In der linken Profilfläche liegt der Magen vorn unter dem Rippenbogen in einer Ausdehnung von 1—5 cm der weichen Bauchwand an, während er vorne die untere Hälfte des Epigastriums einnimmt, und im übrigen sich vollkommen im linken Hypochondrium verbirgt.

Die Einatmung wirkt derart auf den Magen, dass seine große Kurvatur sich um eine durch Cardia und Pylorus gehende Axe nach vorn aufwärts dreht und dass die Magenwandung von vorn nach hinten zusammengepresst wird. Dadurch wird der Uebertritt der Speisen aus dem Magen ins Duodenum bedeutend erleichtert.

Vom Darm ist nur bemerkenswert, dass die linke Dickdarmkrümmung höher liegt als die rechte, dass das Colon transv. nach abwärts gekrümmt und der Gallenblase angelagert ist, dass das Colon ascend. und desc. in der Profilfläche in der Achselhöhlenlinie liegt, hinten dagegen in der Senkrechten vom höchsten Punkt des Darmbeinkammes zum Rippenbogen. In der Höhe der Spina ant. sup., 4 cm einwärts von ihr, liegt die Valvula coli.

Bei der Atmung unterliegen die Därme einem nach hinten aufwärts gehenden Druck und besonders das Colon transv. bewegt sich nach aufwärts.

Niere und Pankreas werden von der Atmung nicht beeinflusst.

E. Gaupp (Breslau).

Versuche über Wärmeproduktion bei Säugetieren.

Von **J. Rosenthal.**

Schon seit mehreren Jahren bin ich mit Untersuchungen über die Wärmeproduktion beschäftigt und habe dieselben u. a. auch auf die Vorgänge beim Fieber ausgedehnt. Da ich nicht voraussetzen kann, dass alle Leser mit meinen anderen bis jetzt veröffentlichten Versuchen und mit den benutzten Untersuchungsmethoden bekannt sind, so will ich in gegenwärtigem Aufsatz über diese berichten und die Mitteilungen über die Fieberuntersuchungen später nachfolgen lassen.

Obgleich mich diese Versuche, wie gesagt, schon seit Jahren beschäftigen, so sind meine Veröffentlichungen doch bisher nur lückenhaft gewesen und beziehen sich nur auf einzelne Punkte. Es war von vornherein meine Absicht, den Gegenstand, welcher schier unerschöpflich ist, so weit als irgend möglich nach allen Seiten zu verfolgen und dann in einer Monographie zusammenhängend darzustellen. Weil aber die Arbeit wegen ihrer Mühseligkeit nur langsam fortschreiten konnte, habe ich einzelne Bruchstücke derselben gelegentlich veröffentlicht, Uebersichten über einzelne Versuchsreihen auch mündlich in gelehrten Gesellschaften vorgetragen, so seit Jahren in der hiesigen physikalisch-medizinischen Gesellschaft, im Frühjahr 1889 in der physikalischen und in der physiologischen Gesellschaft zu Berlin, im Herbst 1890 in der physiologischen Sektion der Natur-

forscher-Versammlung zu Bremen, über die angewandten Methoden unter Vorzeigung von Zeichnungen auch auf der Naturforscher-Versammlung zu Straßburg (1886) und auf dem internationalen physiologischen Kongress zu Basel (1889). Die erste Beschreibung des Apparates wurde veröffentlicht in der Doktordissertation meines Neffen Carl Rosenthal (abgedruckt in du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie, 1888, S. 1 fg.); die erste genauere Auseinandersetzung und Begründung der Methode gab ich in eben diesem Archiv, 1889, S. 1 fg. Außerdem veröffentlichte ich einzelne Ergebnisse von Versuchsreihen in den Sitzungsberichten der kgl. preußischen Akademie der Wissenschaften am 13 Dez. 1888, 28. März 1889 und 17. April 1890, sowie in der Münchener mediz. Wochenschrift (Bericht der hiesigen physikalisch-medizinischen Gesellschaft), 1889, Nr. 53 und im biolog. Centralblatt, Bd VIII, S. 657. Auch wurden einzelne Versuchsreihen in Doktordissertationen der hiesigen medizinischen Fakultät mitgeteilt[1]).

Trotzdem müssen meine Arbeiten doch sehr wenig bekannt geworden sein, da Herr Prof Rubner in Marburg in einer vor Kurzem veröffentlichten Schrift: Kalorimetrische Methodik[2]) dieselben ganz unerwähnt lässt und selbst Untersuchungen, welche von mir schon angestellt und veröffentlicht sind, ankündigt mit dem Bemerken, dass sie durch das jetzt von ihm beschriebene Versuchsverfahren erst möglich geworden seien. Dieses Versuchsverfahren will ich nun zunächst etwas genauer, wenn auch nur kurz, auseinandersetzen.

Bekanntlich haben schon Lavoisier und Crawford versucht, die von einem Tier produzierte Wärmemenge zu messen. Lavoisier wandte dazu das von ihm in Gemeinschaft mit Laplace konstruierte Eiskalorimeter, Crawford eine Art von Wasserkalorimeter an. Mit dem letzteren führten später Dulong und Despretz (unabhängig von einander) jeder eine Reihe von Versuchen aus. Von neueren Forschern ist Herr Senator hervorzuheben, welcher mit vielem Geschick einige der Anwendung des Wasserkalorimeters entgegenstehende Schwierigkeiten möglichst zu verringern wusste.

---

1) Solche Dissertationen sind bisher erschienen (außer der schon angeführten von Carl Rosenthal) von den Herren Zenetti, Dürrbeck, Loewy und Friedmann in den Jahren 1888 bis 1890. Von diesen behandelt die des Herrn Dürrbeck den Einfluss der Umgebungstemperatur, die des Herrn Friedmann den Einfluss von Chloralhydrat, Chinin, Chinolin und Antipyrin auf die Wärmeproduktion bei Kaninchen. Die Arbeit des Herrn Loewy handelt von der Wärmeabgabe des menschlichen Armes, Einfluss der Bekleidung u. dergl.

2) Kalorimetrische Methodik, von Max Rubner, Professor der Hygiene und Staatsarzneikunde zu Marburg. Mit 2 lithographierten Tafeln und 5 Holzschnitten. 4. 36 Seiten. Marburg, N. G. Elwert'sche Verlagsbuchhandlung, 1891. Separat-Abdruck aus der Carl Ludwig zu seiner 50jährigen Doktor-Jubelfeier von der mediz. Fakultät zu Marburg gewidmeten Festschrift.

Diese Schwierigkeiten liegen besonders in dem Umstande, dass wir es bei der tierischen Kalorimetrie mit einer stetig wirkenden Wärmequelle zu thun haben, während das Wasserkalorimeter seiner Natur nach nur für die Messung begrenzter und verhältnismäßig kleiner Wärmemengen bestimmt ist. Welche Schwierigkeiten bezw. Fehler hieraus erwachsen, will ich hier nicht weiter erörtern, verweise vielmehr auf meine schon früher gegebene Darstellung derselben in Hermann's Handb. der Physiologie, Bd. IV, Teil 2, S. 354 fg. (1882).

Ein anderes kalorimetrisches Verfahren haben Scharling, Vogel und Hirn versucht. Sie brachten einen Menschen in einem engen Kasten und beobachteten die Temperaturdifferenz zwischen der Luft im Kasten und in der Umgebung. Diese Methode war sehr unvollkommen. Sie wurde wesentlich verbessert von Herrn d'Arsonval im Jahre 1884. Da ich seit Jahren mich mit dem Problem beschäftigt hatte, die physiologische Kalorimetrie zu verbessern und zu der Ueberzeugung gelangte, dass auf dem von Herrn d'Arsonval eingeschlagenen Wege in der That ein brauchbares Kalorimeter konstruierbar sei, so entwickelte ich die Theorie und teilte die Beschreibung des von mir benutzten Apparates, sowie einige der mit ihm angestellten Messungen mit (du Bois-Reymond's Archiv, 1889, Seite 1).

Das Wesentliche der Methode ist folgendes: Das Tier, dessen Wärmeproduktion bestimmt werden soll, wird in einen metallenen Behälter mit doppelten Wänden gebracht. Die zwischen diesen Wänden eingeschlossene Luft nimmt von dem Tier Wärme auf und gibt an der äußeren Fläche Wärme ab. Nach einer gewissen Zeit stellt sich ein Gleichgewichtszustand zwischen Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe her. Ist dieser Zustand erreicht, so ist die Wärmeausgabe des Tieres gleich der Wärmeausgabe der äußeren Fläche. Letztere aber lässt sich berechnen.

Nach dem Newton'schen Abkühlungsgesetz ist die Wärmeausgabe proportional der Temperaturdifferenz des wärmeausgebenden Körpers und seiner Umgebung. Diese Temperaturdifferenz lässt sich messen durch die Druckzunahme der abgesperrten Luft. Da der Druck eines konstanten Luftvolums seiner absoluten Temperatur proportional ist, so gelangt man durch eine einfache algebraische Ableitung, welche ich a. a. O. nachzulesen bitte, zu der Gleichung:

$$W = E.\ m.\ \frac{T_a}{b_a}$$

worin W die Wärmeproduktion, m der Manometerstand, T_a die Temperatur der Luft zu Beginn des Versuchs (nach der absoluten Scala gemessen), b_a der Barometerstand zu Beginn des Versuchs und E eine durch besondere Versuche zu bestimmenden Konstante des Apparats ist[1]).

1) Die Bedeutung des Faktors $\frac{T_a}{b_a}$ haben weder Herr d'Arsonval noch andere Autoren, welche mit Luftkalorimetern gearbeitet haben, berücksichtigt,

Voraussetzung für die Richtigkeit der Bestimmung ist, dass die Temperatur des Versuchstiers selbst sich nicht geändert habe. Der Hauptvorteil des Apparats ist aber gerade, dass die Tiere sich in Luft von normaler Temperatur befinden und dass die im Anfang jedes Versuchs stattfindende Wärmeabgabe von dem Tier an das Kalorimeter, welcher die Versuche mit dem Wasserkalorimeter kompliziert, ganz ohne Einfluss ist. Wo aber die Versuchsbedingungen Temperaturänderungen des Tieres einführen, da lassen sich diese in Rechnung ziehen [1]).

Wir haben bei unserem Apparat die Temperatur des kalorimetrischen Luftraumes indirekt durch die Veränderung ihres Drucks gemessen. Statt dessen kann man auch die Veränderungen ihres Volums benutzen, wenn der Druck unverändert bleibt. Diese Variante hat schon Herr Richet unmittelbar nach Herrn d'Arsonval's erster Veröffentlichung eingeführt und auch Herr Rubner macht von ihr Gebrauch. Theoretisch kommen beide Verfahren auf dasselbe hinaus, wenn man den Gleichgewichtszustand abwartet, was allerdings Herr Richet nicht beachtet. Praktisch aber ist das Volumverfahren, wie ich es zum Unterschied von dem Druckverfahren nennen will, mit einer Unbequemlichkeit behaftet. Es setzt voraus, dass der aus dem Apparat verdrängte Volumanteil Luft dieselbe Temperatur behalte wie der zurückgebliebene. Das wird in Wirklichkeit niemals der Fall sein; der verdrängte Volumanteil wird die Temperatur der Umgebung annehmen, also eine niedrigere. Der hierdurch eingeführte Fehler muss natürlich um so größer sein, je größer die Temperaturdifferenz, also je größer die Wärmeproduktion ist. Hieraus erklärt es sich, warum Herr Rubner keine genaue Proportionalität zwischen Wärmeproduktion und den Angaben seines Apparates fand [2]).

---

auch Herr Rubner nicht. Alle diese Herren haben es überhaupt unterlassen, die Theorie des Apparats zu behandeln; sie bedienen sich desselben ganz empirisch. Dass der Faktor $\frac{T_a}{b_a}$ nicht ganz zu vernachlässigen ist, ergibt sich daraus, dass für die bei den Versuchen thatsächlich vorkommenden Temperatur- und Barometerschwankungen Fehler der Berechnung bis zu 10 pCt. entstehen können.

1) Absolut genau kann diese Korrektion freilich niemals sein. Denn wo immer auch die Eigenwärme des Tiers gemessen werde, man kann niemals behaupten, dass sie die wahre Durchschnittstemperatur des gesamten Tierkörpers sei. Ueber die Fehler, welche hierdurch entstehen können, vgl. meine Schrift: Zur Kenntnis der Wärmeregulierung bei den warmblütigen Tieren, Erlangen 1872, und den angeführten Abschnitt im Handbuch der Physiologie. Da dieser Fehler allen physiologisch-kalorimetrischen Methoden anhaftet, so ist natürlich diejenige im Vorteil, welche die Temperatur des Tieres am wenigsten ändert, und das trifft für das Luftkalorimeter selbst bei tagelangem Verweilen des Tieres im Apparat zu.

2) Diesen Umstand beobachtete Herr Rubner schon bei seinem ersten, kleineren Luftkalorimeter (Zeitschr. f. Biol. XXV) und er kehrt bei seinem

Man kann dem Apparat jede beliebige Größe geben, also ihn auch so groß machen, dass ein Mensch darin Platz hat. Herr d'Arsonval hat das gethan. Mitteilungen von Versuchsergebnissen hat er aber meines Wissens nicht veröffentlicht. Ich habe mich, da so große Apparate kostspielig sind und sehr viel Raum erfordern, damit begnügt, den Arm oder das Bein des Menschen in den Apparat einzuführen. Versuche dieser Art sind in den Arbeiten meiner Schüler seit 1888 mehrfach veröffentlicht und weitere, namentlich auch an Fieberkranken angestellte, werde ich im zweiten Teil dieser Arbeit mitteilen. Auch Herr Rubner hat einige solche Versuche ausführen lassen, auf welche ich aber eben wie auf die im hiesigen Laboratorium schon früher ausgeführten hier nicht weiter eingehen will.

Ich habe bei meinen bisherigen Arbeiten besonders die Beziehungen zur Ernährung, zur Atmung, zur Umgebungstemperatur, zum Kreislauf und zum Nervensystem untersucht. Da diese Versuche sehr zeitraubend und verwickelt sind, so konnten sie noch nicht alle abgeschlossen werden. Was ich bis jetzt veröffentlicht habe, bezieht sich besonders auf die drei ersterwähnten Faktoren.

Sorgt man für gehörige Ventilation des Raums, in welchem sich das Tier befindet, so kann dasselbe tagelang im Kalorimeter unter ganz normalen Verhältnissen verweilen. Ich habe festgestellt, dass unter solchen Umständen bei einmaliger Fütterung in Zwischenräumen von je 24 Stunden ein periodisches Schwanken der Wärmeproduktion stattfindet, bei welchen das Maximum ungefähr in die 7. Stunde nach der Nahrungsaufnahme fällt, während zwei Minima, das eine etwa 1, das zweite etwa 23 Stunden nach der Nahrungsaufnahme, vorhanden sind Ich habe ferner nachgewiesen, dass die Nahrung einen großen Einfluss auf die Wärmeproduktion hat und namentlich durch reichliche Fettfütterung sehr gesteigert werden kann, dass aber keine Proportionalität zwischen Art und Menge der Nahrung und Wärmeproduktion besteht, dass es namentlich durchaus nicht möglich ist, aus den Werten der Verbrennungswärmen der aufgenommenen Nahrungsstoffe die Wärmeproduktion zu berechnen. Nur bei Tieren, welche lange Zeit hindurch d. h. mehrere Wochen mit gleichförmiger und ausreichender Nahrung gefüttert worden sind und welche sich demnach in vollkommenem Ernährungsgleichgewicht befinden, können die aus der Nahrung berechneten, und die aus längeren Versuchsreihen (von 14 Tagen etwa) sich ergebenden Mittelwerte der Wärmeproduktion ziemlich genau übereinstimmen.

Bei solchen ausreichend ernährten und in vollkommenem Stoffwechselgleichgewicht erhaltenen Tieren bleiben die an aufeinander

jetzt beschriebenen größeren Apparat wieder. Ich bemerke übrigens noch, um Misverständnissen vorzubeugen, dass auch jene erste Publikation eines Luftkalorimeters von Seiten des Herrn Rubner zeitlich erst nach der Veröffentlichung des meinigen erfolgte.

folgenden Tagen produzierten Wärmemengen, wenn man auch die anderen Faktoren, welche auf dieselbe von Einfluss sind, konstant erhält, einander nahezu gleich, d. h. ihre Schwankungen bewegen sich innerhalb enger Grenzen. Wie verwickelt aber im allgemeinen die Beziehungen zwischen Ernährung und Wärmeproduktion sind, geht aus den Erscheinungen hervor, welche bei Wechsel in der Ernährung eintreten.

Entzieht man einem mäßig genährten Tiere die Nahrung ganz, so sinkt die Wärmeproduktion sofort erheblich, und sie steigt wieder, wenn man wieder Nahrung zuführt. Lässt man aber ein gutgenährtes Tier hungern, d. h. ein solches, welches längere Zeit mit vollkommen ausreichender Nahrung gefüttert war, so vermindert sich die Wärmeproduktion in den ersten 3–5 Tagen der Nahrungsentziehung gar nicht. Dann aber sinkt sie allerdings erheblich. Umgekehrt, wenn man einem Tier, welches 10 Tage gar keine Nahrung erhielt, wieder zu fressen gibt, so steigt die während des Hungerns stark gesunkene Wärmeproduktion nicht sogleich an, sondern bleibt noch mehrere Tage auf ihrem niedrigen Wert, wobei das Tier sehr an Gewicht zunimmt. Dann erst beginnt sie zu steigen und erreicht auch erst nach einigen Tagen den Wert, welchen sie vor der Nahrungsentziehung hatte.

Was den Zusammenhang zwischen Wärmeproduktion und Atmungsausscheidungen anlangt, so ist es ja ganz selbstverständlich, dass ein solcher bestehen muss, da beide Wirkungen eines und desselben Vorganges, nämlich der in den Geweben stattfindenden Oxydationen sind. Fraglich aber konnte sein, ob die Ausscheidung, namentlich die Kohlensäure, so unmittelbar auf ihre Entstehung folgt, dass die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure stets der produzierten Wärmemenge proportional verlaufen müsse. Auch war es nicht zweifelhaft, dass die Beziehung zwischen Kohlensäureproduktion und Wärmeproduktion keine absolut feste sein konnte, da ja bei Oxydationen verschiedener chemischer Substanzen von verschiedenen Verbrennungswärmen die Wärmeproduktion in anderem Verhältnis wechseln muss, als die Kohlensäureproduktion. Ganz die gleichen Betrachtungen lassen sich auch auf den Sauerstoffverbrauch des Organismus übertragen, ja sie gelten gewiss von diesem noch in höherem Grade, weil sicher der in einem gegebenen Zeitpunkt innerhalb eines Tierkörpers vorhandene Vorrat an freiem, locker und etwas fester gebundenen Sauerstoff, durch dessen weitere chemische Aktion Wärme produziert werden kann, ehe er in Gestalt von Kohlensäure oder in anderer Verbindung den Körper verlässt, Schwankungen unterworfen ist, deren Betrag festzustellen wir ganz außer Stande sind.

Allerdings können wir mit einer für die meisten Aufgaben hinlänglichen Genauigkeit feststellen, welche Elemente und in welchen Verbindungen sie in den Tierkörper ein- und austreten. Aber um

aus solchen Stoffwechselprodukten eine klare Einsicht in die während dessen innerhalb des Tierkörpers vorgegangenen Prozesse zu gewinnen, dazu fehlt uns leider ein Mittel, welches die Aufstellung der Stoffwechselbilanz erst vollkommen machen würde — wir können keine Inventur aufnehmen. Der einzig mögliche Schritt nach dieser Richtung, die Bestimmung des Gesamtkörpergewichts und seiner Schwankungen, genügt offenbar nicht. Was hätte die Inventur eines Kaufmannes zu bedeuten, der sein ganzes Waarenlager, ohne Rücksicht auf den Wert der einzelnen Posten, in Bausch und Bogen auf die Waage gebracht und sein Gesamtgewicht in die Bilanzberechnung eingestellt hätte?

Wenn wir uns das klar gemacht haben, so werden wir nicht erwarten, dass Stoffwechsel und Wärmeberechnungen einerseits und Wärmemessungen anderseits genau übereinstimmen. Aber wir werden uns die Frage vorlegen, welche Versuchsbedingungen wir herstellen müssen, um die Uebereinstimmung zu demjenigen Grade zu bringen, der überhaupt erreichbar ist. Und diese Bedingungen sind offenbar folgende: 1) Die Versuche müssen an Tieren angestellt werden, welche schon seit längerer Zeit mit immer genau derselben Nahrung ernährt worden sind, welche zur Erhaltung ihres Gleichgewichts eben ausreichend ist, und die Tiere müssen ihren Stoffwechsel mit dieser Nahrung in vollkommenes Gleichgewicht gesetzt haben. 2) Jeder einzelne Versuch muss hinlänglich lange Zeit dauern, um die kleinen Schwankungen, welche nicht ausgeschlossen werden können (z. B. in Folge von Muskelbewegung), möglichst unschädlich zu machen.

Diese beiden Grundsätze habe ich sowohl bei den schon erwähnten Versuchen über die Beziehungen der Wärmeproduktion zur Ernährung als auch bei denjenigen über die Beziehungen zur Atmung nach Möglichkeit durchzuführen versucht. Die Untersuchungen werden dadurch ungemein schwierig und langwierig, und das ist der Grund, warum sie so langsam vorrücken. Trotzdem glaube ich doch schon einige wertvolle Beziehungen erkannt zu haben, welche unser Verständnis der Lebensvorgänge zu fördern geeignet sind.

Lavoisier und Laplace brachten ein Meerschweinchen erst in das Eiskalorimeter, um die Wärmeproduktion zu messen, und dann in eine mit Quecksilber abgesperrte Glocke, um die produzierte Kohlensäure zu bestimmen. Dulong und Despretz bestimmten die respiratorischen Ausgaben während des Aufenthaltes des Tieres innerhalb des Kalorimeters, und diesem Beispiel sind alle Experimentatoren gefolgt. Der Vorzug unseres Luftkalorimeters besteht nun gerade darin, dass man die Versuche beliebig lange fortsetzen und dass man die Atmungsprodukte nach den bewährtesten Methoden bestimmen kann. Ich habe dazu sowohl die Pettenkofer'sche als auch die Regnault-Reiset'sche Methode verwertet. Für die letztere muss der Apparat entsprechend abgeändert, mit luftdichten Verschlüssen und den Vor-

richtungen für die Sauerstoffzuführung u. s. w. versehen werden. Dafür bietet sie aber den Vorteil, dass die Sauerstoffaufnahme nicht bloß mittelbar aus den übrigen Versuchsdaten berechnet, sondern ebenso wie die Kohlensäureausgabe unmittelbar bestimmt wird.

Bei ausreichend und gleichmäßig ernährten Tieren könnte man erwarten, dass ein nahezu konstantes Verhältnis zwischen Wärmeproduktion und respiratorischen Ausscheidungen bestehe [1]). Denn bei einem solchen Tiere müsste die oxydierte Substanz eine nahezu konstante Zusammensetzung und zwar diejenige der Nahrung haben. Dies ist nun auch nach meinen Untersuchungen nahezu der Fall, wenn man die einzelnen Versuchsperioden nicht zu kurz wählt, so dass sich die erwähnten, in der Natur der Stoffwechselprozesse begründeten Schwankungen einigermaßen ausgleichen. In einem solchen Falle kann man denn auch das hauptsächlichste Oxydationsprodukt, die Kohlensäure, herausgreifen und sie mit der Wärmeproduktion vergleichen. Man erhält so eine Verhältniszahl, welche angibt, wieviel Kalorien einem Gramm ausgeschiedener CO_2 entsprechen. Diese Verhältniszahl hat Herr Liebermeister mit dem Namen „Wärmeäquivalent der CO_2“ belegt. Dass demselben kein unveränderlicher Wert zugeschrieben werden könne, geht aus meinen Auseinandersetzungen hervor. Ich habe das auch an der Hand der früheren Bestimmungen des Herrn Senator wie meiner eigenen Untersuchungen nachgewiesen.

Beschränkt man sich aber auf die Fälle, in denen der Begriff des Wärmeäquivalents der CO_2, oder wie ich ihn bezeichnet habe, des „CO_2-Faktors der Wärme“ einen wahren physiologischen Sinn hat, so zeigt sich eine interessante Erscheinung. Der CO_2-Faktor schwankt dann innerhalb gewisser Grenzen. Ordnet man nun die Versuche einer längeren Versuchsreihe so, dass die Wärmeproduktion von den niedrigsten zu immer höheren Werten ansteigt, so bemerkt man, dass die zugehörigen CO_2-Faktoren gleichfalls eine ansteigende Reihe bilden. Das heißt aber: Wenn bei gleichbleibender Ernährung die Wärmeproduktion steigt, so wächst zwar die CO_2-Ausscheidung auch, aber in geringerem Maße. Dieser Satz gewährt uns einen wichtigen Einblick in die Stoffwechselökonomie der Tiere.

Um die wahre Bedeutung des Satzes zu erkennen, müssen wir beachten, dass die im Tierkörper verbrennenden Stoffe stets Gemenge verschiedenartiger chemischer Substanzen sind, deren jeder eine be-

1) Ich hatte anfänglich erwartet, ein solches konstantes Verhältnis am ehesten bei hungernden Tieren zu finden, weil das zur Verbrennung kommende Material des Tierkörpers dann einigermaßen gleichartig sein müsse. Später fand ich, dass die Verhältnisse bei den ausreichend ernährten Tieren noch günstiger liegen. Vergl. meine Mitteilungen an die königl. preuß. Akademie der Wissenschaften vom 13. Dezember 1888 und 28. März 1889.

stimmte CO_2-Menge liefert. Wäre das Verhältnis der verbrennenden Stoffe untereinander ein konstantes (z. B. immer gleich dem Verhältnis derselben in der Nahrung), so müssten produzierte Wärme und produzierte Kohlensäure auch ein konstantes Verhältnis zeigen, das heißt, der CO_2-Faktor müsste konstant sein. Das ist aber nach meinen Versuchen eben nicht der Fall. Also müssen wir schließen, dass auch bei gleichbleibender Nahrung das Mengenverhältnis der verbrennenden Stoffe wechselt und zwar derart, dass bei höherer Wärmeproduktion etwas mehr von den Stoffen verbrennt, welche auf eine gegebene CO_2-Menge mehr Wärme zu liefern vermögen.

Angenommen, wir fütterten einen Hund regelmäßig seit längerer Zeit mit Eiweiß und Fett im Verhältnis von 2 : 1, und der Hund befinde sich in vollkommenem Ernährungsgleichgewicht. Wenn wir annehmen, dass auch die innerhalb seines Körpers verbrennenden Substanzen Eiweiß und Fett in demselben Verhältnis seien, so berechnet sich der CO_2-Faktor für ein solches Gemenge von 2 Teilen Eiweiß auf 1 Teil Fett auf 2,803. Nun schwankte in meinen Versuchen der CO_2-Faktor innerhalb der Werte 2,5 und 3,4, der Mittelwert einer längeren Versuchsreihe war 2,9. Wir sehen also, dass zwar der Mittelwert dem berechneten ziemlich nahe kommt, dass jedoch bei niederer Wärmeproduktion wahrscheinlich verhältnismäßig mehr Eiweiß, bei höherer verhältnismäßig mehr Fett verbrannt wurde. Da diese Annahme vollkommen ausreicht, um alle beobachteten Erscheinungen zu erklären, so halte ich sie für sehr wahrscheinlich. Ich sehe in diesem Ergebnis meiner Versuche einen Beweis dafür, dass durch fortgesetzte Untersuchung der Wärmeproduktion unsere Erkenntnis der Stoffwechselvorgänge wesentlich vertieft und erweitert werden kann. Denn wir erfahren hier etwas, worüber uns die Stoffwechselversuche allein keinen genügenden Aufschluss geben würden. Die minimale Veränderung in der Ausgabe von N und C im Harn und in der Atmung sind viel zu gering, um einen sicheren Schluss darauf, wie viel von diesen Ausgaben auf die Zersetzung der einzelnen Substanzen (Eiweiß und Fett in unserem Falle) zu rechnen sei, zu gestatten. Die gleichzeitige Messung der Wärmeproduktion aber und die Vergleichung derselben mit den respiratorischen Ausscheidungen macht uns auf feine Unterschiede in dem Ablauf der Oxydationen aufmerksam, denen nachzugehen Aufgabe weiterer Untersuchungen sein wird.

Ich habe schon gesagt, dass bei Tieren mit so vollkommenem Ernährungsgleichgewicht, wie sie zu diesen Untersuchungen benutzt wurden, eine ziemlich gute Uebereinstimmung zwischen der thatsächlich gemessenen und der aus den Verbrennungswärmen der Nahrung berechneten Wärmeprodukten besteht, wenn man die Messungen auf genügend lange Zeiträume ausdehnt. Eine der theoretischen Schwierigkeiten für die Erklärung der tierischen Wärme, welche seit den

Arbeiten von Dulong und von Despretz so viele Erörterungen hervorgerufen haben, ist damit beseitigt. Diese Forscher glaubten bekanntlich gefunden zu haben, dass mehr Wärme produziert wird, als den chemischen Umsatzungen nach produziert werden könnte. Waren auch ihre Versuche und die Bereicherungen derselben nicht genügend, jene Behauptung zu stützen[1]), so musste es doch immer als ein Mangel angesehen werden, dass ein Naturgesetz von so einschneidender Bedeutung, wie das Gesetz von der Erhaltung der Energie, für die Wärmeproduktion der Tiere nicht bewiesen war. Meine Versuche haben diese Lücke ausgefüllt und die Bedingungen aufgewiesen, unter denen allein die gesuchte Uebereinstimmung nachweisbar ist.

Denn in der That fehlt diese Uebereinstimmung in allen Fällen, in denen die Ernährung entweder überreichlich, oder in denen sie unzureichend ist. Im ersteren Falle produziert das Tier weniger Wärme, als bei vollkommener Verbrennung der Nahrungsbestandteile produziert werden müsste, im letzteren Falle mehr. Dabei nimmt das Körpergewicht im ersteren Falle zu, im letzteren ab.

Die CO_2-Faktoren können in diesen Fällen größere Schwankungen aufweisen als in dem Fall der ausreichenden Nahrung. Sie können jedoch zur Berechnung der Wärmeproduktion nur mit großer Vorsicht benutzt werden, weil es unmöglich ist, mit Sicherheit zu bestimmen, aus welchen chemischen Substanzen die CO_2 hervorgegangen und wie die Oxydation verlaufen ist.

Auch zu Untersuchungen über den Einfluss äußerer Umstände auf die Wärmeproduktion thut man gut, womöglich immer von dem Zustand der ausreichenden Ernährung auszugehen. Von solchen Umständen habe ich zunächst den Einfluss der Umgebungswärme genauer untersucht. Bekanntlich wird von vielen Physiologen und Pathologen die Ansicht vertreten, dass eines der Hauptmittel der Wärmeregulierung bei den homoiothermen Tieren in einem Anpassungsvermögen der Wärmeproduktion gegeben sei, der Art, dass, unmittelbar durch das Nervensystem angeregt, bei jeder Abkühlung der Haut eine gesteigerte, bei jeder Erwärmung derselben eine verminderte Wärmeproduktion eintrete. Demgegenüber habe ich immer den Satz vertreten, dass zwar eine solche Anpassung für die Fälle größerer und langdauernder Schwankungen der Außentemperatur bestehen müsse, dass aber daneben auch die Anpassung der Wärmeausgabe von der Haut nicht nur bei der Regulierung mitwirke, sondern dass sie in vielen Fällen allein wirksam sei. Die Entscheidung konnte aber nur durch wirkliche Messung der Wärmeausgabe herbeigeführt werden, weil die früher versuchte Lösung der Frage auf dem Wege der Berechnung der Wärmeproduktion aus der CO_2-Ausgabe oder O-Aufnahme aus den schon erörterten Gründen unmöglich ist.

1) Man vergl. meine Kritik derselben in Hermann's Handbuch, Bd. IV, Teil 2, S. 358 fg.

Zu diesen Versuchen eignen sich Kaninchen besser als Hunde, weil sie auf Schwankungen der Außentemperatur schneller und stärker reagieren. An Kaninchen fand ich, dass die Wärmeproduktion bei einer gewissen mittleren Temperatur der Umgebung (ungefähr 15° C) ein Minimum zeigt und sowohl bei niederen wie bei höheren Temperaturen größer ausfällt. Dieses Ergebnis ist deshalb sehr interessant, weil Herr C. v. Voit ein ganz gleiches Verhältnis für die CO_2-Produktion beim Menschen gefunden hat. Bei Hunden konnte ich aus äußeren Gründen Temperaturen über 15° C nicht prüfen. Ich fand, dass innerhalb der Grenzen von + 5 bis + 15° Hunde im Allgemeinen mehr Wärme produzieren bei niederen Temperaturen; doch waren die Ergebnisse nicht so regelmäßig wie beim Kaninchen.

Ich habe auch untersucht, welchen Einfluss es auf die Wärmeproduktion hat, wenn die Versuchstiere vor der Messung in einer höheren oder niederen Temperatur gehalten wurden, als diejenige, bei welcher die Messung selbst erfolgte. Ich fand aber keinen namhaften Einfluss. Ich habe ferner den Einfluss verschiedener Medikamente und Gifte auf die Wärmeproduktion untersucht. Da aber diese Untersuchungen in enger Beziehung stehen zu denjenigen über über das Fieber, so will ich ihre Besprechung auf die späteren Abschnitte dieser Mitteilungen verschieben.

Wie man aus dem Vorhergehenden ersieht, habe ich durch meine Versuche ein ziemlich bedeutendes Erfahrungsmaterial über eine bisher sehr wenig experimentell bearbeitete, schwierige, aber ungemein wichtige Frage angesammelt und auch schon begonnen, dasselbe theoretisch zu verarbeiten[1]). Ich habe in vorstehenden Zeilen von den Ergebnissen meiner Arbeit nur diejenigen kurz zusammengefasst, welche mir vorerst als die wichtigsten erscheinen. Ich hoffe, dass es mir vergönnt sein wird, dieselben in späteren Mitteilungen zu ergänzen und zu vervollständigen.

Erlangen, den 14. Mai 1891.

Ueber die Ursachen der Schädigung der Fischbestände im strengen Winter.

Von Dr. **W. Kochs**, Privatdozent.

Der verflossene Winter 1890—1891 war für Europa der kälteste seit 1837—1838. Nach den Angaben von Prof. Hann war der vorige Winter um 3,7° zu kalt. Das letzte Dezennium ist überhaupt 0,3 bis 0,4° zu kalt. Seit 1877 haben wir keinen warmen Sommer mehr gehabt und zur Zeit befindet sich Europa entschieden in einer Kälte-

1) Demgegenüber ist es doch sehr auffallend, wenn Herr Rubner sagt, solche Versuche (nämlich länger dauernde kalorimetrische Messungen) hätten bisher, d. h. bis zur Konstruktion seines Apparats, nicht angestellt werden können (a. a. O. S. 35), und wenn er nicht bloß von meinen Arbeiten gar keine Kenntnis nimmt, sondern auch ganz verschweigt, dass die von ihm benutzte Methode schon lange vor ihm von Anderen erfunden worden ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Rosenthal Josef

Artikel/Article: Versuche über Wärmeproduktion bei Säugetieren. 488-498