bewegende Punkte, und nimmt man etwa an, dass zu Anfang der Bewegung sich beide auf der x-Axe befinden, so werden ihre Bahnen durch die Gleichungen

$$z_1 = r_1 (\cos \omega_1 t + i \sin \omega_1 t)\,; \qquad z_2 = r_2 (\cos \omega_2 t + i \sin \omega_2 t)$$

gegeben. Die scheinbare Bahn des zweiten Punktes gegen den ersten ist daher

$$z = (r_2 \cos \omega_2 t - r_1 \cos \omega_1 t) + i (r_2 \sin \omega_2 t - r_1 \sin \omega_1 t)\,;$$

und aus dieser Gleichung können alle Eigenthümlichkeiten dieser Bewegung mit Leichtigkeit abgeleitet werden.

Ein neues Myographion

von

Adolf Fick.

Mit einer Tafel.

Bekanntlich sind viele der wichtigsten Untersuchungen auf dem Gebiete der Nervenphysiologie mit Hülfe jenes feinen von Helmholtz erfundenen zeitmessenden Werkzeuges ausgeführt, welches man mit dem Namen „Myographion" bezeichnet. Ohne Zweifel wird auch noch ferner für lange Zeit jeder Forscher auf diesem Gebiete des Myographion bedürfen. Da die ursprüngliche Konstruktion von Helmholtz, sowie auch die spätern Modifikationen nur zu ausserordentlich hohen Preisen mit hinlänglicher Genauigkeit ausgeführt wurden, so wird sich gewiss Mancher durch den blossen Mangel an Geldmitteln in seinen Forschungen beschränkt fühlen. Ich halte es daher nicht für überflüssig eine Konstruktion zu veröffentlichen, welche, so viel ich sehe, in den meisten Fällen das Helmholtz'sche Myographion ersetzen kann, und welche kaum den sechsten Theil vom Preise des letzteren Instrumentes kostet.

Ich ging bei meiner Konstruktion von folgender Ueberlegung aus. Der Zweck des Myographion ist erreicht, sobald man eine Fläche in irgend welcher genau bestimmbaren Weise an der Spitze des mit dem Muskel verbundenen zeichnenden Stiftes vorüberführen kann. Die Geschwindigkeit dieser Bewegung braucht eben keineswegs gleichförmig zu sein, es kommt nur darauf an, dass man die Geschwindigkeit in jedem Augenblicke kennt. Es gibt nun eine Bewegung, welche auch bei einem ohne besondere Feinheit ausgeführten Apparate mit ausserordentlicher Regelmässigkeit von Statten geht und leicht zu berechnen ist — die Pendelbewegung. Diese Bewegung habe ich in meiner Konstruktion benutzt und an die Stelle der Rotation in Helmholtz's Instrument gesetzt.

Das Wesentliche meiner Konstruktion, die ich Pendelmyographion zu nennen vorschlage, ist dies: Ein schweres eisernes Pendel führt von einer genau bestimmten Lage (die genau wieder hergestellt werden kann) einen Schwung aus und wird am Ende desselben durch eine Sperrvorrichtung aufgehalten. An dem Pendel ist eine berusste ebene Glasplatte befestigt, deren Ebene mit der Schwingungsebene zusammenfällt. An diese Ebene legt sich die Spitze eines Stahlstiftes, der an einem Stängelchen befestigt ist, welches um eine wagrechte Axe drehbar an einem Rahmen hängt. Der Rahmen hängt am Muskel und wird durch seine Zusammenziehung gehoben, indem er sich um eine wagrechte, der Schwingungsebene des Pendels parallele Axe drehen kann. Bei dieser Bewegung kann sich also die Spitze des Stahlstiftes nicht anders bewegen als in einer lothrechten Linie, welche in der Schwingungsebene des Pendels gelegen ist. Dies ganze Rahmenwerk und die Theile, an welchen der Muskel befestigt ist, gleichen genau den entsprechenden Theilen des Helmholtz'schen oder des Pflüger'schen Myographion. Ich werde desshalb diese Theile gar nicht näher beschreiben; nur das eine will ich noch bemerken, dass ich das Rahmenwerk länger und leichter habe ausführen lassen.

Es gehören noch zwei Hülfsvorrichtungen zur Vervollständigung des ganzen Apparates. Erstens eine Vorrichtung, mittelst derer der Nerv gereizt wird in einem ganz genau bekannten Zeitpunkte, und zweitens eine Vorrichtung, welche wenigstens bei einer grössern Excursion des Pendels den Zeichenstift zurückhält und ihn erst gegen die Glasplatte anfallen lässt, wenn ihr Rand schon über die Vertikalebene hinaus ist, in welcher sich die Spitze des Stiftes bewegen kann.

Ich will jetzt die einzelnen Theile der Konstruktion genauer beschreiben und die Abmessungen ungefähr angeben, welche sie bei meinem Instrumente haben. Das Pendel wird gebildet durch eine Eisenplatte in Gestalt eines Kreissektors (*a b c* Fig. 1), welcher einen Centriwinkel von ungefähr 30° bei *a* umspannt. Die Länge des Radius beträgt etwa 0,5 ^{m}. Durch den Mittelpunkt des Kreises, aus dem ich mir die Platte geschnitten denke, geht eine fest mit ihr verbundene zu ihrer Ebene senkrechte stählerne Axe (*a*), welche in Spitzen ausgeht. Diese Spitzen laufen in konischen

Lagern, welche in einem starken eisernen Bügel vorwärts und rückwärts geschraubt werden können. Der hintere Theil dieses Bügels ist in ein starkes senkrecht stehendes Brett (*g h k l m*) eingelassen, vor welchem der vordere Theil frei herabragt (das kleine Rechteck worin der Buchstabe *a* steht). Das Pendel kann nun also in seinen Lagern um die wagrechte Axe vor dem Brette hin und her schwingen, so dass seine Ebene der Ebene des Brettes fortwährend parallel bleibt. Auf dem unteren Theil der eisernen Platte bei *b c e d* liegt mit Riegeln befestigt die Glasplatte, auf welche der Stahlstift die Curve zeichnen soll.

Um das Pendel aus einer ganz genau bestimmten Höhe herabfallen zu lassen, dient die bei *r* sichtbare sehr einfache Auslösungsvorrichtung. Sie besteht aus einem stählernen Cylinder, von welchem ein Abschnitt weggefeilt ist. Man sieht ihn in Fig. 1 als schrägen Kreisabschnitt, der durch den kleinern weiss gelassenen Kreisabschnitt zum vollen Kreise ergänzt wird. Er ist drehbar um seine Axe, die zu dem Brette und folglich auch zur Pendelebene senkrecht steht. Das Pendel wird vorläufig nach rechts gehoben und die scharfe Kante des bei *c* sichtbaren Zahnes auf den Winkel des Cylinders bei *r* aufgelegt. Dreht man nun den Cylinder (durch Supination der rechten Hand) um seine Axe herum, so bleibt das Pendel genau in seiner Lage, bis der Rand des Ausschnittes am Cylinder unter die Schneide des Zahnes am Pendel kömmt. In diesem Augenblicke beginnt das Pendel vollkommen frei seine Schwingung und zwar eben genau von der Lage aus, in welcher es sich befand, so lange es auf dem Cylinder lag. Diese Lage kann genau bestimmt und folglich die Geschwindigkeit des Pendels in jeder andern

Lage berechnet werden. Das Pendel muss natürlich, nachdem es auf der linken Seite in die Höhe gestiegen ist, verhindert werden, wieder zurückzufallen, denn dabei würde es leicht das ganze Rahmenwerk zertrümmern. Jedenfalls würden dabei aber wieder Linien auf der Kreisfläche entstehen, welche die eigentlich geltende Zeichnung verwirren. Um das Zurückfallen des Pendels zu hindern, ist auf der linken Seite in ungefähr gleicher Höhe mit der Auslösung ein stählerner Zapfen (siehe *s*) angebracht. An ihm fängt sich die am Pendel links befestigte Sperrfeder (sie ist durch die links hervorragende hackenförmige Linie bei *b* dargestellt).

Damit man in verschiedenen Versuchsreihen mit verschiedenen Geschwindigkeiten arbeiten kann, ist es nöthig, dass man das Pendel von verschiedenen Anfangslagen aus schwingen lassen könne. Zu diesem Ende muss die Auslösungsvorrichtung an verschiedenen Punkten eines um *a* gezogenen Kreises festgestellt werden können. Diese Möglichkeit ist in meiner Konstruktion gegeben durch einen kreisbogenförmigen Schlitz in dem senkrechten Brette (er ist bei *n o* in der Figur sichtbar), in welchem sich der Cylinder der Auslösung verschieben und an jeder Stelle durch eine Gegenmutter feststellen lässt. Das Nähere der Art und Weise, wie die Auslösung festgestellt wird, kann sich jeder leicht denken. Entsprechend der Auslösungsvorrichtung kann auch der Fangstift (*s*) in einem ähnlichen Schlitze (*p q*) verschoben und festgestellt werden. Dass das ganze vertikale Brett *g h k l m* auf einem wagrechten (*t u*) befestigt ist, welches auf drei Stellschrauben steht, versteht sich wohl von selbst. Auf diesem wagrechten Grundbrette ist nun mitten vor dem Pendel der Theil des Apparates festgeschraubt, welcher den Muskel und den daran hängenden Rahmen mit dem Zeichenstifte trägt. Dieser Apparat ist, um die Zeichnung nicht zu verwirren, in der Figur nicht dargestellt; ohnehin wäre dies überflüssig gewesen, da dieser Apparat fast genau dem entsprechenden am Helmholtz'schen Myographion nachgebildet ist.

Der Hülfsapparat, welcher dazu dient, in einem genau bestimmbaren Zeitpunkt den Reiz auf den Nerven wirken zu lassen, ist sehr einfach, anscheinend fast roh, aber der Erfolg lehrt, dass er seinen Dienst mit derselben Sicherheit thut, wie die complicirteren feineren Apparate an andern Myographien. Der Apparat ist in Fig. 2 ungefähr in natürlicher Grösse besonders dargestellt. In ein Holzklötzchen *op* sind zwei Quecksilbernäpfchen *k* und *l* eingebohrt, zu denen die Drähte *m* und *n* führen. In die beiden Quecksilbernäpfchen können zwei Stahlspitzen eintauchen, welche von dem um die Axe *g* drehbaren metallenen Winkelhebel *hgi* herabragen. Sind die Spitzen eingetaucht, so ist vermittelst der Drähte *m* und *n* ein ellektrischer Stromkreis geschlossen, in welchem sich die primäre Spirale eines Induktionsapparates befindet. Die sekundäre Spirale ist geschlossen durch den im Myographion aufgehängten Nerven. Werden also die Spitzen aus ihrem Quecksilbernäpfchen herausgehoben, so hört der elektrische Strom in der primären Rolle des Induktionsapparates auf, und im selben Augenblicke wird ein Strom in der sekundären Rolle inducirt, welcher den Nerven reizt. Das Herausheben der Stahlspitzen aus ihren Quecksilbernäpfchen wird nun durch das Pendel selbst bewerkstelligt. Das Klötzchen *op* ist nämlich an einer senkrechten Stange verschiebbar und wird vor das Pendel festgestellt derart, dass die Axe des Winkelhebels der Axe des Pendels parallel steht, und dass der Zapfen *f* (welcher auch in Fig. 1 zu sehen und in Fig. 2 geradeso bezeichnet ist) bei einer gewissen Lage des Pendelrandes *a c* den kürzeren Hebelarm *h* ergreift uud ihn herumwirft. Da der Zapfen *f* am Pendelrande, da der Klotz *o p* an seiner senkrechten Stange und da diese selbst in einem Schlitze des Grundbrettes verschoben werden kann, so ist die Möglichkeit der verschiedenartigsten Sellungen gegeben. Man hat es ganz in seiner Gewalt, an welchem Punkte seiner Schwingungsbahn das Pendel den inducirenden Kreis öffnen soll. Die ganz genaue Bestimmung des Punktes vom Pendel, welcher gerade vor dem Zeichenstift steht in dem Augenblicke, in welchem der inducirende Kreis geöffnet und folglich der Reiz auf den Nerven ausgeübt wird, geschieht ganz gerade so wie beim Helmholtz'schen Myographion empirisch. Es wird nämlich Alles wie zu einem Versuche vorgerichtet und dann wird das Pendel ganz langsam mit der Hand in seiner Bahn herabgeführt. Der Zeichenstift muss dabei an der Platte anliegen. Er zeichnet einen Kreisbogen, bis der Stift *f* den Hebel aus den Quecksilbernäpfchen heraushebt; in diesem Augenblicke wird ein Reiz auf den Nerven ausgeübt und dann zuckt der Muskel. Bei der langsamen Bewegung des Pendels hat sich dies während des kurzen Zeitraumes zwischen Nervenreizung und Muskelzuckung noch nicht merklich von der Stelle bewegt und bewegt sich auch während der Dauer der Muskelzuckung selbst nicht merklich weiter. Der Zeichenstift macht also einen kleinen senkrechten Strich merklich genau an die Stelle der Platte, welche vor ihm steht, in demselben Augenblicke, in welchem die Kette geöffnet wird.

Wenn die Anfangslage des Pendels nicht weiter als 15 ° von seiner Gleichgewichtslage entfernt sein soll, dann kann der Zeichenstift von Anfang an frei sein, weil er dann eben zu Anfang schon gegen die Pendelplatte anliegt, welche ja einen Centriwinkel von ungefähr 30 ° umspannt. Soll aber das Pendel sich mit grösserer Geschwindigkeit bewegen, so muss es im Anfang höher seitwärts gehoben sein. Nun darf aber der Zeichenstift zu Anfang nicht frei sein, denn sonst würde er im Bereiche des fallenden Pendels hängen; dies würde ihn mit seinem Rande ergreifen und das ganze Rahmenwerk beschädigen. Es wird in solchen Fällen noch ein kleiner Hülfsapparat nothwendig, der folgendermassen eingerichtet ist: Senkrecht unter der Axe des Pendels steht ein kleines mit Blei ausgegossenes Holzklötzchen ab (Fig. 3, die den Apparat ungefähr in natürlicher Grösse darstellt). Hierin steckt ein senkrechter Messingstift (siehe die punktirte Linie), welcher einem schmalen Holzstreifchen *c* als Axe dient. In der Nähe des linken Randes ist gegen dies Holzstreifchen das (den Zeichenstift *f* tragende) Stängelchen *g* angelehnt. Es drückt dagegen und strebt, es um seine Axe so zu drehen, dass der linke Rand nach hinten gehen würde. An dieser Drehung ist aber das Holzstreifchen gehindert durch ein Hebelchen *d*, das von hinten her an das Holzstreifchen angestützt ist, natürlich ebenfalls in der Nähe des linken Randes. Das Hebelchen *d* ist ganz leicht drehbar um eine senkrechte Axe *e*. Diese Vorrichtung ist so gestellt, dass die Pendelplatte vor dem Zeichenstifte vorüberfahren könnte, ohne von ihm berührt zu werden, wenn alles in seiner Lage bliebe. Nun ist aber an dem Pendel links unten (siehe bei *b* Fig. 1) ein senkrecht herabragendes Stiftchen befestigt; dies ergreift das Hebelchen *d*, schlägt es nach links hinter dem Holzstreifchen *c* weg. Dies kann sich nunmehr frei um seine senkrechte Axe drehen. Das Bälkchen *g* bewirkt durch seinen jetzt nicht mehr im Gleichgewicht gehaltenen Druck diese Drehung wirklich, gleitet dann an dem gedrehten Holzstreifchen ab und die Spitze des Zeichenstiftes fällt auf die Glasplatte.

Um schöne Kurven zu erhalten, muss der Druck des Stiftes gegen die Platte in besonderer Weise regulirt sein. Wofern nämlich dies nicht geschieht, so hüpft der Zeichenstift und macht eine Reihe von Punkten statt eines stetigen Zuges. Dieser Mangel ist natürlich nicht eine Eigenthümlichkeit meiner Konstruktion. Aeby *) z. B., der mit einem rotirenden Cylinder gearbeitet hat, scheint auch mit diesem Uebelstande lange gekämpft zu haben. Ich gebe daher einen kleinen Kunstgriff hier an, auf den ich zuletzt gekommen bin, nachdem ich verschiedenes durchprobirt hatte. Er lässt sich bei jedem andern Myographion auch anwenden. Die Kraft, welche das den Zeichenstift tragende Bälkchen nach vorwärts gegen die Platte treibt, sei es die Schwere oder sei es die Elasticität, darf nicht u n m i t t e l b a r darauf wirken, sondern mittels eines zweiten Hebels, der an jenem Bälkchen gleitet. Die Einrichtung meines Apparates ist schliesslich folgende: *c d* (Fig 4) ist der Zeichenstift, verschiebbar

*) Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in der quergestreiften Muskelfaser. Braunschweig 1862. S. 28.

befestigt an dem Bälkchen *e b*; dies ist um die wagrechte Axe *b* drehbar, welche am Rahmen fest ist, dessen vorderen Theil man bei *a b* in der Seitenansicht sieht. Ein Winkelhebel *f g h* ist nun bei *g* drehbar um eine Axe, welche mit dem Rahmen fest verbunden ist. Ein Querstück am Ende *h* dieses Hebels drückt gegen das Bälkchen von hinten an, wenn eine Kraft in der Richtung von vorn nach hinten an dem Ende *f* zieht. Diese Kraft wird am passendsten geliefert durch eine ziemlich lange dünne Kautschukschnur, die in mässiger Spannung von *f* nach dem hintern Theile des Rahmens läuft (siehe *f i*). Diese Vorrichtung hat Aehnlichkeit mit dem, was man in der praktischen Mechanik eine Klemmsperrung nennt. Das Bälkchen und mithin der Zeichenstift wird gegen die Ebene der Platte *k l* angedrückt und hat weniger Freiheit in der Bewegung, in umgekehrtem Sinne wegen der eigenthümlichen Reibungsverhältnisse bei *h*.

Der vorstehend in seinen wesentlichen Theilen beschriebene Apparat genügt nun in der That allen Anforderungen, die man an ein Myographion stellen kann. Man überzeugt sich davon am besten, indem man ihn zwei Muskelzuckungen hintereinander zeichnen lässt unter ganz gleichen Bedingungen. Ich habe in solchen Fällen allemal beobachtet, dass die beiden Curven so genau zusammenfallen, als nur irgend erwartet werden kann. In den Anfangstheilen sind sie meist g a r n i c h t zu unterscheiden. Im Gipfel liegt gewöhnlich die zweit gezeichnete Curve eine Spur unter der ersten, was die nothwendige und voraus berechenbare Folge der Ermüdung ist. Den Zeitunterschied bei Reizung verschiedener Punkte des Nerven habe ich an meinem Apparate allerdings noch nicht deutlich zeigen können. Daran ist aber nicht der Apparat sondern die Kleinheit der Frösche in der Gegend von Zürich schuld, bei denen ich nicht viel über 4 Cm. Nerv zwischen den beiden gereizten Punkten haben kann. Die lineare Geschwindigkeit eines Punktes meiner Pendelplatte kann ich ganz leicht so gross machen, als die Geschwindigkeiten sind, deren sich Helmholtz bediente.

Es versteht sich von selbst, dass die Curven, welche mein Instrument liefert, nicht ganz so einfach zu deuten sind, wie die vom Helmholtz'schen Myographion gelieferten. Erstens ist die Abscisssenaxe ein Kreis, keine gerade Linie. Zweitens sind gleiche Abschnitte der Abscissenaxe nicht gleichwerthig, d. h. sie entsprechen nicht genau gleichen Zeiträumen. Weil das Pendel mit beschleunigter Geschwindigkeit bis zu seiner Gleichgewichtslage herabsinkt und dann mit verzögerter Geschwindigkeit sich wieder von ihr entfernt, so entspricht der gleichen Abscissenlänge auf der Mitte der Platte eine kürzere Zeit, als auf den Seitentheilen derselben, vorausgesetzt, dass sich der schreibende Stift in derjenigen senkrechten Ebene bewegt, in welcher sich die Mittellinie der Pendelplatte in der Gleichgewichtslage befindet. Ist dies nicht der Fall, so wäre noch eine Reduktion nöthig, die man aber ganz leicht machen kann.

Um die von unserm Myographion gelieferten Kurven zu deuten, bedarf es nach den vorstehenden Auseinandersetzungen vor Allem der Kenntniss, wann sich das Pendel in jedem Punkte seiner Schwingungsbahn befindet. Bekanntlich kann man dies berechnen mit Hülfe der elliptischen Funktionen. Es wäre aber natürlich unbequem in jedem einzelnen Falle die Berechnung zu machen. Ich habe daher Tabellen berechnet für mehrere Anfangslagen des Pendels, welche gewisse Koefficienten liefern, die für jedes beliebige Pendel gültig sind und nur noch mit gewissen, von der besondern Natur eines gegebenen Pendels abhängigen Konstanten multiplicirt werden müssen, um die verlangten Zeitwerthe zu liefern. Am Schlusse sind drei Tabellen angehängt für eine Anfangselongation des Pendels von 40°, 30° und 20°. Im Eingang der Tabelle unter ϑ steht der variable Elongationswinkel. Man sieht, dass ich nur Werthe bis zu 14° berücksichtigt habe. In der That interessiren uns grössere Werthe hier nicht, da mit der Elongation 15° die Pendelplatte aus dem Bereiche des Zeichenstiftes heraustritt, wenigstens wenn sich derselbe genau vor der Mitte des in der Gleichgewichtslage befindlichen Pendels bewegt.

In der zweiten Spalte der Tabelle, die nach einer bei den elliptischen Integralen üblichen Bezeichnungsweise mit $F(\varkappa, \beta) - F(\varkappa, \varphi)$ überschrieben ist, stehen nun die zugehörigen Koefficienten, um den Zeitpunkt zu berechnen, in welchem das Pendel die im Eingange der Tabelle stehenden Elongationen erreicht. Diese Koefficienten sind nämlich ganz einfach zu multiplicieren mit $\sqrt{\frac{L}{g}}$, wo L die Pendellänge, g die Beschleunigung durch die Schwere (= 9^{m}.80896) bedeutet. Hätten wir also z. B. zu thun mit einem Pendel von 0^{m}.3 Länge und hätten wir es aus einer um 40° von der Gleichgewichtslage entfernten Anfangslage losgelassen, und wollten nun wissen, in welchem Zeitaugenblicke es bei der Elongation 8° angekommen wäre, dann hätten wir die Zahl 1.41449 zu multiplicieren mit $\sqrt{\frac{0.3}{9.80896}}$. Wir wüssten $\sqrt{\frac{0,3}{9.80896}} \times 1.41449$ Sekunden, nachdem das Pendel losgelassen wurde, befindet es sich in 8° Entfernung von der Gleichgewichtslage. So könnte man alle Augenblicke berechnen, in denen sich das Pendel in allen möglichen Lagen befindet. Natürlich müsste für die Lagen, die nicht durch eine gerade Anzahl von Winkelgraden ausdrückbar sind, der Werth der Koefficienten durch Interpolation bestimmt werden. Für unsere Zwecke genügt es reichlich, die Werthe von 2 zu 2 Grad zu bestimmen. Ebenso leicht kann man natürlich den Zeitpunkt bestimmen, in welchem sich das Pendel an einer gewissen Stelle auf der andern Seite der Gleichgewichtslage befindet. Das Pendel braucht ja bekanntlich zum Steigen auf eine gewisse Höhe dieselbe Zeit, welche es zum Fallen von derselben brauchte. Wollte man also z. B. wissen, wann das oben gedachte Pendel bei einer Schwingung, die im ganzen 60° umfasst (also von 30° Elongation anfängt), und welche von rechts nach links geht, sich 6° links von der Gleichgewichtslage befindet, so hätte man mit Hülfe der Tabelle II zu der Zeit, welche das Pendel von 30° Elongation aus bis zur Gleichgewichtslage braucht, noch diejenige zu addiren, welche es von 6° bis zu 0° (der Gleichgewichtslage) braucht. Erstere Zeit wäre $\sqrt{\frac{0,3}{9.80896}} \times 1.59814$, letztere natürlich

$$\sqrt{\frac{0,3}{9.80896}} \times (1.59814 - 1.39442).$$

Was wir in der letzten Auseinandersetzung Pendellänge nannten, ist die Länge desjenigen mathematischen Pendels, welches ebenso schwingen würde, wie unser physisches Pendel wirklich schwingt. Mit andern Worten, die Pendellänge ist der Abstand des sogenannten Schwingungspunktes von der Axe. Man findet sie leicht, wenn man die Schwingungsdauer T des physischen Pendels bei kleinen Exkursionen beobachtet. Man hat dann bekanntlich $T = \pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ aus welcher Formel L zu berechnen ist, da alle übrigen Grössen bekannt sind.

Herr Goldschmid, Mechaniker in Zürich, kann das beschriebene Pendelmyographion für wenig mehr als 100 Franken liefern.

Tab. I. Anfangselongation $\alpha = 40°$.

ϑ	$F(\varkappa, \beta) - F(\varkappa, \varphi)$
$\vartheta = 14°$	1.25490
12°	1.30878
10°	1.36196
8°	1.41449
6°	1.46636
4°	1.51789
2°	1.56911
0°	1.62002

Tab. II. Anfangselongation $\alpha = 30°$.

ϑ	$F(\varkappa, \beta) - F(\varkappa, \varphi)$
$\vartheta = 14°$	1.10673
12°	1.18168
10°	1.25416
8°	1.32506
6°	1.39442
4°	1.46285
2°	1.53066
0°	1.59814

Tab. III. Anfangselongation $\alpha = 20°$.

ϑ	$F(\varkappa, \beta) - F(\varkappa, \varphi)$
$\vartheta = 14°$	0.80290
12°	0.93553
10°	1.05622
8°	1.16915
6°	1.27668
4°	1.38035
2°	1.48219
0°	1.58284

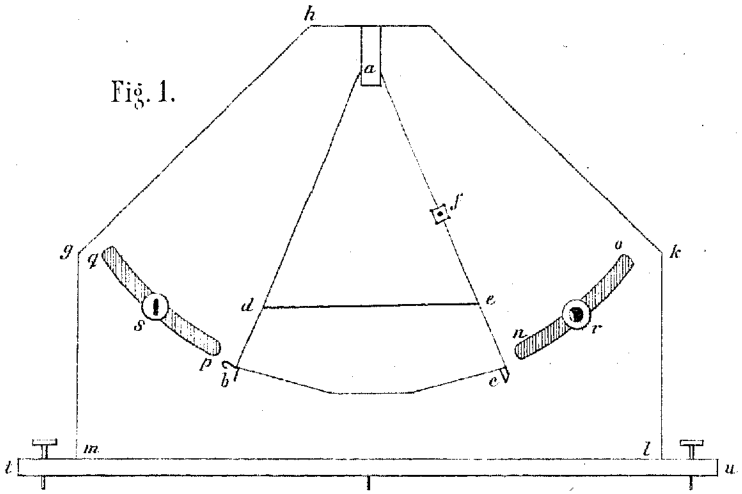

Fig. 1.

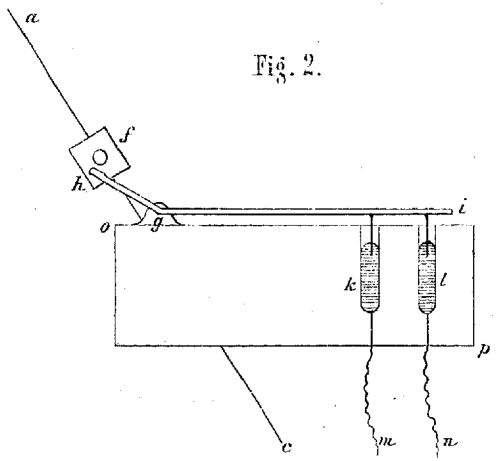

Fig. 2.

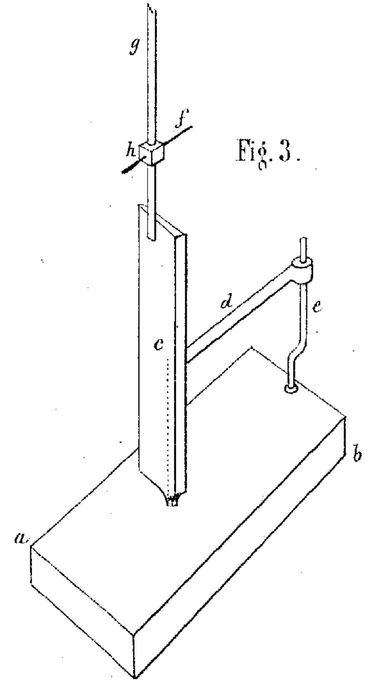

Fig. 3.

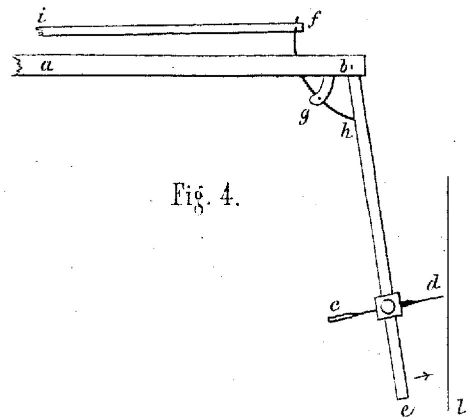

Fig. 4.