Schonung des einen oder beider Vagi die Erregung des centralen Endes der Laryngei sup. Contractionen der Bronchialmuskeln hervorruft. Der gleiche Effect tritt ein bei Reizung des centralen Endes des einen Vagus, wenn der andere intact geblieben ist. Dagegen scheint die Reizung der Recurrentes keine Einwirkung auf die Contractionszustände der Lungenmuskeln auszuüben.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden, wie bereits erwähnt, zum grössten Theile schon im Sommer 1874 im Laboratorium des Herrn Professor Kühn e in Heidelberg ausgeführt; abgeschlossen wurden dieselben im hiesigen physiologischen Institut, wo Herr Professor Rosenthal mir in der zuvorkommendsten Weise die nöthigen Apparate zur Verfügung stellte. Beiden Herren, sowie den Herren Dr. Knies und Dr. Möller für ihre freundliche Assistenz bei meinen Versuchen sage ich herzlichen Dank.

Beiträge zur Physiologie der Respiration.

(Ueber die Contractionen der Trachea bei Säugethieren.)

Von

Dr. **Alexis Horvath** aus Kieff.

Die verschiedenartigsten, mit blossem Auge am Menschen und an den übrigen höheren Thieren wahrnehmbaren Bewegungen sind fast sämmtlich in letzter Instanz auf Muskelcontractionen zurückzuführen.

Die ganz alltäglich mit blossem Auge beobachteten Bewegungen sind hier absichtlich betont, während die an niederen Thieren oder nur unter dem Mikroskope zu beobachtenden Bewegungen hier dagegen absichtlich ausgeschlossen; denn einige unter den letzteren können, wie bekannt, zu Stande kommen, ohne dass sich an den bewegungserzeugenden Theilen Muskeln erkennen lassen. (Die Bewegungen der weissen Blutkörperchen, der Infusorien etc.)

Die oben erwähnte Thatsache war so unzählig oft und von so

Vielen beobachtet und bestätigt worden, dass der alte Satz: wo im Körper der höheren Thiere Bewegungen sind, müssen auch Muskeln vorhanden sein, und umgekehrt: wo Muskeln sind, müssen auch Bewegungen vorhanden sein, jetzt noch volle Gültigkeit hat, und als eine der richtigsten und unumstösslichsten Thatsachen angenommen wird. Der Glaube an die Richtigkeit dieses Satzes hat auch viel Nützliches für die Wissenschaft geliefert, indem man lediglich durch die am Körper beobachteten Bewegungen auf die Existenz solcher Muskeln schloss, deren Vorhandensein sich später nur durch das Mikroskop bestätigte. Auf diese Weise wurden die Muskeln an verschiedenen Körpertheilen gefunden.

Heut zu Tage hat noch immer eine solche Schlussfolgerung von Bewegung auf Muskelexistenz ihre volle Berechtigung, indem man, nach einer am Thiere beobachteten Bewegung, dem Mikroskopiker mit Sicherheit angeben kann, wo er Muskeln zu suchen und zu finden hat. Wenn die erste Hälfte des oben erwähnten Satzes: »Wo Bewegung da Muskel« sich so glänzend für die Anatomie bewährt hat und für seine Richtigkeit ohne Ausnahme Beweise lieferte, so verhält es sich etwas anders mit der zweiten Hälfte des Satzes: »Wo Muskeln da Bewegung«, welcher allgemein für eben so richtig gehalten wird, wie die erste Hälfte, der aber in Bezug auf die Beweislieferung bei weitem dem ersten nachsteht; besonders nachdem man Körpertheile kennt, in welchen sicher Muskeln vorhanden sind, deren Contraction aber trotzdem Niemand gesehen hat, und die zur evidenten Contraction zu bringen Keinem bisher gelungen ist, z. B. die Muskeln der grösseren und mittelgrossen Arterien und Venen (A. carotis, V. jugularis). Die Lunge mit dem ihr angehörigen Luftröhrensystem (Trachea, Bronchien etc.) gehört zu denjenigen Organen des thierischen Körpers, von welchen, trotz der grossen Zahl der darin sich befindenden Muskeln, nicht nachgewiesen werden kann, dass sie irgend eine Bedeutung haben. — Sogar über die Contractionsfähigkeit derselben schwebt ein gewisses Dunkel.

Selbst das, was von Volkmann, einem unserer bedeutendsten Physiologen, über die Lungencontraction angegeben ist, ist so wenig beweisend, dass man nach dieser Untersuchung noch über die Existenz einer solchen Contraction in Zweifel sein kann.

Was die weitere physiologische Thätigkeit und Bedeutung der Lungenmuskeln anbetrifft, so ist sie uns eben so wenig bekannt, wie

die der Haut, der Haarbälge etc. Man könnte denken, dass die Muskeln der Lungen nur dazu da sind, um die Theorie derjenigen Therapeuten zu unterstützen, welche die Entstehung des Asthma bronchiale durch die Zusammenziehung der Lungenmuskulatur erklären wollen.

Die Lungenathmung ist vielfach und von verschiedenen Gesichtspunkten aus untersucht worden, allein Nichts deutet darauf hin, dass irgend ein Einfluss der Lungenmuskulatur auf den Process der Athmung existiren kann. -- Man ignorirt dieselbe derart, dass man glauben könnte, die Muskeln der Lungen seien total überflüssig oder höchstens könnten sie einem eifrigen Darwinianer als ein Ueberbleibsel von Theilen, denen früher eine grössere Bedeutung zukam, erscheinen.

Die sogenannte mechanische Schule der Physiologen scheint ebenso die Lungenmuskeln für überflüssig zu halten, indem sie alle Athmungserscheinungen allein mit Lungenelasticität erklärt und diese Erklärung für genügend hält. Daher kommt es, dass in vielen Handbüchern der Physiologie von Functionen der Lungenmuskulatur gar nicht die Rede ist, während in anderen Werken eine wunderliche und noch dazu, wie später gezeigt werden soll, diesen Muskeln eine unmögliche Rolle zugemuthet wird, nämlich die den Thieren geschenkte Form der Luftröhre in ihrer ursprünglichen Gestalt zu erhalten (Ludwig)¹⁾.

Alles Gesagte spricht wohl genügend für das Bedürfniss einer eingehenden Untersuchung der Muskeln der Luftwege.

Aus Gründen, die später angegeben werden, habe ich mich ausschliesslich mit der Untersuchung der Trachea beschäftigt und die Lunge vorläufig bei Seite gelassen.

Bevor ich aber zu der Beschreibung dieser Untersuchungen selbst schreite, will ich zunächst einen Ueberblick über das früher in diesem Gebiete geleistete geben, nämlich über die so genannte »vitale Lungen-Contraction« einiger Autoren, welche allein durch Lungenmuskeln-Contraction zu Stande kommt und einen Gegensatz bildet zu der elastischen und anderen passiven Zusammenziehungen der Lungen.

Als vitale Contraction der Lunge mit Einschluss der Trachea wollen auch wir, wie das bis jetzt oft geschehen ist, die Contractionen der Lungen und Trachea-Muskeln bezeichnen und diese Benennung im selben Sinne beibehalten und weiter gebrauchen.

1) Ludwig's Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1. Aufl. 2 Bd. Seite 311 und in der 2. Aufl. Bd. 2. Seite 485.

Von vorneherein soll hier bemerkt werden, dass eine specielle Untersuchung der Trachea-Contractionen gar nicht existirt, und dass die meisten Beobachtungen sich auf die ganze Lunge zusammen mit der Trachea beziehen.

Die Versuche von Bremont¹⁾ sind in der primitivsten Weise angestellt, so dass bald eine Hälfte der Brusthöhle, bald beide angestochen, und dann, nachdem die Lunge aus der gemachten Oeffnung herauskam oder nicht, verschiedene Schlüsse gezogen wurden, die aber in keiner Weise die vitale Contraction der Lunge weder beweisen können noch überhaupt beweisen sollen.

Durch Beobachtungen der Respiration an Fröschen mit geöffneter Brust kam Bremont zum Schlusse: »Ces observations, ce me semble, prouvent assez bien la force particulière des fibres du poulmon, et demontrent que leur action depend de la volonté dans certains animaux«. Seite 347.

Weiter sagt Bremont: »Donc le poulmon pourrait bien n'être point un viscère passif«.

Haller²⁾ spricht den Lungen eine vitale Contraction ab, indem er ausdrücklich sagt: »Ainsi ni le poumon, ni le foye, ni les reins ni la rate n'ont aucune irritabilité«.

Es soll hier gleich bemerkt werden, dass Haller nichts auf eine Art Schrumpfung giebt, welche mit der »Contraction vitale« oft verwechselt wurde und welche man durch Einwirkung der starken Säuren auf diese Organe (Lunge etc.) erhält; denn diese Säuren riefen nach Haller eben solche Contractionen hervor in den schon abgestorbenen Muskeln, an der Aorta der höheren Thiere, welche sich nicht vital contrahirt, und an vielen anderen thierischen Theilen.

M. Varnier³⁾ sagt, er habe mit dem blossen Auge merkliche Contractionen an den freigelegten, mit einem Stabe gestochenen Lungen einer Ente gesehen. Dann hat Varnier bei einem frisch getödteten Kaninchen, bei welchem die Brusthöhle geöffnet war, Röthung und Contractionen an den Stellen der Lunge eintreten sehen, welche er mit einer Bürste gerieben hatte. Die Contractionen der Lunge waren seiner Ansicht nach dadurch bewiesen, dass die Lungen an diesen mechanisch gereizten Stellen sich nicht aufblasen liessen. Weitere Versuche an Katzen und Schildkröten haben Varnier zum Ausspruch veranlasst: »Le poumon a sa vie propre comme toutes les autres parties du corps puisqu'il est irritable et qu'il est contractile«.

Alle seine Versuche machte Varnier an Thieren, bei welchen er die Brusthöhle öffnete oder durchstochen hatte, und alle Veränderungen der

1) Histoire de l'academie royale des sciences. Paris 1739. p. 333.

2) Haller, Memoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal. Tome I. Lausanne 1756. p. 53.

3) Varnier, Memoire de la société Royale de medecine, sur l'irritabilité des poulmons. 1779. p. 392.

Lungen, welche er nach dieser Operation eintreten sah, betrachtete er als von der Lungenmuskulatur entstehend, obgleich, wie wir wissen, dies durchaus nicht richtig ist, da die Lunge das in der Brusthöhle gemachte Loch verlegen und sich dann später unter dem Einflusse der Respirations-Muskeln contrahiren oder erweitern kann.

Prochaska¹⁾ sagt Folgendes über die Lungencontraction: »Die Lunge hat auch eine Kraft sich zusammen zu ziehen; man sieht das z. B. an einem lebenden Hunde, dessen Brust man öffnet; es zieht sich dann augenblicklich seine Lunge so klein zusammen, dass sie nur den kleinsten Theil der Brusthöhle mehr ausfüllt. Die Lunge einer Leiche fällt zwar auch bei Eröffnung der Brust zusammen, wenn sie nicht zu sehr angewachsen oder verhärtet ist, aber bei weitem nicht so stark; so zieht sich die aufgeblasene Lunge immer wieder in ihren Stand zurück. Diese Zusammenziehung hängt von der todtten Kraft ab, neben welcher die Lunge doch auch eine lebende Zusammenziehbarkeit zu haben scheint«.

Reisseisen²⁾ spricht sich für die vitale Contraction der Lunge aus, theils gestützt auf die Meinung von anderen Autoren, theils auf eigenes Raisonement, führt aber keine eigenen Versuche an, auf welche er sich zur Begründung dieser Meinung stützen könnte.

Treviranus³⁾ erwähnt seine früher beschriebenen Versuche, aus welchen sich ergibt, dass die Benetzung der angeschwellenen Frosch-Lungen mit Laudanum und Belladonna-Extract Zusammenziehungen und dann wieder Turgescenz derselben hervorbringt (p. 141).

Treviranus (p. 139) sagt: »Die Luftröhre verkürzt sich merklich beim Einathmen und erweitert sich dabei; dagegen verlängert sie sich bei der Expiration und wird enger«.

Weiter erwähnt Treviranus (p. 141), dass Blumenbach die Schwellung und Zusammenziehung der Lunge bei Fröschen, denen die ganze Brusthöhle geöffnet und selbst das Herz ausgeschnitten war, durch eine eigene Lebenskraft der Lunge erklärt.

Es soll hier bemerkt werden, dass diese Versuche an Frosch-Lungen als Beweise für die vitale Lungen-Contraction gar nicht passen; denn die Erweiterung derselben kommt auf eine ganz andere Weise zu Stande als beim Warmblüter. Ich citire diese Arbeit nur desswegen, weil sie überall erwähnt ist.

Krimer⁴⁾ sagt (p. 9), er habe eine Verkürzung von einer Linie in

1) Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen. Bd. I. Verbesserte und vermehrte Auflage. Wien 1802. p. 279 (§ 474).

2) Ueber den Bau der Lungen von Dr. Reisseisen; eine von der Akademie der Wissensch. zu Berlin gekrönte Preisschrift. Berlin 1822.

3) Biologie oder Philosophie der lebenden Natur für Naturforscher und Aerzte. Göttingen 1814. Bd. 4.

4) Untersuchungen über die nächste Ursache des Hustens. Leipzig 1819.

der Länge beobachtet an den herausgeschnittenen Bronchien eines Schafes bei der Reizung derselben mit der voltaischen Säule.

Weiter hat Krimer unter dem Mikroskope beobachtet, dass bei vielen Thieren (Schaf, Hund, Katze) die Längsmuskelfasern bis in die feinsten Bronchialzweige hinein gehen. Das Nämliche hat Krimer bei grösseren Vögeln, Salamandern und Fröschen gesehen (p. 9—10).

Bei der Inspiration sah Krimer die Bronchial-Fasern erschlaffen und daher die Luftröhrenringe sich von einander entfernen; ehe sich noch die Brust und das Zwerchfell senkten, zogen sich die Muskelfasern zusammen und verkürzten so wieder die Luftwege. Dieselbe Erscheinung sah Krimer bei oftmaliger Wiederholung des Versuches auch bei Hunden, zum Theil auch an Katzen; bei Kaninchen konnte er sie jedoch nicht gut unterscheiden.

Auf der p. 7 beschreibt Krimer seinen Versuch folgendermassen: »Einen kleinen Hund erstickte ich unter Wasser, nahm ihn dann heraus und öffnete durch schnelle Hinwegnahme des Brustbeins die Brusthöhle. Ich goss nun, nachdem das Herz zu schlagen aufgehört hatte, die Brusthöhle voll Wasser, legte dann den Zinkpol einer zwölfpaarigen voltaischen Säule an die beiden Vagi und berührte mit dem Kupferdraht den unteren Theil der Lunge; worauf die Menge des Wassers in der Brusthöhle etwas zu sinken anfang; als ich die Pole wegnahm, erreichte das Wasser aber wieder seine vorige Höhe. Hieraus schloss ich denn, dass die Lunge sich noch mehr zusammengezogen haben müsse«.

Nirgends bei Krimer ist erwähnt, ob die Lungencontractionen schnell oder langsam vor sich gehen; doch ist aus der ganzen Reihe seiner Schlussfolgerungen das Erstere anzunehmen, indem Krimer (p. 44) sich folgendermassen über das Husten ausdrückt: »Das Zwerchfell zieht sich zusammen, lässt dann schnell nach, und die Lungen stossen durch die Zusammenziehung ihrer Fasern die Luft aus, die dann bei ihrem Durchgange durch die Stimmritze einen verschiedenen Ton von sich giebt«.

Auf der Seite 51 sagt Krimer, dass der Krampfhusten hauptsächlich durch die Contraction der Bronchialfasern zu Stande kommt, und dass das Diaphragma nur zur Einathmung diene, wogegen das Husten-Ausathmen durch die Bronchial-Fasern entstände.

Als Bestätigung dieser seiner Theorie gibt Krimer an (p. 86): das Aushusten komme nur bei Thieren zu Stande, bei welchen die Bronchial-Fasern stark entwickelt sind (Katze, Schaf, Mensch), dagegen gar nicht bei solchen Thieren, bei welchen wenig Bronchialfasern vorhanden sind (Kaninchen).

Aus allen seinen Versuchen macht Krimer folgenden Schluss: »Indess glaube ich ausser Zweifel gesetzt zu haben, dass sich die Lungen mittelst der, in ihren Luftwegen verbreiteten Muskelfasern selbst zusammenzuziehen, aber auf keinen Fall auszudehnen im Stande seien; zwar lässt das äussere Ansehen dieser Bronchialfasern auf die Zusammenziehbarkeit derselben nicht schliessen, indess sehen wir sie offenbar nach electrischen und sogar nach

mechanischen Einwirkungen sowohl an lebendigen, als an eben getödteten, aber noch reizbaren Thieren« (p. 42).

Krimer hat alle seine Versuche an Lungen gemacht, welche in der Bruthöhle der Thiere geblieben waren und wo bei electricischer Reizung Contractionen von verschiedenen Theilen Veranlassung zu Veränderungen der Bronchiallumina geben können, welche Veränderungen, sie mögen vom Diaphragma oder von anderen Muskeln stammen, Krimer alle auf die Lungenmuskulatur übertragen hat, wie dies seine Theorie über das Aushusten und seine Angaben in Betreff der raschen Contractionen der Bronchialmuskeln deutlich beweisen.

Wedemeyer¹⁾ sagt über die Lungencontractionen Folgendes: »Wegen der Analogie, welche die Luftröhre bis in die Lungenzellen hinein mit den Verzweigungen des arteriellen Systems zu haben scheint, wollte ich auch diesen Hund benutzen, um wo möglich die Frage zu entscheiden, ob die Luftröhre (exclusive des Kehlkopfes) mit ihren Aesten Muskelfasern und wahre Irritabilität, welche ihnen von Reisseisen, Laenec und vielen anderen Anatomen zugeschrieben werden, besitze oder nicht.

Ich legte daher jetzt, wo der Hund noch volle Lebenskraft zeigte, die Luftröhre zwei Zoll von allem Zellgewebe bloss, schnitt die Knorpel der Länge der Luftröhre nach durch, und schnitt ein Stück aus ihnen zu beiden Seiten aus, damit ich deutlich ins Innere der Luftröhre sehen konnte. Mechanische Reizungen aller Art brachten keine Contraction, noch irgend eine Bewegung in ihr hervor; der Hund äusserte sogar nicht einmal Schmerz oder Krampf, wenn ich die innere Schleimhaut stach, reizte und einschchnitt. Hierauf liess ich den galvanischen Strom auf die Durchschnittsfläche der Luftröhren-Knorpel, auf die innere Schleimhaut, auf die hintere Wand der Schleimhaut unverletzt, und auch, nachdem ich die Schleimhaut durchgeschnitten hatte, auf deren Schnittwunde einwirken; allein weder irgend eine Bewegung oder Contraction, noch irgend ein Zeichen besondern Krampfes, Reizes oder Schmerzes erfolgte. Als ich hierauf das Thier mittelst der Durchschneidung der Carotiden hatte zu Tode bluten lassen, öffnete ich schnell die Brust, nahm die Lungen mit ihren Bronchien heraus und machte nun mehrere Durchschnitte der Bronchien in ihren stärkeren Aesten und kleinen Zweigen. Die Stämme der Bronchien, auf die vorhin erwähnte Weise gereizt, äusserten kein Zeichen einer Zusammenziehungskraft; dagegen glaube ich in deren kleineren Aesten von ca. einer Linie Durchmesser mit mehreren Zuschauern dieses Versuches allerdings auf den galvanischen Reiz eine deutliche Contraction zu bemerken; doch geschah dies so langsam, dass ich es nicht für entschieden erwiesen annehmen würde, wenn ich nicht bei späteren Versuchen ganz ähnliche Resultate erhalten hätte. »Bei einem Hunde und einem Meerschweinchen beobachtete ich nämlich ebenfalls in der Luftröhre (mit Ausnahme des

1) Untersuchungen über den Kreislauf des Blutes etc. Hannover 1828. p. 69—72.

Kehlkopfes) weder auf mechanische noch auf galvanische Beizungen auf den ganzen Umfang derselben mit und ohne Trennung der Schleimhaut angewandt, irgend etwas von Contraction. Dagegen zeigte sich in den Bronchial-Zweigen von $\frac{3}{4}$ —1 Linie Durchmesser auf jene Reizungen, deutlicher noch, als im vorigen Versuche, eine allmähliche Verengung ihres Lumens, fast bis zum gänzlichen Erlöschen desselben«.

»Ich brauche übrigens wohl kaum hinzuzufügen, dass die vorerwähnten Versuche mit den Zweigen der Luftröhre noch zu einer Zeit gemacht wurden, wo das Herz und die übrigen Muskeln auf Application des galvanischen Stroms noch die deutlichsten Zeichen ihrer Irritabilität gaben.«

Weiter erwähnt Wedemeyer noch, dass es ihm niemals gelungen ist, an feineren Bronchien der Säugethiere und an Bronchien der Sperlinge Contractionen wahrzunehmen.

Longet¹⁾ sagt Folgendes: »Le galvanisme appliqué aux rameaux du pneumo-gastrique qui entourent les premières divisions des Bronches, donne lieu à des contractions manifestes de ces conduits, si toutefois on experimente sur des animaux d'une taille élevée (cheval et boeuf).«

»La section du pneumo-gastrique peut être suivie d'empysème pulmonaire.«

»Ce resultat experimental empêche d'admettre que les parois des vesicules, cellules ou capillaires aériens du poumon soient formées seulement par du tissu fibreux-élastique. Ces parois sont douées d'une contractilité active, soumise au nerf pneumo-gastrique«.

Nachdem die Methode, nach welcher die Versuche von Volkmann über die vitale Lungencontraction angestellt waren, als ungenaue erkannt worden ist, können die von Longet gewonnenen Resultate Bedenken erregen, nachdem er selbst (Traité de physiologie T. III, 1869, p. 514) Folgendes sagt: »Volkmann a confirmé mes observations d'une manière ingénieuse« und also die von Volkmann angewendete Methode mehr als billigt.

Volkmann²⁾ sagt über die vitale Lungencontraction Folgendes: Nach den Beobachtungen Longet's kann man durch galvanische Reizungen des Vagus Contraction der queren Fasern der Bronchien hervorbringen. Dieses Experiment hat mir nie glücken wollen, so lange ich die Contraction unmittelbar zu sehen verlangte. Ich kann indess eine Methode angeben, welche den motorischen Einfluss des zehnten Paares auf die Lunge entschieden darthut. Bei geköpften Thieren binde ich einen Tubulus in der Luftröhre ein, welcher sich nach aussen zuspitzt und mit einer ziemlich feinen Oeffnung mündet. Bringe ich nun vor dieser Oeffnung ein Licht an und galvanisire

1) Recherches experimentales sur la nature des mouvements intestinaux du poumon, et sur une nouvelle cause d'empysème pulmonaire. Comptes rendus des séances de l'academie des sciences 1842. Tome 15. p. 500. Extrait par l'auteur.

2) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie etc. Bd. 2. p. 586.

den Vagus, so entsteht mit jeder Reizung des Nerven eine plötzliche Beugung der Flamme, ja in einem Experimente wurde sie sogar ausgelöscht. Der Versuch gelingt auch nach Oeffnung des Brustkastens, doch sind die Bewegungen der Flamme dann viel schwächer, wie natürlich, da die Lungen zusammengefallen sind und wenig Luft enthalten, welche durch Contraction des Organs entfernt werden könnte. Besondere Aufmerksamkeit verdient, dass diese Bewegungen stossweise erfolgen.«

»Die Lungen würden solcher raschen Bewegungen nicht fähig sein, wenn sie während des normalen Lebens nicht in Anwendung kommen sollten, und eine Anwendung derselben ist nirgends annehmbar, als beim rhythmischen Athmen selbst.«

Die genaue Beschreibung der Methode und der mit derselben gewonnenen Resultate, welche Volkmann uns gibt, beweist am Besten, dass, so richtig die von ihm beobachteten Thatsachen an und für sich sind, doch die daraus gezogenen Schlüsse unrichtig sind, da die raschen Contraktionen, die durch das Manometer angezeigt wurden, vom Oesophagus oder von etwas Anderem herrühren konnten, wie dies die im Laboratorium von Heidenhain angestellten Versuche bewiesen haben.

J. Bergson¹⁾, der selbst keine Versuche über die Lungencontraction gemacht hat, nennt die Autoren, welche darüber geschrieben haben und sagt Folgendes: »Diese Anzahl von affirmativen Versuchen ist gross genug, um sie für beweisend zu halten, wenn man überhaupt kein Vorurtheil gegen die Contractionsfähigkeit der Bronchien und Lungenbläschen mitbringt, dass die Muskelfasern in diesen letzteren ihr Lumen zu verengern und zu verschliessen im Stande sind.«

»Kann man auch wohl annehmen, dass Muskelfasern in den Bronchien und Lungenbläschen existiren, wie die mikroskopische Histologie und Chemie zur Genüge nachgewiesen haben, ohne dass sie irgend eine Function auszuüben im Stande waren? Und kann diese Muskelfunction in etwas Anderem wohl bestehen, als in der Contraction?«

Williams Arbeit, über die vitalen Contraktionen der Lunge, wird von Wintrich folgendermassen citirt: »Williams neuere Versuche (The Pathology and Diagnosis of diseases of the Chest 4 Ed. London 1840 p. 320) scheinen die Contractionsfähigkeit der Bronchial-Muskelfasern fast ausser allen Zweifel gesetzt zu haben. Auf mechanische, chemische und electriche Reizung erfolgt nach ihm eine Zusammenziehung der Bronchialröhren, die nicht plötzlich und zuckend, wie in einem willkürlichen Muskel, sondern allmählich und in Windungen, wie im Darne, ganz so, wie sie früher auch Wedemeyer schon beobachtet hatte, stattfindet. Dieses Contractionsvermögen wird nach Williams durch anhaltendes Reizen zwar erschöpft, aber durch Ruhe, selbst in den aus dem Körper herausgenommenen Lungen noch auf

1) Das krampfhaftes Asthma der Erwachsenen. Nordhausen 1850. p. 76—78.

mehrere Stunden wieder hergestellt, Stramonium, Belladonna, Conium, Strychnin, Morphinum etc. schwächen und vernichten zuletzt ganz diese Muskelreizbarkeit in den Bronchialröhren.«

Diese Arbeit von Williams ¹⁾ konnte ich an der von Wintrich und Knaüt angegebenen Stelle nicht finden.

Budd's ²⁾ Arbeit über die Lungencontraction wird von Wintrich (p. 191) folgendermassen citirt: »Budd hat zwar nach Versuchen an Kaninchen, an welchen er mit galvanischen Apparaten experimentirte und den Galvanismus sowohl auf die Oberfläche der Lungen, als auch auf die Mündungen durchschnittener Bronchien einwirken liess, die Contractilität des Lungengewebes in Abrede stellen zu müssen geglaubt.«

Wintrich ³⁾ sagt Folgendes über vitale Lungencontractionen: »Es gelang mir nie im Manometer eine Veränderung zu beobachten, welche auf die Muskelcontraction der Lunge hätte bezogen werden können.« Die Experimente waren ausgeführt an geköpften Menschen mit nicht geöffneten Brusthöhle.

S. 193 sagt Wintrich: »Bei geöffneten Brusthöhle und nachdem die Lunge sich contrahirt hatte, zeigte das Manometer bei frisch getödteten Menschen und Thieren keine Spur von Schwankung. Der eine Mensch wurde 14 Minuten nach der Hinrichtung und der zweite 16 Minuten nach der Hinrichtung untersucht.«

»So weit die Bronchien noch von Knorpeln durchsetzt sind, misslingt es mit den feinsten Messapparaten, eine Contraction während der directen Application des electrischen Stromes sicher nachzuweisen. Diejenigen Bronchien dagegen, welche nur überwiegend oder bloss häufig sind, ziehen sich schon deutlich sichtbar zusammen, wenn nur nach dem Durchschneiden ein kalter Luftstrom gegen sie andringt. Bronchien von $\frac{1}{4}$ Mm. contrahiren sich bis zum Verschwinden ihres Lumens« (p. 194).

»Das Lumen der Trachea, der Haupt- und grösseren Bronchien blieb dagegen unter allen Umständen, wenigstens für mein Auge, unverändert, ebenso bei den Lungen der beiden Verbrecher« (p. 194).

Donders ⁴⁾ hat noch lebenden Thieren ein Manometer in die Trachea luftdicht eingebunden, und nachdem das Thier dadurch an Erstickung starb, beobachtete er, dass das Quecksilber in beiden Schenkeln des Manometers auf gleichem Niveau stand. Beim Oeffnen der Brusthöhle von so getödteten Thieren stieg das Quecksilber 5–9 Mm. in die Höhe, wobei es beim Schafe höher stieg als beim Kaninchen.

1) In Gaz. med. de Paris. 1841. Nr. 38.

2) Medico-chirurg. Trans. T. XXIII. p. 36.

3) Krankheiten der Respiration-Organe in 5. Bd. I. Abth. von Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie 1854. p. 189–194.

4) Zeitschrift für ration. Medicin von Henle und Pfeufer. Neue Folge. 3. Bd. 1853. Beiträge zum Mechanismus der Respiration und Circulation im gesunden und kranken Zustande. p. 287.

Weiter sagt Donders (auf der Seite 293) Folgendes: »Kaum hat man eine $\frac{1}{4}$ Stunde gewartet, so hat sich das Quecksilber um $\frac{1}{4}$ gesenkt. Darf man dieses $\frac{1}{4}$ auf Rechnung der Abnahme des Tonus schreiben?«

Die electricische oder mechanische Reizung der Vagi zeigte nach Donders keine Veränderung in dem in der Lunge eingebundenen Manometer (p. 292—293).

H. Milne Edwards ¹⁾ hat selbst keine Versuche über die Lungencontraction angestellt, aber bei ihm ist sorgfältig die Literatur über diesen Gegenstand bis zum Jahre 1858 gesammelt und angegeben.

Knaut ²⁾ hat alle seine Versuche an Lungen angestellt, welche im Thierkörper geblieben waren; desswegen kann man allen von ihm gewonnenen Resultaten den Einwand machen, dass bei seinen Versuchen die Reizung des Oesophagus und anderer Theile die Flüssigkeit in die Höhe treiben konnte, welche Erhöhung von Knaut auf die Rechnung der Lunge gesetzt wurde.

Das Sonderbarste in den Versuchen von Knaut ist aber, dass es ihm gelang, fast unmögliche Thatsachen zu beobachten, nämlich die im Thiere liegenden Lungen electricisch so zu reizen, dass kein anderer von den benachbart liegenden Theilen von der Electricität getroffen wurde.

Die vielen unrichtigen Literatur-Angaben von Knaut und jene Resultate, die ausser Knaut trotz derselben Bedingungen des Versuches Niemand erhalten konnte, giebt wohl das Recht, seine Resultate mit grosser Vorsicht aufzunehmen.«

J. Rosenthal ³⁾ sagt (p. 232) Folgendes: »Ich selbst habe niemals von der Reizung des peripherischen Vagusendes irgend eine Einwirkung auf die Athmung gesehen: Auch habe ich nicht gesehen, dass nach geöffnetem Thorax ein mit der Luftröhre verbundenes Manometer irgend eine Schwankung zeigte, wenn das peripherische Vagusende gereizt wurde. Ich muss daher bezweifeln, ob im Vagus centrifugale Fasern enthalten seien, welche irgend etwas mit den Athembewegungen zu thun haben.«

Rügenberg ⁴⁾ unter Leitung von Heidenhain hat auch bei Reizung der Vagi Schwankungen am Manometer, welches in den Lungen von frisch getödteten Thieren eingebunden war, erhalten; allein er bezweifelt, dass dieselben von den Lungen und nicht von anderen benachbarten Theilen herrühren, indem er als Beweis für seine Meinung Folgendes anführt:

1) Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux. Tome 2. Paris 1858. p. 427.

2) De vitali, quae dicitur, pulmonum contractilitate, nervis vagis irritatis. Diss. Dorpati. Livonorum 1859.

3) Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus Vagus. Berlin 1862.

4) Ueber den angeblichen Einfluss der Nn. Vagi auf die glatten Muskelfasern der Lunge. Studien des physiologischen Instituts zu Breslau. 2. Heft. Leipzig 1863.

»An diesen Erscheinungen waren nicht die Luftwege, sondern die Speisewege Schuld.«

»Bei jeder Reizung des Vagus zog sich die Speiseröhre plötzlich ihrer ganzen Länge nach zusammen. An die Luftröhre durch nicht zu lockeres Bindegewebe der Länge nach angeheftet, konnte sie diese bei ihrer Contraction ein wenig comprimiren. Ferner aber zog der Oesophagus den Magen gewaltsam in die Höhe, presste diesen gegen das Zwerchfell und trieb das Letztere so weit in die Brusthöhle hinein, dass dasselbe auf die untere Fläche der Lungen, trotzdem dass die letzteren zusammengefallen waren, einen leichten Druck ausübte. So wurden die Luftwege durch die in Bewegung gerathenen Nachbarorgane zusammengedrückt und dadurch das Steigen des Manometers herbeigeführt.«

»Der Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung liegt in Folgendem:«

»1) Die Steighöhe des Wassermanometers bei Reizung der Nerven stand stets im Verhältniss zur Intensität der Oesophaguszusammenziehung, wie sich durch den Augenschein unschwer beurtheilen liess.«

»2) Wenn der Oesophagus unterhalb des Zwerchfells durchschnitten und in möglichster Ausdehnung von der Trachea bis gegen die obere Brustapertur getrennt wurde, hörte die Reizung der Nerven ganz auf, eine Einwirkung auf den Manometerstand zu haben. Wir pflegten die Speiseröhre seitlich unter der Luftröhre hervorzuziehen und sie, nachdem sie bis zur Brustapertur freipreparirt war, quer über den unteren Theil des Halses zu legen. Reizten wir dann die Vagi, so contrahirte sich dieselbe so heftig, dass ihr freies Ende gewaltsam dann in die Brusthöhle hineingezogen wurde, ein Beweis für die volle Leistungsfähigkeit der N. vagi, deren Erregung aber das Manometer vollkommen unbewegt liess.«

»Wir glauben demnach:

1) »Dass die N. Vagi auf die Lungenmusculatur keinen motorischen Einfluss ausüben.«

2) »Dass die gegentheilige Annahme früherer Beobachter (Volkman, Knaut u. s. f.) durch die Zusammenziehung des Oesophagus herbeigeführt wurde, welche bei den angewandten Methoden einen Trugschluss auf Contractionen der Lungenmusculatur selbst möglich machte.«

Die Arbeit von Rügenberg ist hier absichtlich so ausführlich wiedergegeben, weil sie bis jetzt die einzige ist, welche die Fehler der Untersuchungsmethoden von vielen Forschern über die Lungencontractilität nicht nur angiebt, sondern sich eingehend mit denselben befasst und also Beweise für seine Meinung über frühere Arbeiten beibringt.

J. J. Müller¹⁾ in Ludwig's Laboratorium hat durch electriche Reizungen keine vitale Contractionen der Lunge beobachten können und sagt

1) Berichte über die Verhandlungen der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Bd. 21. 1869. Ueber die Athmung in der Lunge von J. J. Müller, vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede C. Ludwig. p. 150.

darüber Folgendes: »Electrische Reizungen, wodurch ich partielle Contractionen zu erzielen hoffte, führten dagegen weder an der ganz frischen, noch an der Lunge, die zum Versuche gedient hatte, zu einem Resultate.«

Bemerkung. Gelegentlich verdient hier als Curiosum erwähnt zu werden, dass in Ludwig's Institute doch ein Ausweg gefunden wurde, eine schon seit längerer Zeit aus dem Thiere herausgeschnittene, maltraitirte und gegen Electricität unempfindliche Lunge für lebend zu erklären, obwohl die electrische Reizung derselben, welche in der Absicht vorgenommen wurde, um zu entscheiden, ob die Lunge todt oder lebendig sei, ein für das »Lebendig« negatives Resultat ergeben hatte.

L. Hermann¹⁾ sagt Folgendes über die Rolle der Lungenmusculatur: »Die elastische Kraft der ausgedehnten Lungen kann noch unterstützt werden durch die Contraction der die Bronchien umgebenden glatten Muskelfasern. Dieselbe muss die Bronchien verengern und zugleich den negativen Druck im Thorax verstärken (d. h. zu einer stärkeren Ausdehnung der anderen Organe führen). Jedoch ist weder über ihren Eintritt, noch über ihre Innervation etwas sicheres ermittelt.«

Paul Bert²⁾ hat nach vielen misslungenen Versuchen schliesslich bei einem Hunde 48 Minuten nach dem Tode deutliche vitale Contractionen der Lungen gesehen.

Das Misslingen der früheren Versuche schreibt Bert der starken Aufblasung der Lungen zu.

Traube hat nach den Angaben mehrerer Autoren an einer herausgeschnittenen Lunge, welche in eiskaltes Wasser gelegt worden war, Contractionen wahrgenommen.

Leider ist hierbei nicht angegeben, wo diese Traube'sche Beobachtung zu lesen ist; — ich konnte dieselbe nicht auffinden.

Fasst man den Hauptinhalt der mitgetheilten Literatur über die sogenannte vitale Lungencontraction zusammen, so ersieht man leicht, dass zwei entgegengesetzte Meinungen über diesen Gegenstand existiren, indem eine diese vitale Lungencontraction annimmt und die andere dieselbe verwirft, wobei beide Meinungen hoch geachtete Namen von Gelehrten für sich anführen können.

Wenn wir absehen von denjenigen Autoren, welche die vitale Contraction der Lungen negiren und uns zu denjenigen wenden, welche dieselbe annehmen, so ist es auffallend, dass fast sämmtliche Beobachter eben so viele von ihren eigenen Versuchen für als gegen

1) Grundriss der Physiologie des Menschen von L. Hermann. 3. Aufl. Berlin 1870. S. 153.

2) Leçons sur la physiologie comparée de la respiration. 1870. p. 370—378.

ihre eigene Meinung, d. h. gegen die Annahme einer vitalen Lungencontraction anführen können.

Geht man aber kritisch zur Beurtheilung der eben erwähnten positiven Schlüsse und Versuche über, so wird man wohl sagen können, dass wenn die Contractionen der Lungenmuskulatur auch vielleicht gesehen wurde, dieses jedoch bedeutend seltener der Fall war, als wie die Beobachter, welche dieses als etwas feststehendes angeben, meinen.

Auf die vitale Lungencontraction wurde geschlossen entweder direct aus einer Erhöhung des Manometers beim Reizen der Lunge und anderer Theile, oder indirect aus dem stärkeren Zusammenschrumpfen der freigelegten Lungen eines eben oder vor längerer Zeit getödteten Thieres, wobei der Unterschied des Zusammenfaltens der Lunge auf Rechnung der vitalen Contraction geschoben wurde. Dass dieser letztere indirecte Schluss unberechtigt ist, ersieht man leicht daraus, dass das stärkere oder geringere Zusammenfallen der freigelegten Lunge eben so gut allein durch den veränderten Zustand der Elasticität entstehen kann, ohne Mitwirkung der Lungenmuskulatur, da die Elasticitätsgrösse sehr verschieden sein kann in verschiedenen Zuständen.

Was aber die directe Beobachtung über die vitale Lungencontraction anbelangt, so soll hier bemerkt werden, dass man sämmtlichen Versuchen, welche an den Lungen, die in dem Thiere unverletzt gelassen waren, angestellt wurden, immer den wichtigen Einwand machen kann, welchen Heidenhain durch Experimente, die in seinem Laboratorium angestellt waren, bestärkt hat, nämlich, dass die Contractionen, die man an dem in die Lungen eingebundenen Manometer wahrnimmt, durch andere Muskeln als die der Lunge hervorgerufen wurden.

Von allen den vielen in dieser Richtung gemachten Versuchen sind nur die von Williams und von Bert von diesem Einwande frei, indem sie ihre Experimente zum Theil auch an ausgeschnittenen und vom Thiere entfernten Lungen gemacht haben.

Allein diese wenigen beweisenden Versuche sind auch nicht vollständig fehlerfrei. — Sie waren angestellt, indem man die Luft durch die sich contrahirende Lunge comprimiren liess und dann diese Compression auf das Manometer, welches mit der Lunge in Verbindung stand, übertrug.

Wenn Jemand aber nur ein Mal die Lunge eines Warmblüters

aufgeblasen hat und dieselbe in diesem Zustande erhalten wollte, der wird wohl gesehen haben, wie diese Lunge die ihr gegebene gespannte Lage nicht lange aufrecht erhält, indem sie anfangs schneller, dann langsamer allmählich zusammenfällt, trotzdem dass die Lunge nirgends verletzt wurde.

Fügt man zu den erwähnten Beobachtungen noch hinzu, dass uns gar nichts bekannt ist über die Diffusionsverhältnisse von verschiedenen Gasen durch die Membranen der Lunge bei verschiedenen Temperaturen, Feuchtigkeitszuständen etc., so wird leicht begreiflich, wie wenig man in diesem Falle aus einer Veränderung der Manometerhöhe Schlüsse ziehen kann in Bezug auf die Thätigkeit der Lungenmuskulatur resp. in wiefern die Lungenmuskeln diese Manometererhöhung eigentlich hervorgerufen haben.

Lässt ein Mal die Lunge bei einem gewissen Drucke leicht Gase durch ihre Membranen durch, so bewirkt dieser Verlust der Gase selbstverständlicherweise ein Sinken des Manometers.

Vielleicht aus den eben erwähnten Gründen hat Bert ziemlich kleine manometrische Werthe für Lungencontractionen erhalten im Vergleich mit der Quantität der Muskeln und mit dem Raume der Luftwege der Lungen.

Wenn das Sinken des in den Lungen luftdicht eingebundenen Manometers durch Ausströmen der Luft durch die Lungensubstanz klar vorliegt, so ist es etwas schwerer, das Steigen im Manometer an herausgeschnittenen Lungen zu erklären.

Doch scheint diese letzte Thatsache sich folgendermassen erklären zu lassen:

Das plötzliche Oeffnen einer Communication zwischen zwei Lungenpartien, welche unter verschiedener Aufblasungsspannung nach der Aufblasung stehen und von einander durch Schleimstöpsel getrennt waren, kann eben so gut ein Steigen des Manometers hervorrufen.

Die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit des Gesagten bestätigt sich durch die Angabe Williams, dass bei seinen Versuchen das Manometer plötzlich und stossweise stieg, nachdem Reizstoffe (in Form von Lösungen) in die Bronchien hineingegossen wurden ¹⁾. In diesem Falle hat die Flüssigkeit vielleicht eine Verstopfung und

1) Charles J. B. Williams, Report of Experiments on the physiology of the Lungs and Air Tubes. p. 415. Satz 12. (Report of the Tenth Meeting of the Brit. Associat. for the advancement of science. Glasgow 1840.)

dann eine Oeffnung eines Bronchus erzeugt ähnlich der, welche oben dem Schleimpropfe zugemuthet wurde.

Ziemlich durchgehend beobachtet man noch in der Literatur die Erscheinung, dass die Forscher Resultate erhielten, welche gerade zu den damals herrschenden Anschauungen und Bedürfnissen passten. — So beobachteten Krimer und andere rasche und starke Contractionen der Lunge, welche Contractionen Krimer benutzte, um den damals unerklärten Act des Aushustens durch die alleinige vitale Lungencontraction zu erklären, ohne in Betracht zu ziehen, dass die Lungen nur glatte Muskeln besitzen und dass dieselben schwer zu solch raschen Contractionen, wie sie beim Aushusten factisch existiren, zu bringen sind.

Indem Volkmann das Licht durch die alleinige Contraction der Lungenmuskulatur zu löschen glaubte und meinte, dass die Bronchialmuskulatur zur Beschleunigung der Lungenventilation viel beitrage, da jede Ausathmung nach ihm vollkommen und leichter durch Bronchialmuskulatur sich machte, verfiel er in denselben Fehler wie Krimer.

Später, als die Weber'sche Meinung, dass die glatten Muskeln nicht rasch, sondern nur langsam sich contrahiren können, vorherrschend wurde, finden wir, dass Knaut und andere auch nicht mehr rasche, sondern langsame Contractionen, wie es im Buche steht, für die Lungenmuskulatur angeben.

Wenn die eigentlichen Lungencontractionen, nach directer Beobachtung oder durch indirecte Schlussfolgerungen, angenommen oder negirt oder bestätigt wurden, so gibt es dagegen, wie oben bemerkt, keine specielle Untersuchung oder auch nur eine Angabe (im positiven Sinne) über die vitale Contraction der Trachea.

Bis jetzt wurde bei den Experimenten die Trachea speciell und von der Lunge getrennt niemals auf ihre Contraction untersucht. Bei der Untersuchung über die vitale Contraction der Lunge wurde die Trachea stets nur als Anhängsel der letzteren betrachtet und die dabei beobachteten Erscheinungen allein der Lunge zugeschrieben, ohne der Trachea einen Antheil daran einzuräumen.

Aus diesen Beobachtungen lässt sich darum gar nicht entnehmen, ob die beobachteten Contractionen der Lunge allein, oder der Trachea oder gleichzeitig beiden zukommen.

Niemandem ist es bis jetzt eingefallen, um die vitalen Lungencontractionen zu beweisen, das einfache Experiment anzustellen,

nämlich von einer Lunge, welche zusammen mit der Trachea Contractionen gezeigt hat, die Trachea zu entfernen und zu prüfen, ob diese Contractionen dann noch ohne Trachea auftreten.

Dies wäre insofern interessant, als sämtliche angegebenen Contractionen der Lunge mit der Trachea, die durch den Oesophagus bewirkten Contractionen abgerechnet, ihrer Stärke nach diejenigen der isolirten Trachea vielleicht kaum übertreffen.

Alles eben Erwähnte bewog mich, mich eingehend nur mit der Trachea zu befassen und die Lunge vorläufig bei Seite zu lassen.

Der Umstand, dass die Trachea die Anwendung einer genaueren Untersuchungsmethode gestattet, welche letztere den Werth der erhaltenen Resultate wesentlich beeinflusst, sowie die kaum unberechtigte Annahme, dass das an der Trachea Beobachtete vielleicht auch auf die Bronchien und weiter auf die Lunge mit Vortheil übertragen werden kann, gab mir noch mehr Veranlassung, bei meinen Untersuchungen den eben erwähnten Weg einzuschlagen.

Zunächst handelte es sich darum, die bis jetzt unberührte, geschweige beantwortete Frage zu lösen: ob die Trachea der Säugethiere eigene vitale Contractionen besitzt oder nicht?

Im Bejahungsfalle wären dann weiter auch die Bedingungen, unter welchen diese Contractionen zu Stande kommen und ihre physiologische Bedeutung näher zu studiren.

Die vorliegende Untersuchung ist ein Versuch, die eben aufgeworfenen Fragen zu lösen.

Fasst man die Unbeständigkeit und die öfteren Widersprüche in den bisherigen Resultaten über die vitale Contraction der Lunge ins Auge, so lässt sich leicht erkennen, dass die Mängel der Untersuchungsmethoden daran grosse Schuld tragen müssen.

Deswegen wurde bei den Experimenten nach einer Methode gesucht, die möglichst wenig von den bisherigen Fehlerquellen enthielte. — Alle Versuche wurden ohne Ausnahme nur an der vom Thiere entfernten Trachea angestellt.

Die so unbekannte, aber doch so stark variable Durchlässigkeit der Luft durch die Lungen und ihre Pleura, die starke Volumveränderung der Luft durch geringe Temperaturwechsel, welche die Richtigkeit der manometrischen Angaben so beeinträchtigen, bewogen mich bei den Versuchen von der sonst naturgemäss in den Bronchien enthaltenen Luft Abstand zu nehmen und dieselbe durch eine Flüssig-

keit zu ersetzen. Die geringe Compressibilität der Flüssigkeiten machten sie sehr geeignet zur Anwendung in solchen Experimenten, bei welchen die manometrischen Angaben etwas zuverlässiger sein sollen.

Die Schwierigkeit, die ganze Lunge mit einer Flüssigkeit vollständig zu füllen und dann, man kann sagen, die Unmöglichkeit, diese Flüssigkeit darin zu erhalten, ohne dass dieselbe durchdiffundirt und so das anfängliche Volumen verändert, bewogen mich, um diese Uebelstände zu beseitigen, die Untersuchungen nur an der isolirten Trachea und nicht an der ganzen Lunge anzustellen.

Diese Versuche über die Contractionen der Trachea waren auf folgende Weise angestellt:

Es wurde eine frisch herausgeschnittene, vom Oesophagus Larynx, Bronchien und den übrigen Theilen befreite Trachea eines durch Verblutung oder auf eine andere, bei jedem Versuche anzugebende Weise getödteten Thieres genommen.

In jedes Ende dieser Trachea (in ihr Lumen) wurde je ein passender Kork, in welchem seinerseits eine Glasröhre von circa 30 Cent. Länge und circa 3 Mm. Durchmesser steckte, fest und waserdicht eingebunden. Das längere Rohr wurde nach oben gerichtet.

Da an ihm das Steigen und Fallen der weiter zu erwähnenden Flüssigkeit abgelesen wurde, so wird weiter in der Arbeit dieses Rohr kurzweg Manometerrohr genannt.

Ein eben so dickes, aber kürzeres Rohr (von circa 8 Cm. Länge), welches im unteren Kork steckte, war noch mit einem kurzen Gummischlauch verbunden, welcher seinerseits eine Klemme zum Absperren der Flüssigkeit besass.

Der ganze so einfach construirte Apparat wurde durch seinen oberen Kork fest in eine Stativklemme gesetzt, wobei die Trachea mit dem unteren Korke etc. frei in der Luft hing.

Von unten wurde durch den Gummischlauch zu beliebiger Zeit die Trachea mit den Röhren zur beliebigen Höhe mit Flüssigkeit gefüllt. Durch die unten hängende Klemme konnte die in die Trachea eingespritzte Flüssigkeit nach Belieben darin behalten oder herausgelassen werden.

Um die etwaigen schädlichen Wirkungen von verschiedenen Flüssigkeiten auf die lebenden Theile der Trachea zu beseitigen, wurde als die Trachea füllende Flüssigkeit meistens Blut benutzt

und, was möglich war, Blut von demselben Thiere dazu gebraucht, von welchem auch die Trachea zum Versuche genommen wurde.

Die geringste Berührung der mit Flüssigkeit gefüllten Trachea und sogar die leiseste Erschütterung des Bodens riefen sofort eine Erhebung der Flüssigkeitssäule oder Schwankungen derselben in dem Manometerrohr hervor.

Um die verschiedenartigsten Erschütterungen bei den Versuchen zu vermeiden, waren folgende Maassregeln getroffen:

Um electricische Reizungen an der Trachea ohne Erschütterungen hervorzurufen, wurde am oberen und unteren Ende die Trachea je mit einer Electrode (in Form von dünnen Kupferdrähten) umwunden, welche Electroden mit der secundären Rolle des Dubois'schen Schlitten-Apparates verbunden waren, welcher seinerseits mit einem Bunsen'schen Element (Chromsaures Kali und verdünnte Schwefelsäure) in Verbindung stand. Bei Reizung der Trachea wurde der Strom durch einen Schlüssel geöffnet, wobei keine mechanische Erschütterung der Flüssigkeit ausgeübt wurde.

Um ferner die Erschütterung der Flüssigkeit durch das Schwancken der in der Luft frei schwebenden Drähte, welche mit der Trachea verbunden waren, zu beseitigen, wurden dieselben unweit der Trachea mittelst einer Tischlerklemme fixirt.

Bei allen Versuchen über Trachealcontractionen wurden nur Inductionsströme angewendet.

Nachdem der Apparat so mit der gefüllten Trachea an das Stativ fest gebunden und Alles in Ordnung war und nachdem das markirte Niveau der Flüssigkeit in der oberen Röhre (Manometer) einige Zeit unbeweglich blieb, wurde vorsichtig (ohne Erschütterung) mittelst des Schlüssels der Strom geöffnet und dann das Niveau der Flüssigkeit im selben Rohre beobachtet.

Um die Trachea etwas frischer und schneller zu den Versuchen zu benutzen, wollte ich statt des unteren Korkes, welcher nicht immer zu dem Lumen verschiedener Tracheen passte, eine Klemmschraube anwenden; allein, da es misslang, die starkknorpelige Trachea durch eine Klemmschraube wasserdicht zu schliessen, und ferner wegen der Schwierigkeit durch das dünne obere Rohr die Trachea rasch mit Blut zu füllen, war ich gezwungen, bald die scheinbar für alle Lumina der Tracheen so passende Klemmschraube aufzugeben.

Die auf diese Weise von mir noch im Jahre 1873 angestellten

Versuche an der herausgeschnittenen Trachea (einer Katze), welche mit nahezu auf Körpertemperatur erwärmtem Blute gefüllt war, haben längere Zeit und zu wiederholten Malen ganz deutlich Contractionen bei der electricischen Reizung gezeigt, was ich damals noch mehreren Herren im Laboratorium von Prof. Fick in Würzburg demonstirt habe.

Das Erscheinen der Contractionen der Trachea unmittelbar nach einer electricischen Reizung, das langsame und nicht rasche Steigen der Flüssigkeit im Rohre, das Sinken der Flüssigkeit, nachdem der Reiz aufgehört hat, und dann der Ausschluss von Fehlerquellen, welche diese Steigerung mechanisch oder irgend wie anders bewirken könnten, und manches Andere zeigten deutlich, dass wir eine Contraction der glatten Muskeln der Trachea vor uns hatten, und dass die Trachea also ihre eigenen vitalen Contractionen besitzt.

Auf Contractionen der Trachea wird stets aus der Erhebung der Flüssigkeit im oberen Rohre geschlossen, während dagegen ein Sinken des Niveaus als eine Erweiterung (Vergrößerung des Trachealvolumens) betrachtet wird und in diesem Sinne die Ausdrücke Erweiterung, Contraction etc. gebraucht werden. Wenn damals (in Würzburg) einige Tracheen vitale Contractionen deutlich gezeigt haben, so haben manche andere Tracheen (vom Hunde und Kaninchen) dagegen gar keine Spur einer Contraction gegeben, obgleich die Versuche in derselben Weise und scheinbar unter denselben gleichen Bedingungen, wie die früheren, angestellt wurden.

Diese Versuche, bald mit positiven, bald mit negativen Resultaten gaben mir Veranlassung, diese für so lange Zeit unterbrochenen Untersuchungen weiter fortzusetzen und meinem lange gehegten Wunsche nachzukommen, um die weitere Frage zu beantworten, nämlich die: warum bei den Versuchen einige Tracheen Contractionen zeigen, während andere dies nicht thun?

Diese Unbeständigkeit und Ungleichheit in den Resultaten über die Tracheal-Contractionen bewog mich, die Ursachen und Bedingungen näher zu prüfen, von welchen der Erfolg oder Misserfolg der Tracheal-Contractionen abhängig ist.

Bei meinen Untersuchungen der Darmbewegungen¹⁾ stellte es sich heraus, dass die Zufuhr des arteriellen Blutes und ein gewisser

1) Zur Physiologie der Darmbewegungen, in Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1873. p. 597.

Grad der Wärme unbedingt nothwendig sind, um Contractionen an Gedärmen durch electriche Reizungen erhalten zu können.

Es lag die Vermuthung nahe, dass die glatten Muskeln der Trachea vielleicht derselben Bedingungen, wie die der Gedärme bedürfen, damit bei ihnen Contractionen zum Vorschein kämen. Deswegen wurde mit der Prüfung des Einflusses der Temperatur auf die Contractionsfähigkeit der Trachea begonnen.

Es stellte sich bald heraus, dass alle Tracheen (Katze, Hund, Schaf, Kalb, Rind) ohne Ausnahme Contractionen auf electriche Reizungen zeigten, wenn dafür gesorgt wurde, dass die Trachea mit Blut von einer Temperatur von circa $+30^{\circ}$ C. gefüllt war.

Nachdem die Abhängigkeit des Gelingens der Tracheal-Contractionen von der Temperatur so evident bewiesen war, wurde weiter näher die Temperaturgrenze untersucht und bestimmt, unter welcher diese vitalen Contractionen der Trachea aufhören.

Bevor ich aber zur Darstellung der Ergebnisse dieser Untersuchungen übergehe, wird es zweckmässig sein, hier die darauf bezüglichen Experimente anzuführen, zumal sie das vorher Gesagte, wie auch manches andere dabei Beobachtete, aufklären und ergänzen sollen.

Versuche.

Versuch 1. Den 3. Februar 1876 wurde ein alter Kater chloroformirt, jedoch nur so weit, dass er schon nach $\frac{1}{2}$ Minute zu beißen versuchte. In diesem Zustande wurde ihm Blut aus der Carotis und Vena jugularis externa entnommen. Das Blut wurde defibrinirt.

Dann wurde in der oben angegebenen Weise die Trachea von der Lunge und von allen übrigen Theilen befreit, an beiden Enden derselben ein Kork mit Glasröhre wasserdicht eingebunden und dieselbe mit Blut von $+35^{\circ}$ C. gefüllt.

Um 12 Uhr 40 Min. wurde die so vorbereitete, mit Blut gefüllte und in der Luft frei hängende Trachea nach der oben beschriebenen Weise mit Inductionsschlägen gereizt, worauf die Flüssigkeit im oberen Rohre deutlich stieg, was die Contraction der Trachea bewies.

Die Temperatur des Zimmers während der ganzen Zeit dieses Versuches variirte zwischen $+14$ und $+15^{\circ}$ C.

Um 12 Uhr 50 Min. gab die Trachea wieder deutliche Contractionen auf electriche Reize.

Um 1 Uhr, als das Blut bereits auf $+16^{\circ}$ C. abgekühlt war, gab die Trachea keine Contraction auf Inductionsschläge.

Die Temperatur des Blutes in der Trachea wurde bestimmt durch Einfügung eines Thermometers in das Gefäss, in welches das Blut aus der Trachea gelassen wurde.

Die Trachea wurde eine Zeit lang (ungefähr $1\frac{1}{2}$ Stunde) mit Blut gefüllt frei hängen gelassen bei $+15^{\circ}\text{C}$. Lufttemperatur.

Das Gewicht der Pincette, des Korkes etc., welche ausser dem Blute die Trachea ausdehnten, betrug circa drei Gramm.

Diese Trachea, welche um 2 Uhr 40 Min. auf electriche Reize keine Contraction zeigte, als das Blut in ihr nur $+14^{\circ}\text{C}$. betrug, gab sofort deutliche Contractionen, als dieses kalte Blut durch neues warmes von $+35^{\circ}$ ersetzt wurde.

Um 3 Uhr, als das Blut in der Trachea sich stark abgekühlt hatte, gab die Trachea keine Contractionen auf Inductionsschläge bei einem Rollenabstand von zwei Cm. ¹⁾.

Um 3 Uhr 15 Min., als die Trachea von Neuem mit warmem Blute von 30°C . gefüllt war, gab dieselbe wieder Contractionen auf Inductionsschläge.

Um das Austrocknen der Trachea von Aussen zu verhindern, wurde dieselbe von Zeit zu Zeit mit Blut bestrichen. Später, als das Blut in der Trachea immer kälter und kälter wurde, zeigte die Trachea dem entsprechend schwächere und schwächere Contractionen auf electriche Reize, bis am Ende sie gegen dieselben sich total unempfindlich zeigte.

Das Blut in der Röhre sinkt deutlich immer mehr und mehr, was auf eine Veränderung des inneren Volumens der Trachea oder auf eine Transsudation des Blutes durch die Wände deuten kann.

Die Contractionen der Trachea, resp. die Erhebung der Flüssigkeit im Manometerrohr waren nicht rasch, sondern langsam und traten erst einige Zeit nach dem Reize ein. Manchmal trat bei Reizung der Trachea erst ein einziges Sinken der Flüssigkeit im Manometer ein und darauf erst ein Steigen derselben.

Die Trachea wurde wieder lange Zeit mit Blut gefüllt hängen gelassen.

Abends um 7 Uhr 15 Minuten zeigte die Trachea noch deutliche Contractionen beim electriche Reiz, als dieselbe von Neuem mit Blut von $+32^{\circ}\text{C}$. gefüllt war.

Diese Trachea war also reizbar und zeigte deutliche Contractionen, nachdem sie vom Körper getrennt und über sechs Stunden zum Experiment gedient hatte.

NB. In dem Blute dieser Katze senkten sich auffallend rasch die rothen Blutkörperchen und schieden sich vom Serum ab.

Versuch 2. Den 11. Februar wurde die Trachea eines Hundes gewonnen, welcher durch Verblutung getödtet war ²⁾.

1) Wobei der 0-Punkt der Stellung entspricht, bei welcher die secundäre Rolle gänzlich auf die primäre Rolle aufgeschoben ist.

2) Dieser Hund und sein Blut hatten zu einem anderen Versuch gedient. Bei demselben waren dem Thiere kurz vor dem Tode Glycocol- und Benzoë-Säure ins Blut injicirt worden.

Der Versuch mit dieser Trachea wurde in derselben Weise wie der vorige angestellt.

Aus Mangel an Hundeblut wurde bei diesem Versuche die Trachea mit zur Hälfte mit Wasser verdünntem Katzenblut gefüllt.

Um 7 Uhr 30 Min. gab diese Trachea deutliche Contractionen auf Inductionsströme von 0 Rollenabstand, als die Flüssigkeit in der Trachea + 22,5° C. zeigte ¹⁾).

Als später Blut von 30° C. in die Trachea eingespritzt war, so contrahierte sich die Trachea auch bei Reizungen von 5 Cm. Rollenabstand.

Um 7 Uhr 40 Min. zeigte sich eine schwache Erhöhung der Flüssigkeit nur erst eine halbe Minute nach dem electrischen Reize von 2 Cm. Rollenabstand. Bei 0 Rollenabstand zeigte sich ebenfalls eine ähnliche schwache und erst nach einem eine halbe Minute dauernden Reize eintretende Contraction.

Um 7 Uhr 45 Min. war die Contraction kaum bemerkbar durch die Reizung mit 0 Abstand. Das aus der Trachea herausgelassene Blut zeigte + 17° C.

Um 7 Uhr 50 Min. wurde die Trachea mit Blut von + 30° C. gefüllt, worauf ein Steigen der Blutsäule ohne electrischen Reiz eintrat und sich dann auch beim Reiz mit 5 Cent. Rollenabstand zeigte. Das gleich darauf herausgelassene Blut zeigte + 25° C.

Um 8 Uhr wurde die Trachea mit Blut von + 30° C. gefüllt und zeigte Contractionen auf eine Reizung mit 2 Cent. Rollenabstand.

Um 8 Uhr 10 Min. ist die Flüssigkeit im Rohre von selbst stark gesunken. Bei 5 Cent. und 0 Rollenabstand waren keine Contractionen wahrnehmbar. Die Temperatur des herausgelassenen Blutes zeigte + 19° C.

Um 8 Uhr 12 Min. wurde in die Trachea wieder warmes Blut von + 28° C. eingeführt und eine Reizung bei 3 Cent. Rollenabstand zeigte eine deutliche und lange Zeit anhaltende Contraction. Das Blut, welches um 8 Uhr 15 Min. herausgelassen wurde, zeigte + 24° C.

Um 8 Uhr 20 Min. wurde die Trachea mit Blut von + 27° C. gefüllt und der electrische Reiz rief Contractionen hervor. Die Temperatur des Zimmers während der ganzen Zeit der Beobachtung war zwischen + 15 und + 16,5° C.

Dieser Versuch zeigte auch deutliche Contractionen der Trachea beim electrischen Reize und eine gewisse Abhängigkeit derselben von der Temperatur.

Versuch 3. Den 12. Februar wurde ein mittelgrosser Hund curarisirt, dann eine halbe Stunde später getödtet durch Verbluten und die herausgeschnittene Trachea in der bekannten Weise vorbereitet.

1) Alle Temperaturangaben in dieser Arbeit sind nach Celsius angegeben.

Ausser dem Gewichte von Blut, welches in der Trachea sich befand, war dieselbe noch mit 20 Gr. Gewicht belastet.

Um 4 Uhr 55 Min. Abends gab die Trachea, welche Blut von $+20^{\circ}\text{C}$. Temperatur enthielt, eine deutliche Contraction, nachdem sie bei 0 Rollenabstand gereizt wurde.

Um 4 Uhr 57 Min. zeigt die Trachea bei Reizung mit 0 Rollenabstand erst eine Senkung der Flüssigkeit (Erweiterung der Trachea) in dem Manometerrohr und erst durch weiteres Reizen wurde sie zur Contraction gebracht.

Um 5 Uhr trat wieder bei Reizung mit 0 Rollenabstand erst eine Senkung und dann eine Steigerung der Flüssigkeit im Rohre ein. Das aus der Trachea herausgelassene Blut zeigte $+15^{\circ}\text{C}$.

Um 5 Uhr 2 Min. wurde neues Blut von $+17^{\circ}\text{C}$. in die Trachea eingespritzt und bei Reizung mit 0 Rollenabstand zeigte sich wieder erst eine Senkung und dann, nachdem die Reizung 10 Sekunden gedauert hatte, wieder eine Steigerung der Flüssigkeit im Manometerrohr.

Um 5 Uhr 5 Min., nach einer $\frac{1}{2}$ Minute dauernden Reizung mit 0 Rollenabstand, wurde eine Steigerung ohne eine vorherige Senkung der Flüssigkeit im Manometer wahrgenommen. Nachdem das Steigen eine gewisse Grenze erreicht hatte, fiel die Flüssigkeit tiefer, als sie vor der Reizung gestanden hatte.

Um 5 Uhr 10 Min. trat keine Contraction ein trotz eines eine Minute lang dauernden Reizes mit 0 Rollenabstand. Das aus der Trachea herausgelassene Blut zeigte $+13^{\circ}\text{C}$.

Um 5 Uhr 14 Min. wurde neues Blut von $+15^{\circ}\text{C}$. in die Trachea eingespritzt, welches Blut von selbst im Manometerrohr ziemlich stark fiel. Beim Reizen der Trachea mit 0 Rollenabstand war kein Steigen der Flüssigkeit wahrnehmbar, aber das vorherige Fallen derselben wurde aufgehalten.

Um 5 Uhr 15 Min. trat keine Spur einer Contraction bei Reizung mit 0 Rollenabstand ein. Das aus der Trachea herausgelassene Blut zeigte $+13^{\circ}\text{C}$.

Um 5 Uhr 22 Min. wurde Blut von $+21^{\circ}\text{C}$. in die Trachea hineingespritzt und beim Reizen mit 0 Rollenabstand war ein Steigen der Flüssigkeit wahrnehmbar. Das herausgelassene Blut zeigte $+15^{\circ}\text{C}$.

Um 5 Uhr 30 Min. wurde in die Trachea Blut von $+30^{\circ}\text{C}$. hineingespritzt und es zeigten sich Contractionen sogar bei 10 Cm. Rollenabstand. Nachdem der Reiz, welcher eine halbe Minute dauerte, aufgehört hatte, stieg die Flüssigkeit noch von selbst.

Um 5 Uhr 35 Min. zeigte die Trachea wieder Contractionen nach einem $\frac{1}{4}$ Minute langen Reize von 10 Cm. Rollenabstand. Eine Minute später stieg die Flüssigkeit von selbst ohne Reizung.

Um 5 Uhr 40 Min. zeigte die Trachea Contractionen beim Reizen mit 5 Cent. Rollenabstand. Das herausgelassene Blut zeigte $+16^{\circ}\text{C}$.

Um 5 Uhr 43 Min. wurde die Trachea mit Blut von $+35^{\circ}\text{C}$. gefüllt. Bald nach einer Reizung mit 10 Cm. Rollenabstand zeigte sich eine Con-

traction der Trachea, welche von selbst, nachdem der Reiz aufgehört hatte, noch zwei Minuten fort dauerte.

Um 5 Uhr 47 Min. trat eine kaum bemerkbare Contraction auf Reizung bei 10 Cm. Rollenabstand ein. Dagegen hielt sich die Flüssigkeit lange Zeit nach der Reizung auf demselben Niveau ohne zu fallen.

Um 5 Uhr 50 Min. trat bei der Reizung von 10 Cm. Rollenabstand eine Erweiterung der Trachea ein. Eine neue ebensolche Reizung von 10 Cm. Rollenabstand, gleich darauf angewendet, zeigte keine Veränderung der Flüssigkeit, welche aber gleich sank, als die Reizung bis zu 5 Cm. Rollenabstand verstärkt wurde. Gleich darauf rief eine Reizung von 0 Rollenabstand eine Contraction der Trachea hervor. Das aus der Trachea herausgelassene Blut zeigte $+14^{\circ}\text{C}$.

Um 6 Uhr wurde die Trachea mit Blut von $+16^{\circ}\text{C}$. gefüllt und bei der Reizung mit 10 Cm. Rollenabstand wurde ein Sinken der Flüssigkeit ohne vorherige Steigerung beobachtet. Dagegen durch Reizung mit 5 Cm. Rollenabstand zeigte sich eine Erhöhung der Flüssigkeit, welche bei der Reizung mit 0 Rollenabstand noch grösser war, aber später als vorher eintrat. Das um 6 Uhr 5 Min. aus der Trachea herausgezogene Blut zeigte $+14^{\circ}\text{C}$.

Um 6 Uhr 7 Min. wurde die Trachea mit Blut von $+15^{\circ}\text{C}$. gefüllt, worauf die Trachea von selbst sich erweiterte (die Flüssigkeit fiel). Um 6 Uhr 10 Min. zeigte sich eine Contraction der Trachea bei der Reizung mit 0 Rollenabstand.

Um 6 Uhr 12 Min. ist von selbst ohne Reizung eine Contraction der Trachea eingetreten.

Um 6 Uhr 14 Min. nach einer eine halbe Stunde dauernden Reizung mit 0 Rollenabstand zeigte sich erst ein Sinken und dann ein Steigen der Flüssigkeit im Manometer.

Um 6 Uhr 16 Min. bei längerer Reizung mit 0 Rollenabstand trat ein Steigen ohne vorheriges Sinken der Flüssigkeit im Manometer ein. Das aus der Trachea herausgelassene Blut zeigte $+13^{\circ}\text{C}$.

Um 6 Uhr 21 Min. wurde neues Blut von $+14\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$. in die Trachea eingespritzt. Die Flüssigkeit sank fortwährend allmählich bis 6 Uhr 24 Min.

Um 6 Uhr 25 Min. zeigte sich bei Reizung mit 0 Rollenabstand kaum ein oder gar kein Steigen der Flüssigkeit. Das aus der Trachea herausgelassene Blut zeigte $+13^{\circ}\text{C}$.

Um 6 Uhr 30 Min. wurde in die Trachea neues Blut von $+25^{\circ}\text{C}$. eingespritzt.

Um 6 Uhr 33 Min. zeigte sie Contractionen nach einer Reizung mit 0 Rollenabstand.

Um 6 Uhr 37 Min. trat ein schwaches Steigen der Flüssigkeit nach der Reizung mit 0 Rollenabstand ein. Das aus der Trachea herausgelassene Blut zeigte $+13,5^{\circ}\text{C}$.

Um 6 Uhr 40 Min. wurde die Trachea mit Blut von $+37^{\circ}\text{C}$. gefüllt. Die Flüssigkeit fing darauf an, im Manometer von selbst zu steigen und

beim Reizen mit 10 Cm. Rollenabstand um 6 Uhr 43 Min. stieg dieselbe noch höher.

Um 6 Uhr 44 Min. gab die Trachea noch Contractionen bei der Reizung mit 10 Cm. Rollenabstand.

Um 6 Uhr 50 Min. nach einer langdauernden Reizung zeigte die Trachea eine Contraction.

Später sank die Flüssigkeit von selbst allmählich. Die Temperatur der Luft im Zimmer während der ganzen Zeit des Versuches schwankte zwischen $+13^{\circ}$ und $+14^{\circ}$ C.

Die Beobachtungen wurden abgebrochen, obgleich die Trachea noch lange Zeit später auf electriche Reize Contractionen zeigte.

Bei den Versuchen wurde bisweilen beobachtet, dass die Ausdehnung der Trachea durch Belastung mit Gewichten einen Einfluss habe auf die Erregbarkeit, resp. auf die Contractionen derselben bei der electriche Reizung; deswegen wurde bei den weiteren Versuchen wo möglich diese Thatsache im Auge behalten und beim nächsten Versuche besonders geprüft.

Versuch 4. Die Trachea einer Katze, welche vorher zu einem anderen Versuche gedient und Chloralhydrat und Kampfer bekommen hatte, wurde in der bekannten Weise zum Versuch vorbereitet.

Um 7 Uhr 50 Min. wurde diese Trachea mit Blut von $+30^{\circ}$ C. gefüllt und mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt, worauf deutliche Contractionen derselben eintraten.

Um 8 Uhr wurde neues Blut von $+30^{\circ}$ C. in die Trachea eingeführt und die Trachea mit 150 Gr. belastet und dann mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt, worauf ein Steigen der Flüssigkeit, ohne vorhergehendes Sinken, eintrat. Es muss bemerkt werden, dass bei diesem Versuche immer nur mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt wurde.

Als die 150 Gr. entfernt wurden, gab die Reizung zuerst eine Senkung und dann erst ein Steigen der Flüssigkeit.

Um 8 Uhr 3 Min., bei Belastung mit 200 Gr., war auch direct eine Steigerung der Flüssigkeit bei electriche Reizung eingetreten und dagegen erschien zuerst ein Sinken und dann ein Steigen, als gleich darauf die Trachea wieder von 20 Gr. Belastung befreit war, und electriche wie vorher mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt wurde.

Um 8 Uhr 5 Min. gab die Trachea, frei von Belastung, bei electriche Reizung zuerst ein Sinken und dann gleich darauf ein Steigen der Flüssigkeit im Manometer. Das Blut im Rohre während der Ruhepause zwischen diesen zwei electriche Reizungen sank allmählich weiter.

Um 8 Uhr 10 Min. beim Reizen der unbelasteten Trachea ging die Flüssigkeit erst hinunter und stieg gleich darauf wieder.

Um 8 Uhr 11 Min. wurde die Trachea mit 200 Gr. belastet und beim Reizen trat sofort ein Steigen der Flüssigkeit ohne vorhergegangenes Sinken ein.

Um 8 Uhr 12 Min. gab die unbelastete Trachea bei electriche Rei-

zung direct eine Steigerung der Flüssigkeit, wobei zu bemerken ist, dass das Steigen etwas später nach der electricischen Reizung erfolgte. Das zu dieser Zeit aus der Trachea ausgelassene Blut zeigte $+18^{\circ}$ C.

Bei allen bisherigen Versuchen war die Bestimmung der Temperatur ziemlich genau, jedoch nicht so genau, wie es zu wünschen wäre, wenn man präciser die unterste Temperaturgrenze bestimmen will, bei welcher noch Tracheal-Contractionen auf electricische Reizungen erfolgen können.

Um diesen Zweck zu erreichen und die Temperatur im Inneren der Trachea zu jeder Zeit genau bestimmen zu können, wurde dieselbe Einrichtung getroffen, wie früher, mit dem Unterschiede, dass noch ein Thermometer in den oberen Kork eingefügt wurde. Für kleine Tracheen (von der Katze, dem Kaninchen etc.), bei welchen wegen des zu kleinen Lumens ein Thermometer kaum noch Platz gehabt hätte, wurde ein Apparat aus Glasröhren construirt, in welchen zu beliebiger Zeit das Steigen der Flüssigkeit und die Temperatur derselben in der Trachea leicht abgelesen werden konnten. Ich will hier ein paar Protocolle von Versuchen an der Trachea, welche mit diesem verbesserten Apparate gemacht worden sind, angeben.

Versuch 5. 1876 den 14. März wurde die Trachea von einem kleinen Hunde genommen, welcher durch Verblutung getödtet war.

Bei dem Hunde war die Thyreoidea stark entwickelt, sonst war er scheinbar gesund.

Die Trachea, nicht ausgedehnt, betrug 12 Cm. in der Länge.

Das Manometerrohr im oberen Korne war 15 Cm. lang und von 3 Mm. Lichtdurchmesser.

Nachdem die Trachea in bekannter Weise vorbereitet war, wurde in dieselbe um 4 Uhr 40 Minut. Blut von $+23,5^{\circ}$ C. hineingespritzt. Bei der Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand erhob sich die Flüssigkeit um 5 Mm.

Um 4 Uhr 45 Min. gab die Trachea sowohl, wenn sie belastet, als auch wenn sie unterstützt war (also unbelastet), welche $+17^{\circ}$ C. im Inneren zeigte, keine Contractionen auf Reizungen mit 5 Cm. Rollen-Abstand.

Um 4 Uhr 50 Min. bei $+15^{\circ}$ C. in der Trachea gab sie wieder keine Contraction beim Reizen mit 5 Cm. Rollen-Abstand und gab dagegen zu gleicher Zeit Contractionen, wenn der Reiz bis auf 10 Rollen-Abstand erhöht war.

Um 4 Uhr 52 Min. ist die Trachea mit ihren unteren zwei Dritteln in etwas gewundener Lage in eine Schale mit Blut von $+35^{\circ}$ C. gelegt und gleich darauf ist das Blut im Manometerrohre um $2\frac{1}{2}$ Cm. gesunken, wobei die Temperatur in der Trachea selbst nur $+22^{\circ}$ C. betrug.

Um 4 Uhr 54 Min. bei $+23^{\circ}$ C. in der Trachea, wurde die Trachea, welche noch im Blute von $+30^{\circ}$ C. gewunden lag, mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt. Die Flüssigkeit im Manometer stieg um 3 Cm. Die Trachea wurde bis auf Weiteres im Schälchen mit Blut gelassen.

Um 4 Uhr 56 Min., bei einer Temperatur in der Trachea von $+24,8^{\circ}$, ist das Blut um 3 Cm. gesunken.

Um 4 Uhr 58 Min., bei $+ 24^{\circ}$ C. in der Trachea, wurde dieselbe mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt, worauf die Flüssigkeit 32 Mm. in die Höhe stieg.

Um 5 Uhr wurde die Trachea aus der Schaafe mit warmem Blut herausgenommen und wie gewöhnlich in der Luft frei hängen gelassen.

Um 5 Uhr 5 Min., bei $+ 18^{\circ}$ in der Trachea, ist die Flüssigkeit von selbst um 1 Cm. gestiegen.

Um 5 Uhr 6 Min., bei $+ 17^{\circ}$ C. in der Trachea, fing die Flüssigkeit an zu steigen erst 10 Secunden, nachdem das Reizen von 5 Cm. Rollen-Abstand begonnen hatte, und stieg um 2 Mm.

Um 5 Uhr 8 Min. erhob sich kaum die Flüssigkeit um $\frac{1}{2}$ Mm. bei der Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand und bei $+ 14,6^{\circ}$ C. in der Trachea.

Um 5 Uhr 10 Min. steht die Flüssigkeit auf demselben Niveau wie vorher.

Um 5 Uhr 15 Min. fiel die Flüssigkeit bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand bei $+ 14^{\circ}$ C. in der Trachea.

Um 5 Uhr 20 Min. wurde das Blut in der Trachea erneuert durch ein solches von $+ 21^{\circ}$ C., worauf die Flüssigkeit im Manometer von selbst um 2 Mm. stieg.

Um 5 Uhr 25 Min., bei $+ 17^{\circ}$ C. in der Trachea, trat gar kein Steigen der Flüssigkeit beim Reizen mit 5 Cm. Rollen-Abstand ein und nur ein ganz schwaches bei 0 Rollen-Abstand.

Um 5 Uhr 27 Min. bei $+ 16^{\circ}$ C. in der Trachea fiel die Flüssigkeit von selbst um 1 Cm.

Um 5 Uhr 30 Min. bei $+ 15^{\circ}$ C. in der Trachea blieb das Niveau unverändert bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 5 Uhr 33 Min. ist die Trachea über die Hälfte in ein Schälchen mit Blut von $+ 40^{\circ}$ C. getaucht und zur Zeit, als das Blut im Inneren der Trachea $+ 18^{\circ}$ C. und $+ 20^{\circ}$ C. zeigte, fing das Blut im Manometerrohre stark zu fallen an, so dass das Fallen um 5 Uhr 34 Min. zwei Cm. erreicht hatte.

Bis auf Weiteres wurde die Trachea im Schälchen mit warmem Blute gelassen.

Um 5 Uhr 35 Min. bei $+ 24^{\circ}$ C. in der Trachea fiel die Flüssigkeit auf 2 Mm. bei einer Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand und stieg erst, als die Trachea mit 0 Rollen-Abstand gereizt wurde, welches Steigen weiter fort dauerte, nachdem der Reiz aufgehört hatte, und um 5 Uhr 40 Min. erreichte die Flüssigkeit die Höhe von $3\frac{1}{2}$ Cm.

Um 5 Uhr 40 Min., bei $+ 25^{\circ}$ C. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. nach einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand, welches Steigen auch ohne Reiz fort dauerte und die Höhe von 10 Mm. erreichte.

Um 5 Uhr 45 Min. stieg die Flüssigkeit von selbst weiter und war bis 5 Uhr 46 Min. um weitere 2 Cm. gestiegen.

Um 5 Uhr 47 Min., bei $+ 22^{\circ}$ C. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 1 Mm. beim Reizen mit 0 Rollen-Abstand. Das Steigen ging nach dem Reize weiter fort.

Um 5 Uhr 50 Min. wurde die Trachea aus der Schale mit Blut herausgenommen und die Trachea hing wieder wie früher frei in der Luft.

Um 5 Uhr 52 Min., bei $+ 17^{\circ}$ C. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit auf 1 Cm. bei einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 5 Uhr 56 Min. stieg die Flüssigkeit noch um 1 Mm. bei einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 6 Uhr wurde die Trachea, welche $+ 12^{\circ}$ C. im Inneren zeigte, abgekühlt, indem sie in Blut von $+ 5^{\circ}$ C. hineingelegt wurde.

Um 6 Uhr 5 Min. zeigte die Temperatur in der Trachea $+ 9^{\circ}$ C. und die Flüssigkeit fiel auf 5 Cm. im Manometerrohr.

Um 6 Uhr 10 Min. zeigte das Blut in der Trachea $+ 8^{\circ}$ C. und das Niveau im Manometer fiel wieder von Neuem auf 1 Cm.

Um 6 Uhr 11 Min. fiel die Flüssigkeit bei der Reizung mit 0 Abstand (vielleicht und wahrscheinlich durch Abkühlung und Volumen-Verminderung des Blutes) auf 1 Mm.

Um 6 Uhr 15 Min. wurde die so abgekühlte Trachea in das Schälchen mit warmem Blut von $+ 25^{\circ}$ C. hineingelegt.

Das in der Trachea sich befindende Blut zeigte $+ 12^{\circ}$ C. und die Manometer-Flüssigkeit fing an rasch zu steigen.

Um 6 Uhr 16 Min. ist das Blut um 4 Cm. in die Höhe gestiegen.

Um 6 Uhr 18 Min., bei $+ 17^{\circ}$ C. in der Trachea, und bei Reizung mit 0 Rollen-Abstand stieg die Flüssigkeit um 1 Mm. (Vielleicht war dieses Steigen nicht eine Folge der Reizung, sondern eine davon unabhängige Folge der Erwärmung.)

Um 6 Uhr 20 Min., bei $+ 18^{\circ}$ C. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 1 Mm. auf Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 6 Uhr 22 Min. fiel das Blut von selbst um 1 Mm.

Um 6 Uhr 24 Min. wurde in das Schälchen warmes Blut zugefügt, bis das ganze $+ 28^{\circ}$ zeigte, und gleich darauf war die Flüssigkeit im Manometerrohre ohne jede electriche Reizung um 2 Mm. gestiegen.

Um 6 Uhr 30 Min. wurde die Trachea aus dem Schälchen herausgenommen.

Um 6 Uhr 35 Min., bei $+ 20^{\circ}$ C. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Die Trachea ist wieder für eine kurze Zeit ins warme Blut eingesenkt und dann sehr bald daraus herausgenommen.

Um 6 Uhr 38 Min., bei $+ 20^{\circ}$ C. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 6 Uhr 40 Min. wurde die Trachea wieder in $+ 32^{\circ}$ C. warmes Blut gesenkt und gleich darauf fing das Blut im Manometerrohre an stark zu sinken. Das Blut, welches in der Trachea um 6 Uhr 42 Min. $+ 26^{\circ}$ C. zeigte, ist im Manometer wieder von selbst um 10 Cm. gesunken.

Gleich darauf wurde die Trachea aus dem warmen Blute herausgenommen und dieselbe frei in der Luft hängen gelassen.

Um 6 Uhr 43 Min., bei $+ 24^{\circ}$ C. in der Trachea, ist die Flüssigkeit im Manometer um 2 Cm. gestiegen bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 6 Uhr 45 Min. fing das Blut in der Trachea, welches noch $+ 20^{\circ}$ C. zeigte, an von selbst zu steigen und stieg um 1 Cm. in die Höhe.

Um 6 Uhr 50 Min. stieg das Blut, welches $+ 16^{\circ}$ C. in der Trachea zeigte, von selbst auf $\frac{1}{2}$ Cm. in die Höhe.

Um 6 Uhr 53 Min. zeigte die Trachea, welche Blut von $+ 16^{\circ}$ C. enthielt, eine kaum bemerkbare Erhöhung der Flüssigkeit um $\frac{1}{2}$ Mm.

Um 7 Uhr zeigte die Trachea, welche Blut von $+ 15^{\circ}$ C. enthielt, keine Contraction auf eine Reizung von 0 Rollen-Abstand.

Um 7 Uhr 3 Min. ist die Trachea wieder in das Schälchen mit Blut von $+ 5^{\circ}$ C. gesenkt.

Um 7 Uhr 10 Min., bei $+ 8^{\circ}$ C. in der Trachea, fiel die Flüssigkeit im Manometer um 3 Cm.

Um 7 Uhr 15 Min. wurde die so abgekühlte Trachea in warmes Blut von $+ 22^{\circ}$ C. gesenkt, und darauf stieg das Blut, welches in der Trachea $+ 10^{\circ}$ C. zeigte, um 1 Cm. im Manometerrohr.

Um 7 Uhr 16 Min. wurde die Trachea in Blut von $+ 32^{\circ}$ C. gelegt, worauf sehr bald in der Trachea selbst das Blut die Temperatur von $+ 18^{\circ}$ C. erreichte, und die Flüssigkeit im Manometerrohre stieg von selbst (ohne electricische Reizung) um 7 Cm.

Um 7 Uhr 20 Min. wurde die Trachea aus dem Schälchen heraus genommen und, während dieselbe $+ 21^{\circ}$ C. im Inneren zeigte, stieg die Flüssigkeit im Manometer um 1 Cm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 7 Uhr 23 Min., bei $+ 18^{\circ}$ C. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Der Versuch wurde unterbrochen und die Trachea in ein Gefäß mit Blut gelegt, welches von Eis umgeben war.

Versuch 6. Den 18. März wurde die Trachea von einer Hündin genommen, welche vorher zu einem Versuche gedient hatte, bei dem ihr beide Vagi zerschnitten, Curare injicirt und Kampfer eingegeben worden waren. Das Thier wurde durch Verbluten getödtet.

Die Trachea von 12 Cm. Länge wurde in bekannter Weise mit einem in den Kork eingefügten Thermometer vorbereitet. Nachdem die Trachea mit Blut gefüllt war, dehnte sie sich bis auf 14 Cm. in die Länge, wurde also um 2 Cm. verlängert.

Das Manometerrohr, von 25 Cm. Länge, besass ein Lumen von $3\frac{1}{2}$ Mm. Durchmesser.

Die Trachea und die Röhre gefüllt enthielten 22 Cc. Blut von 12° C.

Diese Trachea, mit Blut von $+ 21^{\circ}$ C. gefüllt, zeigte um 7 Uhr 40 Min. bei einer Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand eine Contraction von 25 Mm.

Um 7 Uhr 41 Min. fiel die Flüssigkeit von selbst im Manometer um 10 Mm.

Um 7 Uhr 43 Min. stieg die Flüssigkeit, welche $+ 18^{\circ}$ C. in der Trachea zeigte, von selbst auf 10 Mm. im Manometerrohr.

Um 7 Uhr 45 Min. stieg die Flüssigkeit von selbst noch um 3 Mm.

Um 7 Uhr 50 Min., bei einer Temperatur in der Trachea von $+14^{\circ}\text{C}$., traten keine Contractionen ein bei einer Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand. Nach einer Reizung aber von 1 Cm. Rollen-Abstand, welche 20 Secunden dauerte, stieg die Flüssigkeit im Manometer um 2 Mm. Die Temp. sank zu dieser Zeit in der Trachea auf $+13,5^{\circ}\text{C}$.

Um 7 Uhr 52 Min. fiel die Flüssigkeit von selbst um 2 Mm.

Um 7 Uhr 53 Min. fiel die Flüssigkeit, welche in der Trachea $+13^{\circ}\text{C}$. zeigte, wieder von Neuem um 10 Mm.

Um 7 Uhr 55 Min. fiel das Blut (von $+12^{\circ}\text{C}$. in der Trachea) wieder von selbst um 10 Mm. Bei der Reizung mit 1 Cm. Rollen-Abstand, während $\frac{1}{2}$ Minute, und mit 0 Rollen-Abstand, während einer zweiten halbe Minute, blieb die Flüssigkeit (welche $+11,5^{\circ}\text{C}$. in der Trachea zeigte) im Manometerrohr unveränderlich.

Um 7 Uhr 57 Min. fiel die Flüssigkeit von selbst ohne Reizung um 3 Mm.

Um 8 Uhr wurde die etwas zusammengerollte Trachea, welche in sich $+10,5^{\circ}\text{C}$. zeigte, in eine Schale mit Blut von $+32^{\circ}\text{C}$. getaucht. Gleich darauf fing das Blut im Manometer zu sinken an und um 8 Uhr 3 Min. war dasselbe um 50 Mm. gesunken.

Um 8 Uhr 7 Min. war die Temperatur des Blutes in der Trachea $+12^{\circ}\text{C}$. und aussen von der Trachea $+29^{\circ}\text{C}$.

Um 8 Uhr 9 Min. wurde in die Schale, welche die Trachea in sich enthielt, etwas neues Blut von $+31^{\circ}\text{C}$. zugegossen, wobei die Temperatur in der Trachea $+15^{\circ}\text{C}$. betrug. Die Flüssigkeit in dem Manometer war zu dieser Zeit von Neuem gesunken um 15 Mm.

Um 8 Uhr 10 Min., als in der Trachea die Temperatur $+17^{\circ}\text{C}$. und in der Schale, wo die Trachea lag, das Blut $+29^{\circ}\text{C}$. zeigte, traten keine Contractionen ein, nicht einmal bei 0 Rollen-Abstand. Nach der Reizung ist das Blut im Manometer um 8 Uhr 12 Min. um 1 Cm. gefallen.

Vielleicht wirkte der Reiz nicht wegen der Ableitung des Stromes durch die Flüssigkeit, in welcher die eine Electrode lag.

Die Trachea wurde aus dem Schälchen genommen und frei in der Luft hängen gelassen und gleich darauf mit neuem warmen Blute gefüllt.

Um 8 Uhr 18 Min., als die Temperatur in der Trachea $+21^{\circ}\text{C}$. zeigte, stieg die Flüssigkeit im Manometer um 2 Mm. bei der Reizung mit 2 Rollen-Abstand.

Um 8 Uhr 21 Min., bei einer Temperatur in der Trachea von $+18^{\circ}\text{C}$., stieg die Flüssigkeit im Manometer von selbst um 10 Mm.

Um 8 Uhr 24 Min. wurde die Trachea, welche in sich $+18,5^{\circ}\text{C}$. zeigte, wieder in das Schälchen mit Blut von 30°C . getaucht und gleich darauf fiel die Flüssigkeit im Manometer von selbst um 20 Mm.

Um 8 Uhr 25 Min., bei einer Temperatur in der Trachea von $+17^{\circ}\text{C}$. und im Schälchen von $+30^{\circ}\text{C}$., blieb das Niveau der Flüssigkeit im Ma-

nometer unverändert bei einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand. Die Trachea liegt noch immer gewunden und zur Hälfte mit Blut bedeckt im Schälchen.

Um 8 Uhr 28 Min. wurde die Trachea, welche bis jetzt im warmen Blute lag, herausgenommen und das Blut, dessen Temperatur in der Trachea $+16^{\circ}\text{C}$ betrug, fing an von selbst im Manometer zu steigen und bis 8 Uhr 30 Min. ist die Flüssigkeit um 30 Mm. gestiegen.

Um 8 Uhr 35 Min., bei $+14^{\circ}\text{C}$. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. bei einer Reizung von 2 Rollen-Abstand, welche 30 Sekunden dauerte.

Um 8 Uhr 38 Min. stieg die Flüssigkeit von selbst um 1 Mm.

Um 8 Uhr 40 Min., bei $+13,5^{\circ}\text{C}$. in der Trachea, trat auf Reizung mit 2 Rollen-Abstand keine Contraction ein, dagegen stieg die Flüssigkeit um 1 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 8 Uhr 45 Min., bei einer Temperatur zwischen $+13^{\circ}$ und $+12,5^{\circ}\text{C}$. in der Trachea, traten keine Contractionen ein auf eine Reizung mit 0 Rollen-Abstand, welche 1 Minute lang dauerte. Später, nach der Reizung, trat ein Sinken der Flüssigkeit um 2 Mm. von selbst ein.

Um 8 Uhr 50 Min., bei einer Temperatur von $+12^{\circ}\text{C}$. in der Trachea, blieb das Flüssigkeits-Niveau anfangs unverändert und sank dann um 1 Mm. trotzdem, dass eine Reizung mit 0 Rollen-Abstand während einer Minute angewandt wurde.

Um 8 Uhr 53 Minuten wurde die Trachea von neuem halb gewunden und ungefähr zur Hälfte mit Blut bedeckt, in ein Schälchen mit Blut von $+30^{\circ}\text{C}$. gesenkt. (Das Blut in der Trachea beim Einsenken zeigte nur $+12^{\circ}\text{C}$.) Gleich darauf fing das Blut im Manometer rasch zu sinken an und bis 8 Uhr 55 Min. war es um 60 Mm. gesunken und sank noch weiter fort.

Bis 9 Uhr war das Blut im Manometer von selbst wieder um 20 Mm. gesunken.

Um 9 Uhr, als das Blut im Schälchen $+29^{\circ}\text{C}$. und in der Trachea $+18^{\circ}$ zeigte, wurde die Trachea mit 0 Rollen-Abstand gereizt, wonach die Flüssigkeit nicht stieg, sondern um 3 Mm. fiel.

Um 9 Uhr 10 Min. wurde die Trachea aus dem Schälchen, mit Blut von $+28^{\circ}\text{C}$., herausgenommen und, bei einer Temperatur in der Trachea selbst zwischen $+19^{\circ}$ und $+18^{\circ}\text{C}$., mit 0 Rollen-Abstand gereizt, worauf die Flüssigkeit um 30 Mm. stieg. Später ging die Flüssigkeit im Manometer von selbst weiter in die Höhe und stieg bis 9 Uhr 12 Min. wiederum um 3 Mm.

Um 9 Uhr 13 Min., bei einer Temperatur in der Trachea von $+16,5^{\circ}\text{C}$., stieg die Flüssigkeit im Manometer um 15 Mm. nach einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand, welche 30 Sekunden dauerte.

Um 9 Uhr 15 Min. wurde die Trachea, welche bis jetzt nur durch das sie füllende Blut, den Kork, die kleine Pincette und den kurzen Gummischlauch von circa 5 Cm. Länge ausgedehnt war, mit noch 50 Gr. belastet. Nach dieser Belastung fiel das Blut um 8 Cm. Nach einer Reizung mit

0 Rollen-Abstand stieg das Blut, welches $+ 15^{\circ}$ C. zeigte, um 25 Mm. Später stieg die Flüssigkeit auch von selbst.

Um 9 Uhr 17 Min. zeigte die Trachea ein Steigen der Flüssigkeit um 5 Mm. bei einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Bei der Belastung der Trachea mit neuen 50 Gr. (also im Ganzen mit 100 Gr.) fiel die Flüssigkeit dadurch nur um 3 Cm.

Um 9 Uhr 20 Min., bei $+ 14^{\circ}$ C. in der Trachea und bei einer Belastung mit 100 Gr., zeigte dieselbe nach einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand ein Steigen im Manometer um 10 Mm.

Um 9 Uhr 22 Min., bei Belastung mit 150 Gr. im Ganzen, fiel die Flüssigkeit im Manometer nur um $1\frac{1}{2}$ Cm.

Um 9 Uhr 24 Min. fiel die Flüssigkeit, welche in der Trachea $+ 13^{\circ}$ C. zeigte, im Manometer bei einer Belastung mit 200 Gr. (im Ganzen) nur um 5 Mm.

Nach der Belastung mit 200 Gr. fing die Flüssigkeit von selbst allmählich im Manometer zu steigen an. Als die 200 Gr. abgenommen wurden, stieg dadurch die Flüssigkeit im Manometer der entlasteten Trachea um 20 Cm.

Um 9 Uhr 25 Min. stieg die Flüssigkeit allmählich noch weiter in die Höhe.

Um 9 Uhr 26 Min., als die Temperatur in der Trachea $+ 13^{\circ}$ C. betrug, sank die Flüssigkeit im Manometer bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Der Versuch wurde abgebrochen, indem die Trachea mit dem Apparat unter Blut getaucht wurde und alles zusammen in die Kälte (0° bis $+ 3^{\circ}$ C.) gesetzt.

Versuch 7. Den 27. März wurde die Trachea von einer Katze genommen, welche vorher zu einem Versuche gedient hatte, bei dem ihr beide Vagi durchschnitten, Curare injiziert und Kampfer eingegeben worden waren. Das Thier wurde durch Verbluten getötet.

Die Trachea war, während sie mit Blut gefüllt war, 8 Cm. lang. Die Temperatur des Zimmers, während der ganzen Zeit des Versuches, schwankte zwischen $+ 15^{\circ}$ und $+ 17^{\circ}$ C.

Nachdem die Trachea mit einem neuen Apparate, in welchem auch ein Thermometer steckte, verbunden war, wurde sie um 8 Uhr 15 Min. Abends mit Blut von $+ 22^{\circ}$ C. gefüllt.

Nach der Reizung der Trachea mit 5 Cm. Rollen-Abstand war keine Veränderung im Niveau des Manometers bemerkbar, während nach der Reizung mit 1 Cm. Rollen-Abstand die Flüssigkeit zu fallen begann.

Um 8 Uhr 17 Min., als die Temperatur in der Trachea $+ 17^{\circ}$ zeigte, stieg die Flüssigkeit im Manometer bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 8 Uhr 25 Min., bei einer Temperatur in der Trachea von $+ 14^{\circ}$ C., stieg die Flüssigkeit um einen halben Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 8 Uhr 27 Min., bei einer Temperatur in der Trachea von $+ 13,5^{\circ}\text{C.}$, stieg die Flüssigkeit ein wenig bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 8 Uhr 30 Min. wurde die etwas zusammengerollte Trachea in Blut von $+ 35^{\circ}\text{C.}$ eingetaucht. Eine Minute später stieg die Temperatur des Blutes in der Trachea auf $+ 17^{\circ}\text{C.}$ und die Flüssigkeit stieg von selbst um 1 Mm.

Um 8 Uhr 34 Min., bei $+ 19^{\circ}$ in der Trachea und $+ 23^{\circ}$ im Schälchen, wo die Trachea lag, fiel die Flüssigkeit im Manometer um 2 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Später, nach der Reizung, um 8 Uhr 35 Min., stieg die Flüssigkeit im Manometer von selbst um 2 Mm.

Um 8 Uhr 35 Min. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand sank die Flüssigkeit im Manometer wieder um 2 Mm., indem sie in der Trachea $+ 20^{\circ}$ zeigte und später nach der Reizung stieg sie wieder von selbst um 1 Mm.

Um 8 Uhr 40 Min. wurde die Trachea aus dem Schälchen mit warmem Blute herausgenommen und wieder in der Luft hängen gelassen. Nach der Reizung mit 0 Rollen-Abstand fiel die Flüssigkeit, welche $+ 18,5^{\circ}\text{C.}$ in der Trachea zeigte, um 1 Mm.

Um 8 Uhr 44 Min. stieg die Flüssigkeit, welche $+ 17^{\circ}\text{C.}$ in der Trachea zeigte, um 2 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 8 Uhr 46 Min., bei $+ 14,5^{\circ}\text{C.}$ in der Trachea, zeigten sich sehr schwache Contractionen der Trachea bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 8 Uhr 48 Min. wurde die Trachea wieder in das Schälchen mit Blut von $+ 40^{\circ}\text{C.}$ hineingetaucht. Um 8 Uhr 49 Min. betrug die Temperatur in der Trachea $+ 19^{\circ}\text{C.}$ und die Flüssigkeit stieg von selbst um 3 Mm.

Um 8 Uhr 50 Min. sank im Manometer die Flüssigkeit, welche $+ 21^{\circ}\text{C.}$ in der Trachea zeigte, um 2 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand. Das Blut im Schälchen zeigte $+ 30^{\circ}\text{C.}$

Um 8 Uhr 52 Min., bei $+ 22^{\circ}\text{C.}$ in der Trachea und $+ 27^{\circ}\text{C.}$ im Schälchen, fiel die Flüssigkeit im Manometer nach einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand. Später, nach der Reizung und nach dem Sinken, stieg die Flüssigkeit wieder, wie es bei diesem Versuche fast immer der Fall war.

Um 8 Uhr 54 Min. fiel im Manometer die Flüssigkeit, welche $+ 21,5^{\circ}\text{C.}$ in der Trachea zeigte, um 2 Mm., trotzdem dass die Reizung mit 0 Rollen-Abstand eine ganze Minute dauerte.

Um 8 Uhr 55 Min. wurde die Trachea aus dem Schälchen herausgenommen.

Um 8 Uhr 56 Min., bei $+ 18,5^{\circ}\text{C.}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 8 Uhr 58 Min. wurde an die Trachea das Gewicht von 50 Gr. angehängt, worauf die Flüssigkeit um 5 Mm. fiel.

Um 9 Uhr, bei einer Temperatur in der Trachea von $+ 17^{\circ}\text{C.}$, stieg die Flüssigkeit im Manometer um 1 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Ab-

stand und bald darauf fiel das Niveau um 6 Mm. Das Gewicht von 50 Gr. hing dabei an der Trachea.

Als die 50 Gr. von der Trachea abgenommen wurden, fiel die Flüssigkeit im Manometer.

Die Beobachtungen wurden abgebrochen.

Die Zerschneidung der Trachea der Länge nach in ihrem membranösmusculösen Theil rief ein Auseinandergehen der Schnitt-Ränder hervor.

Der Durchmesser des Manometerrohrs betrug $3\frac{1}{2}$ Mm.

Bei diesem Versuche wurde beobachtet, dass als die Trachea im Schälchen mit warmem Blut lag, die Flüssigkeit im Manometer bei der electricischen Reizung immer fiel und dann später von selbst stieg, nachdem die Reizung aufgehört hatte. Die freihängende Trachea dagegen zeigte kein Sinken, sondern ein Steigen der Flüssigkeit im Manometer bei der electricischen Reizung.

Versuch 8. Den 27. März 1876 bei $+ 12^{\circ}$ C. Luft-Temperatur wurde eine Trachea (von 18 Cm. Länge) von einem Schafe, welches durch Verbluten getödtet war, genommen. Als die Trachea mit Blut gefüllt wurde, erreichte sie die Länge von 21 Cm.

Die Trachea vom Schafe, verbunden mit dem Apparate, in welchem ein Thermometer steckte, wurde mit Blut von $+ 16^{\circ}$ C. gefüllt.

Das Blut fing an, von selbst in dem Manometerrohr zu sinken.

Die Enden der Knorpelringe berührten sich bei dieser Trachea. Nach einer Reizung mit 5 und 0 Rollen-Abstand war keine Contraction eingetreten. Die Trachea zeigte in sich $+ 14^{\circ}$ C. Die Trachea wurde zum Versuche benutzt zwei Stunden nach dem Tode des Thieres, während welcher Zeit dieselbe unter Blut gelegen hatte.

Um 12 Uhr 20 Min. wurden die unteren $\frac{2}{3}$ der Trachea in ein Glasgefäss mit Blut von $+ 25^{\circ}$ C. eingetaucht. Das Glas mit Blut stand seinerseits in warmem Wasser. Das Blut in der Trachea zeigte bald darauf $+ 15^{\circ}$ C.

Um 12 Uhr 22 Min. fing die Flüssigkeit, welche in der Trachea $+ 17^{\circ}$ und ausser der Trachea $+ 29^{\circ}$ C. zeigte, von selbst an zu steigen und stieg um 5 Mm.

Um 12 Uhr 25 Min. stieg die Flüssigkeit von neuem um 2 Cm., bei einer Temperatur von $+ 20^{\circ}$ in der Trachea und $+ 30^{\circ}$ im Glase, in welchem die Trachea hing.

Um 12 Uhr 27 Min. stieg rasch das Blut im Manometer um 2 Mm., bei $+ 21,5^{\circ}$ C. in der Trachea und $+ 31^{\circ}$ C. ausser derselben.

Um 12 Uhr 28 Min. fiel die Flüssigkeit wieder um 1 Mm.

Um 12 Uhr 29 Min. stieg sie wieder um 1 Mm.

Um 12 Uhr 30 Min. fiel die Flüssigkeit wieder um 2 Mm. und um 12 Uhr 31 Min. stieg sie wieder um 1 Mm. Bis 12 Uhr 34 Min. traten periodisch von selbst bald Senkungen, bald Steigerungen der Flüssigkeit im Manometerrohre ein. Desswegen werden diese periodischen Contractionen und Erweiterungen der Trachea weiter notirt.

Um 12 Uhr 34 Min. wurde die Trachea, welche $+ 22,5^{\circ}$ C. in sich zeigte und $+ 30^{\circ}$ im Blute des Glases, mit 6 Cm. Rollen-Abstand gereizt, worauf die Flüssigkeit um 2 Cm. stieg.

Um 12 Uhr 35 Min. fiel die Flüssigkeit im Manometer um 23 Mm. von selbst.

Um 12 Uhr 37 Min., bei einer Temperatur in der Trachea von $+ 23^{\circ}$ C. und im Glase von $+ 30^{\circ}$ C., stieg die Flüssigkeit von selbst um 1 Mm.

Um 12 Uhr 38 Min. fiel die Flüssigkeit von selbst um 2 Mm.

Um 12 Uhr 39 Min. stieg die Flüssigkeit rasch um 2 Mm. und fiel dann langsam.

Um 12 Uhr 40 Min. fiel dieselbe um 2 Mm., bei $+ 23^{\circ}$ C. in der Trachea und $+ 31^{\circ}$ C. im Glase.

Um 12 Uhr 41 Min. stieg die Flüssigkeit rasch um $1\frac{1}{2}$ Mm.

Bis 12 Uhr 45 Min. dauerten diese Schwankungen des Niveaus im Manometer fort.

Um 12 Uhr 45 Min. stieg die Flüssigkeit um 5 Mm., dann hörte sie auf zu steigen und bis 12 Uhr 47 Min. stieg sie um neue 3 Mm., bei einer Temperatur in der Trachea von $+ 22,5^{\circ}$ und im Glase von $+ 30,5^{\circ}$.

Um 12 Uhr 48 Min. fiel die Flüssigkeit um 8 Mm.

Um 12 Uhr 49 Min. stieg die Flüssigkeit um 5 Mm. bei $+ 22,5^{\circ}$ in der Trachea und $+ 30,5^{\circ}$ im Glase. Um $49\frac{1}{2}$ Min. fiel die Flüssigkeit um 5 Mm.

Bis 1 Uhr war die ganze Zeit immer regelmässig nach dem Steigen ein Sinken eingetreten, wobei die Flüssigkeit in der Trachea $+ 21,5^{\circ}$ und im Glase $+ 28^{\circ}$ C. zeigte.

Um 1 Uhr 1 Min. stieg die Flüssigkeit um 8 Mm. und hielt sich auf diesem Niveau bis 1 Uhr 2 Min.

Um 1 Uhr $2\frac{1}{2}$ Min. fing die Flüssigkeit zu sinken an und um 1 Uhr 3 Min., als die Temperatur in der Trachea $+ 20,8^{\circ}$ C. und im Glase $+ 27,4^{\circ}$ C. betrug, war sie um 5 Mm. gesunken.

Um 1 Uhr 4 Min. fiel die Flüssigkeit wiederum 2 Mm.

Um 1 Uhr 5 Min. stieg die Flüssigkeit um 1 Mm. bei $+ 28,8^{\circ}$ in der Trachea und $+ 27^{\circ}$ im Glase.

Um 1 Uhr 10 Min., bei $+ 20,4^{\circ}$ in der Trachea und $+ 26^{\circ}$ im Glase, stieg die Flüssigkeit wieder um 1 Mm.

Um 1 Uhr 12 Min. fiel die Flüssigkeit um $\frac{1}{2}$ Mm.

Um 1 Uhr 14 Min., bei $+ 19,8^{\circ}$ in der Trachea und $+ 25^{\circ}$ im Glase, stieg die Flüssigkeit wieder um $\frac{1}{2}$ Mm.

Um 1 Uhr 25 Min. fiel die Flüssigkeit um 1 Mm.

Um 1 Uhr 18 Min. hielt sich die Flüssigkeit auf demselben Niveau.

Um 1 Uhr 19 Min. fiel die Flüssigkeit um 1 Mm. und um 1 Uhr 20 Min. stieg dieselbe wieder um $\frac{1}{2}$ Mm.

Um 1 Uhr 21 Min. wurde die Trachea, welche Blut von $+ 18,5^{\circ}$ ent-

hielt und im Blute von $+24^{\circ}$ C. hing, mit 6 Cm. Rollen - Abstand gereizt, worauf ein Steigen der Flüssigkeit um 1 Cm. erfolgte.

Um 1 Uhr 22 Min. fing die Flüssigkeit zu sinken an und um 1 Uhr 24 Min. fiel sie wieder um 11 Mm.

Um 1 Uhr 26 Min. wurde die Trachea aus dem Glase mit warmem Blut herausgenommen und frei in der Luft hängen gelassen.

Um 1 Uhr 30 Min., bei $+17,5^{\circ}$ C, in der Trachea, gab eine Reizung mit 6 Cm. Rollen-Abstand keine Contraction, wogegen eine Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand ein Steigen um 1 Mm. hervorrief.

Um 1 Uhr 35 Min., als die Trachea Blut von $+16^{\circ}$ enthielt, zeigte sie keine Contraktionen bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 1 Uhr 40 Min. wurde wieder die Trachea, welche $+15^{\circ}$ zeigte, wie früher in ein Glas mit Blut von $+28^{\circ}$ C. eingetaucht. Gleich darauf fing das Blut im Manometer zu steigen an und nachdem es um 7 Cm. gestiegen war, fing es zu sinken an und war um 1 Uhr 41 Min. um 2 Cm. gesunken.

Um 1 Uhr 43 Min., bei $+18^{\circ}$ in der Trachea und $+30^{\circ}$ im Glase, stieg die Flüssigkeit um $1\frac{1}{2}$ Cm.

Um 1 Uhr 44 Min. fiel die Flüssigkeit um $1\frac{1}{2}$ Cm.

Um 1 Uhr 45 Min. stieg die Flüssigkeit wieder um $1\frac{1}{2}$ Cm. bei $+20^{\circ}$ C. in der Trachea und $+31,5^{\circ}$ C. im Glase.

Um 1 Uhr 47 Min. fiel die Flüssigkeit bei $+21^{\circ}$ C. in der Trachea und $+32^{\circ}$ im Glase.

Um 1 Uhr 48 Min. stieg die Flüssigkeit bei $+22^{\circ}$ C. in der Trachea und $+32^{\circ}$ im Glase.

Um 1 Uhr 50 Min. fiel die Flüssigkeit um 1 Cent.

Um 1 Uhr 51 Min. stieg die Flüssigkeit um $1\frac{1}{2}$ Cm. bei $+22,5^{\circ}$ in der Trachea und $+34^{\circ}$ C. im Glase.

Um 1 Uhr 52 Min. fiel die Flüssigkeit um 5 Mm.

Um 1 Uhr 53 Min. fiel die Flüssigkeit um 5 Mm. bei $+23^{\circ}$ in der Trachea und $+34,5^{\circ}$ im Glase.

Um 1 Uhr 54 Min. stieg die Flüssigkeit um 5 Mm. und um 1 Uhr 54 $\frac{1}{2}$ Min. fiel sie nieder.

Um 1 Uhr 55 Min. stieg die Flüssigkeit um 5 Mm. und gleich darauf fiel dieselbe um 5 Mm. bei $+24^{\circ}$ in der Trachea und $+35,5^{\circ}$ im Glase.

Um 1 Uhr 57 Min. stieg die Flüssigkeit um 1 Cm. und bald darauf fiel sie wieder um 1 Cm. bei $+25^{\circ}$ C. in der Trachea und $+36^{\circ}$ im Glase.

Um 1 Uhr 58 Min. stieg die Flüssigkeit um 8 Mm.

Um 1 Uhr 58 $\frac{1}{2}$ Min. fiel dieselbe um 8 Mm.

Um 2 Uhr, bei $+26,5^{\circ}$ in der Trachea und $+37^{\circ}$ im Glase, fiel die Flüssigkeit um 5 Mm.

Um 2 Uhr 2 Min. stieg die Flüssigkeit um 8 Mm. bei $+27^{\circ}$ in der Trachea und $+37^{\circ}$ im Glase.

Um 2 Uhr 2 $\frac{1}{2}$ Min. sank die Flüssigkeit um 7 Mm.

Um 2 Uhr 4 Min., bei $+27^{\circ}$ in der Trachea und $+37,5^{\circ}$ im Glase, sank die Flüssigkeit im Manometer und gleich darauf stieg sie.

Um 2 Uhr 6 Min. wurde die Trachea mit 6 Cm. Rollen-Abstand gereizt, worauf die Flüssigkeit im Manometer um 2 Cm. stieg, bei $+27^{\circ}$ in der Trachea und $+37^{\circ}$ im Glase.

Um 2 Uhr 9 Min. gab eine Reizung mit 10 Cm. Rollen-Abstand keine Contraction, wogegen eine Reizung eine Minute später und mit 8 Cm. Rollen-Abstand sofort ein Steigen von 2 Cm. zur Folge hatte.

Um 2 Uhr 11 Min., als die Flüssigkeit im Manometer im Sinken war und die Flüssigkeit in der Trachea $+28^{\circ}$, im Glase $+37^{\circ}$ zeigte, wurde die Trachea mit 8 Cm. Rollen-Abstand gereizt, worauf kein Steigen, sondern ein Sinken die Folge war.

Als die Flüssigkeit im Manometer um 2 Uhr 12 Min. unbeweglich blieb, wurde ein Steigen derselben hervorgerufen um 1 Cm. durch eine Reizung mit 8 Cm. Rollen-Abstand, bei $+27,5^{\circ}$ in der Trachea und $+37^{\circ}$ im Glase.

Um 2 Uhr 13 Min. wurde bei derselben Reizung das Nämliche beobachtet.

Nach diesen Reizungen schienen die periodischen Contractionen und Erweiterungen der Trachea, welche vorher von selbst und so regelmässig aufgetreten waren, aufgehört zu haben.

Bis 2 Uhr 25 Min. waren diese bis jetzt beobachteten periodischen Erscheinungen nicht wahrnehmbar, obgleich das Blut in der Trachea noch immer $+27^{\circ}$ C. und im Glase $+37^{\circ}$ zeigte.

Die Flüssigkeit ist um 8 Mm. gestiegen.

Um 2 Uhr 27 Min., bei $+27^{\circ}$ in der Trachea und $+37^{\circ}$ im Glase, stieg die Flüssigkeit im Manometer um 8 Mm. bei einer Reizung von 8 Cm. Rollen-Abstand.

In dem Momente, als die gestiegene Flüssigkeit im Manometer zu fallen begonnen hatte, wurde die Trachea während 1 Minute mit 8 Cm. Rollen-Abstand gereizt und auf diese Reizung erfolgte kein Steigen, sondern ein Sinken der Flüssigkeit im Manometerrohr.

Um 2 Uhr 29 Min. wurde durch die gleich starke Reizung ein Steigen um 1 Mm. hervorgerufen.

Um 2 Uhr 30 Min., bei $+27,5^{\circ}$ C. in der Trachea und $+37^{\circ}$ im Glase, als die Flüssigkeit im Sinken war, zeigte sie keine Steigerung bei der Reizung mit 8 Cm. Rollen-Abstand, sondern diese Reizung rief ein Hin- und Herschwanken um $\frac{1}{2}$ Mm. hervor.

Um 2 Uhr 33 Min. stieg die Flüssigkeit um $1\frac{1}{2}$ Cm. nach einer Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand und bei $+27,5^{\circ}$ in der Trachea und $+37,5^{\circ}$ im Glase.

Als um 2 Uhr 34 Min. die Flüssigkeit zu sinken anfang, wurde die Trachea mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt und auf diese Reizung, welche

eine Minute dauerte, folgte kein Steigen, sondern ein Sinken der Flüssigkeit im Manometer.

Um 2 Uhr 35 Min. stieg die Flüssigkeit um 1 Mm. nach einer Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand.

Um 2 Uhr 37 Min., bei einer Temperatur in der Trachea von $+27^{\circ}$ und im Glase von $+37^{\circ}$ C., war die Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand ohne Erfolg, wogegen eine Reizung mit 3 Cm. Rollen-Abstand ein Steigen um 5 Mm. zur Folge hatte.

Um 2 Uhr 43 Min. wurde die Trachea aus dem Glase mit Blut herausgenommen und bei $+26^{\circ}$ in der Trachea zeigte sie eine Contraction um 1 Mm. bei der Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand.

Durch Belastung mit 50 Gr. fiel die Flüssigkeit¹⁾ im Manom. um $5\frac{1}{2}$ Cent.²⁾.

»	»	» 100	»	»	»	»	»	» 10	»
»	»	» 150	»	»	»	»	»	» 13	»
»	»	» 200	»	»	»	»	»	» $14\frac{1}{2}$	»

Die Trachea mit den Röhren gefüllt enthielt 51 Cc. Blut von $+24^{\circ}$ C.

Versuch 9. Den 28. März um 9 Uhr Morgens wurde zum Experiment eine Trachea von einem durch Verbluten getödteten Schafe genommen.

Die Trachea, welche mit dem Apparate, in dem ein Thermometer steckte, verbunden war, wurde in ihrer natürlichen Verbindung mit dem Oesophagus gelassen, um zu prüfen, in wiefern selbst der sogar herausgeschnittene Oesophagus bei der electrischen Reizung die Contractionen der Trachea beeinträchtigen könne.

Die Electroden-Drähte waren oben und unten an der Trachea angebunden, ohne den Oesophagus direct zu berühren.

Die Länge der unbelasteten und ungefüllten Trachea betrug 18 Cm., nach der Füllung mit Blut 21 Cm.

Die gefüllte Trachea enthielt 58 Cc. Blut von $+18^{\circ}$ C. Temperatur.

Nachdem Alles in Ordnung gebracht war, wurde die Trachea mit Blut von $+20^{\circ}$ C. gefüllt und mit 3 Cm. Rollen-Abstand gereizt. Gleich nach der Reizung erfolgte ein plötzliches Steigen der Flüssigkeit um 1 Cm. und dann noch höher, als der Reiz verstärkt wurde.

Nachdem diese Versuche den starken Einfluss des Oesophagus auf die Erhöhung der Flüssigkeit im Manometer deutlich gezeigt haben, wurde der Oesophagus vorsichtig von der Trachea abpräparirt und dann mit der letzteren weiter, wie immer früher (ohne Oesophagus), experimentirt.

1) Bei der Belastung der Trachea sollen die Zahlen ($5\frac{1}{2}$ Cm., 10 Cm. etc.) stets die Entfernung des Niveaus vom Nullpunkt bezeichnen. Als Nullpunkt wird die Höhe der Blutsäule, wie sie im Momente vor der Belastung bestand, angenommen. — Wo es bei der Belastung nicht speciell vermerkt ist, dass das Niveau über dem Nullpunkte stehe, ist stets ein Sinken unter denselben zu verstehen.

2) Befreit von 50 Gr. stieg die Flüssigkeit zurück auf 0 Punkt.

Die Trachea mit ihren unteren $\frac{2}{3}$ wurde um 11 Uhr 55 Min. hängend in ein hohes Glas mit Blut von $+ 30^{\circ}$ eingetaucht.

Um 12 Uhr, als das Blut in der Trachea $+ 27^{\circ}$ und im Glase $+ 35^{\circ}$ zeigte, wurden ziemlich regelmässige Hin- und Herschwankungen der Flüssigkeit um 5 Mm. im Manometer beobachtet, wobei das Steigen sowohl als das Sinken circa 1 Minute dauerte.

Bis 12 Uhr 5 Min. stieg die Temperatur in der Trachea auf $+ 29^{\circ}$ C. und im Glase auf $+ 35^{\circ}$ C. Das Manometer zeigte immer noch die eben erwähnten Schwankungen von 5 Mm. Höhe.

Bis 12 Uhr 10 Min. sind wieder neue drei Schwankungen von 3 Mm. Höhe von selbst eingetreten. Zwischen diesen grossen Schwankungen waren noch bedeutend kleinere und kaum bemerkbare eingeschaltet.

Um 12 Uhr 12 Min. wurde die Trachea, welche im Innern $+ 30^{\circ}$ zeigte und dabei im Blute von $+ 36^{\circ}$ hing, mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt im Momente, wo die Flüssigkeit im Manometerrohre im Steigen begriffen war. Ein Steigen um 3 Mm. war der Erfolg dieser Reizung.

Um 12 Uhr 14 Min. wurde die Trachea mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt im Momente, als die Flüssigkeit im Manometerrohr sank. Auf diese Reizung fiel die Flüssigkeit im Manometerrohr um 5 Mm.

Um 12 Uhr 16 Min., als die Flüssigkeit im Manometerrohr von selbst stieg, wurde durch eine Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand das Steigen noch mehr verstärkt.

Um 12 Uhr 18 Min., bei einer Reizung mit 3 Cm. Rollen-Abstand, zeigte sich während einer Minute kein Steigen, sondern kaum bemerkbare Schwankungen im Manometer. Das Blut in der Trachea zu dieser Zeit zeigte $+ 30^{\circ}$ C. und im Glase $+ 35^{\circ}$ C.

Um 12 Uhr 22 Min. stieg die Flüssigkeit von 3 Mm. bei einer Reizung mit 3 Cm. Rollen-Abstand.

Um 12 Uhr 24 Min. wurde die Trachea aus dem warmen Blute herausgenommen.

Um 12 Uhr 27 Min. stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. bei einer Reizung der Trachea mit 2 Cm. Rollen-Abstand. Das Blut in der Trachea zeigte $+ 28^{\circ}$ C.

Es scheint hiernach, dass bei höherer Temperatur die Trachea schneller ihre Reizbarkeit einbüsst, als es bei niederer Temperatur gewöhnlich der Fall ist.

Die Trachea wurde belastet und nach Belastung mit

50 Gr. fiel die Flüssigkeit im Manometer um 3 Cm.

100	»	»	»	»	»	»	»	6	»
150	»	»	»	»	»	»	»	8	»
200	»	»	»	»	»	»	»	$9\frac{1}{2}$	»
250	»	»	»	»	»	»	»	$11\frac{1}{2}$	»
300	»	»	»	»	»	»	»	$12\frac{1}{2}$	»
350	»	»	»	»	»	»	»	$13\frac{1}{2}$	»

Nachdem die Trachea von der ganzen Belastung befreit war, wurde das Niveau der Flüssigkeit im Manometer um 4 Cm. niedriger, als es vor der Belastung gewesen war.

Eine neue Belastung gab ein Sinken im Manometer mit

	50 Gr.	um	$3\frac{1}{2}$ Cm.
100	»	»	6 »
150	»	»	8 »
200	»	»	$9\frac{1}{2}$ »
250	»	»	$10\frac{1}{2}$ »
300	»	»	$10\frac{1}{2}$ »
350	»	»	$10\frac{1}{2}$ »
400	»	»	$10\frac{1}{2}$ »
450	»	»	11 »
500	»	»	11 »

Nach der Entlastung war das Niveau wiederum 3 Cm. niedriger, als vor dem Beginne dieser Belastung. Das Blut in der Trachea zeigte zu dieser Zeit $+18^{\circ}$ C.

Nach dem Durchschneiden eines Stückes der Trachea, wie gewöhnlich in seinem membranösen Theile, gingen die Schnittränder um $3\frac{1}{2}$ Cm. auseinander.

Die Temperatur der Luft im Zimmer während des ganzen Versuches schwankte zwischen $+15^{\circ}$ und $+17^{\circ}$ C.

Die Trachea wurde in mehrere circa $1\frac{1}{2}$ Cm. breite Ringe geschnitten und dann mit diesen experimentirt. Einer von solchen Ringen wurde in Wasser von $+28^{\circ}$ C. und ein anderer benachbarter Ring zu gleicher Zeit in Wasser von $+15^{\circ}$ C. geworfen. Fünf Minuten später wurden beide Ringe herausgenommen und nach Durchschneidung ihrer musculo-fibrösen Bänder, welche die Ringe zusammenhielten, traten die Knorpelenden des erwärmten Ringes um 4 Cm. und des abgeschnittenen um $3\frac{1}{2}$ Cm. auseinander.

Bei einem zweiten Versuche wurden zwei benachbarte Ringe in der angegebenen Weise durchschnitten, worauf gleichfalls Abstand der Schnittränder eintrat. Darauf wurde der eine in Wasser von $+28^{\circ}$ getaucht und der andere in Wasser von $+15^{\circ}$ C. Nach dem Herausnehmen aus dem Wasser zeigte der erstere eine Entfernung der Knorpelenden um $5\frac{1}{2}$ Cm., der andere um 4,8 Cm.

Versuch 10. Den 28. März wurde eine 14 Cm. lange Trachea von einem zweiten, auch durch Verbluten getödteten Schafe zum Versuche genommen. Die Trachea enthält eine Narbe im Inneren.

Die gefüllte Trachea hatte 18 Cm. in der Länge und enthielt 41 Ccm. Blut von $+15^{\circ}$ C.

Als die Trachea mit den Röhren mit Blut von $+20^{\circ}$ gefüllt war, fing die Flüssigkeit von selbst zu sinken an.

Um 1 Uhr 30 Min. stieg die Flüssigkeit, welche $+19^{\circ}$ in der Trachea zeigte, um 1 Cm. nach einer Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand.

Um 1 Uhr 31 Min. wurde die Trachea mit 50 Gr. belastet, wovon die Flüssigkeit erst um 3 Cm. sank und dann allmählich zu steigen begann, so dass sie um 1 Uhr 32 Min. um 1 Cm. stieg.

Nach einer Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand stieg die Flüssigkeit im Manometer der belasteten Trachea um 5 Cm.

Um 1 Uhr 33 Min. wurden die 50 Gr. weggenommen, worauf die Flüssigkeit um 1 Cm. über das frühere Anfangs-Niveau stieg und dann bis 1 Uhr 34 Min. um 1 Cm. fiel.

Um 1 Uhr 36 Min., bei $+17,5^{\circ}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. nach einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand. Die Flüssigkeit behält längere Zeit bis 1 Uhr 40 Min. dasselbe Niveau.

Um 1 Uhr 46 Min. war die Flüssigkeit von selbst um 2 Mm. gestiegen.

Um 1 Uhr 47 Min., bei $+15,5^{\circ}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 1 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Die Flüssigkeit ist bis 1 Uhr 55 Min. von selbst um 1 Mm. gestiegen.

Um 2 Uhr, bei $+15^{\circ}$ in der Trachea wurde dieselbe belastet mit 50 Gr., worauf die Flüssigkeit sank vom anfänglichen Niveau auf $3\frac{1}{2}$ Cm.

100 „ „ „ „ „ „ „ „ 6 „

150 „ „ „ „ „ „ „ „ $7\frac{1}{2}$ „

200 „ „ „ „ „ „ „ „ $8\frac{1}{2}$ „

Nach der Entfernung von 200 Gr. stellte sich die Flüssigkeit 1 Cm. niedriger als vor der Belastung.

Die Trachea wurde längere Zeit mit Blut gefüllt hängen gelassen.

Um 3 Uhr 15 Min. war die Flüssigkeit von $+12^{\circ}$ C. in der Trachea von selbst um 5 Mm. gestiegen.

Um 3 Uhr 20 Min. wurde die Trachea in ein hohes Glas mit Blut von $+20^{\circ}$ C. gesenkt, worauf die Temperatur in der Trachea bald auf $+15^{\circ}$ stieg und die Flüssigkeit im Manometer erst um 5 Mm. fiel und gleich darauf von selbst zu steigen anfang.

Um 3 Uhr 21 Min. fiel wieder die Flüssigkeit von selbst um 1 Cm., bei $+18^{\circ}$ C. in der Trachea und $+25^{\circ}$ im Glase.

Um 3 Uhr 24 Min. fiel die Flüssigkeit von selbst um 3 Cm. und fällt noch weiter.

Um 3 Uhr 25 Min., als die Temperatur in der Trachea $+22^{\circ}$ und im Glase $+27^{\circ}$ zeigte, stieg die Flüssigkeit auf kurze Zeit um 1 Mm. und sank dann wieder um 5 Mm. Um 3 Uhr 26 Min. stieg die Flüssigkeit wieder um 1 Mm.

Um 3 Uhr 27 Min., bei $+22^{\circ}$ C. in der Trachea und $+28^{\circ}$ im Glase, stieg die Flüssigkeit um 8 Mm. bei einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Um 3 Uhr 28 Min. fiel die Flüssigkeit um 1 Cm.

Um 3 Uhr 30 Min. stieg die Flüssigkeit von selbst um 8 Mm., bei $+24,5^{\circ}$ in der Trachea und $+29^{\circ}$ im Glase, in welchem die Trachea noch immer hing.

Um 3 Uhr 31 Min. fiel die Flüssigkeit von selbst um 5 Mm.

Um 3 Uhr 33 Min. stieg die Flüssigkeit von selbst um 1 Mm. und gleich darauf sank dieselbe um 5 Mm. bis 3 Uhr 34 Min., als die Temperatur der Trachea $+25^{\circ}$ C. und im Glase $+29^{\circ}$ C. betrug.

Um 3 Uhr 35 Min. stieg die Flüssigkeit von selbst um 1 Mm.

Um 3 Uhr 36 Min. bei der Reizung mit 0 Rollen - Abstand wurde erst ein Sinken von 1 Mm. und dann nach einer eine Minute dauernden Reizung ein Steigen um 2 Mm. bemerkbar.

Um 3 Uhr 38 Min. stieg die Flüssigkeit um 1 Mm. nach der Reizung mit 0 Rollen - Abstand.

Um 3 Uhr 40 Min. wurde die Trachea aus dem Glase mit Blut herausgenommen, und bei $+25^{\circ}$ in derselben stieg die Flüssigkeit um 15 Mm. nach einer Reizung mit 0 Rollen - Abstand. Eine Minute später sank die Flüssigkeit um 1 Cm.

Um 3 Uhr 42 Min. stieg die Flüssigkeit von selbst um 5 Mm.

Um 3 Uhr 43 Min. trat wieder ein Steigen um neue 5 Mm. ein.

Um 3 Uhr 45 Min., bei $+25^{\circ}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 15 Mm. bei einer Reizung mit 6 Rollen - Abstand.

Um 3 Uhr 47 Min., als die Flüssigkeit im Sinken war, wurde die Trachea mit 0 Rollen - Abstand gereizt, wobei die Flüssigkeit erst sank, dann unbeweglich blieb und später nach einer Minute wieder weiter sank. Die Temperatur in der Trachea zeigte $+22,5^{\circ}$ C.

Bis 4 Uhr 10 Min. stieg die Flüssigkeit, welche in der Trachea $+16^{\circ}$ zeigte, um 1 Cm. und stieg noch um 5 Mm., als die Trachea mit 0 Rollen - Abstand gereizt wurde.

Bis 4 Uhr 20 Min. ist die Flüssigkeit um 8 Mm. gesunken.

Bei der Reizung mit 0 Rollen - Abstand während einer ganzen Minute stieg die Flüssigkeit, welche $+15^{\circ}$ C. zeigte, um 3 Mm.

Der Versuch wurde abgebrochen.

Bei Durchschneidung der Trachea der Länge nach in ihrem von Knorpel freien und musculösen Theile bewirkte man ein Auseinandergehen der Knorpelenden um $3\frac{1}{2}$ Cm.

Die Temperatur des Zimmers während der ganzen Zeit der Beobachtung schwankte zwischen $+15^{\circ}$ und $+17^{\circ}$ C.

Versuch 11. Den 29. März wurde eine Trachea von 15 Cm. Länge von einem durch Verbluten getödteten Kalbe zum Versuche genommen.

Mit Blut vom Kalbe gefüllt ist die Trachea 20 Cm. lang geworden und enthält 37 Cc. Blut von $+22^{\circ}$ C. Temperatur. Die Knorpelenden (Bänder) der Trachea berührten sich. Das Kalb wurde um 11 Uhr getödtet.

Um 12 Uhr 25 Min., als der Apparat und Alles in Ordnung war, wurde die Trachea mit Kalbsblut von $+20^{\circ}$ C. gefüllt und gleich darauf mit 5 Cm. Rollen - Abstand gereizt, wobei die Flüssigkeit um 2 Cm. stieg, obgleich sie vor der Reizung im Sinken begriffen war.

Bis 12 Uhr 29 Min. fiel die Flüssigkeit im Manometer um 7 Cm.

Um 12 Uhr 30 Min. wurde die Trachea, welche $+18^{\circ}$ im Innern zeigte,

mit 5 Cm. Rollen-Abstand gereizt, worauf die Flüssigkeit um 5 Cm. und später noch um 1 Cm. stieg.

Um 12 Uhr 32 Min. sank die Flüssigkeit um 3 Cm.

Bis 12 Uhr 35 Min. sank dieselbe wieder um 5 Mm., bei $+17^{\circ}$ in der Trachea.

Um 12 Uhr 40 Min., bei $+15,5^{\circ}$ C. in der Trachea und nach einer Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand, stieg die Flüssigkeit um 2 Cm.

Um 12 Uhr 45 Min., bei $+15^{\circ}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 8 Mm. bei einer Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand.

Um 12 Uhr 46 Min. wurde die Trachea in ein Glas mit Blut von $+25^{\circ}$ C. gesenkt, worauf die Flüssigkeit anfangs um 1 Cm. stieg und darauf um 12 Uhr 50 Min., bei $+22^{\circ}$ in der Trachea und $+31^{\circ}$ im Glase, rasch um 8 Cm. sank.

Bis 12 Uhr 54 Min. sank die Flüssigkeit um neue 5 Cm. bei $+26^{\circ}$ in der Trachea und $+35^{\circ}$ im Glase.

Um 12 Uhr 55 Min. fing die Flüssigkeit, bei $+27^{\circ}$ C. in der Trachea und $+35^{\circ}$ im Glase, von selbst zu steigen an und stieg um $1\frac{1}{2}$ Cm.

Um 12 Uhr 56 Min. fiel die Flüssigkeit um 2 Cm. bei $+28^{\circ}$ C. in der Trachea und $+35^{\circ}$ im Glase.

Um 1 Uhr sank die Flüssigkeit um neue $5\frac{1}{2}$ Cm.

Um 1 Uhr 2 Min. steht die Flüssigkeit unbeweglich.

Um 1 Uhr 5 Min. sank dieselbe um 5 Mm. Nach einer Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. Das Blut in der Trachea zeigte $+30^{\circ}$ und im Glase $+35^{\circ}$ C.

Um 1 Uhr 6 Min. wurde die Trachea aus dem Glase herausgenommen, worauf die Flüssigkeit, obgleich langsam, beständig fiel.

Um 1 Uhr 8 Min., bei $+28^{\circ}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. nach einer Reizung mit 5 Cm. Rollen-Abstand und um neue 15 Mm. nach einer Reizung mit 4 Cm. Rollen-Abstand.

Bis 1 Uhr 10 Min. fiel die Flüssigkeit um 1 Cm. bei $+27^{\circ}$ C. in der Trachea; man bemerkte sehr schwache Schwankungen des Niveaus im Manometer.

Um 1 Uhr 13 Min., bei $+25^{\circ}$ in der Trachea, zeigte dieselbe eine Contraction um $1\frac{1}{2}$ Cm. bei einer Reizung mit 3 Cm. Rollen-Abstand.

Um 1 Uhr 20 Min. stieg die Flüssigkeit von selbst um 1 Cent. bei $+21^{\circ}$ in der Trachea.

Um 1 Uhr 23 Min. stieg dieselbe wieder um 5 Mm. Nach einer Reizung mit 3 Cent. Rollen-Abstand stieg die Flüssigkeit, welche $+19^{\circ}$ C. zeigte, um 2 Cm.

Um 1 Uhr 28 Min., bei $+18^{\circ}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 3 Mm. nach einer Reizung mit 3 Cm. Rollen-Abstand.

Bis 1 Uhr 35 Min. stieg die Flüssigkeit von selbst um 3 Mm. bei $+17,5^{\circ}$ in der Trachea.

Um 1 Uhr 40 Min., bei $+16^{\circ}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. bei einer Reizung mit 3 Cent. Rollen-Abstand.

Um 1 Uhr 45 Min. fiel die Flüssigkeit um 5 Mm. Bei einer Reizung mit 3 Cm. Rollen-Abstand stieg die Flüssigkeit, welche 15° in der Trachea zeigte, um 3 Mm.

Um 1 Uhr 48 Min., bei $+14^{\circ}$ in der Trachea und bei der Reizung derselben mit 3 Cm. Rollen-Abstand, stieg die Flüssigkeit um 4 Mm.

Die Trachea wurde belastet.

Nach einer Belastung von 50 Gr. sank die Flüssigkeit im Man. um 6 Cm.

» » » » 100 » » » » » » » 10 »

» » » » 150 » » » » » » » 12 »

Nach Entfernung der 150 Gr. erreichte die Flüssigkeit das Niveau, bis zu welchem sie vor der Belastung gestanden hatte.

Eine Reizung der Trachea, welche im Innern $+13,5^{\circ}$ zeigte, mit 3 Cm. Rollen-Abstand, ergab ein kaum bemerkbares Steigen der Flüssigkeit, wogegen derselbe Reiz gleich darauf wieder angewendet, eine Erhöhung der Flüssigkeit um $1\frac{1}{2}$ Cm. bewirkte, als die Trachea mit 50 Gr. belastet wurde.

Bis 4 Uhr stieg die Flüssigkeit, welche $+12^{\circ}$ in der Trachea zeigte, von selbst um $2\frac{1}{2}$ Cm. Die 50 Gr. sind abgenommen.

Um 4 Uhr 10 Min., bei $+12^{\circ}$ C. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 3 Mm. bei einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Beim Anhängen von 50 Gr. fiel die Flüssigkeit um 6 Cm.

Gleich darauf gereizt mit 0 Rollen-Abstand stieg die Flüssigkeit, welche $+12^{\circ}$ in der Trachea zeigte, um 5 Mm.

Nach Wegnahme von 50 Gr. stieg die Flüssigkeit auf das frühere Niveau.

Eine Durchschneidung der Trachea der Länge nach in der oben beschriebenen Weise bewirkte ein Auseinandergehen der Knorpelenden um 11 Mm.

Ringe aus dieser Trachea zeigten alle eine gleiche Entfernung von 12 Mm. ihrer Knorpelenden, gleichgültig, ob die Ringe vor dem Durchschneiden ihrer Muskeln in Wasser von $+38^{\circ}$ oder $+15^{\circ}$ gelegen haben.

Die Temperatur der Luft während der ganzen Zeit des Versuches schwankte zwischen $+16^{\circ}$ und $+17^{\circ}$ C.

Versuch 12. Den 29. März wurde eine neue Trachea von 16 Cm. Länge von einem zweiten, gleichfalls wie das vorherige, um 11 Uhr durch Verbluten getödteten Kalbe genommen.

Gefüllt (mit Kalbsblut) enthielt die Trachea 37 Cc. Blut von $+22^{\circ}$ C. und wurde dadurch verlängert auf 18 Cm.

Von 11 Uhr früh bis 5 Uhr Nachmittags lag die Trachea des Kalbes im Blute im Zimmer von einer Temperatur zwischen $+15^{\circ}$ und $+17^{\circ}$ C.

Um 5 Uhr wurde die Trachea mit Blut von $+16^{\circ}$ gefüllt und mit 0 Rollen-Abstand gereizt, worauf ein Steigen der Flüssigkeit im Manometer von 5 Mm. erfolgte.

Bei dieser Trachea berührten sich die Knorpelenden, wie bei der frü-

heren, nur mit dem Unterschiede, dass hier bald die rechte Hälfte über der linken lag, bald umgekehrt, was bei der vorigen Trachea nicht der Fall war, indem bei dieser alle Knorpelenden der einen Seite über denen der anderen lagen.

Um 5 Uhr 5 Min., bei $+15^{\circ}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 5 Mm. nach einer Reizung mit 1 Cm. Rollen-Abstand. Später stieg die Flüssigkeit von selbst um neue 5 Mm.

Um 5 Uhr 10 Min. wurde die Trachea in ein hohes Glas mit Blut von $+21^{\circ}$ C. eingesenkt. Das Blut im Glase wurde dieses Mal, auch wie immer, dadurch erwärmt, dass es in einer Schale stand, in welche Wasser von beliebiger Temperatur zugegossen wurde.

Um 5 Uhr 12 Min., bei $+17^{\circ}$ in der Trachea und $+28$ im Glase, ist die Flüssigkeit um 1 Cm. gesunken.

Bis 5 Uhr 20 Min. ist sie wieder um 5 Cm. gesunken. Bei der Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand stieg die Flüssigkeit, welche $+25^{\circ}$ in der Trachea und $+31^{\circ}$ im Glase zeigte, im Manometer um 5 Mm. und bald darauf fing sie wieder an zu sinken und sank bis 5 Uhr 24 Min. um $1\frac{1}{2}$ Cm.

Um 5 Uhr 24 Min. fing sie an, von selbst zu steigen. Bei $+27^{\circ}$ in der Trachea und $+32^{\circ}$ im Glase erreichte sie die Höhe von 5 Mm. und dann sank sie wieder um $1\frac{1}{2}$ Cm. bis 5 Uhr 27 Min., von wo an sie von Neuem um 1 Mm. gestiegen war. Die Temperatur in der Trachea zeigte $+28^{\circ}$ und im Glase $+33^{\circ}$ C.

Um 5 Uhr 30 Min. gab eine Reizung mit 0 Rollen-Abstand ein Steigen. Die Trachea wurde aus dem Glase mit warmem Blute herausgenommen.

Um 5 Uhr 32 Min., bei $+28^{\circ}$ in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um $1\frac{1}{2}$ Cm. bei einer Reizung mit 4 Cm. Rollen-Abstand. Gleich darauf sank die Flüssigkeit.

Bis 5 Uhr 35 Min. fiel die Flüssigkeit, welche $+26^{\circ}$ zeigte, um 3 Cm. Gereizt mit 4 Cm. Rollen-Abstand zeigte die Trachea eine Contraction um 2 Cm. Nach der Reizung sank die Flüssigkeit und bis 5 Uhr 40 Min. fiel dieselbe um 2 Cm. Wieder gereizt mit 4 Cm. Rollen-Abstand zeigte die Trachea, welche Blut von $+22,5^{\circ}$ enthielt, eine Contraction von 8 Mm.

Um 5 Uhr 42 Min. wurde die Trachea wieder in Blut von $+32^{\circ}$ C. getaucht, worauf die Flüssigkeit im Manometer zu sinken begann, eine Minute später um 5 Mm. stieg und 1 Minute darauf wieder um 5 Mm. fiel.

Um 5 Uhr 45 Min., bei $+25^{\circ}$ in der Trachea und $+32^{\circ}$ im Glase, sinkt die Flüssigkeit.

Um 5 Uhr 50 Min., bei $+27^{\circ}$ in der Trachea und $+31^{\circ}$ im Glase, gab die Trachea keine Contraction bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Gleich darauf wurde die Trachea herausgenommen und bei $+26,5^{\circ}$ in der Trachea, gab dieselbe bei einer Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand ein Steigen von $1\frac{1}{2}$ Cm. Später sank die Flüssigkeit und um 5 Uhr 55 Min. sank dieselbe um 2 Cm.

Die Trachea, welche im Inneren $+24^{\circ}$ zeigte, gab eine Contraction um

1 Cm. bei der Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand. Belastet gab diese Trachea folgendes. Belastet mit

50 Gr. sank die Flüssigkeit im Manometer um 8 Cm.

100 „ „ „ „ „ „ „ 15 „

150 „ „ „ „ „ „ „ 17 „

Befreit von den 150 Gr. erreichte die Flüssigkeit ein Niveau, welches 2 Cm. unter dem Anfangsniveau lag.

Um 6 Uhr, als die Trachea + 22° zeigte, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. bei der Reizung mit 2 Cm. Rollen - Abstand. Als die Trachea mit 50 Gr. belastet war, zeigte sich ein gleiches Steigen bei der Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand.

Bei der Wegnahme von 50 Gr. erreichte die Flüssigkeit das vorherige Niveau.

Um 6 Uhr 10 Min., bei + 18° C. in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 1 Mm. bei einer Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand.

Um 6 Uhr 20 Min. fiel die Flüssigkeit um 3 Mm., während im Innern die Trachea + 15° zeigte. Eine Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand rief ein Steigen um 5 Mm. hervor.

Bis 6 Uhr 30 Min. blieb das Niveau unverändert und bei der Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand stieg die Flüssigkeit, welche + 13,8° in der Trachea zeigte, um 5 Mm. Das erhaltene Niveau bleibt unverändert.

Um 6 Uhr 35 Min., bei + 13° in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 2 Mm. bei der Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand. Auf diesem Niveau bleibt sie unverändert.

Um 6 Uhr 40 Min., bei + 12,8° in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um 3 Mm. bei der Reizung mit 2 Cm. Rollen-Abstand.

Um 6 Uhr 45 Min. wurde die Trachea in ein Glas mit Blut von + 25° eingetaucht, worauf die Flüssigkeit, welche + 14° in der Trachea zeigte, von selbst zu fallen begann.

Um 6 Uhr 48 Min., bei + 18° in der Trachea und + 30° im Glase, fiel die Flüssigkeit um 3 Cm.

Bis 6 Uhr 50 Min. fiel die Flüssigkeit wieder um neue 3 Cm. und fing dann von selbst an zu steigen. Als sie die Höhe von 5 Mm. erreicht hatte, fiel sie wieder bei + 21,5° in der Trachea und + 31° im Glase.

Um 6 Uhr 52 Min. stieg die Flüssigkeit um 1 Cm. auf eine Reizung mit 0 Rollen-Abstand und gleich darauf fiel sie um 2 Cm.

Um 6 Uhr 55 Min., bei + 23° in der Trachea und + 31° im Glase, wurde die Trachea aus dem Glase herausgenommen. Nach einer Reizung mit 0 Rollen-Abstand stieg die Flüssigkeit um 3 1/2 Cm.

Um 7 Uhr wurde das Nämliche gesehen bei der Reizung.

Als bei + 22,5° in der Trachea die Flüssigkeit zu sinken begann und sie wieder mit 0 Rollen-Abstand gereizt wurde, begann die Flüssigkeit erst zu fallen und dann zu steigen.

Um 7 Uhr 5 Min., bei + 22° in der Trachea, stieg die Flüssigkeit um

2 Cm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand und als bald darauf die Flüssigkeit zu sinken begann und die Trachea in diesem Momente wieder mit 0 Rollen-Abstand während einer ganzen Minute gereizt wurde, so wurde nur ein Sinken und dann ein unbewegliches Feststehen der Flüssigkeit hervorgerufen, aber kein Steigen.

Um 7 Uhr 10 Min. wurde ganz dieselbe Erscheinung beobachtet, wie gleich vorher.

Die Temperatur des Zimmers schwankte während der ganzen Zeit des Versuches zwischen $+ 15^{\circ}$ und $+ 17^{\circ}$ C.

Der Versuch wurde abgebrochen.

Die Trachea war an ihrem, der Lunge näheren, Theile mehr kreisförmig als an ihrem vorderen, wo der Durchmesser ihres Querschnittes von Rechts nach Links 20 Mm. und von oben nach unten 16 Mm. betrug. Dagegen betrug die Trachea in dem Theile, welcher näher der Lunge liegt 17 Mm. von Rechts nach Links und 16 Mm. von unten nach oben. (Das Thier immer in der normalen stehenden Lage betrachtet.)

Ein Stück der Trachea, seiner Länge nach, wie oben beschrieben, zerschnitten, zeigte eine Entfernung seiner Knorpelenden um 1 Cm.

Ein Ring vom oberen Theil der Trachea genommen zeigte nach seiner Durchschneidung eine Entfernung seiner natürlichen Knorpelenden um 7 Mm.

Ein Stück der Trachea, aus zwei Knorpelringen bestehend, welches in Wasser von $+ 30^{\circ}$ gelegt war, zeigte nach der Durchschneidung 10 Mm. Entfernung seiner Knorpelenden, wogegen dieselbe nur 7 Mm. betrug bei einem Knorpelringe, welcher neben dem ersten herausgeschnitten und gleich gross war, aber in Wasser von $+ 15^{\circ}$ gelegen hatte.

Versuch 13. Den 30. März wurde die Trachea eines schon stark behaarten Foetus eines Schafes genommen. Der Foetus war der Entwicklung nach ungefähr einige Tage vor seiner Geburt. Bei der Herausnahme der Trachea schlug noch das Herz des Foetus.

Eine Stunde nach der Tödtung des Foetus um 1 Uhr 15 Min. wurde seine Trachea mit dem Apparate, wie gewöhnlich, in Verbindung gesetzt. Aus Mangel an Hammel-Blut wurde die Trachea mit am vorhergegangenen Tage von einem Kalbe genommenem Blute gefüllt.

Die Temperatur der Luft während des Versuches schwankte zwischen $+ 16^{\circ}$ und $+ 18^{\circ}$ C.

Die Länge der Trachea betrug 9 Cm.

Um 1 Uhr 15 Min. gab die Trachea, welche Blut von $+ 22^{\circ}$ C. enthielt, keine Contractionen auf Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Gleich darauf wurde die Trachea in Blut von $+ 30^{\circ}$ eingetaucht, worauf die Flüssigkeit im Manometer um 8 Mm. sank.

Die aus dem warmen Blute herausgenommene Trachea zeigte im Innern $+ 26^{\circ}$ C. und gab eine Contraction um 5 Mm. bei der Reizung mit 0 Rollen-Abstand.

Beim Erwärmen stieg die Temperatur der Flüssigkeit in der Trachea

Die Trachea, der Länge nach durchschnitten, zeigte ein Auseinandergehen ihrer Schnittränder um 5 Mm. Das Lumen dieser Trachea war nahezu kreisförmig. Der Durchmesser zeigte 7 Mm. von Rechts nach Links und 8 Mm. in der darauf senkrechten Richtung.

Unter dem Ausdrucke Durchschneidung der Trachealringe oder der Trachea der Länge nach, ist stets die Durchschneidung der elastischen und musculösen Membranen zu verstehen, niemals die Durchschneidung der Knorpel.

Versuch 14. Die Hunde-Trachea, welche zum Versuche 6 am 18. März gedient hatte, wurde zugleich mit dem Apparate in das Blut getaucht. Nachdem dieselbe über 48 Stunden in diesem Blute, bei einer Temperatur zwischen 0° und + 3° C., gelegen hatte, wurde sie den 20. März zur Untersuchung genommen. Um 3 Uhr wurde die Trachea, wie gewöhnlich, mit Blut von + 3,5° C. gefüllt.

Um 3 Uhr 10 Min. wurde die Trachea, welche + 3,5° C. im Innern zeigte, in etwas gewundener Lage bis zur Hälfte in ein Schälchen mit + 32° C. warmem Blute eingetaucht.

Um 3 Uhr 12 Min., bei + 5° C. in der Trachea und + 29° im Schälchen, stieg die Flüssigkeit im Manometer um 1 Cm.

Um 3 Uhr 16 Min. stieg die Flüssigkeit wieder von Neuem um 1 Cm., bei + 7° in der Trachea und + 28° C. im Schälchen. Eine electricische Reizung mit 0 Rollen-Abstand zeigte keine Contraction der Trachea.

Um 3 Uhr 20 Min., als in das Schälchen warmes Blut von + 30° C. zugeworfen wurde, stieg die Flüssigkeit rasch um neue 2 Cm., bei + 11° C. in der Trachea und + 27° C. im Schälchen.

Um 3 Uhr 25 Min. bei + 15° C. in der Trachea und + 25° C. im Schälchen, fiel die Flüssigkeit im Manometer um $\frac{1}{2}$ Cm.

Um 3 Uhr 30 Min. bei + 15,5° in der Trachea und + 23° C. im Schälchen, fiel die Flüssigkeit wieder um $\frac{1}{2}$ Cm.

Um 3 Uhr 40 Min. wurde wieder in die Trachea Blut von + 30° C. eingespritzt und als die Flüssigkeit in der Trachea + 21° C. zeigte, gab die electricische Reizung mit 0 Rollen-Abstand keine Contraction.

Um 3 Uhr 45 Min. als die Flüssigkeit in der Trachea + 17° zeigte, wurde sie wieder wie vorher in das Schälchen mit Blut von + 30° C. eingetaucht, worauf die Flüssigkeit, welche + 18° C. in der Trachea zeigte, um $\frac{1}{2}$ Cm. stieg.

Um 3 Uhr 50 Min., als die Flüssigkeit + 15° C. in der Trachea und + 28,5° C. im Schälchen zeigte, fiel dieselbe im Manometer um 1 Cm.

Um 3 Uhr 55 Min., bei + 13° in der Trachea und + 27° im Schälchen, fiel die Flüssigkeit wieder um $\frac{1}{2}$ Cm.

Die Temperatur der Luft war während des Versuchs zwischen + 9° und + 10° C. Da die Trachea keine Erweiterung beim Erwärmen und keine Contraction bei der electricischen Reizung zeigte, so wurde dieselbe auf das Verhalten ihres Volumens bei verschiedenen Belastungen geprüft.

Die Trachea war 14 Cm. lang und enthielt 23 $\frac{1}{2}$ Cm. Blut von + 13,5° C.

Bei Belast. d. Trach. mit 50 Gr. stand d. Flüssigk. 3 Cm. unter d. Anfangsniveau.

»	»	»	»	»	100	»	»	»	»	$3\frac{1}{2}$	»	»	»	»
»	»	»	»	»	150	»	»	»	»	$3\frac{1}{2}$	»	»	»	»
»	»	»	»	»	200	»	»	»	»	$2\frac{1}{2}$	»	»	»	»
»	»	»	»	»	250	»	»	»	»	1	»	»	»	»
»	»	»	»	»	450	»	»	»	»	1	»	über	»	»

Beim Abnehmen der Gewichte zeigte sich Folgendes:

Bei Wegnahme von 200 Gr. stand die Flüssigkeit 1 Cm. unter d. Anfangsniveau.

»	»	»	»	»	250	»	»	»	»	3	»	»	»	»
»	»	»	»	»	300	»	»	»	»	4	»	»	»	»
»	»	»	»	»	350	»	»	»	»	5	»	»	»	»
»	»	»	»	»	400	»	»	»	»	6	»	»	»	»
»	»	»	»	»	450	»	»	»	»	5	»	»	»	»

trotzdem dass alle Gewichte entfernt worden waren.

Eine neue Belastung, bei $+10^{\circ}$ Luft-Temperatur und $+7^{\circ}$ Temperatur der Flüssigkeit in der Trachea, ergab Folgendes:

Bei Belastung mit 50 Gr. stand die Flüssigk. $3\frac{1}{2}$ Cm. unter d. Anfangsniveau.

»	»	»	»	»	100	»	»	»	»	$3\frac{1}{2}$	»	»	»	»
»	»	»	»	»	150	»	»	»	»	$2\frac{1}{2}$	»	»	»	»
»	»	»	»	»	200	»	»	»	»	$1\frac{1}{2}$	»	»	»	»
»	»	»	»	»	250	»	»	»	»	0 (gleich dem Anfangsniveau.)				
»	»	»	»	»	300	»	»	»	»	1 Cm. über d. Anfangsniveau.				

Bei der Entlastung, welche gleich darauf vorgenommen wurde, sah man Folgendes:

Bei Belast. mit noch 250 Gr. stand d. Flüssigk. 9 Mm. über 0 (Anfangsniveau).

»	»	»	»	»	200	»	»	»	»	5	»	unter 0		
»	»	»	»	»	150	»	»	»	»	1	»	»	0	
»	»	»	»	»	100	»	»	»	»	$2\frac{1}{2}$	»	»	0	
»	»	»	»	»	50	»	»	»	»	4	»	»	0	
»	»	»	»	»	0	»	»	»	»	1	»	»	0	

Gleich darauf wurde eine neue Belastung vorgenommen, wobei, wie immer, das letzte Niveau bei 0 Belastung, als 0 oder Anfangsniveau angenommen wurde.

Nach Belastung mit 50 Gr. stand die Flüssigk. 4 Cm. unter d. Anfangsniveau.

»	»	»	»	»	100	»	»	»	»	4	»	»	»	»
»	»	»	»	»	150	»	»	»	»	$2\frac{1}{2}$	»	»	»	»
»	»	»	»	»	200	»	»	»	»	1	»	»	»	»
»	»	»	»	»	250	»	»	»	»	0	»			
»	»	»	»	»	300	»	»	»	»	1	»	über	»	»

Bei gleich darauf folgendem Entlasten war Folgendes zu bemerken:

Bei Belast. mit noch 250 Gr. stand d. Flüssigk. 1 Cm. über 0

»	»	»	»	»	200	»	»	»	»	1	»	unter 0		
»	»	»	»	»	150	»	»	»	»	$1\frac{1}{2}$	»	»	0	
»	»	»	»	»	100	»	»	»	»	$3\frac{1}{2}$	»	0 unt. d. Anf.-Niveau.		

Bei Belast. mit noch 50 Gr. stand d. Flüssigk. 3,8 Cm. unt. 0

» » » » 0 » » » » 0,5 » unter dem Anfangsniveau.

Weitere Belastungs- und Entlastungs-Versuche dieser Trachea haben ziemlich ähnliche Zahlen, wie die letzteren, gegeben.

Versuch 15. Bei den Ochsen wurden die Contractionen der Trachealmuskeln nach einer andern Methode beobachtet, welche deshalb angewendet wurde, weil im Augenblicke kein für die Trachea eines Ochsen hinreichend grosser Kork zur Stelle war.

Die Trachea wurde in Ringe, von ca. zwei Cm. Breite, zerschnitten und an jedem Ringe die Muskeln dadurch zur Contraction gebracht, dass man die Muskeln an ihrer Ansatzstelle am Knorpel mit zwei Electroden umwandet, welche ihrerseits mit dem Elemente etc. in Verbindung standen.

Die Trachealringe waren auf einen Glasstab aufgesetzt. In Fällen, wo die Knorpelenden gegen einander gedrückt waren, wurden die Enden so weit abgeschnitten, dass zwischen denselben eine Entfernung von ca. 10 bis 20 Mm. entstand.

Bei der electricischen Reizung beobachtete man mit blossem Auge ein deutliches sich Näheren der Knorpelenden. Eine Messung der Entfernung der Knorpelenden, nach und vor der Reizung, bestätigte und ergänzte noch mehr das mit blossem Auge eben Beobachtete.

Um die nöthige Temperatur den Trachealmuskeln zu gewähren, wurden dieselben in Blut von entsprechender Temperatur eingetaucht.

Die Versuche an Trachealringen von Ochsen und Kühen haben nicht allein deutliche Contractionen derselben gezeigt, sondern auch den Einfluss der Temperatur auf die Energie etc. dieser Contractionen bestätigt¹⁾.

Um die Erregungen der Knorpelenden bei den Contractionen der Trachealmuskeln noch deutlicher zum Vorschein zu bringen, wurde in jedes Ende des Knorpels senkrecht auf denselben je eine Stecknadel eingestochen, wodurch die, auch ohne dies bemerkbaren, Bewegungen der Knorpelenden noch deutlicher hervortraten.

Diese Methode könnte auch für die graphische Darstellung der Trachealcontractionen angewendet werden.

Die Trachea vom Hunde des Versuches Nr. 5 blieb die ganze Nacht im Blute, von circa 0° C., liegen und wurde zur Beobachtung benutzt.

Die Enden eines näher dem Kehlkopfe liegenden Trachealringes, welche einen Abstand von 10 Mm. hatten, zeigten einen Abstand von 21 Mm., als das musculös-membronöse Band zerschnitten wurde.

Ein Trachealring, welcher näher der Lunge lag und eine Entfernung seiner Knorpelenden von nur 6 Mm. zeigte, gab eine Entfernung von 21 Mm. nach Durchschneidung seiner Bänder.

1) Bei + 12° C. Temperatur des Blutes, in welchem die Ringe der Ochsen-Trachea gelegen hatten, waren noch Contractionen bei electricischer Reizung vorhanden.

Kleine Ringe vom oberen und unteren Theile der Trachea haben ähnliche Zahlen, wie die benachbarten Ringe, beim Zerschneiden ihrer Bänder gezeigt.

Ein Knorpelring, von dem näher der Lunge liegenden Theile, hatte vor der Durchschneidung seiner Bänder ein paar Minuten in Wasser von $+ 3^{\circ}$ C. gelegen und zeigte eine Entfernung seiner Enden von 18 Mm., wogegen ein gleichgrosser benachbarter Ring, welcher nicht im kalten Wasser gelegen hatte, eine Entfernung seiner Enden um 20 Mm. beim Durchschneiden seiner Bänder zeigte.

Ähnliche Beobachtungen wurden vielfach an Trachealringen vom Rinde, Katze, Schafe etc. angestellt und dieselben haben mit wenigen Ausnahmen immer eine Vergrösserung der Elasticität der Knorpeln bei der Erwärmung und eine Verminderung derselben bei der Abkühlung gezeigt.

Es zeigte sich manchmal, dass ein längeres Stück der Trachea (circa 5 Cm.) beim Durchschneiden seiner Bänder ein stärkeres Auseinandergehen seiner Knorpelenden zeigte, als die einzelnen Trachealringe, welche früher aus derselben Trachea entnommen waren.

Daraus kann man schliessen, dass entweder ein jeder Trachealknorpel eine verschiedene Elasticität je nach seiner Lage an dem einen oder dem anderen Ende der Trachea besitzt oder, dass die Elasticität aller Knorpelringe, wenn sie noch im Zusammenhange sind, durch eine uns unbekannte Befestigungsvorrichtung oder durch irgend etwas Anderes eine grössere Elasticität, als wenn die Knorpelringe auseinander genommen sind, besitzen.

Versuch Nr. 16. An den Tracheen von (fünf) frisch getödteten Kaninchen habe ich keine Spur von Contractionen bei electricischer Reizung wahrgenommen, was allerdings vielleicht darin seinen Grund haben kann, dass diese Tracheen, statt mit Blut, mit Wasser gefüllt waren, dessen Berührung mit den thierischen Geweben für dieselben bekanntlich sehr schädlich ist.

Bei den Versuchen an der Trachea wurden einige Male, bei der Application der electricischen Reizung, statt der erwarteten Contraction eine Erweiterung, und dagegen statt der erwarteten Erweiterung bald eine Contraction, bald gar keine Veränderung beobachtet.

Bei der Application der Wärme, der Ausdehnung etc. wurden an der Trachea ähnliche unerwartete Erscheinungen beobachtet.

Die Würdigung dieser Ausnahmen und der Wunsch, so vielleicht correcter und klarer die Beobachtungen wiederzugeben, veranlasste mich diese letztere in Form von ausführlichen Protocollen niederzulegen. Dieses erschien um so nothwendiger, als jeder einzelne Versuch etwas Neues bot, das sich in keine von den bekannten physiologischen Schablonen einfügen liess.

Bei der von früheren Forschern angestellten Untersuchung der vitalen Lungencontractionen müssten die dabei gewonnenen positiven Resultate oft sehr in Frage gestellt werden, besonders wegen des Mangels einer genaueren Beschreibung der dabei angewandten Methoden. Dadurch wurde

veranlasst, bei meiner Untersuchung in den Protocollen so viele scheinbar überflüssige Details anzugeben.

Dies glaubte ich jedoch um so eher thun zu dürfen, als diese Protocolle als Argumente für die in dieser Arbeit aufgestellten Schlüsse und als Basis und Fingerzeig für die weitere Untersuchung an der Trachea dienen sollten.

Die mehr als hundert Male durch electriche Reizungen hervorgerufenen und beobachteten Contractionen an der Trachea von Säugethieren (Hund, Schaf, Rind, Katze und Kalb) haben deutlich genug gezeigt, dass die Trachea der Säugethiere eigene vitale Contractionen besitzt.

Da die Versuche an Tracheen, welche von den Lungen und von den übrigen benachbarten Organen befreit waren, angestellt wurden, so sind die beobachteten Contractionen allein der Trachea zuzuschreiben, und nicht der Lunge, dem Oesophagus etc., welchen diese Contractionen nach den bisherigen Versuchen aller anderen Autoren mit Recht zugeschrieben werden konnten,

Da uns Veränderungen der Knorpel und des elastischen Gewebes durch electriche Reizungen unbekannt sind, so müssen die an der Trachea durch Electricität hervorgerufenen Contractionen lediglich den sich darin befindenden glatten Muskeln zugeschrieben werden.

Die Langsamkeit des Auftretens und des Verschwindens der Contractionen an der Trachea sprechen auch jedenfalls für das eben Gesagte.

Die Contractionsfähigkeit der Trachealmuskeln, welche nach dem Tode des Thieres beobachtet wurde, lässt den Schluss berechtigt erscheinen, dass diese Muskeln während des Lebens ebenfalls thätig gewesen sind.

Nachdem die Contractionsfähigkeit der Trachea festgestellt war, wurden die Bedingungen näher untersucht, unter welchen diese Contractionen zu Stande kommen.

Es wurde beobachtet, dass die Reizbarkeit der herausgeschnittenen Trachea ziemlich lange dauert. — In einigen Versuchen gab sie circa sieben Stunden, nachdem sie vom Thiere entfernt worden war und zum Experiment gedient hatte, auf electriche Reizungen noch deutliche Contractionen.

Dass mit sieben Stunden noch nicht die letzte Zeitgrenze gegeben ist, nach welcher die Trachea abstirbt, liegt auf der Hand, da die Versuche oft zu einer Zeit abgebrochen wurden, wo die

Trachea noch reizbar war. Es lässt sich wohl erwarten, dass bei einer geringen Verbesserung der Methode diese Contractionsfähigkeit der Trachea eine bedeutend längere Zeit erhalten werden kann.

Aus diesem Grunde könnte die Trachea zur Entscheidung bei verschiedenen physiologischen Fragen, insbesondere über die Functionen der glatten Muskeln ein werthvolles Versuchsobject darbieten.

Weiter wurde zu bestimmen gesucht, welchen Einfluss die Temperatur auf diese Contractionen der Trachea und auf ihre Stärke haben kann und welches die unterste Grenze der Temperatur ist, bei welcher die Contractionen der Trachea durch electricische Reizungen noch möglich sind.

Ich wollte sehen, ob die glatten Muskeln der Trachea in dieser Beziehung denjenigen der Gedärme ähnlich sind oder nicht.

Die Temperatur der Flüssigkeit, mit welcher die Trachea bei den Experimenten gefüllt war, wurde anfangs dadurch bestimmt, dass das Blut aus der Trachea in ein Gefäß, in welchem ein Thermometer stand, herausgelassen wurde, später aber wurde die Methode vervollständigt insofern, als ein feines Thermometer in der Trachea selbst steckte und die Temperatur der darin befindlichen Flüssigkeit angab.

Es zeigte sich, dass die Stärke und Geschwindigkeit der Tracheal-Contractionen der Temperatur nahezu proportional waren, und dass die Contractionen bei einer der Körpertemperatur naheliegenden Temperatur weit energischer auftraten, als 10° oder 20° Celsius unter dieser Temperatur.

Was die unterste Temperaturgrenze, bei welcher die Contractionen der Trachea noch auftreten, betrifft, so stellte sich die interessante und überraschende Thatsache heraus, dass die Muskeln der Trachea sich auf electricische Reizungen noch bei +12° C. contrahiren können, also dass die glatten Muskeln der Trachea contractionsfähig sind bei einer bedeutend niedrigeren Temperatur, als die glatten Muskeln der Gedärme, für welche letztere +19° C. als unterste Temperaturgrenze gefunden wurde¹⁾. Durch diese Thatsache wurde ein physiologischer Unterschied in dem Verhalten von Geweben, welche sonst anatomisch bis jetzt für vollkommen gleich gegolten haben, festgestellt.

1) Zur Physiologie der Darmbewegungen p. 612. Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften von 1873.

Ausserdem liefert uns diese Thatsache ein schlagendes Beispiel dafür, dass die glatten Muskeln von einem und demselben Thiere sich so den Umständen anpassen können, dass sie später sich physiologisch ganz verschieden verhalten, nur weil sie unter verschiedene äussere Bedingungen gestellt und längere Zeit unter diesen geblieben waren.

Da ein Mensch oder ein höheres Säugethier im Leben einige hunderte Millionen von Athemzügen machen und dabei oft gezwungen ist, auch längere Zeit kalte Luft einzuathmen, so ist diese Uebungszeit schon hinreichend, die Athmungsorgane der verschiedenen Temperaturen zu accomodiren.

An eine solche Anpassungstheorie der Trachealmuskulatur hätte ich vielleicht gedacht, aber nicht gewagt, dieses als etwas Plausibles hinzustellen, wenn ich nicht zufällig Gelegenheit gefunden hätte, eine Thatsache zu beobachten, die meine Vermuthung bestärkte und bestätigte, die Thatsache nämlich, dass Säugethiere zu einer gewissen Periode ihrer Entwicklung in der Trachea Muskeln besitzen, welche sich auf electriche Reizung energisch contrahiren, dass aber diese Contractionen nicht zu Stande kommen unter $+21^{\circ}$ C., dass also diese Trachealmuskeln in Beziehung auf die Temperatur sich eher wie die Muskeln der Gedärme und nicht wie gewöhnlich die der Trachea verhalten.

Ich hatte nämlich zufällig Gelegenheit, einen ziemlich ausgetragenen Schafs-Foetus, welcher behaart war und höchstens nach einigen Tagen auf die Welt gekommen wäre, und bei welchem das Herz pulsirte, zu bekommen und seine Trachea einige Stunden nach dem Tode zu untersuchen, wobei es sich zu wiederholten Malen herausstellte, dass Contractionen auf electriche Reizungen nur bei Temperatur von $+21^{\circ}$ C. und höheren eintraten, und gar keine Spur von Contractionen bei Temperatur unter $+21^{\circ}$ C. sich zeigten.

Die Contractionen der Trachea von diesem Foetus, die sogar bei $+25^{\circ}$ C. schwach waren, im Vergleiche mit denjenigen energischen Contractionen, welche an dieser Trachea bei höherer Temperatur als $+25^{\circ}$ C. eintraten, zeigen, dass die Muskeln des Foetus sich an die Temperatur des Mutterleibes gewöhnt haben, wo sie sich niedrigeren Temperaturen zu accomodiren während der ganzen Zeit der embryonalen Entwicklung keine Gelegenheit gehabt hatten.

Die Fähigkeit der Trachea der erwachsenen Säugethiere, bedeutend unter $+20^{\circ}$ C. (bei $+12^{\circ}$ C.) sich noch zu contrahiren, ist

wahrscheinlich eine mehr mit dem Alter des Thieres erworbene und entwickelte, als eine angeborene Eigenschaft.

Es wäre von hohem Interesse zu untersuchen, nach welcher Zeit die Muskeln der Trachea der Säugethiere nach der Geburt die Fähigkeit erlangen, sich bei solch niedriger Temperatur ($+12^{\circ}\text{C.}$) zu contrahiren, bei welcher sie sich im Embryonalzustande nicht contrahiren konnten.

Erlangen sie diese Fähigkeit plötzlich gleich nach der Geburt oder erst später und allmählich mit der Zeit? und ferner wie verhalten sich Thiere, welche Bewohner verschiedener kalter und warmer Zonen sind? Verhalten sich alle Säugethiere in dieser Hinsicht gleich oder nicht?

Bei verschiedenen Thieren (erwachsenen) verschiedener Species und bei verschiedenen Individuen einer und derselben Species variierte, wie die Versuche zeigten, die Grenztemperatur für die Reizbarkeit der Trachea zwischen $+12^{\circ}\text{C.}$ und $+16^{\circ}\text{C.}$, wobei beim Kalbe sie am niedrigsten ($+12^{\circ}\text{C.}$) und bei Hunden am höchsten ($+16^{\circ}\text{C.}$) war.

Dass bloss eine individuell veränderliche Reizbarkeit der Trachea und nichts Anderes der Species specifisch Angehöriges eine Rolle bei der Grenztemperatur spielt, ist unter anderem auch aus Folgendem zu ersehen: von zwei Katzen zeigte die Trachea der einen $+13^{\circ}\text{C.}$ und die der anderen $+15^{\circ}\text{C.}$ als Grenztemperatur und bei der Trachea einer dritten Katze stellte sich wiederum $+13^{\circ}\text{C.}$ als Grenztemperatur heraus.

Erinnert man sich, wie schnell die Reizbarkeit der glatten Muskeln eines vom warmblütigen Thiere entfernten Darmstückes sinkt, besonders wenn Erwärmungen und electriche Reizungen abwechselnd angewandt wurden, so muss man staunen, wie trotz der so oft angewandten starken Inductionsströme und Temperaturveränderungen, die Muskeln einer herausgeschnittenen Trachea so lange Zeit (über 7 Stunden) und so ziemlich unverändert ihre Reizbarkeit im Vergleiche mit denen der Gedärme beibehalten.

Die Trachea ist durch die Respiration während des ganzen Lebens der Thiere abwechselnd bald in Verlängerung, bald in Verkürzung begriffen, dabei aber immerwährend im Zustande einer gewissen Spannung, denn eine totale Durchschneidung der Trachea der Quere nach ruft immer ein starkes Auseinandergehen der Schnitt-

enden hervor, obgleich ihre Verwachsung mit dem dabei undurchschnittenen Oesophagus dieser Verkürzung im Wege steht.

Wie stark die Spannungen sind, welche die Trachea während des Lebens erleidet, ist noch nicht bekannt, und es wäre von Interesse, diese normale Spannung während des Lebens der Thiere zu bestimmen.

Jedenfalls müssen die Verlängerungen derselben mit wenig Kraftanwendung leicht zu Stande kommen, denn eine herausgeschnittene Trachea verlängert sich leicht und stark durch das geringste und sogar durch ihr eigenes Gewicht.

Deswegen wurde bei den Versuchen die mit Blut gefüllte und dadurch ausgedehnte Trachea als annähernd normal gespannte betrachtet.

Es ist leicht begreiflich, dass bei den Versuchen diese eben-erwähnten Bedingungen der Verlängerung und Verkürzung der Trachea berücksichtigt und näher studirt werden mussten.

Durch Anhängen und Abnehmen der Gewichte wurden an einer freihängenden Trachea diese beiden Zustände nachgeahmt. Es zeigte sich zuerst, dass die Belastung der Trachea mit Gewichten manchmal ein wenig die Reizbarkeit der Trachealmuskeln verstärkt; — denn es gab Fälle, wo eine Trachea auf eine gewisse Reizung keine Contraction zeigte und gleich darauf eine solche gab, wenn an die Trachea ein Gewicht von 50 Gramm angehängt wurde, obgleich die Stärke der Reizung und die übrigen Bedingungen dieselben geblieben waren.

Bei den weiteren Versuchen mit Belastungen und Entlastungen zeigte die Trachea solche Eigenthümlichkeiten, dass sie vorläufig durch keine Combinationen und Vergleiche erklärt werden können, und die Trachea als ein etwas räthselhaftes und complicirtes Gebilde angesehen werden muss.

Die Versuche haben gezeigt, dass bei der Belastung der Trachea eine Vergrößerung des Volumens derselben eintritt, dass aber die Vergrößerung dieses Volumens nicht proportional den Belastungsgewichten vor sich geht, sondern bei der stärkeren Belastung mehr und mehr abnimmt, und dass bei noch weiterer Belastung das Niveau der Flüssigkeit entweder unverändert bleibt oder, was noch sonderbarer erscheint, mit Zunahme der Belastung die Flüssigkeit im Manometerrohr in die Höhe geht und sogar das anfängliche Niveau (vor der Belastung) übersteigt.

In dieser letzteren Hinsicht zeigen sich bei verschiedenen Arten der Thiere Unterschiede.

Starke Belastungen (von 300—400 Gr.) riefen in der Trachea eine sogenannte elastische Nachwirkung hervor, indem das Niveau im Manometer nach der Befreiung der Trachea von Gewichten etwas niedriger sich stellte, als vor der Belastung; bei geringerer Belastung (von 50—100 Gr.) dagegen wurde eine Vollkommenheit der Elasticität an der Trachea beobachtet, wie man sie nicht besser haben konnte, indem das Niveau sich sogleich nach der Entlastung auf den früheren Stand (Anfangsniveau) stellte.

Die grösste Erweiterung der Trachea fällt nicht, wie man es erwarten könnte, auf die grösste Belastung, sondern auf geringere Gewichte, nämlich auf 50—100 Gr. für Hunde und Katzen, wobei die Erweiterung der Trachea ziemlich gleich für diese beiden Belastungen (80—100 Gr.) bleibt. Stärkere Belastungen (auch bis zu einer gewissen Grenze) riefen, wie gesagt, eine Verminderung des Volumens hervor.

Zum Vergleich will ich hier anführen, dass bei der Ausdehnung eines Gummirohres immer gefunden wurde, dass das Volumen ziemlich proportional den Gewichten sich vergrössert, und niemals wurde eine Verminderung des Volumens beobachtet ¹⁾.

Bei stärkeren Belastungen der Trachea wurde einige Male ein von selbst eintretendes Steigen der Flüssigkeit im Manometer beobachtet.

Indem die Trachea uns Erscheinungen vorführt, welche keine Analogie an unorganischen Substanzen finden, zeigt sie, dass sie als ein zusammengesetzter und sehr complicirter Apparat zu betrachten ist, dessen Studium schon allein in mechanischer Hinsicht uns viel Nützliches und Interessantes darbieten kann.

Bei der Bestimmung der Grenztemperatur für die Contractionsfähigkeit der Trachea wurde an derselben eine höchst überraschende Thatsache beobachtet, nämlich, dass die Trachea nicht nur Contractionen, sondern auch Erweiterungen zeige.

Diese Erweiterungen traten fast jedesmal hervor, so oft bei den Experimenten die Trachea in warmes Blut getaucht war.

Da eine Zusammenziehung der Flüssigkeit durch Wärme nicht anzunehmen war und ein Verlust an Flüssigkeit (aus der Trachea)

¹⁾ Zur Lehre von Elasticität. Centralblatt für die medicin. Wissenschaften 1873. p. 757.

durch Undichtheit des Apparates nach sorgfältiger Prüfung ausgeschlossen werden musste, so blieb nichts übrig, als diese Vergrößerung des Volumens auf die Erweiterung der Trachea selbst zu schieben.

Diese Thatsache erscheint noch räthselhafter, nachdem beobachtet wurde, dass die Erweiterung der Trachea auch ohne Erhöhung der Temperatur entweder selbständig eintritt oder nach Application eines electricischen Reizes bei unveränderter Temperatur, wobei oft bemerkt wurde, dass der gewöhnlich auf Electricität auftretenden Verengerung eine Erweiterung vorausging.

Je eingehender ich über die Erweiterung der Trachea nachdachte und dieselbe zu erklären suchte, desto räthselhafter erschien mir dieselbe, um so mehr, als die Versuche an der ausgeschnittenen und frei präparirten Trachea angestellt wurden, sodass man diese Erweiterung der Trachea nur ihr selbst und nicht den benachbarten Organen zuschreiben konnte und da, was uns die Anatomie und Physiologie über den Bau und die Functionen der Trachea liefern, uns ebenfalls keine Erklärung darüber an die Hand giebt.

Mit anderen Worten, die Trachea stellte uns ein Gefäss mit einer Flüssigkeit vor, welche trotz der Erwärmung, anstatt, wie man denken sollte, sich auszudehnen, eine Art Zusammenziehung zeigte.

Man konnte die Erweiterung der Trachea noch daraus zu erklären versuchen, dass man die Trachea als ein gewöhnliches Gefäss betrachtet, dessen Wände bei Erwärmung stärker, als die darin enthaltene Flüssigkeit, sich ausdehnen und dadurch das Sinken der Flüssigkeit im Manometer hervorrufen.

Dagegen sprechen aber die Beobachtungen an der todten auch mit Blut gefüllten Trachea, bei deren Erwärmung immer nur ein Steigen und niemals ein Sinken der Flüssigkeit im Manometerrohr eintrat.

Wäre die frühere Erklärung richtig, so wäre die Trachea doch ein in mancher Hinsicht interessantes Untersuchungsobject, da man kein Material kennt, aus welchem ein derartiger physicalischer Apparat sich construiren liesse, selbstverständlich unter der Voraussetzung, dass das Grössenverhältniss des Innenraumes zu den Wandungen dasselbe, wie bei der Trachea sei.

Wollte man der neuesten Mode folgen, so könnte man sehr leicht die Erweiterungen der Trachea erklären, indem man dieselben

auf ein besonderes Centrum zurückführt. Dann bliebe noch übrig, einige Nerven zu zerschneiden und andere zu reizen, um den Sitz dieses neu entdeckten, die Trachea erweiternden Centrums näher zu bestimmen.

Es wäre ein neues Centrum entdeckt und zugleich den eifrigen Centrum-Suchern Gelegenheit geboten, eine lobenswerthe Beschäftigung zu finden.

Wenn man aber die Sache sich erklären will und nicht bloß durch ein unverständliches Wort die Erklärung der Sache ersetzen, dann muss das moderne Wort Centrum bei Seite gelassen und nach einer anderen Erklärung gesucht werden.

Sehr bald wurde bei dem Suchen nach den Ursachen der Erweiterung der Trachea gefunden, dass dieselbe auf eine rein mechanische Ursache zurückgeführt werden kann. Dabei wurden Erscheinungen beobachtet, welche viele interessante Fragen über die Mechanik der Lungenrespiration berühren und dieselben einigermaßen aufklären oder Anhaltspunkte zur Beurtheilung derselben geben.

Es wurde nämlich gefunden, dass alle Trachealringe ¹⁾ ohne Ausnahme eine Neigung haben, sich nach Aussen zu öffnen, und dass das Auseinandergehen der Enden sofort eintritt, wenn die membranösen Bänder zerschnitten werden, welche diese Neigung der Knorpel hindern, indem sie an den Enden haften und die Knorpel in Ringform zusammenhalten.

Auf dieselbe Weise, wie ein jeder einzelne Knorpelring, wird auch die ganze Trachea immerwährend in einem zur Erweiterung geneigten Zustande erhalten, und sobald die Trachea der Länge nach in ihrem membranösen Theile zerschnitten wird, öffnet sich die Trachea sofort, indem die befreiten und gespannten Knorpeln in Gleichgewichtszustand sich versetzen.

Bis jetzt wurde allgemein angenommen, dass die Trachealringe aus festelastischer Substanz (Knorpel) bestehen, welche sich im Elasticitätsgleichgewichtszustande befinden, so lange, als Muskelcontractionen diese Ringe nicht zusammendrücken, und aus dem Zustande der ruhenden Elasticität in den gespannten Zustand versetz-

1) Eigentlich sind die Trachealknorpel der Säugethiere keine vollständigen Ringe, sondern eine Art Ringe, deren beide Enden bald näher, bald weiter von einander entfernt sind und durch verschiedene Bänder in Ringform erhalten werden. Der Aehnlichkeit und Kürze wegen nennt man sie aber Ringe, welche Benennung auch hier beibehalten wird.

ten, worauf sie mit dem Aufhören der Muskelcontractionen wieder in ihre gewöhnliche spannungslose Lage zurückkehren. Eine solche Annahme hat sich, wie die Versuche gezeigt haben, niemals bestätigt.

Im Gegentheil, die Knorpelringe stellen eine Vorrichtung dar, wodurch während des ganzen Lebens der Thiere denselben eine Kraft zu Gebote steht, welche zu beliebiger Zeit zur Erweiterung der Trachea dienen kann, indem sich dieselben niemals im Elasticitätsgleichgewichtszustande befinden. Niemals dachte man, dass bei der stärksten Erschlaffung der Trachealmuskeln dennoch die Knorpel sich noch nicht im elastischen Gleichgewichtszustande befänden und immer noch gespannt seien.

Die Grösse der Elasticität der Trachealringe ist bei verschiedenen Thieren verschieden und sogar bei einem und demselben Thiere ungleich, je nachdem man die weiter oder näher von der Lunge gelegenen Ringe zur Untersuchung gewählt hat. — Bei einigen Thieren war das Auseinandergehen der Knorpelenden bei den der Lunge am nächsten liegenden Knorpelringen grösser als bei entfernteren. Dagegen war die zum Zurückbringen der Ringe in ihre normale Lage erforderliche Kraft bei den von der Lunge entfernteren Ringen grösser. Es waren also einige mehr, die anderen weniger elastisch. Bei der weiteren Untersuchung darüber stellte sich die sonderbare Erscheinung heraus, dass bei jungen Thieren, gegen alle Erwartung, ein bedeutend schwächeres Auseinandergehen der befreiten Knorpelenden eintrat, als bei erwachsenen Thieren.

Die Annahme einer starken Spannung, die man der Trachea junger Thiere gern zumuthen möchte, um das Wachsthum der Trachea leichter zu erklären, hat sich nicht bestätigt, und es zeigt sich also, dass unsere Kenntnisse von dem Mechanismus des Wachstums der Trachea, ebenso wie der der anderen Theile, noch sehr dunkel sind.

Sollten die die übrigen Luftwege (der Lunge) begleitenden Knorpelringe und Knorpelplättchen mit denselben lumenerweiternden Eigenschaften ausgestattet sein, wie die der Trachea, so würde der Nutzen ihres Vorkommens in den Lungen nicht mehr, wie jetzt, unverständlich und sonderbar erscheinen.

Dass der Knorpel stark elastisch ist, ist wohl längst bekannt, dass aber dieser Elasticität eine physiologisch active Function zukommt, ist fast keinem Knorpel zugemuthet worden; wenigstens die

Knorpel der Gelenke etc. werden gewöhnlich, als aus gutem Material bestehend, betrachtet, aber es hätte die Vorstellung über dieses Material in gar nichts geändert, wenn man diese Knorpel etwas mehr oder etwas weniger elastisch sich gedacht hätte.

Die einzigen Knorpel, deren Elasticität man auch eine physiologische Thätigkeit zuschrieb, sind die Rippenknorpel, deren Elasticität so oft studirt und deren hohe Bedeutung für die Respiration so oft hervorgehoben worden ist.

In der Pause zwischen Ex- und Inspiration sollen die Rippenknorpel im Elasticitätsgleichgewichtszustand sich befinden; durch die Athmung soll diese Ruhelage gestört werden, so dass die Knorpel bald in Spannung gerathen, bald aus derselben zur Ruhelage zurückkehren. Vielleicht war nun diese Ansicht über physiologische Thätigkeit der Rippenknorpel die Ursache, dafür etwas Aehnliches auch in den Trachealknorpeln zu sehen und dieselben auch im ruhenden Elasticitätszustande, wenigstens in gewissen Momenten (wie während der Athmungs-Pausen) zu betrachten; dies wurde um so leichter zugegeben, als die Knorpel der Lunge und der Rippen beide bei der Respiration betheiligt sind. Die Thatsache, dass bei vielen gerichtlichen Sectionen die Durchschneidung der Trachea gesetzlich von der vorderen Seite geschehen musste, hat wohl nicht wenig dazu beigetragen, die erweiternde Eigenschaft der Trachealringe übersehen zu lassen.

Bei den bei physiologischen Experimenten an Thieren so oft ausgeführten Tracheotomien wurde die Trachea von derselben (vorderen) Seite zerschnitten und dadurch die Gelegenheit benommen, die immer bestehende Spannung der Trachealringe zu beobachten.

Wenn wir in den Knorpeln der Trachea den, dieselbe erweiternden, Apparat gefunden haben, so ist hieraus allein noch lange nicht erklärlich, auf welche Weise und unter welchen Bedingungen die, bei electricischen Reizungen oder bei Erwärmung oder auch von selbst eintretenden, Erweiterungen der Trachea zu Stande kommen, besonders so lange die Ränder, welche die Trachealringe in Spannung halten, noch unverletzt sind.

Die Erweiterung der Trachea konnte entweder auf einer Erschlaffung der Muskeln oder der die Ringe zusammenhaltenden elastischen Bänder beruhen, oder zweitens auf Verstärkung der Elasticität der Trachealknorpel, wobei in beiden Fällen eine Erweiterung der Trachea erfolgen muss.

Zuerst wurde zur Prüfung der Knorpelringe geschritten. Es stellte sich bald heraus, dass die Knorpelringe der Trachea unter verschiedene Bedingungen versetzt, eine stark veränderliche Elasticität zeigen, und dass unter diesen Bedingungen die Temperatur von grossem Einflusse ist.

Bei allen Versuchen mit sehr wenigen Ausnahmen, zeigte sich, dass die Trachealringe, wenn sie in warmem Wasser gelegen hatten, beim Zerschneiden ihrer Bänder, bedeutend stärker auseinander klafften, als unmittelbar daran stossende gleich grosse Ringe derselben Trachea, welche vor dem Durchschneiden ihrer Bänder eine gleich lange Zeit (einige Minuten) in eiskaltes Wasser gelegt worden waren.

Legte man die Knorpelringe statt in Wasser in Blut, so zeigten sie dasselbe Verhalten, trotzdem dass der möglicherweise für die lebendigen thierischen Gewebe schädliche Einfluss des Wassers ausgeschlossen blieb.

Die Knorpelringe einer todten Trachea verhalten sich hinsichtlich der Veränderung ihrer Elasticität bei Erwärmung und Abkühlung ebenso wie die einer frisch vom Thiere entnommenen. Dies zeigte sich an den Knorpelringen einer Trachea, welche über zwei Mal 24 Stunden im Blute gelegen hatte, auf electriche Reizungen sich nicht mehr contrahirte und also wahrscheinlich todt war.

Nachdem sich ein so bedeutender Einfluss der Temperatur auf die Elasticitätsgrösse der Knorpelringe herausgestellt hatte, war ein neues Moment für die plausible Erklärung der Erweiterungen der Trachea beim Eintauchen derselben in warmes Blut gegeben.

Ein gespannter Kautschukstreif gewinnt, wie bekannt, durch Wärme an Elasticität, indem er sich beim Erwärmen rasch contrahirt, während ein selbst stark gespannter Kautschukstreifen, welcher in gespanntem Zustande kurze Zeit in kaltem Wasser gelegen hat, seine Länge so lange beibehält, als er nicht wieder erwärmt wird, dann aber, bei Erwärmung, sich sofort verkürzt.

Diese Thatsachen wurden mir wiederholt von Herrn Professor Fick gütigst gezeigt.

Wir haben also im Knorpel ein thierisches Gewebe gefunden, welches sich gegen Wärme und Kälte ähnlich verhält wie Kautschuk.

Da ich vorläufig noch nicht näher untersucht habe, ob diese Veränderungen der Knorpel sich auf die Grösse oder auf die Voll-

kommenheit der Elasticität beziehen, so sollen in dieser Arbeit die genannten Begriffe nicht streng von einander geschieden, sondern unter dem gemeinsamen Namen Elasticität zusammengefasst werden.

Zur weiteren Prüfung dieser Elasticitätsverhältnisse bog ich Trachealringe, deren Bänder zerschnitten waren, künstlich zusammen und suchte sie durch herumgewickelte Bindfäden in dieser Lage zu erhalten. Allein es stellte sich hierbei heraus, dass es für das spätere Auseinanderklaffen der Knorpelenden, nach Wegnahme der Fäden, nicht gleichgültig war, an welcher Stelle des Ringknorpels der Faden angebracht, und wie stark der Knorpel selbst gebogen wurde.

Diese groben Versuche zeigen schon, dass es schwierig ist die Spannung der Trachealringe, wie sie normal im Thierkörper besteht, nachzuahmen.

Die anatomische Thatsache (von welcher später noch ausführlicher die Rede sein wird), dass die Knorpelringe bei verschiedenen Thieren auf verschiedene Weise zusammen gebogen gehalten werden, lässt vermuthen, dass der Befestigungspunkt für die, die Trachealringe spannenden Muskeln, Bänder etc. nicht ohne Bedeutung, und dass die Art der Befestigung keine so einfache, als es auf den ersten Blick erscheint, ist.

Ob die Elasticität der Trachealknorpel des Schaffoetus von der Temperatur wirklich nicht beeinflusst wird, oder ob die eintretende Veränderung der Elasticität vielleicht nur so gering ist, dass sie mit den angewendeten groben Messungsmethoden nicht wahrgenommen werden konnte, oder ob endlich andere Bedingungen erfüllt sein müssen, um dieselbe bemerkbar zu machen, bleibe dahin gestellt.

Eben so bleibt es fraglich, ob die elastischen Bänder, welche die Trachealringe zusammenhalten, auch von der Temperatur beeinflusst werden und so, bei den Veränderungen des Trachealvolumens, eine Rolle spielen oder nicht. Vorläufig wollen wir davon absehen.

Von den Vorrichtungen der Trachea, welche zu Veränderungen des Volumens dienen können, bleiben, ausser den Knorpeln und elastischen Bändern, noch die Trachealmuskeln zu betrachten übrig.

Dass diesen letzteren die Hauptrolle bei der Verminderung des Trachealvolumens zukommt, ergiebt sich unzweifelhaft aus ihrer Lage und aus allen sich daran knüpfenden Ueberlegungen.

Aber abgesehen von dieser so natürlichen Function der Muskeln bei der Contraction der Trachea, schienen dieselben, nach dem

an der Trachea Beobachteten, auch, (was etwas sonderbar klingt), bei der Erweiterung der Trachea betheiligt zu sein.

Wenn bei der Erwärmung der Trachea ihre Erweiterung mit gewisser Leichtigkeit aus der alleinigen Vergrößerung der Elasticität der Knorpelringe erklärt werden kann, so reicht diese Erklärung nicht mehr für jene Fälle aus, in welchen die Erweiterung nach einer electricischen Reizung, oder von selbst eintritt, zu einer Zeit, wo keine Temperaturerhöhung stattgefunden hatte.

Nach allen Ueberlegungen bleibt uns zur Erklärung dieser letzteren Fälle nur die Annahme übrig, dass die glatten Muskeln der Trachea durch Wärme, durch electricische Reizungen, oder zeitweise auch von selbst in eine gewisse Erschlaffung gerathen, und dass dann die, immer zum Auseinanderklaffen bereiten, Enden der Knorpelringe, diese Erschlaffung der Muskeln benutzend, durch ihr Auseinanderweichen die Trachea erweitern.

Daraus geht die interessante Thatsache hervor, dass die glatten Muskeln keine constante, sondern eine sehr veränderliche Elasticität besitzen, welche Thatsache nicht ohne Interesse für die Muskelphysiologie sein kann.

Zur Ergänzung der Erklärung der, an der Trachea zu beobachtenden, Volumenänderungen muss hier noch darauf hingewiesen werden, dass die Wärme bei den Contractionen der Trachealmuskeln eine doppelte Rolle spielt: erstens erhöht sie die Reizbarkeit der Muskeln und zweitens wirkt sie selbst bei gewissen Temperaturen als Reiz, welcher selbst Contractionen der Muskeln hervorzurufen im Stande ist.

Mit der alleinigen Zuhilfenahme der beobachteten Elasticitätsveränderungen der Trachealringe, der Trachealmuskeln und der möglichen Veränderungen der Trachealbänder, lassen sich alle Erweiterungen und Contractionen der Trachea, sie mögen durch electricische Reizungen, sowie durch Temperaturwechsel bedingt sein oder von selbst eintreten, genügend erklären.

Beobachten wir z. B. eine Contraction der Trachea, so kann dieselbe entweder durch Contraction der Muskeln oder durch Verminderung der Elasticität der Knorpel oder endlich durch Vergrößerung der Elasticität der Muskeln zu Stande kommen.

Eben so kann eine Erweiterung der Trachea die Folge einer erhöhten Elasticität der Knorpelringe oder einer Erschlaffung der Muskeln sein.

Verändert die Trachea bei Erwärmung etc. ihr Volumen nicht, so beweist dies noch nicht sicher, dass alle Theile der Trachea, wie Muskeln, Knorpel etc. unthätig sind. — Ein scheinbarer Ruhezustand kann auch zu Stande kommen durch eine gleichzeitige Wirksamkeit aller oben namhaft gemachten Factoren (Muskeln etc.), wenn die Constellation dieser Kräfte derart ist, dass sie sich gegenseitig vernichten und somit ihre Thätigkeit nicht zum Vorschein kommt.

Eben so kann ein beobachteter kleiner Effect kein absolut sicheres Maass abgeben für die Energie der beteiligten Kräfte, da er sich auch als Endresultat einer angestregten Thätigkeit, sich zum Theil aufhebender Factoren, betrachten lässt.

Nach dem Gesagten wird es leicht begreiflich, dass auch eine todte Trachea (von Warmblütern) Contractionen zeigen kann, wenn man die Trachealmuskeln durch Wasser oder auf irgend eine andere Weise zur Schrumpfung und Todtenstarre bringt, besonders zu einer Zeit, in welcher die Elasticität der Knorpel durch die Kälte schon vermindert ist.

Die Contractionen, welche von verschiedenen Autoren an den Bronchien beobachtet wurden, wenn die Lunge in die Kälte gebracht worden war, können das, über das Verhalten der todten Trachea Gesagte nur bestätigen. Es ist ferner zu beachten, dass ausser der Temperatur auch noch andere Einflüsse die Zusammenziehung der todten Lunge verstärken können, wie dies aus den nachstehenden Bemerkungen Reisseisen's¹⁾ hervorgeht: »Daher sind auch die Lungen in den menschlichen Leichnamen, wo sie überhaupt meistens von Blute strotzen, sehr ausgedehnt; entleert man sie aber von ihrem Blute, durch Ausspritzung mit warmem Wasser, so werden sie, wenn man sie dann wieder aufbläst, schnell zusammensinken.«

Nachdem die Veränderungen an der todten Trachea und Lunge besprochen sind, erscheint es am passendsten die nachstehende Angabe von J. J. Müller hier folgen zu lassen.

J. J. Müller hat in Ludwigs Institut durch herausgeschnittene Hunde-Lungen künstlich Blut geleitet.

Müller sah wohl ein, dass, wenn seine Untersuchungen nicht ganz werthlos sein sollten, er bei seinen Versuchen mit Lungen

1) Reisseisen, Ueber den Bau der Lungen. Eine von der königl. Akad. der Wissensch. zu Berlin gekrönte Preisschrift. Berlin 1822. p. 23—24.

operiren musste, welche allenfalls noch für lebendig gelten konnten. Um dies zu erreichen, liess er auf die betreffenden Lungen (welche bekanntlich Muskeln enthalten) electriche Reize einwirken. Nachdem ihm aber diese vollkommen sachgemässe Prüfungsmethode das Lebendigein der untersuchten Lunge nicht angeben wollte, verwarf er dieselbe und ersetzte sie durch eine andere Methode (die Abkühlung), mittelst welcher er seinen Zweck, die Lunge lebendig zu finden, leichter erreichen konnte.

Er warf eine Lunge in Eiswasser und erblickte in der Verminderung des Volumens, welche die, wie es scheint, noch stark aufgeblasene Lunge hierbei zeigte, eine »Lebenseigenschaft« derselben ¹⁾.

Wollte man nach diesem Beispiel jeden durch Kälte zusammenschrumpfenden Körper für lebendig erklären, so dürfte man überhaupt nicht mehr von todtten Körpern sprechen.

Ebenso müsste man in der Berührung thierischer Gewebe mit Wasser ein Wiederbelebungs mittel für dieselben erblicken, da ja, nach Reisseisen, die Zusammenziehung einer todtten Lunge, deren Blutgefässe mit Wasser ausgespritzt worden waren, stärker war als vor dieser Auspülung. Dass Ludwig als Mitglied der Wiener Akademie der Wissenschaften und wirkliches Mitglied anderer gelehrter Gesellschaften, seinen Collegen gegenüber eine sich der Fäulniss nähernde Lunge für eine lebende ausgab, kann freilich nicht Wunder nehmen, nachdem er schon früher (vor denselben Collegen) die, aus einer todtten Leber herausgepresste, Galle aus Blut künstlich in seinem Institute dargestellt sein liess.

Das Durchleiten von Ochsenblut durch eine todtte Hunde-Leber oder von Hundeblood durch eine herausgeschnittene Kaninchenlunge

1) In den Berichten über die Verhandlungen der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig (Bd. 21. 1869) in der Arbeit »Ueber die Athmung der Lunge«, vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede C. Ludwig, ist auf der Seite 150 Folgendes zu lesen: »Directer noch besitzt man bekanntlich für die Lebenseigenschaften der Lunge ein Zeichen in der Contraction derselben beim Eintauchen in Eiswasser (Traube). Ich habe diese Probe nach jedem Versuche angestellt; sie fiel, wenn die Durchleitung des Blutes ununterbrochen fortgeführt worden war, stets im Sinne der Conservirung des Lebens aus. Electriche Reizungen, wodurch ich partielle Contractionen zu erzielen hoffte, führten dagegen weder an der ganz frischen, noch an der Lunge, die zum Versuche gedient hatte, zu einem Resultate. Aufgeblasen war die Lunge nach dem Versuche immer vollständig.«

ist an und für sich eine ganz unschädliche Beschäftigung, welche vielleicht einmal einen Fingerzeig geben kann für das Resultat, welches man zu erwarten hat, wenn Schweineblut durch den Kopf eines Schafes geleitet wird.

Aber weder diese unschuldige Beschäftigung des hohen Institutes, noch die eingehenderen physiologischen Untersuchungen an einer faulenden Lunge und Aehnliches wären einer Erwähnung, geschweige einer näheren Besprechung werth, wenn damit durch Ludwig in die wissenschaftliche Welt nicht eine angebliche Thatsache eingeführt worden wäre, die an Wunderbarkeit alles übertrifft, was von Ludwig bis jetzt vorgebracht wurde, die Entdeckung nämlich, dass die Muskeln der Lunge des Hundes noch bei 0° und durch Wasser auf Leben beruhende Contractionen zeigen können! Komischer Weise wurden diese wunderbaren Muskelcontractionen in demselben Institute entdeckt, in welchem man nicht im Stande zu sein scheint, Lungencontractionen durch electricische Reizungen hervorzurufen, wie sie doch schon so oft und von so Vielen erhalten worden sind. Manchen Instituten scheint es leichter zu glücken Unmögliches zu entdecken, als etwas Thatsächliches zu beobachten.

Wenn Ludwig die Schrumpfung der aufgeblasenen und abgekühlten Lunge für ein sicheres Lebenszeichen erklärt, so kann dies nur darin seine Entschuldigung finden, dass er durch diese wohl etwas eilige und billige Annahme den Werth der, in seinem Institute ausgeführten, Arbeit retten wollte.

Wir verlassen die toten Lungen und wenden uns wieder zu den Erscheinungen an der lebenden Trachea. Wenn man durch electricische Reizung den Biceps in Contraction versetzen kann, so ist man noch bei weitem nicht berechtigt, daraus den Schluss zu ziehen, dass bei der Contraction des Armes im Ellenbogengelenke der Biceps genau dieselben Contractionen ausführt, welche wir künstlich bei ihm erzeugt haben, besonders da der Grad der Betheiligung der verschiedenen Muskeln, bei irgend einer ausgeführten Bewegung, in unserem Organismus noch ein unberührtes Gebiet ist. Ebenso sind auch die, durch electricische Reizungen, oder irgendwie künstlich, an der herausgeschnittenen Trachea hervorgerufenen Contractionen, Erweiterungen etc. nicht als Veränderungen, die am lebenden Thiere unbedingt ganz in derselben Weise und Form vorkommen, wie wir sie bei den Versuchen gesehen haben, zu betrachten.

Desswegen waren vorläufig die beobachteten Veränderungen an der Trachea nur als Beweise und Gründe dafür, dass diese Veränderungen an der normalen Trachea vorkommen können und also einer weiteren Untersuchung werth sind, zu betrachten.

Es wurde nach Mitteln gesucht, die Trachea in einen Zustand zu versetzen, in welchem man mehr normale und nicht durch electriche Reizung etc. hervorgerufene Contractionen etc. derselben beobachten konnte.

Dazu wurde auf die Trachea dies Princip übertragen, welches an der Peristaltik der Gedärme sich als so nützlich erwiesen hat; es wurde nämlich dafür gesorgt, dass die Trachea während des Versuches stets bei passender Temperatur erhalten wurde.

Diese passende Temperatur war bereits bekannt, da durch die früheren Versuche die niedrigste Temperatur, bei welcher noch Contractionen an der Trachea möglich sind, festgestellt war. Diese Experimente wurden noch dadurch erleichtert, dass die Blutcirculation für die Trachea nicht in dem Maasse sich als nothwendig erwies, wie für die Gedärme, und dass also von der Blutcirculation vorläufig ziemlich abstrahirt werden konnte.

Bei genaueren Beobachtungen an den passend erwärmten Tracheen zeigten sich sehr bald, ohne electriche Reizung, selbstständig und abwechselnd eintretende Contractionen und Erweiterungen der Trachea.

Da alle möglichen minutiösesten Bedingungen erfüllt waren, um den Verdacht zu beseitigen, als ob diese Erscheinungen durch nebensächliche Umstände, wie z. B. Ausdehnung und Zusammenziehung der Flüssigkeit, durch die Temperatur etc., entstanden, so ist man zum Schlusse berechtigt, dass die Trachea selbstständige rhythmische Contractionen und Erweiterungen erleidet.

Um möglichst alle Fehlerquellen zu beseitigen, wurde die ganze mit Blut gefüllte Trachea unbeweglich in einem Glase mit warmem Blute aufgehängt. Um mögliche Reizungen durch Stromschleifen, durch ungenaue Schliessung des Schlüssels am Apparate zu beseitigen, wurde das Bunsen'sche Element auseinander genommen. — Trotz alledem wurde dieselbe Rhythmik an der Trachea längere Zeit, einige Male sogar über eine halbe Stunde, ununterbrochen beobachtet.

Dabei wurde auch die Temperatur im Glase und in der Trachea,

in welchen beiden die ganze Zeit hindurch Thermometer steckten, notirt.

Der Rhythmus der Contractionen und Erweiterungen der Trachea dauert annähernd eine halbe bis $1\frac{1}{2}$ Minute. Dabei wurde sehr oft beim Steigen, wie beim Sinken der Flüssigkeit auf kurze Zeit ein Stillstand beobachtet.

Zwischen diese ziemlich bedeutenden rhythmischen Bewegungen der Flüssigkeit im Manometer waren einige Male kleinere, manchmal kaum bemerkbare, Hin- und Herschwankungen der Flüssigkeit eingeschaltet, nach deren Beendigung die Flüssigkeit wieder in die Höhe stieg und ihre begonnenen grossen Excursionen weiter fortsetzte.

Diese rhythmischen Contractionen der Trachea traten stets nur bei einer Temperatur über $+20^{\circ}\text{C.}$ und niemals bei Temperaturen unter $+20^{\circ}\text{C.}$ ein.

In dieser Hinsicht besteht eine gewisse Analogie zwischen der Rhythmik der Trachea und der Peristaltik der Gedärme, welche letztere gleichfalls bei circa $+20^{\circ}\text{C.}$ eintritt. Es ist wohl hier der Ort hervorzuheben, dass die Grenztemperatur ($+12^{\circ}\text{C.}$) für die Contractionen der Trachea auf electriche Reizungen wohl zu unterscheiden ist von der Grenztemperatur für die selbstständig eintretenden rhythmischen Contractionen der Trachea, welche erst bei über $+20^{\circ}\text{C.}$ eintreten.

Da die Rhythmik der Trachea weder mit den Herzpulsationen, noch mit dem Rhythmus der Athemzüge übereinstimmt, so ist es noch schwieriger, für diese Rhythmik einen Anknüpfungspunkt zu finden.

Kölliker ¹⁾ hat Nervenganglien in der Lunge der Säugethiere auf mikroskopischem Wege entdeckt. Diese Thatsache stand bis jetzt so isolirt und unvermittelt da, dass sie schon längst, wenn nicht eine Autorität, wie Kölliker, sie angegeben hätte, bezweifelt oder vergessen worden wäre, da man keinen Anhaltspunkt für irgend welche Function derselben besass und der Sitz von Nervenganglien in der Lunge höchst wunderbar und unwahrscheinlich erschien. — Die an der Trachea beobachteten rhythmischen Contractionen, auf welche man schon früher, auf Kölliker's Angabe in der Lunge fussend, per Analogie mit der Darmmuskulatur hätte schliessen

1) Mikroskopische Anatomie oder Gewebelehre etc. Leipzig 1854. p. 320.

können, bestätigen jetzt, von physiologischer Seite, die von Köl liker entdeckte anatomische Thatsache.

Beim Oeffnen der Bauchhöhle eines lebenden Warmblüters sieht man, wie bekannt, oft die Peristaltik der Gedärme. Bei starken Inductionsströmen wird die Applicationsstelle des Darmes gewöhnstark contrahirt (wie eingeschnürt), und diese Stelle theilnähmt sich nicht mehr an der Peristaltik der Darmschlinge. Schwache Ströme dagegen verstärken die Peristaltik des gereizten Darmstückes, ohne diese Einschnürungen hervorzurufen. Etwas dieser Erscheinung Analoges wurde auch einige Male bei der Rhythmik der Trachea beobachtet, insofern als starke Inductionsströme die rhythmischen Contractionen der Trachea, welche vordem längere Zeit regelmässig fortgedauert hatten, aufhoben, während vorher angewandte schwache Ströme dies nicht bewirkten.

Vergegenwärtigt man sich, wie gross der Unterschied in der Dauer und Stärke der Reizbarkeit der Gedärme ist, bei welcher die Blutcirculation fortbesteht, im Vergleiche mit den Gedärmen, welche dieser Circulation beraubt sind, so wird man sehr geneigt sein anzunehmen, dass im normalen physiologischen Zustande die Trachea ganz andere, in Betreff der Energie bedeutend energischere Contractionen zeigt, als wir sie an herausgeschnittenen Tracheen bekommen haben. Aus denselben Gründen sind auch, vielleicht, die Temperaturen von $+12^{\circ}$ und 13° C., welche bei den Versuchen an herausgeschnittenen Tracheen als Grenztemperaturen für die Trachealcontractionen sich zeigten, noch nicht als definitive und letzte zu betrachten.

Bei allen unseren Versuchen war die Trachea der normalen Blutcirculation beraubt, hätte aber das bei unseren Versuchen die Trachea füllende Blut die Blutcirculation in diesem Organe einigermaßen ersetzt, so wäre dies um so auffallender, als die Muskeln von dem Blute durch eine Schleimhaut stets getrennt waren.

Es sei hier noch die Thatsache erwähnt, dass die Abkühlung der Trachealmuskeln bis zwischen $+5^{\circ}$ und $+8^{\circ}$ C. die Contractionsfähigkeit derselben noch nicht vernichtet, indem bis so weit abgekühlte Tracheen nach der Erwärmung wieder Contractionen auf electriche Reizungen zeigten.

Der Satz: die Trachea ist eine der Lunge Luft zuführende Röhre, welche, um bei der Respiration nicht zusammenzufallen, mit Knorpelringen versehen ist, gehört zu denjenigen, welche in vielen anatomischen

und physiologischen Handbüchern zu lesen sind, und bei denen sich Viele etwas klares und deutliches vorstellen. Jemand der sich mit dieser Erklärung zufriedenstellt, könnte meinen, die Trachea, als ein Anhängsel eines schon so einfach construirten und einfach functionirenden Organes, wie die Lunge, verdiene eigentlich weder im allgemeinen noch im speciellen eine weitere Untersuchung.

Wie oberflächlich die Betrachtung, auf welche sich eine solche Meinung stützt, ergibt sich schon aus der Thatsache, dass bei vielen Thieren die, an der Trachea so »weise« angebrachten, Knorpeln total fehlen und bei solchen Thieren das, bei der Respiration so gefürchtete, Zusammenfallen der Luftröhre wirklich stattfindet, ohne dass die Thiere dabei, wie man denken sollte, ersticken, vielmehr munter weiter leben. Dies ist um so auffallender, als jene Einrichtung der Luftröhre gleichsam, wie zum Spotte, nur bei Vögeln vorkommt, bei welchen die Nothwendigkeit der raschen Lufterneuerung, im Vergleich mit den übrigen Thierclassen, enorm gross ist.

Das Vorkommen bei Thieren von stark gewundenen, in Knochen eingebetteten Tracheen und manches Andere könnte schon der Vermuthung Raum geben, dass die Sache sich nicht so einfach verhält, wie es Viele annehmen.

Von alledem abgesehen, wird aber eine eingehende Untersuchung der Function der Trachea an Berechtigung noch gewinnen, wenn wir erwägen, dass die hierbei für die Function der Trachea sich ergebenden Schlüsse ohne Weiteres auf die grösseren Bronchien und mit einigen (vielleicht nur wenigen) Modificationen auch auf die feineren knorpellosen, aber musculösen Verästelungen derselben (Bronchien) mit Nutzen übertragen werden können, und dass man also einigermassen berechtigt sein wird, eine Untersuchung an der Trachea zugleich auch als eine solche der übrigen Luft führenden Röhren der Lunge anzusehen.

Aus diesen Gründen betrachte ich diese Arbeit über die Trachea vorwiegend als eine Voruntersuchung über die noch so wenig bekannte und so wenig untersuchte Mechanik der Lungenrespiration, für deren genauere Erforschung die mitgetheilten Resultate als Wegweiser dienen dürften, worauf bei der nächsten Untersuchung das Hauptaugenmerk gerichtet werden muss.

Von diesem Gesichtspunkte bin ich bei meiner Untersuchung der Trachea ausgegangen und liess mich stets von demselben leiten.

Die Trachea wurde, wie schon früher angedeutet ist, als Unter-

suchungsobject gewählt, weil sich an ihr im Vergleiche mit den übrigen Luftwegen der Lunge genaue Methoden am leichtesten anwenden liessen.

Wer die Erweiterung und Verengerung des Lumens der Luftwege der Lunge nicht als etwas für die Athmung und für das Leben der höheren Thiere Gleichgültiges und Unwesentliches betrachtet, der wird wohl die Zweckmässigkeit und Nothwendigkeit einer Untersuchung über die Wirkung von Electricität, Spannung, Wärme, Kälte etc. auf jeden einzelnen Bestandtheil der Trachea einsehen.

Sollte Jemand auch die Veränderungen des Tracheallumens für etwas gleichgültiges und unbedeutendes halten, so wird er doch zugeben müssen, dass der Gesamteffect ausserordentlich wächst, wenn, was sehr wahrscheinlich ist, auch die Lumina der übrigen Luftwege der Lunge eben solchen Veränderungen, wie die Trachea, unterworfen sind.

Nachdem wir die, an der Trachea beobachteten Thatsachen mitgetheilt haben, wollen wir prüfen, in wiefern dieselben verwerthbar sind bei der Beurtheilung einiger schon bekannten Thatsachen über die Respiration der Säugethiere. Dabei werden am meisten die Veränderungen des Volumens und des Durchmessers der Luftwege der Lunge im Auge gehalten.

Dass die Verengerung der Trachea und der Luftwege die Respiration beeinträchtigen kann, ist wohl eine bekannte Thatsache. Stricturen, Polypen etc. in der Trachea geben uns zahlreiche Beweise dafür. Dagegen sehen wir daneben, dass augenscheinlich ziemlich grosse Hindernisse für den Luftwechsel in den Luftwegen keine merkliche Störung der Athmung hervorrufen, so z. B. die Anhäufung von ziemlich grossen Schleimklumpen in der Trachea und in den Bronchien.

Die Grösse der Verengerung der Trachea und die Bedingungen, unter welchen sie schädlich zu werden beginnt, und die Grenze, bei welcher die, physiologisch zu Stande kommenden, unschädlichen Verengerungen überschritten werden und die für das Leben schädlichen und gefährlichen beginnen, ist noch ebenso unerforscht, wie auch die eigentliche Ursache ihrer Schädlichkeit.

Die Beobachtungen, dass ein Polyp oder Catarrh der Schleimhaut der Nasenhöhle die Athmung sehr hindert, trotzdem dass durch den geöffneten Mund der Luft ein genügender Spielraum dargeboten

zu sein scheint, beweist wohl, dass der Mechanismus der normalen Lungenventilation weit complicirter ist, als man gewöhnlich annimmt. Das letzte ergibt sich noch klarer aus der Thatsache, dass Thiere (besonders Kaninchen) eine sehr gehemmte Athmung zeigen, ja selbst ersticken können, obgleich man in ihre Trachea eine Glascanüle eingebunden hat, welche, ihrem Lumen nach, den Zutritt der Luft scheinbar gar nicht hindert und sogar den Weg, welchen nun die Luft zur Lunge zurückzulegen hat, abkürzt.

Die Störungen in der Athmung tracheotomirter Säugethiere, bei welchen die Glascanüle etwas länger genommen wird, lassen sich um so schwieriger begreifen, als bei manchen Thieren (Vögeln) eine weit bedeutendere Verlängerung der Trachea ein natürliches Vorkommniss ist und der normalen Athmung nicht das geringste Hinderniss entgegenstellt.

Die Verlängerung der Trachea bei der Inspiration bewirkt gleichzeitig eine Aenderung ihres Durchmessers; ob aber, wie Einige vermuthen, eine Verengung derselben zu Stande kommt, ist noch lange nicht erwiesen. Die Thatsache, dass bei sehr starker künstlicher Ausdehnung der Trachea das Volumen kleiner werden kann, als es vor der Ausdehnung war, beweist weder mit Sicherheit, dass bei der Athmung der Durchmesser verkleinert werden muss, noch dass bei der stärksten normalen Ausdehnung der Trachea und der übrigen Luftwege jemals eine solche Ausdehnungsgrösse, wie die künstliche, erreicht wird.

Die Trachea kann während der Athmung ihr Lumen erweitern, verengern oder unverändert beibehalten¹⁾; welcher aber von diesen drei möglichen Zuständen bei der normalen Athmung der zweckmässigste ist und am häufigsten eintritt, ist noch nicht ermittelt. — Es kann sein, dass die Muskeln, die elastischen Fasern etc. in den Luftwegen nur dazu da sind, um das Volumen derselben unter verschiedenen Umständen zu verändern und zu reguliren; oder sie dienen nur als Vorrichtungen um das Volumen der Luftwege immer unverändert zu erhalten.

Dass die Lunge sich bei der Inspiration vergrössert und bei der Expiration zusammenzieht, ist wohl bekannt. Wie geschieht

1) In welchen letzteren Fällen die bei der Inspiration entstehende Volumenvergrösserung der Lunge selbstverständlich auf Rechnung der Lungenbläschen allein kommt.

dies aber? Schreitet die Volumenänderung wenn eine solche statt hat, allmählich von den grösseren zu den kleineren Luftwegen vor oder findet sie bei allen Theilen der Lungen gleichzeitig und gleichmässig statt? Die Bedeutung der physiologischen Veränderung des Durchmessers der Trachea bei rhythmischen Contractionen derselben für den Act der Respiration ist gänzlich unbekannt.

Bedenkt man ferner, dass ebenso wie der Durchmesser, auch das Volumen der Luftwege sich ändern kann, so sehen wir vor uns eine Menge von complicirten Vorrichtungen, deren Vorhandensein unsere Bewunderung erregt, auf deren Erklärung wir aber vorläufig verzichten müssen. Dass der Catarrh der Luftwege und die Kälte bei neugeborenen Kindern sehr schädlich und für das Leben sehr gefährlich sind, ist eine längst und allgemein als sicher angenommene Thatsache. Je eingehender man aber nach der Ursache dieser Schädlichkeit forscht, desto räthselhafter erscheint dieselbe, besonders indem grade die neugeborenen Thiere eine bedeutend stärkere Abkühlung ihres Körpers ertragen als die erwachsenen,

Neugeborene Hunde können, wie ich neuerdings beobachtet habe, eine wiederholte Abkühlung ihres Körpers auf $+ 2^{\circ}$ C. ertragen, ohne dass das Leben gefährdet wird. Die von Einigen ausgesprochene Ansicht, dass die Ursache der Schädlichkeit der Catarrhe bei Neugeborenen in der Anschwellung der Schleimhaut resp. Verengerung des Lumens der Bronchien liege, kann keine volle Begründung erhalten, da bei Erwachsenen der Luftzutritt in der Lunge durch Anschwellung der Schleimhaut vielleicht nicht minder verhindert wird.

Die beobachtete geringere Elasticität der Knorpelringe bei jungen Thieren kann uns vielleicht die Ursache der Schädlichkeit der Bronchialcatarrhe bei Neugeborenen besser, als bisher, aufklären. Bei Neugeborenen nämlich zeigen die Trachealknorpel manchmal kaum eine Spur der, die Trachea erweiternden Kraft, welche bei Erwachsenen so bedeutend ist. Es kann also vorkommen, dass das durch die verdickte Schleimhaut verminderte Lumen der Luftwege gar nicht mehr durch die spannende Kraft der Knorpelringe corrigirt werden kann, welche Correction bei Erwachsenen wahrscheinlich stattfindet.

Worauf aber die für Neugeborene allgemein angenommene Gefahr der Kälte begründet ist, ist mir total unverständlich, da grade Fälle bekannt sind, dass bei einer Gruppe von erfrorenen Menschen allein der dabei gewesene Säugling am Leben geblieben

war, indem er halb nackt herumkroch. Nach Analogie des an Trachealknorpeln Beobachteten, darf man vermuthen, dass die übrigen Knorpel der Neugeborenen auch sehr wenig elastisch sind. Unter dieser Voraussetzung müssten eigentlich die neugeborenen Kinder mehr eine diaphragmale, als eine Rippen-Athmung haben. Ich war sehr erfreut, nach längerem Suchen auch diese, von mir a priori aufgestellte Meinung als richtig bestätigt zu finden ¹⁾.

Darnach könnte man nach dem Eintritt der Rippenrespiration bei Kindern die Verstärkung der Elasticität der Knorpel bemessen.

Bis jetzt wurde die geringe Mitwirkung dieser Rippenrespiration als Schwäche und mangelhafte Entwicklung der Brust und Respirationsmuskeln der Kinder angesehen, was nach dem oben gesagten als nicht ganz richtig zu betrachten ist.

Sollte die Elasticität für die Gelenkknorpel ebenso nöthig und nützlich sein, wie für die Trachea und die Rippen, so muss man die Unmöglichkeit des Gehens bei Neugeborenen theils als eine nothwendige Folge des Zustandes ihrer Gelenkknorpel betrachten und der Elasticität der Gelenkknorpel eine grössere Bedeutung zuschreiben, als es bis jetzt geschehen ist.

Darnach wäre es von Interesse, eine vergleichende Untersuchung der Knorpel auf Elasticität von solchen Thieren, die gleich nach der Geburt gehen können, vorzunehmen. Abgesehen von der oben erwähnten Ventilations-Function, scheint die Lunge der Menschen und der höheren Thiere noch in hohem Maasse die Fähigkeit zu besitzen, die Temperatur der in der Lunge sich befindenden Luft constant zu erhalten und zu reguliren.

Prof. Heidenhain hat mir die von ihm beobachtete und soweit mir bekannt noch nicht publicirte Thatsache mitgetheilt, dass die von dem Hunde ausgeathmete Luft eine ziemliche Constanz der Temperatur zeigte, trotzdem dass die eingeathmete Luft ziemlich stark erwärmt wurde, dass also die Lunge der Säugethiere, trotz der höheren Temperatur des umgebenden Mediums, das Vermögen besitzt, der ausgeathmeten Luft eine constante Temperatur zu ertheilen.

Dass die Lungen auch für kältere Luft ein solches Regulationsvermögen besitzen, ersieht man aus der ziemlich hohen Temperatur

1) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. 2. Bd. Cap. Respiration von Vierordt. p. 836.

der Luft, welche von Thieren bei der Kälte im Winter ausgeathmet wird.

Dass dieses Regulationsvermögen der Lunge auch gestört werden kann, beweisen die Thatsachen, dass gewisse Kranke oft abnorm warme Luft ausathmen, und dass Sterbende zu einer Zeit, wo ihre Körpertemperatur noch ziemlich normal ist, häufig eine auffallend kalte Luft aushauchen. Ob verschiedene Krankheiten die Folge oder die Ursache dieser Erscheinung sind, ist eben so schwer zu entscheiden, als auch überhaupt die Art und Weise, auf welche diese Erscheinungen zu Stande kommen.

In wiefern überhaupt die Temperatur der eingeathmeten Luft einen Einfluss ausübt auf die Elasticität der Trachealknorpel, der Trachealmuskeln etc. bei normalem Athmen, ist uns total unbekannt, da uns, so viel mir bekannt, bis jetzt Beobachtungen fehlen sogar über die Veränderungen der Athemgeräusche beim Einathmen der kalten oder der warmen Luft. Dies Gebiet ist als ein vollständig unberührtes zu betrachten.

Es ist eine wohlbekannte Sache, dass es für die Elasticitätsercheinungen nicht gleichgiltig ist, ob man einen elastischen Körper aus der elastischen Gleichgewichtslage langsam oder schnell in eine gespannte Lage versetzt und dann wiederum rasch oder langsam in diese Ruhelage zurückbringt. Die Ungleichheit der Zeitdauer der Inspiration und Expiration bei der Athmung scheint wohl Einfluss auf die Elasticität der Lunge zu haben, ebenso auch die unbedingte Nothwendigkeit einer stärkeren Ausdehnung der Lunge, die von Zeit zu Zeit beim Menschen eintritt, indem er nach einer Anzahl von schwachen Athemzügen unüberwindlich einen starken Athemzug machen muss. Sind diese veränderlichen Ausdehnungen der Lunge als Schonungsmittel oder als Verstärkungsmittel für die Elasticität der Lunge zu betrachten? Alles das sind Fragen, deren Lösung von hohem Interesse auch für die practische Medicin wäre, um einmal zu wissen, ob die verminderte Elasticität der Lunge eine corrigirbare oder uncorrigirbare Erscheinung ist, und dadurch bei der Beurtheilung und Behandlung der Emphyseme der Lunge sicherer vorgehen zu können.

Bis jetzt wurden allgemein fast sämtliche Einwirkungen der Lunge, als zur besseren Ventilation der Lunge dienend betrachtet, dabei aber nicht näher untersucht, in wiefern die Constanz der Temperatur der ausgeathmeten Luft bei variabler Temperatur der

äusseren Luft, in wiefern die Beständigkeit des Winkels, unter welchem sich die Luftwege der Lunge verzweigen und manches Andere der Verstärkung oder Verminderung der Ventilation dienen können.

Nach all dem Gesagten und Gesehenen müssen wir die Lunge und den Mechanismus der Respiration als etwas sehr complicirtes ansehen. Es fragt sich nun, ob die Regulation der Temperatur in den Luftwegen der Lunge als Mittel dient zur Beförderung der Ventilation oder zu anderen, noch uns bekannten Zwecken dienen muss? Mit anderen Worten, ob alle Einrichtungen in der Lunge die Ventilation derselben als Endzweck haben, oder ob nicht die Lunge, wie auch manche andere Organe, in sich zu gleicher Zeit Mittel und Zweck enthält.

Als Anhang will ich hier einige bei dieser Untersuchung gefundene, auf die Anatomie der Trachea sich beziehende Thatsachen mittheilen, welche in den anatomischen Handbüchern nicht angegeben sind.

Die nahezu ringförmige Gestalt der Trachealknorpel kommt dadurch zu Stande, dass ihre freien Enden durch membranöse (aus Muskeln, elastischen Fasern etc. gebildeten) Bänder zusammengebogen und in dieser Lage erhalten werden. Dadurch ist die Form der Trachea im Allgemeinen bedingt. Die Befestigungsstelle der Bänder ist nicht immer dieselbe, indem sie bei einigen Thieren (Hund, Katze, Kaninchen) an den freien Enden der Knorpeln liegt, während sie bei anderen (Schaf, Rind) von den Knorpelenden mehr oder weniger entfernt ist.

Beim Rinde und Schafe erscheint daher das Lumen der Trachea auf dem Querschnitt in zwei Räume von ungleicher Weite geschieden, deren vorderer ¹⁾ und weiterer als Luftweg dient, während der hintere von einem Fasergeflecht erfüllt wird, welches zwischen dem Trachealband und der inneren Fläche der freien Knorpelenden ausgespannt ist.

Der Luftweg erscheint somit im Querschnitt nach vorne von einer Bogenlinie (Knorpel) begrenzt, welche sich auf eine geradlinige Hinterwand (Muskelband) ansetzt. Bei Hunden und Katzen kommen die Enden der Trachealknorpel selbst bei electricischer Rei-

1) Hierbei hat man sich das Thier von dem Beobachter aufgerichtet zu denken.

zung niemals in Berührung, während beim Schafe und Rind ein Auseinanderklaffen dieser Enden nur ganz ausnahmsweise stattfindet. Eine solche Ausnahme wurde beobachtet am oberen Theile der Trachea des Schafes und einmal bei einer Kuh.

Beim Rind und Schaf sind die Knorpelenden hinter ihrer Berührungsstelle mitunter noch nach Aussen gebogen, so dass die Gestalt des Knorpelringes selbst annähernd an die einer Leier erinnert.

Manchmal (Rind, Schaf) greift ein Knorpelende über das andere, was von beiden Seiten her stattfinden kann, auch von einer und derselben Trachea. So lagen in einem Falle (Schaf) am oberen Theile der Trachea die linken Knorpelenden über, am unteren Theile unter den rechten.

Die Innenfläche der Trachea stellt sich ziemlich eben dar; die Stellen, an welchen die Knorpelringe liegen, sind kaum angedeutet. Die innere Haut scheint den Wänden vollkommen anzuhafte.

Zerschneidet man aber die Trachea eines Rindes oder Schafes in Ringe, so zeigt sich an jedem derselben — der Schnitt mag geführt sein, wie er will, zwischen den Knorpeln oder durch diese selbst — dass das membranös-musculöse Band mit seinen Schnitt-rändern in das Lumen der Luftröhre hineinragt, während sein zwischen den Schnitt-rändern liegender, mittlerer Theil dieselbe Lage beibehält, wie in der unverletzten Trachea.

Forscht man nach der Ursache dieser auffallenden Erscheinung, so dürfte die nächststehende Erklärung die meiste Berechtigung haben. Die oben beschriebenen Fasern des hinteren Trachealraumes, welche, nach allen Richtungen sich kreuzend, das muskulös-membranöse Trachealband mit den Knorpelenden verbinden, haben den Zweck, dieses Band in einer bestimmten gespannten Lage zu halten. Zerschneidet man aber eine Anzahl dieser Geflechtfasern, so geräth das Band an den betreffenden Stellen in jene anscheinend schlaffe Lage.

Das Vorkommen dieser Erscheinung an Trachealstücken verschiedenster Breite und an und aus verschiedenen Regionen der Trachea entnommenen, lässt wohl vermuthen, dass die Einrichtung, welche im normalen Zustande das Hineinragen der muskulösen Bänder in das Lumen der Luftröhre hindert, überall an der Trachea dieselbe ist und sich nur immer wiederholt.

Sollte diese Erklärung richtig sein, käme jenen Geflechtfasern bei der Spannung der muskulösen Membran ein wesentlicher Antheil

zu, so würde sich die Trachea uns als ein um so complicirterer Apparat darstellen.

Die Trachea enthält Muskeln, welche, fast sämmtlich querverlaufend, sich ausschliesslich nur in ihrem hinteren Theil befinden.

C. Ludwig ist der einzige, der, ausser den schon bekannten Muskeln der Trachea, noch zwischen den Knorpelringen sich befindliche Muskelfasern beobachtet zu haben behauptet und sogar die Function derselben ziemlich genau erläutert hat, indem er Folgendes sagt:

»Die langen Muskeln des Kehlkopfes, namentlich sternohyoidei und sternothyreoidei und die Muskeln zwischen den Ringen der Trachea, reguliren die Dimensionen und die Lage der letzteren, welche ohne dieses durch häufige Zerrungen nach Länge und Quere, bei jedem tiefen Athemzug alterirt würden« ¹⁾.

Ausser Ludwig hat Niemand von den Anatomen bisher von der Existenz dieser Ludwig'schen Muskeln irgend welche Kenntniss genommen. — Professor Waldeyer theilte mir persönlich mit, dass er bei specieller Untersuchung von der Trachea des Menschen, Hundes, Schafes und der Katze keine Spur von Muskeln zwischen den Knorpelringen der Trachea gefunden habe. Zumal nun die Trachea zu mehr als zwei Dritteln frei von allen Muskeln ist und trotz der Ludwig'schen »Zerrungen nach Länge und Quere« in ihrem muskelfreien Theile bei der Athmung durchaus nicht verkümmert, so ist der Scharfsinn zu bewundern, mit welchem die Muskeln zu Schutzleuten der Trachealplastik gemacht sind.

Nach dem eben Erwähnten kann von der Function dieser, in ihrer Existenz schon so arg bedrohten, Muskeln nicht weiter die Rede sein. Wer sich aber eindringlich eingehend über diese Function unterrichten will, den verweisen wir auf das genannte Buch von Ludwig, als das einzige physiologische Werk, in welchem sie mit überraschender Genauigkeit auseinander gesetzt ist.

Es gab eine Zeit, in welcher die Function der Muskeln und der elastischen Fasern (wenigstens an der Trachea) nicht auseinander gehalten wurde. Für diejenigen Institute, welche gern Muskeln mit elastischen Fasern verwechseln, ist wohl zu bedauern, dass diese einst herrschende Ansicht jetzt für veraltet gilt. Als Trost

1) Physiologie des Menschen von C. Ludwig, letzte Auflage. Bd. 2. Seite 485.

bleibt ihnen jedoch die Hoffnung, dass sich, vielleicht durch den Tod des Thieres oder durch das weitere Hineinwerfen der Lunge in eiskaltes Wasser, die Muskeln in elastische Fasern verzaubern lassen.

Die Trachealknorpel liegen nicht immer, wie es angegeben ist, regelmässig wie Dachziegel (von oben betrachtet) über einander; es kommt mitunter vor, dass ein beliebiger Knorpelring statt den der Lunge näheren zu bedecken, von demselben bedeckt wird. (Beobachtet bei einem Hunde.)

Fassen wir zum Schlusse die Hauptergebnisse dieser Untersuchung zusammen, so können wir annehmen, dass, nachdem an der Trachea selbstständig eintretende (rhythmische) und künstlich hervorgerufene Contractionen deutlich beobachtet wurden, wir die anfangs aufgestellte Frage, ob Trachealmuskeln eigene vitale Contractionen besitzen oder nicht, im positiven Sinne gelöst haben.

Dadurch wurde zugleich auch ein neuer Beweis für die Richtigkeit des alten Satzes »Wo Muskel, da auch Bewegung vorhanden« geliefert.

Wenn es auch gelungen ist, bei dieser Untersuchung durch Isolirung der Trachea und durch Ersetzen der Luft durch eine Flüssigkeit etc., einige wichtige Uebelstände der Untersuchungsmethode zu beseitigen, so sehe ich wohl ein, wie viel zur Vervollständigung derselben noch übrig bleibt. — Einige Fehlerquellen konnten nicht entfernt werden, theils aus Mangel an Hilfsmitteln, theils wegen der vorläufigen Unmöglichkeit, einige rein experimentelle Schwierigkeiten, die dabei hervortreten, zu überwinden.

Derartige Umstände haben mir auch nicht erlaubt, die physiologischen Functionen der Trachea eingehender nach allen Richtungen hin und von verschiedenen Seiten, wie ich es für nöthig halte, zu erforschen und zwangen mich, bei der Untersuchung mich nur auf präzise Beantwortung einiger wenigen Fragen zu beschränken, ohne deren Lösung über die Bedingungen und physiologische Bedeutung mancher Erscheinungen nicht gesprochen werden konnte. Desswegen sind auch einige dabei beobachtete Thatsachen ganz nackt ohne gründliche Untersuchung derselben angegeben.

Es wurde früher oft angegeben, der Magen sei einfach eine Retorte. Je mehr unsere Kenntnisse über den Magen sich vermehrten,

desto weniger wurde von dieser banalen Erklärung Gebrauch gemacht, bis endlich jetzt dieselbe fast total verschwunden ist.

Dass die Lunge ein Gummiballon oder eine Blasebalg sei, ist ein Ausdruck, welcher sogar von berühmten Physiologen gebraucht wird.

Die nähere Betrachtung schon bloß eines Theiles der Lunge, nämlich der Luftzuführenden Abtheilung, erweist uns die Lunge als einen so complicirten Apparat, dass es doch viel zu leichtfertig erscheint, kurz mit der Bezeichnung Blasebalg die Sache abzufertigen, wo doch so viel Zeit und Mühe verwendet werden muss, um sie richtig zu erkennen.

Die Rhythmik der Trachea und viele andere, an derselben beobachtete, Thatsachen lassen viel Analogie zwischen den Erscheinungen der Trachea mit denen der Gedärme zu und geben uns genügend Aufschlüsse und Anhaltspunkte bei der Bestimmung von Nerven und der Art und Weise, durch welche diese Nerven Veränderungen an der Trachea hervorrufen können.

Es liegt ziemlich auf der Hand, dass die Veränderungen an der Trachea etwas complicirter sind und Contractionen derselben gar nicht so einfach zu Stande kommen, wie an den quergestreiften Muskeln, bei welchen eine einfache Reizung gleich eine Contraction zur Folge hat; eine Anschauung, welche ohne Weiteres auf die Trachea übertragen wurde, indem einige Forscher durch Reizung des Vagus vermeintliche Lungencontractionen hervorrufen zu können und letztere sogar beobachtet zu haben glaubten. Aus der oben erwähnten Analogie lässt sich auch wohl vermuthen, dass Nervenganglien sich in der Trachea befinden und daher dort zu suchen sind. Meines Wissens sind solche bisher nicht bekannt. Diese Untersuchung an der Trachea scheint uns viele neue und interessante Thatsachen zu Tage gefördert zu haben, die in uns neue Gedanken und Fragen bezüglich der Respiration erwecken müssen. Die auf weiterer Forschung beruhende Beantwortung letzterer könnte wieder ganz neue Gesichtspunkte hervorbringen und so uns vielleicht einen Schritt näher bringen zum Verständniss des so wenig bekannten und, wie es scheint, sehr complicirten Mechanismus der Lungenrespiration. Hat diese Untersuchung etwas dazu beigetragen, so ist der Zweck dieses »Beitrages zur Physiologie der Respiration« einigermaßen erreicht.