

Sinnesorganen. Unzweifelhaft gibt es bei ihnen spezialisierte Sinneszellen, aber ihre strenge Lokalisierung auf bestimmte Organe dürfte (von den „höchsten“ Sinnen vielleicht abgesehen) die Ausnahme sein.

Ist die Kohlensäure Ursache der Erregung des Atemzentrums?

Von Dr. Ferdinand Röder.

Die Frage, ob Sauerstoffmangel oder die Kohlensäure die Atembewegungen verursacht, ist trotz zahlloser zum Zwecke ihrer Beantwortung unternommener Arbeiten immer noch strittig. Diese Darstellung versucht zu zeigen, dass die Annahme, derzufolge die Kohlensäure oder die Anhäufung von Kohlensäure die Tätigkeit des Atemzentrums bewirkt, Voraussetzungen enthält, die mit gewissen allgemeinen Erfahrungssätzen unvereinbar sind, und dass sie daher als irrig bezeichnet werden muss.

Es ist eine feststehende Tatsache, dass das Blut der Venen stets reicher an Kohlensäure ist als das entsprechende Arterienblut und dass die Kohlensäure aus den Geweben in das Blut wandert. Und es ist ein Grundsatz der Naturwissenschaft, an den wir durch unsere sinnliche Erfahrung gebunden sind, dass ein Körper nur dort wirken kann, wo er sich befindet. Die Annahme einer erregenden Wirkung der normalerweise im Blut vorhandenen Kohlensäure hätte daher zur Voraussetzung, dass im Gebiete des Atemzentrums die Kohlensäure aus den Kapillaren durch die Kapillarwand in die Nervensubstanz des Atemzentrums eintritt, dass also die Kohlensäure aus dem Blut in das Gewebe wandert, was zu einer stetig sich steigernden Aufstapelung von Kohlensäure in diesem Gewebe führen müsste. Es ist ausgeschlossen, dass der Kohlensäurestrom unter natürlichen Verhältnissen, d. i. bei normaler Zusammensetzung der Einatemungsluft und physiologischem Zustand des Organismus in umgekehrter Richtung fließe. Daher kann die Kohlensäure des Blutes nicht in die Ganglien des Atemzentrums gelangen und daher dort auch keine Wirkungen entfalten.

Dass der normale Kohlensäuregehalt des Blutes die *Medulla oblongata* erregt, ist von Pflüger und in neuerer Zeit besonders von Mosso behauptet worden. Diese Anschauung war nur eine Konsequenz jener, dass Kohlensäureüberschuss erregend auf das Atemzentrum wirke. Letztere Annahme wurzelt in der durch Versuche festgestellten Tatsache, dass Kohlensäureüberschuss der Einatemungsluft bzw. des Blutes bei unverändertem oder selbst gesteigertem Sauerstoffgehalt der Einatemungsluft bzw. des Blutes die Atembewegungen verstärkt. Auf eben dieser Tatsache fußend erkennt die

Mehrzahl der Physiologen nur den Überschuss an Kohlensäure als Atemreiz an und bedient sich zur Erklärung der normalen Erregung der Vorstellung, dass in jeder Atempause durch Stauung in den Zellen des Atemzentrums eine wenn auch geringfügige Anhäufung von Kohlensäure entstehe, die periodisch die Erregung erzeuge. Die Annahme, dass Kohlensäureanhäufung Ursache der Erregung sei, schließt aber, da chemische Wirkung nur durch Verbindung freier chemischer Energien begriffen werden kann, die Behauptung in sich, dass die Kohlensäure und zwar gerade nur die überschüssige eine chemische Verbindung eingehe, wobei die für die Wirkung, die Erregung im Atemzentrum, erforderliche Energie durch den Übergang der sich verbindenden Substanzen zu größerer Stabilität gewonnen würde. Die Unhaltbarkeit der Voraussetzungen macht auch diese Annahme hinfällig. Auch im Überschuss kann die Kohlensäure nicht Ursache der Erregung sein.

Die vorgetragene Ansicht fordert den Einwand heraus, dass die früher bezeichneten Versuche, bei denen eine Einatmung kohlenstoff- und sauerstoffreicher Gasgemische stattfindet, doch beweisend dafür seien, dass in diesen Fällen die Kohlensäure die Ursache der Erregung des Atemzentrums sein müsse. Der Beweis reicht jedoch nur gerade so weit wie die Tatsachen. Bewiesen ist bloß, dass in der Atemluft und im Blut der Sauerstoffgehalt unverändert oder gesteigert ist und der Kohlensäuregehalt vermehrt ist; daraus folgt noch nicht, dass in den Nervenzellen des Atemzentrums dieselben Verhältnisse vorliegen und dass daher, da Sauerstoffmangel ausgeschlossen sei, die Kohlensäure die Erregung bewirken müsse.

Es kann sein, dass die überschüssige Kohlensäure des Blutes die Oberflächenspannung und mit ihr die Durchlässigkeit der Zellen ändert, ebenso dass sie im Innern der Zellen das Aufnahmevermögen der Lipoide für den Sauerstoff herabsetzt, wodurch die Menge des in die Nervensubstanz des Atemzentrums eintretenden freien Sauerstoffs mehr oder minder verringert wird. Dies würde es erklären, dass eine Verminderung der Kohlensäurespannung in den Alveolen keinen Einfluss auf die Atmung hat, eine Vermehrung erregend wirkt, Einatmung reiner Kohlensäure aber wegen der durch sie erzeugten völligen Sauerstoffnot der Zellen gleich lähmend wirkt, während Änderungen des Sauerstoffgehaltes der Atemluft gerade nur in dem Maße wirksam sind, als sie die Sauerstoffversorgung der Zellen beeinträchtigen. Die Unterschiede der Wirkung veränderter Atemluft je nach Variation des Kohlensäure- oder Sauerstoffgehaltes wären demnach von einem Gesichtspunkt, aus der Beeinflussung der innern Sauerstoffatmung des Atemzentrums zu erfassen. Aber auch auf andere, derzeit unbekannte Weise könnte der Kohlensäureüberschuss zu Sauerstoffmangel führen, so dass tatsächlich dieser

und nicht jener als Ursache der veränderten Atmung in diesen Fällen fungierte. Für die Entscheidung der hier vorliegenden Frage, ob die Erregung in diesen Versuchen unbedingt der Kohlensäure zugeschrieben werden müsse, ist die Verfolgung dieser Möglichkeiten und die Ansicht, die man über sie hegen mag, ohne Belang. Hier handelt es sich bloß darum, dass aus dem Zustand eines Systems nicht auf den eines angrenzenden, wesentlich von ihm verschiedenen geschlossen werden kann, da in diesem neue Faktoren vorhanden sind und wirksam sein könnten.

Auch der Nachweis, dass Stillstand der Atembewegungen und Kohlensäureverarmung des Blutes zusammenbestehen, ist, wenngleich er sehr geeignet ist, die auf anderem Wege gewonnene Überzeugung, dass Kohlensäureüberschuss die Atembewegungen verursache, zu festigen, an sich nicht imstande die Wahrheit dieses Satzes zu erweisen, da jene Koexistenz — ganz abgesehen davon, dass Apnoe auch bei hochgradiger Venosität des Blutes bestehen kann, dass andererseits Kohlensäureverarmung des Blutes, die ja nur die Differenz zwischen Kohlensäurebildung und -ausscheidung darstellt, auch ohne Apnoe sich vorfindet, nämlich gerade bei deren Gegenteil, bei der Arbeitsdyspnoe — ebensowohl zu dem Schluss berechtigt, dass die Kohlensäureverarmung Ursache wie dass sie Folge der Apnoe sei, bezw. dass beide einer und derselben bisher nicht entdeckten Ursache entspringen.

Es ist daher zweifellos, dass ein zwingender Beweis dafür, dass die Kohlensäure eine unmittelbare Ursache der Erregung sein müsse, nicht erbracht worden ist. Dass sie es nicht sein kann, ist aus dem früher Gesagten hervorgegangen.

Welche Umstände sind diesem Ergebnis hinderlich, welche sind ihm förderlich gewesen?

Die grundlegenden Versuche über die Ursache der Atembewegungen wurden zu einer Zeit unternommen, in der in den anorganischen Wissenschaften die Klärung ihres Grundbegriffs, der Ursache oder der Kraft, durch Robert Mayer, Helmholtz und andere eben durchgeführt worden war. Dieser Begriff, der dann in der geläuterten Form den Namen Energie erhalten hat, war aber damals noch nicht zu allgemeiner Verbreitung und Anerkennung im eigenen, geschweige denn im fremden Gebiete gelangt. Als Typus der Kräfte galt, wie heute noch in unserer Schulzeit und infolge der Zähigkeit der Kindheitserinnerungen oft auch später, die Schwerkraft, also „eine Ursache, welche, ohne selbst abzunehmen, Wirkung hervorbringt“¹⁾. Jene ausgezeichneten Männer, denen wir die ersten Versuche über die Wirkung der Kohlensäure auf die Atmung verdanken, konnten

1) Robert Mayer. Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur. (Annalen der Chemie und Pharmacie 1842.)

daher bei der Geläufigkeit dieser Vorstellung, die ihnen noch in besonders durch den naheliegenden Vergleich der Atembewegungen mit der Pendelbewegung vorschweben musste, keine Schwierigkeit darin finden, die Kohlensäure als Ursache einer Erscheinung anzusehen, deren Beziehung zu ihr sie in ihren Versuchen festgestellt hatten. Die Erscheinung war durch Zurückführung auf Bekanntes begreiflich, aber das Begreifliche war unrichtig, da es auf einem irrigen Begriff von der Wirkung der Schwerkraft beruhte. Hingegen wäre es jener Zeit völlig unbegreiflich gewesen, dass eine chemische Substanz anders als auf chemischem Wege wirken könne. Dieses Beispiel erinnert daran, dass das Vorhandensein oder das Fehlen von Analoga nicht als Prüfstein der Wahrheit betrachtet werden soll.

Die bahnbrechenden Versuche sind zugleich diejenigen, die die Bahn weisen. Die Autorität der Vorgänger ist sicher ein das Denken der späteren Forscher bestimmendes, aber gewiss nicht das wesentliche Moment. In der folgenden Zeit haben ja die Energieprinzipien und die durch sie vermittelten Ergebnisse der Physik und Chemie Eingang in die Physiologie gefunden, ihr Grundbegriff aber wurde zur Lösung des Problems, ob die Kohlensäure Ursache der Erregung sei, nicht benützt. Der Grund hierfür liegt in den Entwicklungsgesetzen des wissenschaftlichen Denkens.

Jede Wissenschaft formt sich selbst ihre Begriffe nach den Gegenständen, mit denen sie sich befasst. Die Beziehungen zwischen ihren Gegenständen sind der Inhalt ihrer Begriffe. An der Vorstellung, dass die Kohlensäure eine Ursache der Erregung sei, kann die Physiologie nichts Befremdendes finden, da sie sich ja den Begriff der Ursache an den Beziehungen verschiedener Dinge, darunter eben auch der Kohlensäure, zur belebten Materie herangebildet hat. Die Kohlensäure bedeutet für sie eine Ursache und ist es daher. Sie hat gar keine Veranlassung ihren Begriff durch jenen zu ersetzen, den sich eine andere Wissenschaft von der Ursache gebildet hat. Nur wer von dort ausgeht, wer an diese Tatsachen der Physiologie mit der Anschauung herantritt, dass eine Ursache, um zu wirken, sich ganz oder zum Teil in die Wirkung verwandeln müsse, der empfindet das Unbegreifliche, das darin liegt, dass die Kohlensäure, die am Ende des Energiewechsels steht, noch chemische Arbeit leisten soll.

Aus demselben Umstände, dass sich nämlich die Bedeutung eines Begriffes je nach den Gegenständen, zu denen er in Beziehung steht, entwickelt, ist es erklärlich, dass die Kohlensäure, die in der Pharmakologie wegen der Übereinstimmung der Wirkungen in die Gruppe der indifferenten Narkotica eingereiht wird und daher dank der Theorie der Narkose von Meyer und Overton mehr physikalisch als chemisch wirkend gedacht werden muss, in der

Physiologie infolge der gleichen Natur ihrer Beziehungen mit dem Sauerstoffmangel in eine Klasse gestellt und daher hier als chemischer Reiz angesehen wird. Das Hauptbollwerk für die Erkenntnis war also die auf dem physiologischen Begriff der Ursache beruhende Vorstellung von der Unmittelbarkeit des Zusammenhanges zwischen Kohlensäure und Tätigkeit des Atemzentrums, während die Abhängigkeit nach physikalisch-chemischen Begriffen nur eine mittelbare sein kann.

Die Idee des unmittelbaren Zusammenhanges, die aus den Versuchen über die Steigerung der Atemtätigkeit durch Kohlensäureüberschuss der Atemluft gewonnen war, musste logischerweise auf die Atmung unter normalen Verhältnissen übertragen werden. Die Sprache, deren Wegen die Gedanken ebenso folgen wie die Worte den Gedanken, legte dieser Anwendung kein Hindernis in den Weg, da der sprachliche Ausdruck für das Gefundene, dass der an Ort und Stelle wirksame Reiz durch die Venosität des im Zentralorgan kreisenden Blutes gegeben ist, das Bild einer räumlichen Scheidung von Blut und Atemzentrum nicht hervorzurufen vermag. Aber auch wenn diese Anschauung sich dem Bewußtsein darbot, so lag logischerseits kein Anlass vor, die dem Gebiet der inneren Atmung angehörige Feststellung, daß die Kohlensäure aus den Geweben in das Blut wandere, hier anzuwenden, da die hervorstechendste Eigenschaft des Atemzentrums, vom Gasgehalt des Blutes beherrscht zu werden, der infolge der bestehenden Lehre am stärksten betonten Eigenschaft der Gewebe, die Gasspannung zu beherrschen, so völlig unähnlich ist, Ähnlichkeit der Objekte aber die Grundlage und Vorbedingung jeder Vergleichung und logischen Einordnung bildet.

Um also zu dem Ergebnis zu gelangen, dass die normale Kohlensäure des Blutes überhaupt nicht auf das verlängerte Mark einzuwirken vermag, die innerhalb der Zellen des Atemzentrums befindliche die Erregung nicht verursachen, sondern nur mittelbar durch Änderung der physikalischen Eigenschaften des Atemzentrums beeinflussen kann, musste bei der Beschäftigung mit der Frage nach der Ursache der Atembewegungen, die auf experimentellem Wege nicht entschieden worden ist und wegen der Möglichkeit einer Abhängigkeit der Sauerstoffversorgung der Zellen von der Kohlensäure auf diesem Wege auch nicht entschieden werden kann, zunächst die Vorstellung der räumlichen Sonderung von Blut und Atemzentrum im Bewusstsein auftreten, dann das Atemzentrum als Gewebe agnosziert und schließlich der physiologische Ursachenbegriff durch den physikalisch-chemischen ersetzt werden. Ist dies geschehen, dann zeigt sich die Annahme einer unmittelbar erregenden Wirkung der Kohlensäure mit absoluter Gewissheit als unhaltbar, da sie jenen zwei Prinzipien widerspricht, die nicht bloß die

höchsten Verallgemeinerungen der Erfahrung sind, sondern was noch mehr bedeutet, die Voraussetzung jeglicher Erfahrung bilden. Wäre sie wahr, dann müsste der Satz, dass eine Ursache nur wirken kann, wo sie sich befindet, und der Satz von der Erhaltung der Energie falsch sein. Wäre aber dies der Fall, könnte Wirkung durch eine ferne Ursache oder ohne Ursache entstehen, dann wäre jede Voraussagung unmöglich, jede Erfahrung zwecklos und alles Forschen sinnlos.

Zur Kenntnis der *Carabus*-Larven.

Von Karl W. Verhoeff in Pasing.

Unsere Kenntnisse von den *Carabus*-Larven sind noch so lückenhaft, sowohl hinsichtlich der vergleichenden Morphologie derselben als auch der Biologie, Entwicklung und Systematik, dass ich heuer an der Hand mehrerer Arten, besonders aber auf Grund des in Oberbayern häufigen *Carabus ulrichii* einige Fragen zu beantworten suchte.

Meine ausführlicheren Mitteilungen nebst Tafeln und Textabbildungen werden an anderer Stelle veröffentlicht. Einen kurzen Überblick über die Ergebnisse meiner Studien möge das Folgende bieten, zumal das Erscheinen der eingehenderen Arbeit infolge der Kriegsverhältnisse verzögert werden dürfte.

1. Embryonale Bewegungen.

Durch die schon ziemlich früh pigmentierten 6 + 6 Ocellen der älteren Embryonen, welche auffallend durch die Eihäute hindurchschimmern, lassen sich embryonale Atembewegungen feststellen, welche hauptsächlich in einer kreisenden Drehung des Kopfes bestehen, die sich anfänglich nur an den Verschiebungen der Ocellen unter den Eihäuten erkennen lässt. Es handelt sich hierbei nicht um Bewegungen, welche mit der Regelmäßigkeit von Blutgefäßpulsationen einsetzen, sondern um unregelmäßige Rollungen, die sehr von Wärme und Feuchtigkeit und guter Erhaltung der einzelnen Eier abhängig sind, zeitweise aber in einem gewissen Rhythmus erfolgen. Auch sind sie nur in einer vorletzten Embryonalperiode zu beobachten. Die Kopfrollungen werden durch die Ocellen angezeigt als eine teilweise von hinten nach vorn und teilweise seitwärts sich vollziehende Verschiebung. Die seitlichen Verschiebungen sind die hauptsächlichsten und erreichen etwa die dreifache Breite eines Ocellenhaufens.

In der letzten Embryonalperiode, welche dadurch angezeigt wird, dass Borsten, Klauen und Mandibelspitzen durch die Eihäute hindurchschimmern, hören die embryonalen Atembewegungen auf, weil das Tracheensystem sich entwickelt hat. Jetzt lassen sich

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Röder Ferdinand

Artikel/Article: [Ist die Kohlensäure Ursache der Erregung des Atemzentrums?
9-14](#)