download www.zobodat.at

Die Atmung mit besonderer Berücksichtigung der Atmung der Insekten

Vortrag gehalten am 20. XII. 1909

von Dr. SCHÖPPLER, K. Oberarzt.

Aus dem grossen und umfassenden Gebiet der Naturwissenschaften habe ich mir ein Kapitel zum Thema meines heutigen Vortrages gewählt, das sich zunächst kurz auf einen für die Existenz der Lebewesen unbedingt notwendigen physiologischen Vorgang erstrecken soll, und welches von dem allgemeinen giltigen Gesetz bei dem Vorgang des Atmungsprozesses auf die bei den Insekten im besonderen geltenden Einrichtungen und Vorgänge in weiterer Ausführung uns begleiten wird.

Ohne Atmung kein Leben. Die Atmung hat im Tierreiche den Zweck, dem Körper den zu den Oxytationsprozessen notwendigen Sauerstoff zuzuführen, sowie die durch die Verbrennungsvorgänge gebildete Kohlensäure zu entfernen, ein Vorgang den erst Black 1757 durch seine in der ausgeatmeten Luft ermittelte Kohlensäurebestimmung feststellte. Einen völligen Einblick in den Gaswechsel bei der Atmung konnte jedoch erst durch Magnus, der die Gase des arteriellen und venösen Blutes auspumpte und analisierte, gewonnen werden.

Die Atmung beruht also auf einem Gasaustausch. Die Maschinen hiezu liegen in unserer Brust. Es sind die beiden Lungen. Es würde mich zu weit führen und den Rahmen dieses Vortrages überschreiten, wollte ich Ihnen den sehr complizierten Vorgang bei der Lungenatmung eingehend schildern, das allein ein Thema für einen langen Vortrag wäre. Ich muss mich hier deshalb nur darauf beschränken, Ihnen in einem kurzen Referat die Lungenatmung zunächst beim

download www.zobodat.at

Menschen, der ja wie alle auf dem Lande lebenden Tiere auf die gleiche Art der Atmung angewiesen ist, zu schildern.

Durch abwechselnde Erweiterung und Verengerung des Brustkorbes, durch die Atmung, kommt es, da die Lungen unmittelbar und völlig luftdicht der Brustwandung anliegen, bei jeder Ausdehnung des Brustkorbes auch zu einer Ausdehnung der Lungen, bei jeder Verkleinerung des Thorax auch zu einer Verkleinerung derselben. Durch diesen fast unwillkürlich ständig fortgesetzten Akt der Ein- und Ausatmung, füllen und entleeren wir unsere Lungen mit der uns zum Leben notwendigen Luft, die durch Mund und Nase eingeatmet, den Kehlkopf, die Luftröhre passiert, um in den von ihr ausgehenden grösseren und kleineren Bronchialästen in die Lunge selbst zu gelangen, wo sie in den kleinsten Bläschen, aus denen das sehr compliziert gebaute Lungengewebe zusammengesetzt ist, ihren Endzweck erfüllt, nämlich den Sauerstoff an den Körper abzugeben. Bei ruhiger Atmung enthalten unsere Lungen bei der Einatmung etwa 3000—3900 ccm. Luft und noch 2500 - 3400 ccm bei ruhiger Ausatmung, so dass also nicht sämtliche Luft, die wir einatmen auch beim Ausatmen wieder entleert wird, sondern es ist, wie aus diesen Zahlen hervorgeht, nur etwa 1/6 bis 1/7 der Lungenluft dem Bewegungswechsel unterworfen. Das Uebrige bleibt als Residualluft in den kleinsten Lungenbläschen zurück. *(Landois.)*

Die Atmung ist also kein so einfaches Rechnungs-Exempel, dass das, was zum Beispiel eingeatmet wird, auch wieder ausgeatmet werden muss. Der feinere Bau der Lunge bedingt vielfach diese Einschränkung. An dem von mir Ihnen hier zur Ansicht gegebenen Schnitte durch das Lungengewebe eines Menschen, können Sie sich überzeugen, welch ein ungeheuer feiner Aufbau der Gesamtmasse zu Grunde liegt. Diese feinen und feinsten Verästelungen sind jedoch immer noch grobe Bilder, gegenüber dem, was das Mikroskop zeigt. Hier sehen wir dann die Lungenbläschen abgegrenzt und mit Zellschichten — Epithelien — begleitet, vom Bindegewebe umgeben und von zahlreichen Blutgefässen umzogen. Hier in diesen seltsamen kleinsten Höhlen, spielen sich die lebenserhaltenden Vorgänge ab. Hier kommt es zum Austausch, des

download www.zobodat.at

mit Kohlensäure beladenen Blutes, durch Vermittlung eines plättchenartigen den fast wandlosen Capillaren aufliegenden Epithels, das die Histologen wegen dieser Eigenschaft zum Unterschied von einer weiteren Zellschicht das respiratorische Epithel benannten. Diese Zellen sind gleichsam die Vermittler für den dem Blute zuzuführenden Sauerstoff, der dann aus der Alveolarluft, wie man die in den kleinsten Lungenbläschen sich stauende Atmungsluft, genannt hat, an die Blutkörperchen abgegeben wird. Die Sauerstoffaufnahme in das venöse kohlensäurereiche Blut der Lungenkapillaren behufs Arterielisirung desselben, ist ein chemischer Prozess, denn das gasfreie Haemoglobin der Blutkörperchen bildet durch Aufnahme von Sauerstoff in die Lungen Oxyhaemoglobin. Dass diese Aufnahme nicht auf Diffussion der Gase, sondern auf der Atomverbindung des chemischen Prozesses beruht geht daraus hervor, dass das Blut beim Atmen in reinem Sauerstoff nicht mehr Sauerstoff aufnimmt, als beim Atmen in atmosphärischer Luft; — ferner dass Tiere, die in einem abgesperrten kleinen Raum atmen, aus demselben bis zur Erstickung fast allen Sauerstoff bis auf Spuren in ihr Blut aufgenommen haben. Wäre die respiratorische Sauerstoffaufnahme ein Diffussionsprozess, so müsste entsprechend dem Partiardruck des Sauerstoffs im ersten Falle viel mehr Sauerstoff aufgenommen werden, in letzterem Falle könnte eine soweit gehende Aufnahme nicht mehr statt haben.

Um diesen Prozess zu ermöglichen, bedarf es der innigen Verbindung, von Blutkapillaren — feinster Blutgefässe oder Haargefässe — mit dem respiratorischen Epithel. Die Blutversorgung der Lunge ist deshalb auch eine der stärksten aller Organe unseres Körpers. Ich habe Ihnen hier injizierte Präparate von der Lunge des Kaninchens mitgebracht und Sie können im Vergleich mit anderen gleichfalls zum Zwecke der Sichtbarmachung der Blutverteilung mit einer spezifischen Flüssigkeit injizierten Präparaten von der Lunge des Menschen, der Leber des Kaninchens, dem Gehirn, der Nieren des Kaninchens sich davon überzeugen, wie reich speziell gerade das Lungengewebe mit Blut versorgt ist.

Nach dem vorhergesagten ist es denn nun auch erklärlich, weshalb das Leben ohne hinreichende Oxygen-beimengung, selbst bei Einatmung von sonst völlig unschädlichen und in-

download www.zobodat.at

differenten Gasarten, unter Erstickung (zumeist schon in 2—3 Minuten), endigen muss. Experimente haben dies hinreichend bewiesen.

Die bereits geschilderten Verhältnisse, die zunächst die beim Menschen in Betracht kommenden Vorgänge bei der Atmung beleuchteten, gelten auch bei den Säugern, die ja im allgemeinen den menschlichen Lungen ganz gleich beschaffene Atmungsorgane haben.

Anderen Bau, wenn auch nicht besonders verschieden zeigen die Lungen der Vögel. Zunächst fällt uns hier das schwammige Gefüge des Lungenbaus auf. Die Lungen sind hier mit der inneren Brustwand verwachsen und haben auf ihrer Oberfläche Oeffnungen, welche zu grossen, zwischen den Eingeweiden liegenden dünnwandigen Luftsäcken führen. Aus letzteren gehen weitere Communikationen zu den Hohlräumen in den Knochen, die zur grösseren Leichtigkeit statt des Markes Luft im Inneren enthalten (Pneumaticität der Knochen — Aristoteles).

Während bei den Reptilien die Lungen bereits nur mehr in grössere und kleinere Abteilungen getrennt sind, verkümmert die eine Lunge bei den Schlangen bereits vollständig, die andere noch erhaltene verlängert sich und nimmt eine der Körperform entsprechende lang gestreckte Gestalt an. Die Frösche pumpen in ihre Lungen durch Kontraktion ihres Kehlsackes bei geschlossenen Nasenlöchern Luft, während sie den Kehlkopf eröffnen. Die Schildkröten füllen durch eine Saugbewegung die Lungen mit Luft.

Die Amphibien besitzen zwei einfache Lungen, von denen jede in ihrem Bau gewissermassen e i n kollosales Lungenbläschen mit den Alveolen darstellt.

In der Jugend bis zu ihrer Metamorphose atmen sie als Wasserbewohner durch Kiemen, unter ihnen die Perennibranchiaten (Proteus) jedoch wie die Fische zeitlebens. Unter den letzteren besitzen die Dipnoei in ihrer mit zu und abführenden Gefässen reichlich ausgestatteten Schwimmblase, neben ihren Kiemen ein den Lungen entfernt vergleichbares inneres Atmungsorgan. Unter Kiemen versteht man ein in Form zahlreicher, gefässhaltiger, plättchenförmiger Ausstülpungen gebildetes Organ zur Atmung im Wasser. Unter den Fischen

download www.zobodat.at

zeigen die Schlammpeitzger (Cobites), zumal wenn es ihnen an Wasser gebricht und sie sich im Schlamm einwühlen, eine Darmatmung, indem sie an der Oberfläche des Wassers Luft verschlucken, im Darm daraus Sauerstoff entnehmen und sie schliesslich kohlensäurereich durch den After wieder entleeren, (ein Befund, welcher durch Ermann 1808 erhoben worden ist) [Landois]. Lipschütz kommt auf Grund seiner histologischen Untersuchungen zu dem Schluss, dass im mittleren und hinteren Darm die Lagerung der Epithelzellen in Bezug auf die Capillarnetze sich derjenigen in der Lunge der luftatmenden Wirbeltiere nähert.

Der Atmungsvorgang bei den einzelnen Tierklassen ist also kein so einfacher, wie er imAlltagsleben erscheinen möchte Der in allen seinen Teilen hochorganisierte Menschen- und Tierkörper besitzt auch die am Besten ausgearbeiteten und ausgebauten Apparate der Atmung, wie Sie an dem Beispiel der Menschenlunge gesehen haben. Je tiefer wir die Stufen im Tierreiche herabsteigen, je weniger hoch entwickelt der Körper der einzelnen Lebewesen ist, desto mehr verringert sich auch der Anspruch des Einzelnen an den feineren Mechanismus der Atmung. Schon bei den Vögeln ist das Lungengewebe nur mehr ein lockeres schwammiges Gefüge von Zellalveolen und das was an ihnen von Interesse ist, ist die Bildung von Luftsäcken und Lufträumen in den Knochen. Ein Vorgang, der wesentlich zu dem Herbeiführen eines Leichtgewichtes beitragen muss u. beim Fliegen eine bedeutungsvolle Rolle spielt. Zeigt die Reptilienlunge bereits nur noch einen in Bläschen geteilten Sack, so ist derselbe bei den Amphibien durch keinerlei Teilung mehr ausgezeichnet. Ein noch niederes System des notwendigen Gasaustausches zur Bluterneuerung sehen wir in den Kiemen.

Abweichend von dem ganzen Bau der Atmungsorgane der vorstehend erwähnten Tierklassen sind diejenigen der Insekten. Es hängt dies schon mit dem ganzen Körperbau zusammen, der in der Anordnung der einzelnen Organe sich von dem anderer Tiere, wie sie ja alle wissen, wesentlich unterscheidet. Und wie in der Natur stets der eine Vorgang, sei es auf dem Gebiet der Entwicklungsmechanik oder dem Wachstum oder der Physiologie und Biologie, den anderen beeinflusst, nicht selten ihn sogar bedingt, so sehen wir dies bei dem Bau, der Ein-

download www.zobodat.at

teilung und dem Mechanismus der Atmung bei den Insekten ebenfalls bestätigt. Dem Bau und nicht zum wenigsten den Lebensgewohnheiten der Articulaten musste sich notgedrungen ihr Atmungssystem in geeigneter Weise zweckmässig anpassen. Ein segmentierter Körper mit Lungen in dem Sinne der Vertebraten wäre eine Unmöglichkeit, da durch den nicht selten mit einem Chitinpanzer versehenen Leib eine die Atmung bedingende regelmässige Ausdehnung und Zusammenziehung des betreffenden Körperteils nicht stattfinden könnte. Bei dem mit weichem Körper versehenen Artikulaten lässt die Segimentanordnung den Bau eines Lungensystemes nach der Art der Säuger nicht zu. Wir sehen deshalb bei den Insekten einen Atmungsapparat eingerichtet, der von allen vorher berichteten Systemen abweicht.

Nehmen Sie eine Schmetterlingsraupe zur Hand, so werden Ihnen an den einzelnen Segmenten des Leibes dunkle oft schön gefärbte Flecken oder Male auffallen, die sich von dem lichten Untergrund zumeist scharf abheben. Besonders schön lässt sich dies an den grossen nackthäutigen Raupen der Schwärmer vor Augen führen, z. B. bei Cossus. Analog den Ausmündungsstellen der Wasser- oder Exkretionsgefässe bei den Ringelwürmern und in völliger Harmonie mit der gesammten Stückform des Kerfleibes hat im allgemeinen jedes seiner Rumpfringe ein Paar solcher Male, die wir ihrer Form wegen mit dem gebräuchlichen Terminus „Stigmata“ benennen.

Diese Stigmata sind für gewöhnlich ausserordentlich regelmässig an beiden Längsseiten des Körpers angeordnet. Doch sehen wir neben der strengsten Regularität und Symeterie auch die grösste Manigfaltigkeit, ja scheinbare Willkür walten. So kann uns bei einzelnen Käfern auffallen, warum, von den allerletzten hiezu überhaupt nicht praktikablen Leibesringen abgesehen, geradezu das zweite und dritte eine Ausnahme machen und keine Atemspalten besitzen, umsomehr als hier oberhalb der betreffenden leeren Stellen später die Flügel herkommen, von denen wir wissen, wie Graber, dem ich in meinen Ausführungen zumeist folgen werde, berichtet, dass sie unausgesetzt mit reichlicher Luft gespeisst sein wollen.

Wie vor vielen Vorgängen in der Natur stehen wir auch hier vor einem noch nicht gelösten Rätsel. Gegenbauer glaubt die Lösung dieses Rätsels darin zu finden, dass er annahm die

download www.zobodat.at

Flügel seien als umgewandelte ehemalige Kiemenplatten, deren Stelle sie einnehmen zu betrachten. Er lässt dabei aber ausser Acht, dass sobald an der Puppe sich diese Anhänge zeigen, unter ihnen am gewöhnlichen Platz, auch die Stigmen sich einstellen, die sogar wie überhaupt an Teilen, wo ein grosser Kraft und Stoffverbrauch stattfindet, ungleich grösser als anderswo zu sein pflegen.

Ein Seitenstück zu diesem Falle, wo mehrere Leibesabschnitte mit einem Stigmenpaar vorlieb nehmen müssen, findet sich auch übrigens hinsichtlich des Kopfes, der niemals dergleichen Löcher trägt, sondern die Rumpflüfter für sich arbeiten lässt und dann ferner an der Grenze zwischen Brust und Bauch, wo gleichfalls z. B. bei den Heuschrecken und Cicaden ein Stigmenpaar für zwei Ringe den Luftbedarf zu schöpfen hat, was denn freilich gegenüber dem zu erwähnenden Verhalten, wo der Gasaustausch gar nur durch ein einziges Luftloch vor sich geht, nicht viel zu sagen haben will (Graber).

Mehr noch als die Lagerungsweise dieser in Ansehung des Organismus bei den Wirbeltieren so ganz absonderlichen Gebilde ist ihre jeweilige Form und Wirkungsweise von Interesse.

Die Stigmen sind nämlich keine einfachen Löcher oder Schlitze der Hautkruste, durch welche die Atmungsgase nach Belieben und ohne Wissen des Tieres ein und ausgehen können, sondern sie sind im kleinsten Maasstab ausgeführte Pförtchen oder Türen mit Schloss und Riegeln, welche vom Bewohner dieses ganzen wunderlichen Gebäudes geöffnet und geschlossen werden können, so dass dieser unter Vermittlung des Nervensystemes die Regulierung der Luft-Aus- und Einfuhr vollkommen in seiner Gewalt hat. Aber alle Türen und Schlösser der Welt vermögen uns keinen genügenden Begriff zu geben von der Manigfaltigkeit dieser respiratorischen Sperrvorrichtungen und alle die architektonischen Verzierungen, mit denen man die Eingänge menschlicher Wohnstätten zu schmücken pflegt, werden von den tausendfältigen Sculpturen dieser minutiösen Pforten des Atemgehäuses wenigstens in dem Einem übertroffen, dass das dem Auge Gefällige hier meist auch einen praktischen Wert hat. (Graber).

Es wäre unmöglich Ihnen auch nur alle Hauptrepräsentanten dieser Stigmenarten in diesem Vortrag zeigen zu können, (denn dann müsste ich Ihnen über dieses Phänomen einen Vor-

download www.zobodat.at

trag für sich halten und auch der würde unter Umständen den Zeitraum mehrerer Stunden einnehmen können. Zur Illustration gestatten Sie mir, dass ich Ihnen wenigstens ein Paar Typen dieser Organ-Vorrichtungen vorzeige.

Die erste zeigt eine ziemlich schmucklose Einrichtung. Das ganze Stigma ist von einem wie aus Ebenholz geschnitzten Rahmen umgeben. Das Tor besteht aus 2 schönen Nussbraunen Flügeln, die sich aber nicht um eine Angel drehen, sondern wie Schubtüren ineinander greifen, oder besser ausgedrückt etwa wie grosse Zacken gegenseitig ineinander greifen. Wirkliche Doppeltüren dagegen stellen die Stigmen vieler Netz- und Gradflügler vor, doch sind ihre Flügel nicht flach, sondern schalenförmig und so gleicht das Ganze mehr einer ausserordentlich kleinen Muschel, welche beständig auf und zuklappt. Andere zeigen die Form der menschlichen Stimmbänder. Sie lassen zwei Lippen erkennen, die durch Muskelkontraktionen nach Belieben weit geöffnet und geschlossen werden können. Oft zerfasern sich die beiden Türflügel in eine Menge Federartiger Gebilde (z. B. Hirschkäfer), wodurch ein zur Bewunderung feines Gitter entsteht.

Dieses Letztere scheint nichts anderes als Staubabwehr zu sein, ein Staubfiltrum, in welchem alle in der Aussenluft befindlichen gröberen Verunreinigungen, die in den inneren Geweben böse Zustände erzeugen oder gar die feineren Luftkapillaren verstopfen möchten, zurückgehalten werden.

Die Kopfstigmen würden also nach Graber auf die Wirbeltiere übertragen, nicht etwa der Nase, sondern dem Anfang der Trachea, oder dem Kehlkopf entsprechend.

Merkwürdig ist es nun zu gewahren, dass die beiden Lippen dieser kleinen Mündungen, welche wir zunächst als Verschlussvorrichtungen kennen gelernt haben, unter Umständen auch zu Stimmbändern werden, die von der zwischen ihnen gewaltsam heraus gepressten Luft angeblasen, jene vielfach brummenden und summenden Geräusche hervorbringen, wie wir sie bei Bienen, Hummeln, Fliegen, Mücken u. s. w. oft zum Ueberdruss hören können. Wenn Sie z. B. bei Goliathus giganteus den gewaltigen Körper ansehen mit seinen grossen Stigmen so werden Sie begreiflich finden, dass eine durch diese Löcher ausgepresste Luft sicherlich auch — abgesehen vom Flügelschlag — gehört werden muss. Ob diese seltsame Musik

download www.zobodat.at

lediglich eine Folge der Respiration und deren eigentümlichen Werkzeuge ist oder ob die betreffenden Kerfe beim Blasen dieser Zungenpfeifchen, auch irgend welche Nebenabsicht verfolgen, ist zur Zeit noch nicht bekannt!

Ich habe ihnen zunächst den Typus der Verteilung und Form der Stigmen bei jenen Insekten vorgeführt, welche beständig in freier Luft atmen. Es gibt aber eine Menge Insekten, welche im Wasser leben, – ich erinnere nur an die Larven der Phryganiden und trotzdem diese eigentlich niemals ganz aus demselben hervorkommen, ihren Luftbedarf doch auf die nämliche Art wie die Land- und Luftinsekten einnehmen. Sollte man hier nicht glauben, dass sich ihr Tracheennetz anstatt mit Luft mit Wasser anfüllen werde?

Hinsichtlich der meisten ausgebildeten Insekten wie zum Beispiel der Wasserkäfer, löst sich das Rätsel einfach. Sie atmen eben streng genommen gar nicht im Wasser, sondern in einer besonderen Atmosphäre, die sie sich in das flüssige Medium hinunter ziehen und sobald sie wieder an die Oberfläche kommen, durch eine neue ersetzen. Die Silberkugel der Taumelkäfer (Gyrinus natator) ist nichts anderes als eine an dem feinen Dunenkleide haftende Luftblase. Bei den grösseren Wasserkäfern, z. B. Dytiscus, Hydrophilus wird eine Portion davon unter die gewölbten Flügeldecken aufgenommen, die ringsum fest an den Rumpf schliessen, eine geräumige, als Gaskammer sehr geignete Rückentasche, bilden. Zudem haben viele dieser Wasserinsekten auch grössere sackartige Luftreservoirs im Innern des Leibes, die wenn sie zur Lufterneuerung an den Wasserspiegel kommen, schleunigst vollgepumpt werden (nach Graber)

Die genannten Stigmen sind alle mit den gewöhnlichen Stigmen versehen. Ganz eigentümliche Surrogate jedoch zeigen uns manche Insekten, während ihres Larvenzustandes. Ich will hier nur an die Larven der Stechschnacken erinnern, welche man als kleine dickköpfige Würmchen in Regentonnen oft zu Tausenden wimmeln sehen kann. Statt aller Atemlöcher haben sie weiter nichts als einen von der Seite des vorletzten Leibesgliedes schief nach hinten vorspringenden Tubus, an dessen Spitze zwei grosse bezw. grössere Tracheenstämme ausmünden. Bringt man diese Tiere in ein Glas mit Wasser, so kommen sie ab und zu und nicht selten gleichzeitig in grosser

download www.zobodat.at

Menge an den Wasserspiegel, an dem sie sich mittels des entfalteten Borstenkranzes ihres Atemtubus kopfüber aufhängen, um nun in dieser komischen Stellung in aller Bequemlichkeit den erwünschten Gaswechsel vorzunehmen.

Andere Kerflarven atmen durch schwanzartig ausgezogene Röhren, andere durch besondere eselohrartig ausgezogene Anhängsel (Atemröhre) die dem Brusthöcker aufsitzen. Andere durch Kiemenartige, büschelförmige Anhängsel, andere durch eigenartige eingerichtete Blutgefässe. Diese Bildungen sind jedoch alle nur von provisorischem Charakter und glaube ich, dass ich dieselben hier nur kurz zu erwähnen brauche.

Kehren wir wieder zu der gewöhnlichen Ventilationsöffnung, den Stigmen zurück und verfolgen wir von hier aus den Atmungsapparat in das Innere des Insektenleibes.

Lorinser führt einmal in seiner Zoologie in Beziehung zur Theodicee von der Atmung der Insekten fölgendes an: „Bei den Insekten erscheinen die inneren Höhlen, welche zur Luftinspiration dienen in der Gestalt von Tracheen. Dies sind Kanäle, welche mit der Atmosphäre durch Oeffnungen (Stigmen) communizieren und sich im Innern der einzelnen Organe verzweigen. Sie führen dort Luft hin und die Respiration geht in allen Teilen des Körpers vor sich". Ganz ähnlich sind hierüber die Ausführungen R. Hertwigs. Er nennt also die luftführenden Höhlen bei den Insekten Tracheen. Was sind nun Tracheen?

Trefflich schildert Graber der Altmeister der Kerfbiologie die Anatomie der Tracheen, wenn er erzählt: Oeffnen wir vorsichtig einen Insektenkörper oder benützen wir ein durch seinen Bau geeignetes Insekt, dass durch einen Aufhellungsprozess (durch Glyzerin oder Xylol) so präparirt ist, dass wir das kleine Wesen unter der Lupe oder dem Mikroskop beschauen können, so werden wir die ganze Körperkapsel mit allen ihren Kammern und Gliedern wie ein einziges Luftröhrenbehältnis vorfinden. Wohin wir auch schauen, auf den Darm, das Herz, die Ganglienkette, auf die verschiedenen Drüsenkörper, Anhänge und Fettlappen, überall finden wir ein bis in die feinsten Ausläufer sich verzweigendes System feinster Röhren, die alle Organe so fest umstricken und verknüpfen, dass sie nicht selten die Isolierung eines solchen Körpergebilde zur schwierigsten Arbeit machen. Diese Röhren entstehen im Embryo als Hauteinstülp-

download www.zobodat.at

ungen, als wahre Einstülpungen der äusseren Haut, so sonderbar es klingen mag. Die Forschungen von Graber haben gezeigt, dass die einschichtige Zellhaut, welche die Tracheen begleitet, dieselbe ist wie an der allgemeinen Körperdecke, ja sogar bisweilen die den Hautdecken zukommende Pigmentierung gelb, rot, grün, violet zeigt. Nur die Chitinmebran ist ganz anders geworden. Sie ist nämlich, wie dies in ihrer Eigenschaft als Atemmembran auch sein muss, selbst in den grossen Hauptstämmen, noch mehr aber in den feineren Verzweigungen von grosser Zartheit geworden und mit einer Eigentümlichkeit behaftet, die an die Luftröhre der Wirbeltiere erinnert. Wie die Trachea dort durch die Knorpelringe gereift erscheint, so sind die Tracheen nicht blos mit Reifen von Chitin umspannt, sondern hier finden wir eine continuirliche Spiralfeder, welche sich sowohl mit Leichtigkeit zusammendrücken, als auch in die Länge ziehen und biegen lässt und sich so dem starren und doch durch seine Gliederung biegsamen Leib vollständig anpassen kann.

Scheint beim ersten Anblick die Anordnung der Tracheen wirr und regellos, so finden wir beim genauen Zusehen doch auch hier bald den streng systematischen Verband heraus, der freilich von Gruppe zu Gruppe, ja oft von Gattung zu Gattung, ein anderer ist. Eines der verbreitesten und eines der dem Baustyle der Kerfe angemessesten Schemen ist dieses: Ein paar grosse vom Kopfe bis zum Hinterende laufende Seitenstämme besorgen den Hauptverkehr. In sie münden von den lateralen Stigmen her und zwar von Ring zu Ring die zuleitenden Kanäle ein, während leitersprossenartige Zwischenröhren die wünschenswerte Communikation vermitteln. Ein ähnliches, aber schmäleres und schwächeres Strickleitersystem zieht auch oben am Rücken, dem Herzen und unten am Bauche der Ganglienkette entlang, welches bald nur mit den lateralen Hauptstämmen, bald unmittelbar mit den Stigmen verbunden ist. Diese dreifache Hauptleitung bildet nun das grobe Gerüst von dem die eigentlichen feineren u. feinsten Capillaren ausgehen, welche die gesamte Verteilung der Luft in den entsprechenden Bezirken zu besorgen haben.

Dieses allseitige offene (holopneustische) Tracheensystem, wie ich es hier habe demonstiren können, ist aber nur eines in dem vielfach differierenden System der Tracheenanordnung,

download www.zobodat.at

von der wie bereits erwähnt, selbst von Gattung zu Gattung Verschiedenheiten in der Anordnung eintreten.

Noch muss ich erörtern, wie denn die Atmung bei den Insekten vor sich geht?

Wie bei den höheren Tieren die Blutkapillaren die innere oder Gewebsatmung vermitteln, so ist auch bei den Kerfen alles Respiriren ein innerliches, ein die Elementarteile betreffendes, indem so zu sagen jedes einzelne Organ, die Haut, der Darm, das Herz, das Gehirn u. s. w. seine eigene spezielle Lunge hat.

Folgen wir den Ausführungen Grabers, so findet sich das wahrhafte Ende der Tracheen d. h. der luftführenden Röhren dort, wo ihre chitinöse Innenhaut gänzlich abbricht und nichts mehr übrig bleibt als der äussere zarte Hautschlauch. Diese Innenhaut ist nun zart genug, dass allenthalben eine Auswechslung oder Difussion der Luftgase mit jenen des sie umspülenden Blutes möglich ist. Es bestehen hier also ganz ähnliche Verhältnisse, wie sie bei den höheren Tieren bekannt sind.

Die Ventilierung des Tracheenetzes erfolgt nun durch den geringelten Insektenleib selbst.

Das Tracheenetz mitsamt dem Weichkörper können wir mit einer Lunge vergleichen, die mit der Wand des Brustkastens unzertrennlich verwachsen ist. Wird nun der äussere Hautschlauch zusammengeschnürt, so pflanzt sich der dadurch auf die inneren Weichteile und das Blut ausgeübte Druck auch allseitig auf seine leicht komprimablen Einstülpungen, das ist auf die Tracheen fort. Infolge der dadurch gesteigerten Spannkraft der Binnenluft muss sich nun wieder durch die Stigmen das Gleichgewicht mit der äusseren Luft herstellen, das heisst, es muss ein Teil der verdichteten Tracheenluft das Weite suchen. Dies ist also die Exspiration. Erschlaffen dann die Exspirationsmuskeln, so kehrt teils in Folge seiner eigenen Elasticität, teils infolge der Spannkraft des unnatürlich zusammengedrängten Weichkörpers der äussere Hautschlauch wieder in die ruhende Form zurück und dasselbe tun auch wieder seine freiaufatmenden internen Spiralfedern oder Luftröhren. Jetzt ist aber das Uebergewicht der Expansionskraft auf Seite der Aussenluft, welche denn auch sofort in die luftverdünnten Hohlräume hineinstürtzt, womit also die Inspiration vollzogen wird.

download www.zobodat.at

Es bleibt mir nur noch übrig zu erwähnen, wie denn die Comprimierung des Hinterleibs die Luft aus den incomprimablen Teilen also namentlich aus den starren Seitenröhren, den Fühlern, Beinen, Flügeln u. s. w. austreiben wird. Ja, wird denn nicht im Gegenteil die Luft sich aus dem eigentlichen Atemgehäuse dorthin flüchten, und auch angenommen, dass sie dort durch den allseitig sich fortpflanzenden Blutdruck, resp. durch die pulsierenden Membranen etwas comprimiert wird, dennoch, da der Gegendruck in der eigentlichen Atemmaschine jedenfalls viel stärker ist, dort so zu sagen gefangen gehalten werden?

Die inkomprimablen Insektenabschnitte atmen wirklich entgegengesetzt wie die pulsierenden Membrane d. h. für sie ist der erweiterte Hinterleib eine Saugpumpe, gewissermassen die verdünnte äussere Atmosphäre, während das verengerte Abdomen als Druckwerk fungiert das neue Luft in sich hineinpresst. (Graber.)

Dass der regelmässige Rythmus der Atmung durch alle pulsirenden Organe, wie den Darm und das Herz beeinflusst wird, ist nach meinen Ausführungen von selbst erklärlich.

Ich habe versucht Ihnen die Grundzüge der Kerfatmung darzulegen

Ueber das mechanische und chemische bei der Kerfatmung liesse sich freilich noch manches forschen. Aber gerade auf diesem Gebiete haben Physiologen und Chemiker verhältnissmässig noch wenig gearbeitet und dennoch werden Sie mit mir nach diesen scizzierten Grundzügen der Insektenatmung den Eindruck gewonnen haben, dass auch auf diesem engbegrenzten und viel vernachlässigten Gebiete der Naturforschung ein ebenso weites wie hoch interessantes Feld wissenschaftlichen Forschens noch vor uns liegt.

Wenn es mir gelungen ist, durch diesen kleinen Vortrag Ihr Interesse für die Insektenbiologie zu wecken, so hat derselbe seinen Zweck vollauf erfüllt. Ich werde Ihnen dann im kommenden Jahre nach diesen Ausführungen, die Sie in die Grundzüge der Insektenatmung einführen sollten, meine seit dem Jahre 1897 fortgesetzten Forschungen auf diesem speziellen Gebiete der Naturwissenschaften in einem weiteren Vortrage erörtern.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Regensburg

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: 12

Autor(en)/Author(s): Schöppler K.

Artikel/Article: Die Atmung mit besonderer Berücksichtigung der Atmung der Insekten 147-159