Auch bei diesen lehnen sich Muskeln an das Periost oder setzen sich direkt oder indirekt an dasselbe an. Sie müssen deswegen auf die Safräume der Beinhaut denselben Einfluss ausüben, wie bei der Beinhaut des Knorpels. Da nun aber aller Grund vorliegt anzunehmen, dass das seröse Kanalsystem des Knochens, das System der Knochenkanälchen, welches die Ernährungsflüssigkeit in Folge der Oberflächenansaugung erfüllt, mit den Safräumen des Periostes in Verbindung steht, so ist das Abströmen der serösen Ernährungsflüssigkeit aus dem starren Knochen durch die Aktion der Skelettmuskulatur in vollkommener Weise gesichert.

Dasselbe gilt auch meines Erachtens für die Gelenkflüssigkeit, für die serösen Flüssigkeiten der Bauch-, der Brust-, der Pericardialhöhle, sowie der vorderen Augenkammer. Durch die Bewegung der Gelenkmuskeln, der Muskeln an der Bauchwand, des Zwerchfells, des Herzens und des Ciliarmuskels werden luftleere Räume erzeugt, in welche hinein die serösen Flüssigkeiten gezogen werden, um von da in der nächsten Phase wieder andere Orte aufzusuchen.

Das Thermotonometer.

Von

A. Gruenhagen.

Hierzu Tafel II und III.

Das Instrument, auf welches ich die Aufmerksamkeit der Fachgenossen zu lenken beabsichtige, ist zwar schon bei einer früheren Gelegenheit in diesem Archiv¹⁾ Gegenstand einer kurzen Beschreibung gewesen, darf aber gegenwärtig auf eine ausführlichere Beschreibung Anspruch erheben nicht nur, weil es im Laufe der Jahre

1) Dies Archiv, 1874, Bd. IX, p. 399.

wesentliche Vervollkommnungen erfahren hat, sondern auch, weil es in seiner jetzigen Gestalt zum Studium einer ganzen Reihe neuer Erscheinungen auf dem Gebiete der Muskelphysiologie ausgezeichnete Dienste leistet. Ich habe dem von mir ersonnenen Apparat den Namen des Thermotonometers gegeben und habe mittelst desselben gewisse Beobachtungen, die mir unter seiner Anwendung an lebenden Muskeln aufgestossen waren, durch die Herren Samkow¹⁾, Hurwitz²⁾, Biernath³⁾ und Pfalz⁴⁾ näher verfolgen und veröffentlichen lassen.

Die Einrichtung des Apparates ist am genauesten in den Dissertationen von Hurwitz und von Pfalz dargelegt und von letzterem auch durch einen Holzschnitt verdeutlicht worden. Bei der geringen Verbreitung, welche solchen Gelegenheitschriften naturgemäss zukommt, dürfte aber ein blosser Hinweis auf dieselben nicht genügen, um so weniger, als es mir wünschenswerth erscheint, der Beschreibung des Instrumentes einen kurzen Bericht über einige seiner wesentlichsten Leistungen hinzufügen. Hiermit dürfte alles gesagt sein, um die vorliegende Abhandlung vor dem Vorwurfe einer überflüssigen Wiederholung ausreichend zu schützen, obwohl dieselbe thatsächlich nichts enthält, was nicht bereits in den genannten Dissertationen und nach einem Vortrage von mir in den Protokollen des Londoner internationalen medicinischen Congresses⁵⁾ gefunden werden könnte.

Das Thermotonometer (Fig. 1, Taf. II) hat die Bestimmung, sowohl den unter Einwirkung veränderter Wärmezufuhr wechseln-

1) Samkow, Ueber den Einfluss verschiedener Temperaturgrade auf die physiologischen Eigenschaften der Nerven und Muskeln. Dissertation. Berlin 1875. Vgl. ferner: Dies Archiv, 1874, Bd. IX, p. 399 und 1875, Bd. X, pag. 165.

2) Hurwitz, Ueber die Reflexdilatation der Pupille. Inaugural-Dissertation. Erlangen 1878.

3) Biernath, Ueber die Irisbewegung einiger Kalt- und Warmblüter bei Erwärmung und Abkühlung. Dissertation. Leipzig 1882.

4) Pfalz, Ueber das Verhalten glatter Muskeln verschiedener Thiere gegen Temperaturdifferenzen und elektrische Reize. Inaugural-Dissertation. Königsberg 1882.

5) Transactions of the international medical Congress. London 1881. Vol. I, p. 269. Ueber den Einfluss der Wärme auf die glatte Musculatur der Warm- und Kaltblüter.

den Spannungszustand verschiedener Gewebe, namentlich der musculären und der elastischen, nachzuweisen und graphisch zu fixiren, als auch die Erregbarkeitsverhältnisse und die Reactionsarten zarter musculärer Substanzen, besonders diejenigen der glatten Musculatur, unserer Beobachtung zugänglich zu machen. Es besteht aus einem in der Mitte durchbohrten, aus Messingblech gefertigten und an einer vertikalen Eisenstange (st. Fig. 1, Taf. II) verschieblich angebrachten Teller (t) und zwei auf diesen concentrisch zu einander aufgesetzten oben und unten offenen Glascylindern (c und d) von ca. 12 und 15 cm Höhe. Die centrale Oeffnung des Tellers sowohl als auch die durch die Glascylinder begrenzten Flächen desselben sind von aufgelötheten ca. 3 cm hohen Metallringen umgeben, sodass man jederzeit in der Lage ist, den Boden der von den beiden Glascylindern umschlossenen Räume mit einer dünnen Wasserschicht übergiessen zu können. Der von dem inneren kleinen Glascylinder (d) umgrenzte Raum, in welchen die zu untersuchenden Gewebe eingebracht werden, ist oberwärts durch einen Messingdeckel (e) verschliessbar, dessen Fläche excentrisch von zwei mit Röhrenaufsätzen versehenen Oeffnungen durchbohrt wird, die eine zur Einführung eines Thermometer (th), die andere (z), wenn dieselbe nicht absichtlich durch einen Pfropf unwegsam gemacht wurde, zur Einführung von Gasarten oder Giftlösungen bestimmt. Unterhalb, und zwar genau centrisc, trägt der Deckel ein kleines Metallhäkchen zum Aufhängen der Prüfungsobjecte. In den Boden des zwischen beiden Glascylindern gelegenen Aussenraumes ist eine am freien Ende geschlossene, schwach gekrümmte Messingröhre (f), sowie ein mit Hahn versehenes Abflussrohr (g) eingesetzt. Genau unterhalb der centralen Oeffnung des Metalltellers (t) steht auf der gusseisernen Fussplatte (pl), von dieser durch eine isolirende Zwischenscheibe aus Hartgummi getrennt, eine kleine hohle Metallsäule (h), in deren Achse vermittelst einer Mikrometerschraube (i) ein stählerner Stift (k) vertical auf- und abwärts bewegt werden kann. Letzterer trägt am freien oberen Ende eine Metallgabel, zwischen deren Zinken das aus Aluminium gefertigte kurze Anfangsstück (a) eines Hebelarms auf Stahlspitzen leicht beweglich schwebt. Die Mitte dieses Anfangsstücks ist genau entsprechend einer Lothlinie, welche man sich vom Deckelcentrum gefällt zu denken hat, behufs Aufnahme einer aus feinem Aluminiumdraht gebogenen Oese durchlöchert; vorderes und hinteres Ende

enthalten je einen kurzen der Hebelachse parallel verlaufenden Bohrgang, in deren vorderen ein dünner langer Glasfaden (gl) als Indicator der Hebelausschläge, in deren hinteren ein kurzer ösenartig gekrümmter (p) behufs Befestigung von Aequilibrationsgewichten mittelst Schellack eingekittet wird. Die grosse Leichtigkeit dieser Hebelvorkehrung in Verbindung mit der erheblichen (200 mm) Länge des Zeichenarms bedingt und erklärt, dass selbst ungemein schwache Hubkräfte sehr beträchtliche Ausschläge verursachen. Die graphische Fixirung derselben erfolgt an einer mit feinberusstem Papiere überzogenen Trommel von 780 mm Umfang bei einer Drehungsgeschwindigkeit von 500 bis 600 mm in der Stunde.

Das zu untersuchende Gewebe wird nun einerseits an ein kurzes S-förmig gebogenes Platinhäkchen je nach Bedarf entweder festgebunden oder an demselben aufgehakt und mittelst dieses erst an dem Häkchen des Messingdeckels (e) aufgehängt, andererseits auf entsprechende Art durch ein ähnlich geformtes, aber erheblich längeres, aus feinstem Aluminiumdraht gefertigtes mit der Aluminiumöse des Zeichenhebels in Verbindung gesetzt. Zwei Klemmschrauben (ll), welche die eine an der Metallsäule (h), die andere an dem Metalldeckel (e) angebracht sind, gestatten endlich die Befestigung von Leitungsdrähten, um constante oder Inductionsströme den im Innenraum des Thermotonometers suspendirten Gewebstheilen zuzuführen. Wird jetzt das geschlossene Ende der Röhre f durch eine Spiritus- oder Gasflamme erhitzt, so erwärmt sich zunächst das in der Röhre befindliche Wasser, sodann in Folge der nunmehr eintretenden Ausgleichströmungen das den Boden des Aussenraumes (ra) bedeckende und schliesslich unter Vermittlung der gut leitenden Metallmasse dasjenige des Innenraumes (ri). Nothwendigerweise muss hierbei aber auch die Temperatur dieses letzteren selbst zunehmen, während durch die gleichzeitig aufsteigenden Wasserdämpfe jeder Eintrocknung des aufgehängten Gewebes auf das Wirksamste vorgebeugt ist. Entfernung des erhitzten Wassers durch die Abflussröhre (g) und Ersatz derselben durch kaltes oder noch besser durch Eisstücke, mit denen auch die Oberfläche des Metalldeckels (e) zweckmässig bedeckt wird, verursacht hinwiederum schnellen Temperaturabfall.

Unter den Ergebnissen, welche mit Hülfe des Thermotonometers erzielt worden sind, will ich hier nur einige wenige her-

vorheben und da, wo es nöthig erscheint, durch Mittheilung der von dem Apparat gezeichneten Curven veranschaulichen. Es gelingt zunächst ohne Schwierigkeit die Contractionen sehr schwacher und zarter Muskelapparate in deutlich wahrnehmbare Hebelbewegungen umzusetzen. Abgesehen von den dünnen Ringen der Iris-sphincteren, worüber schon früher von mir und Samkowy¹⁾ in diesem Archiv Bericht erstattet wurde, glückt es auch von der eingespannten und auf 28–38° C. erwärmten Ciliarportion unter Ausschluss der Sphinctermusculatur bei Durchsendung electricischer Schläge eine deutliche Verkürzung in radiärer Richtung zu erzielen. Dies gilt, wie in der Dissertation von Hurwitz gezeigt worden ist, unbedingt von den normalen Iriden der Kaninchen und Katzen, nicht aber von denjenigen der grossen Wiederkäuer, deren Ciliarportion auf electricische Reizungen absolut reactionslos bleibt. Die Ciliarportion der Kanincheniris verliert ihr Contractionsvermögen indessen gänzlich, wenn mindestens 5 Tage vor dem Versuche die Exstirpation des obersten Halsganglion ausgeführt worden ist, während der Katzeniris dieses Vermögen selbst nach dem erwähnten operativen Eingriff dauernd verbleibt.

Diese Versuche sind von Wichtigkeit, wenn man sich erinnert, dass die Pupille der Wiederkäuer ebenso wie diejenige der Kaninchen und Katzen auf Reizung des Halssympathicus sich erweitert, und dass die Pupille der letztgenannten beiden Thierarten selbst nach Entfernung des gangl. suprem. n. sympath. immerhin noch reflectorisch durch Erregung beliebiger sensibler Nervenbahnen zu einer deutlichen Dilatation veranlasst werden kann. Denn es folgt aus ihnen, dass die musculäre Contractilität des Ciliartheiles der Iris keineswegs als eine nothwendige Voraussetzung für jede auf Nerven- oder Sympathicusreizung eintretende Pupillendilatation angesehen werden darf. Ohne hier auf die Frage nach Art und Lage des musculären Gewebes näher einzugehen, dessen Anwesenheit der Ciliarportion der Iris vieler Thiere eine eigene Contractilität verleiht, glaube ich doch hervorheben zu müssen, dass ich die Existenz eines besonderen Dilatator pupillae nach wie vor für alle Augen in Abrede stelle, und dass die gegentheiligen Behauptungen einiger Anatomen und Histologen aus vielfach von mir erörterten histologischen Gründen auf ganz irrigen Auffassungen beruhen.

1) Vgl. dies Archiv, 1874, Bd. IX, p. 399 und 1875, Bd. X, p. 165.

Ich wende mich jetzt einer zweiten Gruppe von Erscheinungen zu, welche erst durch das Thermotonometer einer exacten Untersuchung zugänglich gemacht worden sind, ich meine die auffälligen Verkürzungs- und Verlängerungsvorgänge, welche das lebende, und zwar nur das lebende, glatte Muskelgewebe unter dem Einflusse allmählich eintretender Temperaturwechsel wahrnehmen lässt.

Samkow y hatte gezeigt, dass die glatte Musculatur der Warmblüter sich in dieser Beziehung anders verhält als diejenige der Kaltblüter. Denn während die erstere in den von ihm untersuchten Fällen sich bei Erwärmung bis auf gewisse Temperaturgrade anfänglich verkürzte, um dann bei weiterem Temperaturwachsthum mehr und mehr zu erschlaffen, bei Abkühlung hinwiederum in ganz entsprechendem Sinne zunächst sich verkürzte, um von einem gewissen Temperaturgrade ab bei gesteigerter Abkühlung sich dagegen zu verlängern, sah er allmähliche Erwärmung bei der letzteren nur Erschlaffung und allmähliche Abkühlung nur Verkürzung erzeugen. Ganz neuerdings ist nun von Pfalz nachgewiesen worden, dass auch das warmblütige Thier über glatte Muskeln (*detrusor vesicae*) verfügt, welche des von Samkow y beobachteten Verkürzungsstadiums bei Erwärmung innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen gänzlich ermangeln und sich also ganz wie glatte Muskeln kaltblütiger Thiere verhalten. Man gelangt somit zu dem sehr bemerkenswerthen Ergebniss, dass die verschiedenen glatten Muskeln ungeachtet ihrer vielleicht freilich nur scheinbaren histologischen Gleichartigkeit keineswegs physiologisch gleichartige Bildungen zu sein brauchen, wie dies übrigens am anschaulichsten aus den beigegeführten Curven Fig. 2 und 3 Taf. III hervorgeht, von denen die erste die Dehnungszustände des sphincter pup. vom Kalbe, die zweite diejenigen des *Detrusor vesicae* der Maus während einer Temperaturvariation von 14° C. bez. $15,5^{\circ}$ C. zu 36° C. bez. 40° C. und umgekehrt innerhalb eines Zeitraums von ca. 30—40 Minuten darstellt.

Den geschilderten Verhältnissen begegnet man, wie kaum hervorgehoben zu werden braucht, lediglich an der lebenden Musculatur nicht aber an der todten und, wie es scheint, überhaupt nur im glatten Muskelgewebe. Denn ausser der Wärmecontraction lebender quergestreifter Muskelsubstanz, über welche Schmulewitsch¹⁾ zuerst berichtete, und von welcher auch Samkow y be-

1) Schmulewitsch, Wiener Jahrbücher 1868, Bd. XV, p. 3; Journal

stätigend zeigte, dass sie ein continuirlicher mit der Erwärmung fort und fort sich steigernder Vorgang ist, existirt nur noch ein Gewebe, welches mit hoher Empfindlichkeit gegen Temperaturschwankungen begabt ist, das elastische, und von diesem ist bereits durch Roy¹⁾ gezeigt worden, dass dasselbe innerhalb der hier naturgemäss in Betracht zu ziehenden Temperaturgrade (ca. 0 bis 45° C.) bei Erwärmung sich verkürzt, bei Abkühlung erschlafft. Ganz gleichgültig für den schliesslichen Effect ist ferner der Zeitpunkt, zu welchem man das Versuchsobject dem getödteten Thiere entnimmt, die Frage, ob todt oder lebendig, wird bezüglich des elastischen Gewebes ganz. bedeutungslos. Ein Stück Arterienwand, irgendwie zwischen den Häkchen des Thermotonometers befestigt, — am besten in Ringform aufgehängt, — giebt die nämlichen Curven, mag dasselbe einige Minuten oder mehrere Tage nach erfolgtem Tode dem Thier- oder Menschenleibe entnommen worden sein. Die beigelegte Curve Fig. 4, Taf. III stammt von einem der Quere nach abgetragenen Ringe der Kalbsaorta, ca. 5 Stunden nach erfolgter Tödtung.

Endlich möge hier noch zwei anderer Thatsachen gedacht werden, deren Kenntniss ich der Anwendung des Thermotonometers verdanke. Die eine ist die von Pfalz näher untersuchte rhythmische Contraction der Froschblase, die andere der für gewisse glatte Muskeln gelungene Nachweis, dass electriche Reizung derselben eine Verlängerung, eine active Elongation, wie ich diesen Vorgang genannt habe, auslösen kann.

Die rhythmischen Contractionen der Froschblase werden ihrer Erscheinung nach durch die Curve Fig. 5, Taf. III erläutert. Sie kommen, wie der directe Versuch gelehrt hat, nicht durch Vermittlung der Ganglienzellen der Blasenwand zu Stande. Denn sie treten den Beobachtungen von Pfalz zufolge auch in solchen Stücken des Detrusor vesicae auf, welche bei der mikroskopischen Untersuchung frei von allen Nervenzellen gefunden werden.

Die active Elongation, über deren Vorkommen am Sphincter pup. der Katze bereits früher in diesem Archiv von mir und Samkow²⁾ Bericht erstattet wurde, hat Pfalz nun auch für den

de l'anatomie et de la physiologie, 1868, p. 27; *Compt. rendus*, 1869, T. LXVIII.

1) Roy, *The elastic properties of the arterial wall*. Cambridge 1880.

2) Gruenhagen und Samkow, *Dies Archiv*, 1875, Bd. X, p. 165.

Sphincter pup. des Kalbes ausser Zweifel gestellt und hierbei ausserdem noch gezeigt, dass Atropin, welches man dem im Thermo-tonometer aufgehängten Muskelringe durch die Röhre z Fig. 1 mittelst eines gestilten in Atropinlösung getauchten Haarpinsels zuführt, den ordinären Reizeffect des elektrischen Tetanisirens, die Contraction, aufhebt, während der extraordinäre, die Elongation, nach der Vergiftung nur um so reiner zu Tage tritt. Die Curve Fig. 6 und 7 Taf. III geben von diesem Verhalten des Kalbs-sphincters ein getreues Bild.

So ist denn durch den eben beschriebenen Apparat, wie man sieht, nicht nur ein neues Hilfsmittel zur Demonstration äusserst schwacher Bewegungskräfte gewonnen, sondern auch eine Reihe neuer Erscheinungen aus Licht gezogen worden, welche für die Muskelphysiologie und namentlich für die Theorie der Erschlafungsnerven (nervi erigentes und vasodilatatores) von Wichtigkeit zu werden versprechen. Es würde mich freuen, wenn ich in dem Thermo-tonometer¹⁾ ein dauerndes Inventarstück des physiologischen Rüstzeuges geschaffen hätte.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel III.

- Fig. 2. Curve gezeichnet von einem Sphincter pup. eines Kalbes, 5 Stunden nach Tödtung des Thieres. Die eingeschriebenen Zahlen bedeuten Celsius-Grade. Die Gesamtcurve entspricht einem Zeitintervall von ca. 30 Min. Belastung 0,08 gr.
- Fig. 3. Curve gezeichnet von einer gleich nach der Tödtung ausgeschnittenen Harnblase einer weissen Maus. Die beigeschriebenen Zahlen bedeuten Celsiusgrade. Belastung 0,08 gr.
- Fig. 4. Die Curve ist gezeichnet von einem schmalen Ringstücke einer Kalbs-aorta, 5 Stunden nach erfolgter Tödtung des Thieres. Die angeschriebenen Zahlen bedeuten Celsiusgrade. Die Theilstriche der Abscisse markiren je 4 Min. Belastung 0,68 gr.

1) Mechanikus Wipprecht in Königsberg i./Pr. liefert das Instrument für 75 Mark.

- Fig. 5. Curve gezeichnet von einer Froschblase. Man sieht die rhythmischen Contractionen ausgedrückt während einer Anfangs wachsenden, dann wieder abnehmenden Temperatur, zugleich aber auch die Längenzunahme bei der Erwärmung, die Verkürzung bei der Abkühlung. Die Theilstriche der Abscisse markiren je 5 Minuten. Belastung 0,08 gr.
- Fig. 6. Die Curve rührt von einem auf 32° C. erwärmten Kalbssphincter her. Die mit * bezeichneten Punkte entsprechen den Momenten elektrischer Reizung, das gleich darauf eintretende plötzliche Ansteigen der Curve der jedesmal erfolgten Muskelverkürzung, der späterhin verzeichnete jähe und tiefe Abfall der Curve dem regelrechten Erschlaffungsvorgange in Verbindung mit dem activen Vorgange der Elongation, welche letztere allmählich in ca. 2 Min. schwindet wie die Curvenstücke ab, ab.. lehren. Auf der Curvenabscisse markiren die Theilstriche je 2 Min. Belastung 0,28 gr.
- Fig. 7. Die Curve ist von einem atropinisirten, auf 36,5° C. erwärmten Kalbssphincter gezeichnet. Die electrische Reizung ruft das erste Mal eine schwache Verkürzung hervor, welche bei der Wiederholung des Versuchs in ** fehlt. Beide Male tritt als Folge der Reizung aber eine starke Elongation ein. Die Theilstriche der Curvenabscisse markiren je 5 Min. Belastung 0,08 gr.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Jena.)

Versuche über die Entwicklung des Hühner-Embryo bei beschränktem Gaswechsel.

Von

Dr. Carl Düsing.

Hierzu Tafel IV.

Die bis jetzt in nicht geringer Anzahl angestellten Versuche zur Ermittlung des Einflusses einer beschränkten Gas-Absorption und -Exhalation auf die Entwicklung des Embryo im Hühnerei haben zu widersprechenden Ergebnissen geführt. Ich habe daher theils durch Wiederholung früherer theils durch Anstellung neuer

Fig. 1.