Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1889)
Heft: 1215-1243

Artikel: Werden die Athembewegungen vom Rückenmarke beherrscht?
Autor: Marckwald, Max
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319024

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Dr. Max Marckwald.

Werden die Athembewegungen vom Rückenmarke beherrscht?

(Vorgetragen in der Sitzung vom 15. Dezember 1888.)

Die Lehre, wonach im Rückenmarke besondere Centra für die Athmung gelegen sind, ist eine neue. Bis vor wenigen Jahren galt allgemein noch der alte Grundsatz Galen's, dass die Athmung lediglich vom Gehirne abhängig sei. «Durchschneidung des Markes am ersten oder zweiten Halswirbel» — lehrte Galen im zweiten Jahrhundert unserer Zeitrechnung — «tödtet Säugethiere sogleich». In der Folge hat sich eine grosse Reihe berühmter Forscher mit der Lage des Athemcentrum beschäftigt. So schrieb der bekannte französische Physiologe Lorry im Jahre 1760 in seiner Abhandlung «Über die Bewegungen des Gehirns» und zwar, wie es scheint, ohne die Versuche Galen's über diesen Gegenstand zu kennen: «Sticht man ein Messer oder Stilet zwischen zweitem und drittem Wirbel in das Rückenmark ein, so erhält man keine Krämpfe, sondern das Thier stirbt auf der Stelle und Puls und Athmung hören für immer auf». Ähnliche Versuche mit denselben Ergebnissen wiederholte im Jahre 1796 Cruikshank. Legallois aber war der Erste, welcher die Stelle, von der die Athmung abhängt, in das verlängerte Mark verlegte. Im Jahre 1811 theilte er Sachverständigen des Institut de France seine Erfahrungen in Bezug auf den Ursprung der Athembewegungen mit und veröffentlichte diese im folgenden Jahre in einer Abhandlung unter dem Titel «Expériences sur le principe de la vie». Hiernach fand er die Athmung nicht vom ganzen Gehirne beherrscht, sondern von einer ziemlich umschriebenen Stelle des verlängerten Markes (von Steiner jetzt Nackenmark genannt). Diese Stelle sollte in geringer Entfernung vom Hinterhauptsloche liegen und sich gegen den Ursprung der Lungenmagennerven hin erstrecken. Legallois' Lehre bestätigten Budge und Volkmann (1841), welche fanden, dass ein Schnitt in der Gegend des calamus scriptorius die Athmung aufhebt. In einer grösseren Reihe von Aufsätzen, welche in die Jahre 1842—1862 fallen, suchte dann Flourens die Lage des Athemcentrum noch näher zu umgrenzen. Von

ihm rührte der Name: Lebensknoten, *nœud vital* oder *point vital* her, welcher dauernd im Gedächtnisse der Nachwelt geblieben ist und die Verdienste Legallois' ungerechterweise fast in Vergessenheit gebracht hatte. Ich will mich darauf beschränken anzudeuten, dass Flourens zuerst den Sitz des Athemcentrum in die Gegend der Ursprungsstelle der Nn. Vagi setzte, sich aber besonders dagegen verwahrte, als ob diese Ursprünge selbst das Athemcentrum vorstellen könnten, da man doch, wie er naiv ausführte, die Vagi am Halse durchtrennen dürfe und trotzdem die Athmung fortdaure. Später verlegte Flourens den Hauptsitz der Athmung an die Spitze des Winkels der grauen Substanz und verglich seine Ausdehnung mit der Grösse eines Stecknadelkopfes, daher die Bezeichnung «point vital», und schliesslich änderte er seine Ansicht dahin, dass der Lebensknoten etwas höher und zu beiden Seiten der Mittellinie anzunehmen wäre; seinen Durchmesser berechnete er auf 5 Millimeter. Inzwischen hatte bereits im Jahre 1847 Longet gefunden, dass der von Flourens als Sitz des Athemcentrum angesprochenen Stelle nicht in ihrer ganzen Dicke die Eigenschaft zufalle, die Athmung sofort zu vernichten, sondern nur den in derselben Höhe gelegenen Zwischenbündeln, welche, reich an grauer Substanz, Ganglienkugeln und Gefässen, sehr wohl geeignet seien, im Mittelpunkte des Nackenmarkes einen besonderen Heerd der Erregung zu bilden. Dieses Bündel wurde später, von Milne-Edwards «Athmungsbündel» genannt. In die Seitenstränge des verlängerten Markes verlegte auch Schiff nach eigenen Versuchen den Sitz des Athmungscentrum. Im Jahre 1873 erschien dann die Untersuchung von Gierke, welche ein neues Licht in die betreffende Frage zu werfen schien und sozusagen die anatomische Grundlage einer Reihe späterer physiologischer Arbeiten geworden ist. In dieser Untersuchung wird zuerst die Einheit des Athemcentrum im Sinne der vorangehenden Forscher geleugnet. Erneute vielfache Durchtrennungen des Nackenmarkes und mikroskopische Musterung der abgetrennten Theile führten Gierke zu der Ansicht: es gäbe keine bestimmte Zellengruppe in der vierten Hirnhöhle, deren alleinige Vernichtung den Stillstand der Athembewegungen und den Tod des Thieres zur Folge hätte. Gesonderte Zerstörung der Hypoglossus-Kerne oder der Vagus-Kerne wäre wirkungslos, oder erzeugte doch nur ganz vorübergehende Änderungen der Athmung. Die Athmung würde dagegen vernichtet, wenn man die Längsbündel feiner Nervenfasern zerstörte, welche von den vorhingenannten Kernen herrührten, sich von diesen abzweigten. Nach Krause sollen diese Bündel die Verbindungsbahnen

zwischen Vagus und Phrenicus bilden, nach Schwalbe stellen sie entwickelungsgeschichtlich aufsteigende Wurzeln der Vagus-Gruppe dar, welche in der Höhe dieser Gruppe angelangt, den drei Nerven derselben: dem Accessorius vagi, dem Vagus und Glossopharyngeus, oberflächlich Faserbündel abgeben und sich besonders an der Bildung der Wurzelbündel des Vagus betheiligen. Diese Bündel sind also nach Gierke die Hauptleiter der Athemarbeit und erhalten ihre Erregungen von verschiedenen Zellengruppen, mit denen sie in mehr oder weniger nachweisbarer anatomischer Verbindung stehen. Da es Gierke nun nicht gelang, diese Zellengruppen einzeln auszuscheiden, so betrachtete er Zellengruppen und Längsbündel als gleichwerthig beigeordnete Theile eines Ganzen, das noch immer den Namen Athemcentrum verdiente, wenn es sich auch sehr von dem Flourens'schen unterschiede. Zwölf Jahre beherrschte diese Anschauung die physiologische Lehre, bis im Jahre 1885 Mislawsky, ebenfalls auf Grund sowohl physiologischer, als anatomischer Untersuchungen die Ergebnisse Gierke's verwarf. Nach Mislawsky haben die Gierke'schen Bündel keine Beziehungen zu den Athembewegungen. Das Centrum der Athmung bilden diejenigen Zellengruppen, welche in Longet's Zwischen- oder Längsbündeln der Seitenstränge eingelagert sind. In einer späteren Mittheilung, der letzten vor seinem Tode, suchte Gierke an seiner Auffassung gegen Mislawsky festzuhalten, fand nun aber auch in seinen Athembündeln «Nervenzellen oder besser gesagt graue Masse», welche somit den Hauptheerd der Athmung bilden sollte. Hiernach war auch von Gierke die Lehre von der Einheit des Athemcentrum wieder hergestellt.

Alle die bisher erörterten Arbeiten trugen, so verschieden auch die Antworten auf wichtige Einzelfragen sich dabei gestalteten, den einen gemeinsamen Grundgedanken, dass der einheitliche Sitz des Athmungscentrum sich im Nackenmarke befände und zwar in der Nähe der Vagus-Ursprünge. Diese, von der weitaus grossen Mehrheit der Physiologen und Ärzte angenommene Lehre bestand aber durchaus nicht ohne Widersprüche. Brown-Séquard, dem wir eine weitaus reichliche Litteratur über die Beziehung der Athmung zu den nervösen Central-Organen verdanken, hatte bereits im Jahre 1855 behauptet, dass ein Thier auch nach Entfernung des ganzen Nackenmarkes noch athmen könne, und später (1858), dass die Athmung auch ohne Lebensknoten kräftig und regelmässig andauern könne. «Unter gewissen Umständen und bei gewissen Thieren», sagt er wiederum 1860, «kann man auch nach Abtragung des verlängerten Markes Athembewegungen sich vollziehen sehen. Dr. Bennett

Dowler aus New-Orleans hatte dieses Fortbestehen bei Krokodilen beobachtet, ich habe es bei den Vögeln festgestellt und habe es häufig in meinen Vorlesungen gezeigt. Ferner haben Dr. Richardson aus London und ich selbst es bei neugeborenen Säugethieren angetroffen». Auch Rokitansky und v. Schroff hatten 1874 bei Kaninchen mit durchtrenntem Halsmarke, welche mit Strychnin vergiftet waren, noch einige wenige Athembewegungen während der Strychnin-Krämpfe gesehen und daraus geschlossen, dass es im Rückenmarke ein Centrum für rhythmische Bewegungen gäbe, welches im Leben nur während des Zusammenhanges mit dem Gehirne thätig wäre, durch Strychnin aber für kurze Zeit, selbst nach Aufhebung dieses Zusammenhanges, zu arbeiten vermöchte. Andererseits fanden Martin und Booker und besonders Christiani, dass auch im 3. Ventrikel, in den Vierhügeln, in der Brücke Centra der Athmung sich fänden und zwar gesonderte für Einathmung und Ausathmung. Ja, Christiani verstieg sich einmal so weit, diese höher gelegenen Centra als den Herrschersitz der Athmung aufzufassen, während die in der Brücke und im Nackenmarke befindlichen Centra nur als die Ausläufer der drei oberen in Seh- und Vierhügel gelagerten Athemsitze zu betrachten wären. Die grösste Umwälzung in den bisherigen Anschauungen brachten aber die zahlreichen, planvollen Arbeiten Langendorffs und die beiden Aufsätze Wertheimer's über die Rückenmarksathmung. Warm und geschickt vertheidigen diese Verfasser ihre Lehre: wonach die eigentlichen Centra der Athmung im Rückenmarke liegen sollen. So sagt Wertheimer, und drückt dabei gleichzeitig Langendorff's Ansicht aus: Das Rückenmark ist das unmittelbare Centrum der Athembewegungen des Rumpfes; getrennt von dem Nackenmarke fährt es fort, den Brust- und Bauchmuskeln rhythmische Antriebe zu senden; sein Tonus und seine Reflexthätigkeit bestehen weiter. Ja die Abtragung der höheren Centra solle die rhythmische Thätigkeit des Rückenmarkes noch deutlicher werden lassen. Die Wirkung des Nackenmarkes auf die Athmung sei nur ordnender Natur.

Wegen der Neuheit und Wichtigkeit dieser Schlüsse für die ganze Lehre der Athmung sind wir gezwungen, die Arbeiten Langendorff's und Wertheimer's etwas genauer durchzugehen. Langendorff benutzte zu seinen Versuchen über Rückenmarksathmung hauptsächlich neugeborene Thiere, meist Kaninchen, doch auch Kätzchen nnd junge Hunde. Das Nackenmark wurde dicht unterhalb der Spitze des calamus scriptorius vom Halsmarke abgetrennt und die Thiere wurden ganz leicht mit Strychnin vergiftet; sie athmeten dann, von Zeit zu Zeit durch

künstliche Athmung erholt, längere Zeit wie gesunde Thiere. Wertheimer verwendete dagegen nur ältere Thiere und zwar ausschliesslich Hunde: am günstigsten erwies sich ein Alter von 3 bis 6 Monaten und wenig darüber; doch gelangen die Versuche auch an vollständig entwickelten Thieren. Keines derselben erhielt Strychnin, noch sonst ein Gift. Nach Abtrennung des Nackenmarkes genügte eine sofort eingeleitete künstliche Athmung von $^1/_2$ bis 5 Stunden, um die Rückenmarksathmung in den Gang zu bringen; dann athmeten die Thiere, auch nach Aussetzen der künstlichen Lüftung, selbständig 25 — 30 — 40 Minuten lang. Wurde die künstliche Athmung zeitweise erneut, so sah Wertheimer seine Hunde ganze Stunden lang die Athembewegungen aufschreiben. Noch günstiger waren die Ergebnisse, welche er in seiner zweiten Arbeit auseinandersetzte, wenn die Thiere vor Abtrennung des Nackenmarkes vom Halsmarke künstlich abgekühlt wurden. Auf einer Holzplatte befestigt, waren sie einem stetig laufenden Wasserstrome ausgesetzt, welcher sie so lange überspülte, bis die Mastdarm-Temperatur auf 28—25—22—20 und selbst auf 18°! herabgedrückt worden war. Schnitt man dann das Nackenmark ab, so stellte sich die Rückenmarksathmung schon 5 bis 15 Minuten, ja selbst unmittelbar nach der Operation ein; ebenso traten die Reflexbewegungen viel früher auf, als bei nicht abgekühlten Thieren. Verlauf und Form der Athembewegungen zeigten bei den verschieden behandelten Thieren im Grossen und Ganzen keinen Unterschied. Als sehr bemerkenswerth ist nun aber hervorzuheben, dass die Athembewegungen der Thiere ohne Nackenmark, welche Langendorff beobachtete, gänzlich verschieden sind von denen, welche Wertheimer beschrieben hat und zwar sowohl in ihrer Form, als in ihrem Verlaufe, sowohl in ihrer Entstehungs-Ursache, als in den Bedingungen ihrer dauernden Thätigkeit. Nach Langendorffs Befund ist die Rückenmarksathmung tief, langsam und unregelmässig, wie eine Athmung nach Vagus-Ausfall; in Wertheimer's Versuchen dagegen oberflächlich, häufig und unregelmässig «une vraie anhélation du tronc» bis 130 Athmungen in 1 Minute und nie unter 50! Während Langendorff eine Betheiligung des Ausathmungscentrum nur dann sah, wenn das Einathmungscentrum erschöpft war, oder der Sauerstoff-Mangel des Blutes sehr gross wurde, war in Wertheimer's Versuchen das Ausathmungscentrum stets das erste, welches in Thätigkeit trat, viel früher als das Einathmungscentrum. Erst allmählich stellte sich das rhythmische Spiel des Zwerchfells und der anderen Einathmungs-Muskeln ein. Eine dazwischen fallende Blutung dagegen konnte

die Einathmungscentra wieder ausser Thätigkeit setzen, während die Centra der Ausathmung noch weiter arbeiteten. Langendorff fand, dass das Erstickungsblut die Ursache für Erregung der Athemcentra des Rückenmarkes abgibt, Wertheimer dagegen, dass das Blut für das Zustandekommen der Athmung überhaupt ohne Einfluss ist. Die Thätigkeit der Rückenmarks-Athemcentra begann ja nach Wertheimer bereits während der künstlichen Athmung; auch wuchs während der Dauer der Erstickung weder die Tiefe noch die Zahl der Rückenmarksathmungen, wie es bei gewöhnlicher Athmung zu geschehen pflegt, vielmehr blieb die Häufigkeit der Athmung stets dieselbe, bis sie erlosch. Durch fortgesetzte künstliche Athmung vermochte Langendorff die Rückenmarkscentra apnoisch zu machen, Wertheimer nicht. Langendorff beobachtete bei den enthaupteten Thieren eine vollkommene Übereinstimmung der Bewegungen an Kopf und Rumpf, weil nach seiner Meinung beide Centra gleichzeitig vom venösen Blute gereizt werden. Wertheimer dagegen findet bei seinen Versuchsthieren, dass die Bewegungen des Kopfes und des Rumpfes durchaus nicht gleichzeitig verlaufen. Während, wie erwähnt, der Rumpf 50—130 zuckende Bewegungen machte, athmete der Kopf nur 8—10 Mal in 1 Minute und mit zunehmender Erstickung noch langsamer und dyspnoischer. Während Langendorff meint, dass das Kaltblütigwerden der Säugethiere immer mit einer bedeutenden Herabsetzung der centralen Nervenleistung einhergehe, daher ein solcher Zustand sehr ungünstig für die Entstehung und Fortdauer der Rückenmarksathmung sei, findet Wertheimer, dass hochgradige Abkühlung der Thiere besonders günstig auf diese Athmung wirke, ja dass sie sogar den hemmenden Einfluss des Rückenmark-Schnittes aufhebe.

Diese tiefgehenden Unterschiede in den Beobachtungen sind sicherlich nicht dadurch zu erklären, dass Langendorff neugeborene oder ganz junge Thiere, vorzüglich Kaninchen, doch auch Katzen und Hunde, zu seinen Versuchen benutzte, Wertheimer nur ältere Hunde verwandte. Und wenn Langendorff dann in der 7. Mittheilung der «Studien über die Innervation der Athembewegungen» sagt: «Die Übereinstimmung mit Wertheimer in den hauptsächlichsten Versuchsergebnissen und, was mir besonders werthvoll erscheint, die Übereinstimmung auch in den aus den Versuchsergebnissen abgeleiteten Schlussfolgerungen ist so gross, dass ihr gegenüber kleine, auf unbedeutende Einzelheiten bezügliche Differenzen nicht in Betracht kommen», so werden vorurtheilsfreie Leser diesem Ausspruche nicht beistimmen können. Aus den so

durchaus verschiedenen Ergebnissen von Versuchen, wird man mit viel grösserer Berechtignng schliessen dürfen, dass die Verfasser ganz verschiedene Erscheinungen gesehen haben, aus denen man die Fähigkeit des Rückenmarks die Athmung zu beherrschen nicht folgern kann.

Seit Galen ist es bekannt, dass ein Schnitt unterhalb des Nackenmarkes die Athmung sofort aufhebt. Wenn die Centra der Athmung unterhalb des Schnittes lägen und ihre Verbindung mit den Athemmuskelnerven nicht unterbrochen wäre, weshalb athmen die Thiere nicht? Brown-Séquard meinte: der Schnitt reize die benachbarten Theile des verlängerten Markes und hemme so den Herzschlag, demzufolge dann auch die Athmung aufhöre. Wenn man zuvor die Vagi abgetrennt habe, so tödte die hohe Rückenmarksdurchschneidung nicht. Dies hat sich als unrichtig erwiesen. Langendorff erklärt den Fortfall der Athmung nach Abtrennung des Nackenmarkes einerseits als eine Folge der durch den Schnitt gesetzten Reizung der Trigeminus- und Vaguswurzeln, welche hemmend auf die Athmung wirke; andererseits sollen in den der Verletzung nahegelegenen Stellen des Rückenmarkes Lähmungen zumal der Reflexe erzeugt werden: eine sogenannte Shockwirkung eintreten. Ebenso macht Wertheimer den Wund-Shock für den Stillstand der Athmung verantwortlich. Für die Vertheidiger der Rückenmarksathmung hat das klassische Athemcentrum am Boden der Rautengrube höchstens die Bedeutung eines Ordners der Athmung. Am deutlichsten erklärt uns wieder Wertheimer den Einfluss und die Thätigkeit dieses Centrum. Es bringt nach ihm Mässigung und Regelmässigkeit in die ungezügelten Athmungen des Rückenmarkes, es verstärkt ihre Tiefe, es vermindert ihre Häufigkeit, es zwingt das Ausathmungscentrum zur Unthätigkeit, es bewirkt, je nach dem Blute, von welchem es umspült wird, geordnete Athmung, Athemnoth, Apnoe u. s. w. Langendorff dagegen, bei seinen langsamen Rückenmarksathmungen, muss den ordnenden Einfluss des Nackenmark-Athemcentrum fast entgegengesetzt auffassen.

Sie werden mich nun mit Recht fragen, wo denn eigentlich das Athemcentrum seinen Sitz habe, und je nach Ihren allgemeinen physiologischen Anschauungen oder auf Autoritätsglauben hin sich entscheiden, ob die dritte Hirnhöhle und die Vierhügel, ob die vierte Hirnhöhle oder das Halsmark den Vorzug verdienen, oder Sie werden mit einer grossen Reihe von anerkannten Physiologen der Anschauung huldigen, dass es gar kein einheitliches Athemcentrum im Sinne der früheren

Gelehrten gebe, sondern dass eine grössere Zahl von Regierungssitzen für die Athmungsinnervation bestehe, welche entweder einander gleichwertig oder die einen den anderen über- oder untergeordnet seien. Solchen Meinungen bin ich in einer grösseren Versuchsreihe gegenübergetreten, welche ich auf Anregung und grossentheils in Gemeinschaft mit Professor Kronecker unternommen und dann im Jahre 1886 in der Zeitschrift für Biologie unter der Überschrift «die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen» veröffentlicht habe. Zahlreiche Versuche nach den verschiedensten Richtungen hin, haben mir den Beweis geliefert, dass der Sitz des klassischen Athemcentrum nicht verschoben zu werden braucht, dass es weder in höher gelegenen Hirntheilen, noch im Rückenmarke Centra der Athmung gibt. Für die höher gelegenen Theile war der Beweis nicht so schwierig zu erbringen. Erstens blieb, nachdem ein Querschnitt das Nackenmark in der Höhe der tubercula acustica durchtrennt hatte, die Athmung regelmässig, maschinenartig, und zweitens entstand Kopfdyspnoe nur dann, wenn der Trennungsschnitt unterhalb der Vaguskerne fiel. Deshalb aber leugnete ich keineswegs den grossen Einfluss, welcher von höher gelegenen Hirntheilen auf die Athmung ausgeübt werden kann; ich habe vielmehr gerade diesen Einfluss betont und seine Bedeutung geschildert und jetzt schon eine ganze Reihe von Anhaltspunkten gewonnen, um zu entscheiden, von woher und auf welchen Bahnen sich dieser Einfluss geltend macht. Doch davon ein anderes Mal. Was die Rückenmarksathmung betrifft, so zeigte ich, dass sowohl die auf directe elektrische Reizung des Rückenmarks erhaltenen, als bei strychnisirten jungen Thieren beobachteten reflectorischen und selbständigen Zusammenziehungen der Athemmuskulatur, nach Abtragung des Nackenmarkes, keine gewöhnlichen Athembewegungen, sondern Athemmuskelkrämpfe waren. Bei künstlich gesteigerter Erregbarkeit des Rückenmarks genügen leise Erregungen, sei es von der Haut, sei es von der Schnittfläche aus, um allmählich, durch Anhäufung der Reize, krampfartige Zusammenziehungen, sowohl des Zwerchfells, wie auch anderer Athem- und Körpermuskeln zu erzielen, gerade so, wie man sie künstlich durch unmittelbare elektrische Reizung des Rückenmarks erhält. Wollte man aber auch annehmen, dass die natürlichen Reize von der Schnittfläche, oder von der Haut aus nicht unterbrochen, sondern fortwährend und in gleicher Stärke einwirkten, so liessen sich trotzdem die rhythmischen Bewegungen des Zwerchfells, wie sie Langendorff und ich beobachtet hatten, leicht erklären. Es gibt genug Beispiele

in der Physiologie, welche zeigen, wie fortwährend fliessende Erregungen rhythmische Auslösungen bedingen. Ja man kann sogar den Beweis liefern, dass nicht nur organische, sondern auch willkürliche Muskeln, von ihren Nervencentren losgelöst, fortfahren rhythmische Bewegungen auszuführen. Beim Zwerchfellmuskel ist ein solches Verhalten schon recht frühzeitig und unter den verschiedensten Bedingungen beobachtet worden. Rhythmische Bewegungen und besonders Krämpfe der Athemmuskulatur sind also durchaus kein Beweis für das Bestehen von Centra der Athmung. Alle meine Erfahrungen sprechen gegen das Vorhandensein solcher Centra im Rückenmarke und die von Langendorff beobachteten Erscheinungen lassen sich alle leicht aus längst bekannten Thatsachen erklären. Während nun die Lehre von höher gelegenen Centra keine weiteren Verfechter gefunden hat, wurde diejenige der Rückenmarksathmung durch die besprochenen Aufsätze von Wertheimer und durch neuere Mittheilungen Langendorff's weiter ausgebaut.

Um einen klaren Einblick in die von Wertheimer geschilderten Erscheinungen zu erlangen, musste ich vor allen Dingen seine Versuche wiederholen. Bei 3—6 Monate alten Hunden und bei Katzen wurde mit einem glatten Schnitte das freigelegte Nackenmark, dicht unterhalb der Spitze des calamus scriptorius, vollständig quer abgetrennt. Sodann unterhielt ich bei den nicht mehr selbständig athmenden Rückenmarksthieren mittels des Kronecker'schen Respirationsapparates 2—4 Stunden lang künstliche Athmung und zwar meist der Art, dass die Luft durch einen über dem Gasleuchter aufgehängten Kupferkasten erwärmt zum Thiere gelangte. Trotzdem sank die Mastdarm-Temperatur der Versuchsthiere nach mehreren Stunden bis auf 27° C. So behandelte Thiere zeigten ein ganz eigenthümliches Verhalten. Allmählich begannen sie mässig schnelle, rhythmische Bewegungen zu machen. Vorder- und Hinterpfoten beugten und streckten sich gleichzeitig, krampfartig. Die Wirbelsäule folgte diesen Bewegungen, krümmte und streckte sich abwechselnd. Hals und Nackenmuskeln zogen den Kopf nach vorn gegen die Brust, oder nach hinten gegen das Rückgrat. In gleichem Rhythmus wie die Glieder wurde der Brustkasten nach ein- und abwärts bewegt, und zwar mit scheinbar grosser Gewalt. Dann schnellte er in seine Ruhelage zurück, ganz in derselben Art, wie man bei nicht mehr athmenden Menschen nach dem Armand-Sylvester'schen Verfahren, durch rhythmischen Druck auf den Brustkasten künstliche Athmung herstellt. Ferner zogen sich die Bauchmuskeln heftig zusammen und die Luft entwich mit hörbarem Geräusche aus der Luftröhre. Ein wirkliches Heben der Rippen

konnte ich nie bemerken; nie ging der Brustkasten im Sinne der Einathmung über die Gleichgewichtslage hinaus. Diese rhythmischen Krampfbewegungen des Thieres zeigten an Zahl keine Übereinstimmung mit dem Rhythmus des athmenden Wassertrommel-Gebläses. Nachdem die künstliche Athmung unterbrochen ist, sieht man diese Zusammenziehungen noch lange Zeit, wohl bis zu einer Stunde und darüber fortgehen, dann werden sie schwächer und langsamer, bis sie ganz aufhören. Oeffnet man zur Zeit der vollen Bewegungen die Bauchhöhle, so sieht und fühlt man, wie das Zwerchfell sich mit jedem Stoss des Brustkastens mitbewegt, wie es, mit dem *Ausathmungskrampfe nach unten in die Einathmungsstellung gedrängt,* bei dem Nachlassen des Krampfes wieder hinaufsteigt. Hält man die unteren Rippen fest und so auseinander, dass weder sie, noch die Lungen auf das Zwerchfell drücken können, so hören diese Bewegungen auf; sie sind somit passiv. Von Zeit zu Zeit tritt aber neben diesen passiven Zwerchfellbewegungen, ungefähr alle $^1/_2$—1 Minute, ein wirklicher, sehr langsamer, in deutlichen Absätzen verlaufender Einathmungskrampf auf, bei welchem das Zwerchfell herabsteigt, sich abflacht und selbst nach abwärts wölbt. Während der Zeit der Erschlaffung des Zwerchfells sieht und fühlt man ganz kleine rhythmische, zitternde Bewegungen des letzteren, welche gleichzeitig verlaufen mit dem sehr kräftigen und schnellenden Schlage des kaltblütig gewordenen Herzens, an welches sich das Zwerchfell, das seinen Tonus eingebüsst hat, dicht anschmiegt. Schneidet man Stücke des Zwerchfells aus, so sieht man noch während längerer Zeit rhythmische Zuckungen seiner Muskelfasern, ganz so, wie sie schon Budge (im Jahre 1842), Valentin, Volkmann, Remak, Brown-Séquard, Vulpian, Richet und Andere beschrieben haben. Richet z. B. sah bei einem Hunde nach dem Tode spontane Muskelbewegungen, welche ungefähr 55 Minuten andauerten, während der Blutkreislauf gänzlich aufgehoben war, indem das Herz entfernt worden. «Diese bemerkenswerthen Zusammenziehungen der Muskeln», sagt Richet, «waren rhythmisch; es waren Zuckungen in den Vordergliedern und im Zwerchfell, im Zwischenraume von ungefähr 4—10 Sec. aufeinanderfolgend».

Bei den Krämpfen des Zwerchfells, der Rumpf- und Gliedermuskulatur, überwiegen die Muskeln der Ausathmung und die Strecker, wie dies bei krampfartigen Zuständen gewöhnlich ist. War nach der Durchtrennung des Nackenmarkes, unterhalb des calamus scriptorius, das Athemcentrum in der vierten Hirnhöhle nicht abgetödtet worden, so konnte man unter günstigen Bedingungen

noch nach Stunden bei solchen Thieren die stärkste Kopfdyspnoe fortbestehen sehen. Die Nasenflügel hoben und senkten sich, die Kiefer öffneten und schlossen sich mit grosser Gewalt. Die Bewegungen des Kopfes aber waren ganz unabhängig von denen des Rumpfes, sie folgten einem ganz anderen Rhythmus. Man glaubte zwei verschiedene, selbständige Thiere vor sich zu haben. Dieses Bild, welches man nach mehrstündiger künstlicher Athmung an jungen Hunden und Katzen beobachtete, denen das Nackenmark vorher abgetrennt worden, war fast immer das gleiche; nur in der Stärke, in der Zahl und in der Verbreitung, nicht im Charakter der Bewegungen, fand bei den verschiedenen Thieren ein Unterschied statt. Muskelkrämpfe und Muskelzuckungen zeugen von einem aussergewöhnlichen Grade von Erregbarkeitserhöhung, sowohl im centralen Nervensysteme, als in den peripheren Gebilden. Wodurch dies entsteht, wie weit chemische Zersetzung des Blutes, Abkühlung, Absterbungserscheinungen hier von Einfluss sind: ob alle diese Ursachen gemeinsam wirken, das vermag ich nicht zu sagen, die Frage wäre aber wohl einer Untersuchung werth. Diese Erscheinungen aber als Athembewegungen aufzufassen, sie gar die natürliche Athmung zu nennen, dazu gehört eine grosse Vorstellungskraft. Dass übrigens bei Verletzungen des Rückenmarkes nicht nur der Thiere, sondern auch der Menschen die Reflexerregbarkeit sich bis zu allgemeinen Krämpfen steigern kann, ist eine allen Pathologen wohlbekannte Thatsache. Wertheimer selbst sagt in Bezug auf die rhythmische Bewegung der Glieder ganz richtig: «die Neigung des Rückenmarkes, nachdem es durchschnitten, d. h. von den Gehirncentra abgetrennt ist, periodische Zusammenziehungen auszulösen, findet sich, selbst wenn diese Bewegungen normalerweise nicht vorhanden sind». Warum soll die Athemmuskulatur nicht denselben Gesetzen unterworfen sein?!

Dass die Athmung nach Abtrennung des Nackenmarkes unterbrochen wird, haben Langendorff und Wertheimer, wie ich erwähnt habe, als Shock-Wirkung erklärt. Es galt nun Bedingungen zu finden, welche diese Shock-Wirkung unschädlich machten, oder sie aufhoben; dann durfte die Rückenmarksathmung nach querer Durchtrennung des Halsmarkes nicht aufhören, sondern sie musste fortbestehen. Stand aber die Athmung trotzdem still, so musste man naturgemäss schliessen, dass es im Rückenmarke keine Athemcentra geben könne. Die Richtigkeit dieser Schlussfolgerung ist auch von Langendorff und Wertheimer anerkannt worden und beide haben nach dieser Richtung hin Versuche

gemacht. Wertheimer unterband die beiden Carotiden und Aa. vertebrales am Halse und gedachte so, Gehirn mit Nackenmark blutleer zu machen und seine Thätigkeit zu unterbrechen. Er erhielt, was seit Kussmaul-Tenner bekannt ist, grosse Athemnoth und allgemeine Krämpfe, an denen das Thier schnell zu Grunde ging. Auch die von Fredericq und von mir versuchte Art, das Nackenmark durch unmittelbare Erfrierung auszuschalten, gab ihm nicht die gewünschten Erfolge. Dagegen glaubte er in der hochgradigen allgemeinen Herabsetzung der Körpertemperatur der Versuchsthiere ein Mittel gefunden zu haben, die Hemmungswirkung des Trennungsschnittes auszuschalten, während Rückenmarksathmung und Reflexe nicht unter der Abkühlung litten, sondern im Gegentheil nur noch lebhafter wurden und sich sehr bald oder sogar unmittelbar nach der Operation einstellten. Es muss also, nach Wertheimer, die allgemeine Abkühlung gleichzeitig lähmen und erregen. Bei einer Blutemperatur von 18° C. sollen die Athemcentra des Rückenmarkes mit grosser Schnelligkeit und Zähigkeit arbeiten! Die Annahmen, welche Wertheimer zur Erklärung dieser Erscheinung machen muss, sind so gezwungen, dass sie allein genügen, die Unhaltbarkeit seiner Athmungslehre zu zeigen. Dieser Abkühlungsversuch beweist weder für die reizlose Ausschaltung des Nackenmarkes, noch für das Bestehen einer Rückenmarksathmung irgend etwas, doch muss ich mir versagen, hier näher darauf einzugehen. Auf die Langendorff'schen Ergebnisse nach dieser Richtung komme ich später zurück.

Tief schlafende Murmelthiere verhalten sich, wie ich schon früher einmal geschildert habe, in vieler Beziehung wie Reflex-Thiere. Kneift man den Schwanz, so bewegen sie bald diese, bald jene Hinterpfote; reizt man eine Hinterpfote, so hebt sich diejenige der anderen Seite, ebenso verhält es sich mit den Vorderpfoten. Zugleich aber wird jedesmal die Athmung verändert. Die gewöhnliche Athmung der winterschlafenden Thiere ist eine äusserst träge: jede $^1/_2$ –1 Minute sieht man einen Athemzug, der so oberflächlich ist, dass man ihn überhaupt nur bei aufmerksamer Beobachtung bemerkt. Wenn man den Schwanz und die Pfoten kneift, so kann man jedesmal einen Athemzug auslösen, oder den eben ablaufenden vertiefen. Nur darf man die Reize nicht zu schnell wiederholen, da sich sonst die Reflexe, wie bekannt, bald abstumpfen. Legt man bei diesen Thieren das Nackenmark bloss, wobei sie ruhig und tief weiter schlafen, durchtrennt dann dasselbe unterhalb des calamus scriptorius mit einem schnellen, scharfen Schnitte, so sieht man keine einzige Zuckung auftreten. Sofort hört die Athmung

unwiderruflich auf. Die Reflexe dagegen, mit Ausnahme derjenigen auf die Athmung, bestehen fort, sie werden sogar nach kurzer Zeit auffallend stark, so dass beim Kneifen der Hinterpfoten sich häufig die Bewegung auch den vorderen Gliedern mittheilt. Wie viele und wie starke Reize man aber auch anwenden mag, eine Athembewegung vermögen sie nicht mehr auszulösen. Das Herz jedoch schlägt auch ohne künstliche Athmung wohl noch länger als eine Stunde. Bei den schlafenden Murmelthieren kann daher von einem Shock nach Abtrennung des Nackenmarkes nicht die Rede sein. So müssen wir aus diesem Versuche schliessen, dass der Schnitt unterhalb des Nackenmarkes die Athmung deshalb unterbricht, weil er die Leitung zwischen Centrum und Athemmuskulatur aufhebt. Vom Rückenmarke wird die Athmung nicht beherrscht.

Einen weiteren, durchaus vollgiltigen Beweis gegen die Shock-Annahme bieten die theilweisen Rückenmarksdurchtrennungen, welche schon Schiff und Vulpian gegen Brown-Séquard mit Erfolg geltend gemacht hatten. Schiff zeigte bei Gelegenheit eines medicinischen Congresses im Jahre 1871 einen Windhund vor, bei dem es ihm, wie schon früher einmal, gelungen war, einen Seitenstrang des verlängerten Markes am unteren Rande des Hinterhauptloches zu durchschneiden, wonach die Bewegung aller vier Glieder binnen weniger Tage sich wieder herstellte. Das Thier lief behend im Zimmer umher und konnte alle Bewegungen ausführen. Die Athmung aber blieb während sechs Wochen auf eine Seite beschränkt, und als das Thier darauf durch tiefen Aetherrausch getödtet und der Bauch vor völliger Erlöschung der Athmung geöffnet wurde, konnte auch die durchaus einseitige Athembewegung des Zwerchfells nachgewiesen werden. Ferner zeigte Schiff bei Kaninchen, dass nach Durchschneidung entweder einer Hälfte des Markes, oder bloss des Seitenstranges das vorher geathmete Luftvolum in der Zeiteinheit um $^1/_3$ vermindert war.

Am 21. März 1887 eröffnete ich bei einem morphinisirten, ausgewachsenen, noch ziemlich jungen und kräftigen Hauskater die Hinterhauptsmembran unter streng antiseptischen Massnahmen und durchtrennte mit schnellem, scharfen Schnitte eines feinen Staarmessers die ganze rechte Hälfte des Halsmarkes vom Mediankanal aus vollkommen unblutig. Auf der linken Seite ging die Athmung ohne Unterbrechung weiter, *rechts stand sie still.* Die rechte Körperhälfte war vollkommen gelähmt. Nachdem die Wunde sorgsam vernäht und das Thier in seinen Käfig gebracht war, legte es sich sofort auf die rechte Seite, um den

Brustkasten auf der linken Seite frei ausdehnen zu können. Umgelegt hatte es die grösste Mühe zu athmen und wälzte sich sofort wieder auf die rechte Seite zurück. Nach 6—8 Tagen stellten sich in der gelähmten Körperhälfte Gefühl und Bewegung in geringem Grade wieder ein; die Athmung blieb unverändert. Beim Anschauen des Brustkastens fiel vom ersten Tage an die Ungleichmässigkeit der beiderseitigen Bewegungen auf. Während die linke Brustseite sich kräftig hob und ausdehnte, zog sich die rechte nach einwärts und, während die linke in Ruhelage überging, oder, wie dies häufig geschah, in thätige Ausathmung, kehrte die rechte Seite wieder in die ursprüngliche Gleichgewichtslage zurück. Niemals beobachtete ich auf der gelähmten Seite eine thätige Ein- oder Ausathmung. Am Bauche war die Ungleichmässigkeit der Bewegungen beider Seiten wegen der gefüllten Därme, welche die Bauchdecken auf beiden Seiten in gleicher Spannung hielten, nicht zu bemerken. Die Ungleichmässigkeit der Bewegungen am Brustkasten blieb die ganze Beobachtungszeit hindurch unverändert bestehen und konnte aufgeschrieben werden: mittels zwei an einem gebogenen Stahlbügel befestigten, gleich grossen Marey'schen Luftkapseln, welche die Bewegungen mittels gleich langer und gleich weiter Gummischläuche auf Schreibkapseln übertrugen. Es war schwierig, die Aufnahme-Kapseln auf gleichnamigen Stellen des Brustkastens unbeweglich zu befestigen, ohne dass sie letzteren dabei drückten, sie verschoben sich leicht und dann schrieben die Federn nicht mehr von derselben Ordinate aus. Während nun die Schreibfeder der linken Seite eine Einathmung aufzeichnete, schrieb die der rechten Seite eine Ausathmung auf und umgekehrt. Links schoben sich zuweilen noch kleine Einathmungen (willkürliche) dazwischen, welchen rechts keine Bewegung des Brustkorbes entsprach. Zehn Tage nach der Operation wurde dem sonst wieder munteren Kater die Wunde geöffnet. Nur dicht unter der Haut war ein wenig Eiter zurückgeblieben. Muskeln und Bindegewebe waren schon so fest verwachsen, dass sie mit dem Messer getrennt werden mussten. Als der obere Theil des Halsmarkes frei gelegt war, sah man die feine linienförmige Narbe auf der rechten Seite sehr deutlich. Die Rückenmarksmasse sah an dieser Stelle wie eingeschnürt aus. Ich durchtrennte nun in gleicher Weise wie das erste Mal, ein bis zwei Linien oberhalb des vorigen Schnittes, die linke Hälfte des Halsmarkes, wiederum, ohne dass ein Tropfen Blut floss. Sofort stand die Athmung auf beiden Seiten des Körpers still, während die Kopfathmung sich mit starker Athemnoth einstellte. Es musste sehr bald künstliche Athmung

eingeleitet werden, doch zeigte sich im Verlaufe der ersten Stunde keine Spur einer Athembewegung des Rumpfes. Das blosgelegte Zwerchfell war ganz bewegungslos. Der Kopf aber athmete so lange weiter, bis das Athemcentrum am Boden der vierten Hirnhöhle zerstört worden, dann hörte auch die Kopfathmung auf.

Dieser Versuch scheint mir für den Sitz des Athemcentrum in dem Nackenmarke unwiderleglich zu sprechen. Zehn Tage nach der ersten Operation, während sich Gefühl und Bewegung auf der verletzten Körperseite theilweise wieder hergestellt hatten, konnte von einer Shock-Wirkung nicht mehr die Rede sein. Trotzdem kehrte die Athmung auf der rechten Seite nicht wieder und als nun die linke Seite ebenfalls durchtrennt worden und dennoch die rechte ruhig geblieben, war an eine Rückenmarksathmung nicht mehr zu denken. Der Einwurf, dass die zweite Abtrennung eine doppelseitige Hemmung verursacht und somit die vielleicht doch noch vorhandenen, nur äusserlich nicht sichtbaren Rückenmarksathmungen unterbrochen hätte, ist unmöglich, nachdem der erste Halbschnitt ohne Shock geblieben. Langendorff selbst gibt zu, dass, je geübter man ist, desto seltener länger dauernde doppelseitige Athmungsstillstände nach einseitiger Durchtrennung des Halsmarkes statthaben, und Wertheimer hat aus seinen Versuchen geradezu geschlossen, dass, wenn nach unvollkommener Durchtrennung des Rückenmarkes selbständige Athmung wieder auftritt, dieselbe nicht aufgehoben wird, wenn man den Schnitt vervollständigt. Zur Vorsorge war ich mit dem zweiten Schnitte ein wenig höher hinaufgegangen, um ja jede Zerrung und Quetschung zu vermeiden. Die zweite Operation verlief ebenso glatt wie die erste, nach welcher ein doppelseitiger Athmungsstillstand nicht eingetreten war. Also auch dieser Versuch, wie derjenige von Schiff, lehrte überzeugend, dass die Athmung nach Abtrennung des Nackenmarkes nicht deshalb unterbrochen wird, weil dieser Schnitt hemmend und lähmend auf die Thätigkeit der Rückenmarkscentra wirkt, sondern weil durch denselben die Verbindung des Athemcentrum in der vierten Hirnhöhle mit den auslaufenden Bahnen zu den Ganglien der Athemmuskelnerven getrennt worden ist. — Als ich denselben Kater nun nach dem Vorgange Wertheimers mehrere Stunden lang künstlich hatte athmen lassen, verhielt er sich durchaus so, wie alle diese Thiere und wie ich es Ihnen vorhin geschildert habe. Bemerkenswerth ist, dass jetzt beide Seiten: sowohl die seit 10 Tagen gelähmte, als die zuletzt abgetödtete sich in ganz gleicher Weise bewegten. Es ist demnach wohl unzweifelhaft,

dass die von Wertheimer sogenannten Rückenmarksathmungen weiter nichts als postmortale Erregungsfolgen sind und nicht der Ausdruck lebendiger physiologischer Vorgänge.

Aber auch Langendorff hat halbseitige Durchtrennungen des Halsmarkes unternommen und kommt auf Grund derselben zu einem dem meinen entgegengesetzten Urtheile. Er sah bei Kaninchen nach einigen Stunden auf der verletzten Seite «spärliche, aber unzweifelhafte Athembewegungen» sich einstellen. Das ist das Einzige, was wir über die Art derselben erfahren und was so ganz verschieden von dem lautet, was uns Wertheimer über die Rückenmarksathmung berichtet. Kaninchen sind ausserdem, ihrer eigenthümlichen Athemweise wegen, zu diesen Versuchen recht ungeeignet, und Langendorff hat denn auch, um sich vor Täuschungen durch Mitbewegung der gesunden Seite zu bewahren, nicht allein den Zwerchfellnerv der sicher athmenden Seite, sondern auch den Brustkasten theilweise, und zwar vorn und hinten, reseciren müssen. Aber auch dann ist der Entscheid nicht sicher. Den einzigen sichern Beweis für die Fortdauer der Athmung nach halbseitiger Markdurchtrennung, der auch so viel einfacher gewesen wäre, nämlich: später die andere Hälfte durchzuschneiden, hat Langendorff nicht geführt.

Die Ihnen hier geschilderten Versuche, in Gemeinschaft mit meinen frühern Untersuchungen, genügen, glaube ich, die Unhaltbarkeit der Lehre von der Rückenmarksathmung darzuthun. So dürfen wir getrost zur Lehre Galen's zurückkehren und anerkennen, dass die Athmung lediglich vom Gehirn abhängig sei. Die Regierung der Athmung wird ihren klassischen Sitz behalten.