Die Wärmeproduktion der Tiere.

Von **J. Rosenthal.**

Seitdem Lavoisier im Jahre 1870 die Wärmeproduktion eines warmblütigen Tieres mit Hilfe seines Eiskalorimeters zu bestimmen versucht hat, ist zwar die von ihm aufgestellte Theorie, nach welcher diese Wärmeproduktion das Resultat der im Tierkörper vor sich gehenden Oxydationen ist, von allen Physiologen anerkannt worden, mit dem genauen Nachweis des numerischen Zusammenhangs beider Vorgänge ist es aber schlecht bestellt. Weder Lavoisier's eigne Messungen und Berechnungen, noch die später auf Veranlassung der französischen Akademie angestellten Versuche von Dulong und von Despretz haben eine auch nur annähernde Uebereinstimmung ergeben. Eine solche war aber auch gar nicht zu erwarten, da weder die kalorimetrischen Methoden, welche jene Forscher anwandten, noch die Daten, welche sie ihren Berechnungen zu grunde legten, für die Lösung der Aufgabe geeignet sind.

Die kalorimetrische Messung der von einem lebenden Tier produzierten Wärme hat mit besondern Schwierigkeiten zu kämpfen. Da die Wärmeproduktion eine fortdauernde ist, die in der physikalischen Technik gebräuchlichen Methoden aber nur für Messung begrenzter Wärmemengen berechnet sind, so sieht man sich genötigt, die Tiere nur kurze Zeit in den Apparaten verweilen zu lassen. Das hat aber zwei große Uebelstände zur folge. Erstens ist durchaus nicht anzunehmen, dass die von einem Tier produzierte Wärme in der Zeit so gleichmäßig sei, dass man aus einem kurzen Versuch bindende Schlüsse ziehen dürfe. Zweitens aber sind jene Versuche alle noch mit einem andern Fehler behaftet, welcher ihren Wert ganz problematisch macht. Das warmblütige Tier (und um solche handelt es sich in den bisherigen Versuchen immer) hat meistens eine viel höhere Temperatur als die Kalorimetermasse, ja der Unterschied ist sogar in der Mehrzahl der Versuche ein sehr erheblicher. Die Temperaturzunahme des Kalorimeters setzt sich also aus zwei Summanden zusammen: aus derjenigen Wärmemenge, welche das Tier aus seinem Wärmevorrat abgibt, und derjenigen, welche es während der Versuchsdauer produziert und an das Kalorimeter abgegeben hat. Nur die letztere soll gemessen werden; der erstgenannte Anteil muss aber verhältnismäßig um so größer sein, je kürzere Zeit der Versuch gedauert hat. Will man aber, um jenen Fehler möglichst zu verkleinern, die Versuchsdauer sehr verlängern, so versagt das in der Regel angewandte Wasserkalorimeter seinen Dienst.

In der Absicht, diesen Schwierigkeiten zu begegnen und andere kalorimetrische Methoden anzuwenden, welche den eigentümlichen physiologischen Aufgaben besser gerecht werden, habe ich zuerst im Jahre 1878 ein „Verdampfungskalorimeter“ konstruiert und mit dem-

selben auch eine Reihe von Versuchen ausgeführt, über welche ich jedoch in dieser Mitteilung nicht weiter sprechen will, da sie nicht mit dem eigentlichen Gegenstande derselben zusammenhängen. Außerdem habe ich aber eine andere kalorimetrische Methode aufgenommen, welche schon im Jahre 1849 von Scharling angegeben worden, dann von Vogel, später von Hirn und neuerdings auch von d'Arsonval und von Richet benutzt worden ist. Ich habe mich in meiner Kritik dieser Methode in dem von Hermann herausgegebenen Handbuch der Physiologie (IV. 2. 367) sehr ungünstig über dieselbe ausgesprochen. Und in der That sind namentlich die von Hirn mit ihr gewonnenen Ergebnisse durchaus unzuverlässig. Weitere Beschäftigung mit derselben hat mich aber gelehrt, dass man ihre Fehler beseitigen, und dass sie zu brauchbaren Ergebnissen führen kann. Ich habe die Theorie dieses „Luftkalorimeters" und die Beschreibung des von mir benutzten Apparats im Archiv für Anatomie und Physiologie, physiol. Abt., 1888, Ergänzungsband S. 1 fg. gegeben und will deshalb hier nur ganz kurz das Prinzip andeuten. Bringt man ein Tier in einen Raum, welcher von einen doppelten Mantel umschlossen ist, so wird die zwischen diesen Mänteln eingeschlossene Luft von dem Tier Wärme aufnehmen und an ihrer äußern Fläche an die kältere Umgebung abgeben. Nach Verlauf einer gewissen Zeit stellt sich ein Gleichgewichtszustand her, bei welchem Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe einander gleich sind; aus der dann erreichten Temperatur der Luft kann man die Wärmeproduktion des eingeschlossenen Tiers berechnen.

Ich habe nach dieser Methode eine große Zahl von längern Versuchsreihen angestellt. Ihr großer Vorzug ist es eben, dass man das Tier viele Stunden, ja Tage lang in dem Apparat belassen kann, da es sich innerhalb desselben in durchaus normalen Verhältnissen befindet, wenn man nur für genügende Ventilation Sorge trägt. Man kann auch die Fütterung innerhalb des Apparats vornehmen, ohne den Versuch zu unterbrechen. Man kann die Versuche bei verschiedenen Temperaturen der Umgebung anstellen, kurz man kann alle Faktoren, welche auf die Wärmeproduktion von Einfluss sein können, der Reihe nach durch den Versuch prüfen.

Von den Ergebnissen dieser Untersuchung, welche ich erst zum kleinsten Teile schon in der oben angeführten Abhandlung mitgeteilt habe, will ich hier nur einige erörtern. Ich habe festgestellt, dass bei regelmäßiger Ernährung die Wärmeproduktion längere Zeit so weit konstant sein kann, dass sie innerhalb gewisser enger Grenzen schwankt. Erfolgt die Fütterung in regelmäßigen Zwischenräumen, z. B. alle 24 Stunden, so steigt die Wärmeproduktion in der 2. bis 3. Stunde nach der Fütterung an, erreicht in der 5. bis 7. Stunde ein Maximum und sinkt dann wieder. Das Maximum der Verdauungssteigerung beträgt ungefähr 25 % des Wertes, welcher unmittelbar

vor der Fütterung vorhanden war. Doch ist dieser Wert durchaus nicht immer das Minimum der 24stündigen Periode; vielmehr tritt dieses in der Regel etwas früher ein, etwa in der 16. bis 20. oder 21. Stunde.

Lässt man ein Tier hungern, so nimmt die Wärmeproduktion ab; diese Abnahme tritt jedoch bei einem gut genährten Tier erst nach einigen Tagen ein, nach reichlicher Fütterung erst am 6. oder 7. Tage. Gibt man dann wieder das frühere Futter, so sinkt die Wärmeproduktion in den folgenden Tagen noch weiter und erhebt sich erst am 4. oder 5. Tage, um dann ziemlich schnell wieder den normalen Stand zu erreichen. War das Tier aber vor der Nahrungsentziehung nur grade so weit genährt worden, dass es dabei eben bestehen konnte, so tritt unmittelbar nach der Nahrungsentziehung sofort ein erhebliches Sinken der Wärmeproduktion auf. Dauert die Nahrungsentziehung nur kurze Zeit, so macht die Abnahme der Wärmeproduktion sofort wieder einer Steigerung platz, sobald wieder Nahrung aufgenommen wird.

Der große Einfluss, welchen die Verdauung auf die Wärmeproduktion hat, macht es ganz unmöglich, aus einem kurz dauernden Versuch, etwa während einer Stunde, durch Multiplikation mit 24 einen brauchbaren Wert für die gesamte Wärmeproduktion innerhalb eines Tages abzuleiten. Der berechnete Wert würde eben, je nachdem der Versuch in die Zeit des Minimums oder des Maximums gefallen wäre, viel zu kleine oder viel zu große Werte ergeben. Es ist auch nicht möglich, eine Zeit anzugeben, in welcher die Wärmeproduktion dem Mittelwerte der 24stündigen Periode gleich ist. So regelmäßig verlaufen leider die Prozesse, von denen die Wärmebildung in dem Körper eines Säugetiers abhängen, nicht; vielmehr tritt ebensowohl das Maximum wie das Minimum, wie auch der dem Gesamtmittel am nächsten kommende Wert bald etwas früher, bald etwas später ein. Dieser Umstand erschwert natürlich die Vergleichung von Werten, welche an demselben Tier an verschiedenen Tagen oder gar an verschiedenen Tieren gewonnen worden sind, ungemein. Wir sind vielmehr gezwungen, da, wo wir solche Vergleichungen anstellen müssen, um den Einfluss verschiedener Umstände auf die Wärmeproduktion zu studieren, immer längere Perioden der Vergleichung zu grunde zu legen. Doch brauchen solche Perioden nicht grade immer 24stündige zu sein. Es empfiehlt sich vielmehr wegen der sehr unregelmäßigen Wärmeproduktion innerhalb der Verdauungszeit, diese wenn möglich zu vermeiden und zu solchen vergleichenden Beobachtungen die letzten 10—12 Stunden vor der Fütterung zu benutzen, da innerhalb dieser Zeit die Wärmebildung, wenn alle Bedingungen so gleich erhalten werden, als es in der Macht des Experimentators steht, hinreichend gleichmäßig ausfallen.

Da zu kurze Versuchsperioden den im Eingang bereits erwähnten

Fehler haben, dass sie gar nicht die wirkliche Wärmeproduktion während der Versuchszeit messen, so versteht es sich ganz von selbst, dass alle Folgerungen, welche man aus solchen gezogen hat, wertlos sind und einer erneuten Prüfung unterzogen werden müssen. Dies gilt vor allen Dingen auch von der wichtigen von Lavoisier, Dulong und Despretz behandelten Frage nach den Quellen der tierischen Wärme. Angenommen es bestehe, wie diese Forscher als Voraussetzung ihrer Versuche und Berechnungen angenommen haben, ein genaues Verhältnis zwischen Wärmeproduktion und den respiratorischen Ausscheidungen, so würde ein solches doch immer nur in längern Zeiträumen experimentell nachweisbar sein können. Damit es auch in kürzern Versuchen sich stets und ausnahmslos zeige, müssten noch eine ganze Reihe anderer Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein. Erstlich, die in jedem Zeitteilchen irgendwo im Tierkörper produzierte Wärme müsste sogleich als freie Wärme auftreten und sofort nach außen abströmen und sich dem Kalorimeter mitteilen; zweitens, die an irgend einer Stelle des Tierkörpers eintretenden chemischen Prozesse, durch welche Wärme frei wird, müssten sofort zur Bildung von Endprodukten (CO_2 und H_2O) führen, welche in den respiratorischen Ausscheidungen auftreten; drittens endlich, diese Endprodukte der im Körper vor sich gehenden Oxydationen müssten in dem Maße, wie sie entstehen, sofort in genau gleichem Betrage in den Ausscheidungen nachweisbar sein. Es bedarf wahrlich nur dieser Aufzählung der Bedingungen, um erkennen zu lassen, dass sie nicht zutreffen. Wir werden uns also nicht im geringsten wundern dürfen, dass die Versuche jener Forscher das von ihnen erwartete Resultat nicht ergeben haben, um so mehr als die Messung der Wärmeproduktion aus den schon angeführten Gründen in ihren Versuchen einen zu großen Wert ergeben musste, so dass ein Defizit des berechneten Wertes gegen den gemessenen, wie sie es gefunden haben, eigentlich auch dann hätte eintreten müssen, wenn ihre Voraussetzungen richtig und ihre Berechnungen genauer gewesen wären, als sie nach der Art ihrer Versuche und ihrer Berechnung sein konnten.

Wenn wir nun jetzt aufgrund unserer fortgeschrittenen Kenntnis von den Vorgängen im Tierkörper die von jenen Forschern aufgeworfenen Fragen wieder aufnehmen wollen, so müssen wir vor allem versuchen, die Fragen so scharf zu formulieren, dass eine bestimmte Antwort zu erwarten ist. Ich will versuchen, dies zu thun und zunächst die Frage behandeln, ob überhaupt ein konstantes Verhältnis zwischen Wärmeproduktion und irgend einem der Ausscheidungsprodukte oder ihrer Gesamtheit vorhanden sein kann. Ich beginne mit der Kohlensäure.

Da CO_2 im Tierkörper nicht aus reinem Kohlenstoff, sondern aus verschiedenen organischen Stoffen von wechselnder Zusammensetzung entsteht, so kann das Verhältnis sicher kein absolut konstantes

sein. Es müssen einer gewissen Menge im Körper entstandener CO_2 verschiedene Wärmemengen entsprechen, je nachdem die CO_2 aus Eiweiß oder aus Fett entstanden ist. Da wir dies der ausgeatmeten CO_2 aber nicht ansehen können, so können wir ein einigermaßen konstantes Verhältnis nur erwarten, wenn die Bedingungen des Stoffumsatzes einigermaßen konstante sind. Dies wird am ehesten im Hungerzustande der Fall sein. Aus diesem Grunde habe ich eine Reihe von Bestimmungen der CO_2-Ausscheidung an hungernden Hunden vorgenommen, bei welchen gleichzeitig die Wärmeproduktion gemessen wurde. v. Liebermeister hat ein konstantes Verhältnis zwischen ausgeatmeter CO_2 und Wärmeproduktion angenommen und berechnet, dass 1 g CO_2 3, 2 Ca entsprechen. Um die Vergleichung mit diesem Liebermeister'schen „Kohlensäurefaktor" zu erleichtern, will ich die von mir in einem meiner Versuche gefundenen Werte der Wärmeproduktion in Stundenkalorien ausdrücken und die in der gleichen Zeit ausgeamte CO_2 daneben setzen.

Ich fand im Hunger:

3,16 CO_2	14,4 Ca
3,79 CO_2	16,1 Ca
1,99 CO_2	8,64 Ca.

Daraus berechnet sich als CO_2-Faktor, d. h. als der auf 1 g CO_2 entfallende Betrag an produzierter Wärme:

4,557 4,248 4,342 im Mittel 4,382.

Die Uebereinstimmung dieser Zahlen ist so groß, wie man sie bei derartigen Versuchen überhaupt nur erwarten konnte. Aber selbst dieser Grad von Uebereinstimmung wird vermisst, wenn es sich um fressende Tiere handelt, auch dann, wenn die Ernährung eine vollkommen gleichmäßige ist. Als Beleg für diese Behauptung mögen folgende Zahlen dienen.

Bei einem gut und gleichmäßig ernährten Tier war an 3 auf einander folgenden Tagen der Wärmefaktor der CO_2:

in der 4. Fütterungsstunde: 7,0 4,86 6,7
in der 20. Fütterungsstunde: 6,0 5,8 8,68.

Schwankungen innerhalb so weiter Grenzen machen offenbar jede Berechnung der Wärmeproduktion aus der CO_2-Abgabe ganz unzulässig. Sicher würde die Uebereinstimmung eine bessere werden, wenn man längere Beobachtungsperioden wählen würde. Denn die in einer Stunde ausgeatmete CO_2 ist eben nicht identisch mit der in dieser Zeit produzierten. Je länger die Beobachtungszeit ist, desto mehr gleichen sich die zufälligen Schwankungen aus. Ist aber die Beobachtung noch kürzer, so wird die Vergleichung natürlich noch unsicherer. Ich muss deshalb jetzt noch mehr, als ich das schon früher gethan habe, alle Schlussfolgerungen aus der CO_2-Produktion auf die Wärmeproduktion für unzulässig erklären und das um so mehr, wenn die

Beobachtungen sich auf Zeiträume von nur 10 Minuten erstrecken, wie dies bei manchen Versuchen der Fall ist, welche von ihren Urhebern zu weitgehenden Folgerungen verwertet worden sind. Aber selbst bei Perioden von 24 Stunden etwa wird man eine wirklich genaue Uebereinstimmung durchaus nicht voraussetzen dürfen nach dem, was oben über die Mannigfaltigkeit der im Körper zur Verbrennung gelangenden Stoffe gesagt worden ist. Statt eines Kohlensäurefaktors würde man vielmehr deren mehrere für die verschiedenen Ernährungsweisen aufstellen müssen.

Was ich hier von der ausgeatmeten CO_2 gesagt habe, gilt sicher noch in viel höherem Grade von der Wasserabgabe; es muss zu den größten Täuschungen führen, wenn man die in einer begrenzten Zeit abgegebene Wassermenge als in dieser Zeit gebildet ansehen wollte, wie dies Dulong und Despretz gethan haben. Davon kann angesichts des schnellen und zuweilen sehr großen Wechsels in der Wasserabgabe gewiss nicht die Rede sein. Aber in einer andern Hinsicht ist die Bestimmung der Wasserabgabe von großer Bedeutung. Wir messen mit dem Kalorimeter immer nur einen Teil der wirklich in der Versuchszeit gebildeten Wärme; ein anderer Teil wird durch die gleichzeitig erfolgende Abgabe von Wasser in Dampfform gebunden. Wollen wir also Berechnungen über die wahre Wärmeproduktion anstellen, so müssen wir diesen letztern Anteil gesondert bestimmen und ihn zu dem kalorimetrisch bestimmten hinzuaddieren. Diese Rechnung würde sich für die Versuche der genannten französischen Forscher ausführen lassen, doch würde das keinen Wert haben, weil einmal ihre kalorimetrischen Messungen zu ungenau sind, zweitens aber ihre theoretischen Berechnungen der Wärmebildung aufgrund der Annahme, dass der verbrannte Kohlenstoff und Wasserstoff gleiche Wärmemengen geliefert habe, als ob diese Elemente im freien Zustande verbrannt wären, ja sicher unrichtig ist. Es hat deshalb auch keine Bedeutung, dass durch eine solche Korrektion der Werte in jenen Versuchen die Differenz zwischen den gefundenen und berechneten Werten noch größer ausfallen würde. Wir müssen uns vielmehr nach einer ganz neuen Grundlage für die Berechnung umsehen, wenn wir in diesem schwierigen Gebiete weiter kommen wollen.

Auch die Bestimmung des aufgenommenen Sauerstoffs kann die gesuchte Grundlage nicht bilden. Wir sind ebenso wenig berechtigt zu erwarten, dass jedes Molekül Sauerstoff, welches in den Körper eintritt, sofort zur Verwendung gelange, um eine gleichzeitig kalorimetrisch nachweisbare Wärmemenge zu bilden, als wir das Analoge für die Kohlensäure- und Wasserbildung für unzulässig erkannt haben. Und ebenso wenig würde die Annahme, dass jedes Molekül Sauerstoff, wenn es sich mit einem Bestandteil des Körpers verbindet, immer und unter allen Umständen einen gleichen Betrag von Wärme

freimache, auf Berechtigung Anspruch haben. Es kann sicher keinen festen und unveränderlichen O-Faktor geben, wie es keinen festen und unveränderlichen CO_2-Faktor gibt. Ich brauche das nicht weiter auszuführen, da alles bei der CO_2 gesagte in gleicher Weise für den aufgenommenen O gilt; auch für diesen wird eine Kongruenz nur in sehr beschränktem Maße gelten können, wenn die Berechnung für sehr lange Zeiträume vorgenommen, und wenn in dieser Zeit der Zustand des Tierkörpers möglichst gleichmäßig geblieben wäre.

Aus dem Gesagten geht jedenfalls zweierlei hervor: erstens, die Versuche von Dulong und Despretz beweisen nicht, dass es außer den im Tierkörper vor sich gehenden Oxydationsprozessen noch andere Wärmequellen gebe; denn weder ihre Wärmemessungen noch ihre Berechnungen sind genau genug, um einen solchen Schluss irgendwie zu gestatten. Zweitens, aus der Messung der Respirationsprodukte allein darf kein Schluss auf die Wärmeproduktion gezogen werden, und Schlüsse dieser Art sind um so unzuverlässiger, je kürzer die Zeit der Beobachtung ist. Messungen von einer Stunde Dauer geben annähernd zuverlässige Werte auch nur unter ganz besonders günstigen Umständen z. B. bei längerem Hungern.

Es gibt aber schließlich noch eine andere Art, die Wärmeproduktion zu berechnen, nämlich aus den Nahrungsmitteln. Wenn wir es für richtig halten, dass die Quelle der tierischen Wärme nur in den chemischen Umsetzungen gegeben sei, dann muss die produzierte Wärme gleich der Summe der Verbrennungswärmen aller verbrauchten Nahrungsstoffe sein. Die Verbrennung derselben geht im Tierkörper nicht vollkommen vor sich, insbesondere liefern die Eiweißkörper nur einen Teil der in ihnen enthaltenen Energie, weil das Endprodukt ihrer Umsetzung, der Harnstoff, selbst noch brennbar ist; aber die physiologische Verbrennungswärme jedes einzelnen Nahrungsstoffs, wie wir es kurz bezeichnen können, lässt sich doch bis zu einem gewissen Grade bestimmen. Frankland, Danilewsky und in neuester Zeit Rubner haben solche Bestimmungen gemacht. Zwar bleibt auch bei den Berechnungen auf dieser Grundlage immer die Schwierigkeit bestehen, dass die aufgenommene Nahrung nicht ohne weiteres der umgesetzten gleich zu sein braucht, aber wir wissen doch aus den zahlreichen und höchst sorgfältigen Untersuchungen Voit's und seiner Schüler in diesem Gebiete viel genauer Bescheid und können für den Fall langanhaltender gleichmäßiger Fütterung in der That auf eine genügende Gleichmäßigkeit der Umsetzungen rechnen. Rubner hat denn nun auch geglaubt, die Lücke der mangelnden kalorimetrischen Messungen durch Berechnung auf grund seiner für die Verbrennungswärmen gefundenen Zahlen ergänzen zu können. So einfach liegt indess die Sache doch nicht. Selbst wenn alle Voraussetzungen derartiger Berechnungen über allen Zweifel erhaben wären, so würde es doch immer noch eine wichtige Aufgabe bleiben, die

gemachten Voraussetzungen durch den Versuch zu prüfen; erst wenn die berechneten Werte mit den experimentell gemessenen übereinstimmend gefunden wären, dürften wir unsere Aufgabe für vollkommen gelöst ansehen. Davon sind wir aber noch sehr weit entfernt. Denn meine Versuche lehren, dass auch bei vollkommen gleichmäßiger, längere Zeit andauernder Fütterung die kalorimetrisch gemessene Wärmeproduktion dennoch große Unterschiede aufweisen kann. Ich will hierfür nur ein Beispiel aus einer längern Versuchsreihe anführen. Ein Hund, welcher schon seit langer Zeit ganz gleichmäßig gefüttert wurde (täglich 200 g Fleisch, 25 g Speck und 75 g Wasser) und dessen Gewicht nur wenig um den Mittelwert von 4300 g schwankte, der sich also im Nahrungsgleichgewicht befand, produzierte an auf einander folgenden Tagen ganz verschiedene Wärmemengen, welche zwischen 2,0 und 5,0 Sekundenkalorien lagen. Die vorausgesetzte Kongruenz zwischen Ernährung und Wärmebildung besteht also jedenfalls nicht in so unbedingter Art, dass man ohne weiteres von der einen auf die andere schließen könnte, ohne Rücksicht auf andere, noch erst zu erörternde Nebenumstände. Diese Erfahrung steht in Widerspruch zu dem oben ausgesprochenen Satz, dass bei regelmäßiger Ernährung die Wärmeproduktion nur innerhalb enger Grenzen schwanke. Aber neben der Ernährung haben eben noch andere Umstände auf die Wärmeproduktion Einfluss. Welcher Art diese Einflüsse sind, das will ich in einem zweiten Aufsatz weiter erörtern.

Erlangen im November 1888.

Die Blutgase.

Aus einem Vortrage, gehalten von Dr. John Gray Mc Kendrick bei der Jahresversammlung der „British Medical Association“ zu Glasgow am 10. August 1888.

(Fortsetzung aus Nr. 17.)

Unsere Kenntnisse von der Kohlensäure im Blute sind nicht so zuverlässig wie diejenigen vom Sauerstoff. Zunächst steht fest, dass fast die ganze zu erhaltende Kohlensäure im Plasma enthalten ist. Defibriniertes Blut gibt nur wenig mehr Kohlensäure ab als dieselbe Menge Serum von demselben Blut. Blutserum gibt an Kohlensäure im Vakuum etwa 30 Raumteile auf hundert ab; davon einen kleinen Teil — nach Pflüger etwa 6 — erst dann, wenn man eine organische oder mineralische Säure zusetzt. Dieser kleinere Teil ist also chemisch gebunden, gradeso wie Kohlensäure in kohlensauren Salzen, aus denen sie nur durch eine stärkere organische oder anorganische Säure ausgetrieben werden kann. Asche von Serum liefert etwa ein Siebentel ihres Gewichtes an Natrium; dieses ist der Hauptsache nach mit Kohlensäure zu Karbonaten verbunden, und ein Teil der Kohlensäure des Blutes besteht aus solchen Salzen. Jedoch hat man gefunden,

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1888-1889

Band/Volume: 8

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

Artikel/Article: Die Wärmeproduktion der Tiere. 657-664