

Ueber
die Zählung der Herzschläge
bei
physiologischen Versuchen über den Vagus und den
Sympathicus
von
G. P. Vlacovich, und M. Vintschgau,
Prof. der Anatomie an der Universität zu Padua Prof. der Physiologie an der Universität zu Innsbruck
aus der italienischen Abhandlung im Auszuge mitgetheilt
von
M. Vintschgau.

In den folgenden Zeilen will ich einen kurzen Auszug einer Arbeit wiedergeben, welche gemeinschaftlich mit meinem ehemaligen Collegen G. P. Vlacovich in Padua unternommen wurde. Die Originalarbeit ist in italienischer Sprache unter dem Titel: *Della numerazione dei battiti cardiaci nelle ricerche fisiologiche sul vago e sul simpatico per G. P. Vlacovich, Prof. di Anatomia nell' Università di Padova e M. Vintschgau, Prof. di Fisiologia nell' Università d' Innsbruck* in den *Atti del r. Istituto veneto di scienze lettere ed arti* erschienen.

Obwohl vor mehreren Jahren begonnen, konnten die Untersuchungen doch, in Folge von Umständen aller Art, insonderheit aber in Folge der Entfernung, die uns seit dem Jahre 1866 trennt, erst vor Kurzem zur Veröffentlichung ge-

langen; sie sind eigentlich als Vorstudien einer längeren Untersuchung über die Wirkung des Vagus und des Sympathicus auf die Herzbewegungen anzusehen. Der Inhalt derselben bildet aber für sich ein abgeschlossenes Ganzes, wenn auch hier und da sich noch einige Lücken finden, die wir in Folge des erwähnten Umstandes auszufüllen nicht in der Lage waren.

Wir waren bestrebt, für jene Versuche, bei welchen man die Wirkung des Vagus und des Sympathicus auf die Frequenz der Herzschläge ermitteln will, eine Methode ausfindig zu machen, welche gestattet ihre Zahl auch bei jenen Thieren, denen ein sehr häufiger Pulsschlag eigen ist, am Ende einer jeden beliebigen Zeiteinheit auf eine genaue, einfache, leichte, rasche Weise und ohne nennenswerthe Beeinträchtigung der physiologischen Functionen des der Untersuchung unterworfenen Thieres zu erfahren.

Dass die Zählungsmethode die zuletzt erwähnte Eigenschaft haben müsse, ist selbstverständlich, wie auch, dass dieselbe sich einer strengen Genauigkeit zu erfreuen habe, dagegen wird es nicht überflüssig sein, über die übrigen eben angeführten Eigenschaften eine kurze Erörterung zu geben.

Von einer einfachen Methode fordern wir, dass sie ohne sehr komplizirte Vorrichtungen anwendbar sei, so dass nicht bloss die Erlernung ihrer Gebrauchsweise sich einfach gestalte, sondern dass auch zugleich dadurch das Eintreten jener Störungen in der Thätigkeit der angewendeten Apparate vermindert werde, welche den Gang des Versuches verzögern können.

Wir nennen sie eine leichte, wenn bei der Zählung die Sinnesorgane und die Aufmerksamkeit nicht fortwährend angestrengt werden, indem in solchem Falle entweder die Ermüdung zu Fehlern Veranlassung gibt, oder wenn man die erforderlichen Erholungsperioden einschaltet, die Dauer des Versuches bedeutend verlängert werden müsste, und letzterer Umstand allein im Stande ist, die Frequenz der Herzschläge zu beeinträchtigen.

Unter Raschheit verstehen wir die Möglichkeit, dass der Beobachter am Ende jeder Zeiteinheit schnell die Zahl der Pulsschläge erfahre, um eben den erwähnten Uebelstand zu vermeiden, wie es auch, was besonders zu betonen ist, zur Erreichung einer Vermehrung der Herzschläge durch schwache Reizung des Vagus, nach den Angaben Schiff's und Moleschott's, nothwendig ist die Stromstärke nicht bloss nach der Thiergattung und nach der Individualität des Thieres zu reguliren, sondern sie auch bei zwei sich folgenden Reizungen im Verlaufe eines Versuches abzuändern.

Alle Methoden, die man zur Ermittlung der Pulsfrequenz anwenden kann, lassen sich, sobald man von der besonderen Art der vorzunehmenden Versuche absieht, in zwei grosse Abtheilungen unterbringen; die erste enthält alle jene Methoden, bei welchen irgend ein Instrument, oder irgend ein mechanisches Hilfsmittel zur Anwendung kommt; die zweite dagegen jene, bei welchen weder ein Instrument, noch ein mechanisches Hilfsmittel angewendet wird.

In die erste Abtheilung sind einzureihen:

1) Die Auscultation der Herzschläge mittelst des Stethoskops.

2) Die Beobachtung der Bewegungen einer in das Herz eingestochenen Nadel. Diese Methode nennen wir kurzweg die Methode der Herznadel.

3) Die graphische Methode.

4) Jene, welche von uns die Methode der mechanischen Zählung genannt wurde, und die darin besteht, dass die Herznadel mit einer die Bewegung der Nadel notirenden mechanischen Vorrichtung verbunden wird.

Zur zweiten Abtheilung dagegen gehören folgende Methoden:

5) Die Zählung der Pulsschläge einer oberflächlich liegenden Arterie.

6) Die Zählung der Herzschläge, welche durch die auf die Herzgegend aufgelegte Hand wahrgenommen werden.

7) Die Zählung der Pulsschläge des blossgelegten Herzens, oder einer blossgelegten Arterie.

In den vorliegenden Untersuchungen wurden alle Zählmethoden der Herzschläge einer näheren Prüfung oder wenigstens einer eingehenden Betrachtung unterworfen.

Nach unserem Ermessen ist die Methode der mechanischen Zählung die genaueste und darum fiel auf sie die Wahl, um mit ihr alle anderen zu vergleichen und zu prüfen. Zu ihrer Würdigung wollen wir vor Allem die von uns in Anwendung gezogene mechanische Vorrichtung beschreiben. 1)

In einen elektrischen Kreis sind folgende Theile eingeschaltet:

1) Ein metallischer Hebel; ein Ende desselben steht durch einen Seidenfaden mit einer in das Herz eingestochenen Nadel in Verbindung, das andere nach abwärts umgebogene Ende kann in ein mit Quecksilber gefülltes Näpfchen tauchen. Dieses umgebogene Ende nennen wir kurzweg Schnabel. Der Hebel folgt den Bewegungen der Nadel und schliesst oder öffnet den elektrischen Kreis je nachdem der Schnabel in das Quecksilber taucht oder nicht.

2) Ein Apparat, der die Nadelbewegungen registriert; als solchen kann man den Morse'schen Schreibapparat, oder ein elektrisches Zählerwerk anwenden.

3) Eine Pendeluhr, welche automatisch mit Beginn der für die Zählung der Herzschläge bestimmten Zeiteinheit den elektrischen Kreis schliesst, und ihn am Ende derselben Zeiteinheit ebenso unterbricht.

Hinsichtlich der genauen Details der einzelnen Apparate, müssen wir auf unsere italienische Schrift verweisen: wir geben hier daraus das Wichtigste wieder.

1) Das Kaninchen wird auf die gewöhnliche Weise auf

1) Eine kurze Beschreibung des Apparates wurde von uns vor mehreren Jahren veröffentlicht. S. Sitzungsberichte der k. Akad. in Wien Bd. L. S. 418.-427.

ein Brett befestigt. (Der von Czermak angegebene Kaninchen-Kopfhalter, der uns ausgezeichnete Dienste geleistet hätte, war zur Zeit als wir unsere Versuche vornahmen, nicht bekannt.)

2) Die Herznadel hat eine Länge von 70 Mm. und ein Gewicht von 30.6 Ctgr.; es leisteten uns aber auch leichtere und kürzere Nadeln denselben Dienst. — Die Nadel wird durch den dritten Intercostalraum nicht weit vom Brustbein, ohne dass vorher die Haut gespalten wird, in das Herz eingestochen. Man trifft für gewöhnlich einen Punkt näher der Basis als der Spitze des Herzens.

Die Nadelschwingungen müssen eine Amplitude von wenigstens 3—4 Mm. haben, wenn der Hebel regelmässig funktionieren soll; ferner muss man dafür sorgen, dass die Gleichförmigkeit der Nadelschwingungen durch die Respirationsbewegungen nicht beträchtlich gestört werde. Diese Störungen kommen bei Kaninchen nicht sehr häufig vor, wohl aber bei anderen Thieren, so dass für die letzteren unsere Hebelvorrichtung nicht anwendbar ist. ¹⁾

Es sei hier bemerkt, dass wenn auch in vielen Fällen die Schwingungen der Nadel in einer vertikalen Ebene stattfinden, es doch nicht selten geschieht, dass dieselben eine mehr oder weniger elliptische Bahn beschreiben; diese rotatorischen Bewegungen der Nadel üben jedoch keinen Einfluss auf jene des Hebels, da dieser nur in einer senkrechten Ebene schwingen kann.

Während der Dauer eines Herzschlages macht die in das Herz eingestochene Nadel zwei einander entgegengesetzte Schwingungen, die eine nennen wir systolisch oder cephalisch, die andere dagegen diastolisch oder abdominal.

3) Der Hebel besteht aus dünnem Kupferdraht, (Durchmesser ungefähr $\frac{1}{2}$ Mm.), besitzt ein Gewicht von 27 Ctgr.

1) In diesen Fällen lässt sich mit Erfolg der elektrische Doppelhebel von Czermak, über welchen erst jüngst von seinem Erfinder eine genaue Beschreibung gegeben wurde, anwenden. Note von M. Vintschgau.

und eine Länge von 13 Ctm. (ohne den Schnabel). Das Verhältniss zwischen beiden Hebelarmen ist wie 1: 3—4.

Der kürzere Hebelarm steht, wie schon oben erwähnt wurde, durch einen Seidenfaden in Verbindung mit der Herznadel, der längere dagegen kann mit dem Schnabel in das Quecksilbernäpfchen eintauchen. Nun ist der Hebel einerseits und das Quecksilbernäpfchen andererseits mit den Leitungsdrähten verbunden, während deren Träger die Feststellung der Vorrichtungen in jeder beliebigen Richtung im Raume erlauben, so dass es leicht möglich ist, jene Lage des Hebels zu finden, in welcher derselbe genau den Bewegungen der Nadel folgt.

Zu jeder Nadelschwingung gesellt sich eines der beiden Bewegungsstadien des Hebels nämlich bei der Cephalbewegung der Nadel das aufsteigende, bei der abdominalen dagegen das absteigende Stadium.

Bei beiden Bewegungsstadien des Hebels lassen sich zwei Abschnitte unterscheiden, nämlich jener des Ein- und jener des Austauchens aus dem Quecksilbernäpfchen.

Der Hebel funktionirt ganz gut, wenn er mit dem Horizont einen Winkel von ungefähr 15° — 20° bildet, so zwar, dass der freie längere Arm tiefer steht; wenn ferner der Seidenfaden sowohl mit der Nadel, als auch mit dem Hebel einen nach dem Abdomen des Thieres offenen stumpfen Winkel bildet, und wenn endlich Nadel, Faden und Hebel so gut als möglich sich in einer Ebene befinden.

Die Bewegungen des Hebels sollen ziemlich ausgiebig und so geregelt sein, dass sie nicht bloss ein treues Bild der Nadelbewegungen seien, sondern es muss jede Hebel-schwingung ganz deutlich beide Phasen des Ein- und des Austauchens durchmachen: da aber die letzteren nicht alle eine vollkommen gleiche Amplitude haben, so ist es, um diesen kleinen Ungleichmässigkeiten wenigstens theilweise vorzubeugen, zweckmässig, dass der Hebelschnabel den Boden des Quecksilbernäpfchens erreiche, noch bevor die Nadel ihre Abdominalschwingung vollendet hat; wobei man noch den

Vortheil hat, dass die Nadel sowohl am Ende der Abdominal- als auch im Beginne der Cephal-Schwungung etwas entlastet wird.

Diese wenigen Andeutungen über die Einrichtungen, welche in der Original-Arbeit eine ausführliche Schilderung erfuhren, sind hinreichend, um dem bis jetzt beschriebenen Theile des Apparates die zweckentsprechende Lage zu geben; und wir wollen nur noch schliesslich erwähnen, dass unsere Vorrichtung sich auch bei Kaninchen anwenden lässt, die sich in ihrer gewöhnlichen Stellung befinden. Zu diesem Zwecke genügt es, wenn das Brettchen, auf dem das Kaninchen aufruht, eine hinreichend grosse Oeffnung besitzt, durch welche die Nadel hindurchgeht und ihre Schwingungen leicht ausführt. Die Abänderungen in der Lagerung der übrigen Theile des Apparates ergeben sich von selbst.

4) Um die Zahl der Herzschläge zu registriren oder was dasselbe ist, um die Zahl der durch die Hebelbewegungen verursachten Stromunterbrechungen zu notiren, bedienen wir uns anfangs des Schreibapparates von Morse. Da aber die Zählung der auf dem Papier verzeichneten Punkte zu viel Zeit in Anspruch nahm, bedienen wir uns später eines elektrischen Zählerwerkes, durch dessen Einrichtung wir sofort am Ende jeder Zeiteinheit über die Zahl der Pulsschläge genaue Auskunft erhalten konnten.

Eine Beschreibung der Einrichtung des Zählerwerkes ist nicht nöthig, da ähnliche Vorrichtungen zu verschiedenen physikalischen Zwecken in Verwendung sind; es genüge die Bemerkung, dass ein Assistent die Aufgabe hat die Zahl zu notiren, von welcher der Zeiger bei Beginn der Zeiteinheit ausgeht, und bei der er am Ende derselben stehen bleibt, um dann bei Berücksichtigung der Zahl der vollendeten ganzen Umdrehungen, durch kurze Berechnung die Anzahl der innerhalb der Zeiteinheit stattgefundenen Unterbrechungen zu finden. Zu den Notirungen reicht die Zeit einer Sekunde zu, so dass zwischen zwei Beobachtungen eine Unterbrechungszeit von wenigstens einer Sekunde einzuschalten ist.

Da die Angabe des Beginnes und des Endes der Zeiteinheit mittelst eines verabredeten Zeichens durch einen Assistenten, der eine gewöhnliche Sekundenuhr beobachtet, häufig nicht ganz richtig ist, und die Möglichkeit vorliegt, bei zwei unmittelbar sich folgenden Beobachtungen einen Fehler von einer Sekunde zu begehen, selbst dann, wenn der Maximalwerth der einzelnen Zeichenfehler $\frac{1}{4}$ S. nicht übersteigen sollte, so haben wir eine Sekundenpendeluhr in den elektrischen Kreis eingeschaltet, welche die eben bezeichnete Aufgabe automatisch löst, und dadurch einen zu diesem Zwecke verwendeten Assistenten entbehrlich macht.

Das Sekundenpendel, welches durch Gewichte in Schwingung erhalten wird, bewegt ein gezähntes Rad mit 31 (statt mit 30) Zähnen, so dass das Rad eine volle Umdrehung in dem Zeitraume von 62 Sekunden vollendet. Die Axe des Rades steht mit einem Ende des elektrischen Kreises in leitender Verbindung. Dieselbe Axe trägt einen niedrigen metallischen Cylinder, welcher, weil er mit der ersteren fest verbunden ist, eine volle Umdrehung ebenfalls in 62 Sekunden vollendet. ¹⁾

Die Mantelfläche dieses niedrigen Cylinders ist in zwei mit einander parallele und gleich grosse Zonen getheilt, eine vordere und eine hintere. — Denkt man sich nun jede Zone in 62 gleiche Theile eingetheilt, so entspricht selbstverständlich jeder Theil genau einer Sekunde. — An jenen zwei Theilen der vorderen Zone, welche der 61. und 62. Sekunden entsprechen, ist nun eine nicht leitende Substanz eingeschaltet, wodurch der Strom durch volle 2 Sekunden unterbrochen bleibt, diese Unterbrechung beginnt genau in dem Moment,

1) In der italienischen Abhandlung S. 24 des Separatabdruckes (S. 1572 Atti del r. Istituto veneto di scienze lettere ed arti Bd. XVI. Serie III) findet sich durch Versehen angegeben, dass das gezähnte Rad 62 Zähne statt 60 besitzt. Es soll dagegen heissen, dass das gezähnte Rad 31 statt 30 Zähne besitzt. Eine gleiche Correctur muss auch S. 28 des Separatabdruckes (S. 1576 Atti etc.) vorgenommen werden.

in welchem das Pendel 60 Schwingungen eben vollendet hat, dauert durch die zwei nächstfolgenden Schwingungen fort, und hört in dem Moment auf, in welchem das Pendel die 63. Schwingung beginnt, nämlich jene Schwingung, welche der ersten Sekunde der nächstfolgenden Zeiteinheit entspricht. — In der hintern Zone ist die nichtleitende Substanz anders vertheilt, es findet nämlich in der dem 31. Theile entsprechenden Stelle die erste, in der dem 62. entsprechenden die zweite Unterbrechung statt, so dass bei der Anwendung dieser zweiten Zone die Zeiteinheit einer Beobachtung bloss 30 Sekunden, das Intervall zweier Beobachtungen eine Sekunde, dagegen bei Anwendung der vordern Zone die Zeiteinheit einer Beobachtung 60 Sekunden und das Intervall 2 Sekunden beträgt. Man begreift nun leicht, warum das gezähnte Rad 31 Zähne haben musste, und warum auch das Zifferblatt in 62 gleiche Theile eingetheilt wurde.

Es bliebe nun weiter zu beschreiben wie der Conductor beschaffen sein soll, welcher die Aufgabe hat, den zweiten Leitungsdraht mit der Mantelfläche des Cylinders in Berührung zu bringen, und zugleich auch dem Experimentator es möglich macht, die Verbindung auf der vorderen oder auf der hinteren Zone zu vermitteln. Es lässt sich diess natürlich auf sehr verschiedene Weise bewerkstelligen, und wir müssen für die von uns angewendete Art auf unsere italienische Abhandlung verweisen, da eine gedrängte Beschreibung unverständlich ausfallen würde.

Folgende Bemerkung können wir hier nicht übergehen. Die Einschaltung der Pendeluhr in den elektrischen Kreis, in welchem sich auch der Hebel befindet, bedingt eine besondere Unzukömmlichkeit; sobald nämlich durch Bewegungen des Kaninchens oder durch eine andere Ursache eine Unterbrechung in einer Beobachtung eintritt, so geht diese natürlich verloren, und ausserdem muss man mit dem Beginne der nächstfolgenden so lange warten, bis die Pendeluhr den Anfang der Zeiteinheit anzeigt; es wäre vielleicht möglich, diesen Uebelstand zu beseitigen, da jedoch die Nothwendigkeit

nicht vorlag, so haben wir uns in dieser Richtung keine weitere Mühe gegeben.

Sobald man die eben beschriebenen Vorrichtungen während der Reizung des Vagus oder des Sympathicus bei Kaninchen anwendet, so ist neben dem Experimentator bloss ein Assistent nothwendig. Der Experimentator kann die Reizung der Nerven reguliren und die Hebelbewegungen überwachen, der Assistent beobachtet dagegen die Bewegungen des Zählers.

Wir haben nicht unterlassen, die eben beschriebene mechanische Methode einer strengen Prüfung zu unterwerfen, und wollen in Kürze deren hauptsächlichsten Resultate mittheilen. Zuvor ist es jedoch nöthig die Gründe anzuführen, warum wir dem elektrischen Zählerwerk den Vorzug vor dem Morse'schen Schreibapparat gegeben haben.

Da das Prinzip, nach dem dieselben functioniren, das gleiche ist, so ist es auch von vornherein verständlich, dass bei einer tadellosen Konstruktion die Exaktheit der Zählung bei beiden dieselbe sein muss; in der That zeigte sich auch, dass die mit beiden Apparaten gleichzeitig vorgenommenen Zählungen vollkommen übereinstimmende Resultate lieferten.

Die strenge Beurtheilung der von beiden Instrumenten dargebotenen Unterschiede hat uns veranlasst, dem elektrischen Zählerwerke den Vorzug zu geben; denn in der That lässt sich ja bei Anwendung des Morse'schen Schreibapparates die Zahl der Herzschläge am Ende der Zeiteinheit nur mit bedeutendem Zeitaufwande erfahren, was dagegen mit höchst geringer Mühe, und sehr schnell bei dem elektrischen Zählerwerke geschieht. -- Der Morse'sche Schreibapparat bietet allerdings den Vortheil dar, dass man stabile Zeichen der Herzbewegungen erhält, so dass zu jeder Zeit eine Kontrolle möglich ist, bei dem Zählerwerk ist diess nicht thunlich; und dazu kann es vorkommen, dass der Assistent bei der Ablesung einen Fehler begeht. Die Erfahrung hat uns jedoch gezeigt, dass das Begehen eines solchen Fehlers eine grosse Seltenheit ist; wesshalb wir es auch nicht für nothwendig erachteten, zur Erkennung einer höchst seltenen Irrung von

Seite des Assistenten unsere mechanische Vorrichtung durch die gleichzeitige Einschaltung des Morse'schen Schreibapparates zu komplizieren.

Aus dem Mitgetheilten ersieht man wohl deutlich, dass unsere Vorrichtung, die durch die Bewegungen der Nadel verursachten Unterbrechungen des elektrischen Kreises mit Leichtigkeit, mit Geschwindigkeit und mit Exaktheit zu erkennen gestattet. Es liesse sich jedoch einwenden, dass die mechanische Methode in Vergleich zu jener der Herznadel nicht einfach ist; bei einer näheren Betrachtung wird man aber leicht einsehen, dass die wichtigste Komplizirtheit der mechanischen Methode in Vergleich zu jener der Herznadel, nur in der Anwendung des elektrischen Stromes besteht, da das Zählerwerk und die Uhr, die gleichzeitig als Rheotom und Zeitanzeiger dient, (beide ziemlich einfache Instrumente, welche lange Zeit in brauchbarem Zustande erhalten werden können), die Methode durchaus nicht komplizieren.

Um über die Exaktheit unserer mechanischen Vorrichtung ein sicheres Urtheil fällen zu können, war es unumgänglich nothwendig, unsere Aufmerksamkeit noch auf zwei andere Punkte zu richten; wir mussten uns nämlich Gewissheit verschaffen, ob die Schwingungen der Nadel den Bewegungen des Herzens auch vollständig und genau entsprechen, und ob der Hebel den Nadelbewegungen genau folgt, so dass wirklich bei jeder Herzbewegung bloss eine Unterbrechung des elektrischen Kreises erfolgt.

Zwei Ursachen kann es geben, welche die Uebereinstimmung zwischen den Bewegungen des Herzens und jenen der Nadel stören, nämlich:

- 1) der Widerstand des Hebels,
- 2) der Einfluss der Respirationsbewegungen.

Da aber der Hebel sehr leicht und sehr beweglich konstruirt ist, so kann auch sein Widerstand die Nadelbewegungen nicht beeinträchtigen, worüber wir in der Folge auch einige experimentelle Beweise anführen werden.

Leichter kann es geschehen, dass die Respirationsbe-

wegung auf die Uebereinstimmung zwischen Herz- und Nadelbewegung störend einwirke; und schon Küthe hat der Methode von Moleschott diese Einwendung gemacht. Wir theilen jedoch die Meinung Moleschott's, dass die Respirationsbewegungen die eben genannte Uebereinstimmung nicht ändern können, müssen aber hinzufügen, dass dieselbe nur so lange andauert, als a) die Respirationsbewegungen innerhalb der gewöhnlichen Grenzen der Frequenz und Stärke gegenüber jenen des Herzens sich halten, und b) die Nadel in der für den bestimmten Zweck geeigneten Stelle eingeführt wurde.

Wir haben in unserer italienischen Abhandlung einige theoretische Gründe erwähnt, welche geeignet sind, zu zeigen, dass insolange die zwei zuletzt angeführten Bedingungen erfüllt sind, die Uebereinstimmung zwischen Herz- und Nadelbewegung durch die Respirationsbewegungen nicht gestört werden kann. An diesem Orte beschränken wir uns darauf zu erwähnen, dass wenn die Respirationsbewegungen wirklich im Stande wären, in irgend einer Weise für die ebengenannte Uebereinstimmung hinderlich zu werden, in diesem Falle die Unregelmässigkeiten in dem Rythmus der Nadelbewegung dem Beobachter durchaus nicht entgehen können, solange die Pulsschläge die Zahl von 3—6 in der Sekunde nicht übersteigt. Nun aber konnten wir in hundert und aber hundert Beobachtungen, die wir vornahmen, bevor wir noch das elektrische Zählerwerk anwendeten, niemals eine Rythmusunregelmässigkeit der Nadelbewegung wahrnehmen. Es wurde endlich die volle Uebereinstimmung zwischen Herz- und Nadelbewegung aus den vergleichenden gleichzeitigen Zählungen mit der Auscultation und mit der graphischen Methode ganz deutlich nachgewiesen, wie diess noch später weitläufiger erörtert werden soll.

Wenn nun auch nach dem Angeführten die Uebereinstimmung zwischen den Bewegungen des Herzens und jenen der Nadel bewiesen ist, läge doch noch die Möglichkeit vor, dass die Bewegungen des Hebels mit jenen der Nadel nicht übereinstimmen und zwar aus verschiedenen Gründen: in Folge

1) des Widerstandes des Hebels gegenüber den Bewegungen der Nadel;

2) der sekundären Schwingungen des Hebels, unabhängig von den Nadelbewegungen;

3) einer zu grossen Ungleichheit in den Schwingungen der Nadel, bedingt durch die Respirationsbewegungen;

4) der Bewegungen des Thieres.

Der Widerstand des Hebels ist, wie später näher gezeigt werden wird, zu klein um die erwähnte Uebereinstimmung zu stören; in jenen Fällen aber, in welchen die Nadelschwingungen zu klein sind und in Folge dessen auch jene des Hebels, wodurch wiederum der Schnabel desselben aus dem Quecksilber nicht herauszutreten vermag, können natürlich einige Herzschläge nicht notirt werden; nachdem aber die Erkennung der Ursache dieser letzten Störung leicht ist, so ist es auch deren Beseitigung.

Die sekundären Schwingungen des Hebels könnten entweder durch dessen Elastizität oder durch ein Zurückprallen beim Anstossen auf dem Boden des Quecksilbernäpfchens erzeugt werden; unsere Erfahrung hat uns aber gezeigt, dass solche sekundäre Schwingungen des Hebels nicht vorkommen.

In Hinsicht der ungleichen Nadelschwingungen in Folge der Respirationsbewegungen haben wir zu bemerken, dass bei Kaninchen, bei welchen die Respiration vorzugsweise den Abdominaltypus besitzt, solche Unregelmässigkeiten höchst selten störend einwirken, dieselben dagegen bei jenen Thieren vorkommen, bei welchen die Bewegungen des Brustkorbes stark sind; bei solchen Thieren lässt sich auch unsere Vorrichtung nicht anwenden.

Damit unsere Vorrichtung regelmässig arbeite, ist es auch bei Kaninchen nöthig, dass

a) die Herzbewegungen kräftig seien;

b) der Ort, in welchem die Nadel durch die Thoraxwand eingeführt wird, richtig gewählt sei,

c) die Nadel tief genug in das Herz eingestochen werde, und endlich

d) der Hebel eine richtige Stellung habe, sowohl in Bezug auf die Nadel, als auch in Bezug auf das Quecksilbernäpfchen.

Ueber die Art und Weise die drei letzten Bedingungen zu erfüllen, wurde schon früher gesprochen.

Wir wollen aber hier erwähnen, dass wir uns auch experimentell überzeugten, dass eine volle Uebereinstimmung zwischen den Bewegungen des Herzens und jener des Hebels bestehe. — Diese Ueberzeugung erhielten wir dadurch, dass wir in einem Experiment die Herzschläge durch den Morse'schen Schreibapparat, die Pulsschläge dagegen durch ein in die Carotis eingeführtes Quecksilbermanometer auf die Trommel des Ludwig'schen Kymographion notiren liessen; ausserdem wurden in vielen anderen Versuchen die Herzschläge gleichzeitig durch unsere Vorrichtung notirt und durch die Auscultation gezählt. Die Uebereinstimmung war so gross, dass der Unterschied nur 1 oder 2 Einheiten betrug. Dieser kleine Unterschied ist sehr gering, und kann höchst wahrscheinlich von verschiedenen Umständen abhängen, die bei einer anderen Gelegenheit zur Erwähnung kommen werden.

Man hat noch ein weiteres Mittel sich zu überzeugen, dass wirklich die Respiration bei den Kaninchen keinen störenden Einfluss auf die Bewegungen des Hebels ausübt; und dieses Mittel ist die Wahrnehmung jener kleinen Geräusche, welche beim Oeffnen und Schliessen des elektrischen Kreises entstehen, und welche sobald der Hebel regelmässig funktionirt einen gleichmässigen Rythmus besitzen, der mit einem der Herz- und Nadelbewegungen übereinstimmt. Diess gilt aber nur so lange, als die Respirationsbewegungen der Kaninchen jene Form beibehalten, welche für gewöhnlich beobachtet wird und so lange ihre Frequenz und ihre Kraft innerhalb der gewöhnlichen Gränzen bezüglich jener des Herzens eingeschlossen bleiben.

Um uns noch weiter von der Wahrheit dieser Erfahrung zu überzeugen, haben wir einige Versuche mit dem Sphygmographion von Marey vorgenommen, welches zu diesem

Zwecke folgende kleine Abänderungen erfahren musste. Es wurde nämlich die kleine Feder entfernt, welche die schreibende Vorrichtung niederdrückt, und letztere an ihrem hinteren Theil etwas verlängert, wodurch dieselbe zu einem zweiarmigen Hebel umgestaltet erscheint, dessen zwei Arme ähnlich unserem Hebel das Verhältniss 1:4 darbieten; der hintere Theil der schreibenden Vorrichtung konnte dann durch einen Faden mit der Herznadel verbunden werden. — Bezüglich dieser weiteren bestätigenden Versuche verweisen wir auf die italienische Abhandlung, da ein Auszug der erhaltenen Resultate nicht leicht möglich ist.

Die Unruhe des Thieres wird selbstverständlich die Schwingungen des Hebels stören, es ist aber klar, dass sie auch den gleichmässigen Fortgang aller übrigen Zählungsmethoden ebenfalls mehr oder weniger beeinträchtigt, wir fügen jedoch hinzu, dass schwache Bewegungen des Thieres die Zählung der Herzschläge mittelst der Auscultation oder mit der Methode der Herznadel fortzusetzen gestatten, während dagegen bei Anwendung der mechanischen Methode die Zählung wenigstens für eine Zeiteinheit verloren geht.

Wir haben weiter die Verletzungen berücksichtigt, welche die Nadel verursachen kann.

Solang die Nadel in die Herzventrikeln eingestochen wird, hat man keine nachtheiligen Folgen zu fürchten, da in dem Falle die Kaninchen sehr viele Verletzungen ohne jeglichen Nachtheil ertragen; sobald dagegen die Vorhöfe oder die in der Nähe des Herzens liegenden grossen Gefässe verletzt werden, tritt die Möglichkeit einer Haemorrhagie ein; wir beobachteten eine solche jedoch nur in seltenen Fällen, in denen man manchmal schon während des Versuches die Zeichen des eingetretenen Blutergusses wahrnehmen konnte. Es lässt sich ausserdem nicht in Abrede stellen, dass auch eine Verletzung der Lungen möglich ist, und somit auch die nachtheiligen Folgen derselben eintreten können. Dagegen ist zu bemerken, dass wir bei zehn Kaninchen, die wir darauf untersuchten, kein Zeichen einer Lungenverletzung wahrnehmen

konnten, woraus zu schliessen ist, dass entweder die Lunge wirklich unversehrt blieb, oder wenn auch eine Verletzung derselben stattfand, diese von keiner Bedeutung war und keinen Pneumothorax zur Folge hatte.

Es ist hier weiter zu erwähnen, dass sowohl die Verletzung selbst, als auch das Liegenbleiben der Nadel einen Einfluss auf die Herzbewegungen haben könnte. Theoretisch müssen wir diesen Einfluss zugeben, ohne jedoch uns mit Bestimmtheit aussprechen zu können, worin derselbe eigentlich besteht, obwohl wir in unserer italienischen Abhandlung einige Möglichkeiten in's Auge gefasst haben. Wenn man aber bedenkt, dass die Nadel sowohl während der Reizung als auch während der Ruhe im Herzen eingestochen bleibt, so dass die experimentellen Bedingungen in beiden Fällen unverändert bleiben, wenn man noch weiter bedenkt, dass wir uns die Aufgabe gestellt hatten, die Lehre Schiff's und Moleschott's bezüglich des Einflusses der Reizung des Vagus und des Sympathicus auf die Herzbewegungen zu prüfen, und bei den Versuchen der genannten Physiologen ebenfalls eine Nadel in's Herz eingeführt wurde, so wird man es begreiflich finden, dass für unsere diessbezüglichen Versuche die Ermittlung des Einflusses der Nadel auf die Herzbewegungen nicht unumgänglich nothwendig war, und dass wir uns deshalb der Verpflichtung enthoben glaubten, zwei Versuche, die zu dem ebenerwähnten Zweck vorgenommen wurden, und nebenbei gesagt nur ein widersprechendes Resultat gaben, zu wiederholen.

Dagegen aber schien es uns, nachdem bei unseren Versuchen das Herz den Widerstand der Nadel und des Hebels zu überwinden hatte, vielmehr nothwendig, zu ermitteln, ob dieser Widerstand von Bedeutung war und ob Grund genug vorhanden sei, demselben einen Einfluss auf die Resultate der Versuche zuzuschreiben.

Wir suchten den Widerstand des Hebels dadurch zu bestimmen, dass wir jenes Gewicht zu ermitteln trachteten, welches nothwendig war, damit der Hebel von einer Neigung

von 20° bis in die Horizontallage emporgehoben werde. In der geneigten Stellung ruhte der Schnabel des Hebels auf dem Grunde des mit Quecksilber gefüllten Nöpfchens. Um das eben bezeichnete Resultat zu erhalten, waren im Mittel 40 Ctg. nothwendig, — Nachdem durch Messung des kürzeren Hebelarmes sich für denselben die Länge von 3 Ctm. ergab, so waren wir im Besitze von allen den nöthigen Elementen, um die Arbeit zu berechnen, die das Herz machen muss, damit der Hebel die bezeichnete Bewegung ausführen könne.

Wir fanden, dass diese Arbeit ungefähr bloss 0.000004 eines Kilogrammmeters beträgt, also eine ziemlich geringe Grösse, die in Wirklichkeit noch kleiner ist, da, wenn die Nadel ihre cephalische Bewegung beginnt, der Hebel noch auf den Grund des Quecksilbernöpfchens aufrucht, wodurch natürlich das Herz etwas entlastet ist. Sobald die Nadel die Abdominalbewegung ausführt, hat das Herz keine Arbeit zu verrichten um den Hebel zu bewegen, da er durch sein eigenes Gewicht nach abwärts strebt; es wäre eher möglich, dass in diesem Falle der Hebel eine Zerrung auf die Nadel und dadurch auch auf das Herz ausübe, das geringe Gewicht des Hebels aber und der Umstand, dass er den Grund des Quecksilbernöpfchens früher erreicht, als die Nadel ihre Abdominalschwungung vollendet hat, schliesst die Möglichkeit einer Zerrung aus.

Da das Herz in den Versuchen von Schiff und Mole-schott bloss die Nadel zu bewegen hatte, so versuchten wir, ob es wenigstens approximativ möglich wäre, eine vergleichende Bestimmung in dieser Richtung vorzunehmen, und ermittelten zu diesem Zweck das Gewicht, welches nöthig ist, damit unsere Nadel, die in die Thoraxwand eines toden und ausgeweideten Kaninchens an dem gewöhnlichen Ort eingestochen war, eine Schwingung von $9^{\circ} 15'$, die grösste die sie überhaupt macht, vollführe. Das dazu nöthige Gewicht betrug im Mittel 24 Ctg., die Länge des innerhalb der Thoraxwand liegenden Nadelstückes war 12 Ctm. Nach Analogie

der Berechnung für den Hebel, erhalten wir für die Nadel 0.000002 Kilogrammeters. Das Herz bewegt aber die Nadel gegen den Kopf und gegen die Füße; desshalb ist die zur Bewegung der Nadel nothwendige Herzarbeit 0,000004 Kilogrammeters; und wenn man dazu noch jene Arbeit addirt, die das Herz ausführen muss, um den Hebel zu bewegen, so resultirt für die Gesamtarbeit zur Bewegung des Hebels und der Nadel 0.000008 Kilogrammeters.

Wir brachten dann eine Nadel in Anwendung, die mit jener von Moleschott vollständig übereinstimmte, und wiederholten die Versuche genau nach der eben erwähnten Art. Es zeigte sich, dass, damit diese Nadel eine Schwingung von $9^{\circ} 15'$ ausführe, ein Gewicht von 67 Ctg. nothwendig war, woraus sich die Arbeit von 0.000004 Kilogrammeters berechnete, also für beide Excursionen der Nadel eine Gesamtarbeit von 0.000008 Kilogrammeters, dieselbe Grösse, wie sie für den Hebel und unsere Nadel erforderlich war.

Nach einer ungefähren Berechnung der Arbeit, welche der linke Ventrikel eines Kaninchens bei jeder Systole ausführen muss, um das Blut in Bewegung zu setzen, fanden wir, dass das Verhältniss zwischen der Arbeit des linken Ventrikels, und jener, welche für die Bewegung der Nadel und des Hebels erforderlich ist, wie 680 zu 1 steht. Zur Bewegung der Nadel und des Hebels, ist also nur ein geringer Bruchtheil der Arbeit des linken Ventrikels nöthig, ein Bruchtheil, der in Wahrheit noch geringer wird, wenn man zur Arbeit des linken Ventrikels auch jene der rechten und der beiden Vorhöfe hinzurechnen würde.

Hieraus wird ersichtlich, dass die vom Herzen bei der Nadel und Hebelbewegung verrichtete Arbeit sich höchst gering stellt im Vergleich zu jener, welche für die Blutbewegung nothwendig ist; da aber doch ein Plus von Arbeit erfordert wird, so kann man nicht läugnen, dass dadurch die Freiheit der Herzbewegung etwas beeinträchtigt werde, und diess vorzugsweise, weil der Hebel beim Aufsteigen die Nadelbewegung etwas hemmt, beim Niedersinken dagegen die Nadel

wahrscheinlich zu einer rascheren und ausgiebigeren Schwingung zwingen könnte, wodurch eine grössere Verletzung oder wenigstens eine grössere Reizung des Herzfleisches, als wenn die Nadel für sich allein bewegt wird, entstehen, und auf diese Weise eine Aenderung in der Zahl der Herzschläge erzeugt werden könnte.

Um die eben angeregte Frage zu erledigen, nahmen wir wohl zwei vergleichende Versuche vor, deren Resultat im Allgemeinen das war, dass sich kein nennenswerther Unterschied weder in der Frequenz der Pulsschläge noch im Blutdrucke zeigte, sei es, dass das Herz bloss die Nadel allein, oder die Nadel und den Hebel bewegte. Es ist wohl wahr, dass zwei Versuche allein unzureichend sind, um die Frage endgiltig zu entscheiden, und wir hätten dieselben wiederholt, wenn sich im weiteren Verlaufe unserer Studien deren Nothwendigkeit herausgestellt haben würde.

Wir müssen hier noch hinzufügen, dass der Hebelwiderstand sehr klein ist im Vergleiche zu jenem, welchen das Herz überwinden muss, um das Blut in Bewegung zu erhalten; und dass auch für den Widerstand des Hebels dasjenige gilt, was wir oben für die Nadel angeführt haben, dass nämlich bei den Versuchen, um die Wirkung der Vagus- und Sympathicusreizung auf die Herzbewegungen zu ermitteln, der Hebelwiderstand sowohl während der Reizung als auch während der Ruhe vorhanden ist.

Man kann, wenn man glaubt, dass das Gewicht der Nadel oder des Hebels zu gross sei, dasselbe vermindern, indem man den Hebel aus Magnesiumdraht anfertigt, und eine Nadel anwendet, die nur 5 Ctm. lang und 17 Ctgr. schwer ist, wie wir es auch probeweise, und zwar mit gutem Erfolge versucht haben.

Sowohl beim Arbeiten des Schreibapparates von Morse, als auch des elektrischen Zählerwerkes wird durch die Bewegungen des Ankers ein Geräusch erzeugt, in Folge dessen die Kaninchen erschrecken könnten; somit wäre auch eine Veränderung in der Frequenz der Herzschläge möglich, wo-

durch die Wirkung der Reizung eine Aenderung erfahren kann. Wir sahen jedoch, dass die Kaninchen nur im Beginne einer Versuchsreihe manchmal durch leichte Bewegungen des Kopfes oder der Ohren, selten des ganzen Körpers ein Zeichen der Aufregung geben, und dass sie sich bald an das Geräusch gewöhnen. Wäre es nothwendig, so kann man das Geräusch vollständig beseitigen, indem man das Zählerwerk in einem Nebenzimmer aufstellt. Das Geräusch kann abgeschwächt werden, indem man den Apparat, wie wir es gethan haben, auf nicht resonirende Unterlagen aufrufen lässt, und man ihn gleichzeitig in einen Glaskasten einschliesst.

Nachdem wir die mechanische Methode als Grundlage zur Vergleichung aller übrigen Zählungsmethoden anwenden wollten, so war es unsere Pflicht, genau zu untersuchen, ob wirklich mit derselben kein Fehler möglich sei.

Sobald alle Theile des Apparates regelrecht funktioniren, ist nur im Beginne und am Ende einer Zeiteinheit ein Fehler möglich. Derselbe hängt einerseits von den besonderen Beziehungen ab, welche zwischen den Bewegungen der Uhr, des Hebels und des elektrischen Zählerwerkes bestehen, andererseits von dem Umstande, dass das Zählerwerk nur einen sehr flüchtigen Augenblick eines Herzschlages notirt.

Die über die erwähnten Verhältnisse von uns angestellten Beobachtungen, die sich im Auszuge nicht wohl wiedergeben lassen, haben uns die Gewissheit verschafft, dass der mögliche Fehler niemals $1\frac{1}{2}$ Pulsschläge für jede beliebige Zeiteinheit übersteigen kann, ja dass in vielen Fällen dieser Fehler gleich 0 wird. Er ist so gering, dass man ihn ohne Bedenken vollständig vernachlässigen kann. Nur der graphischen Methode würde der angegebene Fehler nicht anhaften, und sie müsste in der That allen anderen Zählungsmethoden vorgezogen werden, wenn überhaupt ihre Anwendungsweise eine leichte und unserem Zwecke entsprechende wäre.

Da bei allen Zählungsmethoden, mit Ausnahme der graphischen, nur eine verschwindend kleine Periode einer einzelnen Herzbewegung in's Auge gefasst werden kann,

sind bei ihnen ähnliche Fehler, wie bei der mechanischen Methode, möglich; wesshalb wir bei den von uns unternommenen vergleichenden Versuchen die Unterschiede von ein oder zwei Pulsschlägen in der Zeiteinheit vollständig vernachlässigten.

Wir gehen nun auf die Besprechung einer anderen Zählungsmethode, nämlich der Auscultation über und werden die Resultate mittheilen, welche wir in Bezug auf ihre Genauigkeit bei Vergleichung derselben mit der mechanischen Methode erhalten haben.

Bezdold war der erste, welcher für die in Rede stehenden Versuche sich der Auscultation bediente; obwohl man seiner Methode, sowohl der Art der Zählung als auch der Zeit-Beobachtung einige Einwendungen machen könnte, wollen wir uns doch bloss mit unseren vergleichenden Versuchen beschäftigen.

Die Anwendung eines gewöhnlichen Sthetoskopes hat bei ähnlichen Versuchen den Nachtheil, dass der Beobachter leicht ermüdet, und dadurch mit dem Kopfe auf den Brustkorb des Thieres einen Druck ausübt, welcher besonders bei dünnwandigem Brustkorb einen Einfluss auf die Frequenz der Herzschläge haben kann. Um diese Uebelstände zu beseitigen, befestigten wir das gewöhnliche Sthetoskop an ein eisernes Stativ und applicirten es leise auf den Thorax des Thieres; mit dem Sthetoskope wurde ein Kautschukschlauch verbunden, so dass die Auscultation auch bei der gewöhnlichen Kopfstellung vorgenommen werden konnte.

Um den Uebelstand zu vermeiden, dass der Beobachter selbst die Sekundenuhr beobachte, oder dass ein Assistent Anfang und Ende der Zeiteinheit angebe, haben wir die früher beschriebene Pendeluhr mit einer Vorrichtung verbunden, welche dieses automatisch ausführt.

Diese Vorrichtung ist nichts anderes als eine elektrische Glocke, welche so eingerichtet werden musste, dass sie sowohl beim Schliessen als auch beim Oeffnen des elektrischen Kreises durch die Uhr einen einfachen deutlichen aber dumpfen

und nicht nachklingenden Ton gab; wir nannten diese Vorrichtung, den elektrischen Anzeiger. Er unterscheidet sich von allen ähnlichen Apparaten durch das Vorhandensein zweier Glocken und durch das Fehlen jener Vorrichtung, durch welche die Glocken so lange läuten, als der elektrische Kreis geschlossen bleibt.

Unsere Untersuchungen waren ziemlich vorgeschritten, als wir daran dachten, den elektrischen Anzeiger gleichzeitig sowohl mit der Pendeluhr als auch mit dem Zählerwerk zu verbinden, und zwar in der Art, dass der elektrische Anzeiger nur zu Beginne und am Ende der Zeiteinheit ein Zeichen gebe. Zu diesem Zweck genügt es nämlich, den elektrischen Anzeiger in einem Nebenkreis der Art einzuschalten, dass durch die Bewegungen des Hebels der Nebenkreis nicht unterbrochen wird, wohl aber durch die Uhr sowohl der Hauptkreis, in welchem sich Hebel und Zählerwerk befinden, als auch der Nebenkreis, in welchen bloss der elektrische Anzeiger eingeschaltet ist.

Der Beobachter zählte immer bloss von eins bis zehn, die Zehner wurden sowohl vom Beobachter selbst, als auch von einem nebenstehenden Assistenten notirt, so dass in dieser Richtung keine Irrung möglich war.

Die Methode der Auscultation ist gewiss von Allen die einfachste und auch diejenige, bei welcher das Herz frei von jeder Reizung und von jeder Belastung bleibt, hat aber den Nachtheil, dass der Beobachter sehr leicht ermüdet, wodurch häufig Erholungspausen eintreten müssen, wenn man nicht einen zweiten Assistenten zur Verfügung hat. Bei Kaninchen ist übrigens die Anwendung eines Sthetoskopes mit Kautschukrohr unerlässlich, da man sonst einen Druck auf den Brustkorb ausübt, wodurch, wie wir uns überzeugten und worüber wir bei einer anderen Gelegenheit die betreffenden Mittheilungen machen werden, die Frequenz der Herzschläge geändert wird. Bei Kaninchen muss ferner die Vorsicht gebraucht werden, dass das Sthetoskop fortwährend mit dem Brustkorbe in Berührung bleibe, da wir die Beobachtung ge-

macht haben, dass bei einer jeden neuen Application des Instrumentes nicht selten eine Aenderung der Frequenz der Herzschläge eintrat.

Sobald die Auscultation in der von uns angegebenen Weise angewendet wird, kann man sicher sein, dass sie, wenn die Pulsfrequenz 300 Schläge in der Minute nicht übersteigt, ganz genaue Resultate gibt, wie wir durch vergleichende Versuche ermittelten. Ob jedoch, wenn die Frequenz 300 Schläge in der Minute übersteigt, noch richtige Resultate mittelst der Auscultation zu erzielen sind, können wir nicht angeben, da zufälliger Weise im Laufe dieser Versuche kein Kaninchen zur Beobachtung kam, das eine so hohe Frequenz zeigte. In unserer italienischen Abhandlung findet man die eingehenden Belege für die eben mitgetheilte Behauptung, wogegen wir uns hier bloss auf folgende Angaben beschränken müssen.

In 189 einzelnen Beobachtungen, bei welchen gleichzeitig zwei Beobachter mit zwei verschiedenen Sthetoskopen auscultirten, betrug der Unterschied nur in 13 Beobachtungen, also in 6.7% mehr als 1 Schlag in der Zeiteinheit. Der grösste Unterschied, 7 Pulsationen, kam nur ein einziges Mal vor. ¹⁾

In 337 einzelnen Beobachtungen, in welchen gleichzeitig die mechanische Methode und die Auscultation angewendet wurde, betrug der Unterschied nur in 25 Beobachtungen, also in 7.4% mehr als 2 Schläge in der Zeiteinheit. Der grösste Unterschied war 10 Pulsationen und kam nur ein

1) In der italienischen Abhandlung Seite 89 des Separatabdruckes (Pag. 1637 Att. del r. Istituto veneto di scienze etc. Tomo XVI Serie III) wurden aus Versehen zwei Zahlen unrichtig geschrieben. An der erwähnten Stelle soll es nämlich heissen: Wenn man jene Versuche, in welchen ein Unterschied von 1 oder 2 Pulsschlägen in der Zeiteinheit erhalten wurde, mit jenen zusammenaddirt, bei welchen eine vollständige Gleichheit vorhanden war, so erhält man die Summe von 176, eine Zahl, welche zur Gesamtzahl der Versuche, 189, das Verhältniss von 93% gibt.

einziges Mal vor. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass in diesem Falle ein Ablesungsfehler am Zählerwerk stattgefunden habe.

Wir haben mit beiden Methoden zusammen nicht weniger als 526 gleichzeitige Beobachtungen gemacht, und fanden darunter bloss 19 Mal einen Unterschied von 4 Pulsschlägen oder darüber, also im Ganzen 3.6%.

Aus diesen Resultaten der vergleichenden Versuche erhellt, dass unser Ausspruch, die Methode der Auscultation sei bezüglich der Genauigkeit der Zählung eine sehr gute, vollkommen berechtigt ist, wir ziehen jedoch derselben die mechanische Methode vor, weil letztere noch genauer und leichter anwendbar ist, d. h. weniger ermüdet.

Die mechanische Methode bietet ferner den Vortheil der objektiven Sicherheit über die Genauigkeit der Zählung, was bei der Auscultation und ebensowenig, — wir wollen es schon jetzt bemerken, — bei der einfachen Herznadelmethode der Fall ist. Sobald also die Herzfrequenz eine ziemlich hohe ist, wird man immer die mechanische Methode den beiden letzterwähnten vorziehen und sollten die Respirationsbewegungen ihrer zweckmässigen Anwendung hinderlich sein, so könnte man dem abhelfen durch den elektrischen Doppelhebel von Czermak, welcher gewiss gute Dienste leisten wird.

Wir gehen nun auf die Betrachtung der Methode der Herznadel über. In den ersten Versuchen sind wir genau nach den Angaben von Moleschott (Untersuchungen zur Naturlehre etc. Bd. VII. S. 407) verfahren. Wir sahen jedoch recht bald ein, dass man einen Assistenten entbehren kann, ohne dass die zwei anderen mehr ermüden, und deshalb führten wir in der Methode von Moleschott einige Modificationen ein.

Die zwei Assistenten alternirten ebenfalls in der Zählung der Nadelschwingungen (der Herzschläge), die Substitution der Assistenten fand immer in jenem Moment statt,

in welchem der zählende Assistent bis inclusive zehn gezählt hatte, der austretende Assistent machte auf ein Papier ein Zeichen. Am Ende der Zeiteinheit war es nun ziemlich leicht aus der Zahl der Zeichen, welche beide Assistenten notirt hatten, die Zahl der Zehner zu erkennen, und durch Zugabe der bis zum Ende der Zeiteinheit noch über die Zehner gezählten Schläge ziemlich rasch deren Gesamtsumme zu erfahren.

Um aber diese an und für sich sehr leichte Berechnung zu vereinfachen und alle möglichen Fehler in der Notirung der Zehner zu vermeiden, oder um wenigstens ihre Zahl rasch zu erkennen, waren die Papierbögen in vertikale Columnen eingetheilt; am Kopfe der Columnen schrieben wir die fortlaufenden Zahlen in der Art, dass auf dem Papierbogen, welcher dem 1. Assistenten übergeben wurde, die ungeraden Zahlen, auf jenem, welcher dem 2. Assistenten anvertraut wurde, die geraden geschrieben standen. Es ist selbstverständlich, dass beim Beginne jeder Zeiteinheit der 1. Assistent mit der Zählung beginnen musste, und dass 16 Columnen auf jedem Bogen mehr als genügend sind. Diese Methode nannten wir die modifizierte Moleschott'sche Methode; sie gestattet jeden Fehler in der Notirung der Zehner allsogleich zu erkennen.

Wenn man auch der Moleschott'schen Methode, und der von uns modifizirten nachrühmen kann, dass dieselben einfach sind und am Ende der Zeiteinheit die Pulsschläge rasch zu erfahren gestatten, ohne den Versuch bedeutend zu verlängern, bleibt es doch fraglich, ob die Zählung ganz exakt ist. Es wurde daher diese Methode in der genannten Richtung von uns geprüft.

Aus theoretischen Gründen lässt sich sagen, dass die Zählung eine fehlerhafte werde, entweder weil keine Uebereinstimmung zwischen den Bewegungen der Nadel und jenen des Herzens stattfindet, oder weil das Auge des Beobachters, sowohl während der Zählung, so wie auch, in dem Augenblicke, in welchem ein Assistent den anderen substituirt, den Nadel-

bewegungen nicht genau folgen kann. Es ist jedoch nicht zu läugnen, dass bei jenen Thieren, bei welchen der Brustkorb stark bewegt wird, der Fall vorkommen kann, dass die Nadel fortwährend ihre Oscilationsamplitude ändert, wodurch ihren Bewegungen nicht so leicht zu folgen ist; davon überzeugten wir uns bei Lämmern, bei welchen die Zählung der Nadelschwingungen sehr schwer wird, obwohl die Herzfrequenz eine sehr geringe ist. Bei Kaninchen dagegen, bei welchen die gewöhnliche Athmungsart eine andere ist, geschieht diess selten und nur ausnahmsweise.

Die hauptsächlichsten Fehler bei der Methode von Moleschott, und bei der von uns modifizirten hängen nicht so sehr von der Athmung als vielmehr von anderen Umständen ab. Die nähere Betrachtung der Fehlerquellen erlaubt uns folgende Schlüsse:

1) So lang die Herzfrequenz die Zahl von 230 bis 240 Pulsschläge in der Minute nicht übersteigt, lässt sich die Zählung der Nadelschwingungen sowohl nach der Moleschott'schen als auch nach der von uns modifizirten Methode ziemlich genau vornehmen.

Unter 12 vergleichenden Versuchen, die wir vornahmen, betrug in keiner der Unterschied mehr als 2 Schläge in der Zeiteinheit, und auch dieser Unterschied kam nur zweimal vor.

2) Wenn die Herzfrequenz die obenbezeichnete Gränze von 230—240 Pulsschläge in der Minute übersteigt, dann kann die Exaktheit der Zählung im Verhältniss mit der steigenden Herzfrequenz abnehmen und der Fehler ziemlich gross werden.

In 30 Doppel-Zählungen mit der mechanischen und mit der modifizirten Moleschott'schen Methode, bei welchen die durch das Zählen erhaltene Frequenz zwischen 249 und 292 Schlägen in der Minute schwankte, betrug nur in 5 Versuchen der Unterschied nicht mehr als 2 Pulsschläge in der Zeiteinheit, in den übrigen 25 Zählungen war derselbe bedeutend grösser. Er überstieg in einigen Fällen (4) zwanzig, in anderen (5) sogar dreissig Pulsschläge in der Minute.

Der grösste Unterschied betrug 39 Pulsschläge in der Minute.

Bei diesen Versuchen zählten wir die Schwingungen der Nadel, die mit dem Hebel in Verbindung stand, so dass man einwenden könnte, der Hebel habe die Nadelschwingungen in der Art behindert, dass man denselben mit dem Auge nicht gut folgen konnte. Wir änderten desshalb die Versuche, so dass die Schwingungen einer zweiten in das Herz eingestochenen Nadel gezählt wurden; erhielten jedoch in drei vorgenommenen Zählungen ebenfalls bedeutende Unterschiede.

3) Ein Theil der Fehler, die man bei der Zählung der Nadelschwingungen begeht, sobald die Herzfrequenz gross ist, rührt vom Wechsel der Assistenten bei der Zählung der Zehner, und es ist wahrscheinlich, dass der Fehler in dem Augenblick vorkomme, in welchem ein Assistent den Andern ersetzt.

Um uns davon zu überzeugen, haben wir nicht die Nadelschwingungen, sondern die Funken gezählt, welche entstehen, wenn der Hebel das Quecksilber verlässt. Wir liessen nun diese Funken in einer Reihe von Versuchen bloss von einem Assistenten, in einer zweiten dagegen von zwei Assistenten, also nach der modifizirten Moleschott'schen Methode zählen; gleichzeitig wurden die Herzschläge mit dem Zählerwerk notirt.

In sechs Zählungen mit einem Assistenten allein war die Uebereinstimmung eine sehr zufriedenstellende, da nur ein einziges Mal der Unterschied zwei Pulsschläge in der Minute erreichte, und zwei Mal gleiche Zahlen erhalten wurden.

In der zweiten Versuchsreihe dagegen, in welcher zwei Assistenten die Zählung vornahmen, wurde in keiner der 6 Beobachtungen die volle Uebereinstimmung erreicht, und der Fehler stieg bis auf 6 Pulsschläge in der Zeiteinheit (60").

Da nun ein elektrischer Funke sich leichter fixiren lässt, als die Schwingungen der Nadel, und da in den obenerwähnten Versuchen der Fehler so gering ausfiel, so gewinnt folgende Behauptung sehr an Wahrscheinlichkeit.

4) Sobald die Herzfrequenz eine sehr hohe ist, dann werden die Zählungsfehler nicht bloss von dem Wechsel der Assistenten bedungen, sondern sie rühren auch theilweise von der grösseren Schwierigkeit her, mit der das Auge den Nadelschwingungen folgt.

Unsere Versuche, welche die Exaktheit der Zählungen mittelst der Moleschott'schen Methode zu prüfen hatten, sind nicht genügend, um dieselbe definitiv zu verwerfen, sie beweisen bloss, dass man sich dieser Methode nicht bedienen darf, sobald die Frequenz grösser ist als 230—240 Schläge in der Minute. Es ist aber hier zu bemerken, dass es unstatthaft wäre, auf Grund der Fehler, die man nach dieser Methode der Zählung begeht, den Werth der von Moleschott erhaltenen Resultate in Zweifel zu ziehen, da die Kaninchen, deren sich Moleschott zu seinen Versuchen bediente, für gewöhnlich eine niedrige Herzfrequenz zeigten, so zwar, dass dieselbe sehr häufig 200 Schläge in der Minute nicht überstieg.

Schliesslich sei auch bemerkt, dass die Nadel mit der Fahne des Muskeltelegraphes von Dubois-Reymond verbunden werden kann, wie diess seit mehreren Jahren durch einen von uns (Vintschgau) bei Vorlesungsversuchen geschieht, wie es auch leicht möglich ist, die Einrichtung nach dem Vorschlage Wagner's so zu treffen, dass die Nadel auf ein leeres Glas anschlage. Man erzielt jedoch durch diese beiden Einrichtungen für die in Rede stehenden Versuche keinen nennenswerthen Vortheil.

Wir wollen nun eine andere Zählungsmethode näher betrachten, nämlich die graphische.

Die graphische Methode lässt sich in der Weise anwenden, dass :

1) Die Pulsschläge einer Arterie auf ein Sphygmographion übertragen werden, oder dass

2) man eine Arterie mit dem Manometer eines Kymographions, oder endlich

3) die Herznadel mit einer schreibenden Vorrichtung in Verbindung bringt.

Wir haben bloss die letztere Methode einer theoretischen Untersuchung unterworfen, da Brondgeest dieselbe zur Wiederholung der Versuche von Moleschott anwenden wollte; während die zwei anderen Methoden bis jetzt zu dem in Rede stehenden Zwecke keine Anwendung fanden, und auch eine solche schwerlich finden werden, indem das Sphygmographion sich nur bei solchen Thieren anwenden lässt, die irgend eine oberflächliche Arterie von ziemlicher Dicke besitzen; bei diesen Thieren lässt sich jedoch die Pulsfrequenz ohne besondere mechanische Vorrichtungen bestimmen. Die Anwendung des Manometers ist bei den oft erwähnten Versuchen, wie ersichtlich, nicht leicht zulässig.

Die graphische Methode, sei ihre Anwendungsweise jede beliebige, hat unstreitig den grossen Vortheil, dass sogar ein Bruchtheil einer Schwingung notirt wird, und beim Gebrauche des Manometers können selbst die Respirationsbewegungen keinen Einfluss auf die Zahl der zu notirenden Herzschläge geltend machen; dieser Vortheil gilt jedoch für die Methode von Brondgeest nur unter jenen Voraussetzungen, die wir bei Besprechung der Methode der Herznadel näher erörtert haben.

Bei der graphischen Methode hat man den weiteren Vortheil das Autogramm der vorgenommenen Versuche zu besitzen, einen Vortheil, den man auch bei der mechanischen haben könnte, wenn in den elektrischen Kreis gleichzeitig mit dem Zählerwerk auch der Schreibapparat von Morse eingeschaltet würde.

Der graphischen Methode kann man dagegen weder Einfachheit noch Leichtigkeit der Anwendungsweise nachrühmen; ausserdem hat sie noch den grossen Nachtheil, dass die Zählung der gezeichneten Curven eine höchst zeitraubende und beschwerliche Arbeit ist und dass man am Ende der Zeiteinheit die Zahl der Pulsschläge niemals rasch erfahren kann, was eben bei den in Rede stehenden Versuchen unumgänglich nothwendig ist.

Die von Brondgeest vorgeschlagene graphische Methode hat nicht bloss, in physiologischer Beziehung alle Nachtheile, welche der Methode der Herznadel und der mechanischen zukommen; sie lässt dieselben noch stärker hervortreten durch den Umstand, dass der Hebel wie er in der Vorrichtung von Brondgeest angebracht ist, die Bewegung der Nadel noch weit mehr beeinträchtigt, als diess in der mechanischen Methode der Fall ist.

Brondgeest hat seiner graphischen Methode überdiess ganz eigene Vortheile zugeschrieben, als da sind: es sei möglich, jede Aenderung der Pulsfrequenz zu erkennen, welche innerhalb des kurzen Zeitraumes von zwei Sekunden stattfand; man könne weiter die Dauer der einzelnen Herzschläge bestimmen, und endlich sei es möglich, die einzelnen Herzschläge in Hinsicht ihrer relativen Kraft zu vergleichen.

Der erste Vortheil kann nicht bestritten werden, hat jedoch keinen Werth in den Versuchen, die bestimmt sind, den Einfluss des Vagus und des Sympathicus auf die Herzschläge zu erforschen. Was die angegebenen Vortheile des Apparates von Brondgeest in den zwei anderen Richtungen anbelangt, so können sie nach unserem Dafürhalten nicht richtig sein, weil auf die Nadelbewegungen nicht bloss die Herzbewegungen, sondern auch die respiratorischen einen Einfluss ausüben; weil weiters die Schwingungen der Nadel nicht bloss abhängig sind von der Kraft, mit welcher die Locomotion jenes Theiles des Herzens geschieht, in den die Nadel eingestochen wurde, sondern auch von der Grösse dieser Locomotion, und letztere auch unter normalen Verhältnissen verschieden sein kann.

Anlangend die drei Methoden der Zählung der Herzschläge, welche wir in die zweite Abtheilung aufgenommen haben, nämlich die Zählung der Pulsschläge einer Arterie, oder des blossgelegten Herzens, oder endlich die Zählung der Herzschläge mittelst der auf den Brustkorb aufgelegten Hand, beschränken wir uns auf folgende Bemerkungen.

Die erste Methode wurde von uns nur in wenigen vor-

läufigen Versuchen angewendet, musste aber bald verlassen werden, da besonders bei den Kaninchen keine oberflächliche Arterie vorhanden ist, welche einen deutlichen Puls zeigt. Die dritte Methode kann nur bei Thieren mit ziemlich resistantem Brustkorb in Anwendung kommen, so dass eine Compression desselben nicht leicht möglich ist. Die Blosslegung des Herzens endlich lässt sich bei den uns beschäftigenden Versuchen wohl bei den Amphibien und Reptilien, nicht aber bei den Säugethieren anwenden.

Einer von uns (Vlacovich) hat zwei Operationsmethoden angegeben, welche bei Hühnern das Herz blosszulegen gestatten, ohne beträchtliche Störung der physiologischen Funktionen.

Die erste Methode, welche von Vlacovich schon im Jahre 1859 angewendet wurde, hat den wichtigen Vortheil, dass sie die Herzbasis und die grossen Blutgefässe, die von ihr abgehen, direkt zu beobachten erlaubt, ohne dass eine sehr eingreifende Operation vorgenommen werden muss. — Zu diesem Zweck wird zuerst der Kropf (*Ingluvies*) geöffnet, entleert und etwas bei Seite geschoben; darauf wird bloss jene fibröse Haut entfernt, welche die obere Brustapertur verschliesst.

Die zweite Verfahrungsweise erlaubt dagegen die Herznadel, und somit auch die mechanische Vorrichtung anzuwenden, ohne dass die Respirationsbewegungen störend einwirken, und da diese Art der Blosslegung des Herzens bei Vögeln vielleicht sich noch zu anderen Versuchen eignet, so wollen wir dieselbe hier beschreiben.

Das Thier wird am besten auf das Vivisectionsbrett so fixirt, dass die linke Seite nach oben zu stehen kommt, und dass der entsprechende Flügel den Brustkorb nicht bedecke. Es werden nun einige Federn ausgerupft und mit den Fingern der mittlere Rand der grossen Incisur des Brustbeins aufgesucht, jener nämlich, welcher zwischen dem Brustbeinkörper und der langen Abdominal-Apophyse desselben Knochens sich befindet. Die Brustmuskeln werden schichtenweise ein-

geschnitten, bis man auf jene Membran stösst, die die genannte Incisur verschliesst. Der Schnitt muss bei Hühnern ungefähr in der Gegend des concaven Randes des Brustbeinkammes beginnen; es genügt für denselben eine Länge von 3 bis 4 Ctm. Es wird bei dieser Operation nur die Unterbindung jener zwei oder drei Gefässe nothwendig, welche vorzugsweise in den tieferen Schichten der Muskeln verlaufen; da die Blutung aus den kleineren Gefässen sehr bald von selbst aufhört, oder die Blutstillung mit einem Schwamm bewerkstelligt werden kann, welcher in eine Eisenchloridlösung eingetaucht wurde.

Damit die Bewegungen der Nadel kein Hinderniss finden, trägt man zweckmässig am inneren Rande des Schnittes einen kleinen Theil der Muskeln ab.

Es wird dann die obengenannte Faserhaut eingeschnitten und ein Theil derselben entfernt, indem man sie von den Bändern der Incisur ablöst; letztere wird etwas vergrössert, indem man mit einer Zange einen kleinen Theil des Brustbeines an der oberen und inneren Seite entfernt.

Man sieht hiernach das Pericardium, welches von der Leber theilweise bedeckt wird, und durch dasselbe die Herzbewegungen. Man könnte schon jetzt die Nadel einstechen; da aber besonders durch wiederholte Einstiche leicht Hämorrhagien stattfinden, und das geronnene Blut die Herzbewegungen der Art beeinträchtigt, dass die Herzfrequenz sich sehr verlangsamt, so ist es rathsam das Pericardium zu öffnen, um die Blutcoagula rasch entfernen zu können.

Damit aber nach Eröffnung des Pericardiums die Nadel einen festen Punkt habe, ist es angezeigt, dieselbe durch einen Lappen des ersteren durchzustechen, jedoch mit Vermeidung jeder Zerrung, damit die Nadel in ihrer Bewegung in keiner Weise beeinträchtigt werde.

Durch diese Verfahrungsweise unterliegt die Nadel wohl den Respirationsbewegungen, aber nur in so weit, als dieselben auch eine Locomotion des ganzen Herzens bedingen; dagegen kann die Bewegung der Thoraxwand bei der Re-

spiration keinen Einfluss auf die Schwingungen der Nadel haben, wodurch der Unterschied in der Amplitude der Nadel-schwingungen bedeutend abgeschwächt wird, und somit werden auch die Hebelschwingungen weniger ungleichförmig.

Die mit dem Marey'schen Sphygmographion, und mit der mechanischen Methode vorgenommenen Versuche haben den Beweis geliefert, dass die angegebene Operationsweise zu dem Zwecke der Zählung der Pulsschläge mittelst der mechanischen Methode geeignet ist.

Dass die Respiration ziemlich regelmässig vor sich geht, ist selbstverständlich.

Die Operation lässt sich auch gleichzeitig auf beiden Seiten vornehmen. Man schneidet nämlich das Brustbein ungefähr in der Mitte der Quere nach durch, dasselbe geschieht etwas oberhalb des oberen Randes seines Kammes; der zwischen beiden Schnitten eingeschlossene Knochentheil wird entfernt. Man hat somit Gelegenheit, die Herzbewegungen durch mehrere Stunden zu beobachten, ohne die künstliche Athmung einleiten zu müssen.

Wird gleichzeitig der Vagus am Halse blossgelegt und gereizt, so hat man ausserdem Gelegenheit, die Wirkung der Vagusreizung auf das Herz eines warmblütigen Thieres direct zu demonstriren.

Innsbruck im November 1871.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1872

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Vlacovich G.P., Vintschgan Max Ritter v.

Artikel/Article: [Ueber die Zählung der Herzschläge bei physiologischen Versuchen über den Vagus und den Sympathicus. 87-119](#)