

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die Bildung der Erdalkaliperoxyde

Engler, Carl

Heidelberg, 1910

Über den Gaswechsel der glatten Muskeln

[urn:nbn:de:bsz:31-289891](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-289891)

Sitzungsberichte
der Heidelberger Akademie der Wissenschaften

Stiftung Heinrich Lanz

Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahrgang 1910. 22. Abhandlung.

Über den Gaswechsel der glatten Muskeln

von

Otto Cohnheim und Dimitri Pletnew

Eingegangen am 2. August 1910

Vorgelegt von A. Kossel



Heidelberg 1910

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

Verlags-Nr. 490.

Verlag des Verfassers
in Stuttgart
1874

Über den Gewöhnlichen glatten Wäskel

von
Dr. phil. Carl Friedrich

Wäskel

Verlag von A. Neuberger



Neuberger 230

Die Wäskel...

Ein Respirationsapparat für isolierte Organe und kleine Tiere

von

Otto Cohnheim

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg)

Seit vielen Dezennien existieren Messungen des Gaswechsels des Menschen und verschiedener Tierarten. Es hat sich indessen auch das Bedürfnis ergeben, nicht nur den Gesamtorganismus zu untersuchen, da die einzelnen Teile sich derart untereinander beeinflussen und ihre Tätigkeit derart ineinander greift, daß der Stoffwechsel des Gesamtorganismus eine schwer auflösbare Summe darstellt. Besonders bei den Warmblütern wird der Stoffwechsel der einzelnen Organe durch die Wärme-regulation zu einer neuen Einheit zusammengefaßt. Der Stoffwechsel einzelner Organe ist bisher hauptsächlich von BARCROFT und seinen Mitarbeitern gemessen worden, indem sie das zu einem Organ strömende und das von diesem Organ kommende Blut der Gasanalyse unterwarfen und daraus, wie aus der anderweitig bestimmten Blutmenge den Gaswechsel berechneten. Erstens eignen sich hierzu nicht alle Organe und zweitens ist immerhin eine etwas komplizierte Berechnung aus Einzelproben erforderlich.¹⁾ Ich²⁾ habe früher den Gaswechsel des isolierten Darms, bzw. seiner Muskulatur bestimmt, indem ich den Darm in RINGER'sche Lösung legte, durch diese Sauerstoff hindurchleitete und den aus der Lösung abströmenden Sauerstoff durch Barytlauge gehen ließ. Unter diesen Bedingungen führt der isolierte Darm stundenlang kräftige Bewegungen aus, die nach den Untersuchungen von MAGNUS³⁾ als die normalen Bewegungen des Darmes angesehen werden müssen. Durch Titration der Barytlauge ließ sich die Kohlensäureproduktion des Darmes be-

¹⁾ J. BARCROFT, Zusammenfassung in d. *Ergebn. d. Physiol.*, Bd. 7, 1908.

²⁾ O. COHNHEIM, *Zeitschr. f. Physiol. Chem.*, Bd. 54, 1908.

³⁾ R. MAGNUS, *Pflügers Arch.* 102, 103, 108, 109, 111, 1904 u. 1905.

stimmen. Nun produzieren aber die Organe nicht nur Kohlensäure, sondern sie verbrauchen auch Sauerstoff, und der war bei dieser Versuchsordnung nicht zu bestimmen.

Die Unterstützung der Heidelberger Akademie der Wissenschaften hat es mir nun ermöglicht einen Respirationsapparat zu bauen, mit dem ich den Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäureproduktion sowohl des Darmes als auch anderer Organe messen konnte. Das Prinzip des Apparats ist dem Respirationsapparat für Menschen von ATWATER und BENEDICT nachgebildet⁴⁾, den ich in Boston selbst studieren konnte. Es kreist in einem geschlossenen System ein Luftquantum, aus dem die Kohlensäure durch Natronkalk weggenommen wird. Die Verminderung des Gasvolums, die auf dem Verbrauch von Sauerstoff beruht, wird durch ein Manometer gemessen und am Schluß des Versuchs wird aus einer kleinen Sauerstoffbombe soviel Sauerstoff hinzugefügt, daß das Manometer wieder den ursprünglichen Stand hat. Die Zunahme des Gewichts des Natronkalkbehälters gibt direkt die Produktion der Kohlensäure an, die Abnahme des Gewichts der Sauerstoffbombe den Verbrauch an Sauerstoff. Man erhält auf diese Weise den Gaswechsel ohne jede weitere Rechnung in Grammen oder Milligrammen ausgedrückt. Einen nach ähnlichem Prinzip eingerichteten Apparat für Durchblutungsversuche am Herzen hat E. ROHDE dem Heidelberger medizinischen Verein demonstriert. Im Einzelnen gestaltet sich die Anordnung des Apparates folgendermaßen:

Die Triebkraft für den Apparat, sein „Herz“, wird durch einen Gummiballon gebildet, der durch eine Holzplatte zugeedrückt wird. Die Holzplatte ist mit einem Exzenter verbunden und dieser wird durch einen Wassermotor getrieben. Das „Herz“ ist also ganz ähnlich wie bei dem Apparat für künstliche Durchblutung, den NEUBAUER und GROSS soeben beschrieben haben.⁵⁾ Vor und hinter dem Gummiballon sind zwei sogenannte MÖLLER'sche Glasgummiventile eingeschaltet, welche den Luftstrom nur in einer Richtung zulassen. Das arterielle Ventil muß selbstverständlich vollständig schließen, das venöse darf dies dagegen nicht tun, der Apparat muß also eine „Mitralinsuffizienz“ haben, sonst ist der Druckausgleich durch den ganzen Apparat hindurch

⁴⁾ W. O. ATWATER und F. G. BENEDICT, *Carnegie-Institution*, 1905; F. G. BENEDICT, *Americ. Journ. of Physiology*, 24, 1909.

⁵⁾ O. NEUBAUER und W. GROSS, *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, Bd. 67, 1910.

nicht möglich, der bei der Ablesung des Manometers (s. u.) gebraucht wird. Von dem arteriellen Ventil tritt die Luft in das Gefäß ein, in dem sich das Organ befindet. Dies Gefäß steht bei Versuchen an Warmblütern in einem Wasserbehälter, der durch einen Thermoregulator auf 39° gehalten wird. In den Versuchen mit dem Darm und dem Magen schwamm das Organ in RINGER'scher Lösung und die Anordnung war so, daß während des Versuches das Gas durch die RINGER'sche Lösung hindurchströmte. Vor Ablesung des Druckes wurde durch eine Umschaltung die Luft nicht mehr durch die RINGER'sche Lösung geleitet, damit sie frei nach dem venösen Teil des Apparates strömen konnte. Von dem Gefäß mit der RINGER'schen Lösung ging die Luft zunächst durch einen Chlorcalciumturm und dann durch zwei Waschflaschen mit konzentrierter Schwefelsäure, um so vollständig getrocknet zu werden. Eine Bestimmung des Wassers hätte in diesem Versuche keinen Sinn gehabt, da das Gas ja durch die RINGER'sche Lösung strömte. Von der Schwefelsäure aus geht die Luft nun durch zwei miteinander verbundene U-Röhren, deren erste mit feuchtem Kalikalk, die zweite mit Bimssteinstücken gefüllt ist, die mit konzentrierter Schwefelsäure getränkt sind. Die Methode, zur Absorption der Kohlensäure feuchten Kalikalk oder Natronkalk zu benutzen, stammt von ATWATER und BENEDICT; sie geben an, daß nach vielfältigen Versuchen feuchter Natronkalk der einzige Stoff sei, der bei schnellem Gasstrom die Kohlensäure wirklich absorbierte. Ich habe mich überzeugt, daß durch die GEISSLER'schen Kaliapparate, wie sie bei der Elementaranalyse benutzt werden, die Kohlensäure nicht vollständig absorbiert wird, wenn ein rascher Strom hindurchgeht. Ebenso erwies sich trockener Natronkalk als nicht genügend. Die Vorschrift von BENEDICT lautet: Man löse 100 g Kaliumhydroxyd in 45—60 g Wasser auf und füge 100 g ungelöschten Kalk hinzu. Ich fand es für die Darstellung zweckmäßiger nur 35—40 g Wasser zu nehmen, da sonst gelegentlich ein Zusammenbacken der ganzen Masse eintrat. Die absolut trockene Luft die durch diesen feuchten Kalikalk streicht, entzieht ihm Wasser und so muß hinter die Kalikalkröhre eine zweite Röhre mit Schwefelsäure eingeschaltet sein, welche das Wasser absorbiert. Ich habe mich überzeugt, daß die beiden Röhren zusammen die richtigen Kohlensäurewerte anzeigen, wenn man eine bekannte Menge von Kohlensäure in dem Gefäß

sich entwickeln läßt. Ist keine Kohlensäure vorhanden, so zeigen die beiden U-Röhren auch bei stundenlangem Durchleiten keine Gewichtszunahme. Die beiden Röhren sind miteinander verbunden, so daß sie gemeinsam gewogen werden können, sie wiegen 170—190 g und lassen sich auf Bruchteile eines Milligramms wiegen.

Von diesen beiden Röhren geht der Gasstrom noch einmal durch Schwefelsäure, damit nicht etwa feuchte Luft, während der Apparat stillsteht, an die U-Röhre herangelangen kann und sodann durch eine Waschflasche mit Wasser, damit die Luft nicht ganz trocken durch den Apparat läuft, weil das den Gummi angreifen könnte. Zur Vermeidung von Bakterienentwicklung habe ich dem Wasser etwas Sublimat zugesetzt. Von hier geht die Luft zu dem venösen Ventil; vorher sind aber zwei seitliche Öffnungen in die Leitung angebracht von denen die eine mit dem Manometer, die andere mit der Sauerstoffbombe in Verbindung steht. Das Manometer ist eine einfache U-förmig gebogene Glasröhre, die mit Wasser gefüllt ist. Die Sauerstoffbombe hält einen Druck von $2\frac{1}{2}$ Atmosphären aus, wiegt 218 g und ist ebenfalls auf halbe Milligramme genau wägbare. Ich habe folgende Versuche angestellt: Mit einer Spritze wurden in der Gegend des Organbehälters 21 ccm Sauerstoff entnommen, diese wiegen bei 752 mm und 16° 27,55 mg, gefunden 27,5 mg. 46 ccm Sauerstoff wiegen bei 13° und 758 mm 61,5 mg, gefunden 62 mg. Vor dem Versuch muß der Apparat mit Sauerstoff gefüllt werden, da die Durchleitung von Luft durch die RINGER'sche Lösung nicht hinreicht, um den Darm oder den Magen genügend mit Sauerstoff zu versorgen. Alsdann läßt man den Apparat eine Zeitlang leer laufen, wobei die in der RINGER'schen Lösung absorbierte Kohlensäure ausgetrieben und von dem Kalikalk aufgenommen wird. Dann werden die Sauerstoffbombe und die Kalikalk-Schwefelsäure-Röhren gewogen und das Organ kommt in den Organbehälter. Nun wird das Manometer eingestellt und der Apparat eine gewisse Zeit laufen gelassen. Ich habe meist einstündige Versuche angestellt. Nach dieser Zeit wird das Manometer von neuem mit dem Apparat verbunden, aus der Bombe soviel Sauerstoff hinzugelassen, bis das Manometer den Anfangsstand hat, und das Organ herausgenommen. Um die in der Flüssigkeit etwa noch absorbierte Kohlensäure auszutreiben, ließ ich den Apparat immer noch eine Stunde weiter-

laufen. In einer Reihe von Fällen fügte ich dann noch Schwefelsäure der RINGER'schen Lösung bei und ließ den Apparat noch einmal eine Stunde lang mit neuem Kalikalkrohr laufen; so konnte ich mich davon überzeugen, ob etwa ein gewisser Teil der Kohlensäure gar nicht dem Organ entstammte, sondern Kohlensäure war, die in der RINGER'schen Lösung präformiert war. Bei den normalen Versuchen war das übrigens nicht der Fall.

Fehlerquellen des Apparates. Die Bestimmung der Kohlensäure mit dem Apparat dürfte völlig genau sein. Eine Einwendung könnte höchstens darin gesehen werden, daß von einem Organ neben der Kohlensäure etwa ein anderes Gas produziert würde, welches nicht durch Schwefelsäure, wohl aber durch Natronkalk absorbiert wird. Von einem derartigen Gase ist aber nichts bekannt. Weniger sicher ist die Bestimmung des Sauerstoffs. Sie muß durch jedes Gas beeinflußt werden, das etwa neben Sauerstoff und Kohlensäure von dem Organ produziert oder verbraucht wird. Allerdings sind derartige Gase bisher auch nicht beobachtet worden. Vor allem aber besteht hier die Schwierigkeit, daß bei den beiden Ablesungen des Manometers keine Differenz in der Temperatur bestehen darf. Nun ist es ja natürlich einfach, die Flüssigkeit in dem Organgefäß auf gleicher Temperatur zu halten. Es ist mir bisher aber nicht möglich gewesen, zu verhindern, daß bei dem Hereintun des Organs in das Gefäß die Luft über der RINGER'schen Lösung sich etwas abkühlte und es erwies sich infolgedessen als erforderlich, nach Hereinbringen des Organs in den Apparat ihn etwa zwei Minuten laufen zu lassen, um die Luft wieder zu erwärmen. Der Sauerstoffverbrauch während dieser Zeit wird nicht bestimmt, wohl aber die Kohlensäureproduktion. Der Sauerstoffverbrauch muß also ein wenig zu niedrig erscheinen.

In dieser Form habe ich den Apparat für den Magen und den Darm angewendet, deren Muskeln unter bestimmten Bedingungen in RINGER'scher Lösung sich normal verhalten, und in dieser Form kann der Apparat ohne weiteres für kleine Tiere Verwendung finden, die statt des Organs in das Gefäß gesetzt würden. Ich beabsichtige eine Reihe von Untersuchungen von wirbellosen Tieren verschiedener Klassen mit dem Apparat vorzunehmen.

In einer Reihe von Fällen habe ich den Darm nun aber nicht einfach in RINGER'scher Lösung schwimmen lassen, sondern

ich habe ihn durch seine Gefäße mit Sauerstoff durchspült, indem ich ein Röhrchen in die Arteria mesarica einband und dieses mit dem Rohr verband, durch das sonst der Sauerstoff in die RINGER'sche Lösung eindringt. Die Venen des Darmes waren einfach offen und der Sauerstoff nahm seinen Weg durch die Blutgefäße des Darms in die RINGER'sche Lösung und von dort weiter zu den Absorptionsgefäßen. Eines weiteren Umbaus bedurfte der Apparat hierfür nicht, und in dieser Weise lassen sich Muskeln, vielleicht auch andere Organe untersuchen. Einer kleinen Umgestaltung bedurfte der Apparat hingegen noch, als ich Organe untersuchte, die ich in dem lebenden Tierkörper zu lassen wünschte. Das Organgefäß fällt fort. Dafür verband ich das arterielle Zuleitungsrohr des Apparates mit der Arterie des betreffenden Organs und das venöse Rohr, das zu den Absorptionsgefäßen führt, mit der Vene des Organs. Es strömt somit Sauerstoff statt des Blutes durch die Gefäße des Organs. In den Weg des arteriellen Rohres wurde eine Waschflasche mit RINGER'scher Lösung eingeschaltet und die Anordnung so getroffen, daß entweder der Sauerstoff durch die RINGER'sche Lösung hindurchging und dann in die Arterie des Organes lief, oder daß die RINGER'sche Lösung eventuell mit einem Zusatz durch die Blutgefäße geleitet werden konnte. In dieser Weise habe ich die Muskeln des Hinterbeins von Katzen untersucht.

In den folgenden Abhandlungen teile ich zunächst die abgeschlossenen Versuche über den Gaswechsel der glatten Muskeln des Magens und Darmes mit. Ich habe sie in Verbindung mit Herrn Privatdozent Dr. DIMITRI V. PLETNEW aus Moskau gemacht. Die Muskelversuche sind noch nicht abgeschlossen.

Der Gaswechsel der Muskulatur des Dünndarms

von

Otto Cohnheim und Dimitri Pletnew

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg)

Mit dem in der vorigen Abhandlung beschriebenen Respirationsapparat läßt sich von allen Organen die Muskulatur des Dünndarms am leichtesten untersuchen. Ihre Kohlensäureproduktion ist früher bereits von dem einen von uns bestimmt worden¹⁾, die Methode bestand damals darin, daß Katzen, die in voller Verdauung sich befanden, getötet wurden, indem sie mit Äther betäubt und ihnen dann die Halsgefäße durchschnitten wurden. Dann wurde die Bauchhöhle eröffnet, der Dünndarm schnell der Länge nach vom Mesenterium losgerissen und in RINGER'sche Lösung geworfen. Dann wurde er zweimal mit RINGER'scher Lösung ausgespült und mit einer Sublimatlösung von 0,17% gefüllt, an beiden Enden zugebunden, mit RINGER'scher Lösung abgespült und kam in das Versuchsgefäß. Wir bedienten uns derselben Methode. Die Katzen hatten vorher immer reichlich Milch gesoffen, der Darm wurde mit Sublimat soweit gefüllt, daß er ziemlich prall aussah, dann sind die Bewegungen besser. Das Sublimat hat den Zweck, Bakterienentwicklung im Darm während der Versuchsdauer zu verhindern, und außerdem das Darmepithel abzutöten. Die Muskulatur und das die Bewegungen beherrschende Nervensystem werden von dem eingespritzten Sublimat nicht geschädigt, da sie aber außerordentlich empfindlich gegen kleinste Sublimatmengen sind, die in die RINGER'sche Lösung hereingeraten, so beruht diese Unempfindlichkeit offenbar darauf, daß das Sublimat an das Eiweiß des Epithels gebunden wird, und die Muskulatur gar nicht erreicht. Am Schluß des einstündigen Versuchs ist das Epithel immer vollständig von dem übrigen Darm abgelöst und läßt sich leicht herausdrücken, so daß man den Darm ohne Epithel und Inhalt wiegen kann;

¹⁾ O. COHNHEIM, *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, Bd. 54, S. 461, 1908.

man wiegt dann Muskeln, Nerven und Serosa, wovon natürlich die Muskeln den weitaus größten Teil ausmachen.

Der mit Sublimat gefüllte Darm kam in das Durchleitungsgefäß des Apparates, das mit 500 ccm RINGER'scher Lösung gefüllt war, und führte darin während der ganzen Versuchsdauer äußerst lebhaft Versuche aus. Hauptsächlich sieht man die sogenannten Pendelbewegungen, die vermutlich dem Forttransport von Flüssigkeit dienen, außerdem aber sieht man von Zeit zu Zeit peristaltische Einschnürungen über den Darm hinkriechen.²⁾

Die Resultate der Sauerstoff- und Kohlensäurebestimmungen seien im folgenden zusammengefaßt. Die Versuchsdauer betrug, wo nichts anderes angegeben ist immer eine Stunde, die Temperatur etwa 39°.

Ver- such	Ge- wicht	Sauer- stoff	Kohlen- säure	Sauer- stoff für 100 g	Kohlen- säure u. 1 St.	Resp. Q.	Bemerkungen
1.	63 g	23,4 mg	34,5 mg	37 mg	55 mg	1,07	
2.	77 "		50,1 "		65 "		
3.	41 "	24,1 "	25,8 "	59 "	63 "	0,78	Bewegung schlecht, Tier war hungrig.
4.	79 "		64,4 "		81 "		
5.	64 "	38,6 "	57 "	60 "	89 "	1,07	
6.	47 "	22,7 "	36,9 "	48 "	78,5 "	1,17	
7.	56 "		50,1 "		87 "		
8.	48 "	32	57 "	44,4 "	79 "	1,29	Dazu 11 mg Kohlens. a. d. RINGER'schen Lös. Versuchsdauer 90 Min.
9.	49 "		56,2 "		114 "		Bewegungen ungewöhnlich lebhaft.

Die Kohlensäurewerte liegen also durchweg höher als sie in den früheren Versuchen von COHNHEIM waren, sie sind etwa zwei- bis dreimal so hoch. Zum Teil könnte das daran liegen, daß die Versuche damals meist zwei Stunden liefen, jetzt aber nur eine Stunde, und daß in der zweiten Stunde ein Absinken des Gaswechsels eingetreten ist. Hauptsächlich kommt es aber, wie spätere Versuche beweisen, daher, daß in den damaligen

²⁾ Vgl. O. COHNHEIM, *Zeitschr. f. Biol.*, 38, 1899. — R. MAGNUS, *Pflügers Arch.* 102, 103, 108, 109, 111, 1904 u. 1905.

Versuchen der Sauerstoff, der aus der Bombe herausströmte, nur durch die Flüssigkeit perlte, bei unseren jetzigen Versuchen aber ein sehr viel rascherer Strom durch die RINGER'sche Lösung jagte, die Sauerstoffversorgung ist damals zweifellos ungenügend gewesen. Wir waren aber auch jetzt zunächst nicht sicher, daß der Darm wirklich genügend Sauerstoff erhielt; unter physiologischen Verhältnissen erhalten die Muskeln den Sauerstoff ja von den Kapillaren her, in unseren Versuchen muß er durch die Darmwand hindurch diffundieren. Wir haben daher noch eine weitere Versuchsreihe angestellt, in der wir versuchten, den Sauerstoff direkt durch die Kapillaren strömen zu lassen. Daß das bei einzelnen Organen möglich ist, haben die Versuche von MAGNUS³⁾ gezeigt, der Sauerstoff durch die Kranzgefäße des Herzens strömen ließ und das Herz dabei normale Bewegungen ausführen sah. Wir haben die Versuche nun so angestellt, daß wir bei einer gut gefütterten Katze in Äthernarkose das Abdomen öffneten, den Dünndarm am oberen und unteren Ende durchschnitten und ihn zweimal mit RINGER'scher Lösung ausspülten. Alsdann wurden die Gefäße, die zum Duodenum und zum Dickdarm gehen unterbunden, weil hier Anastomosen zwischen den Gefäßen des Dünndarms einerseits und denen des Magens und des Dickdarms bestehen. Alsdann suchten wir die Arteria mesenterica superior auf, die bei der Katze leicht zu finden ist und banden eine Kanüle in sie ein. Dann wurde der Dünndarm mit seinem Mesenterium und der in der Arterie befestigten Kanüle herausgenommen und in RINGER'sche Lösung gelegt. Die Venen des Mesenteriums werden bei der Herausnahme durchschnitten. Nun wurden von der Kanüle aus die Darmgefäße zunächst mit RINGER'scher Lösung und dann mit Sauerstoff durchspült, dann wurde der Darm mit Sublimat gefüllt, zugebunden, gut abgospült und in das Versuchsgefäß des Respirationsapparates gelegt. Die Kanüle wurde mit dem arteriellen Zuleitungsrohr des Apparats verbunden. Wenn nun der Apparat in Gang gesetzt wurde, so lief der Sauerstoff zunächst durch die Gefäße des Darms und trat dann erst aus den Venen in die RINGER'sche Lösung über, von wo er in der oben geschilderten Weise zu den Absorptionsgefäßen ging.

Bei dieser Versuchsordnung dauerte es gewöhnlich einige Minuten bis die Bewegungen des Darms in Gang kamen, dann

³⁾ R. MAGNUS, *Arch. f. exper. Pathol. und Pharmak.*, 47, 1902.

aber erfolgten sie in genau derselben Weise, meist noch etwas lebhafter, als bei den früheren Versuchen. Da der Apparat rhythmisch arbeitet, sieht man die Pulsation der Mesenterialgefäße wie an einem normalen Tiere mit eröffneter Bauchhöhle.

Die experimentellen Schwierigkeiten bei diesen Versuchen sind nicht allzugroß, dagegen kann es im Lauf des Versuches zu einem Hindernis kommen, das dann nicht mehr zu überwinden ist. Wenn der Darm sich in der Flüssigkeit umherwälzt, kann es geschehen, daß bei den sehr lebhaften Bewegungen die Arterie verdreht wird, und damit ist die Pulsation des Sauerstoffs durch die Blutgefäße natürlich unterbrochen. Da man der Sauerstoffbestimmung wegen das Gefäß nicht mehr öffnen kann, läßt sich dem Übelstand nicht abhelfen, die Gefäße werden nach einiger Zeit undicht und damit ist die Sauerstoffbestimmung verloren. Daher erklären sich zum Teil die fünf Versuche, in denen wir nur die Kohlensäure haben bestimmen können. Was den Druck anlangt mit dem der Sauerstoff durch die Gefäße strömt, so erwies es sich als zweckmäßig, ihn auf etwa 70 mm Quecksilber zu bemessen. Als wir einmal auf 90 mm stiegen, begann sich der Darm mit Sauerstoff zu füllen, die Kapillaren waren undicht geworden. Bei geringerem Drucke ist der Widerstand zu groß.

Bei dieser Versuchsordnung ist die Sauerstoffversorgung des Darms nun zweifellos hinreichend, da er unter höherem Drucke durch die Kapillaren läuft, als es im Leben der Fall ist. Wie die folgende Tabelle beweist, ist der Gaswechsel dabei im allgemeinen nicht höher als bei den Versuchen mit einfacher Sauerstoffdurchleitung durch die Lösung; auch bei diesen ist die Sauerstoffversorgung also genügend.

Ver- such	Ge- wicht	Sauer- stoff	Kohlen- säure	Sauer- stoff für 100 g u. 1 St.	Kohlen- säure	Resp. Q.	Bemerkungen
1.	75 g		69,3 mg		92 mg		
2.	40 "		64,8 "		162 "		
3.	55 "		53,4 "		95 "		
4.	46 "		68,0 "		148 "		
5.	56 "		47,4 "		85 "		
6.	52 "	42,1 mg	62,0 "	61 mg	89 "	1,05	80 Min. dazu 9 mg Kohlens. a. d. RINGER- lösung
7.	90 "	43,2 "	76,4 "	48 "	85 "	1,28	
8.	76 "	37,1 "	63,8 "	49 "	84 "	1,24	

Im Versuch 7 wurde der Sauerstoffverbrauch für die erste und zweite halbe Stunde getrennt bestimmt, er betrug 22,6 mg für die erste, 20,6 mg für die zweite Halbstunde, sinkt also nur ganz unerheblich, so daß die erste Stunde als richtig angenommen werden kann. Ob ein stärkeres Herabgehen in der zweiten Stunde stattfindet, haben wir nicht geprüft, in den beiden Versuchen, die länger als eine Stunde dauerten, fand sich, daß Kohlensäure aus der RINGER'schen Lösung ausgetrieben war, der Darm also Säure abgegeben hatte, was für abnorme Verhältnisse spricht. Sonst war das niemals der Fall.

Besprechung der Zahlen.

Was nun zunächst die absoluten Werte anlangt, so liegen sie bei beiden angewandten Methoden um 80—90 mg Kohlensäure für 100 g Muskeln in einer Stunde. Nur wenige Zahlen liegen etwas ab. Die Sauerstoffwerte schwanken um 40—60 mg pro 100 g und eine Stunde. Die Werte sind also zwei- bis dreimal höher als in den früheren Versuchen, immerhin aber von derselben unvergleichlich niedrigeren Größenanordnung als die Werte für Drüsen und Skelettmuskeln.

Die respiratorischen Quotienten haben wir im ganzen nur in acht Fällen bestimmen können, nur in einem Falle findet sich ein Quotient von 0,78. Dieser Versuch fällt ohnehin aus dem Rahmen heraus, da das Tier hungrig war und der Darm sich ganz schlecht bewegte. In allen übrigen Fällen liegen die respiratorischen Quotienten ein wenig über 1,0; die Tiere waren immer reichlich mit Milch gefüttert, hatten also Milchzucker in ihrem Darm, so daß ein respiratorischer Quotient von 1 zu erwarten war. Daß die Sauerstoffwerte ein wenig zu klein sind, ist in der vorigen Abhandlung ausgeführt, dadurch muß der respiratorische Quotient ein wenig steigen. Ob der Darm etwaige Besonderheiten zeigt, ob es sich gegen Ende der Versuche um Spuren Kohlensäure handelt, die mit dem beginnenden Absterben zu tun haben, das läßt sich einstweilen nicht sagen.

Zusammenfassung:

1. Die Darmmuskulatur produziert 80—90 mg Kohlensäure pro 100 g und Stunde und verbraucht eine entsprechende Menge Sauerstoff.
2. Es gelingt einen guten Gaswechsel herbeizuführen, wenn man statt des Blutes Sauerstoff direkt durch die Kapillaren leitet.

Der Gasumsatz der Magenmuskulatur

von

Otto Cohnheim und Dimitri Pletnew

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg)

Im Gegensatz zu dem Dünndarm bewegt sich der aus dem Körper entfernte Magen von Hunden und Katzen in RINGER'scher Lösung nicht oder ganz mangelhaft. Beim Hundemagen kann man in der feuchten Kammer einzelne Bewegungen sehen, welche die Form dieser Bewegungen zu erkennen gestatten. An diesem Objekt haben HOFMEISTER und SCHÜTZ¹⁾ die Bewegungen des Magens zuerst studiert. Der Katzenmagen scheint sich nicht besser zu bewegen. Es ist uns indes gelungen, auch den Magen außerhalb des Körpers zu lebhaften Bewegungen zu veranlassen, indem wir eine Beobachtung CANNON's benutzten. CANNON²⁾ zeigte nämlich, daß nach Durchschneidung der zum Magen führenden Nerven die Bewegungen des Magens für einige Zeit aufgehoben sind, daß sie aber später wieder anfangen, und in der zweiten Woche wieder ganz normal werden. Die autonomen Zentren, die in der Muskulatur des Magens gelegen sind, werden in dieser Zeit also selbständig. Wir vermuteten, und es bestätigte sich, daß in dieser Zeit auch der herausgenommene Magen extra corpus sich bewegen würde. Wir durchschnitten daher in Äthernarkose unter aseptischen Kautelen bei Katzen beide Vagi und beide Splanchnici, ließen die Tiere eine Reihe von Tagen am Leben und untersuchten erst dann ihre Mägen. Die Durchschneidung der Splanchnici erfolgte nach den Angaben von LANGLEY und MAGNUS, wie sie von MAGNUS³⁾ genau beschrieben worden sind. Es wurden alle Nerven, die mit der Arteria coeliaca und mit der Arteria mesenterica superior verlaufen im Mesenterium durchschnitten, letztere wegen etwaiger Anastomosen am Magenaus-

¹⁾ F. HOFMEISTER und J. SCHÜTZ, *Arch. f. exp. Path. und Pharm.*, 20, 1, 1885; W. B. CANNON, *American Journ. of Physiology*, 20, 1907.

²⁾ W. B. CANNON, *American Journ. of Physiology*, 17, 1906.

³⁾ R. MAGNUS, *Pflügers Arch.*, 115, S. 324, 1906.

gang. Die Splanchnici wurden also postganglionär ausgeschaltet. Die Vagi haben wir zuerst am Halse zu durchschneiden versucht, verloren aber mehrere Tiere. CANNON scheint nach einer Bemerkung in seiner Publikation auch Schwierigkeiten gefunden zu haben. Wir durchschnitten nun die Vagi in der Bauchhöhle unmittelbar unter dem Zwerchfell. Man zieht den Magen hervor, und sucht an der Cardia die Vagusäste auf. In der Regel ist jeder Vagus hier bereits in Äste geteilt und es ist daher nötig die Durchschneidung sehr sorgfältig rings um die Cardia auszuführen. Diese Durchschneidung und die der Splanchnici führten wir in einer Sitzung aus, und es gelang uns, drei Katzen am Leben zu erhalten.

Am Versuchstage wurde die Katze getötet, die Bauchhöhle rasch eröffnet und der Magen herausgenommen, so daß ein Stückchen Speiseröhre und ein Stückchen Darm noch an ihm hingen. In beide wurden Glasröhren eingebunden und diese durch ein Gummirohr miteinander verbunden. Vorher wurde der Magen, der in allen drei Fällen mit Fleischresten gefüllt war, noch mit Salzsäure von 0,2% stark angefüllt. Wenn der Magen nun Bewegungen ausführte, so mußte er seinen Inhalt durch den Pylorus austreiben, der Inhalt kam dann aber durch das Gummirohr und die Cardia wieder in den Magen zurück. Der Magen mußte also wirkliche Arbeit leisten, es ging aber nichts von seinem Inhalt in die RINGER'sche Lösung über. In den zwei gut gelungenen Fällen sah man tatsächlich den Inhalt durch die Glasröhrchen strömen. Es zeigte sich aber auch in allen Fällen, daß Kohlensäure aus der RINGER'schen Lösung ausgetrieben war, es war offenbar Salzsäure durch die Magenwand nach außen gegangen. Die drei Versuche, die ebenfalls eine Stunde dauerten, führten zu folgenden Resultaten:

Versuch 1. Drei Tage nach der Operation. Der Magen zeigte keine Spur von Bewegung und verbrauchte in 35 Minuten keinen Sauerstoff. Später wurde Chlorbaryum zugesetzt, und der Magen kontrahierte sich kräftig. Sauerstoffverbrauch 9,2 mg, Kohlensäureproduktion 73,8 mg. Vgl. die nächste Abhandlung.

Bei den beiden folgenden Versuchen zeigte der Magen dagegen außerordentlich lebhaft Bewegungen. Der Fundusteil verhielt sich völlig ruhig. Der Pylorusteil dagegen zeigte eine peristaltische Welle nach der anderen. Es liefen fortwährend ganz tiefe Einschnürungen über ihn hin. Das Bild war genau

so, wie es von CANNON bei der Katze, von den Radiologen beim Menschen oft geschildert ist. Nur fiel uns auf, daß die Wellen sich nicht auf das Stück beschränkten, was nach dem anatomischen Bau der Schleimhaut als Antrum pylori bezeichnet werden muß. Sie beginnen vielmehr etwa in der Mitte zwischen Cardia und Pylorus. In einem Falle bildete sich an dieser Stelle eine ganz tiefe Einschnürung und blieb fast 20 Minuten unverändert an dieser Stelle stehen, während distalwärts die Wellen fortliefen. Derartige Bilder sind auch radiologisch gesehen worden und haben schon zu der irrtümlichen Annahme eines Sanduhrmagens geführt. Die ganze Methodik, bei der Katze erst die Nerven zu durchschneiden und später den Magen herauszunehmen, kann bei dem Studium der Magenbewegungen zweifellos gute Dienste leisten.

Versuch 2. Sechs Tage nach der Operation. Gewicht des Magens 27 g, davon 11 g Muskeln, 16,5 mg Kohlensäure, dazu 16,1 mg ausgetriebene, 8—10 mg Sauerstoff. Versuchsdauer 70 Minuten.

Versuch 3. Acht Tage nach der Operation. Gewicht des Magens 26 g, davon 9 g Muskeln, 23,3 g Kohlensäure, dazu 8 mg ausgetriebene, die Sauerstoffbestimmung ging leider verloren. Versuchsdauer 90 Minuten.

Endlich haben wir noch zweimal den Magen von neugeborenen Hündchen 24 Stunden nach der Geburt in derselben Weise auf seinen Gaswechsel studiert, es ergab sich, daß im Gegensatz zum erwachsenen Tier der Magen des neugeborenen auch ohne vorherige Nervendurchschneidung kräftige und regelmäßige Bewegungen zeigt. Hier sind offenbar die einzelnen Organe noch selbständiger.

Versuch 4. Kleiner Hund. Gewicht des leeren Magens 1 g, Sauerstoffverbrauch 1 mg.

Versuch 5. Gewicht des Magens 2,5 g, 11,1 mg Kohlensäure, dazu 9,6 mg ausgetriebene Kohlensäure. Versuchsdauer 1 Stunde.

Der respiratorische Quotient konnte nur in einem Falle bestimmt werden, da kam es zu einer kleinen Unsicherheit. Er ist etwa so groß wie bei den Darmmuskeln. Die Muskulatur des Magens produziert bei ununterbrochener stärkster Tätigkeit 170 und 175 mg Kohlensäure pro 100 g und Stunde.

Der Gaswechsel der Magen- und Darmmuskulatur bei ungenügender Sauerstoffversorgung und unter dem Einfluß von Chlorbaryum

von

Otto Cohnheim und Dimitri Pletnew

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg)

In den früheren Versuchen des einen von uns¹⁾ war die Sauerstoffdurchleitung sehr viel schwächer als in unseren jetzigen Versuchen. Wir haben daher um einen Vergleich zu haben, noch zwei Versuche angestellt, mit einem Sauerstoffstrom, der den früheren Versuchen entsprach.

Vers.	Gewicht	Sauerstoff	Kohlens.	Resp. Q.	Bemerkungen
1.	43 g	9,8	38,6	3	Durchleitung durch die Gefäße
2.	48 „	8,1	41,6	3,2	Durchleitung durch die Flüssigk.

Unter diesen Bedingungen erhält man also gänzlich abnorme Werte, die Kohlensäureproduktion bleibt zwar hoch, der Sauerstoff sinkt dagegen so stark, daß gänzlich unmögliche respiratorische Quotienten herauskommen. Wenn gar kein Sauerstoff vorhanden ist, bewegt sich der Darm auch noch und produziert auch noch Kohlensäure, die aber nicht einer normalen Atmung entstammt. Von dem quergestreiften Muskel ist dieses „Leben ohne Sauerstoff“ schon lange bekannt und die älteren Physiologen haben zum Teil weitgehende Schlüsse daraus gezogen. Es dürfte richtiger sein, die Bewegungen und die Kohlensäureproduktion unter diesen Bedingungen als eine Absterbeerscheinung zu betrachten, die mit dem normalen Geschehen nichts zu tun hat.

Der eine von uns hatte früher an dem Darm Versuche über die Dauerkontraktion der glatten Muskeln angestellt und diese Dauerkontraktion durch den Zusatz von Chlorbaryum zur RINGER-

¹⁾ O. COHNHEIM, *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, 54, 461, 1908.

schen Lösung hervorgerufen. Wir haben ebenfalls derartige Versuche gemacht.

Vers.	Gewicht	Sauerstoff	Kohlens.	Resp. Q.	Bemerkungen
3.	58 g	26,6	78,6	2,2	4 Tropfen Chlorbaryum, 10 %
4.	70 „	13,6	58,2	3,2	1 ccm Chlorbaryum, 10 %; 7 ausgetriebene Kohlensäure
5.	Magen	9,2	73,8	6	4 ccm Chlorbaryum, 10 %.

Chlorbaryum läßt also die Kohlensäureproduktion scheinbar unverändert und in der früheren Untersuchung, bei der nur die Kohlensäure bestimmt war, erschienen diese Versuche als brauchbar. Die gleichzeitige Bestimmung des Sauerstoffs hat uns nun belehrt, daß wir es unter dem Einfluß des Chlorbaryums mit einem Zustand zu tun haben, wie bei Sauerstoffmangel, und daß aus derartigen Versuchen auf das normale Geschehen nicht geschlossen werden darf. Die Schlußfolgerungen der früheren Abhandlung, soweit sie sich auf die Dauerkontraktion der glatten Muskeln beziehen, sind damit hinfällig.

