(Aus dem physiol. Laboratorium der Universität Lund in Schweden.)

Neue Registrirapparate.

Von

Magnus Blix.

(Mit 27 Textfiguren.)

Bei der Einrichtung des physiologischen Institutes in Lund habe ich einen sehr tüchtigen und dazu wissenschaftlich vorgebildeten und interessirten Mechaniker zur Seite gehabt. Diesen Umstand habe ich dazu benutzt, die technischen Hilfsmittel des physiologischen Studiums, so weit Zeit und Mittel es gestatteten, zu verbessern. Manches Neue, das mein Mechanikus geliefert hat, kann man in meinen Abhandlungen auf dem Gebiete der Muskel- und Sinnesphysiologie im Skandinavischen Archive für Physiologie finden; Manches, was wohl verdient bekannt zu werden, ist noch nicht publicirt worden. Zu dieser Kategorie rechne ich vor Allem die Verbesserungen der registrirenden Apparate, die endlich nach vieljährigen, mühevollen und kostspieligen Versuchen so weit entwickelt sind, dass diese Apparate in ihrer jetzigen Form einen ernsten und bedeutenden Fortschritt in der physiologischen Technik darstellen.

In Erwägung der allgemeinen und häufigen Verwendung registrierender Vorrichtungen habe ich wünschenswerth gefunden, die betreffenden Apparate in diesem Archive meinen Collegen vorzuführen.

Das elektrische Kymographion.

Zunächst will ich die Bewegungseinrichtungen der Schreibfläche besprechen. Seitdem Ludwig die graphische Methode zur Registrirung der Blutdruckswellen in der Physiologie eingeführt hat, ist der Gebrauch dieser Methode vielfach verbreitet worden, und die Anforderungen an die betreffenden Apparate sind damit auch bedeutend

gestiegen. Doch sind alle bisherigen Kymographen hauptsächlich nach demselben Typus, dem gewöhnlichen Uhrwerksprincipe, gebaut ¹⁾. Von einer langsam laufenden Welle aus, welche entweder durch Uhrfeder oder Gewicht getrieben wird, werden unter stetig wachsender Geschwindigkeit mehrere Uebersetzungsräder getrieben, bis die letzte Welle eine Geschwindigkeit erreicht hat, die für den erwähnten Regulator passt. Da nun für jede neue Welle die Geschwindigkeit wächst, so wird dementsprechend die verfügbare Kraft reducirt, so dass die letzte Welle, d. h. die Regulatorwelle, von einer sehr bescheidenen Kraft angetrieben wird. In Folge dessen ist es unmöglich, ohne eine ungeheure Triebkraft und eine Unmenge von Uebersetzungsrädern der Trommelwelle, welche in der einen oder anderen Weise von diesen Rädern getrieben wird, die oft erwünschten grossen Geschwindigkeiten zu geben. Um solche zu erreichen, werden entweder gewisse Uebersetzungsräder ausgeschlossen oder die Uebersetzung in anderer Weise vermindert, oder wird die treibende Kraft vergrössert. In beiden Fällen muss man gleichzeitig den Regulator verändern, damit sich derselbe der grösseren Kraft anpasst.

Durch alle diese Anordnungen treten aber mehrere Mängel und Uebelstände ein, von denen ich die wichtigsten hier kurz erwähnen will.

1. Unbequeme Handhabung des Apparates. Die Einstellung für die verschiedenen Geschwindigkeiten ist meistens nicht nur zeitraubend, sondern stellt auch, wie z. B. bei dem im übrigen vorzüglich gearbeiteten Baltzer'schen Kymographen, an den Experimentator eine nicht gerade geringe Forderung technischer Gewandtheit, besonders wenn die beigegebene Beschreibung des Verfahrens nicht bei der Hand sein sollte.

Ausserdem ist eine grössere Veränderung der Geschwindigkeit während des Ganges vollkommen ausgeschlossen.

2. Schlechte Regulirung. Auch die besten Reguliranordnungen erfordern eine nicht unbeträchtliche Veränderung der Umdrehungsgeschwindigkeit, um zu functioniren, da an dem mechanischen Regulator immer Reibung vorhanden ist.

Bei den mittelst Gewicht getriebenen Kymographen ist zwar die Regulirung in Folge der constanteren Kraft schon etwas besser; diese

1) Ein paar Versuche (Kronecker, Straub), elektrische Triebkraft zu benutzen, scheinen nicht besonders günstig ausgefallen zu sein.

Apparate werden aber wegen ihrer Grösse und Schwere gern stationär und desswegen für manche Versuche unbequem.

3. Begrenzung der Geschwindigkeit. Grosse Geschwindigkeiten sind überhaupt nicht erreichbar, ohne dass das Uhrwerk mit einer ganz enormen Triebkraft ausgerüstet wird und das ganze Räderwerk dementsprechend kräftig gebaut und somit schwerfällig wird.

4. Begrenzte Laufzeit. Die längste Laufzeit beträgt selbst bei dem langsamsten Gange nur 1—1,5 Stunden für eine Aufziehung der Uhrfeder, bei dem schnellsten aber nur 3—5 Minuten (Baltzer. Mareys Cylinder geht $1\frac{1}{4}$ Stunde mit einer maximalen Geschwindigkeit von 5 cm per Secunde).

Alle diese Mängel fallen bei Sandströms elektrischem Kymographen vollständig weg.

Obschon der Apparat nicht ganz neu genannt werden kann — das erste Exemplar wurde schon im Anfange des Jahres 1894 gebaut und ist noch immer im Gebrauche —, so bietet derselbe in seiner letzten Ausführung so viel Neues dar, dass von seiner ersten Gestaltung kaum mehr übrig geblieben ist als die zwei Grundprincipien: der Antrieb mittelst Elektromotors und die decimale Relation der einzelnen Hauptgeschwindigkeiten der Schreibfläche. Letztere wurde auch, wie bekannt, neuerdings in der „Commission internationale pour le controle des instruments de Physiologie“ in Paris als für den Physiologen vollkommen ausreichend festgestellt.

Die treibende Kraft ist an der am schnellsten laufenden Welle angebracht, d. h. hier steht eine mehr als genügende Kraft immer zur Verfügung, und somit können alle Geschwindigkeiten, die man für das betreffende Experiment nöthig findet, ohne Weiteres von dem Apparat geliefert werden. Da nun ausserdem die treibende Welle, wie es bei dem neuen Kymographen der Fall ist, 35,3 Touren pro Secunde läuft, kann eine sehr effective Regulirung angeordnet werden.

Dazu kommt der grosse Vortheil, dass der Apparat Tage lang ohne Aufsicht laufen kann, was nicht nur angenehm, sondern für viele Versuche fast ganz unerlässlich ist.

Der Apparat steht auf einer gusseisernen Fussplatte (1) (siehe Fig. 1), an welcher die zwei das Gehäuse (2) tragenden Lagerböcke (3) angeschraubt sind.

In der oberen Etage des Gehäuses (2) befindet sich das Räderwerk, in der unteren der Elektromotor. Die Trommelwelle (4) ist in Kugellagern in der Achselbüchse (5) beweglich. Die Anordnung des im Gehäuse (2) befindlichen Räderwerkes und dessen Verbindung mit dem Elektromotor ist in Fig. 2 schematisch dargestellt.

Fig. 1.

Die Räder 1—5 und I—V gehören zu dem Räderwerke, der Trieb *a* nebst den von demselben getriebenen Rädern *b* und *b'* gehören zu dem Motor.

Die Triebe haben alle 30 Zähne, die Räder 2 bis 5 90 und die Räder II bis V 100 Zähne. Wird nun die Umlaufgeschwindigkeit des Rades I = 1 gesetzt, so erhält das Rad II die Geschwindigkeit:

$$\frac{30}{90} \cdot \frac{30}{100} = \frac{1}{10},$$

das Rad III:

$$\frac{30}{90} \cdot \frac{30}{100} \cdot \frac{30}{90} \cdot \frac{30}{100} = \frac{1}{100} \text{ u. s. w.}$$

Auf der schnell laufenden Motorwelle sitzt ein Trieb a , welcher immer im Eingriffe mit den beiden auf eine Räderrscheere gesteckten Rädern b und b' bleibt.

Das Rad b trägt ein anderes Rad c von der halben Zahnzahl.

Durch Drehen der Räderrscheere kann entweder das Rad b' oder das Rad c in Eingriff mit dem Rade 1 gesetzt werden, und somit kann die Geschwindigkeit des Räderwerkes, ohne Veränderung am Motor, auf genau die Hälfte vermindert werden. In mittlerer Lage

Fig. 2.

der Räderrscheere aber sind die Räder b' und c vom Rade 1 und dem ganzen Räderwerk frei.

Die Räder I—V sind derart gelagert, dass von deren Trieben ein jeder ausser Eingriff mit dem nächstfolgenden Rade und gleichzeitig in Eingriff mit einem auf die Cylinderrolle gesteckten Rade geführt werden kann, um somit seine Bewegung der Cylinderwelle mitzutheilen.

Die Geschwindigkeit des Motors ist so gewählt, dass, wenn der Trieb I die Cylinderwelle in Bewegung setzt, die Geschwindigkeit des Cylindermantels — der Schreibfläche — genau 1000 mm pro Secunde beträgt, wenn der Trieb II 100 mm u. s. w.

Hieraus folgt, dass unter Beihülfe der zwei Grenzlagen der Räderrscheere die Schreibfläche auf jede der Geschwindigkeiten: 1000, 500, 100, 50, 10, 5, 1, 0,5, 0,1, 0,05 mm pro Secunde gestellt werden kann.

Die Anordnung zur Einstellung der verschiedenen Trommelgeschwindigkeiten ist eine sehr sinnreiche und dabei auch sehr ein-

fache, deren nähere Beschreibung doch weggelassen wird, da dieselbe nur die Techniker interessiren dürfte. — An der Oberseite des Gehäuses (2) ist ein Ring (6) drehbar gelagert, der mit zehn Theilstrichen versehen ist. Diese Theilstriche tragen die Bezeichnungen 1000, 500, 100, 50, 10, 5, 1, 0,5, 0,1, 0,05 und geben an, dass der Cylindermantel, wenn der Index auf den einen oder anderen Theilstrich gestellt ist, sich mit einer der Zahl dieses Striches entsprechenden Geschwindigkeit in Millimetern pro Secunde bewegt.

Die Einstellung des Ringes (6) geschieht mittelst des Griffes (7). Derselbe führt den Ring (6) herum und zwar so, dass, so oft die in den Griff eingesteckte Pinnoles horizontal steht, ein Theilstrich des Ringes auf den Index eingestellt ist. So oft aber die Pinnoles vertical steht, läuft der Motor frei, während die Trommelwelle entweder vom Räderwerke ganz frei oder mit demselben fest verbunden ist.

Obige Einstellvorrichtung bietet, wie ersichtlich, sehr grosse Vortheile dar; erstens ist die Einstellung die denkbar einfachste und unzweideutigste; zweitens kann man die Trommel mit vorher bestimmter voller Geschwindigkeit anlaufen lassen; drittens kann man die Geschwindigkeit fast augenblicklich verändern; viertens kann man die Trommel ebenso plötzlich arretiren oder auch, wenn es beliebt, ganz vom Räderwerke auslösen, so dass man die Trommel mit der Hand anhalten und herumdrehen kann, um die Curven bequem zu beschauen.

Dabei lässt man den Motor nur immer weiter gehen. Uebrigens bekommt der Motor auch in wenigen Secunden nach dem Stromschlusse die normale Geschwindigkeit, bei welcher die Regulirung zu wirken beginnt.

Die Cylinderwelle (4) ist in ihrer ganzen Länge durchbohrt und trägt in ihrer Bohrung eine Schraube, welche, wenn es gewünscht wird, eine Spiralbewegung des Cylinders bewirken kann. Die rohrförmige Welle ist im oberen Ende geschlitzt und führt im Schlitz ein Verbindungsstück zwischen der auf der Schraube gleitenden Schraubenmutter und einer aussen an der Welle gleitenden Hülse. Diese Hülse hat zwei konische Absätze, welche beim Aufsetzen der Trommel dieselbe genau centrirt. Das genau in den Schlitz passende Verbindungsstück wirkt als Mitnehmer.

Die Schraube endet oben mit einem Knöpfchen (8) und trägt unten im Innern des Gehäuses (2) eine Art Sperrad, das mittelst

eines federnden Armes festgehalten werden kann. Um diese Einrichtung in Wirksamkeit zu setzen, braucht man nur den Hebel (9) umzulegen. Die Schraube wird dann festgehalten, und die Trommel sinkt allmählich in Spiraltouren herunter. Die Verzahnung des Sperrrades ist aber derart gemacht, dass dieselbe wohl Widerstand genug leistet, um die Schraube bei der Drehung der Trommel festzuhalten, in tiefster Lage aber, wo die Längsbewegung der Schraubenmutter aufhören muss, gleitet der federnde Arm auf das Sperrrad, was sich durch ein leichtes Knarren kund gibt.

Die Längsbewegung beträgt 150 mm, und die Gewindehöhe der Schraube ist 2,5 mm. Will man aber andere Steigungen haben, kann die Schraube nebst Mutter leicht herausgenommen und gegen eine andere umgetauscht werden.

Der Elektromotor ist kräftig und solid gebaut und besitzt, trotz seinem geringen Stromverbrauch — 0,07 bis 0,1 Amp. bei 110 Volt Spannung — vollauf genügende Kraft, um der Trommel auch die grösste Schnelligkeit zu ertheilen.

Die Motorachse läuft 35,3 Touren pro Secunde und ist mit einem ziemlich schweren Anker versehen, der selbst als Schwungrad bei der Regulirung theilhaftig ist. Ausserdem ist eine einfache und dabei sehr effektive Regulirvorrichtung angebracht, die folgendermaassen eingerichtet ist.

Die Wicklung des Ankers ist in einem Punkt gebrochen, und die Leitung ist wieder durch einen Federcontact geschlossen. Durch die Centrifugalkraft wird aber, wenn die normale Geschwindigkeit erreicht ist, der Contact gebrochen, und in diesem Augenblicke ist nur die eine Hälfte des Ringes wirksam. Der Contact ist einstellbar, so dass der Motor auf eine beliebige Geschwindigkeit eingestellt werden kann.

Die Regulirung geht also in folgender Weise vor: Wenn der Regulator auf eine gewisse Geschwindigkeit eingestellt ist, so spielt die Contactfeder bei normalem Gange mit einem mittleren Rhythmus gegen den Contactstift und schwächt resp. bricht periodisch den Stromtheil durch die eine Hälfte des Ankers.

Tritt nun ein grösserer Widerstand gegen die Bewegung ein, so sinkt die Geschwindigkeit des Motors ein wenig, wesshalb die Contactfeder sich fester anlegt und dieselbe Hälfte des Ankers länger vom Strome durchlaufen wird; wird der mechanische Widerstand aber kleiner, so nimmt die Geschwindigkeit zu, die Contactfeder ent-

fernt sich öfter und lässt den Antrieb des Ankers abnehmen. Bei jeder Schwingung der Feder tritt natürlich ein kleiner Funke auf; derselbe ist aber wegen des sehr mässigen Stromes, und weil der Strom durch die andere Ankerhälfte vorbeigeschlossen ist, ein sehr minimaler und nutzt desswegen die Contactflächen nur sehr langsam ab. Selbst am Collector, wo an dem Streifen, bei welchem die Wickelung gebrochen ist, eine Funkenbildung sich einstellte, blieb dieser Streifen bis heute praktisch ganz unbeschädigt.

Dass die Regulirung so bewirkt wird, wie hier oben gesagt wurde, davon kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man einen Strommesser in die Motorleitung einfügt. Derselbe zeigt anfangs beim Schliessen des Stromes eine Stromstärke an, die mit der Beschleunigung des Motors allmählich sinkt, bis er plötzlich auf einmal zu etwa der Hälfte der dann erreichten Stärke herabsinkt. Wächst nun der mechanische Widerstand, so wächst dementsprechend die vom Galvanometer angezeigte Stromstärke. Wird aber der Widerstand so gross, dass der Galvanometer denselben Ausschlag gibt, von welchem er plötzlich zur Hälfte herabfiel, dann hört die Regulirung auf zu functioniren.

In der That hat es sich erwiesen, dass dies Regulirungsgebiet für die normale Anwendung des Apparates mehr als ausreichend ist. Bei einem Motor, der für 90 Volt Spannung gebaut war, konnte die Spannung von 50—110 Volt variirt werden, ohne dass der Regulator auf seinen Dienst verzichtete.

Es dürfte nicht überflüssig sein, daran zu erinnern, dass solche Regulirvorrichtungen, wie die hier angewandten, nur bei schwachen Strömen zu empfehlen sind und auch dann sehr genau und einsichtig gearbeitet werden müssen, wenn sie längere Zeit zuverlässig functioniren sollen.

Die jüngst construirten Apparate sind in dieser Hinsicht sehr ernsthaft geprüft worden. Man hat ja zunächst zu befürchten: 1. dass die Contactfeder abgeschwächt, 2. dass der Contact durch Wärme oder Abnutzung geändert werde. Beides geschieht ohne Zweifel, aber nur langsam und allmählich, wie folgende als Beispiel angeführten Experimente zeigen.

Der untersuchte Apparat war für 90 Volt Spannung gebaut. Die Zeit wurde mit einem Jaquet'schen Secundenmarkirer gezeichnet, während die Trommel ihre spiralige Bahn beschrieb; variirt wurden: 1. Die Spannung des treibenden elektrischen Stromes, 2. die ein-

gekoppelte Ueberführung zu der Trommel. 3. Die Lage der Trommel (vertical und horizontal). Der Umkreis der berussten Trommelfläche — Trommel mit Papier — war 504 Millimeter, und der Regulator war so eingestellt, dass der Secunde 10, respective 50, 100, 500 oder 1000 mm Länge entsprechen sollten. Die Secundenzeichen eines folgenden (oberen) Umlaufes kommen desshalb nicht genau über die vorhergehenden (unteren), sondern sollten, wenn die Trommel die beabsichtigten Schnelligkeiten genau innegehabt hat, vier Millimeter Verschiebung (Verzögerung) bei allen Geschwindigkeiten aufweisen.

Es wird desshalb sehr leicht, zu controliren, ob eine, wenn auch noch so kleine Veränderung der Geschwindigkeit des Motors eingetreten ist, indem dabei die Verschiebung der Secundenzeichen der einzelnen Touren vermehrt oder vermindert wird und, wenn wir mehrere Touren über einander schreiben, die Verbindungslinie der zusammengehörigen Zeitmarken nicht geradlinig verlaufen wird.

Die untenstehenden Fig. 3—16¹ sind aus dieser Versuchsserie herausgenommene Bruchstücke und zeigen alle beinahe dieselbe Verschiebung. Bei genauerer Messung finden wir aber die folgenden Zahlen für die Verschiebungen.

Fig.	Spannung	Geschwindigkeit der Trommel	Lage der Trommel	Verschiebung der Secundenmarken pro Tour	Fehlerprocent
3	90 Volt	10 mm	vertical	3,4 mm	0
4	90 "	50 "	"	3,63 "	— 0,046
5	90 "	100 "	"	3,7 "	— 0,06
6	90 "	500 "	"	3,7 "	— 0,06
7	90 "	1000 "	"	4,05 "	— 0,13
8	70 "	500 "	"	3,35 "	+ 0,01
9	110 "	500 "	"	2,7 "	+ 0,14
10	50 "	500 "	"	3,88 "	— 0,096
11 ¹⁾	90 "	10 "	horizontal	2,15 "	+ 0,25
12	90 "	50 "	"	1,95 "	+ 0,29
13	90 "	100 "	"	2,00 "	+ 0,28
14	90 "	500 "	"	2,4 "	+ 0,20
15	90 "	1000 "	"	2,91 "	+ 0,098
16 ²⁾	90 "	10 "	vertical	4,2 "	+ 0,16

1) Bei horizontaler Trommel konnte unser Jaquet-Secundenmarkirer nicht direct schreibend gebraucht werden, weil er in horizontaler Lage 4% Verzögerung zeigte. Er wurde dann mit Marcel Desprez's elektrischem Signale combinirt. Darum die Verschiedenheit der Zeitmarken in den Fig. 11—15. Uebrigens hatte der Secundenmarkirer noch den Fehler, dass die Hin- und Herschwingungen des Balanceurs nicht gleich lange dauerten, was in den untenstehenden Fig. 6, 7, 14, 15 auch gut ersichtlich ist.

2) Versuch 16 ist nach drei Stunden Ruhe des Motors gemacht.

Erstens sehen wir aus den Figuren und Versuchen 3—7, dass die verschiedenen angekoppelten Trommelgeschwindigkeiten zwar etwas, aber sehr wenig die Umlaufzeiten des Motors beeinflusst haben. Die Fehler sind hier für die meisten physiologischen Versuche ganz belanglos.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Ganz besonders bedeutungsvoll sind die Versuche 8, 9 und 10, welche zeigen, wie wenig die Spannung des elektrischen Stromes die Geschwindigkeit des Motors beeinflusst, was um so wichtiger ist, als ja die Spannung in den Lichtleitungen oft nicht unerheblich schwankt.

Die Versuche und Figuren 11—15 zeigen, dass auch bei horizontaler Lage des Apparates der Gang des Motors sehr wenig gestört wird; der Motor geht aber durchweg schneller in horizontaler Lage als in verticaler. Warum, kann ich vorläufig nicht sagen.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Der Unterschied ist übrigens gering und wohl meistens zu vernachlässigen ¹⁾.

1) Nach später gemachten genauen Untersuchungen über den Gang des Zeitmarkirers ergab sich jedoch, dass derselbe bei directer Markirung 0,15—0,20% schneller läuft als bei elektrischer. Die Secunden bei den Versuchen 11—15 sind daher zu lang und somit die Verschiebungen zu klein. Werden die Zahlen der zwei letzten Reihen obiger Tabelle dementsprechend corrigirt, so bleibt eine Differenz, welche den wirklichen Einfluss der Lage bedeutend reducirt.

Endlich zeigt Versuch 16, dass die Geschwindigkeit des Motors während des Ganges langsam abgenommen hat.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 16.

Die Verzögerung binnen den in Fig. 16 geschriebenen 24×50 Sekunden ist nicht mit gröberen Hilfsmitteln zu messen, wenn sie sich auch durch eine leise Biegung der Verbindungslinie der Sekundenmarken kenntlich macht.

In einem anderen Experiment wurde der Cylinder nach zwei Tagen Ruhe angelassen und ging ununterbrochen 47 Minuten lang, wobei sich zeigte, dass die Verzögerung noch vor Ende der Versuchszeit nicht mehr merklich zunahm. Die Geschwindigkeit hatte dann um ungefähr 0,33 % abgenommen. Wahrscheinlich wird die Verzögerung bei bedeutend längerem Versuche wohl etwas anwachsen, in Folge der Abnutzung des Regulircontactes. Man hat also die Regulirung dann und wann zu controliren, was ja ganz leicht sich machen lässt, wenn man einen zuverlässigen Zeitmarkirer zur Verfügung hat. Besondere Zeitmarkirung wird dann bei den allermeisten Versuchen überflüssig.

Schreibapparate für Luftübertragung.

Die Marey'schen Schreibkapseln haben bei allen ihren Vorzügen den Uebelstand, dass die Gummimembran sich bald verändert, ihre Plasticität einbüsst und desshalb oft zur Unzeit versagt. Mehrere

Fig. 17.

Fig. 18.

Versuche sind hier gemacht worden, um ein haltbareres Material zu finden, welches in geeigneter Form die Elasticität des Gummis mit vollkommener Haltbarkeit und Unveränderlichkeit vereinigte. Der erste Versuch, eine aneroidähnliche Membran aus dünnem Celluloid zu verwenden, zeitigte so ermunternde Resultate, dass immer neue Experimente mit diesem Material gemacht wurden, bis es Sandström gelang, Celluloidkapseln herzustellen, welche, soweit die Erfahrung bis jetzt zeigt, vollkommen unveränderlich sind. Er ist vorläufig bei zwei Typen stehen geblieben: einem grösseren mit einfacher oder doppelter Membran, wie sie in der schematischen Fig. 17 angedeutet ist, und einem kleineren mit 6—8 federnden Membranen über einander, wie in Fig. 18. Die letzteren können auch, was ihre Beweglichkeit anlangt, gut mit den Marey'schen Schreibkapseln wetteifern. Ich werde dies hier unten beweisen.

Zuerst will ich aber mit ein paar Worten den neuen Pistonrecorder Sandströms erwähnen. Es liefert dies Instrument ein neues Zeugniß dafür, wie meisterhaft es dieser Mechaniker versteht, seine Materialien zu wählen und zu bearbeiten.

Der Pistonrecorder ist ja kein neues Instrument, auch nicht in den physiologischen Laboratorien, und hat sich da bei vielen Versuchen schon sehr gut bewährt. Für schnelle Bewegungen waren aber die früher üblichen Formen entweder zu träge, oder es war die Reibung zu gross oder zu wechselnd, oder die Dichtigkeit liess viel zu wünschen übrig. Dichtet man mit Oel, so wird die Reibung alle schnellen Bewegungen lästig beeinflussen.

Es gilt also, einen Kolben zu verfertigen, der dicht schliesst, ohne Schmierung möglichst reibungslos in seinem Cylinder geht und dabei so massenlos als irgend möglich ist.

Sandström wählte als Material glasharten Stahl¹⁾, sowohl für Kolben als für Cylinder, und ist damit dem Ziele sehr nahe gekommen. Der sehr dünnwandige hochpolirte Kolben ist so genau eingeschliffen, dass er in dem ebenso polirten Cylinder stecken bleibt, wenn man diesen aussen mit den Fingern umfasst und also ungleichmässig erwärmt.

Die beigelegten Figuren mögen nun den Sachverständigen Aufschluss über die Leistungen dieser Schreibvorrichtungen geben. Dabei ist zu merken, dass eine kleine Celluloidkapsel, mit Stimmgabeln verbunden, als Empfangsapparat gebraucht wurde und Stimmgabeln und Schreibapparate in den verschiedenen Versuchen gewechselt wurden.

Es ist also Fig. 19 vom Pistonrecorder geschrieben, während die Empfangskapsel die Schwingungen einer elektrischen Stimmgabel von 100 Doppelschwingungen in der Secunde ihm mittheilte und die Schreibtrommel mit den Geschwindigkeiten 100 resp. 500 und 1000 mm pro Secunde herumgeführt wurde. Ganz vollkommene Sinusbewegungen gab, wie man sieht, der Recorder zwar nicht, doch ist die Entstellung unerwartet geringfügig. Die Celluloidschreibkapseln machen es freilich besser, wie die Fig. 20 und 21 zeigen. Fig. 20 ist mit einer grossen Kapsel und Fig. 21 mit einer kleinen geschrieben.

1) Man sollte glauben, der Stahl wäre nicht so geeignet, da dieses Material leicht durch Rost beschädigt werde. Dies ist jedoch nicht der Fall, vorausgesetzt, dass man ein wenig behutsam damit umgeht, da der Rost fein polirte Flächen nicht so leicht angreift.

In Fig. 22 hat der Recorder 250 Doppelschwingungen pro Secunde registrirt; in Fig. 23 hat die grosse Schreibkapsel die

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.

Fig. 26.

Fig. 27.

Schwingungen derselben Stimmgabel wiedergegeben und in Fig. 24 die kleine Kapsel. Ich überlasse die Commentare den Sachkundigen.

Endlich zeigen die Fig. 25—27 Pulscurven, welche mit denselben drei Apparaten geschrieben sind, und zwar Fig. 25 mit dem

Recorder, Fig. 26 mit der kleinen und Fig. 27 mit der grossen Kapsel. Die Schreibfläche bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von 5 mm per Secunde. Dabei ist zu bemerken, dass ein eigenes Empfangsinstrument nicht benutzt wurde, sondern es wurde nur der Ueberführungsschlauch abgeklemmt und mit den Fingern leise gegen die Radialis gedrückt.

Die Pulsschreibung ist damit auf die einfachste, handlichste und bequemste Form gebracht — die drückenden Finger fühlen meistens den Puls durch den Schlauch sehr gut —, und doch scheinen mir die Curven, welche der Recorder Fig. 25 und die kleine Kapsel Fig. 26 liefern, anderen durch Luft übertragenen Radialiscurven nicht nachzustehen.