© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mit 0,0036—0,005 mm. langen, sehr feinen und auch wol zusammengeklebten Cilien versehen sei. Mitunter erstrecke sich das Flimmer-Epithel auf einen Teil der konkaven Innenfläche der Kapsel des Glomerulus, wie es vom Frosch bekannt ist (vergl. des Ref. Allgemeine Anat. S. 246).

W. Krause (Göttingen).

Altes und Neues über Atembewegungen.

Von

J. Rosenthal.

(Fortsetzung.)

Die Frage, wo die Centralorgane gelegen seien, von denen die Erregungen der Atembewegungen ausgehen, ist sozusagen mehr eine anatomische als eine physiologische. Möglicherweise gibt es gar kein engbegrenztes Atemcentrum im Sinne von Le Gallois und Flourens. Für die Physiologie wäre das ganz gleichgiltig. Denn ob die betreffenden Organe nahe zusammen an einem beschränkten Orte des Körpers liegen, oder zerstreut über einen größeren oder kleineren Teil des Nervensystems — physiologisch bilden sie jedenfalls eine Einheit; sie werden gemeinsam in Tätigkeit versetzt, und es fragt sich nun, welche Einflüsse diese Tätigkeit bewirken.

Nach der Auffassung von Joh. Müller wäre diese, während des ganzen Lebens stetig stattfindende Tätigkeit der betreffenden Nervenzellen als eine immanente Eigenschaft derselben anzusehen, weshalb er sie als „automatische" von andern, nicht in derselben Weise immer tätigen Nervenapparaten unterschied. Nach andern Physiologen aber, unter denen besonders Marshall Hall und Volkmann zu nennen sind, haben wir die Atembewegungen als reflectorische aufzufassen, indem irgendwo im Körper sensible Nerven gereizt und diese Erregungen auf die Atemnerven übertragen werden.

Ich habe an andern Orten (Die Atembewegungen und ihre Beziehungen zum N. vagus, Berlin 1862. Studien über Atembewegungen. 2ter Artikel, Arch. f. Anatomie und Physiol. 1865) den Nachweis geführt, dass die reflectorische Ursache der Atembewegungen nicht erwiesen, ja sogar im hohen Grade unwahrscheinlich sei. Wenn wir also auch anzunehmen haben, dass die Erregung des Atemcentrums in diesem selbständig entsteht, so folgt daraus doch nicht, dass wir uns bei der Müller'schen Auffassung beruhigen müssen. Wir können vielmehr sehr wol die Frage aufwerfen, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit die Nervenelemente des Atemcentrums in Tätigkeit geraten, und wir können diese Frage sehr bestimmt beantworten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Joh. Müller ging von der Voraussetzung aus, dass jene Nervenelemente, abweichend von andern, z. B. denen, welche die willkürlichen Bewegungen veranlassen, während des ganzen Lebens immer und unter allen Umständen tätig seien. Dem gegenüber machte ich darauf aufmerksam, dass es einen Zustand gebe, wo jene Elemente im Zustand der Ruhe verharren, obgleich sie schon die Fähigkeit haben, in Tätigkeit treten zu können. Ein menschlicher Fötus wird normaler Weise am Ende der 40ten Schwangerschaftswoche geboren; er kann aber ausnahmsweise in der 38ten, 36ten, 32ten Woche und früher geboren werden. Unmittelbar nach der Geburt beginnen die Atembewegungen. Nehmen wir nun ein Kind, welches in der 36ten Woche geboren wird. Wären die ganz zufälligen Umstände nicht eingetreten, welche die vorzeitige Geburt veranlasst haben, so würde das Atemcentrum noch 4 Wochen lang untätig geblieben sein, trotzdem es doch, wie die Tatsache der Atmung nach der Geburt lehrt, schon vollkommen befähigt zu dieser Tätigkeit ist. In andern Fällen wieder verzögert sich die Geburt über die 40te Schwangerschaftswoche hinaus. Wenn das Kind nicht unterdessen abstirbt, so beginnen die Atembewegungen dennoch erst nach der Geburt; so lange es im Uterus bleibt, bleibt auch das Atemcentrum untätig.

Demgemäß spitzt sich die Frage, welche Umstände die Atembewegungen überhaupt veranlassen, zu der andern Frage zu, wodurch der erste Atemzug nach der Geburt herbeigeführt wird.

Auf diese Frage sind mancherlei Antworten gegeben worden. Die Abkühlung der Haut, der Reiz der Luft und andre ähnliche Umstände sollten eine Reizung sensibler Nerven bewirken und damit reflectorisch die Atembewegungen auslösen. Aber alles dies hält nicht Stich. Man hat Kinder in den unverletzten Eihüllen geboren werden sehen, und sie fingen innerhalb derselben an zu atmen. Man hat kreißende Säugetiere mit dem Unterleib in Wasser getaucht, welches auf Körperwärme erhalten wurde, und die in das warme Wasser gebornen Jungen fingen in demselben an zu atmen. Kurz, der Akt der Geburt allein, ohne jene Nebenumstände, genügt, die Atembewegungen einzuleiten.

Nun besteht ein durchgreifender Unterschied zwischen dem gebornen Tier und dem noch nicht gebornen im Uterus. Im letzteren existirt der Placentarkreislauf. Durch diesen kommt das Blut des Foetus fortwährend in Berührung mit dem mütterlichen Blut, und es muss ein Gasaustausch zwischen beiden stattfinden, so lange ein Unterschied in der Spannung der Gase beider Blutarten besteht. Da nun die Mutter durch ihre Atmung fortwährend Sauerstoff aufnimmt, so muss Sauerstoff aus dem mütterlichen Blut in das foetale übertreten, sobald das letztere ärmer daran ist als jenes.

Mit andern Worten, die Placenta ist einer Kieme zu vergleichen. Wie ein Fisch durch seine Kiemen Sauerstoff aus dem Wasser auf-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nimmt und Kohlensäure an dasselbe abgibt, so nimmt der Fötus Sauerstoff aus dem mütterlichen Blut auf und gibt Kohlensäure an dasselbe ab. So lange die Mutter atmet, wird durch diesen Akt der verbrauchte Sauerstoff immer wieder ersetzt, die abgegebne Kohlensäure nach außen entleert. Mithin kann eine fortwährende Strömung von Sauerstoff aus dem Blut der Mutter in das des Kindes und umgekehrt eine Strömung von Kohlensäure aus dem Blut des Kindes in das der Mutter stattfinden.

Dieser Gasstrom muss aber sofort eine Störung erleiden, sobald aus irgend einem Grunde der Placentarkreislauf unterbrochen oder geschwächt wird. Und gerade dies findet bei der Geburt statt. Wenn das Kind geboren wird, verkleinert sich der Uterus, die Gefäßgebiete der Placenta verengern sich, der Gasaustausch zwischen Mutter und Kind wird geringer. Demgemäß muss sich der Sauerstoffgehalt des kindlichen Bluts vermindern, sein Kohlensäuregehalt erhöhen. Wenn diese Veränderungen im Blutgehalt des Kindes einen gewissen Betrag erreicht haben, beginnt die Atmung.

Meine Erklärung für den ersten Atemzug des Neugebornen war also die, dass er bedingt sei durch eine gewisse Veränderung im Gasgehalt des Bluts, welche bei der Geburt notwendig eintreten muss.

Für diese Auffassung konnte ich eine ganze Reihe von Beobachtungen anführen. Zunächst die Fälle von Atembewegungen innerhalb des Uterus, welche besonders von Schwartz (Die vorzeitigen Atembewegungen. Ein Beitrag zur Lehre von den Einwirkungen des Geburtsaktes auf die Frucht. Leipzig 1858) gesammelt und klar gesichtet waren. Schwartz zeigte, dass Compression der Nabelschnur, Ablösung der Placenta, Tod der Mutter, kurz alle Umstände, welche den Placentarkreislauf in ähnlicher Weise verändern oder unterbrechen, wie der Geburtsact, in gleicher Weise die Atmung des Kindes einleiten. Zweitens machte ich darauf aufmerksam, dass alle Aenderungen im Gasgehalte des Blutes während des ganzen Lebens in ähnlicher Weise auf die Atembewegungen einwirken, indem Verminderung des normalen Gasaustauschs in den Lungen die Atembewegungen verstärkt, Vermehrung desselben sie vermindert. Drittens endlich zeigte ich, dass auch beim Erwachsenen die Atmung ganz aufgehoben werden kann, wenn man dem Blut Sauerstoff in hinlänglicher Menge zuführt.

Aus alle dem zog ich den Schluss, dass die nervösen Elemente des Atmungscentrums nicht ohne Weiteres vermöge ihrer Struktur immer tätig sein müssen, sondern dass diese Tätigkeit nur eintritt, wenn das Blut eine gewisse Beschaffenheit hat. Ueber diese Beschaffenheit konnte vor der Hand nur so viel saugesagt werden, dass das Blut nicht mit Sauerstoff gesättigt sein dürfe.

Dieser letztere Punkt hat eine besondere Streitfrage abgegeben, welche wir hier nur kurz erwähnen wollen. Bei den meisten Ein-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wirkungen, welche die Stärke der Atembewegungen verändern, wird gleichzeitig der Sauerstoffgehalt und der Kohlensäuregehalt des Bluts verändert. Verbindet man z. B. die Luftröhre eines Tiers mit einem Blasebalg und ventilirt die Lungen in ausgiebigem Maße, so kann man es dahin bringen, dass alle Atembewegungen aufhören. (Für diesen Zustand, welcher also dem des normalen Fötus entsprechen würde, habe ich den Namen Apnoe eingeführt). Dabei wird aber offenbar das Blut gleichzeitig sauerstoffreicher und kohlensäureärmer. Was ist nun die Ursache der Apnoe? Die Abnahme der Kohlensäure oder die Zunahme des Sauerstoffs? Ich nahm das letztere an und drückte mich demgemäß dahin aus, dass nicht vollkommen mit Sauerstoff gesättigtes Blut einen Reiz für die Ganglien des Atmungscentrums abgebe, sauerstoffgesättigtes Blut dagegen sie nicht errege. Diese Ausdrucksweise ist allerdings nicht exact und hat zu mancherlei Missverständnissen Anlass gegeben. Ich will jedoch hier noch nicht auf diese Seite der Frage eingehen, sondern zunächst nur untersuchen, in welcher Weise die Beschaffenheit des Bluts von Einfluss auf das Verhalten des Atemcentrums sein kann.

Dieser Einfluss kann nämlich offenbar ein unmittelbarer oder ein reflectorischer sein. Entweder wirkt das Blut auf diejenigen centralen Elemente, von denen die Erregung der Atemnerven und Muskeln ausgeht, oder es wirkt auf sensible Nerven und die von diesen zu den centralen Elementen hingeleitete Erregung wird auf die motorischen Nerven übertragen.

Für letztere Auffassung lässt sich vieles anführen. Sensible Nerven haben nachweislich großen Einfluss auf die Atembewegungen. Ob sie aber zum Zustandekommen derselben notwendig sind, ob, wie sich Volkmann ausdrückte, die Atembewegungen die Folge des Atembedürfnisses des ganzen Körpers seien, das ist doch noch fraglich. Sorgfältige Erwägung aller Umstände führte mich zu der Ueberzeugung, dass dem nicht so sei, dass es lediglich auf die Beschaffenheit des Bluts ankomme, welches in den Gefäßen des Gehirns enthalten ist, speciell in denen der Medulla oblongata als dem eigentlichen Sitz des Atmungscentrums, nach der damals noch unerschütterten und auch heute noch brauchbaren Annahme. Macht man ein Tier durch reichliche Lufteinblasungen in die Lunge apnoisch und verschliesst dann die zum Kopf gehenden Arterien, so beginnen die Atembewegungen nach kurzer Zeit, um wieder zu verschwinden, wenn man den Blutstrom in den Kopfgefäßen wieder freigibt. Hier hat sich im ganzen übrigen Körper nichts geändert, nur in den Kopfgefäßen ist die fortwährende Erneuerung des Bluts verhindert gewesen, damit aber zugleich die reichliche Zufuhr von Sauerstoff zu den nervösen Gebilden. Es lässt sich nun ferner nachweisen, dass die Unterbrechung des Blutstroms in den äußeren Teilen des Kopfes gar keinen Einfluss auf die Atembewegungen hat. Endlich kann man die Medulla oblongata soviel

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

als möglich von allen ihr von außen Reize zuführenden sensiblen Nerven abtrennen und dennoch dauern die Atembewegungen fort und sind noch in ihrer Stärke bestimmt durch den größeren oder geringeren Sauerstoffgehalt wie am unversehrten Tier. (Rosenthal, Studien über Atembewegungen, zweiter Artikel. Arch. f. Anat. und Physiol. 1865).

Der eben erwähnte Versuch knüpfte an die Versuche über die Ursache der Verblutungskrämpfe von Kussmaul und Tenner an. Diese Forscher hatten gezeigt, dass man gerade so wie bei Verblutung auch nach Verschluss der Kopfarterien allgemeine Krämpfe erhält. Ich habe nun darauf hingewiesen, dass diese Krämpfe auch identisch seien mit denen, welche bei Erstickung eintreten. In der Medulla oblongata gibt es ein sogenanntes „Krampfcentrum" d. h. eine Stelle, deren mechanische oder elektrische Erregung allgemeine, über den ganzen Körper verbreitete Krämpfe bewirkt. Dieses selbe Centrum gerät aber auch in Tätigkeit, wenn ein Tier verblutet, oder wenn es erstickt oder wenn man die Kopfarterien verschließt. Was ist nun das Gemeinsame an diesen drei Vorgängen? Dass kein Blut oder doch sehr sauerstoffarmes zu den Nervenelementen gelangt. Gerade so aber verhält sich auch unser Atemcentrum; es verharrt in Ruhe, wenn das die Nervenelemente umspülende Blut sauerstoffreich ist und seine Tätigkeit wird eine sehr stürmische, wenn das Blut sehr sauerstoffarm wird. Der einzige Unterschied ist der, dass das Atemcentrum schon bei sehr geringen Graden des Sauerstoffmangels im Blut in Wirksamkeit tritt, das Krampfcentrum erst bei höheren Graden. Wir können dies kurz so ausdrücken, dass wir sagen, das Atemcentrum sei leichter erregbar als das Krampfcentrum. Aber ein principieller Unterschied liegt darin nicht, nur ein gradueller.

Ganz in gleicher Weise verhalten sich aber auch andre „Nervencentra", welche von den Physiologen zu den „automatischen" gerechnet werden. Wo im tierischen Organismus auf die Durchschneidung eines Nerven das Aufhören einer Wirkung folgt, da schließen wir, dass dieser Nerv an seinem Ursprung eine Erregung empfangen habe; die Stelle, wo diese Erregung entsteht, nennen wir das Centrum des Nerven, und wenn diese Erregung ohne von außen einwirkende Ursachen stattfindet, so bezeichnen wir das Centrum als automatisches. Wie es uns aber gelungen ist, für das eine dieser Centren, das der Atembewegungen, die Erregungsbedingungen im Blute nachzuweisen, so auch für die andern. Mit der Veränderung des Gasgehalts im Blut, welche die Atembewegungen verstärkt, wächst auch die Erregung des Centrums der Gefäßnerven, des Centrums, von welchem die früher schon erwähnte Hemmung der Herzbewegungen ausgeht, des Centrums der pupillenerweiternden Fasern, der im Darm gelegenen Centren der peristaltischen Bewegungen dieses Organs. Kurz, es scheint eine allgemeine Eigentümlichkeit einer ganzen Gruppe von Ner-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

venelementen zu sein, dass ihre Erregung von der Beschaffenheit des Bluts abhängt, welches sie umspült.

Ueber die Art, wie diese Wirkung des Bluts zu Stande kommt, lassen sich nur Vermutungen aufstellen. In jenen Nervenelementen gehen jedenfalls fortwährend chemische Processe vor, welche offenbar anders verlaufen müssen, wenn ein reichlicher Strom von Sauerstoff aus den Capillaren in die Gewebe wandert, als wenn dies nicht der Fall ist. Im letztern Falle nun, das müssen wir als den Ausdruck der Tatsachen schließen, kommt die Erregung in jenen Nervenelementen zu Stande. Weitere Hypothesen über den Vorgang zu ersinnen, würde bei der unvollkommnen Kenntniss der Nervenvorgänge ohne wissenschaftlichen Wert sein.

Dadurch erledigt sich auch die scheinbare Schwierigkeit, welche einige Physiologen darin haben finden wollen, dass der Mangel an Sauerstoff, also etwas Negatives, die Ursache der Erregung jener Nervenelemente abgeben sollte. Diese Schwierigkeit liegt wol nur in dem nicht ganz klaren Ausdruck, welchen ich in meinen ersten Arbeiten über diesen Gegenstand gebraucht hatte, der Mangel an Sauerstoff wirke als Reiz auf die Nervenelemente. Gibt man aber dem Ausdruck die eben mitgeteilte Fassung, so liegt in demselben, wie ich schon mehrfach hervorgehoben habe, gar keine Schwierigkeit, sondern er ist eben nur ein kurzer und hinreichend genauer Ausdruck der Tatsachen. Es ist deshalb auch unnötig, im Blute nach Stoffen zu suchen, welche diese Reizung bewirken sollen. Allerdings kommen im Blut leicht oxydable Stoffe vor, und diese könnten sich in demselben anhäufen, wenn dem Blute wenig oder gar kein Sauerstoff zugeführt wird. Aber solche leicht oxydable Stoffe kommen noch viel mehr in allen andern Geweben vor; sie entstehen hier fortwährend aus den Gewebsbestandteilen (Eiweißkörper u. s. w.) bei deren Zerfall, und sie oxydiren sich mit dem aus dem Blute durch Diffusion ausgewanderten, in die Gewebe eingedrungenen Sauerstoff. Wenn derartiger Zerfall und Oxydation auch in den Elementen der Nervencentra stattfinden (und ich sehe keinen Grund, daran zu zweifeln), so wird der Ablauf dieser chemischen Processe in den Nervencentren eben mit Tätigkeit derselben verknüpft sein können.

Die Versuche mit Verschluss der Kopfgefäße sind nun auch geeignet, die Tatsache zu erklären, dass am abgeschnittenen Kopfe Atembewegungen, wie Aufsperren des Mauls u. s. w. auftreten. Dies ist selbstverständlich nur der Fall, wenn die Medulla oblongata in unversehrtem Zusammenhang mit dem Kopfe abgetrennt wird, wenn also die Enthauptung hinter dem ersten Halswirbel etwa erfolgt. Da jetzt die Gefäße der Medulla oblongata kein Blut mehr empfangen, so muss sich in den Nervenelementen dasselbe ereignen, wie bei der Unterbindung der Kopfarterien, der Verblutung oder Erstickung. Die Erregung wächst in ihnen an, bis sie stark genug ist, die Muskeln der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nase, des Mauls u. s. w., welche bei stärkerer Atmung stets in Tätigkeit treten, zu erregen; und diese kommen nun allein zur Beobachtung, weil eben das Atemcentrum nur noch mit ihnen in Verbindung steht.

Der Grad der Tätigkeit, welche das Nervencentrum entfaltet, ist also eine umgekehrte Funktion des Sauerstoffgehalts des Bluts. Bei vollständiger Sättigung desselben ist sie Null, welchen Zustand wir als Apnoe bezeichnet haben; bei dem mittleren Sauerstoffgehalt des Bluts, wie er während des Lebens zu bestehen pflegt, geht die Atmung mit mäßiger Kraft vor sich, wofür ich den Namen Eupnoe vorgeschlagen habe. Ist aus irgend einem Grunde der Sauerstoffgehalt des Bluts geringer, so tritt verstärkte Atmung ein; das ist der Zustand, welchen die Kliniker Dyspnoe nennen. In sehr vielen Fällen wird diese verstärkte Atmung nun dem Blut so viel Sauerstoff zuführen können, dass sich ein Gleichgewichtszustand herstellt, und die Dyspnoe kann dann sehr lange andauern. In andern Fällen aber wird trotz der vermehrten Anstrengung der Atemmuskeln der Sauerstoffgehalt des Bluts weiter sinken. Dies wird z. B. immer der Fall sein müssen, wenn überhaupt kein Sauerstoff mehr zum Blut gelangen kann, z. B. bei vollkommnem Verschluss der Luftwege. Dann werden die Atembewegungen immer heftiger und schließlich gesellen sich zu ihnen die allgemeinen Krämpfe, von denen oben die Rede war. Aber nach einiger Zeit erlöschen diese Bewegungen. Denn Nerven und Muskeln bedürfen zu ihrer Tätigkeit immer einer gewissen, wenn auch geringen Sauerstoffmenge; wenn diese fehlt, so erlischt, wie man zu sagen pflegt, ihre Erregbarkeit.

Man kann diesen letzteren Zustand am schnellsten herstellen, wenn man das Blut aus den Gefäßen des Gehirns durch eine sauerstoffarme Flüssigkeit, z. B. verdünnte Kochsalzlösung verdrängt. Der Tod tritt dann blitzschnell ein; und die Erscheinungen der Dyspnoe u. s. w. können sich gar nicht ausbilden (vgl. meine Studien über Atembewegungen. 3. Artikel. Arch. f. Anat. und Physiol. 1870).

Ich habe bei meinen bisherigen Erörterungen den Einfluss sensibler Nerven auf die Atembewegungen nicht berücksichtigt, und nur flüchtig erwähnt, dass man dieselben nicht als die eigentliche Ursache der Atembewegungen ansehen könne, weil diese auch fortdauern unter Umständen, wo von einer Zufuhr sensibler Erregungen zum Atemcentrum keine Rede sein kann. Doch haben immer wieder einzelne Forscher die Bedeutung solcher sensibler Erregungen, namentlich auch für die Entstehung des ersten Atemzuges, betont. Ich will deshalb in einem dritten Artikel eine Uebersicht alles dessen geben, was wir über den Einfluss sensibler Nerven auf die Atembewegungen wissen.

(Schluss folgt.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1881-1882

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Rosenthal

Artikel/Article: Altes und Neues ber Atembewegungen 115-121