

Ueber die Aenderung des respiratorischen Gasaustausches durch die Zufügung verbrennlicher Molecüle zum kreisenden Blute.

Von

Dr. Scheremetjewski.

Die verschiedenen Ansichten, welche über die Ursachen der energischen Oxydationen aufgestellt sind, denen man im thierischen Körper begegnet, lassen sich unter zwei Gruppen zusammenfassen. Nach der ersten derselben entstehen innerhalb der Gewebe oder der Gefässe aus den schwerer oxydirbaren Molecülen und insbesondere durch Zerlegung derselben, Verbindungen, welche sich durch den im Blute anwesenden Sauerstoff leicht oxydiren lassen. Den Beweis dafür, dass diese Annahme begründet sei, hat neuerdings *Al. Schmidt* und zwar dadurch geliefert, dass er in sauerstofffreiem Erstickungsblute die Anwesenheit von Stoffen nachwies, welche durch einen Zusatz von Sauerstoff in Kohlensäure und Wasser umgewandelt werden können. — Die zweite Ursache, welche man zur Erklärung der energischen Oxydationskräfte herbeizog, legte man in die Befähigung irgend eines lebendigen Bestandtheils dem Sauerstoff des Blutes ozonähnliche Eigenschaften zu ertheilen. Dieser Annahme fehlte es bis dahin an unterstützenden Thatsachen. Diese letzteren könnte man vielleicht dadurch zu gewinnen hoffen, dass man dem cirkulirenden Blute gewisse Atomgruppen zusetzt und sich dann überzeugt, ob dieselben rasch verbrannt werden, oder ob sie unzersetzt im Blute verweilen können. Sollte sich hierbei herausstellen, dass diejenigen Stoffe auch im Blutkreislauf rasch oxydirt würden, von denen wir wissen, dass sie den Angriffen des Ozons leicht unterliegen, so würde hierdurch allerdings ein Wahrscheinlichkeitsbeweis für die obengenannte Annahme geliefert sein. Eine grössere Tragweite als die der Wahrscheinlichkeit könnte jedoch in kei-

nem Fall einer solchen Thatsachenreihe beigemessen werden, da sich auch noch andere Erklärungen für das Zustandekommen jener Oxydation auffinden lassen.

Trotz der Zweideutigkeit, welche den soeben erwähnten Versuchen rücksichtlich der Frage nach den Oxydationswirkungen innewohnt, schien mir eine Ausführung derselben doch von Belang zu sein. Dies dürfte namentlich dann der Fall sein, wenn man zur Injection in das lebendige Blut nur solche Verbindungen wählt, welche nachweislich normale Bestandtheile des thierischen Körpers sind. Sollte sich ergeben, dass einige derselben den Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung erhöhen könnten, während diess andere nicht zu thun vermöchten, so würde man daraus schliessen dürfen, dass die ersteren alsbald zerstört würden, sowie sie in den Blutstrom gelangten. Diese Auskunft würde, ganz abgesehen von der Erklärung, welche man ihr unterschieben wollte, jedenfalls eine praktische Bedeutung haben. Aus diesem Grund habe ich die folgende Versuchsreihe, welche mir Herr Professor *C. Ludwig* vorgeschlagen hat, ausgeführt.

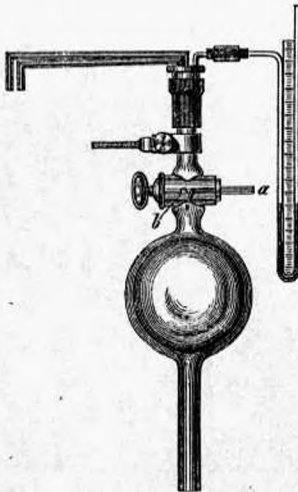
Methodische Bemerkungen. Das Verfahren, welches ich bei der Ausführung der Versuche einschlagen musste, war dadurch vorgezeichnet, dass ich die Athemgase als Erkennungsmittel für die eingetretene Oxydation benutzte. Zur Bestimmung derselben diente mir der Fang-Apparat der Athmungsprodukte von *C. Ludwig*, welchen *Dr. Sanders Esn* beschrieben und auf seine Brauchbarkeit geprüft hat. Während der zahlreichen Versuche, die ich mit demselben anstellte, bin ich noch auf einige Umstände aufmerksam geworden, durch deren Berücksichtigung die Genauigkeit des Verfahrens wesentlich erhöht wird.

Nach meinen Erfahrungen ist es durchaus nothwendig, an jedem Versuchstage aus dem Gasometer, welcher den Sauerstoffvorrath enthält, eine Probe zur Analyse abzunehmen. Diese Vorsichtsmassregel wird nöthig, weil sich der Sauerstoffgehalt des Gasometerinhaltes stetig vermindert. Diese Aenderung war allerdings von vornherein nicht wahrscheinlich, da die Flasche, welche zur Aufhebung des Sauerstoffs diente, mit einem vorzüglich gearbeiteten Messinghahn verschlossen war, der zudem überall unter Wasser stand. Da ich mich jedoch überzeugt habe, dass der O-Gehalt der Gasometerluft sich im Verlaufe

einiger Tage so weit ändert, dass die Abnahme des O durch die Gasanalyse nachgewiesen werden kann, so scheint hieraus zu folgen, dass trotz der erwähnten Vorsichtsmassregeln der Abschluss des genannten Luftraums kein vollständiger ist. Als einmal der O im Gasometer viele Wochen hindurch aufbewahrt war, traf ich ihn so stark mit Stickgas verunreinigt, dass er überhaupt für den Versuch unbrauchbar wurde. Bei dem von mir benutzten Apparate geschieht dieses jedesmal, wenn sich der Stickstoffgehalt in der Luft des Gasometers über 6% erhöht. Da bekanntlich der Versuch solange fortgesetzt wird, bis das Thier ein Luftvolum verbraucht hat, welches demjenigen gleich ist, das aus dem Gasometer abgelassen wurde, und da das Thier vorzugsweise, wenn nicht allein, den Sauerstoff aus der ihm zugängigen Luft entfernt, so wird durch den Stickstoff, welchen die Gasometerluft mitbringt, der O-Gehalt im Athmungsraum herabgedrückt. Unter der Voraussetzung, dass die Gasometerluft den oben bezeichneten Gehalt an N besitzt, wird bei den Dimensionen des hiesigen Apparates der O-Gehalt des Athmungsraums unter 45% erniedrigt, so dass demnach die Atmosphäre, in welcher das Thier schliesslich athmet, zu weit von der Zusammensetzung der gewöhnlichen Luft abweicht, als

dass die Störungen zu vernachlässigen seien, welche hierdurch in den Gasaustausch eingeführt werden.

Um die Genauigkeit der O-Bestimmung, insofern sie durch die Einrichtung des Apparates garantirt wird, noch weiter als bisher zu erhöhen, wurde statt der von Sanders Ezn verwendeten O-Kugel eine andere benutzt. Die Röhre, welche nach oben hin von der O-Kugel abgeht, trägt statt des früher nur einmal durchbohrten nun einen T förmig durchbohrten Glashahn *a* u. *b*; hierdurch war es möglich, den O-führenden Raum schärfer als bisher von



dem Athmungsraume abzugrenzen. Bei dem Versuche wurde der Hahn folgendermassen gehandhabt: Zuerst ward er in eine Stellung gebracht, bei welcher die O-Kugel nach oben hin vollkommen abgeschlossen war, in dieser Stellung ward das in der Kugel enthaltene Wasser gegen den O ausgetauscht. Wenn dieses geschehen, so übertrifft der Druck des Kugelinhalts den der Atmosphäre; um die für den Versuch nothwendige Gleichheit beider Drucke herbeizuführen, bedient man sich der knieförmigen Hahnbohrung *a*. Man stellt sie vorübergehend so ein, dass der Kugelraum mit der Atmosphäre communicirt, wobei dem gespannten O-Gas Gelegenheit zum Entweichen geboten wird. Bei einer raschen Vollführung des Handgriffs kann man, wie nachher das Manometer zeigt, die Sauerstoffspannung der atmosphärischen vollkommen gleich machen, ohne dass man ein Eindringen von atmosphärischer Luft in die Kugel zu fürchten hätte. — Ist der Binnendruck der Kugel dem atmosphärischen gleich, so dreht man den Hahn in die Stellung, bei welcher durch die Oeffnung *b* die Kugel mit dem Athmungsraum communicirt; alsdann kann der Versuch in der von *Sanders Ezn* beschriebenen Weise beginnen. Beendigt wurde derselbe, wenn das Wasser aus der Druckflasche bis an den Hahn gestiegen war, so dass zu Ende des Versuchs das Wasser genau den Raum ausfüllte, welcher im Beginn desselben von der O-reichen Luft eingenommen wurde. Da der Raum der Glasröhre über dem Hahn und zwar bis zu letzterem hin ventilirt wurde, so konnte man auch sicher sein, dass die Luft in dieser Abtheilung des Apparates schliesslich genau so zusammengesetzt war, wie in jeder andern desselben.

In die Ventilationskugeln, welche mit Quecksilber, Barytlösung und Luft gefüllt sind, habe ich jederseits ein Thermometer eingefügt, so dass mir die Temperatur der Luft zu Ende des Versuchs bekannt war. In der Regel übertraf die Schlusstemperatur des Athmungsraums die der Atmosphäre um 4° C.

Die Kohlensäurebestimmung, welche bekanntlich durch Titrirung der Barytlösung ausgeführt wird, habe ich etwas anders vorgenommen, als sie *Pettenkofer* vorschreibt. Die Neutralisation geschah mit sehr verdünnter, genau graduirter Schwefelsäure, welche mit Lackmustinctur versetzt war; in die Schwefelsäure wurde solange die Barytlösung eingelassen, bis die Flüssigkeit eine weinrothe Farbe annahm. Zu dieser kleinen, auch

von anderer Seite her empfohlenen Abänderung des Verfahrens entschloss ich mich, nachdem ich durch eine vergleichende Untersuchung die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass man durch sie übereinstimmendere Resultate erhält, als sie das Curcumapapier gewährt, selbst wenn letzteres mit aller Sorgfalt dargestellt ist.

Da alle Versuche mit möglichster Präcision ausgeführt sind und da, soweit ich sehe, durch das Verfahren kein wesentlicher Fehler eingeführt wird, so könnte ich mit einiger Hoffnung auf Erfolg die Betheiligung des Stickgases an der Athmung discutiren, selbst wenn dieses nur in der Absicht geschieht, um den Grad von Genauigkeit zu beleuchten, welcher meinen O-Bestimmungen zukommt.

Geht man von der Annahme aus, dass während einer Zeit von 25—30 Minuten (das Maximum je einer meiner Beobachtungszeiten) keine merkliche Menge Stickstoffs von dem Thiere eingenommen oder ausgegeben worden sei, so müsste man am Ende des Versuchs dieselbe Stickstoffmenge wiederfinden, die im Anfang desselben vorhanden gewesen wäre. Bezeichnete man also mit N den »procentigen« Stickstoffgehalt der atmosphärischen Luft, mit \mathfrak{N} denjenigen der sauerstoffreichen Luft des Kugelinhalts und mit n den Stickstoffgehalt des Athmungsraums zu Ende des Versuchs; wäre ferner V das Volum des Athmungsraums und v das Volum der Sauerstoffkugel, so müsste $NV + nv = \mathfrak{N}V$ sein. Unter 82 Beobachtungen, welche ich in der nachstehenden Abhandlung mittheilen werde, finden sich jedoch nur 7 Fälle, in welchen die Werthe, die sich aus der genannten Hypothese berechnen, mit dem Ergebniss der Beobachtungen übereinstimmen, oder nur ganz unbedeutend von demselben abweichen.

Die Frage nun, ob sich die gefundene Abweichung auf physiologische durch das Thier gegebene Bedingungen, oder aber ob sie sich auf fehlerhafte Beobachtungsmittel gründet, kann man, wie ich glaube, durch die folgende Betrachtung entscheiden.

Die Abweichungen, welche die restirenden Stickstoffmengen von den ursprünglich vorhandenen darbieten, sind bald positiv und bald negativ. Wir würden also, indem wir nach

Fehlern suchen, zu erörtern haben, wie durch sie ein Verlust oder ein Ueberschuss an N erzeugt werden könnte.

In erster Linie wären die analytischen Fehler zu stellen. Da die Bestimmung der absoluten N-Menge aus zwei O-Messungen hervorgeht, nämlich derjenigen, welche die Luft des O-Behälters und derjenigen, welche die Luft des Athmungsraums zu Ende des Versuchs besitzt, so ist die Bestimmung des N-Gehalts möglicherweise um das Doppelte des analytischen Fehlers zu hoch oder zu niedrig. Wir wollen den Fehler, welcher je bei einer Analyse begangen werden kann, zu $\pm 0.50\%$ annehmen, ein Werth, der jedoch bei nur einigermaßen sorgfältiger Arbeit niemals erreicht wird. Gesetzt aber, er sei so gross gewesen und er falle bei einer jeden der beiden Bestimmungen auf dieselbe Seite, so könnte die Fehlersumme bei den Dimensionen meines Apparates nicht über 5 CbC. steigen, sie könnte dagegen ebensowohl das positive als das negative Vorzeichen besitzen. Unter meinen Beobachtungen kommen 57 Fälle vor, in welchen das restirende N-Volum um 5 bis gegen 6 CbC. grösser oder kleiner ist als das ursprünglich vorhandene. Obwohl es unwahrscheinlich ist, dass sämtliche bis zu 6 CbC. betragende Abweichungen den analytischen Fehlern zuzuschreiben sind, so wollen wir dennoch diese Annahme in Hinblick auf das Folgende machen. Geschieht dieses, so bleiben mir immer noch 26 Fälle übrig, in denen der N-Unterschied so gross ist, dass er auf keinen Fall auf die bis dahin versuchte Weise zu erklären ist. Wir hätten uns also noch nach andern Fehlern umzusehen.

Zu den Umständen, welche zu einem Verlust von N führen müssen, gehören Undichtigkeiten des Apparats, durch welche ein Luftantheil aus dem Athmungsraum zu entweichen vermag. Da statt der ausgetretenen stickstoffreichern eine an diesem Gas viel ärmere Luft aus der Sauerstoffkugel nachdringt, so muss hierdurch ein Verlust an N entstehen. Die Möglichkeit, dass ein solcher Fehler eintreten könne, lässt sich nicht bestreiten; denn wenn man auch vor Beginn des Versuchs alle übrigen Stücke auf ihren Verschluss prüfen kann, was ich selbstverständlich nie unterliess, so ist es doch unmöglich, den luftdichten Schluss der Schnauzenkappe zu garantiren. Stärkere Oeffnungen sind an diesem Ort allerdings leicht zu vermeiden, sehr feine Spalten dagegen könnten übersehen werden. Zur Beur-

theilung, ob ein N-Verlust aus dieser Quelle entstanden sei, kann, wie mir scheint, der Umstand dienen, ob in jeder der mehrfachen Beobachtungen, die zu einer Versuchsreihe gehören, die Abweichungen nach der negativen Seite hin fallen. Die Art des Versuchs bringt es nämlich mit sich, dass an einem Thier drei bis vier Beobachtungen hinter einander ausgeführt werden, bei welchen die Schnauzenkappe ihre Lage unverändert beibehält. Es ist demnach kein Grund einzusehen, warum in einer Reihe, deren einzelne Beobachtungen unter ganz gleichen Bedingungen ausgeführt werden, eine negative Stickstoffabweichung auf den mangelhaften Schluss der Kappe geschoben werden sollte, wenn in einer gleich darauf folgenden Beobachtung eine positive Abweichung des N eintrat. — Ausser dem Abwechseln positiver und negativer Abweichungen giebt auch noch die Zeitdauer des Versuchs einen Fingerzeig dafür ab, ob ein Entweichen von Gas aus dem Apparat stattgefunden, indem selbstverständlich durch diesen Vorgang die Versuchsdauer abgekürzt wird. Aus allem diesem folgt, dass man einen Verlust an N nur dann aus dem unvollkommenen Verschluss des Apparates ableiten könne, wenn sämtliche zu einer Reihe gehörige Beobachtungen mit einer negativen Abweichung behaftet sind; der Verdacht wächst, wenn zugleich die Zeit, in welcher die O-Kugel ihren Inhalt in den Athmungsraum entleerte, eine ungewöhnlich kurze ist.

Als einen Umstand, durch welchen eine positive Abweichung von mehr als 6 CbC. erzeugt werden könnte, kann ich nur den einzigen bezeichnen, dass man es unterlassen habe, vor Beginn des Versuchs eine aus dem Gasometer genommene Luftprobe zu analysiren und an die Stelle der fehlenden die Analyse gesetzt habe, welche man einige Tage vorher an einer Probe ausgeführt hat. Aber auch dieser Fehler muss, wo er stattgefunden hat, in allen einzelnen Beobachtungen einer Versuchsreihe zu einem Ueberschuss an N führen.

Die 28 Beobachtungen, in welchen der N-Unterschied über 6 CbC. stieg, sind nun 20mal mit dem negativen und 8mal mit dem positiven Vorzeichen versehen. Von den erstern gehören 8 Beobachtungen (I_2 G, J_2) Reihen an, in welchen nur N-Verluste erscheinen und von den letztern gehören drei zu einer Reihe, in welcher nur N-Ueberschüsse erscheinen. Sondern wir diese als verdächtig ab, so bleiben noch zwölf grössere negative Abweichungen übrig (A. B₁. B₂.? S. L₁. M₁. M₂.

und F.) und fünf grössere positive Abweichungen (B_2 , Q, R, J_1 und F.). Da ich mich vergebens nach irgend welcher Fehlerquelle umgesehen habe, aus welcher diese Abweichungen erklärt werden könnten, so bin ich der Meinung, dass sie nur in den physiologischen Bedingungen des Versuchs begründet sein können.

Solange jedoch noch mancherlei Zweifel gegen die Betheiligung des N an der physiologischen Gasbewegung bestehen, darf man den Fall nicht ausser Augen lassen, dass sämtliche 28 Beobachtungen mit mehr als 6 Procent N-Abweichung auch auf einem Fehler beruhen möchten. Um die Bedeutung, die sie aus diesem Gesichtspunkte beanspruchen können, zu verdeutlichen, genüge die Angabe, dass in 24 der genannten Fälle die N-Abweichung nicht über 12 CbC. stieg.

Selbst hiernach würde sich die O-Bestimmung noch immer als sehr befriedigend erweisen, da in der Zeit, in welcher jene N-Abweichung zu Stande kam, über 400 CbC. verbraucht wurde. Weil aber eine N-Abweichung von 12 CbC. etwa einem O-Fehler von 3 CbC. entspricht, so würde sich der letztere in diesen nahezu ungünstigsten Fällen auf weniger als ein Procent des verbrauchten Sauerstoffs belaufen. — Nur in einer einzigen meiner Beobachtungen (B_2) kommt eine negative N-Abweichung von 37 CbC. vor, welche allerdings, wenn sie auf einem Fehler beruht, das Versuchsergebniss des O's merklich beeinflussen würde. In allen übrigen Fällen erscheinen demnach die Versuche auch angesichts der strengsten Prüfung vollkommen vertrauenswürdig, ja man kann sagen ungewöhnlich genau.

Die weitere Besprechung dessen, was sich aus meinen Versuchen für die respiratorische N-Bewegung etwa ergeben könnte, unterlasse ich; die Frage erscheint mir allerdings noch als eine offene, aber ihre schwierige Lösung kann unmöglich beiläufig gefunden werden.

Ueber die Athembewegung während des Respirationsversuchs. — In allen Beobachtungen, bei denen ich die Athmungsgase fing, habe ich die Athemzüge gezählt; meist dreimal in jedem Einzelversuche. Die hieraus gewonnenen Mittelwerthe setzen mich in den Stand, die folgenden Sätze aussprechen zu können.

Fast ausnahmslos wird die Athemfolge langsamer, wenn das mit der Schnauzenkappe versehene Thier von der Athmung

in freier Luft zu der im geschlossenen Raum übergeht. In letztem Ort beträgt die Minutenfrequenz der Inspiration in der Regel zwischen fünfzig und sechzig, öfter steigt sie jedoch über hundert und erreichte als Maximalwerth hundert sechs und fünfzig; sie fiel jedoch als Minimalwerth auch bis auf dreissig; dieser niedrigste Werth kam nur bei geschwächten Thieren vor.

Da die Athembewegungen, indem sie seltener wurden, sich zugleich zu vertiefen pflegten, so wird man die Aenderungen in ihrer Folge abzuleiten haben von den Widerständen, welche der Apparat den Respirationsbewegungen entgegensetzt. Diese Widerstände sind allerdings klein, wie man aus den Stellungsänderungen des Manometers und noch mehr aus den Athembewegungen des Thieres selbst sehen kann, welche, wie oben bemerkt, zuweilen eine Zahl annehmen, die auch einem frei athmenden Thiere nur in den Zeiten hoher Aufregung eigen ist.

Wenn das Thier bis zu einer Stunde und länger in den Fang-Apparat respirirte, so verlangsamt sich gewöhnlich die Athemfolge mit der Dauer des Versuches. Die Art meiner Beobachtungen bringt es mit sich, dass dasselbe Thier 3- oder 4mal hinter einander je 17 bis 30 Minuten lang in den geschlossenen Raum athmen muss; wir werden desshalb die 1. 2. 3. u. s. w. Beobachtung eines Versuchstages unterscheiden müssen. Zwischen je zweien solcher Perioden liegt dann eine meist nicht über zehn Minuten betragende Zeit, in welcher das Thier in die freie Luft athmet. Die Zählungen der Athemzüge lehren nun, dass die mittlere Frequenz, welche ein Thier zeigt, meistens am grössten ist, während es zum ersten Mal in den geschlossenen Raum hinein athmet und dass mit jedem folgenden Male die Athemzahlen abnehmen. Diese Regel erleidet jedoch öfters Ausnahmen. Die Erfahrung, welche ich soeben mittheilte, führt ungesucht zu der Annahme, dass das Thier durch den Widerstand des Apparates und zwar um so mehr ermüdet werde, je länger es in ihn respirirt. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass nicht auch noch andere Erklärungsgründe für die mit der Zeit wachsende Verlangsamung der Athemfolge zu finden seien; dahin würde zum Beispiel der Umstand zählen, dass die Thiere allmählich abkühlen. Hiervon habe ich mich selbst wiederholt durch den Gang eines Thermometers überzeugt, der in den Mastdarm eingesetzt war; er zeigte

nach etwa $1\frac{1}{2}$ stündiger Beobachtung eine Temperaturabnahme von $1,5^{\circ}$ bis 2° C. — Nicht minder muss das lange Verweilen im aufgehundenen Zustande beruhigend auf die Athembewegungen wirken, weil mancherlei reflectorische Erregungen wegfallen, die sonst als Athmungsreize wirksam sind. — Gesetzt aber, wir haben es auch mit Ermüdungen zu thun, so können dieselben keinesfalls hochgradig sein, da sich die Athembewegungen, wie wir sahen, immer noch aus inneren Gründen beschleunigen können, und weil selbst sanfte, reflectorisch wirkende Berührungen der Haut augenblicklich denselben Erfolg herbei führen.

Aus einer Vergleichung der Athemzüge, welche das Thier in der Minute ausführt, mit den Volumina an Sauerstoff und Kohlensäure, welche es zu derselben Zeit einnimmt und ausgiebt, lässt sich beweisen, dass die Thiere ihr Respirationsbedürfniss vollkommen zu decken vermögen durch den Modus der Athmung, welchen sie bei meinen Versuchen mit dem Fang-Apparat darboten.

Auch ohne eine Analyse der Blutgase, welche hier unausführbar ist, lässt sich nämlich für eine ganze Zahl von beobachteten Fällen beweisen, dass der Gasgehalt eines Blutes bei Beginn des Versuches annähernd gerade so gross gewesen sei, wie zu Ende desselben, oder dass umgekehrt das Blut reicher oder ärmer an Gasen geworden sei. Die Unterlagen, aus welchen diese Schlüsse hervorgehen, sind die Eigenschaften der Athembewegungen selbst und die absoluten Mengen von Sauerstoff und Kohlensäure, welche durch dieselben in der Zeiteinheit ausgetauscht werden.

So wird man beispielsweise mit Recht behaupten dürfen, es sei von einem zum andern Versuch der Kohlensäuregehalt im Blute eines Thieres gewachsen, wenn dieses Thier bei unveränderter Zahl der Athembewegungen und bei der gleichen Zusammensetzung der eingeathmeten Luft in einem ersten Versuche weniger Kohlensäure ausgeathmet hat, als in einem zweiten.

Um mittels des eben erörterten Principis Aufschluss über die Ventilationswirkungen der Athembewegung zu erhalten, habe ich die folgende Zusammenstellung entworfen. In dieselbe sind nur diejenigen meiner Beobachtungen aufgenommen worden, bei welchen die Luft, die am Schluss des Versuchs im

Athmungsraum vorhanden war, nicht weniger als 15 Procente Sauerstoff enthält. Die übrigen habe ich von der vorliegenden Zusammenstellung darum ausgeschlossen, weil man geneigt sein könnte zu behaupten, dass der unter fünfzehn Procent herabgehende Sauerstoffgehalt dyspnoetische Erscheinungen hervorzurufen im Stande sei.

Nummer des Versuchs	In der Minute				
	Zahl der Athem- züge	Auf- genom- mener O	Ausge- schiedene CO ₂	Sauer- stoffgehalt der Endluft	
F	1	56	10.94	11.27	16.50
	2	56	15.02	16.83	21.38
	3	50	15.40	19.16	21.02
	4	47	14.57	17.48	19.77
G	1	90	13.88	12.74	17.57
	2	64	16.95	14.42	18.98
	3	58	17.08	15.19	19.14
	4	52	15.71	12.69	17.31
A	1	56	14.29	8.64	18.78
	2	48	13.36	9.17	19.20
	3	48	12.74	9.19	23.74
B'	1	52	13.38	10.58	18.03
	2	50	12.78	10.39	15.67
	3	49	12.13	9.35	16.81
B''	1	32	6.92	6.43	16.53
	2	32	8.18	7.42	16.88
	3	30	6.90	5.54	26.44
C	1	51	12.61	12.62	16.44
	2	55	12.32	12.07	15.53
Q'	1	64	11.56	5.31	18.27
	2	64	12.98	7.48	18.55
	3	48	14.15	8.88	19.10
	4	52	13.78	9.52	21.38
Q''	1	56	14.95	10.47	19.12
	2	52	13.94	10.86	18.88
	3	48	15.38	12.83	18.49
	4	48	14.28	10.81	20.23
J'	1	46	16.57	14.34	19.05
	2	48	17.70	19.25	16.01
	3	46	16.62	16.17	17.08
	4	40	16.78	14.24	18.98

Nummer des Versuchs.	In der Minute				
	Zahl der Athem- züge.	Auf- genom- mener O	Ausge- schiedene CO ₂	Sauer- stoffgehalt der Endluft	
J''	1	50	20.26	13.75	19.44
	2	50	17.44	14.64	19.82
	3	46	21.02	13.97	18.21
	4	46	22.45	17.80	17.03
L'	1	66	12.67	12.50	19.65
	2	62	13.56	13.64	18.88
	3	56	14.94	14.50	16.51
	4	60	14.27	15.44	18.27
L''	1	52	11.79	12.22	20.08
	2	46	12.09	12.15	19.27
	3	55	14.32	15.71	20.75
	4	46	14.38	14.54	20.33
M	1	52	11.08	9.22	19.57
	2	52	13.28	9.03	20.59
	3	52	11.77	10.42	19.33
	4	58	13.66	12.94	18.22
N	1	156	11.94	10.03	17.09
	2	36	14.16	12.04	17.86
	3	76	16.57	13.53	18.17
	4	76	16.92	14.15	17.81
O	1	58	11.15	6.80	18.99
	2	50	11.05	7.71	20.39
	3	50	11.87	8.55	19.98
	4	44	12.57	8.91	18.15
P'	1	44	14.66	8.97	20.28
	2	34	14.72	9.68	20.18
	3	36	13.09	9.47	20.11
	4	32	12.99	9.90	19.87
P''	1	40	10.40	7.84	19.56
	2	32	11.84	8.13	18.26
	3	32	10.60	8.53	18.78
	4	32	10.41	8.20	18.73
R	1	120	8.58	7.06	16.42
	2	104	8.66	9.06	19.32
	3	88	8.31	8.13	19.31

Die Vergleichung der Werthe, welche hier in Betracht kommen, zeigt uns ein sehr verschiedenes Verhalten derselben.

In einer Anzahl von Fällen bemerken wir, dass wenn mit dem Fortschreiten der Zeit der Gasaustausch steigt oder fällt,

dieses auch mit der Häufigkeit der Athembewegung geschieht. Diese Beobachtungen passen, wie man sieht, zu der Annahme, dass der Gasgehalt des Blutes die Zahl der Athembewegungen und diese wiederum die Mengen der ausgetauschten Gase bestimmt.

Neben den eben geschilderten giebt es eine andere Anzahl von Fällen, in welchen mit der fortschreitenden Zeit die Häufigkeit der Athembewegungen sich vermindert, die Menge der ausgetauschten Gase dagegen sich vermehrt hat oder mindestens gleich geblieben ist. Um dieses Missverhältniss zwischen der Zahl der Athemzüge und der mit ihnen ausgetauschten Gase zu erklären, bleibt nur die Annahme übrig, dass der Gasgehalt des Blutes von den früheren zu den späteren Beobachtungen gewachsen sei. Um dann weiter begreiflich zu finden, dass trotz des an Sauerstoff ärmeren und an Kohlensäure reicheren Blutes, also trotz der lebhafteren Anregung zur Athembewegung diese letztere nicht häufiger geworden sei, muss man weiter annehmen, dass die Athemwerkzeuge mit der fortschreitenden Zeit mehr und mehr ermüdet seien. Die Unhaltbarkeit dieser Hypothesen ergibt nun aber die weitere Durchsicht der Zahlen.

Bei dieser findet man nämlich auch Beobachtungen, bei welchen mit der fortschreitenden Zeit die Athemfrequenz steigt, und dessungeachtet die Menge der ausgetauschten Gase abnimmt. Diese zuletzt erwähnten Fälle lehren, dass der Grund, warum die Athemfrequenz im ruhig daliegenden Thiere steigt, keineswegs allein von einer Veränderung des Gasgehaltes in seinem Blute herrührt, denn sonst hätte die Zahl der Athemzüge sinken statt steigen müssen, um so mehr, wenn man der vorher ausgesprochenen Unterstellung huldigt, dass mit der wachsenden Versuchsdauer die Ermüdung des Brustkorbes zunimmt. — Rücksichtlich der Ventilation geht aus den zuletzt erwähnten Beobachtungen hervor, dass die seltenere Athmung dasselbe wie die häufigere geleistet hat, denn sonst müsste durch die raschere Athembewegung, welche auf die seltenere folgt, der Vorrath an Kohlensäure ausgeschieden, oder der Mangel an Sauerstoff ausgeglichen sein, welcher durch die früher mangelhafte Ventilation entstanden wäre.

Nicht weniger als die Vergleichung der verschiedenen Perioden desselben Versuchs spricht auch die vergleichende

Betrachtung verschiedener Thiere dafür, dass der Erfolg der Ventilation wesentlich unabhängig sei von der Zahl der Bewegungen, welche der Brustkorb in der Minute ausführt.

Unter den Rubriken, in welchen der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung aufgezählt werden, findet man bei verschiedenen Thieren sehr häufig dieselben Zahlen wieder; vergleicht man die Athemzahl, welche jedes einzelne der Thiere zu jener Zeit lieferte, so findet man, dass dieselben von sehr ungleicher Grösse sind. Dieses gilt nun eben sowohl für die kleinsten wie für die grössten Werthe des Gasaustausches, so dass sich demnach die Minima und Maxima desselben eben so oft bei rascher als bei langsamer Athemfolge finden.

Darnach scheint es mir vollkommen ungerechtfertigt, die Zahl der Athembewegungen als ein Merkzeichen für die Lebhaftigkeit der respiratorischen Gasbewegung auszugeben. In dieser Beziehung muss ich mich den Bemerkungen anschliessen, welche mein Vorgänger *Sanders Ezn* ausgesprochen hat.

Um unserer Ansicht eine weitere Stütze zu verschaffen, habe ich noch einen Versuch mit künstlicher Hemmung der Athemzüge angestellt. Die Dauer jedes einzelnen Versuchs betrug etwa 20 Minuten. — Hierbei ergaben sich folgende Werthe:

Athem- züge.	In der Minute		$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$	O-Procent des Luftrestes
	aufge- nommen. O	ausge- schiedene CO ₂		
84	43.40	8.27	0.64	17.46
36	43.80	8.75	0.63	18.04
64	44.16	12.58	0.88	17.49
28	45.05	11.17	0.74	20.21

Das Ergebniss dieses Versuches stimmt also augenfällig mit einem ähnlichen von *Sanders Ezn* überein und giebt uns die, auch von den soeben angestellten Betrachtungen unabhängige Ueberzeugung, dass eine selbst beträchtliche Aenderung in der Zahl der Athemzüge keine entsprechende in dem Gasaustausch hervorrief.

Die Bedeutungslosigkeit, welche ich mit *Sanders* und *Lossen**) den Zahlen der Athemzüge zuschreibe, verliert alles Auffällige, wenn man erwägt, dass bei meinen Versuchen die Tiefe der Athemzüge zunahm, wenn ihre Häufigkeit absank. Wenn es aber auch dieser Compensation nicht gelingen sollte, mit wenigen

*) Zeitschrift für Biologie II. 244.

tiefen Athemzügen so viel Luft durch die Lunge zu führen, als mit zahlreichen flachen Athemzügen, so wird fest zu halten sein, dass auch die Art der Ventilation in Betracht kommt. Mit derselben Luftmenge wird man sehr verschiedene Effecte erzielen können, je nachdem man sie zum Auswaschen eines weiten Raumes, oder zum Ausspülen eines zeitweise fast vollkommen leeren Raumes benutzt.

Gang der Versuche mit Einspritzung verbrennlicher Molecüle. Nach diesen einleitenden Bemerkungen schildere ich jetzt kurz den Gang derjenigen meiner Versuche, bei denen es sich um die Bestimmung der Athmungsprodukte handelte, bevor und nachdem ein verbrennliches Molecül in das Blut eingespritzt war. — Zur ersten Beobachtung je einer Reihe diente das unversehrte Thier; das Volum des verbrauchten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure, welches ich aus diesem Versuche für je eine Minute berechnete, galt mir als der Normalwerth, mit dem die entsprechenden der folgenden zu derselben Reihe gehörenden Beobachtungen verglichen wurden; war der Normalversuch beendet, so wurde durch passende Stellung des Hahns, der über der Schnauzenkappe liegt, die Lunge des Thieres mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gesetzt, alsdann ward eine Jugular-Vene aufgesucht, eröffnet und in diese die vorher genau abgewogene Menge des betreffenden Stoffes eingespritzt. Hiernach ward der Fang-Apparat durch Füllung der Kugel mit Sauerstoff und durch Einsetzung neuer schon vorher gespeister Absorptionsröhrchen wieder vorgerichtet. Da die Vorbereitung des Apparats nur wenige Minuten in Anspruch nimmt, so begann die zweite Beobachtung sehr kurze Zeit nach der Einführung des fremden Stoffes. Wenn diese vollendet war, so liess ich noch eine dritte, öfter auch noch eine vierte Beobachtung folgen. Auf diese Art habe ich der Reihe nach auf ihre respiratorischen Wirkungen geprüft: die Natronsalze der Capronsäure, der Essigsäure, der Ameisensäure, der Milchsäure, der Benzoensäure, den Traubenzucker und das Glycerin.

1. Das milchsaure Natron. Um genau die Menge von Milchsäure zu kennen, welche das Thier erhalten sollte, wog ich ein bestimmtes Gewicht gewöhnlicher Milchsäure ab, versetzte dieses mit etwa 2 Cbc. Wasser und neutralisirte darauf mit kohlensaurem Natron. Die Resultate von vier Versuchen, die ich erhielt, giebt die folgende Tabelle.

Zusatz zum Blute.	Dauer des Versuchs		In der Minute		N-Verbrauch (-) und N-Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs.	CO ₂ O	N O	Temperat. des Körpers	% Gehalt an O in d. Luft	Bemerkungen.
	des Versuchs	der Pause	Zahl der Athemzüge	O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.						
I. Ohne	1 29.23'	—	48	10.68	10.04	0.94	0.010	37.6-36.5	13.48	Kan. D. Kpg. 1580 gr. 0.3 gr. Milchsäure in 2 CbC. Wasser.
Mit	2 25.25'	21'	—	—	—	—	—	—	—	
Milch-säure	3 27.16'	10'	42	12.45	12.01	0.96	0.017	36.1-35.3	42.50	
Ohne	1 30.08'	—	80	9.98	11.64	1.16	0.025	—	43.98	Kan. E. Kpg. 4285 gr. 0.64 gr. Milchsäure in 2 CbC. Wasser.
Mit	2 27.18	10'	38	11.43	9.55	0.88	0.044	—	—	
Milch-säure	3 23.2'	—	47	13.93	15.32	1.10	0.056	—	8.67	
Ohne	1 28.88'	—	56	10.94	11.27	1.09	+0.18	—	16.50	Kan. F. Kpg. 4380 gr. 0.8 gr. Milchsäure in 2.5 CbC. Wasser.
Mit	2 19.88'	—	56	15.02	16.83	1.12	-0.036	—	21.38	
Milch-säure	3 19.5'	9'	50	15.40	19.16	1.24	-0.3	—	21.02	
Ohne	4 20.88'	12'	47	14.57	17.48	1.19	-0.012	—	19.77	
Ohne	1 21.66'	—	90	13.88	12.74	0.94	-0.017	—	17.57	Kan. G. Kpg. 4530 gr. 0.8 gr. Milchsäure in 2 CbC. Wasser.
Mit	2 17.5'	6'	64	16.95	14.42	0.85	-0.036	—	18.98	
Milch-säure	3 17	5'	58	17.08	15.19	0.88	-0.036	—	19.44	
Ohne	4 19	13'	52	15.71	12.69	0.80	-0.007	—	17.31	

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass nach der Injection von Milchsäure die O-Aufnahme jedesmal und die CO₂-Abgabe in der weitaus grössten Zahl der Fälle vermehrt worden war. Das Verhältniss, in welchem die Vermehrung stattgefunden, wird durch die folgende Zusammenstellung dargelegt. Die Zahlen derselben sind Quotienten, welche man erhält, wenn man das Minutenmittel des O-Verbrauchs oder CO₂-Gewinns vor der Injection der Milchsäure in die gleichnamigen Werthe nach der Injection dividirt.

Das Zeichen $\frac{OII}{OI}$ bedeutet, dass die im milchsäurefreien Zustande verbrauchte O-Menge (OI) in die erste der Beobachtungen (OII) nach Milchsäure-Injection dividirt sei; $\frac{OIII}{OI}$, dass die im milchsäurefreien Zustand des Blutes verbrauchte O-Menge in den O-Verbrauch während des zweiten Versuchs nach Milchsäure-Injection dividirt sei u. s. f.

Die entsprechende Bedeutung haben die Ausdrücke $\frac{CO_2II}{CO_2I}$ u. s. w.

Quotienten des O-Verbrauchs		Quotienten der CO ₂ -Bildung		Bemerkungen
I.	$\frac{OII}{OI}$	4.16	$\frac{CO_2II}{CO_2I}$	Kaninchen D 0.3 gr. Milchsäure.
	$\frac{OIII}{OI}$	4.07	$\frac{CO_2III}{CO_2I}$	
II.	$\frac{OII}{OI}$	4.15	$\frac{CO_2II}{CO_2I}$	Kaninchen E 0.64 gr. Milchsäure.
	$\frac{OIII}{OI}$	4.40	$\frac{CO_2III}{CO_2I}$	
III.	$\frac{OII}{OI}$	4.37	$\frac{CO_2II}{CO_2I}$	Kaninchen F 0.8 gr. Milchsäure.
	$\frac{OIII}{OI}$	4.44	$\frac{CO_2III}{CO_2I}$	
	$\frac{OIV}{OI}$	4.33	$\frac{CO_2IV}{CO_2I}$	
IV.	$\frac{OII}{OI}$	4.22	$\frac{CO_2II}{CO_2I}$	Kaninchen G 0.8 gr. Milchsäure.
	$\frac{OIII}{OI}$	4.23	$\frac{CO_2III}{CO_2I}$	
	$\frac{OIV}{OI}$	4.13	$\frac{CO_2IV}{CO_2I}$	

Hieraus ergibt sich als Mittelwerth aller Quotienten für
 O = 4.25 CO₂ = 4.25

In Worten sagen also die Zahlen aus, dass nach der geschehenen Einspritzung von milchsaurem Natron der Sauerstoffverbrauch ausnahmslos und zwar meist sehr bedeutend gewachsen sei. Sehr ähnlich verhält es sich mit der Kohlensäure. Unter den zehn Beobachtungen findet sich jedoch auch eine, in welcher die Kohlensäureausscheidung nach der Injection geringer als vor derselben ausfiel. Dafür war in anderen Fällen die Kohlensäureausscheidung um so beträchtlicher, so dass die aus allen Versuchen abgeleitete mittlere Verhältnisszahl des vermehrten Sauerstoffverbrauchs gerade so gross wird, wie diejenige der vermehrten Kohlensäurebildung.

Obwohl die Zahl der mit milchsaurem Natron angestellten Versuche noch eine sehr geringe ist, so habe ich doch nicht unterlassen, noch einige Mittelwerthe aus ihnen zu berechnen. Nimmt man aus den vier Normalversuchen (vor Injection des milchsauren Natron) das Mittel von den Minutenwerthen des Sauerstoffs und der Kohlensäure; führt man dann dasselbe mit den zehn Beobachtungen aus, die nach Injection des milchsauren Natrons gewonnen sind (Milchsäureversuche) und bildet man endlich den Unterschied aus den gleichnamigen Werthen, so erhält man die folgenden Zahlen:

	Mittelwerth aus den Normalversuchen.	Mittelwerth aus den Milchsäureversuchen.	Unterschied der Mittelwerthe.
O	11.37.	14.39.	3.02.
CO ₂	11.42.	14.36.	2.94.

Aus ihnen ergibt sich, dass der Quotient $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$ jedesmal der Einheit nahezu gleich kommt.

Da, wie seit *Regnault-Reiset* bekannt, in der Normalathmung der Grasfresser der genannte Quotient gleich 1 ist, vorausgesetzt, dass die verglichenen Werthe aus einer mindestens mehrere Stunden hindurch dauernden Beobachtung genommen sind, so kann dieser Theil unserer Zahlen nicht auffallend erscheinen. Anders verhält es sich mit dem Umstand, dass der Werth dieses Quotienten nicht geändert wurde, als sich in Folge der Einspritzung des milchsauren Natrons der Gasaustausch vermehrte.

Die Milchsäure gehört allerdings zu den Kohlehydraten, welche innerhalb des thierischen Körpers zu Kohlensäure und Wasser oxydirt werden, also kann durch ihre Verbrennung der Quotient der genannten Athemgase nicht geändert werden;

ausgehend von dieser Unterlage, könnte man annehmen, dass die in das Blut eingespritzte Milchsäure einer vollkommenen Verbrennung anheim gefallen sei und einen Beweis hierfür darin finden, dass nach der Einspritzung des milchsauren Salzes der Gasaustausch erhöht und zugleich der genannte Quotient derselbe geblieben sei. Um diese Erklärung in unserem Falle aufrecht erhalten zu können, müsste man aber noch mancherlei Unterstellungen machen; denn die Milchsäure ist nicht als solche, sondern in Verbindung mit Natron der Verbrennung anheim gegeben worden, also würde das Salz eine Asche aus kohlen-saurem Natron hinterlassen. Wäre aber mit dem Natron auch nur 1 Atom Kohlensäure verbunden geblieben, so würde der Quotient aus den Zahlen des Ueberschusses (dem Unterschiede der Mittelwerthe aus den Milchsäure- und den Normalversuchen) nicht 1 sondern 0.84 betragen haben. — Demnach müsste, damit der Quotient 1 herauskommen kann, das Natron nicht als kohlen-saures im Thiere zurückgeblieben sein. — Zahlreichere Versuche, als sie bis dahin vorliegen, müssen entscheiden, ob die eben abgeleitete Regel von allgemeiner Gültigkeit ist.

Die Zahlen auf pag. 169 führen noch zu einer andern augenfälligeren Beziehung, die zwischen der Menge der eingespritzten Milchsäure und der dadurch bedingten Erhöhung des Athmungsprozesses besteht. Um das Verhältniss beider Grössen ersichtlich zu machen, erscheint es am besten, das Mehr an Sauerstoffverbrauch und an Kohlensäuregewinn zu berechnen, welches während gleicher Zeiten in jedem der vier Versuche in Folge der Einspritzung von milchsaurem Natron zum Vorschein gekommen ist. Um diesen Werth zu erhalten, multiplicirt man das Minutenmittel des Sauerstoffs und der Kohlensäure, welches jeder einzelne Normalversuch gab, mit der Zeit (in Minuten ausgedrückt), während welcher der Versuch nach Einspritzung der Milchsäure andauerte. Diesen Werth, den man als den gesammten Normalwerth bezeichnen kann, betrachte ich als denjenigen, welchen das Thier in jener Versuchszeit geliefert haben würde, wenn kein milchsaures Salz zu seinem Blute gefügt worden wäre. Diesen gesammten Normalwerth zieht man nun von dem gesammten Milchsäurewerth des gleichnamigen Versuches ab. Diesen letzteren erhält man aber einfach dadurch, dass man die Volumina an Sauerstoff und

Kohlensäure addirt, welche in den Versuchszeiten nach Einspritzung des milchsäuren Natrons durch die Lungenwand passirten.

Um diesen Gesamtüberschuss für die vier verschiedenen Versuche, welche sich auf ungleiche Zeiten erstrecken, vergleichbar zu machen, kann man sie auf gleiche Zeiten reduciren. Führt man diese Rechnung für den Sauerstoff durch, so gelangt man zu den folgenden Zahlen:

Nummer des Versuchs.	Wirkliche Dauer des Milchsäurevers.	Gesamter Sauerstoffübersch.	Sauerstoffübersch. auf 52 Min. ber.	Gewicht der eingespritzten Milchsäure.
I.	52 Minuten	53.45. Cc.	53.45.	0.30 Grm.
II.	52 „	90.85. „	90.85.	0.64 „
III.	60.5 „	244.44. „	209.96.	0.80 „
IV.	53.5 „	443.79. „	439.77.	0.80 „

Ganz ähnliche Werthe, wie sie soeben aus dem Sauerstoffüberschuss berechnet wurden, stellen sich auch für den Kohlensäureüberschuss heraus, wesshalb ich nicht für nöthig halte, sie noch besonders hier hin zu schreiben.

Aus der Vergleichung des durch die Milchsäure bedingten Sauerstoffs und Kohlensäureüberschusses einerseits und dem Gewicht der eingespritzten Milchsäure andererseits geht hervor, dass beide Grössen mit einander wachsen. Bei der Wichtigkeit, welche die Thatsache für die vorliegende Frage besitzt, dass der Athmungsprozess um so mehr über das bisher bestandene Maass erhöht wird, je grösser die Menge der Milchsäure war, mit der das Blut versetzt wurde, verfehle ich nicht, darauf hinzuweisen, dass nicht blos der Gesamtüberschuss, den jede der vier Reihen liefert, diese Regel bestätigt, sondern dass sie auch, soweit diess wenigstens den Sauerstoff angeht, in jeder einzelnen Beobachtung hervortritt.

Eine weitere aus den auf pag. 469 mitgetheilten Beobachtungen hervorgehende Thatsache besteht darin, dass sich der Zustand erhöhter Respirationsthätigkeit lange Zeit und zwar meist in nahezu ungeschwächtem Maasse erhält. In allen mitgetheilten vier Fällen war nach Beendigung der letzten Gasammlung seit Einspritzung des Salzes mehr als eine Stunde verflossen und dennoch zeigte der Minutenwerth der Respirationsgase einen beträchtlichen Ueberschuss über denjenigen der Normalathmung.

Angesichts dieser Erfahrung ist die Frage gestattet, ob die

Menge der eingespritzten Milchsäure genügenden Stoff zu einer so lang dauernden Verbrennung habe liefern können. Um hier soweit es überhaupt möglich zu entscheiden, kann man so verfahren: 4 Gramm Milchsäure verbraucht 566,8 CbC. Sauerstoff bei 0° und 4 Mt. Hg. Druck zur vollkommenen Verbrennung; hiernach ist auch bekannt, wie viel Sauerstoff jede der in den einzelnen Versuchen eingespritzten Milchsäuremenge zur vollkommenen Oxydation bedarf. Mit diesem für jeden einzelnen Versuch berechneten Werthe hätte man dann die Volumina des Sauerstoffs zu vergleichen, welche jedes Thier während der ganzen Versuchszeit nach der Injection der Milchsäure mehr aufnahm als es voraussichtlich ohne diese letztere verzehrt haben würde. Bei dieser Berechnung sind natürlich auch die Pausen zu beachten, welche zwischen je zwei Beobachtungen liegen. Dieses Mehr an Sauerstoff könnte als dasjenige Quantum angesehen werden, welches die anderweiten im thierischen Körper ablaufenden Oxydationsprozesse der Milchsäureverbrennung übrig gelassen hätten. Eine ähnliche Rechnung kann man für die Kohlensäure ausführen.

Ich beschränke mich auf die Angabe der Sauerstoffrechnung.

Ver- suchs- Num- mer.	Dauer des Milchsäure- versuchs samt Pausen.	Summe des in dieser Zeit verzehrt. Sauerstoff- über- schusses.	Das Gewicht an Milchsäure welches durch vor- stehenden O verbrennbar ist.	Gewicht der einge- spritzten Milch- säure.	Prozentsatz der hypothetisch verbrannten von der ein- gespritzten.
I.	62 Min.	70.25 CbC.	0.12 Gr.	0.30 Gr.	40 pro Cent
II.	60 »	159.48 »	0.28 »	0.64 »	43 » »
III.	82 »	130.40 »	0.57 »	0.80 »	71 » »
IV.	71.5 »	185.98 »	0.33 »	0.80 »	44 » »

Aus dem Vorstehenden lässt sich ersehen, dass die Steigerung des Athmungsprozesses, soweit sie überhaupt erkennbar ist, in keinem Falle zu einem Grade gediehen war, wie sie zu einer vollständigen Oxydation des gesammten Gewichts an eingespritzter Milchsäure nothwendig gewesen wäre. Dreimal führt die Rechnung übereinstimmend dazu, dass während der Beobachtungszeit etwas über 40 pro Cent der eingespritzten Milchsäure durch den verwendbaren Sauerstoff hätten verbrannt werden können, demnach wäre immer noch am Ende der Beobachtungszeit Milchsäure vorhanden gewesen, selbst wenn

indess ein nicht unbeträchtlicher Antheil des Eingespritzten in den Harn übergegangen wäre.

An diesen langsamen Verbrennungsvorgang der Milchsäure würde man noch weitere Betrachtungen knüpfen können und auch bereitwillig knüpfen, wenn uns nur die unumstössliche Gewissheit gegeben wäre, dass die erhöhte Respirationsthätigkeit, welche durch die Anwesenheit des milchsauren Natrons im Blute veranlasst wird, aus der Verbrennung jenes Salzes abgeleitet werden müsste. Hierfür giebt es allerdings vielfache Wahrscheinlichkeitsgründe. Vor allen die Erfahrung, dass die Milchsäure theils mit der Nahrung eingeführt, theils aber beim Lebensprozess selbst entstanden, häufig und reichlich in den thierischen Organen, aber nur selten und sparsam im Harne vorkommt; sie muss also innerhalb des lebendigen Körpers der Oxydation anheim fallen können. — Aber auch dafür, dass sie, unmittelbar in das Blut übergeführt, der Oxydation erliegen kann, scheint übereinstimmend das zu sprechen, was wir aus dieser Untersuchung erfahren haben; denn mit ihrem Eintritt in das Blut wächst der Austausch der Athemgase an und zwar um so beträchtlicher, je grösser das Gewicht der eingespritzten Säure war, und es dauert diese Steigerung des Gasverkehrs so lange fort, als sich überhaupt unser Stoff im Blute vorfindet. Will man endlich den Mittelzahlen der Ueberschusswerthe, welche ich für den Sauerstoff und die Kohlensäure ableitete, Vertrauen schenken, so würden sogar die Volumina des verbrauchten Sauerstoffs und die der dafür erschienenen Kohlensäure in einem solchen Verhältniss zu einander stehen, wie es bei einer totalen Verbrennung der Milchsäure zu erwarten wäre.

Aber alle diese Gründe geben nichts mehr als eine Wahrscheinlichkeit; denn ihr Fundament, der O-Verbrauch und die CO₂-Bildung, welche von uns als die normale angesehen wurden, ist unsicher.

Als die einzige Zahl, durch welche wir die normale durch die Milchsäure noch nicht veränderte Athmung ausdrücken konnten, musste die gelten, welche das Thier geliefert hatte, bevor seinem Blute das Salz einverleibt war. Diese Zahl wurde nun betrachtet als der Werth, den die Athmung des Thieres eine Stunde und länger unverändert behauptet haben würde, vorausgesetzt, dass die Einspritzung von Milchsäure unterblieben wäre. In dieser letztern Voraussetzung liegt nun das gewagte,

denn es ist uns bekannt, dass die Minutenmittel des O's und der CO₂ nach ihren relativen wie nach ihren absoluten Werthen fortwährenden grossen Veränderungen ausgesetzt sind. — Diese Schwankungen spielen allerdings um einen Mittelwerth herum; aber 17 bis 30 Minuten genügen nicht, um den wahren Werth der Mittelzahl zu finden. Diess geht daraus hervor, dass gewöhnlich die Minutenmittel von einander abweichen, welche für dasselbe unter gleichen physiologischen Bedingungen stehende Thier aus zwei aufeinanderfolgenden und etwa je 20 Minuten dauernden Versuchen abgeleitet sind.

Um unter diesen Umständen den von mir angestrebten Ableitungen einen höhern Grad von Wahrscheinlichkeit zu verschaffen, habe ich desshalb, wo es anging, mit dem Gesamtmittel aus den 4 der Beobachtung unterworfenen Thieren operirt, was mir darum erlaubt schien, weil die Thiere, als sie in den Versuch eingeführt wurden, sich längere Zeit unter sehr annähernd gleichen Verhältnissen befunden hatten. Ob hiermit das angestrebte Ziel erreicht und ob demgemäss die abgeleiteten Resultate von allgemeinem Werthe sind, muss eine ausgedehntere Versuchsreihe lehren.

Wie weit man aber auch den Zweifel ausdehnen möge, ein Ergebniss meiner Versuche erscheint mir unanfechtbar, dass nämlich das im Blute anwesende milchsaure Natron die Bildung der Kohlensäure und den Verbrauch von Sauerstoff vermehrt hat. Hierfür spricht das mit den gewöhnlichen Schwankungen unvereinbare plötzliche Ansteigen des Gasaustausches, das jedesmal unmittelbar auf die Einspritzung des milchsauren Salzes folgt, und nicht minder, dass während der ganzen Beobachtungszeit stundenlang und länger der gesteigerte Athmungsprozess sich über seiner früheren Höhe erhält.

Wenn wir nun demgemäss schliessen, es sei die Athmung durch das im Blute vorhandene milchsaure Natron gesteigert worden, so geht doch andererseits aus meinen Versuchen keineswegs mit Nothwendigkeit der Schluss hervor, dass die beobachtete Vermehrung des Gasaustausches die einfache Folge von einer Verbrennung der Milchsäure gewesen wäre. Zahlreiche andere, hier nicht weiter zu erörternde Vorgänge lassen sich denken, durch welche das milchsaure Natron auch ohne direct zu verbrennen den Athmungsprozess gesteigert habe. Der einzige directe Beweis, aus welchem auf eine Verbrennung

des eingespritzten Stoffes innerhalb des Thieres selbst geschlossen werden müsste, der nämlich, dass sich in Folge der erhöhten Athmung die Menge des milchsauren Natrons in einer dem aufgenommenen Sauerstoff entsprechenden Weise vermindert habe, lässt sich aus bekannten Gründen nicht führen. Da nun aber doch in dem Nachweis der Milchsäureverbrennung der Schwerpunkt der Versuchsreihe liegt, so musste ich in Ermangelung des geraden, den indirecten Weg betreten.*)

Zunächst erschien es mir als ein wesentlicher Fortschritt für unsere Frage, wenn es gelingen sollte festzustellen, dass unser Salz nicht etwa dadurch die Athmung belebt habe, dass es den Absorptionscoefficienten des Blutes für Sauerstoff erhob, oder dadurch, dass es die Stromgeschwindigkeit durch Minderung der Reibung mehrte u. s. f.

Als eine Methode, wodurch man im Stande ist diese und ähnliche Erklärungsarten auszuschliessen, trat mir die künstliche Leitung des Blutes durch überlebende Organe entgegen.

Des bequemen Blutstroms wegen wählte ich als das zu durchströmende Organ die Niere des Hundes. Von demselben Thiere, welches die Niere hergegeben hatte, wurde auch das Blut genommen.

Das abgelassene, defibrinirte Blut ward in zwei Flaschen vertheilt, in einer derselben blieb es rein, in der andern ward ihm milchsaures Natron zugesetzt. Aus den Flaschen geschah die Durchleitung mit alle den Vorsichten, welche in diesen Berichten wiederholt besprochen sind.

*) Um naheliegenden Einwänden zu begegnen, diene die Bemerkung, dass ich den Harn der Thiere nicht unbeachtet gelassen habe. Ich habe denselben in der besondern Absicht untersucht, ob einige Stunden nach Einspritzung des milchsauren Natrons kohlensaures Natron in ihm zu finden sei. Um sicher zu gehen, dass das etwa vorhandene kohlensaure Salz nicht von einem Bestandtheil der Nahrung herrührte, verwendete ich zu meinen hier einschlagenden Experimenten nur solche Kaninchen, welche wenigstens 45 Stunden vor der Einspritzung gehungert hatten. Auf diese Weise behandelt liefern die Kaninchen in der Regel einen sauren Harn; so fand ich ihn auch in meinen Versuchsthieren, aber diess geschah ebensowohl vor wie anderthalb bis 2 Stunden nach der Einspritzung. Die Menge des Harns, welche ich von den mit milchsaurem Natron versetzten Thieren erhielt, war zu gering, um weitere Beobachtungen mit ihnen anstellen zu können.

Aus mehrfachen Gründen erscheint es wünschenswerth, den Versuch am Hund wieder aufzunehmen.

Ausser der Prüfung des chemischen Vorgangs durch die Athmungsgase hätte diese Durchleitung durch die Niere vielleicht auch noch andere Versuchswege möglich gemacht; ich habe sie jedoch nicht zu betreten versucht, sondern mich an das Studium der Respirationsgase gehalten. Freilich geschah dieses von vorne herein nicht ohne Besorgniss. Denn es liess sich erwarten, dass in einem so saftreichen, aus verschiedenen Formen und Stoffen zusammengebauten Organ, wie es die Niere ist, der Athmungsprozess nicht so glatt ablaufen werde. — Hiervon überzeugte mich dann auch ein Vorversuch, welchen ich in der Note mittheile. *) Danach beruht eine der Bedingungen des glücklichen Ausfalls dieser Versuche auf dem zufälligen Ereigniss, dass man Nieren findet, welche an und für sich einen gleichmässigen Gang ihrer Athmung zeigen.

Bevor ich nun die Resultate meiner Beobachtungen mittheile, werde ich erst den Zustand schildern, in welchen die Niere durch die Blutleitung kam. Die Nierengefässe waren so vollständig eingebunden, dass das in die Arterie geführte Blut, einige wenige Tröpfchen abgerechnet, sämmtlich wieder aus der Vene zurückkam. Der Blutstrom zeigte auch hier die Eigenthümlichkeit, dass mit der Dauer seine Widerstände wuchsen, man musste also, wenn man in mehreren auf einander folgenden Durchleitungen die gleiche Geschwindigkeit erzielen wollte, den Stromdruck steigern. Dieser anwachsende Druck ist nun aber für die Niere kein gleichgültiges Ereigniss, indem durch denselben eine Filtration von Blutflüssigkeit in das Nierengewebe eingeleitet wird, die eine sichtliche Anschwellung des ganzen Organs herbeiführt. Es lässt sich erwarten, dass mit der Filtration auch die Athmungsvorgänge in der Niere sich ändern. Um dieses nach Kräften zu vermeiden, habe ich den

*) Durchleitung von reinem defibrinirten Blut bei Zimmertemperatur durch die Niere. Blut und Niere von demselben Thier. Die Niere behielt ihre Lebenseigenschaften. Das Gas ist bei 0°C. und 1 Mtr. Hg.-Druck gemessen:

In der Minute		
Blut	Ver- brauchter O	Ge- wonnene CO ₂
1.3 CbC.	0.125 Cb.	0.064
1.3 »	0.169 »	0.094
1.2 »	0.160 »	0.128

Versuch mit einem niedrigen Druck begonnen. Zu Ende der mehrere Stunden hindurch dauernden, bei Zimmertemperatur vorgenommenen Durchleitung war die Niere noch mit allen Lebens Eigenschaften begabt: electricische Reizungen machten die Niere erblaffen und veranlassten im Ureter kräftige Zusammenziehungen. Aus den geöffneten Lymphgefäßen floss eine klare Flüssigkeit ab, Harn ward dagegen niemals gebildet.

Die Thatsachen, welche ich rücksichtlich der Athmung an zwei Nieren erhalten habe, stelle ich in der gewöhnlichen Weise zusammen. Ich hoffe, dass bei einer sorgsamem Berücksichtigung der Ueberschriften die Bedeutung der in die Tabelle aufgenommenen Zahlen auch ohne weitere Erklärung ersichtlich sein wird.

Blutart	Strom- druck in MM. Hg.	Prozentischer Gehalt an		In der Minute aus der Niere			
		O	CO ₂	Blut	O	CO ₂	
Rein. Blut nach dem Auffangen.	—	15.95	20.51	—	—	—	
Reines Blut beim Schluss des Versuchs.	—	13.98	21.73	—	—	—	
Blut mit milchsaurem Natron versetzt, frisch.	—	15.93	20.68	—	—	—	
Dasselbe Blut zum Schluss des Versuchs.	—	14.28	21.68	—	—	—	
Durch die Niere.							
Reines Blut.	52 MM.	5.05	25.74	0.98 Cc.	0.407	0.054	
Blut mit milchsaurem Natron.	54 »	2.98	28.26	1.03 »	0.434	0.078	
Blut mit milchsaurem Natron.	54 »	3.17	28.40	1.22 »	0.436	0.078	
Reines Blut.	56 »	3.71	28.98	1.08 »	0.444	0.078	
Rein. Blut nach dem Auffangen.	—	13.23	18.13	—	—	—	Die Blutportion, welcher das milchs. Natron zuges. war, wurde bei Luftzutritt geschüttelt, woraus sich d. Unterschied ihres Gasgeh. von dem des frischen Blutes erklärt.
Blut mit milchsaurem Natron versetzt, frisch.	—	16.74	17.34	—	—	—	
Durch die Niere.							
Reines Blut.	35 »	7.73	24.20	1.43 »	0.079	0.044	
Blut mit milchsaurem Natron.	48 »	8.59	24.51	1.30 »	0.406	0.094	
Blut mit milchsaurem Natron.	46 »	6.07	25.75	1.44 »	0.454	0.121	
Reines Blut.	59 »	6.55	23.40	1.28 »	0.084	0.067	

Von den Folgerungen, zu welchen diese Zahlen führen, hebe ich zuerst die hervor, dass ein Zusatz von milchsaurem Natron zu dem aus der Ader gelassenen Blute in dem Gasgehalt dieses letzteren keine Veränderung veranlasst. Von dieser Unwirksamkeit unseres Salzes überzeugte uns die Vergleichung der 4 Zahlenreihen, mit welchen die 1. Versuchsreihe beginnt. Diese stellen den Sauerstoff und Kohlensäuregehalt des reinen und des mit milchsaurem Natron versetzten Blutes dar, welche unmittelbar bei Beginn des Versuches vorkamen, und ferner die gleichnamigen, welche sich vorfanden, nachdem beide Blutsorten, so lange als der Durchleitungsversuch dauerte, bei der Zimmertemperatur verweilt hatten. Beide Blutsorten haben eine Einbusse an Sauerstoff und einen Zuwachs an Kohlensäure erlitten, der in beiden Fällen sehr annähernd derselbe ist. Somit erscheint es gerechtfertigt, wenn man dem milchsauren Natron die Befähigung abspricht, sich an den gewöhnlichen im abgelassenen Blute immer vorkommenden langsamen Umsetzungen spezifisch zu betheiligen.

Augenblicklich tritt aber ein Einfluss des milchsauren Natrons auf die Gasumwandlung im Blute hervor, wenn man das letztere durch die Gefässe der Niere hindurch leitet. Um die Art und Grösse der Wirkung zu erkennen, bitte ich die Zahlen zu beachten, welche im 5. 6. und 7. Stabe der vorstehenden Tabelle stehen. Aus ihnen erkennt man, dass der absolute Sauerstoffverlust, welchen das Blut in der Minute erleidet, während des ersten Versuchs in dem Verhältniss von 400:125 und 427, während des zweiten aber im Verhältniss von 100:134 und 195 anstieg, als, statt des reinen, milchsäurehaltiges Blut die Niere durchsetzte. Dieser beträchtlich vermehrte Sauerstoffverbrauch kehrte sehr nahe zu seinem ersten geringeren Werthe wieder zurück, als nun umgekehrt reines Blut statt des milchsäurehaltenden zugeführt wurde.

Diese an den beiden Nieren ausgeführten Versuche lassen demnach keinen Zweifel darüber, dass es nur die Anwesenheit des milchsauren Natrons ist, welche den grössern Sauerstoffverbrauch bedingt.

Aehnliches wie die Zahlen des Sauerstoffes bieten die der Kohlensäure. Die Uebereinstimmung ist in sofern vollständig, als mit dem Eintritt des milchsäureführenden Blutes augenblicklich die Kohlensäurebildung zunimmt. Das Verhalten des

letzteren Processes weicht von dem, durch welchen der Sauerstoff verschwindet, jedoch in sofern ab, als nach dem Wiederersatz des milchsäurehaltenden Blutes durch reines die Kohlensäurebildung noch merklich höher bleibt, als sie es vor der ersten Einführung des Milchsäure-Blutes gewesen war. Da sich diese Nachwirkung der Milchsäure in beiden Fällen nicht in gleicher Weise ausprägt, so müssen erst weitere Untersuchungen entscheiden, ob wir es hier mit einer constanten Erscheinung zu thun haben.

Bei der grössern Einfachheit in den Bedingungen unseres gegenwärtigen Versuches werden wir es uns vielleicht eher erlauben dürfen, den Athmungsvorgang, welcher bei der Anwesenheit des milchsäuren Natrons stattfindet, als die Summe zweier anderer ansehen zu dürfen, nämlich des normalen, welchen das Blut ohne die Anwesenheit des milchsäuren Natrons erfahren hätte und des eines zweiten, der durch die Einführung des genannten Salzes bedingt ist.

Um die Werthe, welche diesem letztern Vorgang angehören, rein zu erhalten, verfahren wir auch hier wie wir es früher thaten, wir ziehen nämlich die Grösse des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäurebildung, welche bei der Durchleitung des reinen Blutes bestanden, von denjenigen ab, welche während der Durchführung des milchsäurehaltenden Blutes gewonnen wurden. Führt man dieses aus und bildet aus dem Sauerstoff und der Kohlensäure des zur Milchsäure gehörenden Antheils der Athmung den Quotienten $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$, so bemerkt man, dass dasselbe dreimal unter den vier Fällen der Einheit gleich ist.

Aus den Versuchen mit Durchleitung des Blutes durch die Nieren geht nun allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Ursache, warum die Milchsäure in dem strömenden Blute die Athmung belebt, in der Verbrennung derselben zu suchen sei; denn einmal empfiehlt sich die Annahme als die einfachste, nachdem alle andere Hypothesen beseitigt sind, die nicht auf den directen Antheil irgend welcher chemischen Wirkung hinweisen, und dann tritt das Verhalten des Quotienten des $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$ geradezu bestätigend für die gemachte Annahme ein. Ich würde demnach die Verbrennung der Milchsäure als sicher gestellt ansehen, wenn die Zahl der Versuche, auf die sich meine Folgerungen stützen, schon jetzt eine grössere wäre.

2. Traubenzucker. Ich wende mich nun zur Darstellung der Versuche, welche ich mit Traubenzucker angestellt habe. In der folgenden tabellarischen Zusammenstellung sind die Resultate niedergelegt, welche ich an den Athmungsprodukten der lebenden Thiere erhielt, bevor und nachdem ich in das Blut derselben den Traubenzucker eingespritzt hatte.

Zusatz zum Blute	Dauer		In der Minute			N-Verbrauch (-) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Vers.	CO ₂ O	N O	Temperat. des Körpers	% Ge- halt an O in der Luft	Bemerkungen
	des Ver- suchs	der Pause	Zahl der Athem- züge	O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	CO ₂ in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.						
I. Ohne Mit Traubenzucker	20'	—	56	44.29	8.64	—	0.60	0.005	—	18.78	Kaninch. A. Kpg. 1380 gr. 0.8 gr. Zucker. Kaninch. B. Kpg. 1372 gr. 0.8 gr. Zucker.
	24.25'	—	48	43.36	9.17	—	0.67	0.041	—	19.2	
	21'	15'	48	42.74	9.19	—	0.72	0.028	—	23.74	
II. Ohne Mit Traubenzucker	22.5'	—	52	43.38	10.58	—	0.79	0.089	38.3	—	Kaninch. B. Kpg. 1372 gr. 0.8 gr. Zucker.
	23.93	—	50.4	42.78	10.39	—	0.84	0.004	38.2	—	
	24.98	6	49.2	42.44	9.35	—	0.77	0.015	38.0	—	
	28.73'	40'	46.0	43.34	10.60	—	0.79	0.020	37.7-37.4	15.67	
III. Ohne Mit Traubenzucker	40.2'	—	32	6.92	6.43	—	0.92	0.006	37.2	13.73	Kaninch. B. Kpg. 940 gr. 2 gr. Zuck. Sieben Tage lang vor dem Versuch m. Eiern gefüttert.
	36.75'	—	32	8.18	7.42	—	0.90	0.044	32.4	16.53	
	38.66	—	30	6.90	5.54	—	0.80	0.144	38.9-34.4 34.0	16.88	
IV. Ohne Mit Traubenzucker	23.73'	—	54.2	12.61	12.62	—	1.00	0.013	33.0	26.44	Kaninch. C. Kpg. 1700 gr. 2 gr. Zucker.
	24.75'	—	55	12.32	12.07	—	0.98	0.004	—	—	
	24.48	—	44	12.44	12.24	—	0.98	0.018	87.2-36.9	15.53	

Fortsetzung der Tabelle von voriger Seite.

Zusatz zum Blute	Dauer		In der Minute		N-Verbrauch (-) Ausschwei- dung (+) während der gesamten Zeit des Versuchs	CO ₂ O	N O	Temperat. des Körpers	o/o Ge- halt an O in der Luft	Bemerkungen
	des Ver- suchs	der Pause	Zahl der Athem- züge	O in Cc. bei 1 M. Dr.						
V. Ohne	1	25.8	64	44.56	5.31	+ 1.28	0.46	—	18.27	Kan. Q. 4.2 gr. Zucker in 3 Cc. Wasser.
	2	23.7	64	42.98	7.48	- 0.06	0.57	—	18.55	
Mit Traub- zucker	3	21.5	48	44.15	8.88	- 1.67	0.62	—	19.10	
	4	21.5	52	43.78	9.52	+ 12.43	0.69	—	21.38	
VI. Ohne	1	24.26	56	44.95	10.47	- 1.87	0.72	—	19.12	Kan. Q. 1750 gr. Kpg. 0.8 gr. Zucker in 3 Cc. Wasser.
	2	22.0	52	43.94	10.86	- 1.20	0.78	—	18.88	
Mit Traub- zucker	3	20.0	48	45.38	12.33	+ 0.34	0.80	—	18.49	
	4	21	48	44.28	10.81	- 5.09	0.75	—	20.23	

Die in dem 5. und 6. Stabe eingeschriebenen Zahlen, welche die Minutenwerthe des O und der CO₂ wiedergeben, bieten ein wesentlich anderes Bild, als das entsprechende nach der Injection von milchsäurem Natron. Während sich dort nach der

Injection die Athmung ausnahmslos lebhafter gestaltete, zeigt sich jetzt in 15 Beobachtungen, dass der Gasaustausch nach dem Einbringen des Zuckers in einigen Fällen gleich, in anderen etwas grösser, in noch anderen geringer als vor der Injection ist. Zieht man aus allen Bestimmungen des Sauerstoffs und der Kohlensäure vor und nach der Injection das Mittel, so stellt sich dieses folgendermassen:

Minutenmittel	{ vor Injection (6 Best.)	12.28.
des O	{ nach Zuckerinjection (15 Best.)	12.67.
Minutenmittel	{ vor Injection (6 Best.)	9.04.
der CO ₂	{ nach Zuckerinjection (15 Best.)	9.72.

Die Zahlen aus den Normal- und Zuckerbeobachtungen sind also nahezu dieselben. Daraus darf geschlossen werden, dass die Lebhaftigkeit der Athmung nicht erhöht wird durch die Anwesenheit des Zuckers im Blute; und hieran lehnt sich sogleich der weitere Zusatz an, dass wir keinen Grund zu der Annahme haben, es könne der Zucker als solcher, wenn er dem Blute einverleibt wird, den oxydirenden Vorgängen innerhalb der Gefässe verfallen. — Erwägt man ausserdem, dass die Dauer der Beobachtung sich in den vorliegenden Versuchen jedesmal auf mehr als eine Stunde erstreckt, so liegt der Annahme nichts im Wege, dass der Zucker Zeit gehabt habe, aus dem Blute in die Gewebe zu diffundiren. Würde er dort, wie man anzunehmen pflegt, sehr rasch zerlegt und damit der Oxydation zugänglich, so hätte man erwarten können, dass die Athmung in den spätern Stadien des Versuchs lebhafter geworden sei. Aber auch hiervon zeigt sich keine Spur.

Ich kann nicht leugnen, dass mich dieses Ergebniss überraschte, da ich bisher mit der allgemein verbreiteten Meinung geglaubt hatte: es gehöre der Zucker zu denjenigen Bestandtheilen des Organismus, welche an allen Orten desselben vorzugsweise leicht zerstört werden. Sieht man sich nun unter Berücksichtigung meiner Erfahrung die Thatsachen an, welche diese Annahme unterstützen sollen, so ergiebt sich allerdings bald die Unhaltbarkeit derselben.

Ein grosser Theil unserer Nahrung besteht aus Zucker; aus andern ursprünglich zuckerfreien Bestandtheilen unserer Speisen kann der Organismus Zucker entstehen lassen; von allem diesem Zucker erscheint in der Regel nichts in unsern Exkreten, also muss er massenweise, wie er gekommen, auch zerstört worden

sein. Dieser Satz ist unzweifelhaft richtig, aber er schliesst die Folgerung nicht aus, dass der Zucker nur in ganz bestimmten Zersetzungsheerden wie z. B. im Darmkanal in Kohlensäure und Wasser umzuwandeln sei. Andererseits spricht für die Beschränkung der zuckerzerstörenden Wirksamkeit des Organismus geradezu manches, so z. B. die bekannte Thatsache, dass der Zucker, welcher in das Blut des Säugethiers gelangt ist, so rasch und in so grossen Mengen in den Harn übergeht; würde er in dem Blute zerlegt, so könnte er im Harn nicht erscheinen. Allerdings haben sich mehrere Autoren dafür ausgesprochen, dass der Zucker auch innerhalb des lebendigen Blutstroms zerstört werde, so z. B. früher *Pavy*.*) Aber vergebens sieht man sich in den neueren Schriften dieses Arztes nach einer Wiederholung seiner früheren Angaben um, so dass der Anschein entsteht, als ob er selbst keinen Werth mehr auf seine früheren Mittheilungen lege. — *Ph. Falk* und *Limpert****) haben gefunden, dass von dem Traubenzucker, welchen sie in das Blut spritzten, nur eine beschränkte Menge im Harn erschien, und dass auch dieses nur dann geschieht, wenn der Zuckergehalt des Blutes schon auf einen nicht unbedeutenden Grad gestiegen ist. Gegen die Nothwendigkeit der zuletzt genannten Bedingung sprechen zahlreiche neue Erfahrungen, wonach bei einem selbst so geringen Zuckergehalt des Blutes wie ihn z. B. eine reichliche Mahlzeit hervorruft, schon ein zuckerhaltiger Harn entstehen soll. Nehmen wir aber die Richtigkeit beider Behauptungen von *Falk* und *Limpert* an, der bestrittenen und der nicht bestrittenen, so würde daraus immer noch nicht folgen, dass der Antheil des Zuckers, welcher aus dem Blute nicht in den Harn gelangt, dort auch in Kohlensäure und Wasser zerlegt werden müsste. Warum sollte der Zucker nicht noch leichter durch andere Blutgefässe hindurch dringen, als durch die der Niere?

Gegen die überall gleich leichte Zerstörbarkeit des Zuckers spricht auch sein Verhalten in der Leber, aus der er leicht als solcher ausgeführt wird, wenn er daselbst entstanden war. — Nicht weniger wahrscheinlich ist es, dass der Zucker der Muskeln erst in Milchsäure umgewandelt werden muss, bevor er der vollständigen Oxydation anheim fallen kann.

*) *Schmidts Jahrbücher*, 90. Bd.

**) *Virchows Archiv*, 9. Bd.

Aus einer Ueberschlagung aller dieser Erfahrungen geht zum mindesten hervor, dass wir keine Veranlassung zu der Annahme haben, es werde innerhalb des lebendigen Blutstromes selbst die vollständige Zerlegung des Zuckers herbei geführt.

Bei der wichtigen Rolle, welche der Zucker im thierischen Körper spielt, und bei der theoretischen Bedeutung, welche der Art seiner Umsetzung durch den Lebensprozess zugeschrieben werden muss, hielt ich es für der Mühe werth, den Erscheinungen noch weiter nach zu gehen. Zu dem Ende liess ich auch den Zucker, ähnlich wie das milchsaure Natron, in einem künstlichen Blutstrom durch die Niere wandern, dabei erhielt ich die folgenden, zum Theil schwer zu deutenden Ergebnisse.

Bei dem Beginn dieser Beobachtungsreihe ging ich von der Voraussetzung aus, dass das defibrinirte arterielle Blut gegen Traubenzucker vollkommen indifferent sei. So hatte es sich *Hoppe-Seyler**) in der That gezeigt, als dieser die oxydirende Wirkung des Blutes auf Traubenzucker geprüft hatte. Dem entsprechend erschien es mir unverfänglich so vor zu gehen, dass ich zwei verschiedene Portionen desselben Blutes über Quecksilber in zwei verschiedene Flaschen auffing und zu einer Portion einige Gramm Traubenzucker setzte, alles dieses in der Absicht, um nach Belieben bald zuckerhaltiges und bald zuckerfreies Blut durch die ausgeschnittene Niere führen zu können. Der grösseren Sicherheit wegen entnahm ich jedoch aus jeder der beiden Flaschen eine Probe, unmittelbar nachdem das Blut und der Zucker eingefüllt waren, und dasselbe that ich wiederum, nachdem die Flaschen bei gewöhnlicher Zimmertemperatur fünf und eine halbe Stunde (— so lange dauerte die Durchleitung —) gestanden hatten. Sämmtliche vier Proben wurden ausgepumpt und das gewonnene Gas analysirt.

400 Theile des Blutes enthielten:

Reines	{	im Beginn	O=16.24	CO ₂ =23.71	N=1.90,
Blut	}	nach 5½ Stunde	O=16.33	CO ₂ =23.69	N=1.90,
Zuckerhal-	{	im Beginn	O=16.35	CO ₂ =23.72	N=1.13,
tiges Blut	}	nach 5½ Stunde	O=12.90	CO ₂ =27.59	N=1.34.

Danach hatte sich also beim Aufenthalt in gewöhnlicher Zimmertemperatur der Gasgehalt des reinen Blutes nicht geändert,

*) Medicinisch chemische Untersuchungen, 1. Heft, 436.

während im zuckerhaltigen Blute der O-Gehalt um 3.25% ab-, der CO₂-Gehalt dagegen um 3.85% zugenommen hatte.

Ich lasse unentschieden, wie man diese Erfahrung deuten soll; mir drängte sie für die zukünftigen Versuche die Vorsicht auf, dass ich den Zucker erst in dem Augenblicke zu dem Blute setzte, in welchem ich die Durchleitung der betreffenden Portion vornehmen wollte.

Nachdem ich dies vorausgeschickt, wende ich mich zur Anführung der Resultate von vier Versuchen mit künstlicher Leitung durch die ausgeschnittene Niere; hierbei beschränke ich mich, um die Zahlen nicht allzusehr zu häufen, auf die Anführung der Minutenmittel und bemerke nur noch zu der nachstehenden Tabelle, dass wenn vom Strom reinen Blutes zu einem solchen mit Zuckerblut oder umgekehrt übergegangen wurde, jedesmal erst die Niere durch die Blutart längere Zeit hindurch ausgewaschen wurde, welche gerade aufgefangen werden sollte, so dass z. B. wenn das Auffangen des Zuckerblutes beendet war und dann zum reinen Blute übergegangen werden sollte, erst 10 bis 20 CC. reinen Blutes durch die Niere geführt und weggelassen wurden, bevor das Auffangen dieser Blutart aus der Vene begann.

Blutart durch die Niere	In der Minute an ChC.		
	Blut- volum	Ver- braucht. O	Gebildete CO ₂
Normalblut	4.54	0.077	0.085
Zuckerblut	4.54	0.094	0.084
Normalblut	4.58	0.125	0.089
Zuckerblut	4.58	0.065	0.060
Normalblut	0.94	0.052	0.042
Zuckerblut	4.00	0.073	0.072
Zuckerblut	0.92	0.069	0.050
Normalblut	0.74	0.051	0.054
Normalblut	0.53	0.036	0.036
Normalblut	2.0	0.162	0.163
Zuckerblut	4.97	0.183	0.120
Normalblut	4.97	0.214	0.174
Normalblut	4.82	0.198	0.168
Normalblut	4.5	0.140	0.057
Zuckerblut	4.5	0.204	0.101
Normalblut	4.5	0.147	0.145

Die Erscheinungen, welche die Beobachtung zu Tage gefördert hat, sind sehr verwickelt und nach allen Richtungen hin einander widersprechend. So geht z. B. aus der Vergleichung der Zahlen für die Kohlensäure und den Sauerstoff hervor, dass die beiden Gasarten durchaus ungleichmässig an dem Respirations-Prozess betheiligt waren. Aus der Betrachtung der Sauerstoffcurve sollte man z. B. aus Versuch 2 und 4 schliessen, dass durch die Einführung des Zuckers der Respirations-Prozess beschleunigt werde, diess geht dagegen aus einer Betrachtung der Kohlensäurecurven in den entsprechenden Versuchen durchaus nicht hervor. In einem ähnlichen Widerspruch, wie die eben citirten, gleichzeitig erhaltenen Minutenmittel der Kohlensäure und des Sauerstoffs stehen, befinden sich nun auch die Minutenmittel des Sauerstoffs im ersten und dritten Versuch zu jenen des zweiten und vierten. Mit einem Wort, die vorliegenden Zahlen lassen keine Gesetzmässigkeit durchblicken. Dieses Ergebniss ist nicht verwunderlich in Hinblick auf die pag. 178 angeführte Durchleitung reinen Blutes durch die Niere. In unserm Organ kann, wie es scheint, die Umsetzung der Stoffe aus inneren Gründen sehr variabel sein, so dass die von aussen am Athmungsprozess angebrachten Veränderungen dagegen verschwinden. Somit würde es gerathen sein, in Zukunft bei ähnlichen Versuchen einen anderen capillaren Bezirk zu benutzen.

3. Capronsaures Natron. Die Versuche über den Einfluss des capronsauren Natrons auf die Athmung habe ich genau so angestellt, wie die entsprechenden mit milchsaurem Natron. Die Resultate, welche ich bei den Einspritzungen erhielt, sind die folgenden:

Zusatz zum Blute	Dauer		In der Minute			N-Verbrauch (-) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs	CO ₂ / O	N / O	% Gehalt an O ₂ um Schl. des Vers.
	des Versuchs	der Pause	Zahl der Athemzüge 1 M. Dr.	CO ₂ in Cc. bei 0 u. 0° und 1 M. Dr.					
				O	CO ₂				
I. Ohne	1 23.50	—	66	12.67	42.50	— 8.88	0.98	0.03	49.65
Mit Capron-säure	2 22.16	40'	62	13.56	43.64	— 5.97	1.00	—	—
	3 20.8	5.5'	56	14.94	44.50	+ 3.26	0.98	0.049	18.88
	4 21.35	8	60	14.27	45.44	— 4.72	1.06	0.040	16.54
II. Ohne	1 25.03	—	52	11.79	42.22	— 8.7	1.03	0.02	20.08
Mit Capron-säure	2 49.9	7.7'	46	12.09	42.15	— 7.59	1.01	—	—
	3 20.6	6.5'	55	14.32	45.71	— 13.4	1.09	0.02	49.27
	4 20.33	6	46	14.38	44.54	— 45.28	1.01	0.04	20.75
III. Ohne	1 27.4	—	52	11.08	9.22	— 4.84	0.83	0.006	49.57
Mit Capron-säure	2 22.3	8.5	52	13.28	9.03	— 12.19	0.68	—	—
	3 25.5	5	52	11.77	10.12	— 7.40	0.86	0.04	20.59
	4 22.15	6	58	13.66	12.94	— 3.46	0.95	0.02	49.33

Kaninch. L. Kpg.
1500 gr. 0.83 gr.
Capronsäure.

Kaninch. L. Kpg.
1375 gr. 0.54 gr.
Caprons. in 3 Cc.
Wasser.

Kaninch. M. Kpg.
1550 gr. 0.54 gr.
Caprons. in 3 Cc.
Wasser.

Aus einer Discussion dieser Zahlen ergibt sich ein ähnliches Resultat, wie wir es auch beim milchsäuren Natron erhielten. Unmittelbar nach der Injection des Salzes wächst der Sauerstoffverbrauch und der höhere Werth erhält sich länger als eine Stunde, beziehungsweise so lange der Versuch dauerte. Aehnlich geschieht es mit der Kohlensäure; der Werth, um

welchen das nach der Injection vorhandene Minutenmittel über das vorher vorhanden gewesene steigt, ist jedoch geringer als beim Sauerstoff und es findet sich zudem ein Fall unter 9, in welchem nach der Injection kein Wachsthum des Kohlensäurewerthes eintrat. Um das Gesamtergebniss der drei Versuche mit capronsäurem Natron in einem Blick übersehen zu lassen, stelle ich ihre Mittelwerthe hier zusammen.

Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den capronsäuren Versuchen	Unterschied der Mittelwerthe
O 11.85	14.43	2.58
CO ₂ 11.31	13.07	1.76

Vielleicht ist es nicht zufällig, dass hier der Quotient des Ueberschusses 0.68 ist, während wir ihn bei der Milchsäure gleich der Einheit fanden; alle übrigen Ableitungen, welche wir bei der Milchsäure zwischen der Menge des eingespritzten Stoffes und der dadurch erhöhten Respiration machten, gelten auch hier.

Nach allem diesem muss ich das capronsäure Natron unter die Stoffe zählen, von denen es höchst wahrscheinlich ist, dass sie nach ihrem Eintritt in das Blut der Verbrennung anheim fallen.

4. und 5. Essigsäures und ameisensäures Natron. Die Versuche mit diesen beiden Salzen geben, wie man aus dem Nachstehenden sieht, kein augenfälliges Resultat.

Die Mittelwerthe für die Essigsäure sind diese:

Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den Essigsäure-Versuchen	Unterschiede der Mittelwerthe
O 12.53	12.27	— 0.26
CO ₂ 8.40	8.98	+ 0.58

für die Ameisensäure die folgenden:

Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den Ameisensäure-Versuchen	Unterschiede der Mittelwerthe
O 18.41	18.66	0.15
CO ₂ 14.04	16.00	1.96

Versuche mit essigsaurem Natron.

Zusatz zum Blute	Dauer		In der Minute			N-Ver- brauch (-) Ausschei- dung (+)	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$	$\frac{\text{N}}{\text{O}}$	O ^o / _o
	des Ver- suchs	der Pause	Athem- züge	O	CO ₂				
I. Ohne	1	20.16	44	44.66	8.97	- 5.72	0.64	0.019	20.28
	2	—	—	—	—	—	—	—	—
		20	—	34	44.72	9.68	- 5.16	0.65	0.017
	3	—	—	—	—	—	—	—	—
22.55		—	36	43.09	9.47	- 5.02	0.72	0.017	20.44
4	—	—	—	—	—	—	—	—	
	22.83	—	32	42.99	9.90	- 4.11	0.76	0.013	19.87
II. Ohne	1	28.6	40	40.40	7.84	- 3.12	0.75	0.040	19.56
	2	—	—	—	—	—	—	—	—
		25.3	—	32	41.84	8.13	+ 2.46	0.68	0.008
	3	—	—	—	—	—	—	—	—
28		—	32	40.60	8.53	- 0.2	0.80	0.0007	18.78
4	—	—	—	—	—	—	—	—	
	28.6'	—	32	40.41	8.30	+ 0.4	0.78	0.004	18.73

Kan. P. 1650 gr.
Kpg. 4.6 gr. Essig-
säure in 5 Cc. Was-
ser.

Kan. P. 0.65 Essig-
säure in 5 Cc. Was-
ser.

Versuche mit ameisensaurem Natron.

Zusatz zum Blute	Dauer		In der Minute		N-Verbrauch (-) Ausschei- dung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$	$\frac{\text{N}}{\text{O}}$	0/10 Ge- halt an O in der Luft	Bemerkungen
	des Ver- suchs	der Pause	Zahl der O in Cc. Athem- zuge 1 M. Dr.	CO ₂ in Cc. bei 0° u. 0° 1 M. Dr.					
I. Ohne	1	18.4	46	16.57	44.34	+ 0.54	+ 0.004	19.05	Kan. J. 1870 gr. Kpg. 0.97 gr. Amei- senäure in 2 Cc. Wasser.
	2	17.66	48	17.70	49.25	+ 8.96	+ 0.02	16.01	
	3	17.03	46	16.62	46.17	+ 4.54	+ 0.044	17.03	
	4	18.18	40	16.78	44.24	- 3.17	- 0.0103	18.98	
II. Ohne	1	14.06	50	20.26	48.75	- 10.26	0.03	19.44	Kan. J. 2190 gr. Kpg. 4.0 gr. Amei- senäure.
	2	16.78	50	17.44	44.61	- 10.80	0.02	19.82	
	3	14	46	21.02	48.97	- 3.98	0.01	18.24	
	4	13.40	46	22.45	47.80	- 4.18	0.003	17.03	

6. Benzoësaures Natron. Die beiden Versuche, welche ich mit diesem Salze anstellte, lieferten die nachstehenden Zahlen:

Zusatz zum Blute	Dauer		In der Minute			N-Verbrauch (-) Ausscheidung (+)	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	O ⁰ .0	
	des Versuchs	der Pause	Athemzüge	O	CO ₂					
I. Ohne	1	36.5	420	8.58	7.06	+ 7.09	0.82	0.02	46.42	Kan. R. 4220 gr. Kpg. 0.86 gr. Benzoësaure.
Mit Benzoësaure	2	34.8	404	8.66	9.06	- 3.23	1.04	0.016	19.32	
	3	36.2	88	8.34	8.13	- 2.36	0.97	0.007	19.34	
II. Ohne	1	26.4	68	44.72	9.56	+ 44.6	0.84	0.03	9.40	Kan. S. 4.0 gr. Benzoë in 5 Cc. Wasser.
Mit Benzoësaure	2	30.8	68	9.60	9.40	- 6.04	0.97	0.04	12.06	
	3	34.7	60	9.25	8.37	- 7.40	0.89	0.02	12.36	
	4	30.9	56	9.50	7.65	- 5.46	0.80	0.019	14.17	

Als Mittelwerthe gehen hieraus hervor:

Mittelwerth aus den
Normalversuchen

O 10.15

CO₂ 8.31

Mittelwerth aus den
Benzoësaure-Versuchen

9.06

8.50

Diese Resultate weisen unzweideutig darauf hin, dass die Benzoësäure weder eine Zerlegung erfahren, noch eine solche veranlasst hat. Das Ergebniss des Respirationsversuchs steht demnach in Uebereinstimmung mit der Erfahrung von ihrem leichten und raschen Uebergang in den Harn.

7. Glyzerin. Bei zwei Versuchen erhielt ich die folgenden Zahlen:

Zusatz zum Blute	Dauer		In der Minute		N-Verbrauch (-) Ausscheidung (+) während der gesamten Zeit	CO ₂ O	N O	o/0 Ge- halt an O					
	des Ver- suchs	der Pause	Atmeh- züge	O					CO ₂				
I. Ohne Mit Glyzer.	1	25.6	—	156	41.94	10.03	—	0.76	0.84	0.002	47.09	Kan. N. 1470 gr. Kpg. 1.9 gr. Gly- zerin in 2 Cc. Was- ser.	
	2	21.4	5	86	44.46	12.01	—	3.79	0.84	0.01	47.86		
	3	18.2	6	—	76	46.57	13.53	—	3.55	0.81	48.47		
	4	17.9	5	—	76	46.92	14.15	—	2.4	0.83	0.007		47.81
	1	26.5	—	58	41.45	6.80	—	6.47	0.60	—	0.02		48.99
	2	26.5	20'50"	—	50	41.05	7.71	—	10.85	0.69	—		—
II. Ohne Mit Glyzer.	3	24.5	7	—	—	—	—	9.44	—	—	—		
	4	23.7	9	—	—	—	—	—	—	—	—		
	3	24.5	—	50	41.87	8.55	—	—	0.72	—	—		
	4	23.7	—	44	42.57	8.94	—	2.71	0.71	—	0.009		48.45

Die Mittelwerthe hieraus sind die nachstehenden:

Mittelwerth aus den Normalversuchen	O 11.54	Mittelwerth aus dem Glycerin-Versuch	43.85	Unterschiede der Mittelwerthe	2.31
	CO ₂ 8.44		10.84		2.40

Diese Ergebnisse sprechen sowohl quantitativ als qualitativ dafür, dass das Glyzerin, welches in das Blut eintritt, einer raschen Zerlegung entgegen geht.

1952 g 8207 ✓