die Eier, welche ein unmittelbar nach dem Ausschlüpfen aus der Puppe aufgespiesstes Weibchen eines Spinners unbefruchtet ablegt, schon kurze Zeit nachher als nicht entwicklungsfähig zusammenschrumpfen. So unzweifelhaft jedoch dies als die Regel anzusehen ist, ebenso wenig kann es nach den gegenwärtig vorliegenden Beobachtungen einem Zweifel unterliegen, dass von dieser Regel gerade bei den Arthropoden eine nicht unansehnliche Zahl von Ausnahmen existirt; das Vorkommen einer *Lucina sine concubitu* in Abrede stellen zu wollen, würde heut zu Tage mit der Verleugnung unumstösslicher Thatsachen identisch sein. Die vollständig gesicherte und vielfach bestätigte Beobachtung,

dass unter Umständen die Entwicklung von Eiern auch ohne den Contact mit dem männlichen Sperma theils ausnahmsweise, theils constant vor sich gehen kann, lässt aber die bisherige Annahme, wonach dem Eie und der Samenflüssigkeit ein gleicher Antheil an der Hervorbildung neuer Individuen zu vindiciren sei, als durchaus hinfällig erscheinen. Sie muss vielmehr dem Eie als solchem von vornherein die Fähigkeit, einen neuen Organismus zu entwickeln, zugestehen, nur dass diese Fähigkeit in der Mehrzahl der Fälle erst durch Einwirkung des männlichen Sperma zur Erscheinung gelangt.

Diese mit dem Namen der Parthenogenesis nach v. Siebold's Vorgange belegte Fähigkeit weiblicher Individuen, ohne vorhergegangene Befruchtung entwickelungsfähige Eier zu produciren, beschränkt sich unter den Arthropoden nach den bisherigen Beobachtungen auf verschiedene Insekten- und Crustaceen-Formen. In der Classe der Myriopoden ist bis jetzt keine, in derjenigen der Arachniden nur ein Paar ganz vereinzelte und nichts weniger als verbürgte Beobachtungen über die Entwicklung jungfräulicher Eier zur Kenntniss gekommen. In Betreff der zur vollen Evidenz dargethanen Fälle von parthenogenetischer Fortpflanzung muss es vor Allem überraschen, den vollständigen Mangel irgend einer Gesetzmässigkeit sowohl in Rücksicht ihres Vorkommens, als der durch sie erzielten Produkte wahrzunehmen. Bald tritt sie als vereinzelter Ausnahmefall bei solchen Arthropoden auf, für welche sich die durch reguläre Begattung bedingte Fortpflanzung als so allgemein gültig herausgestellt hat, dass man jede Abweichung hiervon als auf Irrthum beruhend zurückweisen zu müssen glaubte (*Bombycidae*); bald erweist sie sich als für gewisse Gattungen und Arten constant, bald je nach den Individuen derselben Art unbeständig (*Coccina*). In anderen Fällen bei einer und derselben Art neben der geschlechtlichen Fortpflanzung vorkommend, überwiegt sie diese bald an Häufigkeit um ein Beträchtliches, bald steht sie ihr in dieser Beziehung nach oder annähernd gleich: endlich ist sie hier der ausschliesslichen Erzeugung des einen Geschlechtes (bald Männchen, bald Weibchen), dort der unterschiedslosen Produktion beider gewidmet.

1) Eine exceptionelle Parthenogenesis ist bis jetzt ausschliesslich bei verschiedenen Schmetterlingen aus den Familien der Sphingiden und Bombyciden, so wie in neuester Zeit bei einer vereinzelten Blattwespe, bei diesen aber mit voller Evidenz zur Beobachtung gekommen.

a) Schmetterlinge aus den Familien der Sphingiden und Bombyciden. — Vereinzelte hierher gehörige Beobachtungen liegen bereits seit dem Anfange des 18. Jahrhunderts (1701) vor, wurden aber von den Zeitgenossen und Nachfolgern ihrer Autoren nach dem als unerschütterlich angesehenen Grundsatz: „*Lucina sine concubitu nulla*“ in ihrer Glaubwürdigkeit angetastet und bestritten. In der That gewähren nicht alle diese Fälle die Ueberzeugung, dass bei der Beobachtung nicht ein Irrthum untergelaufen sei und nicht mit Unrecht machen die There-

sianer und der Pastor Scheven darauf aufmerksam, dass bei dem sehr entwickelten Witterungsvermögen und der Begattungswuth vieler Bombyciden-Männchen leicht eine Copulation des betreffenden Weibchens, ohne dass sie bemerkt worden wäre, vor sich gegangen sein könne. In keinem Falle können aber solche Zweifel, zu denen jene älteren Autoren ihren Erfahrungen und Anschauungen nach eine nicht abzustreitende Berechtigung haben mochten, auch noch gegenwärtig, wo man den Beweis des Gegentheiles vor sich hat, aufrecht erhalten und am wenigsten auf alle jene Beobachtungen, unter denen sich durchaus glaubwürdige finden, ausgedehnt werden. Erfahrungsgemäss zeichnen sich gerade jene älteren Beobachter durch eine besondere Sorgfalt und Treue in der Wiedergabe ihrer mit gehöriger Musse angestellten Wahrnehmungen aus und es möchte z. B. kaum irgend ein triftiger Grund dafür vorhanden sein, gerade die erste aus dem J. 1701 datirende Beobachtung des Dr. Albrecht: „De Insectorum ovis sine praevia maris cum foemella conjunctione nihilominus nonnunquam foecundis“ in ihrer Beweiskraft anzuzweifeln, da der Verf. selbst die Möglichkeit einer Befruchtung des „unter einem Glase“ aus der Puppe gekrochenen Bombyciden-Weibchens mit Bestimmtheit in Abrede stellt. Ebenso wenig wird man auch die Versicherungen glaubwürdiger und durch sorgsame Untersuchungen bewährter Forscher, wie Suckow, Treviranus, Alex. v. Nordmann u. A., wie es v. Siebold thut, nur aus dem Grunde in Zweifel ziehen können, weil sie der spezielleren Angaben über die Anwendung aller die betreffende Beobachtung sichernden Cautelen ermangeln. Indessen selbst angenommen, alle jene älteren Fälle gewährten nicht die Ueberzeugung, dass sich die Raupen aus den Eiern eines unzweifelhaft als jungfräulich nachgewiesenen Weibchens entwickelt hätten, so würde dies dem Faktum, dass solches mitunter geschehe, keinen Eintrag thun; denn in neuester Zeit ist an verschiedenen Weibchen des *Bombyx mori*, deren Jungfräulichkeit durch alle Vorsichtsmaassregeln gesichert wurde, durch Schmid, v. Siebold, Barthélemy, Jourdan u. A. derselbe Vorgang in übereinstimmender Weise beobachtet worden. Sowohl bei dieser Art als bei *Smerinthus populi* — aus den jungfräulichen Eiern eines abgesperrten Weibchens dieser Art wurden von Dr. Kipp die Raupen erzogen — stellte sich als Ergebniss der Parthenogenesis eine fast gleiche Zahl fruchtbarer Männchen und Weibchen heraus, welche, mit einander begattet, auch ihrerseits entwickelungsfähige Eier producirten.

Die bisher beobachteten oder wenigstens als solche in Anspruch genommenen Fälle von Parthenogenesis bei Schmetterlingsweibchen betreffen begreiflicher Weise fast durchweg die am häufigsten bei uns vorkommenden Arten und einige derselben sogar mehrfach. Eine Zusammenstellung derselben mit Hinzufügung der Namen ihrer Beobachter mag hier, als dem Interesse des Gegenstandes entsprechend, beifolgen\*):

\*) Vgl. hierüber: v. Siebold, Wahre Parthenogenesis bei Schmetterlingen und Bienen, S. 16 ff. — J. Lubbock in: Philosoph. Transact. of the Royal soc. of London, Vol. 147, pt. 1.

- Sphinx ligustri* 1 mal (Treviranus).  
*Smerinthus populi* 4 mal (v. Nordmann, Brown, Newnham, Kipp).  
*Smerinthus ocellatus* 1 mal (Johnston).  
*Euprepia caja* 5 mal (Brown, Lehocq, Robinson, Schlapp, Barthélemy).  
*Euprepia villica* 1 mal (Stowell).  
*Saturnia Polyphemus* 2 mal (Curtis, de Filippi).  
*Gastropacha pini* 3 mal (Scopoli, Suckow, Lacordaire).  
*Gastropacha quercifolia* 1 mal (Basler).  
*Gastropacha potatoria* 1 mal (nach Burmeister).  
*Gastropacha quercus* 1 mal (Plieninger).  
*Liparis dispar* 1 mal (Carlier).  
 „*Egger moth*“ (? *Liparis dispar*) Tardy (nach Westwood).  
*Liparis ochropoda* 1 mal (Popoff).  
*Orgyia pudibunda* 1 mal (Werneburg).  
*Psyche apiformis* 1 mal (Rossi).  
*Bombyx (Sericaria) mori* verschiedene Male (vgl. oben!)

In dem von Carlier an *Liparis dispar* und in gleicher Weise in dem von Tardy an der „*Egger moth*“ (?) beobachteten Fall erfolgte nach Angabe der Verf. eine dreimalige Generation durch Parthenogenesis; bei *Liparis dispar* ergab die dritte derselben nur Männchen. — Wenn Scopoli das von ihm als parthenogenetisch befundene Weibchen der *Gastropacha pini* als einen Zwitter angiebt, welcher sich selbst befruchtet habe, so beruht dies offenbar nur auf einer Annahme des Verf.s, welcher dadurch das Aussergewöhnliche der Erscheinung zu erklären suchte.

b) *Tenthredo (Nematus) ventricosus* Klug. — Vor Kurzem wurde von H. Kessler\*) die interessante Beobachtung mitgetheilt, dass sich die von ihm aus Puppen erzogenen Weibchen der genannten Blattwespe, ohne begattet worden zu sein, sobald sie auf Stachelbeerzweige gebracht wurden, sofort daran machten, auf diese ihre Eier abzusetzen. Aus diesen entwickelten sich Larven, welche bei mehreren geglückten Zuchtversuchen ausschliesslich männliche Blattwespen lieferten. Die durch Claus vorgenommene Untersuchung der betreffenden Weibchen ergab ihre Jungfräulichkeit, d. h. die Leerheit des Receptaculum seminis.

2) Eine constante, gewissermassen als regulär zu bezeichnende Parthenogenesis, wie sie bereits im J. 1755 durch Schäffer für die Gattungen *Daphnia* und *Apus* unter den Crustaceen experimentell festgestellt worden ist, tritt nach den während der letzten 12 Jahre gemachten Beobachtungen auch bei verschiedenen Insektenformen aus den Ordnungen der *Lepidoptera*, *Hymenoptera* und *Hemiptera* auf,

p. 95 f. — A. Keferstejn, Ueber jungfräuliche Zeugung bei Schmetterlingen in: Stett. Entom. Zeitung XXII. S. 438 ff. — Gerstäcker, Bericht über die wissenschaftl. Leistungen im Gebiete der Entomologie während des J. 1856 u. ff.

\*) H. Kessler, Die Lebensgeschichte von *Ceutorhynchus sulcicollis* Gyll. und *Nematus ventricosus* Klug. Beitrag zur Kenntniss und Vertilgung schädlicher Garten-Insekten. Cassel, 1866. (65 S. in 8°.)

deren nächste Verwandte sich in der gewöhnlichen Weise durch Begattung fortpflanzen. Ohne Zweifel werden weitere Forschungen die Zahl der folgenden, bis jetzt zur Kenntniss gekommenen Fälle noch vermehren, besonders aber verschiedene den letzteren noch anhaftende Zweifel und Lücken erledigen.

c) Parthenogenesis der Lepidopteren-Gattungen *Psyche* und *Solenobia*. — Auch für mehrere der Gattungen *Psyche* und *Solenobia* angehörende Arten liegen Beobachtungen über parthenogenetische Fortpflanzung der wurmförmigen, flügellosen Weibchen schon aus den älteren Perioden entomologischer Forschung, besonders von Schrank, Réaumur, Pallas, de Geer und Scriba vor. Zum Theil sind die Angaben dieser Autoren über das Ablegen jungfräulicher Eier von Seiten jener Arten in ihrer Richtigkeit allerdings zu beanstanden, da sie Larven vor sich zu haben glaubten, wo es sich bereits um wirkliche und möglicher Weise befruchtete Weibchen handelte. Durch die neueren Beobachtungen von Speyer, Reutti, v. Siebold, Leuckart, Hofmann u. A. ist indessen wenigstens für drei hierher gehörige Arten: *Psyche helix* v. Sieb., *Solenobia lichenella* Lin. und *triquetrella* Fisch. Rösslerst. die parthenogenetische Fortpflanzung durch Aufzucht mehrerer, ohne stattfindende Begattung auf einander folgenden Generationen ausser Zweifel gestellt. Die aus den Untersuchungen der genannten Forscher sich ergebenden Resultate stimmen in folgenden Punkten überein: 1) Die flügellosen, wurmförmigen Weibchen sind alljährlich in zahlreichen Individuen vorhanden, während die geflügelten Männchen nicht nur sehr sparsam, sondern auch sehr viel lokaler auftreten. Nachdem man z. B. Jahre lang aus den Helix-förmigen Raupensäcken der *Psyche helix* stets nur Weibchen erzogen, ist das Männchen erst vor Kurzem durch Claus zur Kenntniss gekommen. 2) Es existirt nur eine Form von Weibchen; sowohl diejenigen, welche von Männchen befruchtet werden, als diejenigen, welche sich spontan vermehren, haben nach Art der übrigen Schmetterlings-Weibchen eine doppelte Geschlechtsöffnung, so wie das Receptaculum seminis ausgebildet. Die sehr viel häufigere Fortpflanzung findet durch die parthenogenetischen Weibchen statt, welche ohne Befruchtung sogleich nach dem Verlassen der Puppe Eier ablegen, aus denen sich Raupen entwickeln. Diese liefern ausschliesslich nur wieder Weibchen, welche in mehreren Generationen hinter einander producirt werden können. 4) Die durch Männchen begatteten Weibchen legen Eier, aus deren Raupen sich (nach Hofmann's Beobachtung an *Solenobia triquetrella*) fast zu gleichen Theilen Männchen und Weibchen entwickeln. — Die parthenogenetische Fortpflanzung dieser Sackträger ist mithin auf massenhafte Produktion weiblicher Individuen gerichtet.

d) Parthenogenesis der Gallwespen-Gattungen *Cynips* und *Neuroterus* (vielleicht auch *Apophyllus*). — Hartig\*), welcher aus

\*) Ueber die Familien der Gallwespen in: Germar's Zeitschr. f. d. Entomol. II. p. 178. — Zweiter Nachtrag zur Naturgeschichte der Gallwespen (ebenda IV. p. 398).

den Gallen von *Cynips divisa* gegen 10,000, aus denen von *Cynips folii* 4000 Individuen erzog, fand unter denselben niemals ein Männchen; auch schickten sich nach seiner Beobachtung die Weibchen der letzteren Art sofort nach dem Ausschlüpfen aus der Galle zum Ablegen ihrer reifen Eier an. Hiermit übereinstimmend ist die Angabe Dufour's, wonach alle von ihm erzogenen, sehr zahlreichen Individuen der *Cynips gallae tinctoriae* ausschliesslich Weibchen waren, deren Ovarien von vollständig entwickelten Eiern strotzten; das Männchen blieb ihm auch von dieser Art unbekannt. Ob die Männchen dieser von Hartig als „agame Cynipiden“ bezeichneten Gattungen ebenfalls nur sporadisch auftreten, ob sie etwa als Parasiten in anderen Insekten leben und deshalb übersehen worden sind, ist bis jetzt nicht ermittelt. Von einer nordamerikanischen Cynips-Art (*C. spongifica* Ost. Sack.) will Walsh in neuester Zeit allerdings das Männchen entdeckt und gleichfalls aus Gallen erzogen haben; doch glaubt er, dass bei dieser das Weibchen in zwei Formen und Generationen auftrete, von denen die zweite ausschliesslich aus Weibchen besteht, welche vermuthlich ebenfalls spontan Gallen erzeugen. — So lückenhaft hiernach die Kenntniss von der Fortpflanzung und den sexuellen Verhältnissen der genannten Cynipiden-Gattungen ist, so kann doch die Parthenogenesis der Weibchen kaum einem Zweifel unterliegen; auch hier läuft dieselbe auf Massen-Produktion weiblicher Individuen hinaus.

e) Parthenogenesis bei den mit rudimentären Fortpflanzungsorganen versehenen Weibchen (Arbeitern) der geselligen Hymenopteren. — Eine Begattung dieser sogenannten Neutra ist bald (*Apis mellifica*) wegen der Kürze und Enge der Vagina, so wie wegen der rudimentären Entwicklung des Receptaculum seminis überhaupt nicht möglich, bald (*Bombus*, *Vespa*) findet sie erfahrungsmässig, wie die von Spermatozoën stets freie Samentasche ergibt, wenigstens nicht statt. Trotzdem ist die Produktion von legereifen Eiern in den rudimentären Eiröhren der Bienen-, Hummel-, Wespen- und Ameisen-Arbeiter eine häufig zu beobachtende Erscheinung und auch das Ablegen, so wie die Entwicklung derselben zu Larven keineswegs selten. In einem Bienenstocke treten die hier als „Drohenmütterchen“ bezeichneten eierlegenden Arbeiter in geringerer oder beträchtlicherer Zahl ganz allgemein in allen denjenigen Fällen auf, wo der Stock durch irgend einen Umstand seiner Königin verlustig geht, d. h. weiselos geworden ist. Nach der übereinstimmenden Erfahrung aller Bienenzüchter wird der Stock in diesem Falle drohenbrütig, denn alle von den zum Legen befähigten Arbeitern abgesetzten Eier, welche einer Befruchtung nicht theilhaftig werden können, entwickeln sich zu männlichen Bienen. Was bei der Honigbiene nur in Ausnahmefällen, scheint nach Huber's Beobachtungen bei den Hummeln (*Bombus*) der Regel nach stattzufinden, indem die gleichfalls nur als Arbeiter anzusprechenden „kleinen Königinnen“ ununterbrochen Eier zur Aufzucht von Männchen absetzen. Dasselbe ist ohne Frage auch bei den Ameisen- und erwiesenermaassen bei den



Wespen-Arbeitern der Fall, da erstere nach Leuckart's und Lespés' Untersuchungen sehr häufig mit legereifen Eiern in den Eiröhren versehen sind, letztere sogar bei dem Ablegen solcher in die Zellen zur Beobachtung gekommen sind. Nur dartüber sind bei den Wespen die Untersuchungen noch nicht geschlossen, ob sich aus diesen von Arbeitern herrührenden Eiern ausschliesslich Männchen, oder, wie es nach Smith's Angabe von Ormerod und Stone sicher beobachtet und festgestellt worden sein soll; mitunter auch Arbeiter (Weibchen) entwickeln können.

f) Parthenogenesis bei den eigentlichen, begattungs- und fortpflanzungsfähigen Weibchen der geselligen Hymenopteren. — Von solchen ist bisher nur die Bienenkönigin zur genauen Beobachtung gekommen, bei dieser aber eine Form von Parthenogenesis nachgewiesen, welche an Complicirtheit und Wunderbarkeit alle anderen bisher bekannt gewordenen Fälle übertrifft. Bekanntlich ist die Königin das einzige begattungsfähige Weibchen im Stocke; die Weite ihrer Geschlechtsöffnung und Scheide befähigen sie im Gegensatz zu den Arbeitern, das verhältnissmässig voluminöse Begattungsorgan der Drohne in sich aufzunehmen, der Umfang ihres Receptaculum seminis dazu, das männliche Sperma jahrelang zu conserviren. Die Begattung durch eines der Männchen findet stets im Fluge, hoch in der Luft, dagegen niemals im Stocke statt; Königinnen mit verkrüppelten Flügeln (flügellahme Königinnen) sind daher einer Befruchtung unzugänglich. Verschiedene durch Dzierzon, v. Berlepsch, v. Siebold und Leuckart untersuchte derartige Individuen erwiesen sich stets als jungfräulich, d. h. ihr Receptaculum seminis war leer von Spermatozoën. Dasselbe wurde von mir selbst an auffallend kleinen Königinnen der ägyptischen Bienen-Race (*Apis mellifica*, var. *fasciata* Latr.), welche sich in grösserer Anzahl in einem Stocke vorfanden, den Hochzeitsflug aber nicht ausgeführt hatten, nachgewiesen und darauf durch v. Siebold bestätigt. Letztere hatten aber bereits vor ihrer, zum Behuf der Untersuchung ausgeführten Entfernung aus dem Stocke in gleicher Weise zahlreiche Drohnenzellen mit Eiern belegt, wie dies bei den flügellahmen Königinnen eine den Bienenzüchtern allgemein bekannte Thatsache ist und wie es auch häufig bei solchen Königinnen zur Beobachtung kommt, welche ursprünglich zwar befruchtet worden sind, aber entweder nach längerer Lebensdauer ihren Samenvorrath erschöpft haben oder nach einer Quetschung des Hinterleibes und des Receptaculum seminis nicht mehr befähigt sind, aus letzterem Spermatozoën hervortreten zu lassen. In allen diesen Fällen wird auch bei Anwesenheit einer Königin durch diese, in gleicher Weise wie durch die oben erwähnten Drohnenmütterchen, ein Stock „drohnenbrütig“, d. h. es werden in demselben keine weiblichen Individuen mehr, sondern ausschliesslich Männchen producirt. Die Erzeugung der ersteren wird demnach nur von einer durch eine Drohne begatteten und mit Samenvorrath im Receptaculum seminis versehenen Königin bewirkt. Diese durch die Erfahrung gewonnenen und sich als constant erweisenden Thatsachen führten den

scharfsinnigen Bienenzüchter, Pfarrer Dzierzon in Carlsmarkt, zu der These, dass auch die befruchtete Bienenkönigin nur die zur Aufzucht von Weibchen (Königinnen sowohl als Arbeitern) bestimmten Eier mit Spermatozoën befruchte, während sie die Drohnen-Eier unbesamt durch die Scheide herabgleiten lasse. Nachdem diese Theorie, so sehr sie auch an das Wunderbare streifte und so wenig sie auch mit den allgemein als gültig angesehenen Zeugungs-Gesetzen harmonirte, eine neue Stütze durch die Zuchtversuche mit italienischen Bienen erhalten hatte — indem sich nämlich bei der Befruchtung einer deutschen Königin durch eine italienische Drohne (oder umgekehrt) nur die weiblichen Individuen durch ihre Farbe als Mischlinge erwiesen, die Männchen (Drohnen) dagegen stets nach der Mutter ausschlugen — wurde sie durch die von v. Siebold vorgenommene Untersuchung der Eier beider Geschlechter als korrekt bestätigt. Alle von ihm unmittelbar nach dem Ablegen unter das Mikroskop gebrachten Drohnen-Eier erwiesen sich nämlich als unbefruchtet, während die unter gleichen Verhältnissen beobachteten Arbeiter-Eier der Mehrzahl nach in ihrem Inneren theils bereits erstarrte, theils noch sich bewegende Samenfäden (zu 1 bis 4) enthielten. — Im Gegensatz zu der Parthenogenesis der Sackträger-Weibchen bezweckt demnach diejenige der Bienenkönigin sowohl als der bei den geselligen Hymenopteren vorkommenden Arbeiter die ausschliessliche Erzeugung männlicher Individuen.

g) Parthenogenesis bei den Coccinen-Gattungen *Lecanium* und *Aspidiotus* und bei der Aphiden-Gattung *Chermes*. — Nach Leuckart's Untersuchungen sind die mit regulär ausgebildeten Geschlechtsorganen versehenen Weibchen von *Lecanium hesperidum* stets unbefruchtet, entwickeln aber trotzdem in den ihre Eiröhren füllenden Eiern Embryonen. Auch alle älteren Weibchen des *Aspidiotus nerii*, deren Geschlechtsorgane gleichfalls mit Eiern in allen Stadien der Embryonal-Entwicklung versehen sind, erwiesen sich ihm als jungfräulich, während sich bei jüngeren Spermatozoën auffinden liessen. Die Weibchen einer dritten Art, des *Coccus adonidum*, erwiesen sich dagegen stets als befruchtet. — Bei der merkwürdigen Aphiden-Gattung *Chermes*, von welcher mit Sicherheit überhaupt nur Weibchen bekannt sind, findet gleichfalls eine Fortpflanzung ohne Befruchtung statt; die aus überwinterten Eiern hervorgehenden Weibchen des *Chermes abietis* und *pini* zeigen das Receptaculum seminis stets leer von Spermatozoën, haben aber dabei bereits in der Entwicklung begriffene Eier aufzuweisen. — Um die Parthenogenesis der Pflanzläuse nach ihrem Umfang sowohl als ihren Produkten zu beurtheilen, bedarf es noch weiterer Untersuchungen.

h) Parthenogenesis in der Familie der Cladoceren (Daphnioiden). — Bei dem Versuche, die von den älteren Autoren bekannt gemachten Fälle einer *Lucina sine concubitu* in ihrer Beweiskraft in Frage zu stellen, hat sich v. Siebold ausschliesslich auf die Schmetterlinge und Arachniden beschränkt. Hätte er auch die Crustaceen in seine Be-

trachtung mit hineingezogen, so würden ihm diese in den Daphnioiden ein Beispiel für einen aus frühester Zeit datirenden vollständig untrüglichen Nachweis parthenogenetischer Fortpflanzung geliefert haben. Alle Cautelen, welche v. Siebold in den von Albrecht, Bernouilli, Suckow u. A. bekannt gemachten Beobachtungen über jungfräuliche Fortpflanzung vermisst, hat nämlich bereits im J. 1755 der scharfsinnige Schäffer\*) in Regensburg bei dem Nachweis der ohne Begattung erfolgenden Fortpflanzung des „geschwänzten zackigen Wasserflohes“ angewandt und dieselben in seiner umständlichen Darstellung des von ihm beobachteten Vorganges auch besonders hervorgehoben. Indem er die von einem trächtigen Daphnia-Weibchen ausgestossenen Jungen sofort nach ihrer Geburt isolirte, damit sie mit keinem anderen Individuum in Berührung kämen, stellte er an denselben fest, dass sie spontan Eier producirt, aus welchen sich in der Bruthöhle Junge entwickelten und verfolgte den gleichen Vorgang an drei auf einander folgenden Generationen, deren Individuen er in entsprechender Weise von vornherein abgesondert und aufgezogen hatte. Auch findet er das Faktum an und für sich nicht so überraschend, als dass diese bisher nur „bei Erd-Insekten (Blattläusen) beobachtete Fortpflanzung sich nun auch bei Wasserthieren wiederfände“. Was bereits vor mehr als hundert Jahren der alte Schäffer beobachtet und so treu geschildert hat, ist ein bei der ungemeinen Häufigkeit der Wasserflöhe täglich und leicht zu constatirender Vorgang, welcher von zahlreichen späteren Beobachtern in übereinstimmender Weise wahrgenommen und nicht wohl anders als durch Parthenogenesis zu erklären ist. Allerdings würde man bei dem immer noch nicht aufgegebenen Versuch, Keime (*Pseudova* Lubbock's) von weiblichen Eiern zu unterscheiden, die sich in der Bruthöhle unmittelbar zu Jungen entwickelnden Eier der Daphnien als der ersteren Kategorie angehörend in Anspruch nehmen können; indessen ist damit einerseits thatsächlich Nichts gewonnen und andererseits sind die aus dem Ovarium in die Bruthöhle eintretenden Eier der Daphnien mit demselben Rechte als solche anzuerkennen wie die einer Befruchtung bedürftigen der Cyclopiden, von denen sie durch kein wesentliches Merkmal abweichen. Aber selbst angenommen, man wolle diese in der Bruthöhle sich entwickelnden Eier, an welchen Schäffer die Parthenogenesis der Daphnien festgestellt hat, nur als „Keime“ gelten lassen, so liegt auch für die spontane Entwicklung unzweifelhafter „Eier“ bei denselben Thieren schon aus älterer Zeit eine sichere Beobachtung vor, nur dass sie von dem betreffenden Autor nicht richtig erkannt und gedeutet worden ist. Jurine, welcher in seiner *Histoire des Monocles* (Genève, 1820) die Beobachtungen Schäffer's, ohne sie, wie es scheint, näher zu kennen, in ganz übereinstimmender Weise wiederholte, nur dass er es bei den

\*) *Abhandlungen von Insekten I.* (1764), p. 296 f. — Zuerst in der 1755 erschienenen Abhandlung: „Die grünen Armpolypen, die geschwänzten und ungeschwänzten zackigen Wasserflöhe“ u. s. w. publicirt.

seinigen bis auf sechs hintereinander folgende, ohne Befruchtung entstandene Generationen brachte, beschreibt ausserdem an einer Reihe von Individuen, welche gleichfalls vom Tage ihrer Geburt an isolirt worden waren und daher nicht begattet sein konnten, die Erzeugung der in dem sogenannten Ephippium eingeschlossenen Eier, welche er freilich nicht als solche gelten lassen will\*). In einem der von ihm erwähnten Fälle producirte ein vom Tage seiner Geburt an beobachtetes Individuum nur ein solches Ephippium, um nachher lebendige Junge zu erzeugen; bei einem anderen entstanden drei, bei einem dritten selbst fünf solche Ephippien hintereinander. Durch diese Beobachtung ist also auch die spontane Erzeugung wirklicher Eier (als welche die in den Ephippien enthaltenen Körper von allen späteren Autoren anerkannt worden sind) durch die weiblichen Daphnien ausser Zweifel gestellt und mithin die von Lubbock\*\*) freilich nur mit Vorbehalt geäusserte Vermuthung, dass dieselben als Folge einer Befruchtung durch männliche Individuen auftreten, in keiner Weise begründet. — Was die Ausdehnung der Parthenogenesis bei den Daphnioiden betrifft, so kann es nach dem verhältnissmässig seltenen Auftreten der zuerst von O. F. Müller entdeckten Männchen keinem Zweifel unterliegen, dass sie die geschlechtliche Fortpflanzung sehr bedeutend überwiegt. Dagegen lässt sich ihr Einfluss auf die Produktion des einen oder anderen Geschlechtes nach den bisherigen Beobachtungen ebenso wenig übersehen, als es mit Sicherheit bekannt ist, ob sich die männlichen Individuen nur aus Ephippial-Eiern entwickeln oder auch in der Bruthöhle erzeugt werden. Bekanntlich haben sich die aus letzterer entnommenen Individuen, soweit ihre Entwicklung beobachtet worden ist, nur als parthenogenetische Weibchen erwiesen. Dass jedoch auch die Ephippial-Eier, wenigstens solche, welche zur Winterszeit abgesetzt werden, Weibchen produciren können, ergiebt die Beobachtung von Baird\*\*\*), welcher aus solchen Ephippien im Dezember Individuen erhielt, die 14 bis 24 Tage nach dem Ausschlüpfen in ihrer Bruthöhle Eier erkennen liessen.

i) Parthenogenesis in der Familie der Phyllopoden. — Auch für diese Familie ist die parthenogenetische Fortpflanzung der Weibchen bereits vor mehr als hundert Jahren durch den ehrwürdigen Schäffer†) auf Grund sorgsamer Beobachtungen ausser Zweifel gestellt worden und es ist von besonderem Interesse zu lesen, wie vorurtheilsfrei sich derselbe über die Möglichkeit einer solchen Vermehrung ausspricht. Indem er die Fortpflanzung des „krebsartigen Kiefenfusses mit der kurzen

\*) Jurine hielt vielmehr diese Ephippien für ein krankhaftes Produkt der Wasserföhe, welches bei vielen Individuen fehle, bei anderen dagegen ein- oder mehrere Male hintereinander auftrate.

\*\*) Philosophical Transactions, Vol. 147, Pt. I. p. 88.

\*\*\*) The natural history of the British Entomostraca, p. 86 f.

†) Der krebsartige Kiefenfuss mit der kurzen und langen Schwanzklappe, beschrieben von Jac. Christ. Schäffer. Regensburg 1756. — Abhandlungen von Insekten II. (1764), p. 167.

und langen Schwanzklappe“ (*Apus cancriformis* und *productus*) erörtert, äussert er sich nämlich in folgender Weise: „Jedoch, es mag bei der natürlichen oder ordentlichen Begattung dieser Thiergen hergehen, wie es will, so bleibet noch eine Frage übrig, ob nämlich diese krebsartigen Kiefenfüsse die Begattung alle Zeit nöthig haben; oder ob sie auch ohne Begattung fruchtbare Eyer von sich geben können? Ich gestehe es, dass ich gleich anfangs sehr geneigt war, aus der Aehnlichkeit mit dem zackigen Wasserfloh, Letzteres zu folgern, wenn nur unsere Kiefenfüsse auch lebendige Junge, und nicht Eyer, zur Welt brächten. Jedoch auch dieses macht die Sache darum noch nicht unmöglich.“ Und darauf erzählt er denn, wie er die von jüngeren, erst einige Wochen alten *Apus*-Weibchen abgesetzten Eier ganz wie die Jungen der Daphnien isolirte und ihre Entwicklung zu neuen „Kiefenfüssen“ abwartete. Die Aufzucht derselben ergab, dass es gleichfalls Weibchen waren, welche auch ihrerseits spontan Eier absetzten, und aus diesen Eiern gingen abermals Junge hervor. — Dass nun aber eine derartige Fortpflanzung bei der Gattung *Apus* nicht etwa ausnahmsweise vorkomme, sondern die Regel bilde, kann nach dem offenbar äusserst seltenen Auftreten männlicher Individuen gar nicht in Frage kommen. Während die Weibchen beider einheimischer Arten allerorts und fast alljährlich nichts weniger als selten sind und stellenweise sogar in grossen Mengen von Individuen angetroffen werden, ist die männliche Form den oft wiederholten Nachforschungen zahlreicher Beobachter lange Zeit hindurch entgangen, so dass man die Existenz derselben bereits zu bezweifeln begann (Zaddach). Erst zur Säkularfeier der Schäffer'schen Beobachtungen über den „krebstartigen Kiefenfuss“ gelangte Kozubowski\*) durch einen glücklichen Zufall in den Besitz des männlichen *Apus cancriformis*, welchen er in der Umgegend Krakau's, und noch später (1863) Lubbock in denjenigen des männlichen *Apus productus*, welchen er in Gemeinschaft mit Weibchen in der Normandie auffand. Da die Männchen den Weibchen in Grösse und Form vollkommen gleich stehen, so hätten sie ohne ihr äusserst seltenes Auftreten den früheren Nachforschungen um so weniger entgehen können, als sich die Untersuchungen wiederholt auf grosse Massen von Individuen erstreckt und speziell das Auffinden eierloser Individuen in das Auge gefasst hatten. — Auch für einige andere Phyllopoden-Gattungen muss wegen des ganz sporadischen Auftretens männlicher Individuen eine parthenogenetische Fortpflanzung neben der geschlechtlichen wenigstens vermuthet werden. Von *Limnadia Hermannii* untersuchte Brongniart mehr als 1000 Individuen, ohne ein einziges Männchen darunter anzutreffen und noch heut zu Tage ist dasselbe vollständig unbekannt. Von verschiedenen Estherien, so wie von *Artemia salina* hat man unter Beobachtung grosser Mengen von Weibchen — von *Artemia salina* z. B. unter-

\*) Ueber den männlichen *Apus cancriformis* (Wiegmann's Archiv f. Naturgesch. XXIII. p. 312).

suchte Joly allein 3000 Individuen — gleichfalls lange Zeit vergeblich dem Männchen nachgespürt, bis man dasselbe gelegentlich einmal auffand.

3) Von der Parthenogenese hat man diejenige Form der spontanen Fortpflanzung, welche in der Erzeugung sogenannter „Keime“ innerhalb der Geschlechtsorgane eigenthümlich modificirter weiblicher Individuen besteht, unterscheiden zu müssen geglaubt und sich selbst bemüht, dieselbe als einen von jener wesentlich verschiedenen Vorgang hinzustellen. Man wollte die viviparen Blattläuse, um die es sich hier handelt, als „geschlechtslose, mit Keimstöcken ausgestattete ammen- oder larvenartige Individuen“ in Anspruch nehmen, „welche von den wirklich jungfräulichen Blattlaus-Weibchen“, wie v. Siebold sich ausdrückt, „himmelweit verschieden seien.“ Steenstrup betrachtete dieselben in seiner Schrift über den Generationswechsel als sogenannte „Ammen“, d. h. als diejenigen Glieder einer dem Generationswechsel (Metagenese) unterworfenen Thierspecies, welche im Larvenzustande Brut zu erzeugen im Stande seien und V. Carus wollte sogar beobachtet haben, dass sich die von jenen „Ammen“ producirten „Keime“ nicht aus Zellen, sondern aus blossen „Keimkörnern“ bildeten. Bevor man sich von der Existenz der eigentlichen Parthenogenese überzeugt hatte, mag immerhin eine gewisse Berechtigung vorgelegen haben, die Fortpflanzung der Aphiden unter dem Begriff des Generationswechsels zu subsumiren und die viviparen Blattläuse als „Ammen“ anzusehen, vorausgesetzt, dass man beiden Bezeichnungen eine möglichst weite Ausdehnung zugestand. Nach Feststellung einer „wahren Parthenogenese“ verbleibt jedoch offenbar der Reproduktionsweise der Blattläuse nichts sie als Generationswechsel speziell Charakterisirendes, da ihre einzige mit jenem vorhandene Uebereinstimmung, das wechselnde Auftreten geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Generationen, sich in verschiedenen Fällen von Parthenogenese wiederfindet. Einer unbefangenen Betrachtung wird es schwerlich entgehen können, dass es sich bei den viviparen Blattläusen nicht um „Larven“ im Sinne des eigentlichen Generationswechsels, wie er z. B. bei den Phanerocarpen auftritt, handeln kann, da dieselben einerseits von den geschlechtlichen Individuen in ihrer Gesamterscheinung durchaus nicht abweichen, andererseits aber keine Keime produciren, welche, auch ihrerseits der Amme unähnlich, unter allmählicher Verwandlung in die geschlechtliche Form zurtückkehren. Allenfalls könnte man die viviparen Blattläuse als in geschlechtlicher Beziehung besonders hoch potenzierte Nymphen — mit welchem Namen man bekanntlich die dem Imago-Stadium vorausgehende letzte Entwicklungsstufe der ametabolen Insekten bezeichnet — auffassen, indem man hierdurch wenigstens ihrem Form- und Grössenverhältniss zu den geschlechtlichen Individuen Rechnung trüge. Eine solche Auffassung, welche implicite offenbar der Nymphe die Bedeutung des fortpflanzungsfähigen Individuums vindicirte, würde sich aber thatsächlich kaum mehr von der durch R. Owen vertretenen Ansicht, wonach die viviparen Blattläuse jungfräuliche Weibchen

seien, unterscheiden oder höchstens insofern von ihr abweichen, als sie jene lebendig gebärenden Individuen zwar als fortpflanzungsfähige, einer Begattung aber unzugängliche Weibchen hinstellte. Trotz allen noch so ängstlichen Bemühungen, die sogenannten Blattlaus-Ammen von den eigentlichen Weibchen dieser Thiere als wesentlich verschieden hinzustellen, werden sich erstere dem vorurtheilsfreien Beobachter immer nur als geschlechtlich entwickelte Weibchen und der sogenannte Generationswechsel der Aphiden nur als eine eigenthümliche Form der Parthenogenesis zu erkennen geben. Gleich wie die ungeschlechtliche Vermehrung der Pflanzenläuse in der Parthenogenesis einen ihr offenbar viel enger verschwisternten Vorgang, als es der eigentliche Generationswechsel der Quallen und anderer niederer Thiere ist, gefunden hat, so hat auch das Auffinden parthenogenetischer Arthropoden-Weibchen die viviparen Blattläuse der ihnen aufgedrungenen Maske als „Ammen“ entkleidet und sie in ihrer wahren Bedeutung hingestellt. Eine vivipare Blattlaus ist ebensowohl nach der Form und Grössenentwicklung ihrer Geschlechtsorgane als nach der Fähigkeit, in denselben neue Organismen zur Ausbildung zu bringen, unzweifelhaft als ein wirkliches Geschlechtsthier anzusehen. Ihre Geschlechtsorgane unterscheiden sich von denjenigen eines befruchtungsfähigen Weibchens durch nichts als durch den Mangel des Receptaculum seminis und dieser erklärt sich ganz einfach aus der Fähigkeit eines solchen Individuums, ohne Begattung Nachkommenschaft zu erzeugen. Wie die Form, so ist aber auch die Thätigkeit jener Organe, wenigstens im Bereich ihrer reproduktorischen Elemente absondernden Theile genau die gleiche; denn nach den übereinstimmenden Beobachtungen Leydig's, Lubbock's, Leuckart's und Claus' ist ein Unterschied zwischen der ersten Anlage eines „Keimes“ und eines der Befruchtung bedürftigen Eies, wie ihn V. Carus wahrgenommen haben wollte, in dem Endfache der Ei- und Keimröhren nicht festzustellen und es wird daher füglich auch nicht ein allzugrosses Gewicht darauf gelegt werden können, dass sich die „Keime“ der viviparen Aphiden, ohne die Eiform anzunehmen, direkt zum Embyo ausbilden.

Erscheint somit die Auffassung der viviparen Blattläuse als „geschlechtsloser Ammen“ in jeder Beziehung als hinfällig und können dieselben ohne Weiteres als eigenthümlich modificirte geschlechtliche Weibchen in Anspruch genommen werden, so darf es auch keinem Bedenken unterliegen, die seit Bonnet (1745) bekannte und von zahlreichen späteren Beobachtern geschilderte Fortpflanzung der Aphiden den verschiedenen gegenwärtig bekannten Fällen von Parthenogenesis unmittelbar anzureihen. Es liegt dies um so näher, als sie z. B. mit der Parthenogenesis der Sackträger, der Cynipiden, der Daphnioiden und Phyllopoden gar nicht zu verkennende Analogieen und selbst Uebereinstimmungen zeigt. Den Daphnioiden schliessen sich die Blattläuse in der Erzeugung lebendiger Junge und nach Burnett's Beobachtung auch darin an, dass ein und dasselbe Individuum, wenn auch nur ausnahmsweise, gleichzeitig vipipare

und geschlechtlich differenzirte Individuen hervorbringen kann; mit sämtlichen erwähnten Familien harmoniren sie aber zugleich darin, dass ihre spontane Fortpflanzung auf die Massen-Produktion weiblicher Nachkommenschaft gerichtet ist. In der Regel treten nämlich bei den Blattläusen nur gegen den Herbst hin männliche und weibliche Individuen auf, aus deren Begattung zur Ueberwinterung bestimmte Eier hervorgehen. Diese entwickeln sich im nächsten Frühling ausschliesslich zu Weibchen, welche ohne Begattung befähigt sind, in mehrfach aufeinander folgenden, unter Umständen bis auf 9, 11 und mehr gesteigerten Generationen sich spontan fortzupflanzen. Ein durchgreifender äusserlicher Unterschied zwischen diesen viviparen und eierlegenden Blattläusen ist weder im übrigen Körperbau noch in der Anwesenheit resp. dem Mangel von Flügeln nachweisbar; denn es treten sowohl unter den der Regel nach ungeflügelten Sommerweibchen auch geflügelte, so wie unter der Herbstgeneration häufig ungeflügelte Individuen auf.

4) Mit viel grösserem Recht als die Fortpflanzung der Aphiden ist dem Generationswechsel der niederen Thiere eine Form von ungeschlechtlicher Vermehrung an die Seite zu stellen, welche erst vor wenigen Jahren an einigen Arten der Dipteren-Gattung *Heteropeza* Winnertz (*Miastor* Meinert) aus der Familie der Gallmücken (*Cecidomyidae*) zur Kenntniss gekommen ist und welche sich von allen bis jetzt unter den Arthropoden bekannt gewordenen Arten der Fortpflanzung in der That so auffallend unterscheidet, dass sie nicht nur bei ihrer ersten Entdeckung das allgemeinste Erstaunen erregte und selbst vielfach auf Unglauben stiess, sondern auch gegenwärtig noch als ein von der Parthenogenesis wesentlich verschiedener Vorgang beurtheilt werden muss. Bei der genannten Gallmücken-Gattung entwickeln sich nämlich aus Eiern, welche von den Weibchen nach der im Frühling stattfindenden regulären Begattung durch männliche Individuen abgelegt werden, Larven, denen weder ihrer äusseren Körperform, noch ihrer inneren Organisation und Lebensweise nach besondere Eigenthümlichkeiten anzusehen sind, sondern welche sich nach allen Merkmalen als das erste Entwicklungsstadium eines metabolen Insektes zu erkennen geben. Trotzdem ergiebt ihre Beobachtung alsbald, dass sie sich auf eine Reihe hintereinander folgender Generationen hin durch endogene Erzeugung gleicher Larven spontan fortzupflanzen. Der zuerst von Nic. Wagner entdeckte, später von Meinert, Pagenstecher, Hanin, Leuckart, Mecznikow und mir selbst festgestellte Vorgang hat die überraschendste Aehnlichkeit mit der Produktion der Cercarien im Inneren der Trematoden-Ammen (Sporocysten und Redien), weicht jedoch von dieser insofern ab, als die Erzeugung von Brut bei jeder Cecidomyiden-Larve nur eine einmalige ist, indem mit dem Freiwerden der Tochterlarven, welche sich aus dem Körper ihrer Mutter hervorbohren, jedesmal ein Absterben der letzteren verbunden ist. Dieser Weg, durch die Körperhaut der Mutterlarve in's Freie zu gelangen, ist der ihre Erzeugerin gleichsam aufzehrenden Brut schon durch die



Organisation der ersteren, welche in jeder Beziehung eben noch eine wirkliche Larve ist, vorgeschrieben: denn die von Leuckart und Hanin nachgewiesenen Keimstöcke derselben, welche sich noch ganz in dem rudimentären Ausbildungsstadium der Fortpflanzungsorgane bei den Insektenlarven im Allgemeinen befinden, entbehren noch vollständig der bei dem entwickelten Insekte vorhandenen Ausführungsgänge. Ueberdies bilden sich die jungen Larven nicht in continuirlichen Keimröhren aus, sondern sie entstehen isolirt in der Leibeshöhle des Mutterthieres, in welche mehrere sich allmählig von den Keimstöcken ablösende Zellenballen hineinfallen. — Nachdem auf diese Art einen grossen Theil des Jahres hindurch stets von Neuem nur Larven erzeugt worden sind, wird dieser Art der Fortpflanzung durch innere Sprossung schliesslich dadurch ein Ziel gesetzt, dass sich eine solche Generation von Larven in der bei den metabolen Insekten gewöhnlichen Weise in Puppen verwandelt, aus welchen geschlechtliche Männchen und Weibchen hervorgehen.

### III. Entwicklungsgeschichte.

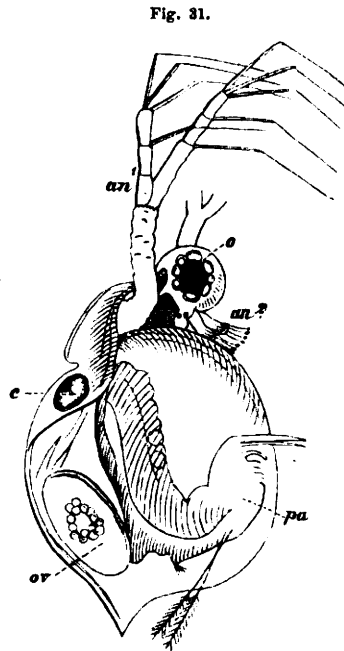
Die Entwicklungsgeschichte der Arthropoden schon gegenwärtig unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt zu bringen, sie nach allen ihren Phasen einer einheitlichen Darstellung zu unterziehen, würde sich als ein ebenso gewagter wie fruchtloser Versuch herausstellen. Die Schwierigkeiten, welche sich hierfür schon aus der grossen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und Vorgänge je nach den einzelnen Familien und selbst Gattungen ergeben, werden noch wesentlich erhöht durch die zahlreichen in unseren Kenntnissen bestehenden Lücken: nur eine vollständige Verknüpfung der letzteren hat die vielen theils verfehlten, theils wenigstens sehr prekären Bestrebungen zu Wege gebracht, verschiedenartige Vorkommnisse schon jetzt aufeinander zurückführen zu wollen, für deren Verständniss der Schlüssel noch gefunden werden muss. Um den Begriff der „Metamorphose“, des „Larvenstadiums“ u. s. w. näher zu fixiren, hat man von einer über das Eileben hinaus verlängerten Embryonal-Entwicklung vieler Crustaceen, hat R. Owen von einem Ablauf des Larvenlebens im Inneren des Eies bei den ametabolen Insekten geredet, ohne dass derartige Auffassungen sich über das Niveau der auf zweifelhaften Analogieen beruhenden Hypothese erhoben hätten. Dass gerade die Arthropoden durch die auffallenden Differenzen in ihren Entwicklungserscheinungen zur Aufstellung derartiger Theorien leicht auffordern, ist allerdings nicht zu leugnen: denn der zu selbstständiger Aktion gediehene Embryo verlässt hier die Eihülle in so verschiedenen Graden somatischer und virtueller Vollkommenheit, wie sie bei nahe verwandten Thierformen sonst selten angetroffen werden. So nahe aber die Versuchung liegt, die hier häufig so scharf ausgeprägten Gegensätze mit einander in Einklang zu bringen, so schwierig ist es in vielen Fällen, den

Nachweis der Homologie mit voller Evidenz zu führen: und überall, wo letztere mangelt, wird eine einfache Darlegung der thatsächlichen Differenzen immerhin vorzuziehen sein. Wir werden daher auch in der folgenden Darstellung von der etwaigen Existenz einer über das Eileben hinaus verlängerten Embryonal-Entwicklung absehen und die innerhalb des Eies vorgehenden Veränderungen, ohne Rücksicht auf den Ausbildungsgrad des daraus hervorgehenden, selbstthätig gewordenen Individuums, nach dem bei den übrigen Thierkreisen bisher eingehaltenen Verfahren in einen besonderen Abschnitt verweisen.

### 1. Entwicklung im Eie.

Im Verlauf unserer Betrachtung der Fortpflanzungsorgane haben wir bereits mehrfach darauf hingewiesen, dass unter den Arthropoden neben den die grosse Mehrzahl bildenden oviparen auch vivipare und ovovivipare Weibchen angetroffen werden. Selbstverständlich wird durch diese Modifikationen in der Fortpflanzung eine wesentliche Differenz in dem Ort bedingt, an welchem das Ei seine Entwicklung eingeht und durchmacht. Bei den oviparen Formen vollzieht sie sich unabhängig vom weiblichen Körper, während die beiden übrigen Categorien darin übereinstimmen, dass die Ausbildung des Eies entweder vollständig oder wenigstens dem grösseren Theile nach innerhalb der mütterlichen Geschlechtsorgane vor sich geht. Auf den Modus der Embryonal-Entwicklung übt übrigens dieser Unterschied keinen Einfluss aus und es fehlt selbst unter den oviparen Arthropoden nicht an Fällen, welche eine Art Uebergang zu der Ausbildung innerhalb des mütterlichen Körpers erkennen lassen. Denn im Grunde stimmen die oviparen Weibchen nur darin mit einander überein, dass sie ihre Eier entweder unmittelbar oder wenigstens kurze Zeit nach der Befruchtung aus der Geschlechtsöffnung hervortreten lassen, während sie, nachdem dies geschehen, sich in sehr verschiedener Weise zu ihnen verhalten. Das Gewöhnlichste ist allerdings, dass sie das Ei, nachdem sie den für seine Entwicklung nöthigen Bedingungen Rechnung getragen, sich selbst überlassen: Das Absetzen des Eies in das Wasser, unter die Erdoberfläche, an Baumrinde, auf die Blätter oder an die Blüthentheile einer bestimmten Pflanze, an lebende oder todté Thiere u. s. w. entspricht jedesmal genau der Nahrung, der Lebensweise und den gesammten Existenzbedingungen des sich daraus entwickelnden jungen Thieres. Jedoch auch Fälle, wo die abgelegten Eier von dem mütterlichen Individuum bis zum Ablauf ihrer Entwicklung gehütet werden, sind keineswegs selten: entweder dass das Weibchen, wie in der Familie der Ohrwürmer (*Forficula*), die Eier mit seinem Leibe bedeckt oder dass es dieselben, wie bei den Araneinen, in einen Cocon einschliesst, welchen es am Bauche mit sich herumträgt u. s. w. In der Classe der Crustaceen existiren sogar sehr allgemein an verschiedenen Theilen des weiblichen Körpers Vorrichtungen, welche eigens zur Fixirung oder zur Aufbewahrung der frei hervorgetretenen Eier dienen:

bei den Decapoden sind es die Pedes spurii des Postabdomen und die Innenfläche dieses selbst, an welche die Eier befestigt werden, bei den Isopoden eine eigene, von den lamellosen Afterbeinen gebildete, bei den Cladoceren eine zwischen dem Körper und der zweiklappigen Schale gelegene Bruttasche, bei den Copepoden sack- oder schlauchförmige Gebilde, welche gleichzeitig mit den heraustretenden Eiern aus einem schleimigen Sekret der Kiemenformirt werden u. s. w. Die nahen Beziehungen, welche gerade diese letztgenannten Vorrichtungen zu der Entwicklung des Eies innerhalb der weiblichen Geschlechtsorgane haben, ergeben sich daraus, dass die Ausbildung des Embryo wenigstens bis zu einem gewissen Grade von dem Verweilen der Eier in jenen Bruttaschen, Schläuchen u. s. w. abhängig ist, da sie, aus letzteren entfernt, erfahrungsgemäss leicht zu Grunde gehen. — Bei den viviparen und ovoviviparen Arthropoden geht die Eientwicklung theils (*Scorpio*, *Phrynus*, *Coccus*) in den Eiröhren, theils (*Tachina*, *Oestrus*) in einer taschenförmigen Ausstülpung der Vagina vor sich; bei den Pupiparen setzt sie sich direkt in die Ausbildung der Larve fort, welche erst in völlig ausgewachsenem Zustande die Geschlechtsorgane des Mutter-Insektes verlässt.



Wasserfloh (*Daphnia*). ov. Reifes Ei in der Bruthöhle.

Die Entwicklung des Embryo scheint in allen Fällen der Befruchtung des Eies unmittelbar zu folgen und zwar selbst dann, wenn das Auschlüpfen des jungen Thieres erst lange Zeit nach dem Ablegen des Eies dessen Hüllen durchbricht; es lässt sich dies z. B. an den überwinternden Eiern vieler Bombyciden, besonders deutlich aber an denjenigen des Seidenspinners wahrnehmen, welche, obwohl sie erst im Mai des folgenden Jahres von den jungen Raupen verlassen werden, schon bald nach dem Ablegen ihre ursprünglich rein weisse Färbung mit einem intensiven Schiefergrau vertauschen. Bei der grossen Mehrzahl der Arthropoden geht die Entwicklung unter Bildung eines Keimstreifens vor sich, nur bei wenigen Formen unter totaler Dotterfurchung; beide Vorgänge treten oft bei nahe verwandten Thieren auf und zwar unter Modifikationen, welche sie keineswegs als fundamental verschieden erscheinen lassen.

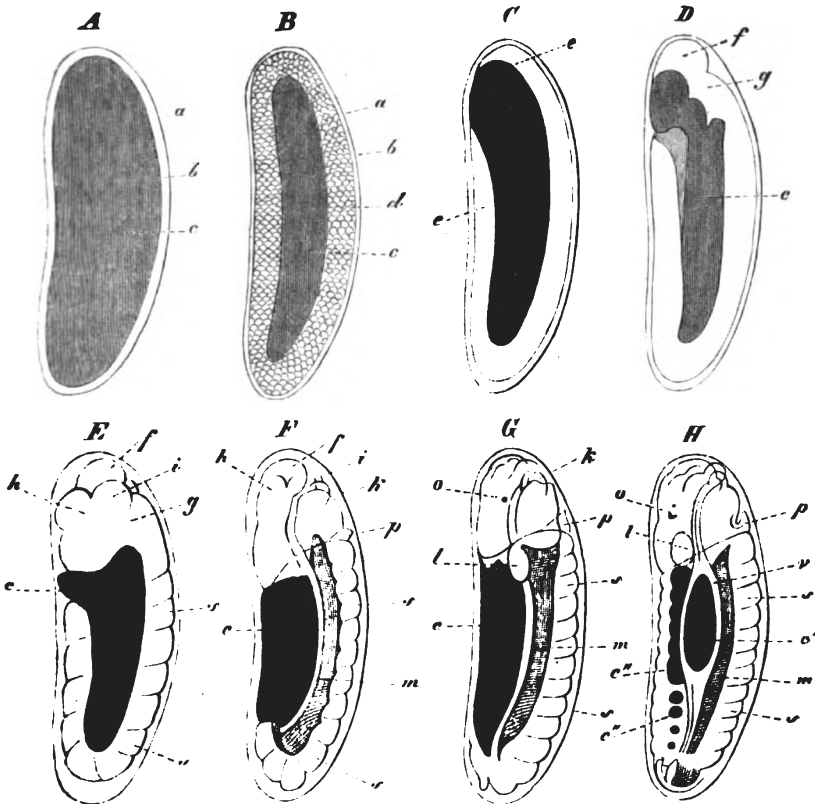
1) Durch eine totale Furchung des Dotters wird die Eientwicklung nach den bisherigen Erfahrungen allgemein nur bei den auf der niedrigsten Stufe der Organisation stehenden Arthropoden eingeleitet.

Durch v. Siebold und Kaufmann ist sie für die Tardigraden, durch Leuckart für die Linguatulinen, durch F. Müller für gewisse Cirripeden und durch Claus für eine grössere Anzahl von Copepoden (Taf. XII, Fig. 1—6) nachgewiesen worden; Leydig fand sie ausserdem an den Eiern der *Artemia salina* und an den sogenannten Sommereiern der Daphnien. Der Furchungsprocess beginnt hier mit einer jederseitigen Einkerbung der Dottermasse in der Mitte ihrer Länge, welche, indem sie allmählig tiefer wird, diese bald bisquitförmig erscheinen lässt, um sie schliesslich zu zwei Dotterballen ganz zu durchsetzen. Der gleiche Vorgang wiederholt sich sodann in entsprechender Weise an jeder der beiden Dotterhälften und darauf auch an ihren Theilungsprodukten, so dass sich 4, 8, 16 u. s. w. Dotterballen einander folgen. Erst nach Vollendung dieser Zerklüftung beginnt sich, wahrscheinlich durch Umwandlung der peripherischen Dotterzellen selbst, rings um den Dotter eine Zone heller gekernter Zellen immer deutlicher abzusetzen, welche als Blastoderm sich unmittelbar in die äusseren Theile des Embryo umbildet. Die zuerst in derselben deutlich hervortretenden Zellen fliessen allmählig zusammen und es treten an ihre Stelle unter gleichzeitiger Einkerbung ihrer Peripherie grössere helle Räume, aus denen die primitiven Körpersegmente und die ihnen entsprechenden Gliedmaassen hervorgehen. — Dass auch bei den höheren Crustaceen, wie Mecznikow in neuerer Zeit angegeben hat, eine totale Dotterfurchung im engeren Sinne stattfindet, kann nach den entgegenstehenden Angaben Rathke's nicht angenommen werden; sie scheint hier mindestens eine sehr oberflächliche zu sein und sich vielleicht sogar auf die Herstellung einer Keimhaut mit maulbeerförmiger Oberfläche zu reduciren.

2) Bei der durch partielle Dotterfurchung und die Anlegung eines Keimstreifens bewirkten gewöhnlichen Art der Embryonal-Entwicklung heben die in dem Inneren des Eies vorgehenden Veränderungen mit der Bildung einer Keimhaut (Blastoderm) an. Schon kurze Zeit nach der Befruchtung zeigt sich nach den Beobachtungen Weismann's die ganze Oberfläche des Dotters von einer dünnen Schicht einer homogenen und stark lichtbrechenden Masse, dem sogenannten Keimhautblastem umhüllt. Dasselbe liegt mit Ausnahme der beiden Pole, wo es eine beträchtlichere Dicke zeigt, der Eihaut dicht an, während sich zu dieser Zeit in dem zwischen ihm und dem hinteren Eipole befindlichen Raum einige (meist vier) kuglige, stark lichtbrechende Zellen, die sogenannten Polzellen vorfinden. Aus dem erwähnten Blastem entwickelt sich nun die Keimhaut in der Weise, dass sich in demselben zuerst helle runde Flecke zeigen, um welche sich, nachdem sie sich zu scharf contourirten Bläschen ausgebildet haben, das vorher der Eihülle glatt anliegende Blastem zu Kugelabschnitten zusammenzieht. Auf diese Art erhält, wie der Dotter bei der totalen Furchung, so hier das Blastem auf seiner Oberfläche ein maulbeerförmiges Ansehen. Zuweilen (*Diptera*) entwickelt sich unter ihm noch eine zweite Blastemlage, welche aber

ihrerseits keine Zerklüftung in Zellen eingeht, sondern von der oberen Zellenlage behufs ihrer Vergrößerung aufgenommen wird. Mit der Herstellung der in dieser Weise gebildeten Keimhaut wird die erste Periode der im Inneren des Eies vorgehenden Veränderungen abgeschlossen.

Fig. 32.



Embryonal-Entwicklung bei *Chironomus* (nach Kölliker), in acht auf einander folgenden Stadien dargestellt. *a.* Chorion. *b.* Dotterhaut. *c.* Dotter. *d.* Keimhaut (Blastoderm). *e.* Keimstreifen. *f.* Oberlippe. *g.* Unterlippe. *h.* Antennen. *i.* Oberkiefer (*Mandibulae*). *k.* Unterkiefer (*Maxillae*). *p.* Fusswülste. *s.* Leibsringe. *m.* Der in der Leibeshöhle zurückbleibende Theil des Dotters. *e'*. Der in den Mitteldarm eingeschlossene Theil des Dotters. *e''.* Seitliche Dotterstränge, welche bei der Segmentbildung zerklüftet werden.

In der nun folgenden zweiten Periode findet die Umwandlung der Keimhaut in den sogenannten Keim- oder Primitivstreifen einer- und, wo sie vorkommen, in die Embryonalhüllen andererseits statt. Zur Herstellung des ersteren wird in der Regel der bei weitem grösste Theil der Keimhaut verwandt und die den Embryo umgebenden Hüllen dann nur aus den Ueberbleibseln gebildet; doch existiren von diesem Verhalten nach den neuesten Untersuchungen Mecznikow's\*) auffallende

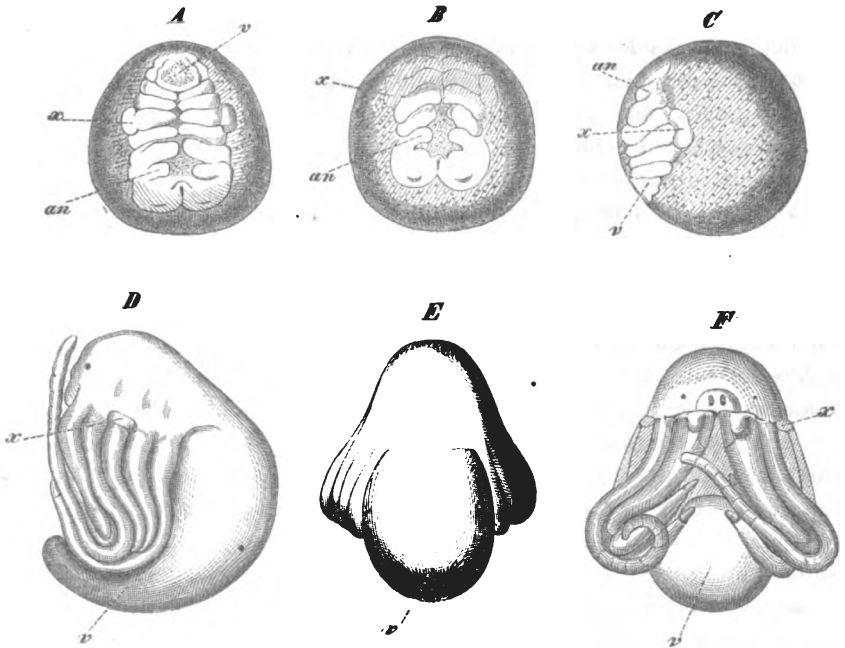
\*) Embryologische Studien an Insekten (Zeitschrift f. wissensch. Zoolog. XVI. p. 349 ff., Taf. XXIII — XXXII.

Ausnahmen bei den Blattläusen und anderen Insekten aus der Ordnung der *Hemiptera*, indem sich hier die äussere seröse Embryonalhaut (*Amnion*) aus dem grössten Theil des Blastoderms hervorbildet, der Keimstreifen dagegen seinen Ursprung dem Wachsthum eines im Grunde der Keimhaut liegenden Hügels, mithin nur einem kleinen Haufen von Blastodermzellen verdankt. Die bei weitem allgemeinste und seit langer Zeit bekannte Form des Keimstreifens der Arthropoden wird mit dem Namen des „bauchständigen, zungenförmigen Keim- oder Primitivstreifens“ bezeichnet; ein solcher findet sich nicht nur durchweg bei den auf ihrer Entwicklung näher untersuchten Crustaceen und Arachniden, sondern auch bei der Mehrzahl der Insekten vor. Er entsteht durch eine im Blastoderm auftretende Vermehrung von Zellen und eine dadurch bewirkte Verdickung desselben am hinteren Eipol; durch fortwährende Anhäufung neuer Zellen bildet sich hier zunächst die mit dem Namen des „Schwanzwulstes“ belegte Anschwellung, welche schon kurze Zeit nach ihrer Anlage, als ersten Hinweis auf die Symmetrie des Embryo-Körpers, eine mittlere Längsfurche erkennen lässt und allmählig gegen den vorderen Eipol hin auszuwachsen beginnt. Unter fortwährender Zunahme an Dicke sowohl als Flächenausdehnung erstreckt sich der Keimstreifen sodann gewöhnlich mit auf einen grösseren oder geringeren Theil der Rückenfläche des Eies und nimmt besonders in seinem vorderen, dem Kopf des künftigen Embryo entsprechenden Theile beträchtlich an Breite zu, so dass man schon um diese Zeit an ihm einen dorsalen und ventralen Schenkel, so wie die „Kopfplatten“ unterscheiden kann. Wird, wie in der Classe der Insekten, zugleich mit dem Keimstreifen eine innere Embryonalhülle (dem von Weismann als „Faltenblatt“, von Zaddach als „Hautblatt“ bezeichneten Theile entsprechend) gebildet, so erhebt sich zumeist auf dem vorderen Ende des Schwanzwulstes, später aber auch auf dem Kopftheile eine Falte, welche allmählig einander entgegenwachsen und sich schliesslich zu einem zusammenhängenden Blatt vereinigen, um den ganzen Keimstreifen an seiner Bauchfläche zu bedecken. — Eine sehr viel seltenere und nach den bisherigen Erfahrungen auf einige Hemipteren-Formen beschränkte Bildung des Keimstreifens weicht von der eben beschriebenen darin ab, dass derselbe sich von der Bauchfläche des Eies entfernt, um entweder (*Gerris*) in Form eines breiten Bandes oder (*Homoptera*) unter stark S-förmiger Krümmung in das Innere des Dotters hineinzuwachsen.

Als den Beginn einer dritten Periode bezeichnend kann man die Theilung des fertig angelegten Keimstreifens in die beiden Keimwülste ansehen. Die den Keimstreifen zusammensetzenden Zellen beginnen sich nach entgegengesetzten Richtungen hin gegenseitig anzuziehen und werden dadurch in zwei parallel nebeneinander verlaufende Stränge gesondert, welche an der Innenseite des Keimstreifens unter einer tiefen Furche zusammenstossen. An dem Schwanzwulst war eine derartige mediane Theilung bereits in einer früheren Periode erfolgt; gegenwärtig

erstreckt sie sich als Grundlage für den symmetrischen Aufbau des Körpers auf den ganzen Keimstreifen mit Ausnahme des äussersten Kopfendes. Wie bei den Insekten, so scheint sich nämlich auch bei den übrigen Arthropoden die den Keimstreifen durchsetzende mediane Furche ganz allgemein etwa bei der Mitte der Kopfplatten in zwei Schenkel zu theilen, welche dieselben in eine ungleiche vordere und hintere Hälfte theilen, von denen sich die der Mittelfurche entbehrende obere zu dem sogenannten „Vorderkopf“ entwickelt. Nachdem durch die Ausbildung der Keimwülste der erste Anstoss zu der Ausbildung des Embryo gegeben ist, findet jetzt abermals eine Zusammenziehung der sie selbst zusammensetzenden Zellen in der Längsrichtung und zwar theils gleichzeitig, theils nach einander um mehrere Mittelpunkte herum statt. Auf diese Art wird die Abschnürung der Keimwülste zu den späteren Körpersegmenten und der an ihnen hervorsprossenden Extremitäten bewirkt, gleichzeitig aber auch eine engere Vereinigung einzelner solcher Abschnürungen zu bestimmten Körperabschnitten, wie sie sich zuerst besonders an dem späteren Kopf deutlicher zu erkennen giebt, hergestellt. Bei den Insekten wenigstens, wo sich die beiden Keimwülste gegen das vordere Ende des Keimstreifens hin zuerst vollständig ausbilden, geht dem entsprechend auch die Anlage der drei Kieferpaare (Mandibeln, Maxillen des ersten und zweiten Paares) formirenden Segmente derjenigen aller folgenden stets voran, wie sich bei ihnen auch der Kopftheil im Ganzen sehr viel früher deutlich absetzt, als eine Sonderung von Brust- und Hinterleibssegmenten eintritt. Dass übrigens je nach den Classen und Ordnungen der Arthropoden in der Aufeinanderfolge der Segment- und Extremitäten-Bildung mannigfache Schwankungen vorkommen und dass man gerade in Bezug auf diesen Vorgang aus einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen keine weitgreifenden Folgerungen zu machen berechtigt ist, geht bereits aus den verhältnissmässig spärlichen bis jetzt vorliegenden Entwicklungsgeschichten einiger Crustaceen und Arachniden mit Sicherheit hervor. Im Gegensatz zu den Insekten, wo die Anlage der Ursegmente der Bildung der Extremitäten vorangeht, entwickeln sich bei Isopoden und Amphipoden (nach Rathke) und ebenso bei *Scorpio* und *Phrynus* letztere früher als die Leibesringe; wenigstens deutet hierauf bei den letzteren Gattungen das Ansehen des in seiner Zerklüftung schon weiter vorgeschrittenen Keimstreifens hin, dessen ganze Aussenseite im Bereich des Cephalothorax ausschliesslich von den in der Mittellinie gegen einander geschlagenen Beinen u. s. w. eingenommen wird. Aber selbst bei einzelnen zunächst verwandten Formen, welche in diesem Punkt mit einander übereinstimmen, stellen sich bei näherem Vergleich wieder Unterschiede heraus, wie man sie a priori kaum vermuthen sollte. Bei *Scorpio* z. B. ist nach den von Rathke gegebenen Abbildungen und Beschreibungen sowohl am Keimstreifen als an dem bereits ausgebildeten Embryo die erste Anlage und Weiterentwicklung der Extremitäten eine gleichen Schritt haltende; bei der nahe verwandten Gattung *Phrynus* dagegen findet sich bereits

Fig. 33.



Embryonal-Entwicklung bei *Phrynus*. *A-C*. Verschiedene Ansichten des Eies (*C*. im Profil, an welchem der bereits in die einzelnen Gliedmaassen-Paare zerklüftete Keimstreifen hervortritt. *an*. Fühler. *v*. Abdomen. *x*. Der in der Ausbildung weiter vorgeschrittene Basaltheil des drittletzten Beinpaares. — *D-F*. Der zum Ausschlüpfen reife Embryo, im Profil (*D*), von der Rückenseite (*E*) und von der Bauchseite (*F*) dargestellt. Bezeichnung wie oben.

am Keimstreifen das drittletzte Extremitätenpaar (2. Beinpaar) in vollständigerer Weise angelegt als die beim ausgebildeten Thiere in jeder Hinsicht mit ihm übereinstimmenden folgenden und dem entsprechend lässt auch der Embryo das Basalglied dieses Beinpaares bereits vollständig abgeschnürt erscheinen.

Die übrigen auf die Segmentirung der Keimwülste folgenden Veränderungen, welche im Einzelnen bei den verschiedenen Arthropoden gleichfalls mehrfachen Modifikationen unterworfen sind, richten sich zunächst auf den an der Rückenseite des Embryo erfolgenden Schluss der Leibeswandungen, sodann aber auf die Ausbildung der inneren Organsysteme. Der früheren Ausbildung der Kopfsegmente gemäss geht auch ein Schluss dieses Körpertheiles in der Mittellinie des Rückens demjenigen der übrigen Leibessegmente voran und zwar nachdem sich zuvor auf der Grenze des unpaaren vorderen Kopfklappens gegen die als „Kopfwülste“ bezeichneten vorderen Endigungen der Keimwülste die Mundspalte, an dem Schwanzwulst dagegen die Afteröffnung gebildet hat. An beide schliessen sich bereits längere Zeit, bevor sich die Leibesringe über dem Rest des Dotters an der Rückenseite geschlossen haben, zwei bandartige Streifen von Zellen an, aus denen die



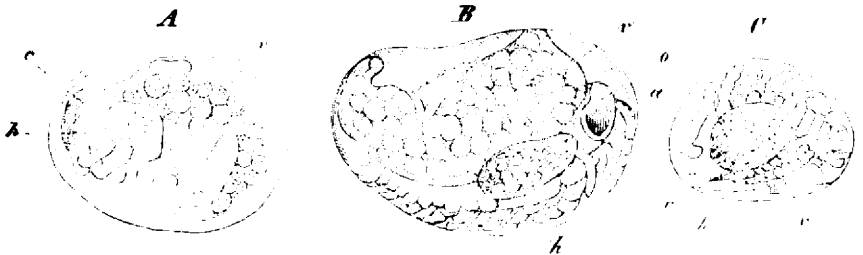
Wandungen des sogenannten „Vorder- und Hinterdarmes“ hervorgehen. Unabhängig von ihnen und erst in einer späteren Periode bildet sich die Wand des umfangreichen Mitteldarmes, welche aus einer Umhüllung des in seiner Ausdehnung immer mehr beschränkten Dotters durch freie Zellenbildung hervorgeht, um sich schliesslich mit den Wänden der Ausführungsgänge zu vereinigen. Es ist jedoch nicht die gesammte übrig gebliebene Dottermasse, welche von den Darmwandungen eingeschlossen wird, sondern ein wenngleich geringerer Theil bleibt in der Leibeshöhle zurück, welche gleichzeitig mit der Ausbildung des Mitteldarmes vom hinteren Körperende her durch allmähliges Zuwachsen der Segmente gegen den Rücken hin geschlossen wird. Schon bei der ersten Anlage des Vorder- und Hinterdarmes hatte eine Trennung der embryonalen Zellmassen in eine tiefere und eine oberflächliche Zellschicht begonnen. Aus ersterer geht bei fortschreitender Entwicklung ausser dem Darm auch das Nervensystem, aus letzterer dagegen neben der Körperhaut gleichzeitig die Muskulatur und das Herz (Rückengefäss) hervor.

Der Zeitraum, innerhalb welches die eben beschriebenen Veränderungen von der Bildung der Keimhaut bis zur Herstellung des Embryo vor sich gehen, ist je nach den einzelnen Familien und Gattungen der Arthropoden beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Nicht immer sind es die kleinsten Formen, welchen die schnellste Entwicklung im Eie zukommt: denn während nach Weismann's Beobachtung die embryonale Ausbildung der *Chironomus*-Larve sechs, diejenige der Raupe des Seidenspinners, sowie der Larve der Honigbiene je drei Tage in Anspruch nimmt, verlaufen alle in dem Eie der *Musca vomitoria* vorgehenden Veränderungen während des kurzen Zeitraums von 17 bis 26 Stunden (Weismann). Selbstverständlich ist die Dauer der embryonalen Entwicklung in erster Linie mit von dem Grade der Ausbildung, in welchem das junge Thier die Eihülle verlässt, abhängig und den in dieser Beziehung auftretenden Verschiedenheiten entspricht es, dass der junge *Cyclops* nach Claus bereits in zwei Tagen, die Isopoden und der Flusskrebis nach Rathke erst nach viel längerer Zeit zur selbstthätigen Existenz gelangt. Wenn die in einer dem erwachsenen Thiere ähnlichen Gestalt aus dem Eie hervorgehenden Daphnien sich während der Sommermonate nach Jurine's Beobachtung gleichfalls binnen zwei Tagen ausbilden, so ist hierbei neben ihrer geringen Grösse noch die dieser Gattung überhaupt eigenthümliche rapide Entwicklung und Fortpflanzung in Betracht zu ziehen. Dass übrigens in gleicher Weise, wie das Ausschlüpfen des Embryo aus der Eihülle, so auch die Entwicklung des Eies selbst durch niedere Temperaturgrade verzögert wird, ist bereits mehrfach festgestellt worden; bei *Cyclops* wird nach Claus' Angaben während der kälteren Jahreszeit die Ausbildung des Embryo bis auf das Doppelte und selbst Vierfache der gewöhnlichen Zeitdauer verlängert.

Schon Rathke hat in seinen Arbeiten über die Entwicklungsgeschichte verschiedener Arthropoden auf die anscheinend auffallende Thatsache

hingewiesen, dass der zum Ausschlüpfen reife Embryo nicht immer eine gleiche Lage innerhalb der Eihülle einhalte, sondern dass derselbe bald mit eingekrümmter Bauchseite in derselben angetroffen werde, bald umgekehrt jene in ihrer Convexität der Innenwand des Eies anlege. Die gegenwärtig sich auf eine grössere Anzahl verschiedener Arthropoden-Formen erstreckenden Beobachtungen haben herausgestellt, dass eine derartige Lagerungsdifferenz in verschiedenen Umständen ihren Grund habe. So ist z. B. für das sich der Kugelform nähernde Phryganiden-Ei, in welchem sich der Embryo vor seinem Ausschlüpfen mit der Bauchseite eingekrümmt vorfindet, von Zaddach eine während der letzten Entwicklungsperiode eintretende Umdrehung nachgewiesen worden, ein Vorgang, welcher nach den Beobachtungen Kölliker's, Weismann's und Mecznikow's bei den sich in langgestreckten Eiern entwickelnden Dipteren-Embryonen nicht stattfindet. Es mag also in der Classe der Insekten die Gestalt des Eies immerhin einen Einfluss auf eine schliessliche Lagerungsveränderung des Embryo ausüben, wiewohl die spezielleren hier obwaltenden Bedingungen noch einer näheren Feststellung bedürfen. Unter den Arachniden ist eine derartige Umdrehung des Embryo bis jetzt nicht zur Beobachtung gekommen. Wie bei den Araneinen und bei *Scorpio* liegt auch bei *Phrynus* der Embryo bis zum Ausschlüpfen mit seiner Bauchseite der Innenwand des Eies zugekehrt und hat nur, wie vom Beginn der Entwicklung an, das kurze Abdomen gegen die Brust hin eingeschlagen. Dagegen ist für die Classe der Crustaceen bemerkenswerth, dass innerhalb dieser Unterschiede in der Lagerung des Embryo sich theils für bestimmte grössere Abtheilungen (Ordnungen) als typisch erweisen, theils bei nahe verwandten Formen untermischt vorkommen. Bei der Gattung *Mysis* liegt nach v. Beneden und F. Müller der Embryo mit dem Schwanztheil nach oben, bei *Squilla* dagegen nach Letzterem gegen die Bauchseite hin eingekrümmt, während die Ordnungen der Amphipoden und Isopoden sich nach Rathke und F. Müller constant

Fig. 34.



Embryonen innerhalb der Eihülle von *Corophium* (A), *Ligia* (B) und *Philoscia* (C) nach F. Müller. c. Kopf. a. Fühler. o. Auge. h. Leber. v. Dotter. In Fig. A. an der Rückenseite des Dotters (v) das napfförmige Haftorgan.

dadurch unterscheiden, dass ersteren die Embryonal-Lagerung von *Squilla*, letzteren diejenige von *Mysis* zukommt. Die Embryonen der letztgenannten

beiden Crustaceen-Ordnungen bieten gleichzeitig noch die Eigenthümlichkeit dar, dass sie mit einem Theil ihrer Rückenfläche an der sie umschliessenden Embryonalhaut („Larvenhaut“ F. Müller's) angewachsen sind, ohne dass sie an dieser Stelle mit der Eihülle in direkte Verbindung träten. Es kann daher auch die jene Verbindung vermittelnde Einrichtung, welche bei den Amphipoden eine eigenthümliche napf- oder trichterförmige Gestaltung zeigt, nicht, wie es La Valette annahm, als Mikropyle gedeutet werden.

Beim Verlassen des Eies scheint der Arthropoden-Embryo in der Mehrzahl der Fälle mittelst eines vom Kopfe ausgehenden Druckes auf die Eihäute diese einfach zu sprengen, um sich allmählig aus denselben zu befreien, und besonders sind es die dünnschaligen Eier, wie sie z. B. den Entomostraken zukommen, welche den Bewegungen der sie durchbrechenden Embryonen einen sehr geringen Widerstand entgegenzusetzen. Für die hartschaligen Eier mancher Insekten scheint es jedoch nach den Beobachtungen Rathke's, Hagen's und Zaddach's wenigstens in gewissen Fällen zur Oeffnung ihres Deckels eines besondern Eisprengers zu bedürfen, welchen die junge Larve in Form eines hornigen, scharfen Apparates als provisorisches Organ auf dem Kopfe sitzen hat. Eine wie weite Verbreitung dieser bis jetzt nur für die Gattungen *Pentatoma*, *Osmylus* und *Phryganea* nachgewiesenen Einrichtung zukommt, muss festzustellen weiteren Beobachtungen vorbehalten bleiben.

## 2. Nachembryonale Entwicklung.

Wenn im Allgemeinen das aus den Eihüllen hervorgehende junge Arthropod zu einer selbstständigen Existenz herangereift, insbesondere zu einer unbeschränkten Ortsbewegung und der Aneignung der zu seiner ferneren Ausbildung nothwendigen Nahrung befähigt ist, so fehlt es doch auch nicht an Fällen, wo theils in Ermangelung einer solchen Befähigung, theils aus anderen Gründen, von Seiten des Mutterthieres eine Brutpflege im engeren oder weiteren Sinne ausgetübt wird. Hierauf bezügliche, zum Theil allgemein bekannte Beobachtungen liegen wenigstens für die drei Classen der Crustaceen, Arachniden und Insekten in Mehrzahl vor. Alltäglich bietet sich im Sommer die Gelegenheit dar, zu sehen, wie die weiblichen Webespinnen ihre in einem Gespinnste zusammengekauert sitzende Nachkommenschaft, welche, bevor sie selbstständig auf Raub auszugehen vermag, einer mehrtägigen Ruhe und einer nochmaligen Häutung bedarf, mit ängstlicher Sorgfalt der Nachstellung ihrer Feinde entzieht. Aus gleichen Gründen bedecken nach de Geer's Mittheilung die weiblichen Ohrwürmer (*Forficula*) ihre aus den Eiern geschlüpften Jungen noch längere Zeit mit ihrem Körper, wie eine Henne ihre Küchlein. Unter den Crustaceen sind es die Amphipoden und Isopoden und in der Ordnung der Decapoden die Gattung *Mysis*, welche ihre in einem wenig vorgeschrittenen Grade der Ausbildung das Ei verlassenden Jungen in denselben am Bauche gelegenen Bruthöhlen, welche zuvor die Eier

bargen, noch längere Zeit hindurch beherbergen und mit sich herumtragen. Als besonders hervorragende Beispiele einer noch weiter ausgedehnten Brutpflege sind endlich neben den Pupiparen, deren Weibchen ihre Larven bis zu deren vollständiger Ausbildung in ihrem Uterus-förmig ausgedehnten Ovidukt ernähren, vor allen die Hymenopteren-Familien der Bienen, Wespen, Grabwespen und Ameisen zu erwähnen, bei welchen theils durch die Weibchen, theils durch die Arbeiter eine Auffütterung der zur Ortsbewegung wenig befähigten Brut bewerkstelligt wird. Es ist indessen zu bemerken, dass besonders bei den geselligen Hymenopteren die Brutpflege weniger durch den hilflosen Zustand der Larven, welche in dieser Beziehung denjenigen der meisten Dipteren kaum nachstehen, als vielmehr einerseits durch die Art ihrer Nahrung, andererseits durch das Staatenleben der betreffenden Thiere selbst bedingt ist, so dass sie derjenigen der erwähnten Crustaceen nur relativ zur Seite gestellt werden kann.

In Bezug auf ihre nachembryonale Entwickelung theilen die Arthropoden mit zahlreichen anderen wirbellosen Thieren die Eigenschaft, in einer von dem geschlechtlich ausgebildeten Individuum mehr oder weniger abweichenden Gestalt das Ei zu verlassen, so dass es, um jenen gleich zu werden, bei ihnen neben der Grössenzunahme gleichzeitig einer oft wesentlichen Formveränderung bedarf. Die Erfahrung, dass diese Umgestaltungen sich bald als wenig hervortretende und allmähliche, bald als in hohem Grade auffallende und anscheinend plötzliche zu erkennen geben, hat das Bestreben hervorgerufen, sie als zwei, wenn auch nicht gegensätzliche, so doch wesentlich von einander verschiedene Entwicklungsmodi hinzustellen: und besonders ist es V. Carus gewesen, welcher die Entwicklung „durch einfache Differenzirung“ von der durch eine „Metamorphose“ bewirkten zu unterscheiden sich bemühte\*). Die erste dieser Categorien soll sich nach ihm dadurch charakterisiren, dass ein Individuum eine Reihe von Entwicklungsformen durchmacht, von denen jede folgende aus der vorhergehenden sich unmittelbar ergibt, um unter allmählichen und geringen Formveränderungen den Uebergang in die bleibende Form zu vermitteln; sie soll in continuirlicher Reihe die in der Anlage bereits vorhandenen Eigenthümlichkeiten des Geschlechtstieres immer deutlicher hervortreten lassen. Im Gegensatz dazu wird die mit einer „Metamorphose“ verbundene Entwicklung dahin fixirt, dass bei ihr ein (jener ersten überhaupt abgehendes) „Larvenstadium“ auftritt, welches ausser den Anlagen für die Organe der endgültigen Form Einrichtungen besitzt, denen, da sie jener abgehen und nur dem Bedarf des in der Entwicklung begriffenen Stadiums angepasst sind, der Charakter von „provisorischen Organen“ zuertheilt wird. Eine solche für die niederen Thiere im Allgemeinen und mit gleichzeitigem Hinblick auf

\*) Zur näheren Kenntniss des Generationswechsels. Leipzig, 1849. — System der thierischen Morphologie (Leipzig, 1853), p. 258 ff.

die hier noch mehrfach vorkommende Metagenese hingestellte Scheidung in Entwicklung mit und ohne Metamorphose lässt sich jedoch für die Arthropoden in der That nicht aufrecht erhalten und noch weniger der Begriff der „Larve“ auf die früheren Entwicklungsstadien der letzteren Kategorie beschränken. Schon aus der Classe der Insekten, welcher der Begriff der Metamorphose (im engeren Sinne) doch hauptsächlich entlehnt ist, liessen sich verschiedene Beispiele anführen, welche der von Carus gegebenen Definition der Larve in zwiefacher Richtung widersprechen. Von den nach der allgemeinen Anschauungsweise als metamorphische Insekten (*Insecta metabola*) betrachteten Ordnungen würden sich bei der auf die Anwesenheit provisorischer Larvenorgane beschränkten Metamorphose nur die Lepidopteren und Neuropteren, nicht aber die Mehrzahl der Hymenopteren und Coleopteren unter dieser Kategorie begreifen lassen, obwohl sie mit jenen in dem Besitz eines eigentlichen Puppenstadiums — dem bisherigen Criterium für die Metabolie — übereinstimmen. Bei den Larven der *Hymenoptera phytophaga*, der Neuropteren und Lepidopteren könnte man die Pedes spurii des Abdomen, die Kiemenfäden, die Saugzangen (*Myrmeleon*) u. s. w. allenfalls als provisorische, dem Imago-Stadium abgehende Einrichtungen ansprechen. Dagegen fehlen den Larven der Coleopteren (mit vereinzelt Ausnahmen) sowohl als der *Hymenoptera genuina* derartige Eigenthümlichkeiten vollständig; vielmehr finden sich an ihnen nur solche Organe vor, welche bei dem entwickelten Insekt eine beträchtlich höhere Ausbildung erreichen. Auf der anderen Seite fehlt es aber auch unter den sogenannten *Ametabolis* nicht an Fällen, wo den früheren Entwicklungsstadien sehr auffallende provisorische Organe eigen sind; bei den Libellen-Larven sind es die Schwanz- oder Darmkiemen und die Maske, bei den Ephemeriden-Larven die Kiemenbüschel, die kräftigen, breitgedrückten Grabbeine und die mit langen, sichelförmigen Fortsätzen bewehrten Käukiefer, welche beim Uebergang in die Imago vollständig abgeworfen werden. Es wäre nun allerdings ein Leichtes, die bisher für die Metabolie resp. Ametabolie der Insekten gültigen Kriterien, wie die Aehnlichkeit resp. Verschiedenheit der Larve von der Imago, das Auftreten oder den Mangel einer ruhenden Puppe u. s. w. fallen zu lassen und an ihre Stelle die oben hervorgehobenen Differenzen in dem Verhalten der ersten Entwicklungsstadien als Massstab für die Metamorphose hinzustellen. Wollte man sich aber auch hierzu entschliessen, so würde damit im Grunde wenig geholfen sein und es besonders in Rücksicht auf zahlreiche andere Arthropoden immerhin arbiträr bleiben, ob in einem speziellen Fall ein Larvenorgan als provisorisches oder als ein schon für den Bedarf des Geschlechtstieres angelegtes aufzufassen sei. Die mit langen spießförmigen Fortsätzen am Rückenschild versehenen Jugendformen (*Zoëa*) der Brachyuren und Porcellanen würden sich in jedem Falle als unzweifelhafte „Larven“ dokumentiren: dagegen müsste es schon dem Ermessen und der Auffassung jedes Einzelnen überlassen bleiben, die Extremitäten einer Nauplius-Form (bei Copepoden und

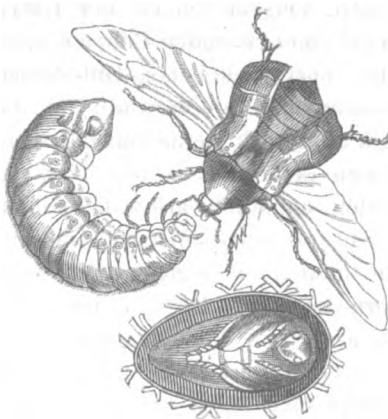
Fig. 35.

Erste Larvenform (*Zoea*)  
eines Decapoden.

Cirripeden) in Rücksicht auf ihre Funktion während des Jugendstadiums als provisorische, oder mit Hinblick auf ihre Umwandlung in Fühler und Mundtheile bei der ausgebildeten Form als bleibende Organe in Anspruch zu nehmen. Ueberdies würde dann der bei vielen Arthropoden unter dem Namen der „rück-schreitenden Metamorphose“ bekannte und verbreitete Vorgang völlig mit der eigentlichen Metamorphose zusammenfallen, da sich derselbe in allen Fällen durch provisorische Larven-Einrichtungen auszeichnet, während er trotzdem der eigentlichen Metamorphose direkt gegenübersteht. Erwägt man schliesslich, dass, wie bereits Leuckart überzeugend nachgewiesen hat, die Anwesenheit provisorischer Organe und Ausrüstungen bei den Larven lediglich auf ihre jeweiligen Leistungen, auf ihre Wechselwirkung mit den sie umgebenden Naturkörpern zurückzuführen, ja dass oft eine Existenz dieser Jugendzustände ohne jene zur Ortsbewegung, zur Herbeischaffung von Nahrung u. dgl. dienende Organe überhaupt nicht denkbar ist, so wird man ohne Weiteres zugeben müssen, dass sie in das Wesen der Entwicklung selbst im Grunde gar nicht einschneiden. Die im Wasser und zugleich vom Raube anderer Insekten lebenden Libellen-Larven bedürfen bestimmter, von denen der Imago auffallend abweichender Organisations-Eigenthümlichkeiten, welche den eine gleiche Lebensweise mit ihren Eltern führenden Larven der Ohrwürmer, Grillen, Heuschrecken u. s. w. nicht nur entbehrlich, sondern vollkommen nutzlos sein würden.

Wollte man, wie es bereits seit langer Zeit für die Classe der Insekten geschehen ist, für die Arthropoden im Allgemeinen ein Criterium aufstellen, nach welchem die Entwicklung mit oder ohne Metamorphose bemessen werden sollte, so dürfte dies gewiss mit grösserem Recht in

Fig. 36.

*Cetonia aurata*. Larve, Puppe und Käfer.

dem Auftreten einer „ruhenden Puppe“ zu finden sein; denn es kann wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass das Puppenstadium der Entwicklung derjenigen Formen, welchen es zukommt, ein durchaus eigenthümliches Gepräge verleiht und die „provisorischen Larven-Ausrüstungen“ an Dignität weit überragt. Indessen abgesehen davon, dass dann ausser den metabolen Insekten überhaupt nur einige Acarinen-Formen eine Metamorphose durchmachen, letztere mithin allen übrigen Arthropoden abginge, so klebt auch dieser Puppe (im engeren Sinne) im Grunde

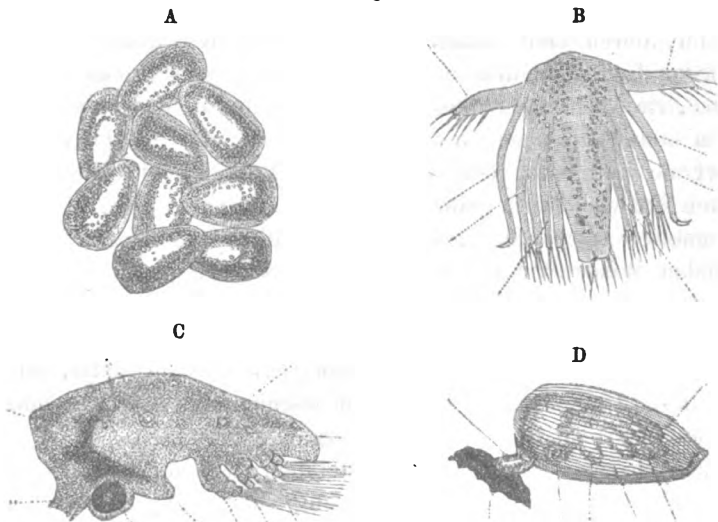
nur scheinbar etwas Aussergewöhnliches an und am wenigsten tritt sie in einen scharfen Gegensatz zu der Entwicklung durch einfaches Wachsthum und allmähliche Umgestaltung. An und für sich erscheint es allerdings höchst wunderbar, eine Schmetterlingsraupe, welche bis dahin aus jeder Häutung in wenig veränderter Gestalt und Färbung hervorgegangen war, plötzlich in einen vollständig verschiedenen Körper umgewandelt zu sehen, dessen latente Lebensäusserungen selbst Zweifel an der Identität können aufkommen lassen. Auch kann das Staunen, in welches Goedart und Swammerdam über diesen Vorgang geriethen, durchaus nicht den spezielleren Umständen gegenüber schwinden, welche nach Weismann's neueren Beobachtungen mit jener Verwandlung verknüpft sind. Vielmehr könnte die Thatsache, dass in manchen Fällen (*Diptera*) die Larve bis zur Beendigung ihres Wachsthumes nur das Bildungsmaterial zusammengebracht habe, aus welchem nach Auflösung ihrer sämtlichen Organe ein vollständig neues Wesen aufgebaut wird, das an und für sich schon Wunderbare bis zum Aeussersten gesteigert erscheinen lassen. Jedenfalls muss aber, wenn man zunächst nur das Aeusserliche des Vorganges, nämlich das Hervorgehen der ganz heterogen gestalteten Puppe aus der Larvenhaut in Betracht zieht, der Schein des Aussergewöhnlichen schon dadurch herabgestimmt werden, dass sich alle Uebergänge zwischen dieser auf der höchsten Stufe der Ausbildung stehenden Metamorphose und der Entwicklung durch einfache Differenzirung nachweisen lassen. Zunächst würde eine Art von Vermittelung in den mit einer Pupa coarctata versehenen Dipteren zu finden sein, bei welchen die Ausbildung der Puppe, d. h. der noch im Zustande der Passivität befindlichen Imago innerhalb der zusammenschrumpfenden letzten Larvenhaut vor sich geht: diesen sich aber wiederum die hemimetabolen Orthopteren (*Libellula*, *Ephemer*) nahe anschliessen, welche sich durchaus nicht, der allgemeinen Anschauung entsprechend, durch eine einfache Häutung aus der letzten Larvenform (*Nympha*), sondern gleichfalls aus einer innerhalb dieser formirten Puppe entwickeln. Die Ausbildung dieser Puppe geht nur dadurch viel schneller als bei den metabolen Insekten von Statten, dass, wie bei den *Ametabolis*, die Flugorgane bereits in der Larve angelegt und schliesslich zu einer ansehnlichen Entwicklung gediehen sind: sonst muss ein Aufbau neuer Leibesschienen, verschieden gestalteter Mundtheile, Fühler u. s. w. bei ihr in gleicher Weise wie bei der Schmetterlings-Puppe bewirkt werden. Insofern nun aber das allmähliche Anwachsen von Flügelscheiden während des Larvenstadiums die Libellen und Ephemerer in unmittelbarer Beziehung zu den ametabolen Insekten (*Orthoptera genuina*) setzt, ist auch selbst in dieser Classe der Arthropoden offenbar die Entwicklung mit und ohne Metamorphose durch alle Uebergänge vermittelt.

Ergiebt sich somit der Begriff der Metamorphose für die Arthropoden als ein durchaus relativer, dessen Fixirung sich nach allen Seiten hin Schwierigkeiten entgegenstellen, so wird folgerecht auch die Bezeichnung „Larve“ oder „Larvenform“ (*Larva*) auf alle Entwicklungsstadien —

gleichviel ob sich dieselben von der ausgebildeten Form (*Imago*) durch auffallende oder nur unwesentliche Differenzen unterscheiden — anzuwenden sein, welche das Individuum vom Verlassen der Eihüllen an bis zur Geschlechtsreife zu durchlaufen hat. Dass diese Entwicklungsstadien in sehr verschiedener Zahl auftreten, dass es in manchen Fällen einer beträchtlichen, in anderen einer geringeren Zahl von Häutungen und Formveränderungen bedarf, um den geschlechtsreifen Zustand zu erreichen, geht schon aus dem oben erwähnten Umstand hervor, dass der Geburtsakt je nach den Classen, Ordnungen und Familien (zuweilen selbst nach den Gattungen) der Arthropoden in sehr verschiedenen Perioden der embryonalen Ausbildung erfolgt. Denselben Grad in der Entwicklung der Körpersegmente und der ihnen entsprechenden Extremitäten, welchen die eine Form bereits mit aus dem Eie bringt, hat eine andere erst durch verschiedene, in die Zeit ihrer selbstthätigen Existenz fallende Umänderungen zu erwirken. Dass bei letzteren eine grosse Mannigfaltigkeit der Erscheinungen auftritt, welche dem Vorgang selbst nicht selten etwas Eigenthümliches und selbst auffallend Abweichendes verleihen, wird bei dem überwältigenden Formenreichtum der Arthropoden nicht überraschen können. Abgesehen von solchen speziellen und oft nur accidentellen Vorkommnissen würden sich etwa folgende, zwar durch Uebergänge vermittelte, aber der Hauptsache nach differente Entwicklungsmodi unterscheiden lassen:

1) Die Larve verlässt in einem so wenig vorgeschrittenen Stadium der Ausbildung das Ei, dass sie gleichsam nur einzelne Körpertheile der geschlechtlich entwickelten Form und zwar, wie sich aus der Entwicklung ergibt, hauptsächlich deren Kopf- und Schwanztheil in sich birgt.

Fig. 37.



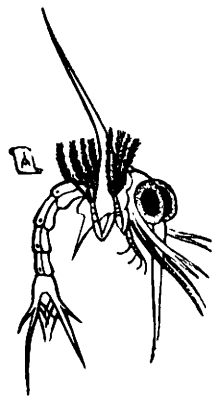
Entwicklung eines Cirripeden (*Lepas*). A. Eier. B. Erste, frei schwimmende Larvenform. C. D. Spätere Entwicklungsstadien nach der Anheftung mittels der Fühler.



Ihr Körper entbehrt zu dieser Zeit noch vollständig der Segmentirung und ist ausser einem unpaaren Augenfleck in der Regel nur mit drei Extremitäten-Paaren, welche die Ortsbewegung vermitteln, ausgerüstet. Die Häutungen, welche eine solche Larve durchzumachen hat, sind demnach meist zahlreiche, die dabei eintretenden Formveränderungen in allen Fällen namhafte. Letztere bestehen zunächst in einer schärferen Abgrenzung von zwei hintereinander liegenden Körperabschnitten, sodann in dem Hervorsprossen von einem und allmählig von mehreren Körpersegmenten zwischen jener vorderen und hinteren Körperhälfte. Gleichzeitig mit dieser Bildung neuer Segmente geht eine Entwicklung fernerer Gliedmaassenpaare von Statten, welche mit der Zeit die Funktion jener ersten Larven-Extremitäten übernehmen, während diese sich zu Fühlern und accessorischen Mundtheilen umgestalten. Diese durch das sogenannte „Nauplius-Stadium“ charakterisirte Art der Entwicklung, welche man in vielen Fällen als „mit einer Metamorphose verbunden“ ansehen könnte, ist ausschliesslich auf die wasserbewohnenden Crustaceen beschränkt und findet sich hier ausser bei vereinzelt Repräsentanten der Decapoden (*Peneus*) allgemein bei den Copepoden und Phyllopoden; ausserdem aber auch in modificirter Weise bei den Cirripedien vor. Bei letzteren wird in Uebereinstimmung mit manchen parasitischen Copepoden die auf der Bildung neuer Körpersegmente und Extremitäten beruhende fortschreitende Entwicklung frühzeitig sistirt, um alsbald einer „retrograden Metamorphose“ zu weichen.

2) Die Larve verlässt schon in einem merklich vorgeschrittenen Stadium der Ausbildung das Ei, indem sie bereits einen vom Vorderkörper deutlich abgesetzten und seinerseits mit Einschnitten versehenen Schwanztheil mitbringt, ausserdem auch schon mit paarigen Augen, mit wirklichen, nicht mehr die Ortsbewegung vermittelnden Fühlern und eigentlichen Kiefern ausgestattet ist. Sonst stimmt sie mit jener ersterwähnten Larvenform darin überein, dass die zu ihrer Ortsbewegung dienenden Extremitäten später ihre Funktion ändern und zu Kieferfüssen werden, sowie ferner darin, dass die Bildung neuer Segmente und Gliedmaassen durch mehrere aufeinanderfolgende Häutungen inmitten zwischen dem vorderen und hinteren Körperabschnitt des ersten Entwicklungsstadiums vor sich geht. Die dem letzteren nicht selten anhaftenden provisorischen Eigenthümlichkeiten (schwert- oder spießförmige Verlängerungen des vorderen Körpertheiles u. s. w.) gehen bei den aufeinanderfolgenden Häutungen immer mehr ein. — Diese Entwicklungsform charakterisirt die Mehrzahl der wasserbewohnenden Crustaceen aus der Ordnung der Decapoden (incl. Stomatopoden).

Fig. 38.

Erste Larvenform (*Zoea*) eines Decapoden.

3) Die Larve gleicht insofern schon dem ausgewachsenen Thiere, als ihr Körper bereits beim Verlassen der Eihülle deutlich segmentirt ist und schon nach einigen Häutungen eine, wenngleich geringe Zahl von bleibenden Gliedmaassenpaaren erkennen lässt. Dieselben beschränken sich jedoch auf die vorderen Körpersegmente, sowie die Zahl der letzteren (überhaupt) derjenigen des geschlechtsreifen Individuums sehr beträchtlich nachsteht. Die Bildung neuer Körperringe und Gliedmaassen erfolgt bei einer Reihe aufeinanderfolgender Häutungen auf der Grenze zwischen dem vor- und drittletzten Segment der Larvenform. — Diese in ihren Einzelheiten noch näher zu erforschende Entwicklungs-Modifikation ist nach den bisherigen Erfahrungen auf die Classe der Myriopoden beschränkt.

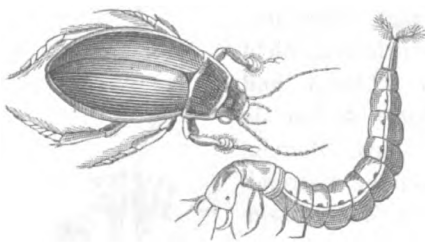
4) Die Larve verlässt bereits mit der Mehrzahl der dem entwickelten Individuum zukommenden Extremitäten versehen das Ei. Die noch fehlenden sprossen entweder (Pycnogoniden) bei mehrmaliger Häutung hinter den bereits vorhandenen und unter gleichzeitiger Segmentirung des Körpers, oder nach der ersten Häutung der Larve zwischen den von ihr mitgebrachten Gliedmaassen (*Isopoda*, *Acarina*) hervor. Der Grad der Aehnlichkeit zwischen Larve und Geschlechtsthier ist je nach der Zahl der nachwachsenden Extremitäten und der damit verbundenen Ausbildung neuer Segmente ein verschiedener.

5) Die Larve geht aus dem Eie mit der vollen Zahl der Körpersegmente, welche dem Geschlechtsthier eigen sind, hervor, ist aber von letzterem in der Regel formell sehr verschieden. Durch mehrere aufeinanderfolgende Häutungen wird ihre Gestalt entweder gar nicht oder

wenigstens nicht in der Weise verändert, dass sie dadurch dem ausgebildeten Thiere näher rückt; vielmehr erreicht das Individuum unter dieser Form sein vollständiges Wachstum, um erst dann durch eine innere und äussere Metamorphose unmittelbar in die ganz different gestaltete Imago überzugehen. Letztere hat, bevor sie zu einer selbstthätigen Existenz gelangt, eine Periode der Passivität, das sogenannte Puppen-

stadium zu durchlaufen. Es ist dies die allbekannte Entwicklung der metabolen Insekten, deren Larvenstadium je nach den Ordnungen nur untergeordnete Differenzen in Betreff der Entwicklung mehr oder minder zahlreicher Extremitäten darbietet. Während die Larven der *Diptera* und der *Hymenoptera genuina*, in Gleichem auch diejenigen mancher *Coleoptera* ausschliesslich Fühler und Mundtheile besitzen, kommen denjenigen der *Neuroptera* und der meisten *Coleoptera* ausserdem die drei Thoraxbeinpaare der Imago zu. Die Larven der *Lepidoptera* und *Hymenoptera phytophaga* endlich sind ausser diesen auf die Imago über-

Fig. 39.



*Dytiscus marginalis* nebst seiner ausgewachsenen Larve.