

IV. Ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Magenrösse mittels Luft.

Von Dr. Georg Kelling, Dresden.

(Schluss aus No. 51.)

Für unsere Bestimmung des Magendruckes berücksichtigen wir nur denjenigen Manometerstand, unter welchem die respiratorischen Schwankungen nicht heruntergehen. Dieser Werth ist dem Drucke, welcher bei gleichen Volumen in dem sich unbeeinflusst ausdehnenden Magen herrschen würde, am nächsten.

Unterschiede in dem Resultate für das Volumen bei so bestimmtem gleichem Drucke können entstehen:

1. durch Wechsel im Contractionszustand der Magenmuskeln;
2. durch die Verschiedenheit im Spannungszustand der Bauchdecken, sei es, dass diese durch die Ausdehnung des Magens gespannt werden und dann verschieden stark, wenn der Magen bei demselben Drucke ungleiche Volumina hat, sei es auch, dass der Grad der Spannung verschieden ist, weil bei den einzelnen Versuchen die Athmung nicht in gleicher Weise erfolgt.

Aus diesen Betrachtungen geht für die Bestimmung des Magenvolumens als wichtigstes hervor:

1. dass bei den unter gleichen Bedingungen angestellten Messungen nicht die gleichen Resultate erwartet werden dürfen;
2. dass die Unterschiede der Volumina um so geringer sind, je stärker der Magen aufgeblasen worden ist.

Ich lasse hier einige Zahlen folgen, welche an einem schwarzen Pudel von 6 kg Gewicht in Morphinäthernarkose bei sonstiger Intactheit des Thieres gewonnen worden sind.

Der Magen wurde mit 37,5° warmer und feuchter Luft auf 500 ccm, dann direkt anschliessend auf 1000 und 1200 ccm aufgeblasen, und der jedesmalige beim betreffenden Volumen vorhandene niedrigste Manometerstand aufnotirt. Die an demselben Tage gewonnenen Zahlen stehen in einer Reihe. Zwischen den einzelnen Versuchstagen ist jedesmal eine sechstägige Pause.

Volumen	Tag I			Tag II			Tag III		
500 ccm	9,0	8,0	7,8	8,0	7,0	7,0	15,6	9,2	9,2
1000 ccm	16,0	14,8	14,1	16,4	16,4	16,0	23,4	18,0	17,8
1200 ccm	—	—	18,0	—	—	—	26,4	24,0	24,0

Man sieht daraus, dass man bei Aufblähung auf 15 cm Druck Werthe von 500—1000 ccm erhält, bei Aufblasung auf 24 cm Druck nur Werthe von 1000—1200 ccm.

Einem grossen Jagdhund wurde durch die luftdicht verschlossene Canüle einer Magenfüstel in leichter Morphinäthernarkose der Magen zehnmal hinter einander auf 18 cm Druck aufgeblasen. Bei einem höheren Druck schloss die Cardia nicht mehr dicht.

Für die Volumina erhielt ich folgende Werthe: 1) 2280, 2) 2600, 3) 2510, 4) 2650, 5) 2240, 6) 2195, 7) 2195, 8) 2185, 9) 2290, 10) 2255. Mittelwerth 2340 ccm, grösste Abweichung 465 ccm.

Die Aufblasung ist mit Zimmerluft und zwar langsam erfolgt, damit die Luft Zeit hatte, sich im Magen zu erwärmen und mit Wasserdampf zu sättigen. Alle Factoren (Wassertemperatur, Höhendifferenz der Wasserniveaux) sind natürlich auch mit bestimmt und in Rechnung gezogen worden.

Um nun noch für den Menschen ein Urtheil darüber zu haben, in wie weit die Resultate von einander abweichen können, habe ich an sechs Personen Untersuchungen vorgenommen. Sämmtliche Personen fühlten sich völlig gesund, waren ohne nachweisbaren Fehler, verfügten über einen guten Appetit und normalen Chemismus der Magenverdauung.

Sie bekamen morgens nüchtern ein Ewald'sches Probefrühstück, und 1—1¼ Stunde nachher wurde der Magen einfach durch Anwendung der Bauchpresse entleert, und das Magenvolumen mit Luft und zwar zweimal, auch dreimal direkt hintereinander bestimmt. Acht Tage später wurde zum Vergleich eine Bestimmung des Magenvolumens mit Wasser vorgenommen. Das Wasser war 27—29° C warm und wurde aus einem graduirten Maasscylinder mittels Heberwirkung in den Magen einlaufen gelassen.

Beide Arten Bestimmungen sind in sitzender Stellung der Personen vorgenommen worden.

Die Resultate waren folgende:

1. A. K., 19 Jahre alt, Gymnasiast, 177 cm gross, 69 kg schwer.
 Magenvolumen mit Luft bestimmt Druck
 1080 ccm 20 cm
 1020 ccm 20 cm
 8 Tage später 1335 ccm 24 cm

Wasser bis zum Gefühl starker Völle einlaufen lassen: eingelaufen 1500 ccm, abgelaufen 1425 ccm.

Bei der Luftreibung zeigt sich vom Beginn bis zur Beendigung inspiratorische Drucksteigerung, expiratorisches Sinken.

2. H. A., Kaufmann, 30 Jahre, 168 cm gross, 80,5 kg schwer:
 Magenvolumen bei Luftreibung Druck
 780 ccm 22 cm
 812 ccm 22 cm

Acht Tage später Wasser einlaufen lassen bis zum Gefühl der Völle: eingelaufen 1400 ccm, abgelaufen 1225 ccm.

Bei Luftreibung erhöht Inspiration den Druck, Expiration erniedrigt ihn.

3. J. R., Schlosser, 28 Jahre, 173 cm gross, 69,5 kg schwer:
 Magenvolumen bei Luftreibung Druck
 1725 ccm 17 cm
 1665 ccm 17 cm

bei stärkerer Aufblähung über 17 cm hinaus bekommt R. regelmässig reflectorische Oeffnung der Cardia, und die Luft entweicht neben der Sonde vorbei.

Inspiration erhöht, Expiration erniedrigt den Druck.

Acht Tage später: Wasser einlaufen lassen bis zum Gefühl unerträglicher Spannung: eingelaufen 1200 ccm, herausgelaufen 1150 ccm, im abgelaufenen auch Kaffee; R. hatte gegen die Verordnung eine Stunde vorher zwei Tassen Kaffee getrunken. Als 900 ccm eingelaufen waren, bekam R. Brechneigung, doch erbrach er nur im ganzen 95 ccm Wasser.

R. fühlt sich nicht magenkrank; Appetit gut; Chemismus der Verdauung nachgewiesen normal.

4. G. F., Gymnasiast, 18 Jahre, 182 cm gross, 76 kg schwer:
 Magenvolumen bei Luftreibung Druck
 696 ccm 22 cm
 697 ccm 22 cm
 773 ccm 22 cm

Diese drei Bestimmungen erfolgten direkt hintereinander, die Inspiration erhöht den Druck, die Expiration erniedrigt ihn.

Acht Tage später: Die Magensonde wird in den leeren Magen eingeführt; es zeigt sich inspiratorisches Sinken des Druckes; es wird Luft ein-geblasen bis zum Drucke 15—18 cm, immer noch derselbe Typus der Schwankungen, bei weiterer Aufblähung aber Umkehrung desselben und inspiratorisches Erhöhen des Druckes.

Es wird jetzt eine Bestimmung mit Wasser vorgenommen. Wasser einlaufen lassen bis zum Gefühl starker Völle: eingelaufen 1560 ccm, abgelaufen 1550 ccm.

Darnach noch eine Untersuchung der respiratorischen Schwankungen bei Luftreibung vorgenommen. Im Anfang inspiratorisches Sinken des Druckes, bei stärkerem Aufblasen aber wieder eine Umkehr der respiratorischen Schwankungen.

Darnach noch eine Bestimmung des Magenvolumens mit Luft. Volumen 1128 ccm bei 22 cm Druck. Das Volumen ist offenbar deswegen grösser, weil die Magenmuskeln durch das Einfüllen von 1½ l Wasser erschläfft worden sind.

5. A. L., Schmied, 39 Jahre, 171 cm gross, 85 kg schwer:
 Magenvolumen bei Luftreibung Druck
 1052 ccm 20 cm
 1130 ccm 20 cm

Acht Tage später: Wasser einlaufen lassen bis zum Gefühl starker Völle: eingelaufen 1600 ccm, abgelaufen 1260 ccm. Als 1200 ccm eingelaufen waren, Brechneigung, doch nur 48 ccm Schleim erbrochen.

6. H. Z., Schmied, 40 Jahre, 165 cm gross, 55 kg schwer:
 Magenvolumen bei Luftreibung Druck
 628 ccm 21 cm
 587 ccm 21 cm

Bei Beginn inspiratorisches Sinken des Druckes, bei stärkerem Aufblasen Umkehr und inspiratorisches Steigen.

Acht Tage später: Wasser einlaufen lassen bis zum Gefühl unangenehmer Spannung; als 1200 ccm eingelaufen waren, erbrach Z. 120 ccm; es waren im ganzen einlaufen gelassen 1420 ccm, demnach eingelaufen im Magen 1300 ccm, abgelaufen 1285.

Bei einem siebenten Manne konnte ich die Umkehr der respiratorischen Schwankungen constatiren, indem das anfängliche inspiratorische Sinken des Druckes sich bei starker Aufblähung in ein inspiratorisches Steigen umwandelte. Weiteren Bestimmungen entzog sich der Mann.

Stellen wir noch einmal die Resultate übersichtlich zusammen:

	Volumen in Luft	Grösste Differenz	Differenz in % des grössten Luftvolumens.	Volumen in Wasser	Differenz zwischen grösstem Volumen in Luft u. dem Volumen in Wasser	% um welche das Volumen im Wasser grösser ist, als das grösste Volumen in Luft.
	ccm	ccm		ccm	ccm	
1. K.	{1080 1020}	60	5,6	1500	+ 420	+ 38,9
2. A.	{780 812}	68	8,7	1400	+ 588	+ 72,4
3. R.	{1725 1665}	60	3,5	1200	— 525	— 30,4
4. F.	{696 697 773}	77	10,0	1560	+ 787	+ 101,8
5. L.	{1052 1130}	78	6,9	1600	+ 470	+ 41,6
6. Z.	{628 587}	41	6,5	1300	+ 672	+ 107,0

Der Einfluss der Erwärmung der Luft im Magen ist in den beiden Bestimmungen, welche direkt hintereinander an derselben Person vorgenommen worden sind, gleich. Die Versuchszeit wurde zum Zwecke einer ausgiebigen Erwärmung absichtlich verlängert (1—2 Minuten vom Einblasen der Luft bis zum Entweichen), dauerte bei den beiden Bestimmungen gleich lange. Das Volumen ist für eine Erwärmung von 37,5^o berechnet worden. Die Differenzen können also ihre Ursachen nur in physiologischen Verhältnissen haben.

Aus diesen Resultaten, deren Zahl ich leider nicht vermehren konnte, lässt sich wenigstens folgern, dass bei der Volumenbestimmung des Magens mit Luft bei unter ganz gleichen Bedingungen vorgenommenen Versuchen Abweichungen in den Resultaten vorkommen, welche ihren Grund in den physiologischen Verhältnissen des Magens haben müssen.

Diese Differenzen betragen aber nicht über 10% des Resultats und sind demnach nicht so gross, dass man nicht ein genügendes Urtheil über die Magengrösse erhält.

Bestimmt man die Magengrösse aus einem einzigen Versuche, so darf man nicht vergessen, dass der Magen für diesen Druck ganz gut um circa 10% grösser oder kleiner sein kann.

Nimmt man keine genaue Berechnung vor, sondern fängt die Luft nur unter gewöhnlichem Wasserleitungswasser auf und schlägt dem abgelesenen Volumen 7 resp. 8% zu, so kann der Magen für denselben Druck ein zweites mal unter normalen Verhältnissen noch 13% grösser oder kleiner gefunden werden.

Das muss man wissen, wenn man z. B. an einem Patienten, der an Magenatonie leidet, zu verschiedenen Zeiten Volumensbestimmungen vornimmt, um sich über die Verschlechterung resp. die Besserung des Leidens Aufschluss zu verschaffen.

Dies ist in der That ganz gut möglich, und betragen die durch Besserung resp. Verschlechterung bedingten Differenzen der Volumina bei den in verschiedenen Zeiten vorgenommenen Bestimmungen unverhältnissmässig viel mehr, als die durch physiologische Verhältnisse bedingten Schwankungen.

Wie sich die Schwankungen unter pathologischen Verhältnissen verhalten, ob sie bei Dilatation und Atonie, etwa auch bei einer notorischen Neurose depressiver Form, welche den Magen mit betrifft, geringer sind, bei anderen Zuständen, so der peristaltischen Unruhe des Magens, grösser, und ob ihnen ein diagnostischer Werth zukommt, muss die Zukunft lehren. Hoffentlich werden vergleichende Volumensbestimmungen des Magens noch zahlreich erfolgen und veröffentlicht werden.

Nach dem oben genau beschriebenen Verfahren sind solche ja leicht vorzunehmen und auch an Patienten möglich, welche nie eine Magensonde geschluckt haben (vgl. die angeführten 6 Personen). Die Resultate sind so genau, als es eben nur möglich ist; für den einzelnen Versuch ist der Fehler im Maximum auf 3,5% des Resultats zu veranschlagen.

Die Bestimmung des Magenvolumens mit Luft hat gegenüber der mit Wasser grosse Vortheile. Der Magen wird in allen seinen Theilen gleichmässig ausgedehnt, und gleichzeitig der Widerstand der Magenmuskeln gemessen. Bläst man bis zur Grenze der Erträglichkeit auf, so erfährt man auch den Grad der Empfindlichkeit des Magens gegen die Dehnung seiner Wände. Jaworski nimmt an, dass das bei einem gewissen Grade der Spannung auftretende Schmerzgefühl den Moment angiebt, wo die Muskelbündel sich nicht mehr activ verhalten, sondern nach Ueberwindung ihrer Contraction passiv gedehnt werden. Man erfahre dadurch die Grösse der vitalen Widerstandsfähigkeit der Magenmuskeln, und gründet Jaworski darauf eine mathematische Berechnung der vitalen Muskelcontractilität und Muskeldehnbarkeit. Da müsste aber vorerst bewiesen sein, dass dies Schmerzgefühl nur hervorgerufen war durch den Reiz derjenigen Nerven, welche auf die Angabe des Momentes der passiven Muskeldehnung abgestimmt sind, und nicht etwa durch die Dehnung von irgend welchen anderen sensiblen Nerven, welche in der Submucosa, zwischen den Muskeln oder in der Serosa des Magens liegen. Dasselbe Individuum zeigt bei den verschiedenen Versuchen auch ziemlich differente Werthe für den zur Hervorrufung des Schmerzgefühls nöthigen Druck. So fand Jaworski bei dem einen 21 und 26 cm, bei dem andern 19 und 29 cm. Allerdings ist es ganz gut möglich, worauf Jaworski hinweist, dass der Grad der Spannung, bei welchem das Schmerzgefühl auftritt, einen diagnostischen Werth für gewisse pathologische Zustände besitzen kann.

Ebenso kann das Verhältniss der Volumina, welche man bei Luftaufblähung und beim Einlauf von Wasser erhält, von diagnostischer Wichtigkeit sein. Jaworski vermuthet und belegt es durch drei Beispiele, dass bei Magenerweiterung die Unterschiede geringer sein werden, als bei normaler Muskelfunction. Das ist ja auch an und für sich klar, dass die Unterschiede um so kleiner sein werden, je geringer der Tonus der Magenmuskeln ist, vorausgesetzt natür-

lich, dass der Patient eine gewisse Toleranz gegenüber der Wasserlast besitzt. Bei Magenatonie und Magendilatation ist nun aber der Muskeltonus herabgesetzt.

Das Gewicht des Wassers dehnt die Muskeln ohne weiteres, es dehnt aber nur gewisse Theile des Magens und drückt vorzugsweise die grosse Curvatur herab. Die grosse Curvatur verträgt wahrscheinlich eine Wasserlast, welche nicht viel schwerer ist, als das Gewicht der gewöhnlichen Mahlzeiten. Isst der Patient aber nur mässig und trinkt er nur wenig, so ist es natürlich, dass seine Erträglichkeit gegenüber einer Wasserlast gering ist, und kann man in solchem Falle auch bei ganz normalen Verhältnissen gleiche oder geringere Werthe beim Wassereinlauf, als bei der Luftaufblähung erhalten.

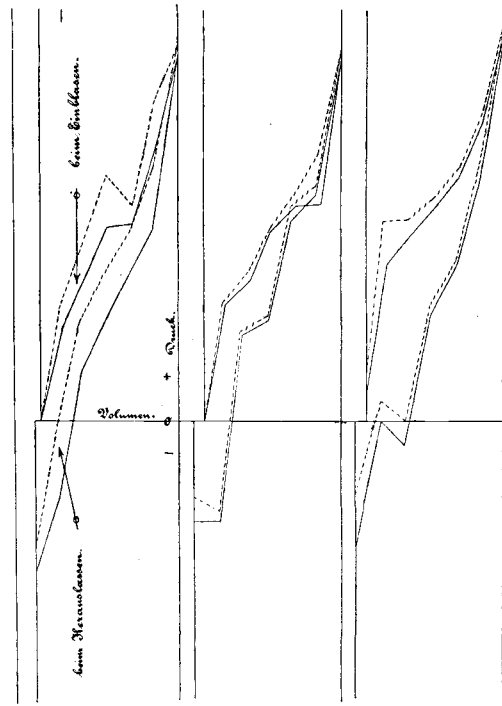
Der Fall 3 in meinen Versuchen, Schlosser P. R., bestätigt dies.

Dieser Mann zeigte ein grösseres Volumen bei Luftauftriebung als beim Wassereinlauf. Auf Befragen gab er an, dass er mässig esse und auch nur wenig trinke; während der Mahlzeit nahm er meist nur $\frac{1}{4}$, selten $\frac{1}{2}$ l Getränk zu sich.

Der Wassereinlauf in den Magen ist zur Bestimmung der Magengrösse nicht geeignet; die Ausdehnung der Wände erfolgt ganz ungleich, neben dem Wasser kann Luft in unbestimmter Menge vorhanden sein, und ferner ist man für den Grad, bis zu welchem man Wasser einlassen kann, ganz auf die Angaben des Patienten angewiesen. Aengstliche Individuen geben die Grenze viel zu früh an und vertragen ganz gut noch 200—300 ccm, wovon ich mich bei meinen Versuchen überzeugt habe.

Es empfiehlt sich, den Wassereinlauf nur bis zum Gefühl der Völle fortszusetzen und aus der eingelassenen Wassermenge sich Aufschluss zu verschaffen über die Menge der Flüssigkeit, an welche der Magen gewöhnt ist.

Zum Schluss sollen noch einige Worte gesagt werden über ein Verfahren, sich auf einfache Weise eine Dehnungcurve des Magens zu verschaffen. Wenn man die Magenluft partienweise entweichen lässt und nach jeder entwichenen Partie den Magendruck bestimmt, kann man leicht aus den entwichenen Luftmengen berechnen, welches Volumen der Magen bei den einzelnen Drucken gehabt hat. So kann man sich, wenn man das Volumen auf eine Abscisse, den zugehörigen Druck auf eine Ordinate aufträgt, eine Dehnungcurve des Magens construiren. Diese Dehnungscuren könnten möglicherweise charakteristische Unterschiede zwischen normalen, atonischen und dilatirten Magen aufweisen.



Eine Anzahl Vorversuche habe ich an Hunden vorgenommen; ich will hier die Versuche nicht einzeln anführen und nur drei Curven beilegen, welche von einem Hunde von 6,3 kg Gewicht stammen. Die Narkose erfolgte mit Morphium und Aether; der Hund war in Rückenlage festgebunden. Auf der Horizontalen sind die Volumina (10 cm = 1 mm) aufgetragen worden, und auf der Senkrechten die zugehörigen Drucke (1 cm = 1 cm); die ganze Zeichnung ist durch Photographie auf $\frac{1}{3}$ verkleinert worden. Die gestrichelte Curve zeigt den Druck bei der Expiration, die gezogene den Druck bei der Inspiration. Der Magen wurde von 100 zu 100 ccm bis auf 600 ccm aufgeblasen, und für jedes Volumen

der höchste und niedrigste Werth des Druckes notirt, dann wurde von 100 zu 100 ccm die Magenluft herausgelassen, und wieder jedesmal höchster und niedrigster Druck notirt. Dies geschah dreimal direkt nacheinander. Bei der Expiration stieg, bei der Inspiration sank der Druck.

Man erkennt auf den ersten Blick, dass die durch Einblasen der Luft erhaltenen Curven viel steiler sind, als die beim Herauslassen der Luft erhaltenen Curven.

Bei allen derart vorgenommenen Versuchen konnte ich in Uebereinstimmung damit constatiren, dass der Druck bei gleichem Magenvolumen erheblich geringer ist beim Herauslassen, als beim Aufblähen. Es liegt dies an der durch die Aufblähung hervorgerufenen Erschlaffung der Magenmuskeln, wie man bei Thieren leicht beweisen kann. Diese Erschlaffung bildet sich bei Leerheit des Magens rasch zurück, weswegen bei erneuter Aufblähung die Werthe für den Druck wieder gleich hoch ausfallen, wie beim vorhergehenden Versuch. Ob diese Erschlaffung aber so sehr in's Gewicht fällt, dass man aus den durch partienweises Entweichen der Luft erhaltenen Dehnungscurven nicht charakteristische Unterschiede zwischen normalen und gewissen pathologischen Zuständen des Magens bekommen kann, das kann nur durch entsprechende Versuche am Menschen festgestellt werden.

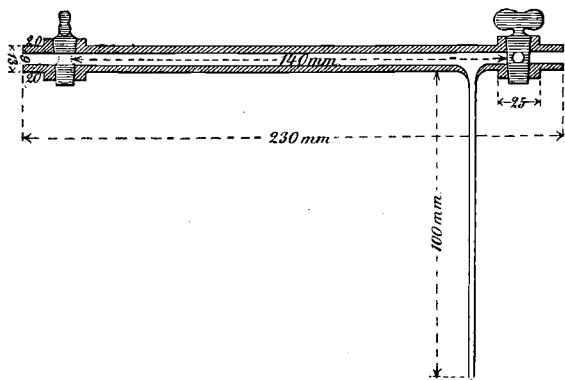
Ich schliesse mit dem Wunsche, dass sich das von mir angegebene Verfahren in der Praxis bewährt, und hoffe, dass diese kleine Abhandlung zu weiteren Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften des Magens anregen wird.

Nachtrag.

Bestimmung der Temperatur der Magenluft. Entwicklung der Umrechnungsformel.

Jaworski nimmt bei seinen Bestimmungen stets die Erwärmung der Luft im Magen auf Körpertemperatur an. Da nun mein Verfahren nur kurze Zeit, manchmal kaum 30 Secunden in Anspruch nimmt, so schien es mir nöthig, Jaworski's Annahme nicht ohne besondere Prüfung hinzunehmen. Zur Bestimmung der Temperatur der Magenluft bediente ich mich eines eigens dazu construirten Apparates. Es würde grosse Schwierigkeiten bereitet haben, ein Messinstrument (etwa das Ende einer Thermosäule) in den Magen einzuführen. Auch liesse sich kaum verhindern, dass dies Instrument mit dem Magenwasser in Berührung käme. Da die Luft eine sehr geringe Wärmecapacität besitzt, so müsste das Messinstrument äusserst empfindlich sein, um während der kurzen Versuchszeit die Temperatur nur annähernd genau anzugeben. Ich zog es deswegen vor, die Bestimmung erst vorzunehmen, nachdem die Luft den Magenschlauch durchströmt hat. Die Erwärmung, welche die Luft beim Durchströmen erhielt, konnte experimentell festgestellt und dieser Factor mit in Rechnung gezogen werden.

Da die Luft bei ihrer zwar geringen Wärmecapacität doch eine beträchtliche Wärmeausdehnung zeigt, so empfahl es sich, die Temperatur durch Volumenmessung zu ermitteln. Die nebenstehende Figur wird mein einfaches Messinstrument leicht verständlich machen.



Es besteht aus einer Glasröhre, deren Querschnitt genau dem Querschnitt des Magenschlauches entspricht und die an beiden Enden durch Glasähne verschliessbar ist. Die Durchbohrung der Glasähne hat dasselbe Lumen, wie der Querschnitt der Röhre. Ausserdem mündet an einem Ende ein Capillarröhrchen in dieselbe ein. Um mich vorerst von der Genauigkeit dieses Apparates zu überzeugen, ermittelte ich mit Hilfe desselben die Temperatur der Zimmerluft und die der Ausathmungsluft. Die Bestimmung der Temperatur der Zimmerluft wich von den Angaben des Quecksilberthermometers höchstens $\frac{1}{2}^{\circ}$ ab; die Expirationsluft bestimmte ich zweimal auf $37,5^{\circ}$ und einmal auf 37° C. Der Fehler des Apparates konnte im Maximum also richtig 1° betragen. Um nun die Temperatur der Luft im Magen zu bestimmen, wurde der Apparat folgendermaassen gehandhabt: Das Glasröhrchen wurde in $37,5^{\circ}$

warmen Oels vorgewärmt, die Glasähne waren geöffnet, und wurden die Enden einfach mit den Fingern verschlossen, damit kein Oel in das Innere der Röhre gelangen konnte.

Unterdessen wurde von einer zweiten Person der Magen mit dem Doppelballon aufgeblasen. Der Magenschlauch wurde mit einem Quetschhahn verschlossen, und nun rasch das zu diesem Zweck erweiterte Ende des Magenschlauches über das dem Capillarröhrchen entgegengesetzte Ende der Glasröhre geschoben. Der Quetschhahn wurde geöffnet, und die Magenluft strömte durch die Glasröhre. Gegen Ende des Durchströmens wurden plötzlich beide Glasähne gleichzeitig geschlossen, und die Röhre sofort in ein bereit gehaltenes Wasserbecken gelegt.

Die Luft im Apparat stand kurz vor dem Einlegen unter atmosphärischem Druck. Wäre die Luft auch etwas comprimirt gewesen, so würde sie sich doch nach dem Schliessen der Hähne durch das Capillarröhrchen auf atmosphärischen Druck ausgeglichen haben.

Das Wasser im Becken war auf $30-32^{\circ}$ C vorgewärmt. Das Wasser, welches die Wärme schnell abgibt, kühlte den Apparat ab. Durch das Glas, welches ein genügender Wärmeleiter ist, wurde die Temperatur des Wassers bald auf die Luft im Glasrohr übertragen. Die abgekühlte Luft nahm nun einen geringeren Raum ein, und stieg das Wasser in die Capillare hinein. Man goss so lange heisses Wasser nach, bis die Luft das Wasser in der Capillare, ganz nahe an das Ende derselben gedrängt hatte, und der Meniscus diese Stelle innebehielt.

Die Temperatur, welche jetzt das Wasser hatte, gab die Temperatur der beim Verlassen des Magenschlauches aufgefangenen Luft an; denn hier wie da ist das Volumen der Luft dasselbe, und steht die Luft unter dem gleichen Atmosphärendruck, vorausgesetzt, dass die Spitze der Capillare nicht weit unter Wasser steht. Die Temperaturen, welche ich so erhielt, konnten aber von der wahren Temperatur der eingeblasenen Luft im Magen abweichen. Denn einerseits musste sich die Luft, wenn sie sich noch nicht auf $37,5^{\circ}$ erwärmt hatte, beim Durchströmen an dem im Körper befindlichen Stück des Magenschlauches erwärmen, andererseits an dem in der Zimmerluft befindlichen Stück abkühlen. Um nun diesen Factor constant zu machen, wurde der Magenschlauch vor dem Einführen auf Körpertemperatur erwärmt und von einer Länge genommen, dass sein Mundende nur wenig die Lippen überragte. Ich suchte nun den Einfluss des Magenschlauches auf die Temperatur der durchstreichenden Luft zu bestimmen, indem ich ihn auf $37,5^{\circ}$ erwärmte und Luft von verschiedenen Graden ($30-37^{\circ}$ C) hindurchblies, deren Temperatur nach der Durchströmung wieder bestimmt wurde. Geschwindigkeit und Zeit des Durchströmens sind dabei den wirklichen Verhältnissen entsprechend genommen worden. Es ergab sich, dass der Einfluss des Schlauches nicht mehr als 1° + oder - ausmachte. Für die einzelnen Temperaturbestimmungen der Magenluft wurde dieser Factor entsprechend dem Temperaturgrade mit in Rechnung gezogen. — Ich fand folgende endgültigen Resultate für die Temperatur der Magenluft:

1. 6 kg schwerer Hund, Narkose mit Bromäthyl. Magenvolumen im Mittel aus drei Bestimmungen bei 22 cm Druck

$$\frac{490 + 530 + 550}{3} = 523.$$

Die angegebene Zeit ist die Zeit vom Beginn des Aufblasens bis zur Beendigung des Durchstreichens der Luft.

a) Zeit:	b) Temperatur:
18 Secunden	$33,5^{\circ}$ C
20 "	$35,0^{\circ}$ C
20 "	$34,0^{\circ}$ C

2. Versuchsperson A. K. von oben. 177 cm 69 kg. Magenvolumen bei 20 cm Druck im Mittel aus zwei Versuchen

$$\frac{1020 + 1080}{2} = 1050.$$

a) Zeit:	b) Temperatur:
25 Secunden	32° C
30 "	35° C

Wie man aus den angegebenen Zahlen sieht, wurde trotz der kurzen Versuchszeit die Luft auf $32-35^{\circ}$ C erwärmt.

Die rasche Erwärmung mag durch die Construction des Magenschlauches, welcher nach Ewald's Vorschrift neben einer grossen unteren auch grössere und kleinere Seitenöffnungen hatte, begünstigt worden sein.

Die Zeit einer Volumenbestimmung des Magens in der Praxis wird aber wohl selten weniger als eine Minute beanspruchen. Man darf daher annehmen, dass sich die Luft auf $37,5^{\circ}$ C im Magen erwärmt. Hätte sich die Magenluft wirklich nur auf 32° C erwärmt, so begeht man, wenn man die Berechnung für $37,5^{\circ}$ C ausführt, einen Fehler von $3,5\%$ im Maximum, um welchen Werth man das Volumen zu gross angenommen hat.

Ist z. B. in der Umrechnungsformel $a = 40$, $h = 25$, $t = 10$, so hat man bei völliger Sättigung

$$\text{für } 37,5^{\circ} \text{ C } x = v. 1,086$$

$$\text{„ } 32,0^{\circ} \text{ C } x = v. 1,05.$$

Die Luft wird nun im Magen nicht nur erwärmt, sondern auch für ihre Temperatur mit Wasserdampf gesättigt. Ich suchte dies auf folgende Art nachzuweisen.

Die Magenluft wurde in eine cylindrische Röhre von der Weite des Magenschlauches eingeschlossen. Nachdem der Magen 4—5 mal unter gleichen Bedingungen aufgeblasen wurde, und jedesmal die entweichende Luft die Röhre hatte durchstreichen müssen, wurden beim fünften oder sechsten Durchstreichen die Hähne der Röhre geschlossen. Man konnte also annehmen, dass man reine Magenluft aufgefangen hatte. Die Röhre und die Zuleitung waren durch umspülendes Wasser über 40° C , also weit über Körpertemperatur, erwärmt worden, um beim Durchstreichen ein Condensiren des Wasserdampfes zu vermeiden. Im Innern der Glasröhre lag der Wandung ein glänzendes Silberplättchen auf. Allmählich wurde nun die Röhre abgekühlt und beobachtet, bei welcher Temperatur sich ein Beschlag von Wasserdampf auf dem Silberplättchen zeigte. Dadurch war die Temperatur gegeben, für welche die dem Magen entströmende Luft mit Wasserdampf gesättigt war.

So fand ich z. B. folgende Sättigungstemperaturen bei einem Jagdhund. Morphiumnarkose. Gewicht 21,5 kg. Magenvolumen im Mittel aus zwei Bestimmungen bei 20 cm Druck.

$$\frac{2420 + 2640}{2} = 2530 \text{ ccm}$$

Magenauftreibung mit Zimmerluft von 18° C und 70% Feuchtigkeit.

	1.	2.	3.
Zeit des Einblasens . . .	15 Sec.	15 Sec.	15 Sec.
Verweilens im Magen . . .	12 „	10 „	15 „
Entweichens	3 „	4 „	4 „
Sättigungstemperatur =	43° C .	35° C .	$35,5^{\circ} \text{ C}$.

Entwicklung der Umrechnungsformel.

Es sei b = Barometerdruck, v = abgelesenes Luftvolumen im Maasscylinder, t = Temperatur des Wassers im Cylinder, s_t = Spannung des gesättigten Wasserdampfes bei dieser Temperatur t , h = Manometerstand, bis zu welchem der Magen aufgeblasen wurde, T = Temperatur der Luft im Magen, s_T = Spannung des gesättigten Wasserdampfes für diese Temperatur.

Würde dem Luftvolumen v sein Wasserdampf durch Trocknen entzogen werden, so würde ihm die Spannung des Wasserdampfes s_t verloren gehen. Während die Luft bei Sättigung mit Wasserdampf für die Temperatur t unter dem Partialdruck $b - a - s_t$ steht, steht sie nach dem Trocknen allein unter dem Druck $b - a$. Es beträgt demnach ihr Volumen nach dem Mariotte'schen Gesetz

$$v. \frac{b - (a + s)}{b - a}.$$

Würde nun diese trockene Luft von der Temperatur des Wassers t dem Magendruck $b + h$ ausgesetzt, so wird ihr Volumen den Werth $v. \frac{b - (a + s_t)}{b + h}$ erhalten (nach dem Mariotte'schen Gesetz).

Wird jetzt diese trockene Luft auf T° erwärmt, so wird ihr Volumen um $\frac{T - t}{273}$ ausgedehnt, demnach

$$v. \left(\frac{b - (a + s_t)}{b + h} \right) \left(1 + \frac{T - t}{273} \right).$$

Nun wird diese Luftmenge von T° Temperatur noch mit Wasserdampf gesättigt. Die Spannung des Wasserdampfes beträgt dafür s_T in cm Wasser. Demnach kann sich die Luft bei der Sättigung noch ausdehnen, als ob der äussere Druck um s_T erniedrigt würde, als ob er $b - s_T + h$ beträgt.

Demnach ist das Volumen bei T° im Zustande der Sättigung

$$v. \frac{b - (a + s_t)}{b - s_T + h} \left(1 + \frac{T - t}{273} \right)$$

nach dem Mariotte'schen Gesetz.