Man kann hiernach sagen, daß die transversal schwingenden Flammen recht gut zur *Bestimmung der Luftexcursionen, also zu Schallintensitätsmessungen und wenigstens zur beiläufigen Untersuchung der Schwingungsform geeignet sind.*

VI. *Experimentelle Prüfung der Airy'schen Theorie der Talbot'schen Streifen;* von V. Dvořák.

Die Erscheinung der Talbot'schen Streifen steht im Zusammenhange mit den Beugungserscheinungen an durchsichtigen Schirmen, welche Airy theoretisch abgebildet hat ¹⁾, ohne die Resultate jedoch viel durch den Versuch zu prüfen. Er berechnete aber eine ausführliche Tabelle für das Phänomen und construirte nach derselben die entsprechenden Curven für die Lichtvertheilung. Aus diesen Curven ersieht man, daß z. B. der dunkle Streifen, den Quincke ²⁾ später, ohne von Airy's Herleitung zu wissen, als „erstes Minimum“ bezeichnet hat, mit wachsendem Gangunterschiede seitwärts rücken und abwechselnd dunkler und heller werden muß, was durch die Untersuchungen von Quincke bestätigt wird.

Später behandelte Airy ³⁾ den Fall einer zur Hälfte mit einem durchsichtigen Blättchen bedeckten Spalte und zwar nach Fraunhofer's Art, jedoch wieder bloß theoretisch. Esselbach ⁴⁾ versuchte zwar Airy's Ableitung für einen Fall experimentell zu prüfen, jedoch ohne Erfolg.

1) Diese Ann. Bd. 53, S. 549.

2) Diese Ann. Bd. 132, S. 325.

3) Diese Ann. Bd. 58, S. 525.

4) Diese Ann. Bd. 98, S. 540.

Es lassen sich nun alle hieher gehörigen Erscheinungen nach Prof. Mach's Vorschlag leicht mit dem Jamin'schen Compensator beobachten, den man vor das Objectiv eines Fernrohrs setzt. Man hat hiebei den Vortheil, daß man leicht einen beliebigen Gangunterschied hervorrufen und denselben allmählig variiren kann. So kann man die von Quincke an dünnen Lamellen bemerkten Erscheinungen beim Drehen des Compensators bequem übersehen, selbst wenn man den Compensator nur aus gewöhnlichen Spiegelplatten verfertigt hat. Für die Quincke'schen Phänomene an keilförmigen Lamellen müßten beide Compensatorplatten keilförmig seyn. In Ermangelung solcher Keile kann man einen Jamin'schen Compensator aus einer dünnen in zwei Theile geschnittenen Linse formen.

Für den Fall nun, daß eine Spalte zur Hälfte mit einem durchsichtigen Plättchen bedeckt ist, durch welche Spalte man mit dem bloßen Auge oder mit einem Fernrohr auf eine zweite Spalte hinsieht, findet man aus der Formel von Airy leicht die Lagen der Lichtminima. In Fig. 9 Taf. VI ist der Verlauf dieser Lichtminima für wachsende Gangunterschiede R dargestellt. Würde das Plättchen die andere Seite der Spalte decken, so wären die Intensitätscurven die Spiegelbilder der verzeichneten. — Versieht man nun den Compensator mit einer Spalte, die man symmetrisch von beiden Seiten zugleich verengern oder erweitern kann und stellt ihn vor das Objectiv eines Fernrohrs, welches auf eine mit monochromatischem Licht ziemlich intensiv beleuchtete Spalte eingestellt ist; so sieht man bei Drehung des Compensators nacheinander die in Fig. 9 dargestellten Lichtvertheilungen. Verengt man die Compensatorspalte hinlänglich, so werden die Beugungsstreifen sehr breit; macht man die Spalte weit, so werden die Streifen so fein, daß man sie kaum unterscheiden kann. Ist die Beleuchtung intensiv, so sieht man die Streifen noch auf einer großen Strecke seitwärts. Bei schwacher Beleuchtung sieht man nur die mittleren Streifen, die

in Fig. 9 Taf. VI durch die Linien ab , $a'b'$ eingeschlossen sind und die stets die größte Helligkeit besitzen, was mit Airy's Rechnung übereinstimmt. — In Ermangelung des Compensators genügt eine kleine Spalte mit einem sehr dünnen gleichmäßigen Glimmer. Man muß aber hier die Farbe der *betrachteten* Spalte, etwa durch Entwerfen eines Spectrums auf derselben und Drehung des Prismas, allmählig ändern, um das Rücken der Streifen zu sehen.

Sehr complicirt ist die Erscheinung mit weißem Licht. Man sieht bei günstiger Stellung des Compensators und bei starkem Licht seitwärts von dem hellsten Theile des Beugungsbildes mehrere getrennte Streifensysteme von sehr verschiedener, jedoch gegen den hellsten Theil zu abnehmender Streifenbreite.

Wird nun ein ganzes Spectrum betrachtet, so wird das Bild jeder Farbe im Streifen aufgelöst, die sich übereinanderlegen. Um dieses leicht zu übersehen, denke man sich die Farben des Spectrums der Reihe nach auf der Linie rv Fig. 10, Taf. VI übereinander angeordnet. Ist die Verzögerung auf der violetten Seite, so sollten die Beugungsstreifen die Lage rs , tu , $wx \dots$ haben. Wäre die Verzögerung auf der rothen Seite, so hätte sie dann die Lage rw , $t'u'$, $sx \dots$. Den Punkten r , y , $x \dots$ entsprechen dann Talbot'sche Streifen im Spectrum, weil R dort gleich ist $(2n + 1)\pi$, was einer ungeraden Anzahl halber Wellenlängen entspricht. Bei dieser Construction nehmen wir an, daß die Gangunterschiede durch das ganze Spectrum gleichmäßig wachsen, und daß sich diese Streifenbreite in den einzelnen Beugungsbildern und demgemäß auch die Breite der Streifen im Spectrum nicht ändere. Zugleich ist nur der mittlere hellste Theil des Beugungsbildes berücksichtigt, der in Fig. 9, Taf. VI durch die Linien ab , $a'b'$ eingeschlossen ist.

Um nun zu sehen, wie die Beugungsbilder der einzelnen Farben übereinanderfallen, denken wir uns die Farben desselben Spectrums auf der Linie rv' nebeneinander angeordnet. Dann braucht man nur das Centrum jeder

Farbe der Linie rv' so weit zu verschieben, bis es senkrecht unter seinen Ort in der Linie rv' kommt. Die Theile der Beugungsbilder, die sich decken sollen, liegen in Geraden, die senkrecht auf rv' sind.

Vergrößert man nun die Streifenbreite $rt = rt'$ der Beugungsbilder, so werden sich die Streifen rw , tu_1 , w_1x_1 , immer mehr entstellen. Ist die Streifenbreite rt gleich jener der Talbot'schen ry , so stehen die Streifen rw , tu_1 , w_1x_1 senkrecht auf rv' . Bei noch weiterer Vergrößerung von rt legen sie sich auf die andere Seite hinüber. Man kann auch bloß den Gangunterschied vergrößern und verkleinern, um ähnliche Resultate zu erzielen.

Das Ganze kann man sich durch einen von Prof. Mach angegebenen Versuch unmittelbar anschaulich machen. Man stelle ein Gitter mit verticalen Linien vor das Fernrohrobjectiv. Das Gitter muß aber doch eine Spaltenbreite haben, bei welcher die rechten und linken Seitenspectra zugleich in's Gesichtsfeld des Fernrohrs fallen. Man stelle nun das Rohr auf eine feine durch Sonnenlicht erleuchtete Oeffnung ein und bringe vor das Ocular ein Prisma mit horizontaler brechender Kante. Dann erblickt man bei Anwendung des Compensators vor dem Fernrohrobjectiv sowohl in den rechten als in den linken Gitterspectren Streifen. Durch Drehen des Compensators oder durch Verengern und Verbreitern seiner Spalte kann man die Streifen schiefer oder gerader stellen.

Bei intensivem Licht sieht man hübsche netzförmige Figuren um die abgelenkten schief liegenden Spectra, welche davon herrühren, daß sich die Streifen, denen in Fig. 9, Taf. VI die Linien cd , ab , $a'b'$ $c'd'$ . . . entsprechen, mit den Streifen, die durch die Linien fg , hi , lm , no dargestellt sind, durchschneiden.

Esselbach ¹⁾ hat Airy's Theorie vervollständigt und hat nachgewiesen, daß die Deutlichkeit der Talbot'schen Streifen von dem Verhältniß a der Breite der Beugungsstreifen tr zu der Breite der Streifen im Spectrum ry ab-

1) Diese Ann. Bd. 98, S. 538.

hängt, und zwar ist die Deutlichkeit am größten, wenn $c = 1$, nimmt dann ab, wenn c kleiner oder größer wird und ist $= 0$ für $c = 0$ und $c = 2$. Esselbach giebt dann an, daß bei der Pupillenweite des Auges von 2^{mm} , bei welcher die Breite der Beugungsstreifen für den Winkel von 2 Millimeter entspricht, der Abstand der Streifen im Spectrum nicht mehr als 4 Millimeter betragen dürfe, wenn man sie noch sehen soll, was jedoch unnöthig ist, denn hier wäre ja $a = \frac{1}{2}$.

Von dem Einflusse der Spaltenbreite (von welcher unter sonst gleichen Umständen a abhängt) auf die Deutlichkeit kann man sich leicht überzeugen, wenn man beim Beschauen des Spectrums ein dünnes Glimmerblatt, das matte breite Streifen giebt, vor das Auge hält. Die Streifen erscheinen sofort deutlich, wenn man das Glimmerblatt über eine kleine schmale Spalte legt. Hierbei ist a gewachsen und hat sich dem Werthe 1 genähert.

Nimmt man ein Glasblättchen, welches das Objectiv des Fernrohrs zur Hälfte bedeckt und sehr feine scharfe Streifen giebt, und legt dann eine enge Spalte darüber, so werden die Streifen undeutlich und können ganz verschwinden. Dabei ist c über 1 hinaus gewachsen.

Man kann auch die Breite der Spectralstreifen ändern, die Spaltenbreite und mithin auch die Breite der Beugungsstreifen ungeändert lassen. Dies erreicht man einfach auf folgende Art. Man betrachtet aus der Nähe ein auf einem Schirm entworfenes breites Spectrum durch ein so dünnes Glimmerblatt, daß keine Streifen zu sehen sind. Entfernt man sich dann immer mehr vom Spectrum, so kommen die Streifen allmählig zum Vorschein und können bei beträchtlicher Entfernung sehr scharf werden. Esselbach ¹⁾ erreichte Aehnliches durch bloße Veränderung des Gangunterschiedes.

Viel bequemer sieht man dieses alles mit (nicht sehr breiten) Gitterspectren und Compensator. Man kann durch Drehen des Compensators und durch Aenderung seiner

1) Diese Ann. Bd. 98, S. 539.

Spaltenbreite die Streifen bald zur größten Deutlichkeit, bald zum Verschwinden bringen. Ich versuchte die Breite der Beugungsstreifen für monochromatisches Licht zu messen und dann durch Drehen des Compensators die Breite der Talbot'schen Streifen auf die Hälfte herabzubringen. Dabei sollte ihre Deutlichkeit $= 0$ werden. Die Talbot'schen Streifen werden aber, wenn sich ihre Breite der halben Breite des Beugungsstreifen nähert, so undeutlich, daß man nicht entscheiden kann, ob das von Esselbach angegebene Gesetz strenge gilt.

Es ist im Allgemeinen ziemlich schwer, breite und scharfe Talbot'sche Streifen zu erhalten, da die Spaltenbreite hierbei verhältnißmäßig klein seyn muß und deshalb alles undeutlich wird.

Mit sehr dünnen Glimmerblättchen, die man vor das bloße Auge bringt, erhält man keine Talbot'schen Streifen, wohl aber die Wrede'schen Streifen. Eine Täuschung ist aber nicht leicht möglich, denn die Zahl der letzteren ist bei gleicher Glimmerdicke etwa sechsmal so groß als jene der ersteren.

Bedeckt man, in ähnlicher Weise verfahrend wie Stefan¹⁾, die Mitte eines Gitters mit einem Glimmerstreifen, so sieht man die Spectralstreifen so wohl in den rechten als in den linken Gitterspectren. Wendet man statt der Spalte einen hell leuchtenden Punkt an, begränzt das Gitter durch eine Spalte, deren Mitte der dünne Glimmerstreifen einnimmt und bringt vor das Ocular ein Prisma mit horizontaler brechender Kante; so erkennt man leicht, daß jedes Spectrum zweierlei Streifen enthält, solche die einer Verzögerung auf der rothen, und solche die einer Verzögerung auf der violetten Seite entsprechen. Die Fig. 11, Taf. VI giebt den Anblick eines solchen Spectrums, d. h. nur des mittleren hellsten Theiles. Die Construction ist dieselbe wie bei Fig. 10. Die Streifen im abgelenkten Spectrum, die einer Verzögerung an der rothen Seite entsprechen, kommen im unabgelenkten Spec-

1) Sitzungsber. d. Wiener Akademie Bd. 50, S. 138.

trum nicht zur Geltung und so erklärt sich die von Stefan beobachtete Erscheinung. Soll der Versuch gut gelingen, so muß die Spalte so breit seyn, daß gerade ein Maximum der Deutlichkeit der Streifen für den gewählten Glimmerstreifen in beiden Spectren eintritt.

Was den Einfluß der Schiefstellung der Kante des Plättchens in Bezug auf die brechende Kante des Prismas betrifft, so kann die Schiefstellung unter Umständen ein Deutlichwerden der Streifen im Spectrum nach sich ziehen. Es sey dies deshalb angeführt, weil Brewster aus dem Undeutlichwerden der Streifen bei Schiefstellung der Kante des Plättchens eine neue Polarität des Lichtes ableiten wollte ¹⁾.

Nehmen wir zuerst an, daß man durch eine am Compensator angebrachte Spalte mittelst eines Fernrohrs eine zweite Spalte betrachte. Stellt man nun den Compensator mit seiner Spalte oder besser die zweite Spalte schief, so müssen die Streifen des Beugungsbildes näher aneinander rücken. Es ist also so, als ob sich die Spalte am Compensator erweitert hätte. Setzen wir nun ein Gitter vor das Fernrohr und drehen das Gitter und die betrachtete Spalte so, daß die Spalten des Gitters mit jener Spalte stets parallel bleiben, so werden bei der Schiefstellung die Streifen im Spectrum deutlicher werden, wenn die Spalte am Compensator zu eng, undeutlicher, wenn sie zu weit war. Die Schiefstellung kann weit über 45° gehen und man kann noch immer sehr scharfe Streifen erhalten.

Legt man auf den Compensator eine kreisförmige Oeffnung, so verengern sich die Beugungsstreifen bei Schiefstellung der Spalte ebenfalls, wie man sich überzeugen kann. Betrachtet man nun ein Spectrum mit dem bloßen Auge und stellt die Kante des Plättchens schief, so müssen die Streifen undeutlicher werden, weil ohnedies die Pupillenöffnung zu groß ist, um Streifen von der größten Deutlichkeit zu Stande kommen zu lassen.

1) Diese Ann. Bd. 53, S. 460.

Betrachtet man ein Spectrum mit dem Auge bei vorgeschobenem Blättchen, so erstrecken sich die Streifen gewöhnlich nur über einen Theil des Spectrums, wenn der Gewichtswinkel des Spectrums hinlänglich groß ist. Dies rührt nicht allein davon her, daß, wie Esselbach angiebt, die Theorie der Streifen nur für die Mitte der Netzhaut strenge gilt, sondern besonders davon, daß das Blättchen nicht unmittelbar an der Pupille anliegt, wie es die Theorie annimmt, sondern stets eine gewisse Strecke, wenigstens gegen 10^{mm} sich davor befindet. Die beiden Strahlenbündel, von denen eins durch das Blättchen, das zweite durch den unbedeckten Theil der Pupille geht, sind nur für die Farben im Fixationspunct gleich intensiv. Für die weiteren Punkte überwiegt immer mehr das eine Strahlenbündel über das andere, folglich müssen die Streifen von der Mitte aus undeutlicher werden.

Entfernt man das Blättchen vom Auge langsam, so sieht man, wie die Streifen zu beiden Seiten immer mehr verschwinden.

Gehen wir nun zu dem von Airy ursprünglich behandelten Fall über, in welchem das Auge auf das Spectrum nicht accommodirt ist. Bei seiner Herleitung nimmt Airy die Pupillenweite als sehr groß an. Wäre sie unendlich, so könnte man im accommodirten Spectrum unter keinen Umständen Streifen sehen¹⁾, wohl aber im nicht accommodirten. Die Breite der Beugungsfransen bei accommodirtem Auge oder einem andern brechendem System ist proportional dem Quotienten aus dem Durchmesser der Oeffnung der Pupille oder des Diaphragmas und der Entfernung des deutlichen Bildes von diesem Diaphragma. Beim Auge ist dieser Quotient beiläufig $= \frac{4^{\text{mm}}}{20^{\text{mm}}} = \frac{1}{5}$. Man wird nun die Breite der Beugungs-

1) Airy, diese Ann. Bd. 58, S. 541. Die weiter folgende Auseinandersetzung, gemäß welcher dann Streifen auftreten sollen, wann die Verzögerung sich auf der rothen Seite befindet, beruht auf einer willkürlichen Voraussetzung und hat sich ebenfalls durch Resultate der von Esselbach vervollständigten Theorie als unrichtig gezeigt.

fransen nie $= 0$ machen können und also auch wir accommodirten Spectrum Streifen sehen, wenn man den Gangunterschied hinlänglich groß nimmt. Nun scheint es, wie wir im Folgenden sehen werden, daß die Streifen im nicht accommodirten Spectrum ebenfalls ihre größte Deutlichkeit bei verhältnißmäßig großen Gangunterschieden erlangen. Dann wird man aber auch im accommodirten Spectrum scharfe Streifen sehen. Doch gelingt der Versuch auf die Art leicht, daß man den Gangunterschied beim accommodirten Spectrum so klein nimmt, daß die Streifen verschwinden. Verändert man die Accommodation des Auges oder des Fernrohrs, so kommen sie wieder zum Vorschein. Gut gelingt auch der Versuch objectiv mit dem Compensator vor einem breiten Prisma mit kleinem brechenden Winkel. Die Linse wird hinter das Prisma gestellt und entwirft auf einem Schirm, je nach dessen Stellung, ein scharfes oder unscharfes Bild des Spectrums. Schon Airy hat den Versuch mit dem Auge in der Art ausgeführt, daß er sich von dem Spectrum bis über den Fernpunkt seines Auges entfernte und sich demselben bis unter die deutliche Sehweite näherte. Er findet es unerklärlich, warum die Streifen viel schärfer sind, wenn das Auge von dem betrachteten Spectrum zu weit ist, als wenn es zu nahe ist. Dies rührt aber wahrscheinlich davon her, daß der Gesichtswinkel der Talbot'schen Streifen mit der Entfernung kleiner wird. Es verhält sich also so, als ob bei derselben Entfernung des Auges die Breite der Streifen sich verkleinert, und ihre Zahl, somit auch der Längenunterschied, sich vergrößert hätte.

Die Lichtvertheilung in der Beugungsfigur des Randes einer durchsichtigen Lamelle findet Airy als eine Function des Gangunterschiedes und des Ausdrucks

$$s = \sqrt{\frac{2a}{\lambda ce} \cdot \frac{cb}{a}},$$

wobei in einem Horizontalschnitt für das Auge bei zu großer Ferne des leuchtenden Punktes c den Abstand

des deutlichen Bildes von der Krystalllinse, a die Entfernung von der Netzhaut, b die Entfernung eines Punktes der Netzhaut, dessen Beleuchtung gesucht wird, von dem Punkte, welchen der Visirstrahl des betrachteten leuchtenden Punktes auf der Netzhaut trifft, bedeutet. Ferner ist $e = \sqrt{(a+c)^2 + b^2}$ und λ die Wellenlänge. Aehnlich würde sich die Sache bei einer Linse oder einem andern brechenden System verhalten.

Die Gleichung einer Curve gleicher Lichtintensität für einen gegebenen Gangunterschied R ist also

$$s = \text{const.} = \sqrt{\frac{2a}{\lambda ce} \cdot \frac{cb}{a}},$$

oder für kleine b ist $b^2 = (a + \frac{1}{c} a^2) \frac{c^2 \lambda}{2}$. Das c kann man Airy's Tabelle entnehmen¹⁾.

Wir ordnen nun die Farben des Spectrums auf der Linie rv Fig. 12 Taf. VI übereinander an und verfahren ähnlich wie bei Fig. 10 für das accommodirte Spectrum. Dabei betrachten wir nur die mittleren Streifen als die bei weitem stärksten. Ihre Form ist nach der Tabelle von Airy annähernd construirt und ähnlich der von Quincke bei keilförmigen Lamellen beobachteten.

Für den betreffenden Versuch stelle man wieder ein Gitter nebst Compensator vor das Objectiv des Fernrohrs und visire auf eine feine mit Sonnenlicht erleuchtete Oeffnung. Zwischen dem Fernrohr und der feinen Oeffnung befindet sich eine horizontale Spalte, auf die das Fernrohr eingestellt wird. Vor das Ocular kommt ein kleines Prisma mit horizontaler brechender Kante. Man sieht die S-förmigen Streifen sehr schön sowohl in den rechten als in den linken Gitterspectren. Nehmen wir nun an, was sehr wahrscheinlich ist, daß die Streifen im Spectrum am schärfsten sind, wenn die Mittellinien rw , tu senkrecht auf rv' stehen (Fig. 12, Taf. VI), so ist die Breite der Talbot'schen Streifen $= 2t'y'$. Für $t'y'$ ist $s = 0,6$ nach Airy's Tabelle und man kann aus der oben

1) Diese Ann. Bd. 53, S. 580.

angeführten Gleichung die Größe von $t'y'$ leicht finden. Sie ist für kleinere a immer sehr klein; also sind die Talbot'schen Streifen dann am deutlichsten, wenn sie verhältnißmäßig schmal sind.

Stefan¹⁾ bemerkt, daß es für die Erscheinung der Talbot'schen Streifen einerlei sey, ob man das Glimmerblättchen von der violetten oder rothen Seite einschiebt, wenn man die halbe Spalte des Spectralapparates damit deckt. Die Umstände aber, welche bei diesem Versuch wesentlich sind, hat Stefan nicht angegeben. Es ist klar, daß Streifen in diesem Fall unmöglich sind, wenn das Fernrohr scharf auf die Spalte eingestellt ist, weil dann von der Spalte ein scharfes Bild entsteht und die von den Spaltenhälften herrührenden Strahlen, welche den Gangunterschied haben, sich in diesem Bilde *nicht* durchschneiden. Außerdem ist es für diesen Versuch unerläßlich, daß die Spalte des Spectralapparates von einer zweiten Spalte ihr Licht erhält (weil nur so ein Interferenzversuch möglich ist), wenn auch die zweite Spalte sehr breit seyn kann. Macht man diese zweite Spalte schmal und entwirft ein Spectrum von derselben, so kann die erstere Spalte auch breit seyn.

Am besten sieht man die Erscheinung, wenn man die obere Hälfte der Spalte des Spectralapparates mit einem Blättchen von der violetten, die untere mit einem Blättchen von der rothen Seite halb bedeckt. Sieht man in das Prisma des Apparates mit bloßem Auge, so kann man durch Wechsel der Accommodation, bald das obere, bald das untere Streifensystem sehen oder in dem Zwischenzustand die Fraunhofer'schen Linien; nie aber die Fraunhofer'schen Linien mit den Streifen zugleich.

Noch schöner sieht man die Erscheinung, wenn man das Ocular des Beobachtungsfernrohrs aus- und einschiebt. Man sieht die oberen Streifen, wenn das Fernrohr auf größere Entfernungen als die Spalte des Spectralappara-

1) Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. 50, S. 141 und Pogg. Ann. Bd. 123, S. 513.

tes, die unteren, wenn es auf kleinere Entfernungen eingestellt ist. Das Phänomen erklärt sich daraus, daß die Beugungsfigur jeder einzelnen Farbe, wenn man von der Accommodation auf kleinere Entfernung zu jener auf größere Entfernung übergeht und dabei den Ort der Verzögerung des einen Lichtbündels mit der Einstellung passiert, sich umkehrt, ähnlich wie das Quincke bei den Beugungsfiguren am Rande dünner Lamellen beobachtet hat.

Die Versuche wurden im Prager physikalischen Institute ausgeführt.

VII. *Ein elektromagnetischer Rotationsapparat;* *von G. Krebs.*

In den Lehrbüchern der Physik werden vielfach kleinere elektromagnetische Rotationsapparate beschrieben, welche dazu dienen sollen zu zeigen, daß man im Stande sey Elektrizität in mechanische Arbeit umzusetzen. Sie bestehen meist aus einem feststehenden und einem drehbaren Hufeisenelektromagneten. An der Axe, um welche sich der letztere dreht, ist gewöhnlich ein Rad befestigt, welches in ein anderes, größeres eingreift, an dessen Axe eine Schnur befestigt ist, welche über eine Rolle geht und an die unten ein Gewicht angehängt werden kann ¹⁾).

Allein diese Apparate sind unvorthailhaft construiert; die Polflächen der beiden Elektromagnete sind, abgesehen davon, daß sie einander nie direct gegenüber zu stehen können, viel zu klein, um eine lebhafte Anziehung und Abstoßung bewirken zu können, die Apparate verlangen deshalb auch einen ziemlich starken galvanischen Strom (4 bis 6 gute Bunsen'sche Elemente), um nur geringe

1) Frick, physik. Technik, III. Aufl. S. 520, Fig. 723.