Werk

Label: Rezension

Ort: Braunschweig

Jahr: 1896

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0011|LOG_0658

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte über die Fortschritte auf dem Gesammtgebiete der Naturwissenschaften.

Unter Mitwirkung
der Professoren Dr. **J. Bernstein**, Dr. **W. Ebstein**, Dr. **A. v. Koenen**, Dr. **Victor Meyer**, Dr. **B. Schwalbe** und anderer Gelehrten

Durch alle Buchhandlungen und Postanstalten zu beziehen.

herausgegeben von

Dr. W. Sklarek.

Wöchentlich eine Nummer. Preis vierteljährlich 4 Mark.

Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

XI. Jahrg. Braunschweig, 12. September 1896. **Nr. 37.**

Max Baer: Beiträge zur Kenntniss der Anatomie und Physiologie der Athemwerkzeuge bei den Vögeln. (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. 1896, Bd. LXI, S. 420.)

Rein anatomisch schliesst sich der Respirationsapparat der Vögel an den ihrer nächsten Verwandten, der Reptilien, insofern an, als bei beiden an einen proximalen, gewebereichen Abschnitt — Lungen — eine periphere, substanzarme, häutige Abtheilung — Luftsäcke — sich unmittelbar anschliessen. Der Unterschied zwischen beiden Thierklassen besteht jedoch darin, dass bei den Vögeln beide Theile des Athemapparates viel umfangreicher geworden, dass die häutigen Theile eine ganz ungewöhnliche Ausdehnung erlangt haben und zugleich eine scharfe Abgrenzung zwischen beiden eingetreten ist. Die ausserordentliche Ausbildung der Luftsäcke und ihr Eindringen in alle Körpertheile, selbst zwischen die Muskeln und in die Knochenhöhlen, erinnert lebhaft an die Athemwerkzeuge anderer fliegender Thiere, an die Tracheen der Insecten. In functioneller Beziehung ergiebt die Untersuchung, dass der Respirationsapparat der Vögel „durch ein günstiges Zusammenwirken beider Abschnitte die höchste Vollkommenheit erreicht hat, eine Vollkommenheit, die ihn weit über den der Säugethiere stellt". Den Beweis hierfür zu bringen, ist die Aufgabe, die sich der Verf. bei seinen, 29 Arten umfassenden Untersuchungen gestellt hat.

Verf. giebt zunächst eine sehr eingehende Darstellung vom Bau der Athemwerkzeuge der Vögel, aus welcher hier nur weniges kurz hervorgehoben werden kann.

Die Lungen der Vögel sind verhältnissmässig sehr klein und nehmen bloss einen kleinen, dorsalen Theil der Brusthöhle ein; an der ventralen Fläche derselben bemerkt man mehrere grosse Oeffnungen, die Zugänge zu den Luftsäcken; die Lungen sind mit der Brustwand fest verwachsen und besitzen nur sehr geringe Elasticität, so dass sie selbst nach Herausnahme aus der Brusthöhle ihr Volumen behalten. Die in die Lungen führenden Luftwege sind grössere oder kleinere Abzweigungen der Bronchien, von denen die Mehrzahl an der Lungenoberfläche hinzieht und direct zu den verschiedenen Luftsäcken geht; die Wände der Bronchialäste sind von Oeffnungen durchbohrt, welche zu den Bronchien dritter Ordnung, den „Lungenpfeifen", führen, die vielfach mit einander durch starke Anastomosen verbunden sind und in die letzten Endäste mit ihren blindsackförmigen Alveolen führen. Die verschiedenen Communicationen, die auch zwischen den Alveolen existiren, haben die Wirkung, dass die Athemluft direct nach jeder Richtung hin gelangen kann, ohne dass sie denselben Weg einhalten muss, wie bei der Einathmung. Physiologisch wichtig ist der relativ geringe Rauminhalt der Luftwege der Lungen im Vergleich zu dem ungeheuren Reichthum der Blutcapillaren; die Lungenarterie und -Vene sind relativ sehr stark, verästeln sich dichotomisch, ohne an die Bronchien gebunden zu sein und lösen sich in zahlreiche Endverzweigungen pinselartig auf; die dichten Capillarnetze der Vene bilden die Wände der Alveolen, wobei sie nur von wenigen Zügen Bindegewebe oder elastischer Fasern gestützt werden; vielfach springen die Schleifen der Capillarnetze frei in das Lumen der Alveolen vor, so dass sie allseitig von Luft umspült sind.

Die Luftsäcke, in welche der Hauptbronchus der Luftröhre und einige grössere Aeste unverzweigt übergehen, nachdem sie das häutige Zwerchfell durchbohrt haben, stellen ein System von Hohlräumen dar, welche von einer äusserst zarten Membran umschlossen sind, die weder embryologisch noch morphologisch zu den Bronchialwänden in Beziehung stehen. Die Luftsäcke dringen gleichsam von den Seiten und oben her zwischen die Rumpfwand und die einzelnen Eingeweide, zwischen diese selbst sich einschiebend, und dringen in alle freien Räume, Spalten und Vertiefungen ein; sie bleiben aber nicht auf die Rumpfhöhle beschränkt, sondern treten, besonders an den Austrittsstellen grösserer Gefäss- und Nervenstämme, aus der Leibeshöhle heraus, verbreiten sich zwischen die Muskeln der Extremitäten, bei einigen Vögeln auch zwischen Haut und Muskulatur, und stehen endlich durch intermuskuläre Fortsätze mit den Höhlen der lufthaltigen Knochen in offener Verbindung. Die Ausdehnung der Luftsäcke ist also eine ganz bedeutende; ihre Gestalt ist durch Beschreibung nicht wiederzugeben, da sie von der Gestaltung der Umgebung abhängig ist, ohne jedoch ihre Selbständigkeit als besonderes Organ einzu-

büssen. Entsprechend der Zahl der Bronchialöffnungen beträgt die Zahl der sich anschliessenden Luftsäcke jederseits fünf, von denen das zweite Paar zu einem unpaaren Sacke verschmilzt; man unterscheidet: die vordersten Cervicalsäcke, den Clavicularsack, die vorderen thoracalen Säcke, die hinteren thoracalen Säcke und die abdominalen Säcke, welche Verf. auf grund seiner besonders an Tauben, verschiedenen Raben und Raubvögeln eingehend ausgeführten Untersuchungen näher beschreibt; ebenso die, bei einheimischen Vögeln wohl kaum vorkommende, Pneumaticität der Haut und die Ausbreitung der Luftsäcke im Skelet durch besondere Fortsätze, welche durch Luftlöcher in die Hohlräume der Knochen dringen und sich hier ausbreiten.

Was den Bau der Luftsäcke betrifft, so bestehen dieselben aus einem inneren Blatt, dem eigentlichen Grundgewebe mit dem Epithel und einem äusseren serösen Ueberzug mit der Endothelbekleidung der serösen Höhlen; die Häute sind innig mit einander verschmolzen und enthalten keine Muskelfasern; wo solche vorkommen, gehören sie benachbarten Organen an. Merkwürdig ist die grosse Gefässarmuth der Luftsäcke; nur wenige schwache Aeste des Aortensystems treten an sie heran und ohne Bildung umfangreicher Capillarnetze sammeln sie sich in Venen, welche in die Vena cava münden; in den grossen abdominalen Säcken sind die Gefässe wegen ihrer Seltenheit schwer nachzuweisen. Eine Communication zwischen den Gefässen der Lungen und denen der Luftsäcke ist nirgends nachzuweisen. Im Gegensatz zu den Luftsäcken besitzt die auskleidende Membran der lufthaltigen Knochenhöhlen regelmässig ziemlich dichtmaschige Netze von Capillaren, die gleichfalls arteriellen Ursprungs sind und nach den Körpervenen abfliessen.

Was nun die physiologische Bedeutung der Luftsäcke betrifft, so lagen bisher hierüber viele Erklärungen von ausschliesslich speculativer Natur vor. Herr Baer hat nach seinen anatomischen Untersuchungen des Athemapparates eine Reihe physiologischer Experimente zur Aufklärung dieser wichtigen Frage angestellt, über welche hier auch nur kurz berichtet werden kann.

Bezüglich der Mechanik des Athmens ist bekannt, dass bei den Vögeln, ebenso wie bei den Säugethieren, die Ventilation durch periodisch wiederkehrende Erweiterung und Verengerung des Brustkorbes geschieht. Die eingehende Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse und die graphische Beobachtung der Athembewegungen der Rumpfwände der Vögel (Tauben und Krähen) ergaben, dass die inspiratorische Vergrösserung des Brustkorbes in zwei Richtungen erfolgt, nämlich in der Richtung des dorsoventralen und in der des transversalen Durchmessers, und zwar ist die Volumzunahme in der ersteren Richtung die ausgiebigere; sie geschieht durch Oeffnung des Winkels zwischen Spinal- und Sternalrippen und Verschiebung des Sternums nach unten und vorwärts, die Vergrösserung des transversalen Durchmessers erfolgt durch Drehung der hinteren Thoraxrippen.

Da es nun allgemein feststeht, dass die Lungen der Vögel infolge ihrer Verwachsung mit den Brustwänden und dem Lungenzwerchfell eine Verschiebung an den Brustwänden nicht erfahren können, so muss es Aufgabe der Luftsäcke sein, die Ventilation des ungewöhnlich capillarreichen Lungengewebes zu vermitteln: „Lungen und Luftsäcke haben sich in das Athemgeschäft getheilt, den ersteren obliegt der chemische Theil, die Hämatose, den Luftsäcken der mechanische Theil, der Wechsel der zur Respiration dienenden Luft.“

Bei dem Nachweise der Rolle, welche die einzelnen Gruppen der Luftsäcke bei dieser Function der Lungenlüftung spielen, war von besonderer Wichtigkeit, das Verhalten der ausserhalb des Brustkorbes liegenden Säcke zu ermitteln, über welches die verschiedensten Hypothesen aufgestellt waren. Herr Baer hat in die einzelnen Luftsäcke Canülen eingeführt und die Druckschwankungen in denselben während der Respirationsphasen graphisch aufzeichnen lassen; er konnte dadurch endgültig beweisen, dass ein (von früheren Autoren auf den Augenschein hin behaupteter) Antagonismus zwischen den verschiedenen Gruppen der Luftsäcke nicht bestehen kann, dass vielmehr bei der Inspiration alle Luftsäcke (auch die grossen abdominalen) sich erweitern und umgekehrt bei der Exspiration sich verengern. Die Erweiterung der Thoraco-Abdominalhöhle hat die Ausdehnung sämmtlicher Luftsäcke zur Folge, es entsteht in ihnen eine Luftverdünnung und die Aussenluft dringt nun zunächst in die Luftröhre ein; ein Theil derselben ergiesst sich in die Bronchien, welche die einzelnen Theile der Lunge versorgen, durchströmt das ganze Lungenparenchym und bewerkstelligt die Hämatose; der andere Theil folgt dem Verlauf der Hauptbronchien und gelangt in die Luftsäcke. Bevor der Spannungsunterschied zwischen der äusseren Atmosphäre und der Luft der Säcke sich gänzlich ausgeglichen hat, beginnt die exspiratorische Verengerung des Brustkorbes, sämmtliche Luftsäcke werden comprimirt und ihr Inhalt wird durch die Bronchialöffnungen ausgestossen, kann aber, weil er plötzlich in viel engere Bahnen eingezwängt wird, nicht nach aussen gelangen, ohne ebenfalls das Lungenparenchym zu passiren und sowohl der Hämatose zu dienen, als zugleich die ausgenutzte Luft vor sich her auszufegen.

Die Bedingungen für die Ventilation des Lungengewebes sind somit im Vogelorganismus die denkbar günstigsten. Die nackten Blutcapillaren werden bei dem grossen Volumen der Luftsäcke sowohl bei der Einathmung als bei der Ausathmung fast allseitig von grossen Mengen sauerstoffreicher Luft umspült und der Gasaustausch zwischen dem rasch circulirenden Blute und der Luft vollzieht sich continuirlich und mit stets gleicher Energie.

An dieser Function der Luftsäcke betheiligen sich auch die Hohlräume der lufthaltigen Knochen. Wer-

den diese mit einem registrirenden Trommelapparat in Verbindung gesetzt, so erhält man Curven, welche in ausgesprochenster Weise zeigen, wie ausgezeichnet auch die entferntesten Ausstülpungen der Luftsäcke ventilirt werden und wie gleichmässig sich die Luft in sämmtlichen Hohlräumen bewegt. Füllung und Entleerung beginnen im Oberarm und Oberschenkel in einem und demselben Moment und die feinste Druckschwankung kommt in allen Theilen des pneumatischen Apparates zur vollsten Geltung.

Eine höchst auffallende Erscheinung ist, dass bei den Vögeln die Athmung durch die Körperbewegung gar nicht beeinflusst wird; während bei allen übrigen Warmblütern grössere oder geringere Kraftleistung eine nicht unbedeutende Steigerung der Zahl und Tiefe der Athemzüge herbeiführt, bemerkt man bei Vögeln, die eine grosse Strecke mit grosser Geschwindigkeit durchflogen haben, trotz der höchst intensiven Arbeitsleistung und der mechanischen Behinderung der Ausathmung bei dem schnellen Vorwärtsdringen durch die Luft kaum eine Beschleunigung der Athmung. Hingegen stellen sich bei Vögeln, die in einem beschränkten Raume, z. B. in einem Zimmer, herumzuflattern gezwungen werden, in allerkürzester Zeit Athemnoth und hochgradige Ermattung ein. Herr Baer folgert hieraus, dass die Durchlüftung des Athemapparates während des Fluges in ganz anderer Weise erfolgen muss als in der Ruhe. Zunächst werden die Athembewegungen des Brustkorbes ausfallen, da dieser fixirt werden muss, um den Flügelbewegungen als feste Stütze zu dienen. Hunter hat den Luftsäcken die Aufgabe zugeschrieben, dem rasch dahin fliegenden Vogel als Luftreservoire zu dienen; aber dasselbe würde bei höchstmöglicher Füllung für das Athembedürfniss kaum $2^1/_2$ Minuten ausreichen. Es muss daher der Vogel auch bei festgestellten Brustwänden seine Athemluft erneuern können; und dies geschieht mittels der axillaren und subpectoralen Luftsäcke, welche bei den Flügelbewegungen ihr Volumen bedeutend ändern, wie Verf. sich an todten Thieren durch passive Flügelbewegungen überzeugen konnte. Ferner muss die Luft beim schnellen Vorwärtsfliegen der Vögel in die offenen Nasenlöcher dringen und die Luftsäcke füllen; Verf. sah beim mechanischen Lufteinblasen in die Luftsäcke, dass die Vögel dann ohne jede Athembewegung sich ganz wohl fühlten. Es scheint daher die Annahme viel Berechtigung zu haben, dass die Luftsäcke für den Flug als Luftbehälter dienen, welche den fliegenden Vogel in den Stand setzen, sein Athembedürfniss in reichlichem Maasse zu befriedigen, ohne besondere Athembewegungen auszuführen.

Ueber den Chemismus des Athmens hatte die anatomische Untersuchung bereits gelehrt, dass die ungemein gefässarmen Luftsäcke an demselben sich nicht betheiligen können; die Auskleidungen der Knochenhöhlen hingegen waren sehr gefässreich gefunden worden, und es war daher angezeigt, durch chemische Analysen der Luft in den Knochen sich über deren Betheiligung am Gasaustausch zu unterrichten. Der Versuch ergab, dass in der That in den Hohlräumen der pneumatischen Knochen Kohlensäure in geringem Maasse ausgeschieden und wahrscheinlich auch Sauerstoff aufgenommen wird; die Theilnahme dieser Hohlräume an der Respiration ist also experimentell begründet.

Die Wichtigkeit des hier behandelten Gegenstandes wird es rechtfertigen, wenn zum Schluss noch die Zusammenstellung der Hauptergebnisse der Untersuchung nach der Darstellung des Verf. wiedergegeben wird.

„Die Luftsäcke der Vögel müssen allgemein als gefässarm bezeichnet werden. Die wenigen ihrer Ernährung dienenden Gefässe gehören dem Körperkreislauf an; die Arterien nehmen aus dem Aortensystem ihren Ursprung, die Venen entleeren sich direct oder indirect in die Hohlvenen. Capillarnetze fehlen vollständig. Die Luftsäcke können somit nicht als Vergrösserung der eigentlichen Athemoberfläche betrachtet werden.

Hingegen sind es andere Organisationsverhältnisse, welche die Vögel in den Stand setzen, ihr bei der Flugarbeit ausserordentlich gesteigertes Sauerstoffbedürfniss auch in wenig dichten, sauerstoffarmen Luftregionen zu befriedigen, in denen kein anderer Warmblüter auszudauern vermag. Lungen und Luftsäcke haben sich in das Athemgeschäft getheilt und durch diese Arbeitstheilung wurde ein Apparat geschaffen, der auch den höchsten Ansprüchen gewachsen ist.

Die Lungen, welche fast ausschliesslich den chemischen Vorgängen, dem Gaswechsel zwischen Blut und Umgebungsmedium dienen, sind, wenn äusserlich auch von verhältnissmässig geringem Volumen, mit einem Reichthum von Capillargefässen ausgestattet, der von demjenigen der leistungsfähigsten Säuger auch nicht annähernd erreicht wird. — Concentration des respirirenden Parenchyms. — Diese Capillaren sind zudem vollständig nackt und derart angeordnet, dass der grösste Theil ihrer Oberfläche mit der Luft in Berührung kommt. In diesem Sinne könnte man allerdings von einer Vergrösserung der Athemfläche sprechen.

Aufgabe der sehr mächtig entwickelten Luftsäcke ist es, beständig grosse Mengen Luft an dem mit grosser Geschwindigkeit kreisenden Lungenblut vorbeizujagen und zwar eine Luft von stets gleicher Zusammensetzung. Die vom Blute ausgeschiedene Kohlensäure wird unverzüglich aus den Lungen hinausgefegt und gleichzeitig dem Blute reichliche Gelegenheit geboten, Sauerstoff aufzunehmen.

Die Erledigung der Frage, ob etwa das Blut der Vögel hämoglobinreicher ist, oder ob das Hämoglobin dieser Thiere eine grössere Affinität zum Sauerstoff zeigt, als das der übrigen Warmblüter, muss der Zukunft überlassen bleiben.

Gewiss ist: Der Gasaustausch zwischen Blut und Athemluft vollzieht sich bei den Vögeln zwar in einem räumlich eingeschränkten