Über die Ursache der Atembewegungen.

Von Dr. Ferdinand Röder.

Auf zweierlei Wegen kann die Naturforschung zur Aufstellung neuer Beziehungen gelangen. Entweder durch das Experiment oder dadurch, daß sie von den durch den Versuch aufgezeigten mittelbaren Beziehungen auf die in ihnen enthaltenen unmittelbaren schließt. Die nachstehende Untersuchung betritt diesen Weg, veranlaßt durch den Widerspruch, dem eine den Begriffen ihrer Zeit entsprechend formulierte Lehrmeinung bei der Prüfung mit den vornehmlich durch die energetische Betrachtungsweise geläuterten und geschärften Anschauungen unserer Tage begegnen muß.

Eine der wichtigsten Beziehungen in der Lehre von den Atembewegungen wird seit ihrer Entdeckung in dem Satze festgehalten, daß Sauerstoffmangel eine Ursache der Erregung des Atemzentrums sei. Da Mangel gleichbedeutend ist mit Fehlen oder Abwesenheit, so steht diese Aussage in Widerspruch mit einer klaren Vorstellung von der ursächlichen Beziehung, da etwas Negatives nicht wirken noch auch als wirkend begriffen werden kann. Eine nähere Betrachtung lehrt, daß diese Formel den Tatsachen, aus denen sie geschöpft wurde, nicht angepaßt ist. Diese nahmen ihren Ausgang von der elementaren Beobachtung, daß Fehlen von Sauerstoff in der Einatmungsluft die Atembewegungen verstärkt. Besteht demnach zwischen der Abwesenheit von Sauerstoff und Steigerung der Atemtätigkeit ein ursächlicher Zusammenhang? — Die Grundlage zur Feststellung eines Kausalverhältnisses ist das Zusammenvorhandensein, das Kriterium die Größenbeziehung der miteinander verglichenen Objekte. Jenes setzt Vorhandensein, diese Größenänderungen im Vorhandensein voraus. Zwischen der Abwesenheit von Sauerstoff und der Tätigkeit des Atemzentrums lassen sich nicht die einem ursächlichen Zusammenhang entsprechenden Beziehungen herstellen. Was zueinander in Beziehung tritt, ist aber gar nicht Atemzentrum und Einatmungsluft, sondern Atemzentrum und Blut, in diesem aber ist selbst in dem extremen Fall der Erstickung immer noch Sauerstoff, wenn auch in sehr verringerter Menge, enthalten, die Stärke der Atemtätigkeit steht erfahrungsgemäß in einem Verhältnis zu der Menge des im Blute befindlichen Sauerstoffs. Koexistenz und Größenbeziehung bestehen daher zwischen der Tätigkeit des Atemzentrums und dem vergleichsweise verminderten Sauerstoff. Daher ist folgerichtig dieser und nicht der Sauerstoffmangel als die Ursache der gesteigerten Erregung zu bezeichnen.

Der Satz von der erregenden Wirkung des Sauerstoffmangels stimmt auch mit später ermittelten Tatsachen nicht überein, die, wie dies bei der Apnoe unter bestimmten Bedingungen der Fall

ist, Sauerstoffmangel des Blutes ohne Erregung des Atemzentrums aufweisen und dies bis zu dem Grade, daß der Apnoe unmittelbar die Erstickung folgen kann.

Diese Erscheinung wird damit begründet, daß in diesen Fällen die Erregbarkeit des Atemzentrums herabgesetzt sei. Ist sie damit wirklich erklärt? Sie scheint erklärt, da sie auf eine aus der Erfahrung geläufige Tatsache, die Herabsetzung der Erregbarkeit der Muskeln und Nerven oder das psychische Phänomen der Ermüdung zurückgeführt wird. Sie ist es aber nicht, da, abgesehen davon, daß diese Tatsachen selbst noch der Aufklärung bedürfen, diese Erklärung auf der logisch unzulässigen Identifizierung des Dasein, Größe und Beziehung negierenden Begriffs des Sauerstoffmangels mit den gewöhnlichen physiologischen Reizen beruht, da weiters eine Erregbarkeitsherabsetzung des Atemzentrums diesen letzteren gegenüber nicht nachgewiesen ist, aus welchem Grunde die Beilegung dieser Eigenschaft nur eine Umschreibung der Tatsache, eine versatio in loco darstellt, indem die Unwirksamkeit des als Reiz angesprochenen Sauerstoffmangels auf die herabgesetzte Erregbarkeit, diese aber wieder nur auf die Unwirksamkeit gegründet ist, und weil schließlich nicht erklärt ist, warum in diesen Fällen die Erregbarkeit herabgesetzt ist. Diese Hilfshypothese hat somit weder logische Berechtigung noch wissenschaftlichen Wert.

Derselbe Vorwurf trifft aber auch die Grundannahme, zu deren Stütze sie aufgestellt worden ist. Mit den Widersprüchen, die sie enthält, könnte man sich abfinden, wenn sie Verdienste aufzuweisen hätte. Diese werden danach bemessen, ob die Annahme jene Tatsachen, über die sie Aufschluß geben soll, zur Gänze erklärt, und ob sie der Entdeckung neuer Tatsachen die Wege bahnt. Weder das eine noch das andere ist der Fall. Wir können uns nicht verhehlen, daß die in Frage stehende Annahme zur Erklärung der normalen Erregung, der sie vornehmlich dienen sollte, nicht verwertbar ist, da, wie schon Rosenthal betont, es kaum glaublich ist „anzunehmen, daß der Sauerstoffgehalt des Blutes, welches durch die Capillaren der *Medulla oblongata* fließt, in der kurzen Zeit von einem Atemzug zum andern seine Beschaffenheit so ändert, daß er abwechselnd zur Entstehung der Erregung Anlaß gibt und wieder nicht“. Auch die moderne Physiologie ist nicht imstande, die Entstehung des Sauerstoffmangels begreiflich zu machen und dies um so weniger, als einer ihrer Grundsätze besagt, daß die normale tierische Zelle selbst die Intensität des Sauerstoffstroms reguliert. Hängt der Nachschub einzig und allein vom Verbrauch ab, dann ist, bei dem großen Vorrat des Blutes an Sauerstoff, das Auftreten eines Mangels unter normalen Verhältnissen ganz undenkbar. Auf die normale Erregung ist somit die erörterte Annahme in ihrer gegenwärtigen Gestalt nicht anwendbar. Und daß sie der zweiten

Forderung, Resultate der experimentellen Forschung vorauszusagen, nicht nachkommen kann, ist von vornherein ersichtlich, da aus dem Begriff des Mangels, der jede Beziehung verneint, nicht neue erschlossen werden können.

Gehen wir hingegen davon aus, daß die Ursache der Erregung vergleichsweise verminderter Sauerstoff ist, so gelangen wir auf kurzem Wege zu ganz bestimmten Ergebnissen. Zunächst ist, da nur freie Energie wirken kann, der begriffliche Inhalt der genannten Ursache durch das Merkmal des Freiseins zu bereichern und daher einfach gelöster, vergleichsweise verminderter Sauerstoff als Ursache der Erregung anzusehen. Ist aber das, was wirkt, derart charakterisierter Sauerstoff, so folgt weiter, da chemische Wirkung nur durch chemische Verbindung begriffen werden kann, daß dasjenige, worauf gewirkt wird, nur etwas sein kann, worauf der Sauerstoff chemisch zielt, womit er sich verbindet, also nicht das Atemzentrum selbst, sondern wieder nur freie im Atemzentrum befindliche Energie, Stoffe, die, insoferne sie sich mit dem Sauerstoff verbinden, gemeinhin als oxydable Substanzen bezeichnet werden. Für das Zustandekommen der Erregung ist vergleichsweise verminderter Sauerstoff ebenso nötig wie die im Vergleich zu ihm im Überschuß vorhandenen, wirksamen oxydablen Substanzen. Daher haben beide in gleicher Weise als Ursachen der Erregung zu gelten. Bedingung der Erregung ist das Mißverhältnis der in einem Zeitmomente innerhalb des Atemzentrums zur Wirkung gelangenden Mengen des Sauerstoffs und der Brennstoffe, das Mißverhältnis zwischen Sauerstoffangebot und Sauerstoffnachfrage oder, wie wir jetzt auch sagen können, relativer Sauerstoffmangel, nachdem die beiden Vergleichsobjekte, ohne die ein relativer Begriff keinen Sinn ergibt, bestimmt worden sind.

Die nächste Frage ist die nach der Ursache des relativen Sauerstoffmangels, d. h. nach der Ursache derartiger Größenänderungen von Sauerstoffangebot und -nachfrage, daß daraus ein Mißverhältnis zwischen beiden resultiert. Da die Erregung periodisch-rhythmisch erfolgt, so muß auch die Ursache der Erregung periodisch-rhythmisch eintreten. Rhythmik der Wirkung kann nur durch Rhythmik der Ursache entstehen. Dies ist analytisch absolut sicher, da ja die konstante Größenbeziehung der Prüfstein des ursächlichen Zusammenhanges ist. Kraft dieser analytischen Wahrheit können wir nicht nur folgern, daß die gefundene, unmittelbare Ursache der Erregung, der relative Sauerstoffmangel, rhythmisch sein muß, sondern auch, daß die uns unbekannte Ursache dieser Ursache das Kennzeichen der Rhythmik tragen wird. An ihrer Rhythmik also werden wir sie erkennen und aus der Rhythmik auf die Ursache schließen. Daß man nicht rhythmische Größen als Ursache der Atembewegungen ansieht, beruht auf dem eingewurzelten Irrtum,

als ob eine Konstante Wirkungen und noch dazu solche rhythmischer Art zu erzeugen vermöchte[1]). Die entferntere Ursache der Erregung des Atemzentrums und somit der Atembewegungen kann nur ein im selben Rhythmus wie diese sich ändernder Faktor sein, dessen eigener Rhythmus, wollen wir ihn nicht von einem sich selbst bestimmenden ersten Rhythmus ableiten, auf natürliche Weise nur begreiflich ist, wenn die Kette rhythmischer Ursachen in sich geschlossen ist, d. h. wenn die gesuchte Ursache der Atembewegungen und des relativen Sauerstoffmangels selber wieder durch diese verursacht wird. Diesen Bedingungen entsprechen unserer Erfahrung nach nur die Atemschwankungen des Blutdrucks, die zeitlich streng mit der Atmung koinzidieren und teils durch die mechanische Einwirkung der Atembewegungen auf den Kreislauf, teils durch die gleichzeitige und gleichartige Erregung des dem Atemzentrum benachbarten Gefäßnervenzentrums hervorgerufen werden. Wir werden daher den Mut zu der Konsequenz haben müssen, diese als die Ursache des rhythmisch eintretenden relativen Sauerstoffmangels anzusehen, also anzunehmen, daß die Atemschwankungen des Kreislaufs auf Sauerstoffangebot und Sauerstoffnachfrage in dem Sinne einwirken, daß sie abwechselnd ein mehr oder minder großes Mißverhältnis zwischen beiden erzeugen und wieder nicht. Dieses vorwiegend deduktive Ergebnis wird durch mehr auf induktiven Wegen gefundene Zusammenhänge ergänzt, die im besonderen das Sauerstoffangebot von der Bewegungsenergie des Blutes[2]), die Sauerstoffnachfrage vom Seitendruck[3]) abhängig erscheinen lassen. Mit Zuhilfenahme dieser Beziehungen gelingt es, wie sich unschwer nachprüfen läßt, die Tatsachen der Lehre von den Atembewegungen, ihre Regulierung, die Änderung des Atemtypus unter pathologischen Verhältnissen, die Dyspnoe und Apnoe in widerspruchsloser und ausreichender Weise zu erklären.

Daß diese Zusammenhänge zwischen chemischer Energie und Energien des Raumes, deren Bedeutung weit über das hier behandelte Gebiet hinausreicht, sich an der belebten Materie anders äußern als an der unbelebten, wird bei der nicht wegzuleugnenden Verschiedenheit beider und bei der Relativität alles objektiven Geschehens, derzufolge jede Wirkung ebensosehr von der Natur dessen

---

1) Vgl. die Abhandlung: „Ist die Kohlensäure Ursache der Erregung des Atemzentrums?“ Biolog. Zentralbl. Bd. 37, Nr. 1.

2) Vgl. Röder: „Über eine engere Beziehung zwischen Atmung und Kreislauf.“ Zentralbl. f. Phys. Bd. XXII, Nr. 23.

„Über die Verschiebung des chemischen Gleichgewichtes durch Bewegungsenergie.“ Biochem. Zeitschr. 40. Bd., 3. u. 4. Heft.

„Zur Regelung der Lebensvorgänge“, Biolog. Zentralbl. Bd. 34, Nr. 5.

3) Vgl. Röder: „Über den Zusammenhang der Energien in der belebten Natur.“ Biolog. Zentralbl. Bd. 35, Nr. 10.

abhängt, was wirkt, wie dessen, worauf gewirkt wird, nicht nur nicht befremden dürfen, sondern im Gegenteil erwartet werden müssen. Es sei daran erinnert, daß der beim Vergleich von Dingen uns geläufige Maßstab, die Messung auf Grundlage der Schwere, nur eine Folge der Frühentwicklung der Mechanik ist, daß von zwei Massen, die auf Grund der Schwere als gleich bezeichnet werden, die mit dem höheren Molekulargewicht chemisch die kleinere Masse hat, da die Molekulargewichte die chemisch äquivalenten Massen darstellen, und daß daher bei Zufuhr gleicher Beträge von Energie die Substanz mit dem höheren Molekulargewicht auch ein entsprechend höheres Potential aufweisen wird. Und die harmonische Verkettung, die die Energien in der belebten Natur gegenüber der bloßen Verwandtschaft in der unbelebten darbieten, wird begreifbar durch ein sukzessiv-harmonisches, nachbarliches Verhältnis der Massen der räumlich miteinander verbundenen Energiearten, das ihre Potentiale zu jenen Akkorden zwingt, die die Mannigfaltigkeit und die Eigenart der Lebenserscheinungen ausmachen.

Im übrigen kann nicht nachdrücklich genug betont werden, daß auch die experimentelle Feststellung der Unabhängigkeit der chemischen Energie der lebendigen Substanz von der Bewegungs- und Volumsenergie, deren Abhängigkeit hier postuliert wird, eine Erweiterung unseres Wissens bedeuten würde, da hiermit etwas bewiesen würde, wovon man vorher keine auf Versuche gegründete Kenntnis hatte, zu dessen Annahme man sich vielmehr nur durch eine unvollständige Induktion für berechtigt hielt. Ein negatives Ergebnis würde uns anspornen, andere Abhängigkeiten ausfindig zu machen, da wir uns unter gar keinen Umständen bei einem verkappten Vitalismus beruhigen dürfen, der die Tatsachen des Lebens dadurch zu erklären vermeint, daß er den Zellen oder Zellverbänden gewisse Fähigkeiten zu- oder aberkennt. Möchten doch auch in der Lebenswissenschaft die Worte Newton's[4]) beherzigt werden: „Uns zu sagen, daß jede Art von Dingen mit einer besonderen geheimen Eigenschaft begabt ist, durch die sie wirkt und offen ersichtliche Wirkungen hervorbringt, heißt so viel wie uns gar nichts sagen. Aber zwei oder drei allgemeine Prinzipien der Bewegung aus den Erscheinungen abzuleiten und hernach zu zeigen, wie die Eigenschaften und Wirkungen aller körperlichen Dinge aus diesen offenkundigen Prinzipien sich ergeben, würde einen sehr großen Fortschritt in der Philosophie bedeuten, wenn auch die Ursachen dieser Prinzipien noch nicht entdeckt wären."

4) Optics, 4. Aufl., S. 377.

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: Über die Ursache der Atembewegungen. 56-60