

Fig. 11.

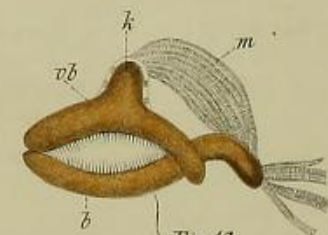
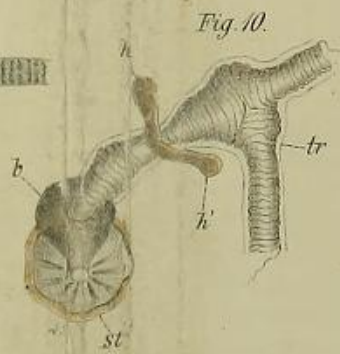
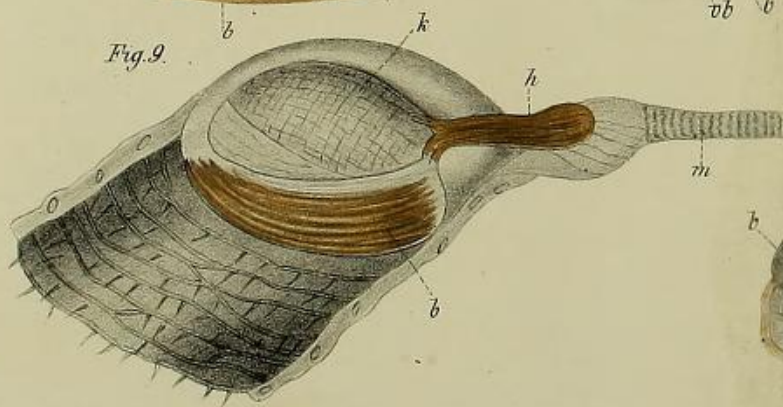
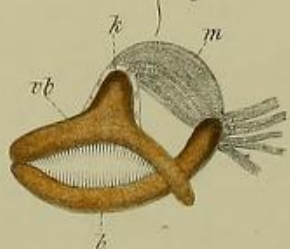


Fig. 12.



Der Tracheenverschluss bei den Insecten.

Von

Dr. H. Landois und W. Thelen.

Mit Tafel XII.

Geschichtliches.

Der Erste, welcher auf besondere Apparate zum Verschluss der Tracheen, resp. der Stigmen, aufmerksam wurde, war BURMEISTER¹⁾, und zwar beschrieb er den Apparat einer Larve von *Oryctes nasicornis*. Auch gab er von demselben auf der Tafel II. Fig. 1—3 eine Abbildung. Da bei dieser Larve der Verschlussapparat sehr nahe an das Stigma gerückt ist, so glaubte er, dass derselbe zum Verschlusse des Stigma's selbst diene; wir werden jedoch sehen, dass der Verschlussapparat in den meisten Fällen als ein durchaus selbstständiges Gebilde zum Verschluss der Trachee eingerichtet ist. In der neuesten Zeit sind dann drei verschiedene Arbeiten über diesen Gegenstand veröffentlicht worden. Die erste rührt von meinem Bruder²⁾ her, welcher auf den Tracheenverschluss der Pediculinen aufmerksam machte. Ich selbst³⁾ wies dann bei den Lepidopteren den Verschluss nach. Mit meinem Freunde THELEN untersuchten wir in den Osterferien desselben Jahres den *Tenebrio molitor* und legten das Resultat dieser Arbeit in das letztgenannte Archiv pag. 391 nieder. Da sich bereits bei den wenigen untersuchten Arten eine so bedeutende Mannigfaltigkeit im Baue dieser Apparate herausgestellt hatte, untersuchten wir beide eine grössere Reihe von Insectenspecies aller Ordnungen, woraus die vorliegende Abhandlung entstand.

1) Handbuch der Entomologie. Theil 4. pag. 474.

2) L. LANDOIS in Zeitschr. für wissensch. Zoologie Band. XV. Heft 4.

3) Archiv für Anatomie und Physiologie. Von DEBOIS-REYMOND und REICHERT. 1866. pag. 43.

Die festen Theile der Tracheenverschlüsse.

Die Hartgebilde der Tracheenverschlüsse bestehen ebenso, wie die der Tracheen selbst, aus Chitin. Wir unterscheiden an einem vollkommen ausgebildeten Tracheenverschluss vier Theile:

1. Den Verschlussbügel.
2. Den Verschlusshebel oder Verschlusskegel.
3. Das Verschlussband.
4. Den Verschlussmuskel.

Die drei ersten Theile gehören eben zu den Hartgebilden des Apparates. Sie umgeben den Anfang des Tracheenrohres ringförmig, und sind gelenkartig mit einander verbunden. Der Verschlussbügel (Taf. XII. Fig. 4. *b.*), meistens von halbmondförmiger Gestalt, bildet die feste Grundlage des Apparates, er umspannt das Tracheenrohr um die Hälfte. Die andere Seite umfasst ein dünnhäutigeres Band, das ich schon früher mit dem Namen: Verschlussband (Taf. XII. Fig. 4. *vb.*) bezeichnet habe. Dieses Verschlussband wird nun auf die mannigfaltigste Art und Weise durch besondere mechanische Vorrichtungen gegen den Verschlussbügel gedrückt und so der Verschluss des Tracheenrohres bewerkstelligt. Oft ist es ein einfacher Chitinstab, der mit dem Verschlussbande verwachsen das Band selbst gegen den Verschlussbügel zu bewegen vermag. In anderen Fällen wirkt ein rechtwinklig gebogener Hebel auf das Verschlussband und bewirkt auf diese Weise den Verschluss (Taf. XII. Fig. 6. *h.*). Bei Käfern stehen entweder ein oder zwei Kegel mit breiter Basis auf dem Verschlussbande und drücken dasselbe gegen den Bügel; ähnliche Vorrichtungen sind auch bei den Hymenopteren zu finden (Taf. XII. Fig. 8.).

Die festen Chitintheile sind stets so mit einander verbunden, dass im Zustande der Ruhe das von dem Apparate umschlossene Tracheenrohr stets geöffnet bleibt, und die Luft durch das Stigma in die Tracheenöffnung ungehindert aus- und eintreten kann. Soll der Apparat geschlossen werden, so wird dazu der Verschlussmuskel in Anspruch genommen.

Die Musculatur der Tracheenverschlüsse.

An jedem Verschlussapparate befindet sich nur ein einziger Muskel, der je nach den einzelnen Species aus mehr oder weniger Fibrillen besteht. Die einzelnen Muskelfasern bieten keine Abweichungen von der übrigen Musculatur dar. Sie sind deutlich quergestreift

und enthalten viele Kerne, die namentlich bei Essigsäurebehandlung und durch Anilintinctionen sehr deutlich hervortreten. Den Ansatz der Muskelfasern an den Verschlussapparat vermitteln Sehnen, welche mehr oder weniger entwickelt sein können. Der eine Muskelkopf setzt sich in allen Fällen an die Spitze des oder der Verschlusskegel oder an das Ende des Verschlusshebels an. Der andere Muskelkopf hingegen findet meistens seine Insertionsstelle an dem Verschlussapparate selbst. Er erstreckt sich dann, wenn nur ein Verschlusshebel oder Kegel vorhanden ist, über das Verschlussband und heftet sich an den Verschlussbügel. In manchen Fällen setzt sich dieses Muskelende aber auch an die Hypodermis in der Nähe des Stigma's an. Sind hingegen zwei Verschlusskegel vorhanden, so gilt als feststehende Regel, dass die beiden Muskelköpfe mit den Spitzen der Kegel verwachsen sind, sodass der Muskelbauch zwischen beide Kegel zu liegen kommt. Die Thätigkeit des Muskels bezieht sich einzig und allein auf den Verschluss des Apparates. Sobald er contrahirt wird, werden die Kegel oder Hebel auf das Verschlussband gedrückt; dieses nähert sich durch den Druck gegen den Verschlussbügel und schliesst den ganzen Apparat. Sobald die Contraction nachlässt, springt der Verschlussapparat durch seine federnde Elasticität wieder auseinander.

Vorkommen und Typus der Tracheenverschlussapparate.

Wir haben bisher noch kein einziges Insect untersucht, in welchem wir die Tracheenverschlussapparate vollständig vermisst hätten. Sie sind wohl bei einigen Gattungen, wie z. B. bei den Neuropteren: *Agrion*, *Libellula* etc., auf ein Minimum reducirt, aber die Spuren derselben lassen sich auch dort noch nachweisen. Selbst bei kleineren Species, wie bei den *Pediculinen* und *Puliciden* sind sie sehr ausgeprägt vorhanden. In vielen Fällen haben diese Apparate eine höhere Stufe der Entwicklung erlangt und dienen dann als kleine Kehlköpfe zur Hervorbringung der Stimme der Insecten. Hinter jedem Stigma findet sich auch ein Tracheenverschlussapparat.

Es lässt sich bei diesen Apparaten ein gemeinsamer Typus im Baue durchaus nicht verkennen. Hinter dem Stigma beginnt sogleich das Tracheenrohr, das sich in weiterem Verlaufe mannigfaltig verzweigt und verästelt. Die einfachste Bildung der Tracheenverschlussapparate ist nun die, dass sich hinter dem Stigma das Tracheenrohr ringartig verdickt. Die eine Seite dieses Ringes bleibt gewöhnlich etwas dünnhäutiger. Auf dieser dünnhäutigen Stelle dieses Verschlussringes steht dann ein kleiner Kegel mit breiter Basis. An der Spitze dieses Kegels

befinden sich ein oder mehrere Muskelfasern: werden diese contrahirt, so drückt die Kegelbasis auf die dünnere Seite des Verschlussringes und bewirkt durch das Aneinandertreten der beiden Ringhälften den vollständigen Verschluss des Apparates.

Bei etwas höher entwickelten Verschlussapparaten bildet die dickere Hälfte des Ringes ein besonderes halbmondförmiges Chitinstück, den Verschlussbügel. Dieser wird ergänzt zu einem vollständigen Ringe durch einen rechtwinklig gebogenen Hebel und ein zartes Verschlussband. Der Hebel articulirt am Ende des Verschlussbügels. Wird nun durch den Muskel, der am Ende des Hebels befestigt ist, der Hebel selbst niedergebogen, so nähert sich dessen unterer Arm und das Verschlussband dem Verschlussbügel, was den Verschluss des ganzen Apparates nothwendig zur Folge hat. Diese Einrichtung finden wir namentlich bei den Schmetterlingen.

Häufig finden wir, dass, dem stärkeren Verschlussbügel gegenüber, auf der dünnhäutigeren Ringhälfte zwei Kegel mit breiter Basis stehen. Die Kegel articuliren an den Enden des Verschlussbügels. Die Spitzen der Kegel sind mit einem Muskelbündel vereinigt. Zieht sich dieses zusammen, so drücken die Kegel mit ihrer Basis auf die dünnhäutigeren Ringhälften und nähern diese dem Verschlussbügel, wodurch ein vollkommener Verschluss des Apparates hergestellt werden kann.

Es sind überhaupt überall Stäbe, Hebel, Kegel, Ringe und Ringstücke, welche das Tracheenrohr umgeben und durch zweckmässig angebrachte Musculatur unter Zuhilfenahme der Elasticität der Chitingebilde den Verschluss und die wechselseitige Oeffnung des Tracheenrohres bewerkstelligen. Die Einzelheiten werden bei den verschiedenen Insectenspecies später die nöthige Berücksichtigung finden.

Die Innervation der Tracheenverschlussapparate.

Bei der Präparation der Verschlussapparate trifft man nicht selten auf Nerven, welche mit ihren feinen Verzweigungen in den Verschlussmuskel eintreten. Obschon ich Jahre lang mit der Anatomie der Insecten beschäftigt bin, habe ich nie gesehen, dass ein Nerv zu den Tracheen verlaufen sei. Um den Ursprung und den Verlauf der Nerven der Tracheenverschlussapparate zu studiren, wählte ich die Raupe des *Cossus-Schmetterlinges*, welche sich einerseits wegen ihrer Grösse, andererseits aber auch wegen ihrer zusammenhängenden Fettmassen, die leicht entfernt werden können, zu Nervenuntersuchungen ganz vorzüglich eignet.

Das Centralnervensystem hat den gewöhnlichen Bau; die Ganglienknoten liegen auf der Bauchseite, und sind durch je zwei Nervenfasern in der Längsrichtung mit einander verbunden. Die Ganglienknoten senden jederseits zwei Nervenstämme aus.

Ausser diesem Nervensysteme nimmt an der Innervation der Tracheenverschlüsse noch das System der queren Nerven Theil. Wir werden dieses zweite Nervensystem hier nur in soweit berücksichtigen, als es seinen Einfluss auf die Tracheenverschlüsse geltend macht, und sparen zahlreiche anderweitige Beobachtungen einer Specialarbeit über dasselbe auf. Vor dem Ganglion des Centralnervensystems verläuft ein Nerv in der queren Richtung. Er steht durch einen senkrecht aus ihm tretenden Faden mit dem Centralnervensysteme in Verbindung. Die queren Nerven verzweigen sich bald in viele einzelne Fasern. Einer derselben verläuft über den Tracheenhauptlängsstamm und schwillt jenseits desselben in ein kleines Ganglion an. In dieses Ganglion mündet noch ein zweiter Nervenfaden, dessen Ursprung leicht verfolgt werden kann; es ist nämlich ein Zweig des vorderen Nerven, welcher aus dem Bauchganglion seinen Ursprung nimmt. So steht also das centrale und das transversale Nervensystem nicht allein in der Nähe der Bauchganglien mit einander in Verbindung, sondern auch ausserdem durch diese kleinen Ganglien jenseits der Haupttrachee, in welche beide Ausläufer senden. Die kleinen Ganglienknoten, für beide Nervensysteme gemeinschaftlich, liegen ganz in der Nähe der Stigmen, und von diesen werden auch die Tracheenverschlüsse mit Nerven versehen. Es treten aus diesem kleinen Ganglion mehrere Nerven aus, ein einziger verläuft zu dem Verschlussmuskel des Tracheenschlussapparates. Bevor er in den Muskel tritt verzweigt er sich in mehrere Stämmchen; letztere lassen sich in ihrem weiteren Verlaufe im Muskel selbst nicht mehr verfolgen. Beim Maikäfer konnte ich gegen zwölf bis vierzehn Nervenverzweigungen kurz vor dem Eintritt in den Verschlussmuskel unterscheiden. Es nehmen somit an der Innervation der Tracheenverschlussapparate das centrale und das transversale Nervensystem Antheil.

Zweck und Bedeutung der Tracheenverschlüsse.

Die Tracheenverschlussapparate sind von grosser Bedeutung einerseits für die Respiration der Insecten, und anderseits für das Flugvermögen derselben. Die Tracheen durchziehen den Insectenkörper in wunderbarer Verzweigung und Verästelung, sodass es mit Ausnahme der Körperhaut keine Stelle giebt, wohin nicht die feinen Zweigelchen

derselben reichten. Sie bestehen aus zwei verschiedenen Schichten, der äusseren Peritonealhülle, welche weich und mit Kernen versehen ist, und der inneren meist spiraligen Chitinhaut. Die Tracheen sind wegen dieser Zusammensetzung durchaus nicht geeignet, die Luft, welche in sie von aussen einströmt, selbstständig nach allen Seiten in den Körper heranzuführen. Nun muss aber die Luft bis zu den letzten Endigungen der Tracheen, zu den Respirationszellen, gelangen, um O abzugeben und CO₂ wieder abzuscheiden. Um diese Fortbewegung der Respirationsluft zu bewerkstelligen, finden wir mehrere Organe zu gleicher Zeit thätig:

1. Zunächst wirken auf die Bewegung der Respirationsluft in den Tracheen die Körperbewegungen im Allgemeinen ein. Kriecht, läuft oder fliegt das Insect, so werden diese Bewegungen auch die Tracheen hin und herschieben und somit auch auf die Luft in den Tracheen von entschieden bewegendem Einflusse sein.

2. Damit die Körperbewegungen noch leichter auf die Bewegungen der Tracheen wirken können, hat die äussere weiche Peritonealhaut überall Ausläufer, welche den ganzen Körper als ein lockeres Gewebe durchziehen. Es ist dieses von LEYDIG zuerst nachgewiesen.

3. Viele Tracheen durchziehen mit ihren Verzweigungen die einzelnen Muskelfasern. Ziehen sich letztere zusammen, so wird auch die in den Tracheen befindliche Luft eine Ortsveränderung erfahren.

4. Einen ähnlichen Einfluss werden auch diejenigen Organe ausüben, welche in beständiger unwillkürlicher Bewegung begriffen sind. Namentlich das Verdauungsrohr und das Herz. Diese beiden Organe sind namentlich sehr stark mit Tracheen durchzogen, und da sie fortwährend in Bewegung sind, so nimmt an dieser auch die Trachealluft Theil.

5. Ich hatte nicht selten Gelegenheit, zu sehen, dass auch der Blutstrom selbst die Tracheen in Bewegung setzen kann. Um diese Beobachtung anstellen zu können, empfehlen sich namentlich die durchscheinenden Elytren mancher Käfer. Man muss das Thier so präpariren, dass die Flügeldecke unter das Mikroskop geschoben wird, während sie noch am lebenden Thiere haftet. Man hebt, nachdem man dem Thiere die Beine abgeschnitten hat, die Flügeldecke auf, und bedeckt dieselbe, nachdem man sie mit Wasser befeuchtet, mit einem Deckgläschen. Man bemerkt dann den Blutstrom mit den Blutkörperchen stossweise sich voran bewegen und an einigen Stellen sieht man die Tracheen eben so rhythmisch hin und her gezogen, und zwar hervorgerufen durch den Blutstrom.

6. Es giebt eine grosse Reihe von Muskeln, welche einzig und

allein die Respirationsbewegungen zu regeln bestimmt sind. Es sind dieses namentlich diejenigen Muskeln, welche in der Regel quer über die beiden Haupttracheenstämme, die den Körper in der Längsrichtung durchziehen, ausgespannt sind.

Man erkennt hieraus leicht, dass die Tracheen durchaus nicht selbstständig die Luft fortzuleiten geeignet sind, und dass die sie umgebenden Organe die Bewegung der Athmungsluft übernehmen. Jedoch würden auch diese Organe ihren Zweck nicht erreichen, wenn nicht

7. Die Tracheenverschlussapparate vorhanden wären. Denken wir uns diese fort und die die Tracheen bewegenden Organe in Thätigkeit, so würde die Luft in keiner Weise zweckentsprechend voranbewegt werden können; denn so viel Luft oben durch die Stigmenöffnung einströmt, würde auch gleich wieder ausgestossen werden, ohne jemals in die Endverzweigungen der Tracheen hinein zu gelangen. Nun haben aber alle Insecten Tracheenverschlussapparate. Soll die Einathmung beginnen, so werden diese Apparate von dem Thiere willkürlich geöffnet. Es tritt eine Portion Luft in den Körper ein, und nun wird der Apparat verschlossen. Wenn nun die übrigen Bewegungsorgane in Thätigkeit gesetzt werden, so muss die Luft — da sie nicht mehr aus dem Stigma wegen des verschlossenen Apparates treten kann — nothwendigerweise in den ganzen Körper durch die feinen Verzweigungen der Tracheen herumgeführt werden. Wird hingegen der Verschlussapparat hinter allen Stigmen geöffnet, so wird die Luft während der Thätigkeit der übrigen bewegenden Organe aus dem Körper wieder ausgetrieben. Ohne Tracheenverschlussapparate ist es demnach den Luft athmenden Insecten unmöglich zu respiriren.

Da mit der Respiration auch das Flugvermögen in innigster Beziehung steht, so müssen die Tracheenverschlussapparate auch für dieses von grosser Wichtigkeit sein. Die Respiration ist während des Fluges bedeutend gesteigert. Um die Respiration zu heben, haben die gutfliegenden Insecten eine grosse Menge von Tracheenblasen in ihrem Körper. Diese werden kurz vor dem Fluge mit Luft gefüllt, um so ein Reservoir für die gesteigerte Athmungsthätigkeit zu bilden. Die Füllung dieser Tracheenblasen geschieht in ähnlicher Weise, wie auch die Tracheen mit Luft angefüllt werden: Der Verschlussapparat wird geöffnet, die Luft tritt durch das Stigma ein. Nun wird der Verschlussapparat geschlossen und die Luft durch die Respirationsmuskeln etc. in die Tracheenblasen gezwängt.

Bei manchen Insecten sind namentlich die Verschlussapparate hinter den Thoraxstigmen zu Stimmapparaten umgewandelt. Dort

bildet dann derselbe einen Ring, in welchem feine vibrationsfähige Hautchen eingespannt sind, welche durch die Respirationsluft in tönende Schwingungen versetzt werden. Ueber diese Stimmapparate haben wir eine separate grössere Abhandlung ausgearbeitet, auf die wir hier verweisen müssen.¹⁾

Den Insecten dienen endlich die Tracheenverschlussapparate zur Regulirung des Luftesintrittes. Da sie diese Organe willkürlich öffnen und verschliessen können, so ist es auch in ihrer Gewalt, Gase ein- und austreten zu lassen. Um mich davon zu überzeugen, setzte ich Insectenlarven in reines Sauerstoffgas, andere in Ozon. Sie zeigten in diesen Gasen kaum eine Veränderung, was uns zu dem Schlusse berechtigt, dass die Thiere nicht mehr von diesen oxydirenden Gasen durch ihre Tracheenverschlussapparate in ihren Körper eintreten liessen, als zu ihrem Gedeihen nothwendig war.

Folgen der gehemmten Respiration bei den Insecten.

Es war schon dem ARISTOTELES aufgefallen, dass Insecten, sobald sie in Oel eingetaucht werden, sofort sterben. Fallen sie in andere Flüssigkeiten, etwa in Wasser, Branntwein, so können sie noch leicht am Leben erhalten werden. Wir finden den Grund dieser Thatsache in dem Umstande, dass die Stigmen durch das Oel verklebt werden und so alle Respiration plötzlich aufhört. Bestreicht man die Insecten mit Oel, ohne dass die Stigmen mit Oel verstopft werden, so sieht man keine nachtheiligen Folgen für das Leben der Raupe. Es war dieses schon voraus zu vermuthen, da namentlich manche Raupen eine sehr fettige Haut besitzen. Wir stellten uns die Frage: Wie verursacht die Verklebung der Stigmen den Tod des Insectes? Zur Beantwortung dieser Frage stellten wir mit einer ausgewachsenen Raupe des Weidenbohrers (*Cossus ligniperda*) Versuche in der Weise an, dass wir allmählich nach einander die Stigmen mit Oel verschlossen und beobachteten, welche Folgen dieses nach sich zog. Mögen hier zunächst die Data des Experimentes ihre Stelle finden:

10³/₄ Uhr. Es werden sämtliche Stigmen an der rechten Seite der Raupe verschlossen. Dieses hat sehr bald die Lähmung der Muskeln an der rechten Seite zur Folge: das Thier kann nur links herum kriechen. Herzschläge 37 in der Minute.

11 Uhr. Die Raupe reagirt nicht mehr an den letzten acht Ringeln der rechten Seite auf äussere Reize. An der linken Seite ist sie sehr empfindlich. Herzschläge 25.

¹⁾ Dr. H. LANDOIS, Die Ton- und Stimmapparate der Insecten. Leipzig, W. ENGELMANN 1866.

11 Uhr 15 Min. Das Thier macht noch wohl mit dem Kopfe Bewegungen nach rechts, die kriechende Bewegung geht aber immer links herum.

11 Uhr 22 Min. Die Raupe reagirt an der rechten Seite gar nicht mehr auf äussere Reize. An der linken Seite, selbst an den Haaren des letzten Ringels ist sie noch sehr empfindlich. Herzschläge 21. Die Muskeln der rechten Seite sind bereits so gelähmt, dass sich das Thier kreisförmig zusammenbiegt und zwar die gesunde linke Seite nach Innen.

11 Uhr 30 Min. Die Stigmen der linken Seite wurden auch mit Oel verklebt. Das Thier wehrte sich stark dagegen, alle Bewegungen konnten aber nur von der linken Seite ausgehen. Herzschläge 16. Der Leib war an der rechten Seite sehr schlaff und zusammengefallen; die linke Seite ist noch sehr prall und straff. Auch die Herzmuskeln sind an der rechten Seite schlaff geworden, indem die Blutsinus der rechten Herzhälfte weiter dilatirt sind, als an der linken Seite.

11 Uhr 37 Min. Die Muskeln der linken Seite fangen an zu erschlaffen; das Thier nimmt eine gestrecktere Stellung ein; es reagirt an den sechs letzten Ringeln auf äussere Reize gar nicht mehr.

11 Uhr 40 Min. Das Thier hat sich vollständig gestreckt. Die Circulation des Blutes ist schwächer geworden; die Pulsation gestiegen auf 24 Herzschläge in der Minute.

11 Uhr 45 Min. Das Thier reagirt nicht mehr an den Haaren der acht letzten Ringel. Das Thier liegt ruhig und gestreckt. Herzschläge klein, 32 in der Minute. Die Musculatur wird vollständig schlaff, sodass man dem Thiere jede mögliche Lage geben kann; der Puls wird immer kleiner. Noch vor 12 Uhr ist die Raupe vollständig todt.

Aus diesen Versuchen geht hinreichend hervor, dass die Verklebung der Stigmen eine Lähmung der Bewegungsorgane, und zwar sämtlicher Muskeln zur Folge hat. An dieser allgemeinen Muskel- lähmung nehmen auch die Muskeln der Tracheenverschlussapparate Theil; es kann durchaus keine Luft mehr eingeathmet werden, selbst wenn die Stigmen wieder geöffnet werden und dieses hat nothwendigerweise den Erstickungstod zur Folge.

Der Tracheenverschluss der Käfer.

Obschon die Lebensweise der Käfer eine ausserordentlich mannigfaltige ist, indem einige in der Erde, andere im Wasser und in der Luft den grössten Theil ihres Lebens zubringen, so habe ich doch bei den von mir bisher untersuchten Species nie einen besonderen

Tracheenverschlussapparat vermisst, selbst nicht bei denen, welche in keinem Stadium der Metamorphose Flügel erhalten. Man wird jedoch nur ein Bild von der Mannigfaltigkeit im Baue dieser Organe bekommen, wenn man die einzelnen Species untersucht. Bei manchen Käfern ist nur ein einziger Verschluss-Hebel oder Kegel vorhanden. Dieser befindet sich dann entweder gleich hinter dem Stigma an dem Tracheenrohr befestigt, oder er liegt eine bedeutende Strecke hinter dem Stigma da, wo die grösseren Tracheenstämme sich in eine Blase vereinigen. Letzterer Fall ist selten, und ich fand ihn bisher nur bei dem Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*).¹⁾ Bei einer anderen Reihe von Käfern treffen wir zwei Verschlusshebel oder Kegel an. Der Theil des Tracheenrohrs, auf welchem die Verschlusskegel stehen, ist gewöhnlich ringartig.

Die Musculatur der Verschlussapparate der Käfer muss sich natürlich darnach richten, ob zwei oder nur ein Verschlusskegel vorkommt. Wo nur ein Kegel vorhanden ist, setzen sich die oft zahlreichen Muskeln an die Spitze des Kegels an. Der zweite Kopf des Muskels kann entweder an der äusseren Körperhaut (Hypodermis) in der Nähe des Stigma's befestigt sein, oder er findet seine Befestigungsstelle an dem Verschlussringe des Apparates selbst. An den Verschlussapparaten mit zwei Verschlusskegeln ist die Musculatur immer so angebracht, dass die zahlreichen Muskelfasern von der einen Kegelspitze zur anderen reichen. Contrahiren sich die Muskeln, so wird die Basis eines jeden Kegels auf den Verschlussring drücken, was den Verschluss des Tracheenrohres nothwendig zur Folge haben muss. Muskeln zur Oeffnung des Apparates sind nirgends vorhanden; diese wird durch die Elasticität des Verschlussringes von selbst hervorgebracht, sobald die Muskelcontraction nachlässt.

Was wir von der Nervatur dieser Apparate gefunden, soll bei den einzelnen Käfern, zu denen wir jetzt übergehen, auseinandergesetzt werden. Zunächst wollen wir einige Apparate beschreiben, welche mit einem Verschlusskegel versehen sind, denen die complicirteren folgen werden.

Cicindela campestris (Sandkäfer).

Die Cicindelen fliegen nur kurze Strecken. Jagt man sie auf, so lassen sie sich in nicht grosser Entfernung nieder. Sobald man sie er-

1) Wir werden auf den Verschlussapparat dieses Käfers hier nicht näher eingehen, da er bereits von uns in dem Archiv für Anatomie in Physiologie von DUBOIS-REYMOND und REICHERT 4866. pag. 394 beschrieben wurde.

reicht hat, wiederholen sie neckisch dasselbe Spiel von Neuem. Da sie ohne längere Vorbereitung schnell aufzufliegen vermögen, so vermüthete ich, dass ihre Tracheenverschlussapparate sehr kräftig entwickelt sein müssten. Der anatomische Befund rechtfertigte später diese Annahme.

Der Verschlussbügel umgiebt das Tracheenrohr zur Hälfte, er hat die (im Vergleich zu den übrigen Käfern) bedeutende Länge von 4 Mm. In der Mitte ist er 0,27 Mm. breit, und endigt nach beiden Seiten schmaler und stumpf.

An dem einen stumpfen Ende ist der Verschlusskegel eingelenkt. Derselbe ist etwas platt gedrückt, ist im Innern hohl und seine Wände zeigen zellenförmige Zeichnungen. An der Basis ist er 0,446 Mm. breit, und seine Höhe beträgt 0,5 Mm.

Das andere Ende der Kegelsbasis wird durch das dünnhäutige Verschlussband (0,367 Mm. lang) mit dem Bügel verbunden, sodass alle drei Stücke: Bügel, Kegel und Verschlussband das Tracheenrohr völlig umschliessen.

Sehr kräftig ist die Musculatur des Verschlussapparates entwickelt. Der Verschlussmuskel ist mit dem einen Ende an der Kegelspitze angeheftet und verläuft oberhalb des Verschlussbandes zu dem Bügelende, an welchem der Kegel nicht befestigt ist. Das Muskelbündel ist 0,2 Mm. dick und besteht aus einer Anzahl von etwa 50 Fäserchen von 0,0083 Mm. Dicke. Zahlreiche Tracheenverzweigungen durchziehen diesen Muskel und deuten darauf hin, dass derselbe viel in Thätigkeit gesetzt wird.

Der Verschluss des Apparates kommt dadurch zu Stande, dass der Muskel sich contrahirt. Dadurch wird der Kegel und das Verschlussband dem Bügel genähert und der Verschluss hergestellt. Da der Kegel in dem Pfannengelenke des Bügels federt, so springt der Apparat gleich auf, sobald die Contraction des Muskels aufhört.

Ich möchte hier einiger Zellen Erwähnung thun, die bisher sehr verschiedene Deutungen erfahren haben. Man findet nämlich bei den meisten Insecten in der Nähe der Stigmen eine Anzahl Zellen angehäuft, die sich in der Regel durch ihre besondere Färbung auszeichnen. Oft sind sie grünlich oder gelblich, auch röthlich. Andererseits fallen diese Zellen auch durch ihre bedeutende Grösse auf, sodass man sie mit freien Augen nicht selten als einzelne Zellen erkennen kann. Bei *Cicindela campestris* liegen die Stigmen in einer völlig durchsichtigen Körperhaut, und eben deshalb lassen sich die Zellen hier leicht studiren. Ich fand sie hier ungefärbt; ihre Grösse beträgt 0,034 Mm. Jede Zelle enthält einen 0,04 Mm. grossen Kern mit eingeschlossenem Kernchen. Sobald das Präparat mit \bar{A} behandelt wird, sieht man in

jeder Zelle ein längliches, gelbgrünes Knöpfchen von 0,009 Mm. Länge. Aus dem Knöpfchen entspringt ein äusserst feines Röhrchen, welches nach einem Verlaufe von 0,06 Mm. in der äusseren Körperhaut einmündet, nachdem es an Dicke etwas zugenommen hat. Demnach müssen diese Zellen wohl ohne Zweifel als einzellige Drüsen aufgefasst werden.

Geotrupes vernalis (Mistkäfer).

Die Verschlussapparate der Tracheen lassen sich bei diesem Käfer deshalb so leicht beobachten, weil die Körperhaut an der Stelle, wo die Stigmen eingesetzt sind, durchsichtig ist. Man braucht daher die Verschlusswerkzeuge nicht aus dem Käfer zu isoliren.

Jedes Stigma wird von etwa 10 sehr starken Haarbalken umgeben.

Der Verschlussbügel, 0,15 Mm. breit, ist halbmondförmig.

An dem einen Ende des Bügels ist der Verschlusskegel eingelenkt, dessen Basisdurchmesser 0,13 Mm. beträgt; seine Höhe 0,2 Mm.

Das Verschlussband füllt den Raum zwischen Kegel und dem anderen Bügelende aus.

Die Muskulatur weicht in manchen Stücken ab von dem gewöhnlichen Vorkommen. Das Muskelbündel besteht etwa aus 30 Fasern mit deutlich eintretendem Nerven. Die Befestigung des Muskels geschieht an dem einen Ende an der Kegelspitze. Dort setzt er sich aber nicht direct an, sondern an der Kegelspitze sitzt noch ein kleines oben hakig umgebogenes Kegelchen. Dieser Nebenkegel sitzt dem Grösseren ungelenkig auf; seine Länge beträgt 0,075 und seine Dicke 0,03 Mm. An diesen Nebenkegel ist der Muskel befestigt. Das andere Ende des Verschlussmuskels ist nicht am Verschlussbügel, wie es gewöhnlich der Fall ist, angeheftet, sondern an der Haut des Rückenringels und zwar etwas von dem Stigma entfernt dem Bauche zugewendet.

Durch diese abweichende Einrichtung wird der Verschluss des Tracheenrohres nicht wesentlich modificirt. Der contrahierte Muskel zieht den Kegel an, wobei seine Basis und das Verschlussband dem Bügel genähert wird. Da der Kegel an dem einen Ende des Bügels pfannenartig eingelenkt ist, so springt der ganze Apparat durch seine federnde Kraft bei der Ruhe des Muskels wieder auseinander.

Auch bei diesem Mistkäfer habe ich die grossen Zellen wieder untersucht, welche in der Nähe der Stigmen zusammengruppirt liegen. Hier haben die Zellen eine Grösse von 0,036 Mm., und enthalten deut-

liche Kerne. In den Zellen liegt ein Faden oft in knäuelartigen Windungen, der aus der Zelle heraustritt und nach einem Verlaufe von 0,0916 Mm. in der Oberhaut der Abdominalringe mündet. Unten bildet dieser Faden ein deutliches Röhrchen. Es sind also wohl unzweifelhaft einzellige Drüsen.

Meloë proscarabaeus (Maiwurm).

Tafel XII. Fig. 1.

Das ovale Stigma des Maiwurmes besteht aus einem festen Chitinringe, zusammengesetzt aus scharf begrenzten 0,0154 Mm. grossen hexagonalen Zellen. Die innere Oeffnung wird durch eine grosse Menge unverzweigter schwarzer Haare verdeckt.

Dicht unter dem Stigma liegt der Tracheenverschlussapparat (Taf. XII. Fig. 1.). Die Grundlage des Apparates bildet ein halbmondförmiger Bügel (Taf. XII. Fig. 1. *b.*) von 0,75 Mm. Länge und 0,167 Mm. Breite. An diesem ist ein einziger Kegel (Taf. XII. Fig. 1. *k.*) eingelenkt, dessen Basis sich an der einen Seite stabförmig ausdehnt und am Ende gelenkartig mit dem Bügel verbunden ist. Der eigentliche Kegel liegt der Mitte des Bügels gerade gegenüber. Der nun noch fehlende Theil des Verschlussringes wird ergänzt durch ein zarthäutigeres Verschlussband (Taf. XII. Fig. 1. *vb.*). Die Musculatur erstreckt sich von der Spitze des Kegels über das Verschlussband zum einen Ende des Verschlussbügels.

Curculio nebulosa (Rüsselkäfer).

Bei diesem Rüsselkäfer stossen wir auf die Eigenthümlichkeit, dass der Verschlusskegel im Verhältniss zum Verschlussbügel gemein gross ist.

Die Länge des Bügels misst 0,2807 Mm., seine Breite 0,0767 Mm.

Da der Kegel 0,219 Mm. hoch und 0,187 Mm. breit ist, so bleibt für das Verschlussband nicht viel Raum mehr übrig.

Der Verschlussmuskel ist am einen Ende an der Kegelspitze befestigt und an dem anderen steht er mit dem freien Ende des Bügels in Verbindung. Er ist 0,09 Mm. dick.

Melolontha vulgaris (der Maikäfer).

Tafel XII. Fig. 2.

Beim Maikäfer liegt der Tracheenverschluss dicht hinter dem Stigma. Das Tracheenrohr verdickt sich an einer Seite zu einem kräftigen Bügel (Taf. XII. Fig. 2. *b.*), und dieser bildet die feste Stütze des ganzen Verschlusses. Der Bügel ist nach oben und unten scharf

begrenzt, nicht so an den Seiten, wo die gelb chitinisirte feste Masse des Bügels allmählich zarthäutiger wird und ihre Farbe verliert. Der Bügel ist 0,316 Mm. und 0,416 Mm. breit. Da die Stigmen nicht sämmtlich gleiche Grösse haben, so werden die Theile des Verschlusses auch grössere und kleinere Dimensionen annehmen. Die angegebenen Maasse sind einem der grösseren Verschlüsse entnommen.

Gerade dem Verschlussbügel gegenüber stehen auf dem Tracheenrohre zwei kleine Kegel (Taf. XII. Fig. 2. k.), welche von einander 0,078 Mm. entfernt sind. Diese Verschlusskegel erhalten an der Stelle, wo sie sich in die Tracheenwand inseriren eine seitliche Stütze. Jedes Kegelchen ist 0,172 Mm. hoch und seine Basis misst im Durchmesser 0,1734 Mm.

Im Innern des Tracheenrohres ist gerade unter der Einlenkungsstelle der beiden Verschlusskegel eine Brummzunge (Taf. XII. Fig. 2. z.) inserirt. Ihre Basis misst 0,2923 Mm. Sie ragt, da sie senkrecht auf der inneren Tracheenwand steht, frei in die Höhle der Trachee hinein. Die Länge der Brummzunge beträgt 0,1539 Mm. Durch die ein- und ausgeathmete Luft wird diese Zunge in vibrirende Schwingungen versetzt, wodurch die merklich hörbare Brummstimme des Maikäfers beim Fluge hauptsächlich entsteht. ¹⁾

An der Rückenfläche der Kegel, und zwar etwas seitlich, setzen sich eine grosse Menge feiner Muskelfäserchen an, welche bogig von einem Kegel zum andern verlaufen. Sie bilden zusammen ein 0,2615 dickes Muskelbündel. Die einzelnen Fäserchen sind nur 0,0192 Mm. dick, und es finden sich in dem ganzen Muskel 286 solcher Fasern vor. Sie formiren den Verschlussmuskel (Taf. XII. Fig. 2. m.).

Zu dem Verschlussmuskel begiebt sich ein Nerv (Taf. XII. Fig. 2. n.), dessen Dicke ich auf 0,027 Mm. bestimmte. Er theilt sich kurz vor dem Eintritt in den Muskel in 12 bis 14 feinere Fasern, die den ganzen Muskel in noch feinerer Verzweigung durchziehen.

Wie nun der eigentliche Verschluss durch diesen Apparat zu Stande kommt, ist leicht zu erklären. Zieht sich der Verschlussmuskel zusammen, so drücken die Kegelspitzen auf die obere Fläche der Trachee. Die Wand der Trachee sammt der darunter liegenden Brummzunge wird dadurch dem Verschlussbügel genähert, und der Verschluss ist hergestellt. Da der ganze Verschlussapparat federnd wirkt, so springt er von selbst los, sobald die contrahirende Muskelthätigkeit nachlässt.

¹⁾ Ueber diesen Stimmapparat des Maikäfers habe ich in der Abhandlung: Ton- und Stimmapparate der Insecten (diese Zeitschr. XVII., p. 182 ff.) ausführlicher gehandelt.

Hydrophilus piceus (Wasserkäfer).

Tafel XII. Fig. 3.

Wenn diese Wasserkäfer Luft zum Einathmen schöpfen wollen, so stecken sie das Ende des Hinterleibes aus dem Wasser hervor. Dabei heben sie ihre Flügeldecken ein wenig auf, lassen die verdorbene Luft fahren und nehmen eine Menge frischer Luft wieder unter ihre Flügeldecken auf. So fahren sie beständig eine gewisse Menge Luft unter ihren Flügeldecken mit sich herum.

Die Athmungsluft wird diesem Reservoir entnommen; zur Regulirung der Respiration haben auch sie einen Tracheenverschlussapparat der in mancher Hinsicht Abweichungen darbietet.

Die Stigmen selbst sind sehr schwach entwickelt; ihr Rand ist kaum von der sie umgebenden Körperhaut zu unterscheiden. Sie haben die gewöhnliche länglich ovale Gestalt. Fünfzehn spärlich verzweigte Haare an der einen Seite und sechs bis sieben an der andern verdecken die Stigmenöffnung ziemlich mangelhaft.

Im Gegensatz zu den schwach entwickelten Stigmen ist der Tracheenverschlussapparat sehr kräftig gebaut. Er liegt dicht unter dem Stigma. Die Grundlage des ganzen Verschlusses bildet auch hier der Verschlussbugel (Taf. XII. Fig. 3. *k*). Seine tief pechbraune Farbe deutet schon auf seine starke Chitinisirung hin. Er ist 0,917 Mm. lang, 0,1 Mm. breit und von langgezogener halbmondförmiger Gestalt.

Die dem Verschlussbügel gegenüberliegende Wand des Tracheenrohres ist zarthäutig und bildet das Verschlussband (Taf. XII. Fig. 3. *vb*.)

Auf demselben stehen zwei Verschlusskegel. Sie stehen mit ihrer Basis auf dem Verschlussbande. Sehr auffallend ist die verschiedene Grösse der beiden Kegel. Der grössere Kegel (Taf. XII. Fig. 3. *k*) ist 0,39 Mm. hoch und an der Basis 0,447 Mm. breit; der kleinere hingegen (Taf. XII. Fig. 3. *k'*) nur 0,25 Mm. hoch und 0,334 Mm. breit.

Die Musculatur ist ganz ähnlich, wie beim Maikäferverschluss. Die äusseren Seitenwände (Taf. XII. Fig. 3. *k* und *k'*) verbindet ein kräftiger Muskel, der sich bogig über die Kegelenden hinüberschlägt. Wird derselbe contrahirt, so drücken die Kegel mit ihren inneren Basisenden auf das Verschlussband, wodurch der ganze Apparat verschlossen wird. Öffnungsmuskeln sind nicht vorhanden; hört die Muskelcontraction auf, so springt der Verschlussapparat durch seine federnde Kraft von selbst wieder offen.

Lamia textor (Erdbock).

Tafel XII. Fig. 4.

Da die Holzböcke sämtlich einen analogen Bau in den Tracheenverschlüssen gewahren lassen, so wird es hinreichen, den Verschluss einer einzigen Species zu beschreiben, weil wir sonst durch Wiederholung nur ermüden würden.

Auch hier bietet sich unter dem Stigma an dem Tracheenrobre wiederum ein kräftiger Bügel dar. (Taf. XII. Fig. 4. *b.*) Derselbe ist 0,7934 Mm. lang und 0,0862 Mm. breit. Sein oberer und unterer Rand sind etwas verdickt; seine Gestalt ist halbmondförmig.

Das Verschlussband (Taf. XII. Fig. 4. *vb.*) welches in der Regel bei anderen Käfern zarthäutig ist, finden wir hier von fester Beschaffenheit. Es liegt in ähnlicher Weise, wie die grossen Federn an den Kutschen, dem Verschlussbände auf (Taf. XII. Fig. 4. *vb.*).

Auf diesem federnden Verschlussbände stehen wiederum zwei Kegel (Taf. XII. Fig. 4. *l. k.*), ungefähr von gleicher Grösse und gleichem Baue. Ihre Höhe beträgt 0,4482 Mm. und ihre Basis hat im Durchmesser 0,3 Mm. In der Mitte zwischen ihnen bleibt das Verschlussband 0,2 Mm. frei.

Die Musculatur setzt sich auch hier an die äusseren Wände der Kegel (Taf. XII. Fig. 4. *k.* und *k'.*) an, und wirkt durch Contraction schliessend.

Da bei der Contraction des Verschlussmuskels das Verschlussband nicht ganz den Verschlussbügel berührt, so liegt im Innern des Tracheenrohres eine schmale Zunge (Taf. XII. Fig. 4. *z.*), welche diesem Uebelstande völlig abhilft.

Lucanus cervus (Hirschkäfer).

Tafel XII. Fig. 5.

Ganz entsprechend den Körperdimensionen sind die Verschlussapparate des Hirschkäfers von bedeutender Grösse. Man kann sie nicht allein mit freien Augen sehen, sondern selbst ihren Bau deutlich erkennen.

Der Verschlussbügel (Taf. XII. Fig. 5. *b.*) hat die Länge von 1,07 Mm. Er ist sehr stark in die Länge gezogen (Taf. XII. Fig. 5. *b.*). An seinen Rändern ist er etwas verdickt; die zwischenliegende Haut gewinnt durch mehrere Längsrippen an Festigkeit.

Es ist nur ein Verschlusskegel (Taf. XII. Fig. 5. *k.*) vorhanden, dessen Höhe bei verschiedenen Stigmen zwischen 0,5 und

0,647 Mm. schwankt; auch der Basisdurchmesser liegt zwischen 0,45 und 0,644 Mm. Der Kegel zeigt an seiner Spitze eine zellenförmige Zeichnung.

Das Verschlussband (Taf. XII. Fig. 5. *vb.*) ist sehr schmal und 0,618 Mm. lang. Der ganze Apparat ist gelb gefärbt.

Die Musculatur ist in der gewöhnlichen Weise derartig angebracht, dass sie durch Contraction die Kegelbasis herabdrückt und dadurch der Apparat verschlossen wird.

Der Tracheenverschluss bei den Lepidopteren.

Ich habe bereits früher einige Beobachtungen über den Tracheenverschluss des kleinen Fuchses (*Vanessa urticae*) bekannt gemacht, und dieselben durch Abbildungen erläutert¹⁾; bin jedoch jetzt im Stande, die damaligen Angaben vielfältig zu erweitern und zu vervollständigen, da die Untersuchungen auf viele Familien und Gattungen der Schmetterlinge ausgedehnt wurden.

Der Verschlussapparat liegt bei den Schmetterlingen immer dicht unter dem Stigma, ohne jedoch mit demselben verwachsen zu sein. Die Grundlage bildet gewöhnlich ein halbmondförmiger Bügel (Taf. XII. Fig. 6. *b.*), der entweder in seiner ganzen Ausdehnung oder doch an den Rändern stärker chitinisirt ist. Derselbe umfasst also die eine Hälfte des Tracheenrohres. Die zweite Hälfte desselben umgeben zwei andere Chitinegebilde: der Verschlusshebel und das Verschlussband. Der Verschlusshebel (Taf. XII. Fig. 6. *h.*) ist in der Regel rechtwinklig gebogen; sein unterer Schenkel ist oft in zwei Arme gespalten. Letztere sind mit einem Nussgelenk an dem Bügel befestigt. Von der Spitze des rechten Winkels des Verschlusshebels verläuft bis zum anderen Ende des Bügels ein zarthäutigeres Band, welches ich schon früher das Verschlussband (Taf. XII. Fig. 6. *vb.*) genannt habe. Auf diese Weise umgeben der Verschlussbügel, der untere Schenkel des Verschlusshebels und das Verschlussband, das obere Ende des Tracheenrohres vollständig. Der ganze Apparat hat eine solche Zusammensetzung, dass er sich mit Hülfe seiner Elasticität stets offen erhält.

Zum Verschliessen des Apparates dient der Verschlussmuskel (Taf. XII. Fig. 6. *m.*). Derselbe erstreckt sich von der Spitze des Verschlusshebels über das Verschlussband und setzt sich hinter der Einlenkungsstelle des letzteren an dem Verschlussbügel fest. Sobald der

1) Vgl. H. LANDOIS, Der Stigmenverschluss bei den Lepidopteren. REICHERT'S und DEBOIS-REYMOND'S Archiv. 1866. pag. 44—49. Taf. II. A.

Muskel sich contrahirt, wird der untere Schenkel des Verschlusshebels und mit ihm das Verschlussband dem Verschlussbügel genähert, wodurch der Apparat verschlossen wird.

Da die Verschlussapparate der Schmetterlinge fast sämtlich in gleichem Typus gebaut sind, so können wir uns bei der Detailangabe um so eher auf wenige Species beschränken.

Pieris rapae (Rübenweissling).

Tafel XII. Fig. 6.

Wir legten zur Veranschaulichung der oben gegebenen allgemeinen Schilderung des Verschlussapparates der Schmetterlinge die Abbildung zu Grunde, welche wir nach dem Tracheenverschlusse dieses Falters gezeichnet hatten.

Der Verschlussbügel (Taf. XII. Fig. 6. *b.*) von halbmondförmiger Gestalt hat eine Länge von 0,5 Mm.; seine Breite beträgt 0,4 Mm.

Der Hebel (Taf. XII. Fig. 6. *h.*) ist mit einem Pfannengelenk am Bügel befestigt. Beide Schenkel des rechtwinklig gebogenen Hebels erreichen zusammen die Länge des Bügels; die Breite des Hebels beträgt 0,0834 Mm.

Das Verschlussband (Taf. XII. Fig. 6. *vb.*) ist dünnhäutig und 0,267 Mm. lang.

Der Verschlussmuskel (Taf. XII. Fig. 6. *m.*) ist stark entwickelt; er hat einen Bauch von 0,434 Mm. Dicke. Seine Köpfe laufen schmal zu und setzen sich an das Ende des Hebels und an die eine Seite des Bügels an. Während der Ruhe ist der Muskel 0,534 Mm. lang. Der Muskel besteht aus einer grossen Menge zarter quergestreifter Muskelfasern, deren Dicke ich auf 0,0066 Mm. bestimmte. Zahlreiche Tracheenverzweigungen durchziehen den Verschlussmuskel, und dieses lässt auf eine andauernde Thätigkeit schliessen.

Vanessa urticae (kleiner Fuchs).

Tafel XII. Fig. 7.

Um eine anschauliche Vorstellung zu bekommen, wie der Verschlussapparat mit den Tracheen in Verbindung steht, zeichnete ich die Tracheen mit dem Verschlussapparate. Wir treffen auch hier die drei wesentlichen Theile am Verschlussapparate wieder an. Der Bügel (Taf. XII. Fig. 7. *b.*) ist 0,3 Mm. lang und an seinen Rändern stark chitinisirt; der eine Rand biegt sich da, wo der Hebel anliegt, schlingenartig um; das andere obere Ende des Randes ist fischschwanzförmig.

Der Hebel (Taf. XII. Fig. 7. *b.*) ist auch hier rechtwinklig gebogen; sein unterer Schenkel ist gespalten, und dieser Basaltheil ist 0,467 Mm. lang. Der andere Schenkel ist ein dünner Stab von 0,2 Mm. Länge. Das Verschlussband (Taf. XII. Fig. 7. *ab.*) reicht von der Spitze des rechtwinklig gebogenen Hebels bis zu dem anderen Ende des Bügels und ist sehr zarthäutig. Der Muskel wurde nicht eingezeichnet, er heftet sich an das Ende des Hebels und an den Bügel und zwar ganz ähnlich, wie bei dem Rubeaweißling; auch wird der Verschluss selbst ganz in derselben Weise, wie bei jenem Falter, hergestellt.

Der Verschlussöffnung dieses Apparates liegt nun fast unmittelbar das Stigma auf, nur dass ein äußerst schmales Rohr sich bis zur Stützenöffnung erstreckt, welches den Zweck hat, die Respirationsluft durch die Oeffnung des Verschlussapparates zu leiten.

Unter dem Verschlussapparate weitet sich das Tracheenrohr zu einer kugelligen Blase aus, und in diese münden nicht allein die Tracheenstämme, welche direct sich an die Körperorgane verzweigen, sondern auch die Hauttracheen, welche den Insectenkörper der Länge nach durchzieht.

Vanessa Jo (Pfaunauges).

Der Tracheenverschlussapparat des Tagpfaunauges weicht von dem des kleinen Fuchses nur in unwesentlichen Stücken ab. Der Bügel, 0,45 Mm. lang, ist auch hier an einem Ende hakig, am andern Ende fischschwanzförmig auslaufend. Von dem rechtwinklig gebogenen Hebel ist der untere Arm gespalten und 0,2 Mm. lang, der andere senkrecht stehende misst 0,198 Mm. Die Länge des Verschlussbandes beträgt 0,1834.

Cossus ligniperda (Weidenbohrer).

Bei dem Weidenbohrer liegt der Tracheenverschlussapparat sehr dicht dem Stigma an. In dem Stigma ist ein Ring eingesetzt, der ein 0,7 Mm. langes und im Innern stark behaartes Rohr darstellt.

Der Verschlussbügel ist ausserordentlich zart und dünnhäutig, während er bei anderen Insecten doch stets der festeste Theil zu sein pflegt. Da aber der Verschlussapparat dem vorhin genannten Ringe eng anliegt, so vertritt jener Ring an diesem Verschlussapparate die Stelle des festen Bügels.

Der Verschlusshebel ist auch hier rechtwinklig gebogen. Sein unterer Arm, welcher dem Bügel zunächst anliegt, ist ein länglicher

Ring; durch diese Form wird er ersichtlich zu einem intensiveren Drucke geeigneter. Der andere Hebelarm steht auf dem ringförmigen senkrecht.

Das zarthäutige Verschlussband reicht von dem ringförmigen Hebelarme bis zum Bügel, sodass das Tracheenrohr hinter dem Stigma vollständig von dem Verschlussapparate umgeben ist.

Ich habe bei dieser Species sehr genau auf die Lage des Apparates in Bezug auf die übrigen Körperorgane geachtet. Der Hebel liegt an der Hinterseite des Stigma's (dem After zu); der ringförmige Arm des Hebels ist mit seinem an dem Verschlussbügel eingelenkten Ende nach oben, dem Rückengefäss zugewendet, gelegen. Dadurch bekommt der senkrecht auf dem Ringe stehende Hebelarm seine Richtung gegen die Hypodermis, mit welcher er auch durch den kräftigen (0,883 Mm.) Verschlussmuskel verbunden ist. Da wo sich der Muskel an dem Hebel inserirt, ist der Hebel selbst knopfförmig angeschwollen (0,2 Mm. dick), während er in seinem übrigen Verlaufe nur 0,0667 Mm. dick ist.

Die Stigmen des dritten und vierten Körperringels sind sehr verkümmert; es kommt bei ihnen nie zu einer wirklichen Oeffnung. Es erstreckt sich von diesen zwar ein Tracheenrohr zu dem Haupttracheenstamme; dieses ist aber von einer Intima mit sehr verworrener Zeichnung ausgekleidet. Sehr verkümmerte Reste eines Verschlussapparates lassen sich auch an diesen nicht zur Ausbildung gekommenen Stigmen nachweisen.

Pygaera bucephala (Wappenträger).

Der Verschlussbügel dieses Schmetterlings ist merkwürdig durch seine eigenthümliche Biegung; er ist nicht halbmondförmig, sondern stark winklig gebogen. Er ist 0,847 Mm. lang und 0,034 Mm. dick. Auch der Verschlusshebel zeigt eine spitzwinklige Biegung; seine beiden Arme sind dünn stabförmig und jeder 0,2 Mm. lang. Der Muskel, 0,447 Mm. dick, verläuft von dem Hebelende über das Verschlussband zum Bügel.

Der Stigmenverschluss bei den Hymenopteren.

Als wir mit der Untersuchung der Stimmapparate der Hautflügler beschäftigt waren, hatten wir zugleich die schönste Gelegenheit, auch auf die Verschlussapparate, welche mit jenen innigst verbunden sind, unsere Aufmerksamkeit zu richten. Da die Stigmen dieser Thiere meist verdeckt liegen, oder wenn sie frei vorkommen, doch durch die Be-

haarung des Körpers geschützt werden, so sind die Stigmenränder gewöhnlich unbewehrt und bilden rundliche, ovale, halbmondförmige Löcher. Im Innern des Körpers werden dann die Stigmenöffnungen überwölbt von halbkugeligen Chitinnäpfchen. Letztere haben einen Spalt und in diesem ist die Trachee eingesenkt. Auf dem einen Spaltenrande des Chitinnäpfchens stehen dann zwei Chitinkegel, deren Spitzen durch ein Muskelbündel mit einander verbunden sind. Bei der Contraction dieses Muskels drücken die Kegel mit ihrer Basis auf den Rand des Chitinnäpfchens und bewirken dadurch den Schluss der Spalte, wodurch die hier eingesenkte Trachee ebenfalls verschlossen wird. In der Form des Näpfchens und der Kegel weichen die Verschlussapparate oft mannigfaltig von einander ab, wie dieses aus den folgenden Angaben ersichtlich wird.

Bombus terrestris (Erdbumme!).

Tafel XII. Fig. 8.

Das Stigma der Hummel ist länglich oval (0,167 Mm.) und völlig unbewehrt (Taf. XII. Fig. 8. *st.*). Dasselbe wird im Innern des Leibes von einem kleinen Chitinnäpfchen (Taf. XII. Fig. 8. *n. n'*) überwölbt, welches durch einen Spalt (Taf. XII. Fig. 8. *s.*) in zwei ungleich grosse Hälften getheilt wird. Die grössere Näpfchenhälfte (*n*) überdeckt fast vollständig das Stigma, und zwischen ihr und dem Stigma sind die gardinenförmigen Bänder (Taf. XII. Fig. 8. *sb. sb'*) ausgespannt, welche zur Stimmbildung dieser Thiere verwandt werden. Die kleinere Hälfte des Näpfchens (*n'*), welche auch zarthäutiger ist, trägt an dem Rande der Spalte zwei kleine Kegel. Die Kegel sind von ungleicher Gestalt und Grösse. Der grosse (Taf. XII. Fig. 8. *k.*) ist an der Basis 0,15 Mm. lang und seine Höhe beträgt 0,134 Mm. Der kleine (Taf. XII. Fig. 8. *k'*) ist 0,05 Mm. hoch und unten 0,125 Mm. breit. Die Spitzen dieser Kegelehen dienen zur Ansatzstelle eines Muskelbündels (Taf. XII. Fig. 8. *m.*). Zieht sich der Muskel zusammen, so drücken die Kegel mit ihrer Basis auf ihre Unterlage und bewegen dadurch den einen Spaltenrand des Näpfchens gegen den andern, und da zwischen dem Rande die Trachee eingesetzt ist, so wird auch diese eingeklemmt und verschlossen. Wird die Contraction des Muskels aufgehoben, so spreizt die Spalte von selbst wieder offen und zwar durch die Elasticität des Näpfchens.

Die Stigmen des Thorax weichen von denen des Hinterleibes nur insofern ab, als ihre äussere Oeffnung mehr halbmondförmig ist und alle Dimensionen grösser werden.

Apis mellifica (Honigbiene).

Da die Stimme der Bienenkönigin sich wesentlich von der Stimme der Arbeiter und Drohnen unterscheidet, so lag auch die Vermuthung nahe, dass die Tracheenverschlussapparate einige Abweichungen im Baue ergeben würden.

Bei einer kräftigen italienischen Königin fanden wir das Sachverhältniss in folgender Weise: die grössten Stigmen sind diejenigen, welche am Metathorax gelegen sind. Sie werden von einer grossen Menge gefiederter Haare, die den Thorax bedecken, vor dem Eindringen fremder Körper geschützt, sodass ihre Ränder selbst nicht mit Haaren bewehrt zu sein brauchen. Die Stigmen sind oval; ihr innerer Rand wird etwas zarthäutiger und giebt die Stiambänder ab. Die Länge dieses länglichen Apparates beträgt 0,53 Mm. und seine Breite 0,067 Mm. Aus diesem ringförmigen Bügel setzt sich das Tracheenrohr nach innen fort. Dasselbe trägt nun gleich beim Beginn zwei Kegel, einen grösseren und einen kleineren. Der Grössere ist 0,134 Mm. hoch und seine Basis 0,4 Mm. breit; der kleinere 0,083 Mm. hoch und unten 0,116 Mm. breit. Die Spitzen des Kegelpaares sind mit einem Muskel verbunden. Soll die Trachee verschlossen werden, so contractirt sich der Muskel und drückt die Kegel mit ihrer Basis auf das Tracheenrohr, wodurch die eine Seite desselben gegen die andere gedrückt und somit verschlossen wird. Ganz in ähnlicher Weise ist der Tracheenverschlussapparat bei den Bauchstigmen beschaffen; nur dass die Dimensionen der einzelnen Theile meist viel kleiner sind: Stigmenöffnung 0,167 Mm.; der grosse Kegel 0,084 Mm. hoch, seine Basis 0,067 Mm.; der kleine Kegel 0,034 Mm. dick und 0,083 Mm. hoch.

Der Verschlussapparat der Arbeiter zeigt im Ganzen denselben Bau, wie bei der Königin; die Dimensionen der einzelnen Theile müssen natürlich kleiner sein. Die Grösse der Tracheenverschlussapparate bei den Drohnen hält die Mitte zwischen Königin und Arbeiter ein.

Die Schlupfwespen (*Entomospheces*).

Von der ausserordentlich zahlreichen Familie der Schlupfwespen habe ich mehrere Arten verschiedener Gattungen auf den Tracheenverschlussapparat untersucht. Da sich die Bildung desselben fast überall gleich herausstellte, so glaube ich hier das Resultat um so eher kürzer zusammenfassen zu dürfen.

Die Stigmen sind meist unbewehrt. Sie werden durch ein halbkugeliges Chitinnäpfchen nach innen überwölbt, welches durch einen

Langspalt in zwei Hälften getheilt ist; überhaupt ähneln sie in diesen Theilen durchaus den Hummeln, Bienen u. s. w. Die Verschlusskegel sind auch hier an jedem Stigma paarig vorhanden. Sie stehen beide an ein und demselben Spaltenrande des Näpfchens. Die Kegelchen selbst sind mehr stabförmig und nur ein wenig gebogen. Ihre Enden werden von einem Muskel überspannt, bei dessen Contraction der Verschluss ganz in ähnlicher Weise zu Wege gebracht wird, wie wir es bei den Hummeln angegeben haben.

Ausser den vorhin angeführten Hautflüglern haben wir noch eine ganze Reihe von Species aus anderen Familien auf die Tracheenverschlussapparate untersucht. Ueberall fand sich ein ähnlicher Bau wieder. So ähnelt *Sirex gigas* in dem Verschlussapparate den Bienen, indem auch bei ihr zwei kegelförmige Verschlusskegel vorhanden sind. Auch *Vespa crabro* zeigt einen ähnlichen Bau. Um nicht durch Aufzählung der Einzelheiten zu ermüden, unterlassen wir die Beschreibung, da sich neue Typen im Verschlusse nicht vorfinden.

Der Tracheenverschluss der Dipteren.

Für die Fliegen und Mücken, welche als vollkommene Insecten ein wahres Luftleben führen, sind die Verschlussapparate von der grössten Wichtigkeit. Obschon wir viele Fliegen untersucht haben, fand sich derselbe Typus im Baue ohne wesentliche Abänderungen bei allen Species vor. Hinter dem Stigma liegt ein Ring, der das Ende der Trachee vor dem Stigma bildet. Er besteht aus zwei Hälften, von denen die eine stärker, die andere schwächer entwickelt ist. Der stärkere Theil, oft braun chitinisirt, entspricht dem Verschlussbügel, der die feste Grundlage für den Schlussmechanismus bildet. Die zweite schwächere Hälfte des Verschlussringes setzt sich oft nach unten in eine klappenartige Scheibe fort. Der Verschlusshebel — stets bei den Dipteren stabförmig — steht mit dem klappenartigen Fortsatz durch den schwächeren Theil des Verschlussringes in Verbindung. Das Ende des stabförmigen Hebels trägt die Musculatur, bei dessen contrahirender Thätigkeit die schwächere Hälfte des Verschlussringes gegen den stärkeren gedrückt wird, wodurch der Verschluss zu Stande kommen muss. Beim Vorhandensein der vorhin genannten Klappe ist der Verschluss um so leichter zu bewerkstelligen.

Wollen wir zu den Dipteren auch die Flöhe rechnen, so kommt auch in der Ordnung der Zweiflügler der zweihebelige Verschlussapparat vor, für dessen genauere Kenntniss wir auf die nachfolgenden Detailangaben verweisen.

Musca vomitoria (Schmeissfliege).

Tafel XII. Fig. 9.

Der Tracheenverschlussapparat der Schmeissfliege zeigt einen ziemlich abweichenden Bau. Die Grundlage des Verschlusses bildet ein halbmondförmiger Bügel (*b*), welcher ziemlich stark chitinisirt und braun gefärbt ist. Ein zweiter Halbbogen schmiegt sich dem Bügel mit seinen Enden genau an, ohne irgend welche Gelenkung. Im Allgemeinen erinnern beide Hälften an den Brunnring der Thoraxstigmen. Da wo die beiden Halbbogen mit ihren kräftigeren Enden aneinander stossen, senkt sich ein stabförmiger Hebel ein (Taf. XII. Fig. 9. *h*). Er ist braun chitinisirt, 0,08 Mm. lang und 0,02 Mm. dick; an seinem freien Ende setzt sich die Musculatur an (Taf. XII. Fig. 9. *m*). Wird dieser Hebel in der Richtung vom Bügel abgewendet bewegt, so nähert sich der schwächere Schenkel des Verschlussringes dem stärkeren Bügel, und mit demselben wird die dreieckige Klappe (Taf. XII. Fig. 9. *k*), welche unter dem schwächeren Halbbogen befestigt ist, gegen den Bügel geschoben, wodurch der vollständige Verschluss des Tracheenrohres hergestellt ist. Die Abbildung, nach 260facher Vergrösserung ausgeführt, zeigt uns noch ausserdem das Tracheenende, welches auf seiner inneren Fläche viele haarartige Fortsätze trägt. Sobald die Contraction des Muskels nachlässt, springt der ganze Apparat wieder auseinander und gestattet der Respirationsluft freien Ein- und Austritt.

Einen ähnlichen Bau der Tracheenverschlussapparate fand ich bei den *Syrphus*-, *Eristalis*-, *Mesembrina*-Arten.

Pulex canis (Hundefloh).

Tafel XII. Fig. 10.

Die Stigmen (Taf. XII. Fig. 10. *st*.) des Hundeflohes bilden kleine trichterförmige Vertiefungen, an deren Wänden gegen acht bis zehn unverzweigte kleine Haare stehen. Die Oeffnung selbst ist äusserst klein. Im Innern des Körpers weitert sich hinter der kleinen Stigmenöffnung ein birnförmiges Säckchen (Taf. XII. Fig. 10. *b*.) aus von 0,05 Mm. Breite und 0,039 Mm. Länge. An einer Seite hat dasselbe eine kreisrunde Oeffnung von 0,044 Mm. Durchmesser. Aus dieser Oeffnung entspringt die Trachee, welche aber nur eine sehr kurze Strecke (0,05 Mm.) den spiraligen Bau hat; ich zählte nur gegen zehn Windungen. Hinter denselben wird das Tracheenrohr plötzlich sehr enge, und an dieser Stelle befinden sich zwei kleine Hebel (Taf. XII. Fig. 10. *h*. *h'*. 0,035 Mm.

lang), welche an der Spitze durch einen Muskel verbunden sind, und den Verschluss bewerkstelligen.

Die übrigen Flohspecies — ich habe noch *Pulex irritans* und *Pulex felis* untersucht — weichen im Bau ihrer Tracheenverschlussapparate nicht ab. Nur möchte ich bemerken, dass die Kegelchen oft nicht gleich gestaltet sind. Das Eine ist oft etwas länger, als das andere, manchmal auch mehr hornförmig gebogen.

Der Tracheenverschluss bei den Neuropteren.

In keiner Insectenordnung sind die Tracheenverschlussapparate so unvollkommen entwickelt, als bei den Neuropteren. Die Libellen zeigen den Verschlussapparat nur in sehr schwacher Andeutung. Die Hinterleibsstigmen sind klein und liegen in Falten der Haut verdeckt, an ihnen sind nur Spuren der Apparate zu sehen. Die Thoraxstigmen sind grösser; sie besitzen einen einzigen Verschlusskegel. Nur bei *Panorpa* ist der Verschlussapparat weiter entwickelt.

Panorpa communis (Skorpionsfliege).

Bei der Skorpionsfliege sind Stigma und Tracheenverschlussapparat so mit einander verwachsen, dass sich beide Theile nicht von einander trennen lassen. Das Stigma, von ovaler Gestalt, ist 0,234 Mm. lang. Die eine Randhälfte ist viel stärker und kräftiger entwickelt, als die andere; sie dient als Verschlussbügel. Diesem gegenüber steht auf dem Tracheenrohre ein einziger Hebel; die Basis desselben ist schmal und 0,416 Mm. lang. Das andere stumpfwinklig umgebogene Ende des Verschlusshebels ist stabförmig und ragt 0,083 Mm. über dem Tracheenrohr empor. Die Spitze des Hebels wird mit dem Stigmenrande durch einen Muskel verbunden, bei dessen Contraction die Trachee verschlossen wird.

Der Tracheenverschluss bei den Wanzen.

Wir haben sowohl geflügelte, als auch ungeflügelte Wanzen untersucht und stets den Tracheenverschlussapparat vorgefunden. Dass er bei den ungeflügelten Species schwächer entwickelt ist, als bei den geflügelten, kann im Hinblick auf die Bedeutung dieser Apparate für die Athmung und andererseits für das Fliegen nicht mehr Wunder nehmen. Bei den von uns untersuchten Species stellte es sich heraus, dass immer nur ein einziger Verschlusskegel vorhanden ist, der aber in Form und Grösse mannigfaltige Unterschiede zeigt.

Cimex lectularia (Bettwanze).

Der Stigmenrand bildet einen 0,042 Mm. im Durchmesser haltenden wulstigen Ring. Die Oeffnung des Stigma's ist ausserordentlich klein (0,0153 Mm.), und liegt etwas excentrisch. Von der Stigmenöffnung entspringt ein kurzes Rohr ohne allen Spiralfaden, und an demselben setzt sich ein Hohlkegel an, dessen Höhe 0,0653 Mm. und dessen Dicke 0,0230 Mm. beträgt. Nicht weit über dem Verschlusskegel beginnt in dem Tracheenrohr die spiralgige Zeichnung, und eine kurze Strecke weiter theilt sich die Trachee in ihre Aeste.

Die Muskelfasern, welche an der Spitze des Kegels befestigt sind, setzen sich mit dem anderen Ende an die Hypodermis der Körperringel an. Werden sie contrahirt, so zieht sich der weichhäutige Anfang des Tracheenrohres über die äusserst enge Oeffnung des Stigma's herüber, wodurch die Luft an ihrem Ein- und Austritt verhindert wird.

Pentatoma baccarum (Beerenwanze).

Tafel XII. Fig. 44.

Diese Wanzeuspecies hat einen ganz eigenthümlich gebauten Tracheenverschlussapparat. Die Stigmen liegen sämmtlich auf den unteren Halbhogen der Körperringel. Die Oeffnung der Stigmen ist meist kreisrund, manchmal aber auch oval. Während der Bügel und das Verschlussband auf ein Minimum zurücksinken, ist der Verschlusskegel mächtig entwickelt. Die Musculatur ist an der Spitze des grossen schalmützenförmigen Kegels befestigt. Durch den Kegel kann die kleine Stigmenöffnung vollständig verschlossen werden, indem die Trachee zusammengedrückt wird.

Der Stigmenverschluss bei den Orthopteren.

Der Tracheenverschluss der Orthopteren ist vollständig mit den Stigmenrändern verwachsen. Die Stigmen bestehen aus zwei Halbhogen, deren eine Hälfte den Verschlussbügel repräsentirt. Die andere Hälfte kann als Verschlussband um so eher aufgefasst werden, als auf demselben ein Kegel festgewachsen steht, an dessen Ende der Muskel sich inserirt. Das andere Ende des Muskels setzt sich an das eine Ende des Verschlussbügels an. Da die Verschlussapparate fast aller Arten denselben Typus haben, wird es hinreichend sein, einen Einzigen genauer zu beschreiben.

Periplaneta orientalis (Kakerlak).

Tafel XII. Fig. 12.

Die Stigmen sind an dem Körper dieser Schabe schwer aufzufinden; man gelangt am Besten zum Ziele, wenn man das Thier öffnet und die Endstämme der Tracheen, welche zu den Stigmen führen, verfolgt. Dann findet man die Stigmen in der zarten durchsichtigen Körperhaut, welche die Rückenhalbringel mit denen des Bauches verbindet. Das Stigma und die Verschlussvorrichtung sind nicht von einander gesondert, sondern so mit einander verschmolzen, dass man sie nicht isoliren kann.

Der Verschlussbügel ist halbmondförmig gebogen und 0,45 Mm. lang. Nicht selten biegt er sich an einem Ende ein wenig rückwärts (Taf. XII. Fig. 12. b.).

Diesem gegenüber liegt der andere halbmondförmige Theil des Verschlussapparates, dessen eines Ende sich dem Bügel eng anschmiegt, dessen anderes Ende hingegen sich über den Bügel hinüberbiegt (Taf. XII. Fig. 12. *vb. vb.*). Auf der Mitte dieses Verschlussstückes erhebt sich ein kleiner Kegel (Taf. XII. Fig. 12. *k. k.*), dessen Höhe durchschnittlich 0,1168 Mm. beträgt bei einer Breite von 0,075 Mm.

An der Kegelspitze haftet der Verschlussmuskel (Taf. XII. Fig. 12. *m. m.*), der mit dem anderen Ende an dem zunächst gelegenen Horne des Verschlussbügels inserirt ist. Der Muskel ist stark entwickelt, und misst 0,1167 Mm. in der Dicke. Er besteht aus zahlreichen Muskelfasern, welche eine Menge schmaler und langer (0,0483 Mm.) Kerne enthalten. Der Verschlussmuskel wird mit einem Tracheengeflecht durchzogen, welches in nicht weiter Entfernung aus dem Haupttracheenstamme entspringt.

Auffallend ist es, dass das Haupttracheenrohr in seinem Beginne anders gebaut ist, als in seinem späteren Verlaufe. Bis 0,067 Mm. hinter dem Verschlussapparate hat es eine zellige Zeichnung, deren einzelne Feldchen 0,0434 Mm. gross sind; jedes Feldchen enthält eine sehr verworrene Zeichnung feiner Fäden mit doppelten Contouren. Diese verworrene Zeichnung findet sich auch noch eine Strecke weiter zwischen dem sog. Spiralfaden des Haupttracheenstammes.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XII.

In sämtlichen Figuren bezeichnet:

b. den Verschlussbügel.

vb. das Verschlussband.

k. k'. die Verschlusskegel.

h. den Verschlusshebel.

Fig. 1. Tracheenverschluss von *Meloë proscarabaeus*. Vergrößerung 58.

Fig. 2. Tracheenverschluss von *Melolontha vulgaris*. Vergrößerung 58.

m. Verschlussmuskel.

n. Nerv desselben.

z. Brummzunge.

Fig. 3. Tracheenverschluss von *Hydrophilus piceus*. Vergrößerung 58.

Fig. 4. Tracheenverschluss von *Lamia textor*. Vergrößerung 58.

z. Brummzunge.

Fig. 5. Tracheenverschluss von *Lucanus cervus*. Vergrößerung 58.

Fig. 6. Tracheenverschluss von *Pieris rapae*. Vergrößerung 58.

m. Verschlussmuskel.

Fig. 7. Tracheenverschluss von *Vanessa urticae*. Vergrößerung 58.

tr. Tracheenstämme.

Fig. 8. Tracheenverschluss, der zugleich Brummapparat ist, von *Bombus terrestris*. Vergrößerung 58.

n. n'. Näpfchenhälften, welche das Stigma überwölben.

st. Stigma.

s. Spalte des Näpfchens, in welche das Tracheenrohr mündet.

m. Verschlussmuskel.

sb. sb'. Stimmbänder.

Fig. 9. Tracheenverschluss von *Musca vomitoria*. Vergrößerung 260.

k. Klappe, die mit dem Hebel in Verbindung steht, und durch welche das Tracheenrohr verschlossen wird.

Fig. 10. Tracheenverschluss von *Pulex canis*. Vergrößerung 260.

st. Stigma.

b. Chitinsäckchen, in welches meistens das Stigma nach Innen sich ausweitet.

tr. Tracheen.

Fig. 11. Tracheenverschluss von *Pentatoma baccarum*.

Fig. 12. Tracheenverschluss von *Periplaneta orientalis*. Vergrößerung 58.

m. Verschlussmuskel.