

Neuere Apparate

für

Naturwissenschaftliche Schule und Forschung.

Gesammelt

von

Dr. M. Th. Edelmann,

Privatdozent an der technischen Hochschule, Inhaber des physical.-mechanischen Instituts in München, Mitglied der kaiserl. Leopold.-Carol. Academie der Naturforscher, Ehrenmitglied der Münchener photograph. Gesellschaft.

I. Band.

Mit 26 lithographirten Tafeln.

•♦•♦•

Stuttgart.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Koch).

1882.

600.78
Ed 2 n

In dem vorliegenden Werke ist in zwangloser Reihenfolge über solche Mess- und Vorlesungs-Apparate berichtet, welche, in meinen Werkstätten ausgeführt und im Erstlingsexemplare eingehendst untersucht, sich als verwendungsfähig erwiesen, und hierauf weitere Verbreitung in wissenschaftlichen Anstalten bereits gefunden haben. Diese Berichte sind derart angelegt, dass sich das Bild und alles Wesentliche über Zweck, Aufstellung, Behandlung, Theorie, Construction u. s. w. findet, so dass das vorliegende Werk nicht nur als Handbuch für den Fachgelehrten, sondern vorzüglich auch zur Unterstützung der Uebungen in Unterrichts-Laboratorien, welche Instrumente aus meinen Werkstätten besitzen, eignet.

Ich ergreife hier die Gelegenheit, allen Jenen, welche die Bestrebungen meines Instituts gewürdigt und unterstützt haben, meinen besten Dank auszusprechen.

München im Februar 1882.

M. Th. Edelmann.

Inhalt des ersten Bandes.

	Seite
Scalen- und Ablesefernrohre	1
Magnetometer mit constanten Ablenkungswinkeln	8
Absolutes Hygrometer	14
Absolutes Galvanometer	18
v. Beetz's Vibrations-Chronograph	31
Apparat zur Zeitbestimmung des freien Falles	37
Transportables Magnetometer	42
Weber's Bifilargalvanometer	58
Apparat zur Objectivprojection der Metallspectra	72
v. Beetz's Bifilarelectroskop und Anwendung	74
Apparat zur Untersuchung von Tiefwassern	79
v. Beetz's Vorlesungsgalvanometer und Anwendung	81
Instrument zur Inclinationsbestimmung	84
Compensations-Galvanometer	93
Lamont's erdmagnetische Variationsapparate	103
Weber's Erdinductor	113
Luftpumpe mit Reservoir-Steuerhahn	119
Ausdehnungsapparat	124
Apparat für Bestimmung von Ausdehnungs- und Torsionsmodulis	128
Pneumatometer	134
Cylinder-Quadranten-Electrometer	149
Wiedemann'sches Galvanometer	157
Astasirende Magnete nach Hauy und du Bois-Reymond	160
Physicalisches Universalstatif	163
Weber's Schwingungsgalvanometer	167
Galvanometer für starke Ströme	180
Dynamoelectriche Vorlesungsmaschine	185
v. Beetz's Universalcompensator	188
Mischcalorimeter	195
Luftelektrometer	200
Ein physicalisches Laboratorium	209

v. Beetz's Vibrations-Chronoscop

aus dem physical.-mech. Institute von *M. Th. Edelmann* in München.

An eine Zinke einer Stimmgabel wird eine spitze Metallfeder befestigt. Sie schreibt, wenn man die Stimmgabel schwingen lässt, und dieselbe über eine glatte bernste Metallfläche hinwegführt, eine regelmässige Sinuscurve. Ist die Schwingungszahl der Stimmgabel pro Secunde bekannt, so eignet sich ihre Schrift vorzüglich zu zeitmessenden Versuchen, wenn man zu Anfang und Ende irgend eines Vorganges Zeichen auf die bernste Schreibfläche macht, welche gestatten, dass man die während der Dauer des Vorganges eingeschriebenen Stimmgabelschwingungen abzählen kann. Diese beiden Zeichen lässt man am fehlerfreiesten durch Entladungen von Leydnerflaschen oder durch Funken des *Rühmkorff*'schen Inductionsapparates machen, welche man in den begrenzenden Zeitmomenten zwischen der Schreibspitze und Schreibfläche überschlagen lässt. Cf. *v. Beetz*, Poggend. Annalen CXXXV. 126.

Zum Zwecke der hierhergehörigen Versuche und für Bestimmung kleinerer Zeitdauern benützt man folgende Einrichtung (Tafel 5 Fig. 1):

Zugleich auf zwei gusseiserne Füsse sind das Brett *A* und das Schmiedeeisen-Prisma *B* festgeschraubt; letzteres dient als Bahn für den Schlitten *C*, der mit zweien Lappen das Prisma umfasst. Dadurch beschreibt jeder Punkt, der mit dem Schlitten in Verbindung steht, eine gerade Linie, wenn der Schlitten mit der Hand über das Prisma hingeführt wird. — Auf der oberen Fläche des Schlittens sitzen zwei hakenförmige Lager *DD* für eine stählerne Achse *E*, auf welche am vorstehenden Ende die Stimmgabel *F* und etwa in der Mitte ein Gusseisenstück *G* festgeschraubt ist, dessen

Zweck und Einrichtung folgende ist. Dasselbe besteht aus einem die Achse *E* umfassenden Ring, welchen die Schraube *f* mit der Achse verbindet. An diesen Ring sind zwei Lappen angegossen, welche die Schrauben *g* und *h* und die Feder *i* aufnehmen; *g*, *h* und *i* bestimmen dadurch, dass sie auf der oberen Fläche des Schlittens ihre Stützpunkte finden, den Grad der Drehung der Achse *E* und damit die Lage der Schreibspitze *J* der Stimmgabel gegen die auf dem Brette *A* liegende Schreibfläche. Wird nämlich *h* in die Höhe geschraubt, so dreht die gespannte Feder *i* die Achse *E*; die Schreibspitze geht von der Schreibfläche hinweg; beim Anziehen von *h* bestimmt das Anliegen von Schraube *g* auf dem Schlitten jedesmal den gleichen Druck des Federchens *J* gegen die Schreibfläche. Diese Einrichtung hat also den Zweck:

- 1) Beim Schreiben selbst, d. h. beim Gleiten des Schlittens entlang des Prisma's die Feder der Stimmgabel sicher und leicht auf der Schreibfläche zu führen.
- 2) Beim Zurückführen des Schlittens durch Lösen von *h* die Schreibspitze von der Schreibfläche entfernen, und umgekehrt, durch Anziehen von *h*, bis *g* wieder aufsitzt, die Schreibspitze immer wieder so wie vorher gegen die Schreibfläche andrücken zu können.
- 3) Wird *h* gelöst, so dreht sich, wie vorhin schon bemerkt, das Gusseisenstück *G*, Schraube *g* hebt sich von der Auflage, Achse *E* wird jetzt nur mehr durch die Feder *i*, während *h* aufsitzt, gegen die Lager *DD* gedrückt und ist nunmehr in ihrer Längsrichtung in diesen Lagern *DD* beliebig verschiebbar, so dass die Schreibspitze einer noch unbeschriebenen Strecke der Schreibfläche zugeführt werden kann.

Die Schreibfläche ist ein rechteckiges Stück ebenen Weissblechs (verzinnten Eisenblechs), welches vor dem Gebrauche mit Schellackfurniss (Schellack in Alkohol), welcher durch Fuchsin (Aulinroth) gefärbt wurde, mit Hilfe eines breiten Pinsels überzogen wird. Das Blech wird dabei etwas erwärmt, nach dem vollständigen Trocknen des Firnissanstriches die Fläche über einer Terpentinölfiamme leicht berusst und dann auf das Brett des Chronoscops mit einigen Klanimern befestigt.

Sollen nun mit dem soweit vorbereiteten Instrumente Untersuchungen gemacht werden, so werden die Schrauben *g* und *h* so gegenseitig gestellt, dass beide auf der Oberfläche des Schlittens anstehen und zugleich die Schreibspitze der Stimmgabel leise auf das berusste Blech drückt; ist dies erreicht, so bleibt von nun an *g* unberührt, und wird nur durch Auf- oder Niederschrauben von *h* die Berührung der Schreibspitze mit der Schreibfläche aufgehoben oder hergestellt. Nun werden die Zinken der Stimmgabel durch Zusammendrücken zwischen Daumen und Zeigefinger einander genähert und eine beigegebene Klammer darübergesteckt, deren enges Maul die Zinken in Spannung erhält; reisst man diese Klammer rasch ab, so tönt die Stimmgabel, und wenn durch gleichmässiges Bewegen des Schlittens mit der Hand die Stimmgabel nicht allzu schnell über das Blech hinweggeführt wird, so schreibt die Spalte in den Russ eine rothe Sinuslinie (die rothe Firnißschicht wird von der Spalte nicht angegriffen).

Die Markirung der Zeitmomente auf der Linie geschieht dadurch, dass man während des Schreibens der Stimmgabel zwischen Schreibspitze und Blech electrische Funken überspringen lässt. Diese erzeugen auf der rothen Linie da, wo sie die isolirende Firnißschicht durchbrechen, äusserst feine weisse Punkte, welche durch den kleinen sie umgebenden Hof (Staubfigur) im Russe ziemlich leicht zu finden sind, und durch ihre Kleinheit und Schärfe ein genaues Ablesen der Anzahl zwischen ihnen liegender Schwingungen (selbst bei kleinsten Elongationen und Wellenlängen) bis auf $\frac{1}{10}$ Schwingung gestatten. Dabei versteht sich von selbst, dass nur solche Funkenspuren zu Zeitableslungen zu gebrauchen sind, welche genau auf der rothen Linie liegen. Kommt ein Abgehen der Funkenspuren von der Schrift der Stimmgabel öfters vor, so ist die Firnißschicht rissig, die Schreibfläche nicht mehr zu gebrauchen und mit einer neuen Firnißschicht zu überziehen. — Zu bemerken ist noch, dass die nämliche Firnißschicht sehr oft zu benützen ist, wenn man den Russ immer nur mit einem weichen Baumwolltuche abwischt und beim Berussen darauf achtet, dass das Blech nicht über handwarm werde.

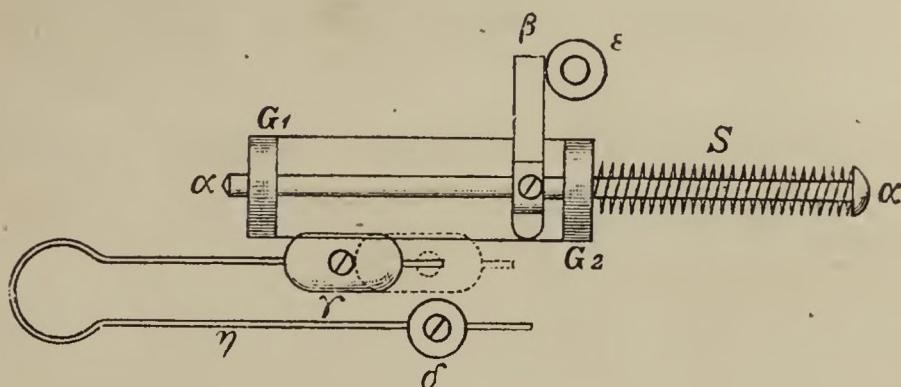
Man benützt zur Bestimmung der Schwingungszahl der Stimmgabel — mit solcher Genauigkeit, wie es für vorliegende Zwecke nöthig ist — das Chronoscop selbst, jedoch muss man im Besitze eines stromschliessenden Secundenpendels sein. Man lässt durch ein solches den Inductorstrom eines *Rühmkorff*'schen Inductionsapparates unterbrechen und die Funken von der Schreibspitze aus überschlagen. Man muss drei Funkenspuren auf jedem Wellenzuge haben, um allenfallsige Fehlerstellung der Unterbrechungsvorrichtung zur Ruhelage des Pendels zu eliminiren. Bei einem Versuche war z. B.

Nro. des Versuchs.	Anzahl der zwischen den 3 Marken liegenden (ganzen) Schwingungen.	Hieraus Schwingungszahl pro Secunde.	Bemerkungen.
1)	—	—	Kann wegen zu kleiner Elongationen nicht ab- gelesen werden.
2)	509.7	254.85	Die Stimmgabel hat bei- nahe durchaus deutlich geschrieben.
3)	—	—	Funkenspur 3 ausserhalb der Schrift.
4)	—	—	Zu kleine Elongationen bei Funkenspur 3.
5)	509.9	254.95	Schreibspitze schwach an- gedrückt.
6)	507.9	253.95	Schreibspitze stark ange- drückt.
7)	—	—	Letzte Funkenspur nicht mehr auf der Tafel.
8)	509.9	254.95	Sehr gleichmässig geschrie- ben; Schreibspitze schwach aus- gedrückt.
9)	509.8	254.9	
10)	509.9	254.95	
11)	509.9	254.95	

Hieraus ergibt sich, dass auch ein stärkeres Andrücken der Stimmgabel gegen die Schreibfläche eine Verzögerung von höchstens einer Schwingung pro Secunde hervorbringt, was indessen, wie durch 5, 8, 9, 10, 11 erwiesen, vermieden werden kann. Diese letzteren Versuche beweisen auch, dass die Schwingungszahl der Stimmgabel, deren Schreibspitze auf gleichem Drucke gegen die Schreibfläche erhalten wird, sehr constant ist.

Um sofort nach dem Abziehen der Stimmgabel jene Erscheinungen automatisch auszulösen, deren Zeitdauer bestimmt werden soll, benutzt man die auf dem Prisma B des Chronoscops befestigte Contactvorrichtung.

In zwei Lagern G_1 G_2 (vergleiche ausser der Tafel auch den beistehenden Holzschnitt) ist ein cylindrischer Stift α längsverschieb-



lich, der durch eine Spiralfeder S gegen den Stimmgabelschlitten hin gedrückt wird. Vor dem chronoscopischen Versuche wird der Stimmgabelschlitten gegen die Contactvorrichtung gedrückt, so weit dies geht, wodurch die Spiralfeder gespannt und der Stift α vorgeschoben wird. Gleich nach dem Ziehen des Stimmgabelschlittens zur Messung folgt also eine Zeit lang der Stift α dieser Bewegung und durch das auf ihm sitzende Contactstück β können galvanische Stromschlüsse zwischen β und γ , β und ϵ eingeleitet werden. Zur Stromzuführung dient die Klemmschraube ζ , zur Ableitung desselben die isolirten Klemmschrauben δ und σ .

Je nachdem das Kügelchen γ in der ausgezogenen oder punktirten Lage auf der Feder η befestigt wird, hat man im ersten Falle gleich nach der Bewegung der Gabel die Oeffnung eines Stromes ζ , α , γ , η , δ , oder im zweiten Falle kurz dauernde Schliessung des selben Stromweges oder bei der schliesslichen Berührung von β mit ϵ den dauernden Stromschluss ζ , α , β , ϵ .

Durch diese Verschiedenheit der Verwendung des Contactes ist es möglich, jede beliebige Erscheinung, deren Zeitdauer einer genaueren Messung unterworfen werden soll, automatisch durch galvanische Ströme einzuleiten.

Preis des Chronographen sammt Contact 100 Mark.

Die vorstehende Einrichtung des Instrumentes gestattet Zeitbestimmungen bis zur Maximaldauer von zwei Secunden; es gelangen jedoch auch grössere Instrumente zur Ausführung, die beliebig lange Zeitdauern zu messen gestatten und zu artilleristischen Zwecken in einigen Staaten in Anwendung sind; z. B. zur Bestimmung der Entzündungsgeschwindigkeit des Pulvers, der Anfangsgeschwindigkeit und Flugzeit von Projectilen, zur Rectificirung und Controle der sogenannten Zeitzünder von Spreng-Granaten und Shrapnells etc. Hier vertritt die Stelle des Schreibbleches die Mantelfläche eines rotirenden Cylinders, dessen Achse durch eine Schraube gegen die Stimmgabel verschoben wird. Die Stimmgabel wird durch galvanische Ströme und Selbstunterbrecher in Vibration erhalten, und ein Secundenpendel erzeugt durch ein Registrirwerk fortlaufende Secundenmarken zunächst der Sinuscurve, um die Arbeit des Curvenabzählens zu vereinfachen. Preis 800 Mark.

Apparat zur Zeitbestimmung des freien Falles

aus dem physical.-mechan. Institute von *M. Th. Edelmann* in München.

Ein oft wiederholtes Experiment, meist zu Vortrags- und Uebungszwecken, ist die Bestimmung der Zeit, welche ein Körper braucht, um von seiner Ruhelage aus durch Freifall einen gemessenen Weg zu durchlaufen; indessen haben diese Versuche früher nie einen hohen Grad von Genauigkeit gehabt. Es lag dies nicht an dem Mangel von Hilfsmitteln, welche die kleinsten Bruchtheile von Sunden zu bestimmen gestatten, sondern vielmehr an dem Mangel eines Instrumentes, das zu Anfang und Ende des Falles fehlerfrei die Abgabe der Zeitmarken bewerkstelligte.

Das eben angedeutete ist durch die Construction des vorliegenden Apparates soweit sicher gestellt, dass Fehler trotz der Empfindlichkeit (± 0.0002 Sec.) des *v. Beetz'schen* Vibrations-Chronographen nicht mehr in Betracht kommen.

Das Object, dessen Fallzeit gemessen wird, ist die eiserne Kugel *Q* (Tafel 5 Fig. 2). Dieselbe hängt an den beiden nahe zusammengekröpften Polen *G* des Electromagneten *F*, welcher von den Klemmschrauben *C* und *N* aus mit Strom versorgt werden kann. Die beiden Eisencylinder dieses Electromagneten sind isolirt in seine Bodenplatte *B* eingelassen und endigen in die Klemmschrauben *E₁*, *E₂*; es bildet also die Kugel *Q* einen Stromschluss zwischen *E₁*, *E₂*, welcher Strom in dem Momente unterbrochen wird, in welchem der Stromkreis *C N* um den Electromagneten aufhört und derselbe die Kugel fallen lässt. Die Kugel fällt dann frei, bis sie durch ihren Auffall auf den halbkugeligen Aufsatz *K* die Feder *p* nach abwärts schlägt und also,

am Ende ihrer Bahn angelangt, einen zweiten Strom J, p, Z, M, O geöffnet hat. Der Haken a , in welchem die Feder p einklinkt, sichert diese Stromesöffnung. Dass der Electromagnet längs einer Säule Z (60^{cm}. Höhe) verschoben und die Fallhöhe mit Maassstab und Nonius abgelesen werden kann, ist aus der beiliegenden Abbildung zu ersehen. Die beiden Stromesöffnungen, welche die Kugel hervorbringt, geschehen fehlerfrei in den Momenten von Anfang und Ende der Fallzeit. Sie werden in einem *Rühmkorff*'schen Apparate zur Erzeugung zweier Entladungen zwischen Schreibspitze und -Fläche des *v. Beetz*'schen Chronographen benützt.

Zusammenstellung von Chronograph und Fallapparat zum Experimente.

Vor allem ist es nöthig, zwei Batterieen mit solcher Stromstärke auszusuchen, dass der Strom der einen eben hinreicht, dass die Kugel am Electromagneten F hängen bleibe, und dass die andere mit einem *Rühmkorff*'schen Inductor Funken von 3—4^{mm}. Schlagweite erzeugt; das erste ist mit einem, die Funken mit zweien *Grove*'schen Elementen zu erreichen.

Alsdann werden folgende Drahtverbindungen hergestellt, wobei die Buchstabenbezeichnung der Klemmschrauben den beigegebenen Figuren entlehnt ist, und die ihnen angehängten Indices die Apparate, denen sie angehören, bezeichnen. $+ B_1$, $- B_1$, $+ B_2$, $- B_2$ seien die Klemmschrauben der Batterieen B_1 und B_2 , R_1 und R_2 die Klemmschrauben für die Inductorspirale des *Rühmkorff*'schen Apparates. Es werden also folgende Drahtverbindungen gemacht:

$+ B_1$ mit l_f ,
 N_f mit ζ_c ,
 δ_c mit $- B_1$;

diese Stromverbindung dient zum Abwerfen der Kugel Q , wenn man den Schlitten der Stimmgabel zu bewegen anfängt, was durch Aufhören des Contactes $\gamma\beta$ hervorgebracht wird. Hierauf verbindet man

$- B_2$ mit R_1 ;
 R_2 mit E_{1f} und E_{2f} mit $+ B_2$; ferner

R_2 mit E_c ,

ζ_c mit J_f ,

O_f mit $+B_2$.

Endlich führt man eine Drahtleitung von der Inductionsspirale unter das Schreibeblech, eine zweite vom anderen Pole der Inductionsspirale zur Klemmschraube ζ des Eisenprisma, also leitend zur Stimmgabel. Der ganze Vorgang während der Messung ist folgender:

Schiebt man vor einer Messung den Schlitten C sammt der Stimmgabel, welche man vorher mit ihrer Klammer versehen hat, an den Contact hin, so weicht der Stift α zurück. Es schliesst sich dadurch ein Strom zwischen β und γ , nämlich vom Stromkreise

$+B_1, l_f, F, N_f, \zeta_c, \alpha, \beta, \gamma, \delta_c, -B_1$.

Nun wird die Kugel Q angehängt, wodurch sich der Strom schliesst:

$+B_2, E_2, G, Q, G, E_f, R_2, R_1, -B_2$.

Jetzt reisst man die Klammer von der Stimmgabel, bewegt den Schlitten mit der Hand und die Stimmgabel beginnt ihre Schrift. Bald darauf öffnet sich durch das Zurückgehen von Stift α an der Contactvorrichtung der Contact $\beta\gamma$, der oben zuerst angegebene Strom hört auf, der Electromagnet F lässt die Kugel fallen; die Oeffnung des Inductorstromes und eine Funkenmarke auf der Sinuscurve sind die unmittelbaren Folgen hievon.

Der Schlitten C bewegt sich indessen weiter und der Stift α folgt bis β an ε angelangt ist, wodurch sich in der Inductorspirale der Strom der Batterie B_2 wieder schliesst, aber jetzt auf dem Wege

$+B_2, O_f, M, Z, p, J_f, \zeta_c, \alpha, \beta, \varepsilon, R_2, R_1, -B_2$.

Die Kugel fällt indessen weiter, die Stimmgabel schreibt fort und endlich fällt die Kugel Q auf die Feder p auf; jetzt wird auch dieser letzte Strom geöffnet und es kommt die zweite Entladung der Inductionsspirale auf die Stimmgabelschrift.

Zu bemerken ist noch, dass die Verticalstellung des Fallapparates durch ein Senkel bewerkstelligt wird, dessen Faden durch das Loch x zwischen dem Electromagneten herabhängt und dessen

Spitze auf der Mitte von dem Auffalle *K* einzuspielen hat, und ferner, dass man durch einen beigegebenen, um das Fussbrett des Apparates gelegten Blechkranz die Kugel vor dem Herabfallen vom Experimentirtische schützt.

Der Fallraum kann entweder durch das Kathetometer mit grosser Genauigkeit bestimmt werden, indem das Einstellen des Fadenkreuzes auf die Ränder der Kugelflächen *Q* und *K*, hauptsächlich wenn das Fernrohr des Kathetometers zwei Horizontalfäden hat, sehr leicht geschieht — oder bei älteren Apparaten auf folgende Art: Man schiebt die Hülse *A* so weit nieder, bis sich *Q* und *K* eben berühren; werden nun mit einer Reissnadel vom Rande der Hülse *A* aus in dieser und einer späteren Lage von *A* in den Cylinder *Z* Marken eingerissen, so gibt der mit einem Maassstabe zu messende Abstand beider Marken die Fallhöhe.

Bei den neuen Apparaten, wie ein solcher in der Figur dargestellt ist, lässt man bei Bestimmung der Fallhöhe einen Strom durch den Electromagneten *F*, hängt die Kugel an und schiebt die Hülse *A* so weit nieder, dass die beiden Körper *K* und *Q* sich eben berühren, liest dann den Nullpunkt der Fallhöhe ab, u. s. w.

Angabe eines Beispiels. Eine Höhe von 312.95^{mm}. Fallraum wurde benutzt, um zu sehen, ob das Abfallen der Kugel u. s. w. correct geschehe; es wurde in fünf Versuchen erhalten:

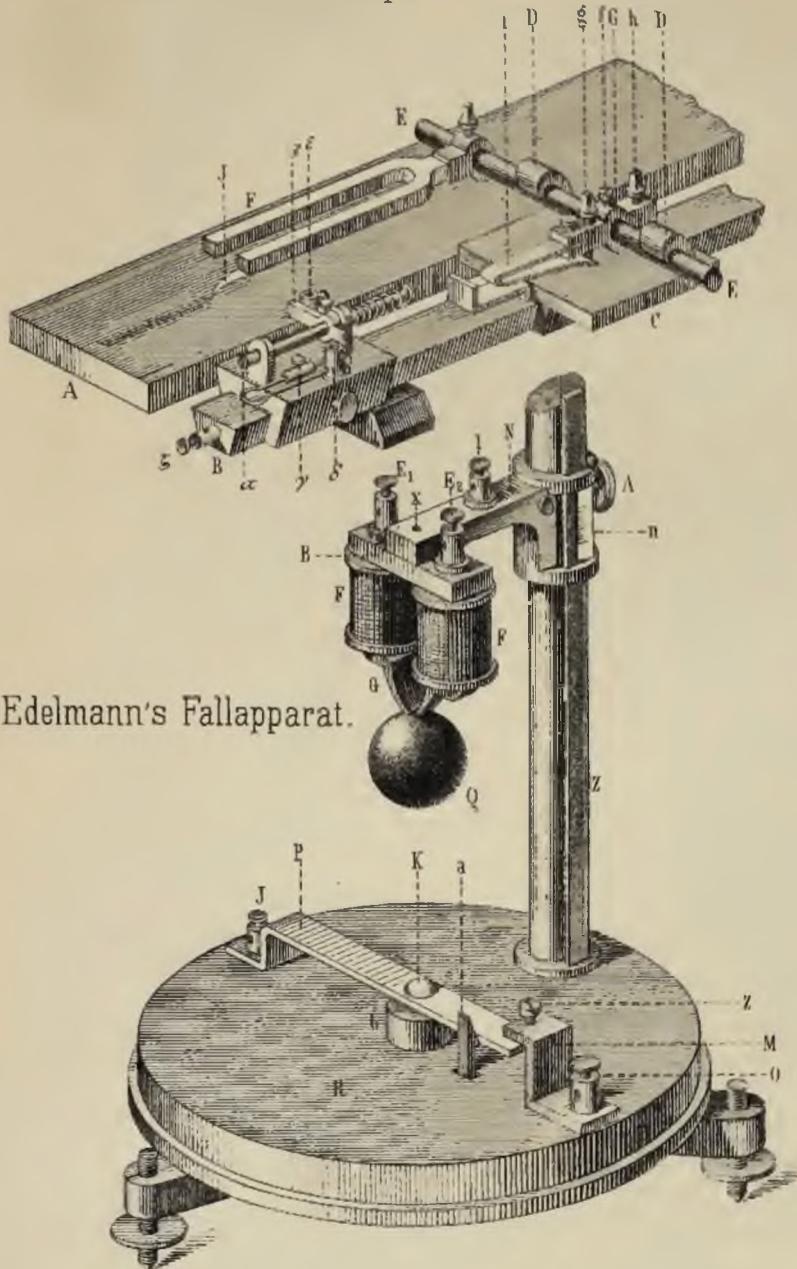
- 1) 64.3,
- 2) 64.4,
- 3) 64.3,
- 4) 64.2,
- 5) 64.3,

Mittel 64.3 Schwingungen zwischen den beiden Funkenspuren¹⁾.

Rechnet man für 312.95^{mm}. die Zeit des freien Falles, so erhält man als dessen Dauer 0.2526 Secunden; so lange braucht also auch die Stimmgabel, um 64.3 Schwingungen zu machen. Rechnet

¹⁾ Durch die oscillatorische Weise der Entladung grösserer Röhmkorffscher Apparate werden oft statt einer einzigen Funkenspur eine ganze Reihe solcher in unmittelbarer Folge auf einander erzeugt; hier gilt die erste.

v Beetz's Chronoscop



Edelmann's Fallapparat.

Edelmann's Apparate.

Meyer & Käfer's Verlag, Böhlweg Stuttgart.

man hieraus die Schwingungszahl für die Secunde, so erhält man 254.8 Schwingungen was zu obigem Versuche mit der Uhr vollkommen stimmt und beweist, dass man mit diesem Fallapparat bei bekannter Beschleunigung durch die Schwere sehr genau die Schwingungszahlen von Stimmgabeln aufsuchen und umgekehrt aus genau bekannter Schwingungszahl der Gabel und nicht allzukleiner Fallhöhe die Beschleunigung durch die Schwere berechnen kann.

Hierauf wurde die Fallhöhe von 67.32^{mm.} untersucht ¹⁾ und für diese in 14 Versuchen folgende Anzahlen von Vibrationen zwischen beiden Marken erhalten:

- 1) 29.8,
- 2) 29.9,
- 3) 29.7,
- 4) letzte Funkenspur nicht zu finden,
- 5) 29.8,
- 6) 29.7,
- 7) 29.9,
- 8) 29.9,
- 9) 29.8,
- 10) 29.9,
- 11) zu kleine Wellen am Schlusse,
- 12) erste Funkenspur undeutlich,
- 13) 29.9,
- 14) 29.8.

Im Mittel 29.82 Schwingungen, also Fallzeit = 0.1169 Secunden. Berechnet man aus 67.32^{mm.} die Fallzeit, so bekommt man sie = 0.1171 Secunden, was von vorstehendem nur um 0.0002 differirt.

Preis 110 Mark.

¹⁾ Die kleinste Fallhöhe, die versucht wurde, war 13 Millim.; der Versuch gelang vollkommen. Bei noch kleinerer Fallhöhe konnte die Kugel den Contact der Feder nicht dauernd öffnen.