REPERTORIUM

FÜR

PHYSIKALISCHE TECHNIK

FÜR

MATHEMATISCHE UND ASTRONOMISCHE

INSTRUMENTENKUNDE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. PH. CARL,
PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

DRITTER BAND.

MIT EINEM ATLAS VON 28 TAFELN.

MÜNCHEN, 1867.
VERLAG VON R. OLDENBOURG.

INHALT.

Seite

Der Apparat von W. Thomson zur Beobachtung der atmosphärischen Electricität. Beschrieben von Dr. Dellmann (Tafel III) 1

Ueber eine zweckmässige Einrichtung des Spiegelgalvanometers. Von Dr. Ph. Carl. (Tafel V) 15

Die photometrischen Apparate, welche von der Stadt Paris zur Controle der Leuchtkraft des Gases angewendet werden. Mitgetheilt von Dr. Jos. Krist in Wien (Tafel I und II) 18

Ueber das Minimum der prismatischen Ablenkung eines Lichtstrahls. Von Dr. K. L. Bauer 28

Ueber die Brechung des Lichts, zugleich als Anhang zu der vorausgehenden Notiz über das Minimum der prismatischen Ablenkung. Von Dr. K. L. Bauer 34

Beschreibung eines Chronographen. Von Francis Bashforth. (Tafel IV) . 37

Ueber eine neue Methode die Längen der Lichtwellen zu messen. Von J. Stefan 45

Kleinere Mittheilungen:

Neuer Regulator für electrisches Licht. Von Serrin. (Tafel V) . 52

Das Holosterische Barometer von Naudet, Hulot u. Comp. (Taf. IV) 54

Der neue Cometensucher der Sternwarte zu Marseille. (Tafel V) . 57

Ueber einen Apparat, der dazu dient, die Bewegungen des Pendels experimentell zu studiren. Von Simon. (Tafel V) 58

Mach. Ueber einen Apparat zur mechanisch-graphischen Darstellung der Schwingungscurven. (Tafel V) 60

Neues Hilfsmittel, die Sonnengläser an Fernrohren zu ersetzen . . 61

Vervielfältigung von Stereoscopbildern 62

Acustisches Experiment von Stefan 63

Verschiedene Notizen. (Tafel V) 65

Literaturbericht 66

Theorie der Eingriffe gezahnter Räder. Von P. A. Hansen. (Tafel VI u. VII) 73

Ueber einen Apparat zur Messung sehr kleiner Zeiträume. Von W. Hankel. (Tafel IX) 109

Ueber die bisher in Anwendung gebrachten galvanometrischen Einrichtungen. Von Ph. Carl. (Tafel X, XI, XII) 136

Apparat zur Bestimmung der Dampfdichte. Von A. Graf Grabowski. (Taf. VIII) 160

Trigometrische Formeln für den allgemeinsten Fall der Brechung des Lichtes an centrirten sphärischen Flächen. Von Prof. Dr. Seidel 167

Seite

Kleinere Mittheilungen:
Mittheilungen von Prof. Dr. Dellmann in Kreuznach 184
Wilde's magnetelectrische Maschine. (Tafel IX) 186
Neue Entdeckung auf dem Gebiete der Electricitätslehre 189
Der Meteorograph von Secchi 192
Roullions galvanische Batterie 196
Einige electrische Apparate. Von Jos. Candido. (Tafel XIII) . 197
Verbesserter Axenwinkel-Apparat. Von Viktor v. Lang. (Tafel XIV u. XV) 201
Der Sprechapparat des atlantischen Kabels. Von Dr. Dellmann. (Tafel XIX) 207
Mittheilungen über die auf der Pariser Ausstellung befindlichen physikalischen, mathematischen und astronomischen Instrumente und Apparate 211
Ueber die bisher in Anwendung gebrachten galvanometrischen Einrichtungen. Von Ph. Carl. Fortsetzung. (Tafel XVIII und XIX) 245
Der Meteorograph. Von Neumayer. (Tafel XXI) 261
Kleinere Mittheilungen:
Wiedemann's Apparat zur Darstellung des Geyserphänomens im Hörsaale. (Tafel XVII) 265
Die Sprengel'sche Quecksilberluftpumpe. (Tafel XIII) 265
Beschreibung einer Quecksilberluftpumpe. Von Gustav Le Bon. (Tafel XIII) 267
Neue Construction der Wage. (Tafel XX) 269
Das electromagnetische Echappement von Thiede und die Pendeluhr im luftdicht verschlossenen Raume. Mitgetheilt von Herrn Director, Professor W. Foerster. (Tafel XIV) 271
Ueber ein mit galvanischem Strom und constanter Kraft in Bewegung erhaltenes Pendel. Von Hrn. Th. Knoblich. (Tafel XIV) 275
Ueber die Benutzung der Drehbarkeit der Kreise bei Meridianinstrumenten zur Anwendung des Hansen'schen Princips. Von Hrn. A. Martins 277
Zur richtigen Beurtheilung der Gewichtssätze feiner Wagen . . . 280
Mittheilungen über die auf der Pariser Ausstellung befindlichen physikalischen, mathematischen und astronomischen Instrumente und Apparate. (Fortsetzung) 281
Kleinere Mittheilungen:
Zwei optische Apparate. Von V. v. Lang. (Tafel XXII) . . . 376
Der einfachste analytische Beweis des Satzes über die prismatische Minimalablenkung. Von Dr. K. L. Bauer 377
Eine zweckmässige Einrichtung des Rheochordes. Von Ph. Carl (Tafel XXII) 379
Das v. Kobell'sche Gemsbart-Electroscop. Von Ph. Carl . . . 381
Bequemer Apparat zur Herstellung von Magneten. Von Ph. Carl. (Tafel XXII) 382
Analytische Wage, construirt und ausgeführt von Mechaniker und Ingenieur Paul Bunge in Hamburg. (Tafel XXIII) 382
Ueber eine Longitudinalwellenmaschine. Von E. Mach 384
Reaction zweier Influenzelectrisirmaschinen auf einander 386
Netter Versuch mit der Influenzelectrisirmaschine. Von Ph. Carl 387
Die Influenzmaschine in America 387
De la Rive's Photometer zur Messung der Durchsichtigkeit der Luft 387

Seite

Stefan. Ueber einen von ihm construirten akustischen Interferenz-Apparat 388
v. Waltenhofen. Ueber eine neue Methode, die Widerstände galvanischer Ketten zu messen 389
Chautard. Versuche über den Magnetismus und Diamagnetismus der Gase vor einem grossen Auditorium 392
Mittheilungen über die auf der Pariser Ausstellung befindlichen, physikalischen, mathematischen und astronomischen Instrumente u. Apparate. Fortsetzung. (Tafel XXIV bis XXVII) 393
Ueber einen selbstthätigen Regulator für den galvanischen Strom. Von F. Kohlrausch 420
Ueber Berechnung optischer Constructionen. Von Dr. Adolph Steinheil . 431
Kleinere Mittheilungen:
Apparat für die Demonstration der Gesetze der Wurfbewegung. Von Prof. E. Hagenbach (Tafel XXVII) 441
Verschiedene Mittheilungen. Von E. Weinhold (Tafel XXVIII) . 442
Die Darstellung optischer Anamorphosen. Von Dr. Schmidt . . 446
Ueber die Bedingungen, unter welchen Cubikzoll und Loth in dieselbe Beziehung, wie Cubikcentimeter und Gramm, zu einander treten. Von Dr. K. L. Bauer 447
Die erste Idee zum Pulsmesser 448
Die Bildung der Schneefiguren. Von Prof. Pisko 448
Apparat zum Schöpfen des Meerwassers aus bedeutenden Tiefen. Von Dr. J. Lorenz 450
Franklin's electrischer Bratenwender 451
Ein Quetschhahn neuer Construction. Von W. Fr. Gintl (Tafel XXVIII) 452

Der Apparat von W. Thomson zur Beobachtung der atmosphärischen Electricität.

Beschrieben von

Dr. Dellmann.

(Hiezu Tafel III.)

a) Das Electrometer.

Wenn man von 2 in Berührung stehenden Leitern gleicher Gestalt den einen elektrisirt, so theilen sie sich bekanntlich in das Quantum nach dem Verhältniss ihrer Oberflächen-Grössen. Will man ein kleines Quantum messen, so wird, wenn die beiden Körper die auf einander einwirkenden Theile eines Electrometers sind, die Empfindlichkeit des Instrumentes durch die Abgabe des geladenen Theils an den andern geschwächt, und dies um so mehr, je kleiner der geladene Theil gegen den andern ist. Es muss also vortheilhaft sein, das zu messende Quantum dem zu ladenden Theil allein zukommen zu lassen und den andern Theil aus einer andern Quelle zu laden. Dieser Vortheil ist bisher auch beim Säulen-Electrometer benutzt worden. Hankel, der Einzige, welcher bisher dies Instrument zum Messen benutzt hat, fand es für zweckmässig, zum Laden der Platten, welche einwirken sollen auf das Goldblättchen, sich nicht der trocknen, sondern der Wasser-Säule zu benutzen, hauptsächlich weil diese viel beständiger ist als die trockene. Denn wenn a die Ladung dieser Platten ist und die des Goldblättchens b heisst, so ist die Gesammtwirkung beider aufeinander ab, und da man bei jeder Messung nur diese erhält, so muss a constant sein, wenn ab dem b proportional bleiben soll. Immerhin ist aber die Ladung der Platten durch die Säule nur schwach, weil man keine sehr grosse Säule nehmen kann, um das Instrument nicht zu unbequem zu machen.

W. Thomson hat nun den glücklichen Gedanken gehabt, statt der Säule eine Leydener Flasche zu nehmen, wesshalb ich sein Electrometer Flaschen-Electrometer genannt habe. Es liegt auf der Hand,

dass man bei Anwendung der Flasche 2 Vortheile zu erwarten hat: 1) eine viel grössere Empfindlichkeit, da man der Flasche eine viel stärkere Ladung geben kann, als eine kleine Wasser-Säule annimmt; 2) eine grössere Bequemlichkeit in der Anwendung, namentlich im Transport des Apparates, und in der That ist das nachher zu beschreibende Instrument leicht in der Tasche nachzutragen. Allerdings fragt sich, ob nicht mit diesen Vortheilen auch Nachtheile verbunden sind. Die Flasche lässt sich ja auch beim Goldblatt-Electrometer statt der Säule anwenden, wodurch man auch hier eine weit grössere Empfindlichkeit erzielen würde. Es kommt aber auch darauf an, dass das *a* der Platten beständig ist. Die Ladung der Flasche möglichst constant zu machen, hat Thomson viel Arbeit gekostet, und aus einem in den letzten Tagen erhaltenen Briefe geht hervor, dass Schwierigkeiten in dieser Beziehung noch immer bei neuen Apparaten wiederkehren können. Die bisher in Anwendung gekommenen Mittel sind: 1) die Auswahl des Glases, und diese verlangt noch immer Versuche; 2) ein Austrocknungsmittel für den Flaschenraum, wozu er sich der Schwefelsäure bedient, welche bei einer Form seines Electrometers noch zur Erreichung eines zweiten Zweckes dient, dazu nämlich, die Flaschenladung dem einen der beiden Körper, dem Wagebalken mitzutheilen, wogegen der Zuleiter, wie bei meinem Electrometer, aus der zu messenden Quelle geladen wird; er hat also diese beiden Theile meines Electrometers adoptirt. In dem hier zu beschreibenden Luft-Electrometer (portables Electrometer von Thomson genannt) steht der Wagebalken in metallischer Berührung mit der innern Belegung der Flasche, und die zum Austrocknen bestimmte Schwefelsäure ist zum Tränken eines Stückes Bimsstein verwandt worden, welches in einem bleiernen Becher unter dem Deckel hängt. Damit möglichst wenig Luft in die Flasche dringt, ist eine Vorrichtung angebracht, welche Thomson Schirm (umbrella) nennt und nacher beschrieben werden soll. Um die Zahl der aufeinander wirkenden Punkte zu vergrössern und dadurch die Empfindlichkeit zu steigern, ist Thomson über meine Dimensionen hinausgegangen. Der Zuleiter ist zu dem Zwecke mit einer kreisförmigen Messingplatte von $1^1/_2$ bis 2 Zoll Durchmesser verbunden; dieser gegenüber befindet sich das quadratförmige Ende des Wagebalkens, auf welches jene Kreisplatte einzuwirken bestimmt ist. Thomson musste bei dieser Form den Vortheil aufgeben, den

betreffenden Theil des Zuleiters auf beide Arme des Wagebalkens einwirken zu lassen; bei einem andern, dem Reflexions-Electrometer, konnte er auch dieses Vortheils sich bedienen.

Bekanntlich findet das Messen mit Electrometern auf dreifache Weise statt; entweder man bestimmt das Quantum aus dem Raum, den der bewegliche Theil des Instrumentes durchläuft; oder man bringt diesen Theil nach der Bewegung wieder in die frühere Lage und bestimmt das Quantum durch die Kraft, welche dazu erforderlich ist; oder dadurch, dass man jenen Theil in die frühere Lage bringt durch Bewegung des andern, des Zuleiters, und den Raum misst, welchen zu diesem Zwecke der Zuleiter durchläuft. Die 1. Art findet statt bei der Coulomb'schen Drehwage, beim Hankel'schen Electrometer und bei meinem Instrumente, wenn mittelst desselben durch Ausschlagswinkel gemessen wird, welches hier die bequemste Weise ist; die 2. Art findet Anwendung beim Sinus-Electrometer und wenn mittelst der Torsion bei den Torsionswagen gemessen wird; die 3. Art wendet Thomson bei seinem Luft-Electrometer an. Die Art zu messen ist also bei diesem Instrumente eine ganz neue. Die Kreisplatte, welche dem Wagebalken gegenüber steht, ist beweglich durch eine Mikrometer-Schraube, der Zuleiter aber nicht; deshalb muss dieser durch einen dünnen Spiraldraht mit der Platte verbunden sein.

Die Flasche des Luft-Electrometers ist ein cylinderförmiges Glasgefäss von etwa 4 Zoll Höhe und $3^1/_2$ Zoll Durchmesser. Sie ist zum Schutze und als äussere Belegung mit einem Messinggefäss umgeben, welches 4 Fenster (vorn und hinten, rechts und links) hat von 2 Zoll Höhe und $1^1/_4$ Zoll Breite, damit Licht i'ns Innere fällt. Einen guten halben Zoll vom Boden der Flasche liegt eine kreisförmige Messingplatte (Bodenplatte) vom Durchmesser der Flasche, so dass sie noch bequem hinein gelegt werden kann. Sie ruht auf einem hölzernen Ringe, welcher von der innern Belegung, mit der auch dieser Ring überklebt ist, festgehalten wird. Auf diesem Ringe kann die Platte mit 2 Schrauben befestigt werden. Die Platte hat in der Nähe des hintern Fensters ein quadratförmiges Loch von etwa $^1/_2$ Zoll Seite, und am vordern Fenster am Rande einen Ausschnitt von derselben Breite und etwa 2''' Tiefe. In der Richtung dieser Fenster ist unter der Platte der Wagebalken von Aluminium ausgespannt an einem feinen Platindraht. An einem Ende hängt der Platindraht an einer Feder, am andern an einem Stift mit Schraube,

welche mit einem Uhrschlüssel leicht gedreht werden kann, um dem Platindraht mehr oder weniger Spannung zu geben. Der Wagebalken hat an der Stelle, wo der Platindraht hindurch geht, eine Verbreiterung, in welche mit einer feinen Nadel ein paar Löcher gemacht sind zum Durchleiten des Platindrahtes. Ist der Platindraht gespannt, so sitzt der Wagebalken fest. Das Quadrat am hintern Ende des Wagebalkens hat die Grösse, dass es sich eben in dem quadratischen Loche der Platte frei bewegen kann. Am andern Ende bildet der Wagebalken eine Gabel mit zwei Spitzen, welche nach oben umgebogen, etwa 2''' von einander und 2''',5 lang sind. Am obern Ende ist zwischen beiden Spitzen ein feines Haar ausgespannt. Diese Gabel spielt in dem vordern Einschnitt der Platte auf und ab, wenn der Wagebalken im Gleichgewicht ist. Vor der Anwendung des Apparates muss durch die Torsion des Platindrahtes dieses Gleichgewicht aufgehoben werden, und die Messung findet dann in der Weise statt, dass durch Zuführung von Electricität und Bewegung der Ladungsplatte das Gleichgewicht hergestellt wird. Zur genauen Controle des Gleichgewichts, zum Einstellen, dient eben jenes Haar, welches vor einem Papierblättchen mit zwei feinen schwarzen Puncten spielt, von denen der eine dicht über dem andern steht, so dass man das Haar genau mittelst einer Lupe zwischen beiden durchgehen sieht, wenn das Instrument eingestellt ist. Das Papier mit den beiden Puncten ist auf ein Messingplättchen geklebt, welches in verticaler Richtung in dem Einschnitt der Bodenplatte angeschraubt ist.

Ueber dem quadratförmigen Ende des Wagebalkens hängt mittelst eines Glasstiels an der Micrometerschraube die Ladungsplatte von 1,5 bis 2 Zoll Durchmesser. Die Mikrometerschraube schiebt sich durch Drehen ihrer Mutter oben über dem Deckel auf und ab. Die Mutter besteht aus einer kreisförmigen Messingplatte von etwa 3''' Dicke, mit einem kegelförmigen Ansatz in der Mitte nach unten und einer Eintheilung am Rande; auf der untern Seite ist um den Kegel ein breiter Ring eingedreht von etwa halber Dicke der Platte; der Kegel greift in eine entsprechende Vertiefung des Deckels und in den Ring eine passende Erhöhung auf dem Deckel, Beides, um hier den Eintritt der äussern Luft abzuhalten. Auf die Schraubenmutter ist concentrisch mit ihr eine cylinderförmige Büchse befestigt von etwa 4''' Durchmesser, welche etwa 6''' über der Mutter von einem gekörnelten Ringe zum Umdrehen umgeben ist, oben in der

Büchse steckt ein Cylinder von der Höhe eines starken Zolles und der Dicke, dass er leicht in der Büchse gedreht werden kann; dieser Cylinder ist an einer Seite mit einer Scala versehen, deren Einheiten den Schraubenumgängen gleich sind; auch ist er mit einer durch seine Achse gehenden kleinen Schraube auf einem Absatze der Micrometerschraube befestigt. Unter dem Deckel geht die Micrometerschraube in den Cylinder, an welchem unten die Ladungsplatte hängt und in dessen Boden sie fest gelöthet ist. Dieser Cylinder schiebt sich durch Drehen der Micrometerschraube auf und ab in einem andern, welcher unter dem Deckel befestigt ist. Damit der bewegliche Cylinder beim Drehen der Micrometerschraube sich nicht mit dreht, befindet sich auf seiner äussern Oberfläche parallel mit seiner Achse eine schmale Leiste, welche sich in einer Nuthe des festen Cylinders bewegt. Um die Mutter der Micrometerschraube fest angedrückt gegen den Deckel zu erhalten, befindet sich in dem beweglichen Cylinder, die Schraube umgebend, ein starker Spiraldraht als Feder. Die Mutter der Micrometerschraube ist am Rande in 100 gleiche Theile getheilt, so dass man mittelst Schätzung der Zehntel noch ein Tausendstel einer Umdrehung messen kann.

Der Zuleiter, ein Messingdraht von 1 bis 2 Linien Dicke, geht durch eine kreisförmige Oeffnung des Deckels von etwa 6''' Durchmesser; am obern Ende ist er in der Richtung seiner Achse und in der Länge etwa eines Zolles angebohrt, dann dies Röhrchen an einer Seite aufgeschlitzt zum Federn; in dies Röhrchen wird der Draht gesteckt, welcher die Electricität aus der zu messenden Quelle dem Messinstrumente zuführt. Im Instrumente steht der Zuleiter auf einem Arme von Messing, welcher mittelst eines Glasstiels und passender kleiner Büchsen unter dem Deckel befestigt ist. Von diesem Arme führt der dünne Spiraldraht die Electricität zur Ladungsplatte. Um den Zutritt der Luft durch die Oeffnung für den Zuleiter abzuhalten, ist diese Oeffnung zunächst mit einer Büchse mit Absatz umgeben; auf diesen Absatz passt genau der Schirm. Dieser ist eine cylindrische Büchse von etwa 2'' Länge und 4 bis 5 Linien Weite, am obern Ende durch einen Deckel geschlossen, welcher in der Mitte ein kreisförmiges Loch hat, um eine zweite enge Büchse durchstecken zu können, welche genau das obere Ende des Zuleiters umschliesst. Die enge Büchse ist von der Länge der weitern und im Loche des Deckels festgelöthet. Drückt man nun den Schirm auf den Absatz

hinunter, so ist die Oeffnung luftdicht verschlossen. Hebt man den Schirm bis über seinen Absatz, wo er von der Reibung am Zuleiter getragen wird, so kann doch nur sehr wenig Luft eindringen, weil die Büchse mit dem Absatz bis hoch in den Schirm hineinragt. Die Lufttheilchen, welche eindringen, müssen zuerst unter dem Schirmrande hinweg in die Höhe steigen, über den obern Rand der festen Büchse dann wieder hinunter, um so neben dem Zuleiter vorbei in's Instrument zu gelangen. Nach jeder Messung drückt man den Schirm auf seinen Absatz, nicht bloss, um während des Nichtgebrauchs die Luft abzuhalten, sondern auch, um das Instrument zu entladen, weil man durch Niederdrücken des Schirms den Zuleiter mit der äussern Belegung in Contakt setzt.

Der Deckel des Instruments hat noch eine kleine kreisförmige Oeffnung nahe am Rande, um die Flasche laden zu können; sie ist durch einen Schieber luftdicht zu schliessen. Behufs der Ladung setzt man einen mit Kautschuck oder Schellack überzogenen Draht, dessen beide Enden frei gelassen, hinein; der Draht muss also die Länge haben, dass er, wenn er mit dem untern Ende auf der Bodenplatte steht, mit dem obern noch etwa ein paar Zoll über dem Deckel hervorragt. Mit einer 3 bis 4 zölligen Korkplatte kann man leicht durch Reibung auf Tuch die nöthige — E. hervorrufen, und mit einem kleinen Electrophor die + E., welche zur Ladung hinreicht. Eine passende Ladung hält mehrere Monate. Den Bimsstein muss man zuweilen ausglühen und dann auf's Neue mit Schwefelsäure tränken.

Ist nun dem Platindraht eine schwache Torsion in dem Sinne gegeben, dass das Haar an der Gabel des Wagebalkens über den 2 Puncten steht ohne Ladung der Flasche, und man nimmt, um das Instrument in Gebrauch zu setzen, die Ladung vor, so wird man anfangs das Haar unbeweglich sehen bis die Ladung einen gewissen Grad erreicht, bei welchem das Haar sich zu senken beginnt. Je weiter die Ladungsplatte hinuntergeschraubt war vor dem Beginn der Ladung, desto früher tritt der Punct ein, wo das Haar seine Bewegung beginnt. Man kann dann leicht durch geringes Heben oder Senken der Ladungsplatte das Haar zur genauen Einstellung bringen. Die Deutung dieses Vorganges ist einfach. Ladet man die Flasche z. B. mit — E., so bekommen auch Bodenplatte und Wagebalken die — E. Die Bodenplatte und die innere Belegung, welche zwischen den Fenstern bis in die Nähe des Deckels hinaufgeht,

wirken vertheilend auf die Ladungsplatte und binden in derselben + E., während die dadurch frei werdende — E. durch die Electrode fortgeführt wird, weil der Schirm noch nicht gehoben ist, die Ladungsplatte also noch mit der äussern Belegung in Berührung steht. Ist nun durch fortgesetztes Laden die Anziehung zwischen dem Aluminium-Quadrat und der Ladungsplatte so gross geworden, dass sie die Torsion des Platindrahtes zu überwinden vermag, so fängt der Wagebalken, resp. das Haar an sich zu bewegen, und es ist dann leicht, mittelst der Mikrometerschraube die Stellung der Ladungsplatte zu finden, bei welcher das Haar zwischen den beiden Puncten einspielt, welches mit einer Lupe beobachtet wird, die am Instrumente befestigt ist. Findet das Einspielen statt, so wird abgelesen, zuerst die Scala am Cylinder, wie viel ganze Schraubengänge, dann die Eintheilung am Rande der Mutter, wie viel Tausendstel der letzten Drehung die Schraube gemacht; dies ist also die Null-Stellung der Ladungsplatte, d. h. ihre Stellung bei der Ladung Null von aussen. Führt man jetzt der Ladungsplatte durch den Zuleiter nach Lüftung des Schirmes noch + E. zu, so wird die Anziehung zwischen ihr und dem Ende des Wagebalkens grösser, das Haar senkt sich also. Um das Haar wieder zu heben, um es wieder einzustellen, muss man die Einwirkung beider Körper auf einander schwächen, also die Ladungsplatte heben. Diese Hebung in Tausendstel der Schraubendrehung ausgedrückt ist das Maass für die zugeführte Menge + E. und wird also gefunden, wenn man die Null-Ablesung subtrahirt von der nach Zuführung des zu messenden Quantums. Was stattfindet, wenn — E. gemessen werden soll, ergibt sich von selbst daraus. Man sieht, dass auf diese Weise die Zahlen für die Quantitäten zwar noch nicht direct abgelesen werden, aber doch sehr leicht zu berechnen sind.

Die Theorie des Instrumentes, so weit sie zum Verständniss der Ablesungen dient, ist sehr einfach. Es sollen mit demselben nur kleine Quantitäten, Spannungen gemessen werden, wie sie eine Zink-Kupfer-Säule von einigen Hundert, höchstens ein paar Tausend Elemente gibt. Diese Quantitäten sind gegen die Ladung der Flasche nur klein, da eine 3 zöllige Korkscheibe nur einmal kräftig über Tuch gestrichen leicht die Ladung von 1 bis 2 Tausend Elementen erlangt. Eine ganze Schraubendrehung entspricht bei meinem Thomson'schen Luft-Electrometer etwa 400 Elementen einer solchen Säule. An der Stelle, wo mein Sammel-Apparat aufgestellt ist (etwa 15 Fuss

vom Boden), erhalte ich durchschnittlich im Sommer bei heiterm Himmel eine Spannung von 40 bis 80 Elementen. Wenn man nun der Ladungsplatte ein gewisses Quantum Electricität zugeführt und dies gemessen hat, ein anderes Mal führt man ihr das 4fache Quantum zu, so wird man auch fast genau die 4fache Ablesung erhalten. Mit einer Säule lässt sich dies leicht controliren. Genau proportional werden die Ablesungen der Quantitäten nur sein können bei unendlicher Entfernung der Ladungsplatte vom Aluminium-Quadrat. Man nähert sich der Genauigkeit also um so mehr, je weiter bei der Einstellung beide Körper von einander entfernt sind, d. h. je stärker die Flasche geladen ist Man muss also für jedes Instrument Correktionstabellen aufstellen. Auch könnte man eine für alle Instrumente gültige Tabelle der Art geben, wenn man alle Instrumente übereinstimmend anfertigte, namentlich wenn man die Entfernung der beiden genannten Körper gleich machte für die Stellung der Micrometerschraube auf Null.

Entschiedene Vorzüge des Instrumentes sind:

1) dass es so leicht transportabel ist;
2) dass es alle Quantitäten mit gleicher Genauigkeit misst;
3) dass es continuirliche Messungen gestattet;
4) dass es in Verbindung mit den Sammel-Apparaten den besten Beweis liefert für die Behauptung, dass sich die atmosphärisch-electrischen Apparate durch Vertheilung, also von oben und nicht von unten laden.

Dass das Instrument gegenwärtig noch seine Mängel hat, versteht sich von selbst; diese muss man studiren, um sie möglichst unschädlich zu machen und sie allmählig beseitigen zu können. Für Beobachtungsfehler ist ein ziemlich weiter Spielraum gesetzt, hauptsächlich weil die Einstellung des Haars zwischen die zwei Puncte zu wenig genau ist. Ich habe deshalb mit Erfolg statt der beiden Puncte auf Papier einen feinen Strich auf einem kleinen Metallspiegel angewandt. Ein anderer Mangel steckt in den Störungen, welche durch die bedeutenden Glasmassen herbeigeführt werden; man muss diese Störungen studiren und lernt dabei. Beim Schluss der Beobachtung muss man Gleichgewicht herstellen nach der Entladung, d. h. nach dem Aufschieben des Schirmes. Thut man das nicht, lässt man z. B. das Haar unten stehen und die Flasche ist mit — E. geladen, so findet man nach ein paar Stunden bei Her-

stellung des Gleichgewichts eine grössere Zahl, also eine solche, als hätte die Ladung zugenommen. Der Grund liegt nahe. Während der Zeit befanden sich die beiden Körper in geringerer Entfernung von einander, sie zogen sich also stärker an und dadurch ist Electricität vom Glase auf die Metalltheile zurückgetreten. Ich habe das Glas durch Luft ersetzen wollen, aber das ist mir noch nicht gelungen.

b) Die Sammel-Apparate.

1. Der Wasser-Collector.

Ein Metallgefäss, welches etwa 3 bis 4 Quart Wasser fasst, steht auf einem niedrigen hölzernen Dreifuss, dessen kurze Füsse unten mit Schellack überzogen sind. Am besten ist die Höhe des Gefässes bedeutender, als die Weite, um den Druck des Wassers zu vergrössern. Es ist an das Gefäss ein etwa 5 Fuss langes, schwach conisches Rohr (am weitern Ende etwa von 6 Linien Durchmesser) aus Weissblech oder Messing angeschraubt in etwas schräger Richtung mit der Spitze nach unten; die Spitze läuft in eine enge Oeffnung aus zur Erzeugung eines feinen Wasserstrahls. Das kurze Rohrstück am Gefäss, an welches das lange Rohr geschraubt wird, hat einen Hahn zur Regulirung des Stromes. Am Gefäss sitzt dem Rohre gegenüber angelöthet ein Hacken, um ein Gegengewicht gegen das lange Rohr und einen dünnen Draht zum Ueberleiten der Electricität anhängen zu können; das andere Ende dieses Drahtes steckt man in das obere Ende des Zuleiters. Hat man ein höher gelegenes Beobachtungslocal, so stellt man das Wassergefäss mit seinem Dreifuss auf die Fensterbank; wo nicht, so ist leicht dafür ein besonderes Bänkchen an einer der obern Fensterscheiben anzubringen, denn der Wasserstrahl darf nicht zu kurz sein. Das Rohr leitet man durch eine passende Oeffnung der Fensterscheiben in's Freie. Lüftet man nun den Schirm des in der Nähe stehenden Electrometers und öffnet den Hahn am Rohr, so hat man etwa in einer Minute die volle Ladung des Collectors, und wenn dessen Isolation gut ist, noch früher. Die Isolation prüft man dadurch, dass man den Collector etwa mit einer geriebenen Korkscheibe ladet. Das Electrometer muss dann nach dem Einstellen geraume Zeit in diesem Zustande bleiben. Ist die Isolation nicht mehr gut, so ist entweder der Schellack feucht geworden, oder er hat sich an der Oberfläche zersetzt;

im ersten Falle ist der Fehler zu beseitigen durch Abwischen mit einem recht saubern und trocknen Tuche, oder noch besser dadurch, dass man schweflige Säure darüber wegstreichen lässt, indem man ihn über die Flamme eines angebrannten Streichhölzchens hält; im andern Falle wäscht man ihn mit Alkohol ab, oder besser, man schmilzt die Oberfläche um in der Alkoholflamme.[1]) Um diese Operation leicht vollziehen zu können, sind die 3 Füsse nur lose in ihre Löcher gesteckt, so dass man jeden einzeln herausnehmen kann, ohne das Gefäss herunter nehmen zu müssen, indem man den herausgenommenen Fuss durch eine passende Stütze ersetzt.

Es versteht sich, dass die Rohröffnung möglichst immer an demselben Puncte sich befinden muss, um vergleichbare Resultate zu erhalten. Diesen Zweck erreicht man leicht durch ein paar Zeichen auf der Fensterbank, am Dreifuss und am Wassergefäss, und besonders dient dazu eine Büchse, welche in der Mitte des Bodens des Collectors angelöthet ist und ein Loch im Dreifuss genau ausfüllt. Dennoch bringt der Wind leicht eine Drehung des Collectors zu Stande, welche dann mittelst der Zeichen zu corrigiren, durch eine passend angebrachte Stütze aber auch zu verhindern ist.

Man sieht mittelst des Wasser-Collectors meist die Electricität der Atmosphäre bedeutend schwanken; selten bleibt das Electrometer einige Minuten bei derselben Einstellung stehen, besonders bei bewölktem Himmel, und auch bei heiterm Himmel nicht bei einigem Luftzuge. Selbst bei schnellem Wechsel der Spannung kann man diese fortwährend verfolgen, da man ruhig vor dem Instrumente sitzen bleibt. Auch bei Gewittern zu beobachten ist nicht gefährlich, und bei Regen und Schnee misst man mit derselben Zuverlässigkeit, wie bei heiterm Wetter. Bei Gewittern finden nicht selten Entladungen im Electrometer statt, durch die man sich nicht täuschen lassen darf; sie machen sich durch Ueberspringen eines Funkens meist hörbar. Um diese Funken zu vermeiden, kann man den Wasserstrahl sistiren, das Rohr schliessen; man erhält dann natürlich ein weit geringeres Quantum, welches sich aber besser messen lässt und auf die Angaben mit offenem Rohr reducirt werden muss.

---

1) Man sehe darüber nach meine Abhandlung: „Ueber die Gesetzmässigkeit und Theorie des Electricitätsverlustes" in der Zeitschrift für Mathematik und Physik, Jahrgang 1866, S. 351 und 352.

Nach beinahe dreijährigem Gebrauche, während dessen über 15000 Messungen mit dem Apparate gemacht wurden, muss ich das Urtheil abgeben, dass er an Bequemlichkeit bei Weitem alle bisherigen übertrifft und auch in Rücksicht der Genauigkeit den besten nicht nachsteht. Da die Isolirung im Zimmer ist, wie bei meiner Kugel, so leidet sie weder durch Staub noch durch Regen; auch lässt sie sich auf die angegebene Art sehr leicht controliren.

2) Die Lunte.

Der Wasser-Collector kann beim Frost nicht gebraucht werden; auch kann man ihn nicht mit in's Freie nehmen. In diesen Fällen hilft man sich mit einer Lunte aus. Man tränkt irgend ein Papier mit einer gesättigten, oder auch nach Bedürfniss mit einer verdünnten Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd. Nimmt man Druckpapier und eine gesättigte Auflösung, so verglimmt die Lunte zu schnell, namentlich im Winde; eine Lunte aus einem Streifen von etwa 1 Zoll Breite (zusammengefalten) und 6 Zoll Länge verbrennt dann in ein paar Minuten. Bei stärkerer Luftströmung nimmt man deshalb besser Lunten, welche mit verdünnter Auflösung getränkt und aus Schreibpapier bereitet sind. Recht passend ist es, Kleister mit einer gesättigten Auflösung zu verdünnen, damit das Papier zu bestreichen, dieses dann zusammen zu falten und nach dem Trocknen in passende, ein paar Linien breite Streifen zu zerschneiden. Eine Lunte, welche nicht brennen will, braucht man nur 1 oder 2 Mal in die gesättigte Auflösung zu tauchen und trocken werden zu lassen.

Zur Benutzung im Freien steckt man in die Oeffnung des Zuleiters einen passenden Draht von 1 bis 2 Fuss, aber immer derselben Länge, biegt sein oberes Ende horizontal um, spitzt ihn hier zu oder schneidet ihn mit einer feinen Laubsäge in der Richtung seiner Achse ein, um an der Spitze oder in dem Einschnitt die Lunte in horizontaler Richtung zu befestigen. Steckt man die Lunte im Freien an und hebt sie, indem man das Electrometer vor's Auge bringt, bis über den Kopf des Beobachters, so ladet sich in einigen Secunden das Messinstrument. Tritt man das Electrometer in der Hand haltend, mit brennender Lunte aus dem Hause hinaus, so sieht man alsbald das Haar aus seiner Lage zwischen den 2 Puncten sich herausbewegen; je mehr man sich von der Wand des Hauses entfernt, desto stärker. Steigt

man eine Leiter hinauf, welche an einer freien Mauer steht, so weicht das Haar immer mehr aus seiner Gleichgewichtslage.

Will man beim Froste die Beobachtungen zu Hause machen, so stellt man an die Stelle des Wasser-Collectors einen 3 bis 4 Fuss langen Draht, welcher horizontal und isolirt auf einem Fusse befestigt ist; er muss so dick sein, dass er sein eigenes Gewicht tragen kann. Das äussere Ende, welches durch die Fensteröffnung ins Freie geht, hat einen Einschnitt in der Richtung der Achse zum Einstecken der Lunte. Ein aufgeschobenes Ringelchen drückt dann beim Vorschieben die Klammern zu und hält die Lunte fest. Man nimmt bei jeder Beobachtung den Draht herein, um eine neue Lunte einzuschieben. Das innere Ende des Drahtes ist nach oben gebogen zum Anhängen des Leitungsdrahtes. Hat man das andere Ende des Leitungsdrahtes in den Zuleiter gesteckt, und lüftet den Schirm nach dem Anstecken der Lunte, so ladet sich in einigen Secunden das Messinstrument.

Die Angaben des Drahtes müssen auf die des Wasser-Collectors reducirt werden. Das Mittel dazu liegt auf der Hand. Man stellt Wasser-Collector und Draht, jeder mit seinem Ueberleitungsdraht versehen, neben einander und misst abwechselnd die Angaben Beider; aus einer grössern Anzahl solcher vergleichenden Messungen nimmt man dann das Mittel.

Aehnliche vergleichende Messungen müssen vorgenommen werden, um die Angaben zweier Stationen mit einander vergleichen zu können, nur sind diese viel umständlicher. Zunächst muss jeder Beobachter wissen, wie die Angaben seines Apparates an der gewöhnlichen Beobachtungsstelle sich verhalten zu denen auf einen Platz im Freien, möglichst in der Ebene und fern von erhabenen Gegenständen und in einer bestimmten Höhe. Der Beobachter kann diese Zahlen gewinnen mit seinem Instrumente, wenn er zuerst zu Hause misst, dann draussen, und bei der Zurückkunft wieder zu Hause, natürlich zu einer Zeit, wo die Luft-Electricität möglichst constant ist; öftere Wiederholung dieses Verfahrens gibt dann schon ziemlich zuverlässige Zahlen. Schneller und besser finden sich diese, wenn 2 Beobachter gleichzeitig messen, der Eine zu Hause, der Andere im Freien; dann müssen aber noch die beiden Electrometer verglichen sein, und wie eine solche Vergleichung am passendsten vorgenommen wird, ist bereits oben gesagt worden. Schliesslich kommt es dann noch auf ein Grundmaass, eine constante Einheit an, auf welche alle Zahlen

reducirt werden müssen, wenn man die Beobachtungen verschiedener Stationen mit einander vergleichen will. Dazu habe ich die Spannung einer Zink-Kupfer-Säule mit destillirtem Wasser vorgeschlagen und weiss auch bis heute nichts Passenderes anzugeben. Man muss aber wissen, in wie weit eine solche Säule constant ist. Darüber habe ich seit 15 Jahren viele Tausend Messungen gemacht, auch vor 3 Jahren einen kleinen Aufsatz darüber veröffentlicht im Jahresbericht der Pollichia; die Hauptarbeit aber habe ich bis jetzt aus Mangel an Zeit noch nicht beenden können.

Auf welche Weise die Ladung statt findet beim Wasser-Collector und der Lunte, darüber können Diejenigen nicht verschiedener Ansicht sein, welche die Erscheinungen kennen. Von unten kann die Ladung nicht kommen durch Mittheilung, weil der Apparat isolirt ist und weil die Qualität der Ladung dagegen spricht. Durch Influenz kann die Ladung von unten auch nicht kommen, weil sie dann ebenfalls das entgegengesetzte Vorzeichen haben musste. Die Ladung kann nur durch Influenz von oben kommen. Der positiv electrische Zustand der atmosphärischen Luft, wie er bei heiterm Himmel gewöhnlich ist, zieht durch Influenz die — E. an und diese entweicht durch den Wasser oder Dampfstrahl; die + E. bleibt also zurück und ladet das Electrometer. Dass der Wasserstrahl mit — E. geladen ist, kann man leicht durch einen Versuch nachweisen, indem man die Tropfen in einem isolirten Gefäss auffängt, von dem ein Draht isolirt zum Electrometer geht. Ein Aufsatz in Pogg. Annalen soll die bisher mit dem Apparate gewonnenen Resultate bringen.

c) Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 Taf. III stellt einen verticalen Durchschnitt des Messinstrumentes von vorn nach hinten dar, nur wenig vergrössert; *aa* ist das Messinggefäss, welches das Glas umgibt, *bb* sein Deckel, *cc* die Bodenplatte, *d* der Wagebalken und *e* dessen quadratförmiges Ende, *f* das Messingplättchen mit den 2 Puncten, vor denen das Haar spielt, *gg* der hölzerne Ring, auf welchem die Bodenplatte befestigt ist, *k* ein Messingstäbchen mit 2 Stiftchen, um die Bewegungen des Wagebalkens in Schranken zu halten, *ii'* die Ladungsplatte, *k* der Glasstiel dieser Platte, *ll* die Büchse mit der Mikrometerschraube, *m* diese Schraube, *nn* der zur Feder dienende Spiraldraht, welcher die Schraube umgibt, *oo* der Cylinder mit der Scala in 2 Stellungen, einmal *oo* in der, wo er voll-

ständig herunter gelassen ist, dann *o* in der, wo er bis zu 25 Drehungen entblösst zu sehen ist bei einer Ladung der Flasche, wie sie selten in Anwendung kommt; *pp* ist die Mutterschraube, *qq* der gekörnelte Ring zum Drehen derselben, *r* die kleine Schraube zur Befestigung des Scalen-Cylinders mit der Micrometerschraube; *ss* der Cylinder, in welchem sich die Büchse mit dem Spiraldraht auf und ab schiebt; *tt* ist der dünne Spiraldraht, welcher den Zuleiter mit der Ladungsplatte verbindet; *uu* ist die Erhöhung unter der Schraubenmutter zum Abhalten der Luft; *vv* ist der Arm, auf welchem der Zuleiter steht; *w* ist der Zuleiter; *xx* ist der Schirm; *yy* ist die in den Schirm hineinragende Büchse mit unten dem Absatz für den Schirm; *z* ist der in den Zuleiter gesteckte Draht mit der Lunte; *a'a'* ist das Glas; *b'* ist die Leiste an dem innern Cylinder, welche sich in der Nuth des äussern schiebt, damit die Micrometerschraube sich nicht drehen kann.

Fig. 2 stellt das Messinstrument und den Wasser-Collector in perspectivischer Ansicht und verkleinert dar.

Fig. 3 zeigt die Unterseite der Bodenplatte; *aa* ist die Rinne für den Platindraht; *bb* der Wagebalken, *c* das quadratförmige hintere Ende desselben; *dd* der Platindraht; *e* die Feder, an der er auf der einen Seite hängt; *f* der Stift, an dem er auf der andern Seite befestigt ist; *gg* die Gabel, *h* das Haar.

Kreuznach, am 13. Januar 1867.

Ueber eine zweckmässige Einrichtung des Spiegelgalvanometers.

Von

Ph. Carl.

(Hiezu Tafel V, Fig. 1—3.)

Das im Folgenden beschriebene, auf Tafel V Fig. 1 dargestellte Spiegelgalvanometer ist im Wesentlichen eine Vereinigung des Wiedemann'schen Galvanometers mit der von Lamont bei seinem Galvanometer und seinen magnetischen Variations-Instrumenten angewandten Ablesungsweise. Dabei ist das Ganze auf einem Dreifusse in der Weise aufgestellt, dass sich die Magnetnadel sammt den Multiplicatorrollen leicht, ohne das ganze Instrument verrücken zu müssen, in den magnetischen Meridian einstellen lässt.

Die Schiene *A* (Fig. 1.) trägt zugleich das Galvanometer *G* und die Ablesungsvorrichtung *F*. Das Galvanometer ist, wie bereits erwähnt, im Allgemeinen das Wiedemann'sche; nur ist dabei der magnetische Stahlspiegel durch einen kleinen Magnet und einen senkrecht dagegen befestigten Silberspiegel ersetzt. Der Magnet *m* (Fig. 2) ist mittelst zweier Mütterchen *r*,*r* an dem unten eine Schraube bildenden Stifte *s*, welcher den Silberspiegel *S* trägt, befestigt. Der Spiegel *S* befindet sich in dem auseinanderschraubbarem Ringe *R*. Der Stift *s* geht durch das Röhrchen *f* hindurch, so dass der Magnet dann in die Mitte der dämpfenden Kupferhülse eingestellt werden kann.

Der Ring *R* ist auf beiden Seiten geschlossen; auf der dem Beobachter zugewendeten Seite mit einem genauen Planparallelglase, auf der entgegengesetzten Seite mit einem gewöhnlichen Spiegelglase. Beide Gläser sind in federnde Hülsen eingebügelt, welche in den Ring *R* hineingeschoben werden können.

Die dämpfende Hülse *H*, in der sich der Magnet befindet, besteht aus Rothmetall und ist an beiden Seiten mit gewöhnlichen Gläsern

geschlossen, wodurch der Einfluss der Luftströmungen möglichst vermindert wird.

In dem Ringe *R* ist oben das Rohr *B* zur Aufnahme des Coconfadens eingeschraubt. Nimmt man die Kappe am oberen Ende dieses Rohres ab, so lässt sich die Mutter *M* Fig. 3 herausschrauben. Durch diese Mutter geht der unten in einen Hacken endigende Stift *k* hindurch, welcher mittelst des Schräubchens *v* festgestellt werden kann. An dem Hacken wird das obere Ende des Coconfadens befestigt und kann so die Länge desselben durch Verstellen des Stiftes regulirt werden. Zur Versicherung d. h. um das möglicherweise eintretende Durchfallen des Stiftes zu verhindern ist oben das Mütterchen *p* angeschraubt.

Die ganze Vorrichtung kann vom Schlitten *MN* abgeschraubt und dann die Torsion des Fadens gehoben werden. Zu diesem Behufe hängt man das Ganze verkehrt auf, schraubt die Mutter los, so dass sie selbst als Torsionsgewicht dient, und lässt das Ganze ein paar Stunden hängen, bis keine Drehung mehr stattfindet. Vergl. darüber Lamont Annalen der k. Sternwarte bei München. IV. Supplementband p. 117.

Auf dem Schlitten *MN* sind die Multiplicatorrollen *LL* verschiebbar. Sie lassen sich ganz zusammenschieben, so dass sich die Hülse *H* in ihrer Höhlung befindet; die jeweilige Entfernung von der Mitte kann an einer im Millimeter eingetheilten Scale abgelesen werden. Ich gebe dem Galvanometer in der Regel zwei Paare von Multiplicatorrollen bei, wovon das eine Paar wenige Windungen dicken Kupferdrahtes, das andere Paar einen langen, feinen Draht in vielen Windungen trägt. Auch werden auf Verlangen Rollen mit einer einzigen Windung ganz dicken Drahtes beigegeben und es ist klar, dass auch Rollen mit sehr vielen Windungen ganz feinen Drahtes zu Untersuchungen über thierische Electricität angebracht werden können. Ferner gehören zu jedem Galvanometer zwei Magnete, ein kleinerer und ein grösserer — entsprechend dem leichteren und schwereren Magnetspiegel beim Wiedemann'schen Galvanometer.

Am andern Ende der Schiene *A* befindet sich die Ablesungsvorrichtung. Die Axe des Fernrohrs *C* liegt dabei in den Lagern; mittelst der Schraube *S* kann das Fernrohr gehoben und gesenkt werden. Der Ständer des Fernrohres ist um einen Stift, welcher unten ein Gewinde trägt und mittelst einer Mutter angezogen werden

kann, drehbar so dass die optische Axe derselben in die richtige Lage gegen den Magnetspiegel gestellt werden kann. Auf beiden Seiten vom Fernrohre stehen die Scalenhalter *q,q*; die Scale wird zwischen die Halter und federnde Messingstreifen eingeschoben. Die Scale selbst ist auf Glas eingebrannt, die Theilungsintervalle sind Millimeter. Hinter der Scale steht der Träger des Beleuchtungsspiegels *P*. Dieser Spiegel ist in eine Messingplatte eingelassen, welche das Charnier *c* trägt, das an dem federnden Rohre *o,o* drehbar befestigt ist. Der Spiegel lässt so eine doppelte Axenbewegung und eine Verschiebung der Höhe nach zu.

Das ganze bisher beschriebene Instrument ist nun auf den Dreifuss *D* aufgesetzt. Durch die Mitte desselben geht ein genau cylindrischer Stift, welcher oben ein Gewinde mit der Mutter *E* trägt. Steht der Dreifuss genau horizontal, so steht auch die Schiene *A* horizontal. Wird nun die Mutter *E* gelüftet, so kann die Schiene gedreht und so der Magnet sammt den Multiplicatorrollen und dem Fernrohre in den magnetischen Meridian eingestellt werden.

Um die Astasie des Magnetes herzustellen, kann man entweder auf die Schiene *A* einen zweiten Magnet hinlegen und verschieben oder man kann unter dem Instrumente eine Vorrichtung mit einem zweiten Magneten anbringen.[1])

---

1) Um die bei allen Holzarbeiten vorkommenden Missstände zu beseitigen, habe ich jüngster Zeit alle Theile des Instrumentes aus Messing verfertigt. Gleichzeitig habe ich noch einige zweckmässige Abänderungen angebracht, auf die ich im nächsten Hefte des Repertoriums zurückkommen werde.

Die photometrischen Apparate, welche von der Stadt Paris zur Controlle der Leuchtkraft des Gases angewendet werden.

Mitgetheilt von

Dr. Jos. Krist in Wien.

(Hiezu Taf. I und II.)

In den Contracten, welche zwischen den Gesellschaften für Herstellung der Gasbeleuchtung und den betreffenden Stadtgemeinden abgeschlossen werden, kommt regelmässig ein die Leuchtkraft des Gases normirender Paragraph vor. Wie wichtig auch die genaue Einhaltung der diesbezüglichen Stipulationen für die Gasconsumenten ist, so fehlt es doch nicht selten an der gehörigen Ueberwachung; und dies wohl nur aus dem Grunde, weil es bislang an Einrichtungen mangelte, welche einem, nur halbwegs verständigen Menschen gestatten den Controlldienst mit aller wünschenswerthen Accuratesse zu versehen. Gegenwärtig liegt jedoch ein Mangel an derlei Controllapparaten nicht mehr vor; denn vor kurzer Zeit hat die Stadt Paris für die Controlle der Leuchtkraft und Reinheit des Gases ein System organisirt, welches in ebenso einfacher als ausgezeichneter Weise functionirt. Die in den Controllstationen angewendeten Instrumente sind nach so vortrefflichen Grundsätzen construirt, dass sie, ganz abgesehen von ihrer rein praktischen Wichtigkeit, auch für die Leser dieses Repertoriums von Interesse sein dürften.

Der Artikel 10 des von der Stadt Paris mit der Gasbeleuchtungs-Gesellschaft abgeschlossenen Vertrages vom 23. Juli 1855 hatte festgesetzt: „Das Leuchtgas ist aus Steinkohle zu bereiten; dasselbe soll vollkommen rein und von einer solchen Leuchtkraft sein, dass es bei gewöhnlichem Drucke für die Brenner der Strassenbeleuchtung folgende Lichtintensitäten gebe:

1) bei einem stündlichen Verbrauche von 100 Liter Gas 0,77 der Lichtstärke einer Carcel'schen Lampe, welche 42 Gramm wohl gereinigten Ripsöles in der Stunde verbrennt;
2) bei einem stündlichen Verbrauche von 140 Liter Gas 1,10 der Lichtstärke derselben Lampe;
3) bei einem stündlichen Verbrauche von 200 Liter Gas 1,72 der Lichtstärke derselben Lampe."

Im Artikel 16 desselben Vertrages waren die Minimaldimensionen der Flammen dieser Brenner in folgender Weise fixirt:

„für Nr. 1 mit 0^m,057 Breite und 0^m,029 Höhe,
„ Nr. 2 „ 0,067 „ „ 0,032 „
„ Nr. 3 „ 0,094 „ „ 0,045 „ "

Bei der Feststellung dieser Zahlen, welche zur Beurtheilung der Leuchtkraft des Gases dienen sollten, hatte man sich von photometrischen Versuchen leiten lassen, die 1845 von Arago, Fresnel und Mary über das aus Kohlen von Commentry bereitete Leuchtgas ausgeführt worden waren. Trotz dieser sicheren Grundlage zeigte es sich bald, nachdem die Pariser Gascompagnie ihren Dienst organisirt hatte, dass das von dieser gelieferte Gas den oben angegebenen Bedingungen in Bezug auf Leuchtkraft nicht entsprach. Es wurde desshalb eine besondere Commission, an deren Spitze die Herren Regnault und Dumas standen, mit der Aufgabe betraut, in der der Pariser Compagnie gehörigen grossartigen Gasanstalt zu Vilette umfassende Versuche anzustellen. Es wurde auf die in der Gasfabrik sonst übliche Weise aus englischen, belgischen und französischen Kohlen Gas destillirt und für jede Sorte die Leuchtkraft auf das sorgfältigste ermittelt. Das Resultat von diesen Versuchen war, dass nur jenes Gas, welches aus der französischen Kohle von Commentry gewonnen wurde, die in Bezug auf die Leuchtkraft vereinbarten Bedingungen annähernd erfülle. Bei derselben Gelegenheit wurde zugleich eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt, um alle jene Umstände, welche auf die Leuchtkraft des Gases Einfluss nehmen, zu ermitteln; hierher gehören der Druck, unter welchem das Gas aus dem Brenner strömt, die Weite und Form der Brenneröffnung, die Menge der dem Gase zugeführten Luft.

Die diesbezüglichen Versuche wurden unter Leitung der Herren Regnault und Dumas von den Herren Paul Audouin und Paul Bérard durchgeführt und die Resultate von letzteren in den Annales de chimie et de physique 3e série t. LXV veröffentlicht. Bei den

Experimenten kam es selbstverständlich vor allem darauf an, ein Maass für die Leuchtkraft des Gases festzustellen. Man liess sich dabei von dem praktischen Gesichtspunkte leiten, dass das Gas als Ersatz für das Oel dienen solle und dass daher die Leuchtkraft des Gases am zweckmässigsten mit jener einer Oellampe, wie sie gewöhnlich im Gebrauche ist, zu vergleichen sei. Regnault und Dumas formulirten demgemäss die Aufgabe in folgender Weise:

„Zwei Flammen von gleicher Intensität, die eine erzeugt von einer Carcel'schen Lampe, die andere von einer so viel als möglich unter gleichen Umständen brennenden Gaslampe, sind gegeben; man soll den Verbrauch an Oel und Gas bestimmen, welcher respect. bei der einen und andern dieser zwei Lichtquellen während einer gegebenen Zeit stattgefunden hat."

In Consequenz der so gestellten Aufgabe wurde als Type für die Gasbrenner derjenige gewählt, welcher mit dem Brenner der Carcel'schen Lampe die meiste Aehnlichkeit besitzt und in welchem das Gas, sowie bei der Carcel'schen Lampe das Oel mit doppeltem Luftzuge verbrennt. Werden die beiden Lampen in gleiche, unveränderliche Entfernung von einem Photometer aufgestellt und ihre Intensitäten stets unter einander gleich erhalten, so hat man am Ende einer gewissen Zeit nur das Gewicht des verbrannten Oeles und das Volumen des verbrauchten Gases zu eruiren, um für die Leuchtkraft des Gases ein bestimmtes Aequivalent zu bekommen.

Der zur Controlle der Leuchtkraft des Gases nöthige Apparat wird daher aus einer Carcel'schen Oellampe, aus einem dieser möglichst conformen Gasbrenner, aus einem Photometer, aus einer Wage, einer Gasuhr und aus einem Secundenzähler zu bestehen haben. Ausserdem ist noch ein Wassermanometer zur Bestimmung des Gasdruckes erforderlich, da die Versuche gezeigt haben, dass die stärkste Leuchtkraft dem niedrigen Drucke entspricht und zwar dass für alle Brenner und für jeden Gasverbrauch das Maximum der Lichtstärke bei einem Drucke von 2 — 3 Millimeter eintritt.

A. Die Carcel'sche Lampe.

In Bezug auf die Carcel'sche Lampe wurden von Audouin und Bérard jene Umstände ermittelt, welche auf die Intensität der Flamme Einfluss üben. Es ergab sich: a) dass die Höhe des Dochtes, so lange

sie 10^{mm} nicht erreicht, den Oelverbrauch und die Lichtstärke vermehrt, dass aber von jener Grenze an eine Verminderung der letzteren Grössen eintritt; b) dass der Oelverbrauch und die Intensität wachsen, je höher die Einschnürung des Lampenglases über dem Niveau des Dochtes liegt, dass aber von einer gewissen Grenze an die Intensität wieder abnimmt, während der Oelverbrauch noch fortwächst: dass es daher eine Entfernung der Einschnürung des Lampenglases vom Niveau des Dochtes gibt, bei welcher die Lichtstärke ein Maximum wird; c) dass ein Docht von mittlerer Feinheit bei gleichem Oelverbrauche die grösste Leuchtkraft erzeugt; d) dass bei einem Oelverbrauche von ungefähr 42 Grammen in der Stunde die Zahlen, welche die Leuchtkraft ausdrücken und durch den Gasverbrauch eines Gasbrenners repräsentirt wurden, nahezu constant sind. Ausserdem hat sich ergeben, dass die Temperatur, die Bewegung der Luft, die Dauer des Anzündens und der Grad des Gefülltseins der Lampe Einfluss auf den Oelverbrauch und die Leuchtkraft nehmen.

Geleitet von diesen Versuchsresultaten hat man für die als Type angewendete Carcel'sche Lampe (Fig. 1) die folgenden Dimensionen gewählt:

	mm
Aeusserer Durchmesser des Brenners	23,5
Innerer Durchmesser des Brenners	17,0
Gesammthöhe des Glases	290,0
Abstand der Einschnürung des Glases von der Basis desselben	61,0
Aeusserer Durchmesser des Glases im Niveau der Einschnürung	47,0
Aeusserer Durchmesser des Glases an dessen oberem Ende	34,0
Mittlere Dicke des Glases	2,0
Höhe des Brenners	87,0

Der Docht ist sogenannter Leuchtthurmdocht. Nach der Instruction für die Manipulanten ist der Docht aus 75 Fäden geflochten, so dass ein Decimeter 3,6 Gramm wiegt. Der Docht muss an einem trockenen Orte, oder wenn das Versuchslocal feucht ist, einer Schachtel, welche in einem Doppelboden lebendigen Kalk enthält, aufbewahrt werden. Als Brennmaterial wird gut gereinigtes Ripsöl verwendet.

B. Gasbrenner.

Der Normal-Gasbrenner soll, wie schon erwähnt wurde, jenem der Carcel'schen Lampe möglichst ähnlich sein. Ferner lehrten vergleichende Versuche mit verschiedenen Brennern, dass der Brenner von

Bengel aus Porcellan mit 30 Löchern von 0,^{mm}6 Durchmesser am vortheilhaftesten ist, indem er bei gleicher Leuchtkraft die geringste Gasmenge verbraucht. Es wurde desshalb dieser Bengel'sche Gasbrenner (Fig. 2), der mit einem Korbe versehen ist, angenommen. Die Dimensionen der Normal-Gaslampe sind laut der Instruction:

	mm
Die Gesammthöhe des Brenners	80
Entfernung der Spitze des Brenners vom Anfange der Gallerie	31
Höhe des cylindrischen Theiles des Brenners	46
Aeusserer Durchmesser des Porcellancylinders	22,5
Durchmesser des inneren Luftstroms	9
Durchmesser des Kreises, welchem entlang die Löcher gebohrt sind	16,5
Mittlerer Durchmesser der Löcher	0,6
Höhe des Glases	200,0
Dicke des Glases	3
Aeusserer Durchmesser des Glases { in der Höhe	52
Aeusserer Durchmesser des Glases { an der Basis	49
Zahl der im Korbe befindlichen Löcher	109
Durchmesser der Löcher im Korbe	3.

Nach der Instruction muss jeder Brenner vor seiner ersten Verwendung mit den unter Siegel verwahrten Normalbrennern verglichen werden. Weil der Gasdruck nur zwischen 2 und 3^{mm} variiren darf, so ist an der Gaslampe ein Wassermanometer *M* (Fig. 3) behufs der Controlle angebracht.

C. Gasuhr.

Um die während des Versuches verbrauchte Gasmenge bestimmen zu können, passirt das Gas, welches direct von der Strassenleitung in das Versuchszimmer geführt wird, durch eine von Herrn Brunt in vorzüglicher Weise verfertigte Gasuhr *K* Fig. 4, 5. Die Gasuhr ist derart angebracht, dass ein vor derselben stehender Beobachter durch das Photometer *P* Fig. 6 blicken und gleichzeitig den Hahn *H* Fig. 5 je nach Bedarf handhaben und so den Verbrauch des Gases, welches durch den Zähler zum Brenner strömt, reguliren kann. Die Axe des Zählers trägt zwei Zeiger *z*, *z'* Fig. 5, wovon *z* sich beständig bewegt, so lange überhaupt Gas durch den Zähler strömt, während der Zeiger *z'* mit Hilfe der Hebelvorrichtung *N* Fig. 5 in einem bestimmten Momente frei gemacht und wieder arretirt werden kann, so dass er sich nur während der Versuchsdauer bewegt. Mittelst der-

selben Hebelvorrichtung *N* können gleichzeitig die Zeiger des Secundenzählers *Z* Fig. 5, welcher auf der Gasuhr befestigt ist, in Bewegung oder zum Stillstand gebracht werden. Mit Hilfe eines Drückers lassen sich die Zeiger des Secundenzählers sogleich auf Null einstellen.

Das Zifferblatt der Gasuhr, auf dem jede Abtheilung einem Deciliter entspricht, lässt sich mit dem Gasbrenner *B* Fig. 5 beleuchten; dieser Brenner kann mit einem Mantel verdeckt werden, damit sein Licht bei den photometrischen Beobachtungen nicht störe.

Durch die Instruction wird eine Aichung der Gasuhr für jede Woche vorgeschrieben. Zu diesem Zwecke befindet sich neben der Gasuhr der Gasometer *G* Fig. 5. Derselbe ist mit dem Aichgefässe *A*, dem Wasserstandglase *w*, dem Wassermanometer *m* und dem Entleerungshahne *h* versehen; die Communication zwischen ihm und der Gasuhr wird durch den Hahn *h'* vermittelt. Das Aichgefäss *A* ist durch ein Glasrohr mit dem Trichter *T* verbunden; das durch diesen Trichter in das Aichgefäss eingetretene Wasser beträgt genau 25 Liter, wenn das Niveau bei der am Glasrohre angebrachten Marke *c* angelangt ist.

Nachdem der Gasometer *G* mit Gas gefüllt ist, öffnet man den Hahn *h''* und lässt nach und nach die in *A* enthaltenen 25 Liter Wasser nach *G* ausfliessen und das dadurch verdrängte Gas durch die Gasuhr zum Brenner unter einem Druck von 3^{mm} streichen. Am Ende des Versuches, der etwa eine halbe Stunde dauert, wird die Menge des durch die Gasuhr geströmten Gases an dieser abgelesen; der Unterschied der gefundenen Zahl und 25 darf 1%, d. i. 0,25 Liter, nicht übersteigen. Es werden immer drei Versuche nach einander gemacht und daraus das Mittel genommen. Im Vorhinein muss natürlich constatirt werden, dass das Gas sonst nirgends entweichen kann.

D. Photometer.

Das Photometer hat die Foucault'sche Einrichtung, Fig. 6, 7 und ist in der Scheidewand befestigt, welche jene Abtheilung des Versuchslokales, in dem die Lampen sich befinden, von jener sondert, in der die Gasuhr und der Gasometer stehen.

P ist ein konisches Rohr, an dessen Oeffnung *o* der Beobachter das Auge hält, *pp* sind die über einander gelegten Glasscheiben, *rr* ist eine metallene Röhre, welche den beiden Lampen zugewendet ist;

w (Fig. 3) ist eine vertikale Wand, durch welche die Röhre *rr* in zwei Abtheilungen gesondert wird; mittelst der Schraube *s* Fig. 4 und 6 lässt sich diese Scheidewand den Scheiben *pp* nähern oder von ihnen entfernen. *nn* Fig. 7 sind zwei Metallplatten, welche mit Hilfe der Schraube *s* Fig. 7 einander genähert und von einander entfernt werden können, um dadurch die Grösse der beleuchteten rechteckigen Fläche der Scheiben *pp* nach Belieben verändern und so die Gleichmässigkeit ihrer Beleuchtung sicherer beurtheilen zu können.

E. Wage.

Ein wesentlicher Bestandtheil des Controllapparates ist die photometrische Wage, welche so zu sagen automatisch und zwar mit einer Empfindlichkeit von 1 Centigramm bei einer Gesammtbelastung von 6 Kilogrammen die Menge des in der Carcel'schen Lampe während der Versuchsdauer verbrannten Oeles angibt und gleichzeitig den Anfang und das Ende des Versuches markirt. Die Idee zu dieser photometrischen Wage rührt vom Herrn Professor Regnault her; derselbe übertrug die Ausführung dem Herrn Deleuil (Paris, 6 Rue du Pont-de-Lodi), welcher in Anfertigung von Wagen so vorzügliches leistet. Herr Deleuil entledigte sich des Auftrages in einer solchen Weise, dass an der Wage nicht nur alle Bedingungen der Richtigkeit und der nöthigen Empfindlichkeit erfüllt sind, sondern dass auch durch die Wärme der in einer Schale stehenden Carcel'schen Lampe die Arme des Wagebalkens nicht nachtheilig beeinflusst werden.

Das Interessanteste an der Wage besteht aber darin, dass durch den Wagebalken selbst, ohne die Empfindlichkeit und Beweglichkeit zu verringern, ein Hammer von etwa 10 Gramm Gewicht in Bewegung gesetzt und dadurch eine Glocke zum Tönen gebracht wird. Zu diesem Zwecke besteht die nach abwärts gekehrte Zunge aus einer Gabel (Fig. 4, 8), an welche die Nadel *d* angesetzt ist. In der Mittellinie dieser Gabel ist bei *q* eine horizontale Axe angebracht, welche einen kleinen Hammer *M'* Fig. 8 trägt, dessen Stiel etwa 6 Centimeter lang ist und der ungefähr 10 Gramm wiegt. Wird dieser Hammer in die Mittellinie der Zunge, d. i. in die Verlängerung der Spitze *d* gestellt (Fig. 4), so befindet er sich offenbar im labilen Gleichgewicht, wie ein auf die Spitze gestellter Kegel. Ist nun der Wagebalken etwas nach links geneigt und der Hammer durch eine Hemmvorrichtung gehindert nach links zu fallen, so wird letzterer alsogleich nach rechts

sich drehen, sobald der Wagebalken in seine horizontale Lage zurückgekehrt oder diese gar nach rechts zu um ein weniges überschreitet. Auf seinem Wege begegnet der Hammer mit dem Kopfe der Glocke *g* Fig. 8[1]) und bringt diese zum tönen. Nachdem der Hammer umgefallen ist, können auch keine Schwankungen des Wagebalkens eintreten.

Der linke Arm des Wagebalkens endet in eine Gabel, welche die auf der Schale befindliche Carcel'sche Lampe *L* Fig. 3, 4, 9 umfängt. An der Aufhängevorrichtung der linken Schale sind die Schälchen *ii* Fig. 3 und 9 angebracht, in welche die dem Oelverbrauche entsprechenden Gewichte gelegt werden. Durch Drehung von *C* lässt sich die Wage arretiren, wobei der Balken durch die auf beiden Seiten befindlichen Ständer *Q*, *Q* getragen wird.

Die beschriebenen Apparate sind in zwei von einander wohl separirten, dunkel übertünchten Zimmern untergebracht, so dass in dem einen wie die Fig. 4, 5 und 9 es zeigen, das Photometer, die Gasuhr mit dem Secundenzähler und der Gasometer, im andern aber die Wage und die beiden Lampen sich befinden. Aus Fig. 4, welche die Gesammtanordnung der Apparate repräsentirt, ist zu ersehen, dass die Instrumente auf einer massiven Eisenplatte *PP* stehen, die mit Hilfe der Schrauben *U* horizontal gestellt werden kann.

Die Figur 9 zeigt die Anordnung der Apparate in horizontaler Projection, während die Fig. 3 die Daraufsicht von Seite der Lampen darstellt.

F. Manipulation.

Die in den Controllstuben zu verwendenden Instrumente werden vor ihrer ersten Benützung durch die Agenten der Stadt Paris und der Gascompagnie einer genauen Prüfung unterzogen. Die Controllversuche werden täglich von 8—11 Uhr Abends vorgenommen und zwar jeden Abend drei, so dass zwischen je zwei Versuchen eine Pause von einer halben Stunde verfliesst. Aus den drei Versuchen wird das Mittel genommen.

In Bezug auf die Ausführung der Versuche schreibt die Instruction folgendes vor.

---

1) Diese Figur ist in einem etwas grösseren Maassstabe gehalten.

Der Controllbeamte hat zunächst einen frischen Docht in die Carcel'sche Lampe einzuziehen und diesen genau am Niveau des Dochtträgers abzuschneiden. Hierauf ist die Lampe bis zum Anfange der Gallerie mit Oel zu füllen und aufzuziehen; der Docht wird dann bis auf 5—6 Millimeter aufgedreht und mittelst eines darüber gelegten Baumwollfadens angezündet. Nachdem der Glascylinder auf die Lampe gesetzt worden ist, wird der Docht bis zu einer Höhe von 10^{mm} herausgedreht und die Einschnürung des Lampenglases in einer Höhe von 7^{mm} über dem Niveau des Dochtes gebracht, zu welchem Zwecke sich eine Marke am Glase befindet. Der Oelverbrauch der Lampe soll in der Stunde 42 Gramm betragen, und darf weder unter 38 Gramm sinken, noch 46 Gramm übersteigen, sollen die Versuche nicht als nichtig gelten.

Man lässt sodann die Oel- und Gaslampe eine halbe Stunde lang brennen, misst sodann den Gasdruck, der innerhalb $2—3^{mm}$ schwanken soll, und stellt die Carcel'sche Lampe auf die Wage, dieselbe durch in *V* Fig. 4 gelegten Schrott soweit äquilibrirend, dass die Lampe ein kleines Uebergewicht behält. Man bringt den Hammer in die Mittellinie der Zunge und versichert sich dessen, dass die beiden Flammen in demselben Niveau und in gleicher Entfernung von der Wand, welche das Photometer trägt, sich befinden. Nachher stellt man die Zeiger der Gasuhr und des Secundenzählers auf Null und regulirt den Gasverbrauch derart, dass die beiden Hälften der photometrischen Scheiben gleich intensiv beleuchtet erscheinen. In dem Momente wo der Hammer an die Glocke schlägt, lässt der vor dem Photometer stehende Beobachter die Zeiger der Gasuhr und des Secundenzählers in Bewegung treten. Nun legt man in die Schälchen *ii* Fig. 3, 9 je 5 Gramm, bringt den Hammer wieder in seine labile Gleichgewichtslage, stellt sich dann wieder vor das Photometer und erhält, mit Hilfe des Hahnen *H* Fig. 5 den Gaszufluss regulirend, die Scheibe des Photometers in gleichförmiger Beleuchtung. Wenn der Hammer neuerdings auf die Glocke fällt, arretirt man die Zeiger der Gasuhr und des Secundenzählers und liest den Gasverbrauch, die Versuchsdauer und den Manometerstand am Gasbrenner *R* Fig. 3 ab.

Bei einem am 9. Juni 1866 in der Chambre noire Nr. 10, Rue Clovis 4, in meinem Beisein ausgeführten Versuche war die Versuchsdauer 14 Minuten 12 Secunden, und der Gasverbrauch betrug 24,3 Liter. Da der Oelverbrauch 10 Gramm betrug, so findet man

nahezu 42,2 Gramm für die Stunde. Nach dem unter A angeführten Gesetze d) folgt, dass man in einem solchen Falle, wo ein Gasbrenner mit der Carcel'schen Lampe verglichen wird und letztere während der Stunde nicht gerade 42 Gramm Oel verbraucht, mittelst einer Proportion den Gasverbrauch bestimmen kann, welcher einem stündlichen Oelverbrauche von 42 Gramm äquivalent wäre; nur darf der beobachtete Oelverbrauch nicht jenseits der Grenzen von 40 und 44 Gramm liegen, weil sonst die Rechnung falsche Resultate liefert. Für unseren Fall beträgt also der einem stündlichen Oelverbrauch von 42 Gramm äquivalente Gasverbrauch $\frac{24,3}{10} . 42 = 2,43 \times 42 = 102,06$ Liter.

G. Prüfung des Gases auf seine Reinheit.

Um das Gas in Bezug auf seine Reinheit untersuchen zu können, befindet sich in der Kammer, worin die Lampen brennen, ein Brenner *B* Fig. 10 von gleicher Einrichtung wie der zur Bestimmung der Leuchtkraft benutzte. Derselbe ist auf einen kleinen Gasbehälter *N*, der mit einem Wassermanometer versehen ist, angebracht und durchdringt eine Platte, auf welche eine Glasglocke *C* gestellt ist. Diese Glocke communicirt oben mittelst einer bleiernen Röhre *x* mit einem Rauchfange, um dahin das Gas abzuleiten. In die Glocke hängt man einen Streifen *s* aus weissem, ungeleimten Papier, welcher mit einer Lösung von neutralem essigsauren Bleioxyd (1 Th. Salz auf 100 Th. destillirten Wassers) getränkt und dann an der Luft getrocknet worden ist. Der Papierstreifen ist 1^{cm} breit und 5^{cm} lang. Man öffnet hierauf den Hahn *L* und lässt unter einem Drucke von $2-3^{mm}$ etwa eine Viertelstunde lang, während der photometrische Versuch gemacht wird, das Leuchtgas durch die Glocke streichen. Der Papierstreifen darf sich nicht bräunen. Wird der Papierstreifen gebräunt, so muss noch ein Versuch gemacht, und einer der Streifen mit dem Datum und dem Namen des Controllbeamten versehen im Bureau aufbewahrt, der zweite aber in gleicher Weise beschrieben an den Director der öffentlichen Arbeiten von Paris abgeschickt werden.

Ueber das Minimum der prismatischen Ablenkung eines Lichtstrahls.

Von

Dr. K. L. Bauer,

Assistent der Physik am Polytechnikum zu Carlsruhe.

Dem für die Bestimmung der Brechungsexponenten so wichtigen Satze über das Minimum der prismatischen Ablenkung eines Lichtstrahls ist selbst in unsern besten Lehrbüchern der Physik bisher ein eigenthümliches Schicksal widerfahren. In einigen derselben, wie in denen von Mousson und Eisenlohr ist der Beweis des erwähnten Theorems ganz fortgelassen; in den Lehrbüchern von Quintus Icilius und Wüllner ist die Beweisführung zwar überaus kurz und einfach, beruht aber offenbar auf Trugschlüssen; das Werk von Müller-Pouillet gibt einen nicht hinreichend allgemeinen Nachweis. Ferner ist der in Gehler's physic. Wörterbuch (Art. Prisma) gegebene Beweis, der unter andern auch in Wilde's Geschichte der Optik sich findet, obgleich mit Hilfe höhern Calculs geführt, über Gebühr unbehilflich und umständlich; ähnliches gilt von dem elementaren Beweise Bary's (Ann. de Chimie et de Phys. XLVII. 88 und Pogg. Ann. XXVI. 170); Newton's synthetische Demonstration (Lect. opt., prop. 25) ist wiederum nach Bary's Bemerkung langwierig und beschwerlich. Unter diesen Umständen dürfte es nicht überflüssig erscheinen, eine Notiz darüber zu geben, wie der Beweis, selbst elementar, mit wenig Rechnungsaufwand und auf natürliche, einfache Weise geführt werden kann.

I.

Die Winkel, welche die drei auf einander folgenden Richtungen des Strahls mit den durch beide brechende Flächen des Prismas gezogenen Einfallslothen bilden, mögen mit α, β, β', α' bezeichnet sein; A bedeute die prismatische Ablenkung und b den brechenden Winkel. Nun besteht zunächst die Gleichung

$$1)\quad A = (\alpha - \beta) + (\alpha' - \beta')$$

welche aussagt, dass die Gesammtablenkung des Strahls durch das Prisma der Summe der Ablenkungen an beiden brechenden Flächen gleichkommt. Um daher die Grösse A näher zu untersuchen, wird es passend sein, sich erst von der Ablenkung an einer einzelnen Fläche genaue Rechenschaft zu geben. Es dient dazu eine der Gleichungen

$$2)\quad \sin\alpha = n \sin\beta\ ;\ \sin\alpha' = n \sin\beta',$$

worin der Brechungsexponent $n > 1$ ist, wenn die Substanz des Prismas, wie hier vorausgesetzt werden soll, stärker brechend ist, als das umgebende Mittel. Unmittelbar ist nun klar, dass wenn wir von $\beta = 0$ zu stets grössern β übergehen, auch α, von 0 ausgehend, mehr und mehr wächst. Der grösste für β zulässige Werth bestimmt sich durch die Gleichung $\sin\beta = \frac{1}{n}$, welche den sogen. Grenzwinkel liefert, von welchem ab die totale Reflexion an Stelle der Brechung tritt. Um jetzt die durch eine Aenderung von β bedingte Aenderung von α sorgfältiger zu erforschen, bildet der mit der Differentialrechnung Vertraute den Differentialquotienten $\frac{d\alpha}{d\beta}$ und erhält aus 2):

$$\frac{d\alpha}{d\beta} = n\cos\beta : \cos\alpha = n\cos\beta : \sqrt{1 - n^2 \sin^2\beta}$$
$$= n\cos\beta : \sqrt{\cos^2\beta - (n^2 - 1)\sin^2\beta}.$$

Diess gibt das einfache Resultat:

$$3)\quad \frac{d\alpha}{d\beta} = n : \sqrt{1 - (n^2 - 1)\ \mathrm{tg}^2\beta}.$$

Die Wurzelgrösse ist natürlich im absoluten Sinn zu nehmen, und damit dieselbe reell bleibe, muss als Maximum von β der Werth festgesetzt werden, welcher aus der Gleichung $\mathrm{tg}^2\beta = 1 : n^2 - 1$ folgt; dieselbe stimmt überein mit der einfachern $\sin\beta = \frac{1}{n}$ und liefert den uns bereits bekannten Grenzwinkel. Der überaus leicht zu beurtheilende Ausdruck in 3) sagt uns nun, dass der (positive) Werth des Differentialquotienten $\frac{d\alpha}{d\beta}$ gleichzeitig mit β wächst. Diess gibt das bemerkenswerthe Resultat:

Wenn wir jeden von verschiedenen Winkeln β um eine und die nämliche Grösse sich ändern lassen, so dass hierdurch eine Reihe neuer zwischen 0^0 und dem Grenzwinkel eingeschlossener Winkel entsteht, so erfährt in Folge

dessen der zum grössten β gehörige Winkel α die grösste Aenderung.

Dieses Theorem lässt sich auch auf elementare Weise ableiten, wie folgt. Bedeutet ζ den Zuwachs des α, welcher durch eine Vergrösserung des entsprechenden β und ε eintritt, so bestehen gleichzeitig die zwei Gleichungen:

$$\text{I. } \sin\alpha = n \sin\beta; \quad \text{II. } \sin(\alpha + \zeta) = n \sin(\beta + \varepsilon).$$

Entwickelt gibt die letztere Formel

$$\sin\alpha \cos\zeta + \cos\alpha \sin\zeta = n(\sin\beta \cos\varepsilon + \cos\beta \sin\varepsilon),$$

und falls nur ε und ζ klein genug genommen werden, mit einem beliebigen Grade der Annäherung

$$\sin\alpha + \zeta \cos\alpha = n(\sin\beta + \varepsilon \cos\beta).$$

Subtrahirt man hiervon Gleichung I, so erhält man:

$$\zeta \cos\alpha = \varepsilon n \cos\beta$$

$$\frac{\zeta}{\varepsilon} = n \cos\beta : \cos\alpha = n : \sqrt{1 - (n^2 - 1)\,\mathrm{tg}^2\,\beta},$$

und bei constantem ε ist nun ζ offenbar um so grösser, je grösser β ist.

Mit Hilfe dieses Satzes ist es nun sehr leicht, sich auch über die prismatische Ablenkung klaren Aufschluss zu verschaffen. Vorher ist es übrigens passend, der Gleichung 1) eine etwas einfachere Gestalt zu verleihen. Man erkennt leicht, dass die Winkelsumme $\beta + \beta'$ unveränderlich gleich dem brechenden Winkel des Prismas ist, also

$$4)\ \beta + \beta' = b; \quad 5)\ A = \alpha + \alpha' - b.$$

Würden wir jetzt β in $\beta \pm \varepsilon$ und demgemäss β' in $\beta' \mp \varepsilon$ übergehen lassen, so würden zwei neue Werthe A_1 und A_2 der Ablenkung resultiren, und zwar würden wir uns mit Hilfe des in 3) ausgesprochenen Satzes ohne Mühe überzeugen, dass so lange β und β' von einander verschieden sind, je nach den Umständen eine der Ungleichungen $A_1 < A < A_2$, oder $A_2 < A < A_1$ besteht, dass es also möglich ist, durch passende Aenderungen von β die Ablenkung A sowohl zu vermehren als zu vermindern. Anders gestaltet sich jedoch die Sache, wenn wir speciell $\beta = \beta' = \beta_0$, somit $\alpha = \alpha' = \alpha_0$, $A = A_0$ und

$$6)\ 2\beta_0 = b; \quad 7)\ A_0 = 2\alpha_0 - b$$

werden lassen. Geht jetzt der erste der Winkel β_0 in $\beta_0 \pm \varepsilon$ und daher der zweite Winkel β_0 in $\beta_0 \mp \varepsilon$ über, so können wir, je nachdem die obern oder untern Zeichen berücksichtigt werden, für den ersten der Winkel α_0 den Werth $\alpha_0 + \lambda$, oder $\alpha_0 - \varrho$ und für den

zweiten den Werth $\alpha_0 - \varrho$ oder $\alpha_0 + \lambda$ eintreten lassen, so dass die neuen Ablenkungen A_1 und A_2 bestimmt sind durch die Formeln:

$$A_1 = (\alpha_0 + \lambda) + (\alpha_0 - \varrho) - b = A_0 + \lambda - \varrho$$
$$A_2 = (\alpha_0 - \varrho) + (\alpha_0 + \lambda) - b = A_0 + \lambda - \varrho.$$

In diesem besondern Falle haben also die Grössen A_1 und A_2 einen und denselben gemeinschaftlichen Werth, und es fragt sich nur noch, ob derselbe grösser oder kleiner als der von A_0 ist. Dies ergibt sich sehr leicht aus der Bedeutung der Grössen λ und ϱ. Wir wissen nämlich: wenn jeder der Winkel $\beta_0 - \varepsilon$ und β_0 sich um den gleichen Betrag ε vergrössert, so wachsen die zugehörigen Winkel $\alpha_0 - \varrho$ und α_0 bezüglich um ϱ und λ. Hieraus folgt nach 3) dass $\lambda > \varrho$ und $A_1 = A_2 > A_0$ ist. Man mag also den Winkel β_0 vermindern, oder vermehren, so bewirkt man jedesmal, dass A_0 wächst, d. h. A_0 ist das Minimum der prismatischen Ablenkung.

Aus den Gleichungen 6) und 7) zieht man für α_0 und β_0 die Werthe

$$\alpha_0 = \tfrac{1}{2}(b + A_0) \; ; \; \beta_0 = \tfrac{1}{2} b$$

und hiermit gelangt man zu der bekannten wichtigen Formel für den Brechungsexponenten:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'} = \frac{\sin \alpha_0}{\sin \beta_0} = \frac{\sin \frac{1}{2}(b + A_0)}{\sin \frac{1}{2} b}.$$

II.

Ich werde noch zeigen, wie sich der in Gehler's phys. Wörterb. gegebene Beweis bedeutend vereinfachen lässt. Der Gang jener Demonstration ist derjenige, den die Analysis bei Aufsuchung der Maxima und Minima von Ausdrücken mit veränderlichen Grössen in der Regel einzuschlagen pflegt. Die unter 2) und 4) aufgestellten Gleichungen lassen auf's Deutlichste erkennen, dass durch Einen der vier Winkel α, β, β', α' stets die drei andern bestimmt sind. Es ist sonach klar, dass wir uns A als Function von β allein denken können, und die Frage über Maxima und Minima dieser Function wird sich mit Hilfe der Ausdrücke für $\frac{dA}{d\beta}$ und $\frac{d^2A}{d\beta^2}$ entscheiden lassen. Zunächst ist wegen 4):

$$8) \quad \frac{d\beta'}{d\beta} = -1.$$

Ferner erhalten wir aus 5):

$$\frac{dA}{d\beta} = \frac{d\alpha}{d\beta} + \frac{d\alpha'}{d\beta'} \cdot \frac{d\beta'}{d\beta},$$

oder in Hinsicht auf 8):

$$9)\quad \frac{dA}{d\beta} = \frac{d\alpha}{d\beta} - \frac{d\alpha'}{d\beta'}.$$

Durch nochmalige Differentiation nach β und abermalige Anwendung von 8) ergibt sich entsprechend:

$$10)\quad \frac{d^2A}{d\beta^2} = \frac{d^2\alpha}{d\beta^2} + \frac{d^2\alpha'}{d\beta'^2}.$$

Um also die Werthe für $\frac{dA}{d\beta}$ und $\frac{d^2A}{d\beta^2}$ zu bilden, reicht die Kenntniss von $\frac{d\alpha}{d\beta}$ und $\frac{d^2\alpha}{d\beta^2}$ aus, da die Differentialquotienten $\frac{d\alpha'}{d\beta'}$ und $\frac{d^2\alpha'}{d\beta'^2}$ hieraus durch blosse Accentuirung der Winkel entstehen. Den Ausdruck für den ersten Differentialquotienten $\frac{d\alpha}{d\beta}$ kennen wir bereits aus 3) wornach

$$3')\quad \frac{d\alpha}{d\beta} = \frac{n\cos\beta}{\cos\alpha} = n : \sqrt{1 - (n^2 - 1)\,\mathrm{tg}^2\beta}.$$

Durch Differentiation dieser Gleichung nach β verwandelt sich dieselbe zunächst in:

$$\frac{d^2\alpha}{d\beta^2} = \frac{-n\cos\alpha\sin\beta + n\cos\beta\sin\alpha\,\frac{d\alpha}{d\beta}}{\cos^2\alpha}$$

und nimmt dann, wenn rechter Hand Zähler und Nenner mit $\cos\alpha$ multiplicirt wird, bei gleichzeitiger Berücksichtigung von 2) und 3'), ferner die Gestalt an

$$\frac{d^2\alpha}{d\beta^2} = \frac{\sin\alpha\,(n^2\cos^2\beta - \cos^2\alpha)}{\cos^3\alpha} = \frac{\sin\alpha\,(n^2\cos^2\beta - 1 + n^2\sin^2\beta)}{\cos^3\alpha}.$$

Dies ist aber gleichbedeutend mit dem höchst einfachen Resultat:

$$11)\quad \frac{d^2\alpha}{d\beta^2} = \frac{(n^2 - 1)\sin\alpha}{\cos^3\alpha}.$$

Zufolge dieser Ausdrücke gehen jetzt die Gleichungen 9) und 10) über in:

$$12)\quad \frac{dA}{d\beta} = n\left\{\frac{\cos\beta}{\cos\alpha} - \frac{\cos\beta'}{\cos\alpha'}\right\}$$

$$= n\left\{\frac{1}{\sqrt{1 - (n^2 - 1)\,\mathrm{tg}^2\beta}} - \frac{1}{\sqrt{1 - (n^2 - 1)\,\mathrm{tg}^2\beta'}}\right\}$$

$$13)\quad \frac{d^2 A}{d\beta^2} = (n^2 - 1)\left\{\frac{\sin\alpha}{\cos^3\alpha} + \frac{\sin\alpha'}{\cos^3\alpha'}\right\}.$$

Die Bedingung $\frac{dA}{d\beta} = 0$ wird nun offenbar erfüllt durch $\beta = \beta'$ $= \beta_0$, und mithin $\alpha = \alpha' = \alpha_0$, $\frac{d^2 A}{d\beta^2} = 2\,(n^2 - 1)\,\frac{\sin\alpha_0}{\cos^3\alpha_0}$, welcher letztere Werth stets positiv ist und daher beweist, dass es sich im vorliegenden Falle nur um ein Minimum von A handeln kann.

Carlsruhe, 5. Januar 1867.

Ueber die Brechung des Lichts, zugleich als Anhang zu der vorausgehenden Notiz über das Minimum der prismatischen Ablenkung.

Von

Dr. K. L. Bauer.

Nach dem Snellius'schen Gesetze besteht zwischen dem Einfallswinkel α und dem Brechungswinkel β die Gleichung $\sin\alpha = n \sin\beta$. Manchmal nun ist die Kenntniss einfacher Ausdrücke für die Differentialquotienten $\frac{d\alpha}{d\beta}$, $\frac{d^2\alpha}{d\beta^2}$, $\frac{d\beta}{d\alpha}$, $\frac{d^2\beta}{d\alpha^2}$ von Vortheil; es sei mir daher gestattet, dieselben hier übersichtlich zusammenzustellen und einige Bemerkungen hinzuzufügen.

$$1)\quad \sin\alpha = n \sin\beta$$

$$2)\quad \frac{d\alpha}{d\beta} = \frac{n\cos\beta}{\cos\alpha} = n : \sqrt{1-(n^2-1)\operatorname{tg}^2\beta} = \sqrt{n^2+(n^2-1)\operatorname{tg}^2\alpha}$$

$$3)\quad \frac{d^2\alpha}{d\beta^2} = \frac{(n^2-1)\sin\alpha}{\cos^3\alpha}$$

$$4)\quad \frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{\cos\alpha}{n\cos\beta} = \frac{1}{n}\sqrt{1-(n^2-1)\operatorname{tg}^2\beta} = 1 : \sqrt{n^2+(n^2-1)\operatorname{tg}^2\alpha}$$

$$5)\quad \frac{d^2\beta}{d\alpha^2} = -\frac{(n^2-1)\sin\beta}{n^2\cos^3\beta}.$$

Was die Ableitung dieser Gleichungen betrifft, so möge folgendes bemerkt sein. Man bilde zunächst die Ausdrücke für $\frac{d\alpha}{d\beta}$, indem man $\frac{n\cos\beta}{\cos\alpha}$ entweder setzt

$$= n\cos\beta : \sqrt{1-n^2\sin^2\beta} = n\cos\beta : \sqrt{\cos^2\beta-(n^2-1)\sin^2\beta} \text{ oder}$$

$$= \sqrt{n^2-\sin^2\alpha} : \cos\alpha = \sqrt{n^2\cos^2\alpha+(n^2-1)\sin^2\alpha} : \cos\alpha;$$

sodann findet man $\frac{d^2\alpha}{d\beta^2}$ am einfachsten nach der Vorschrift $\frac{d^2\alpha}{d\beta^2} =$

$\frac{d\left(\frac{d\alpha}{d\beta}\right)}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{d\beta}$, indem man sich des letzten Ausdruckes in 2) bedient. Die Werthe unter 4) und 5) resultiren hierauf aus den analogen in 2) und 3) auf doppelte Weise, einmal nämlich nach den bekannten Formeln:

$$\frac{d\beta}{d\alpha} = 1 : \frac{d\alpha}{d\beta}\ ;\ \frac{d^2\beta}{d\alpha^2} = -\frac{d^2\alpha}{d\beta^2} : \left(\frac{d\alpha}{d\beta}\right)^3,$$

ausserdem aber auch sehr einfach dadurch, dass man wegen 1) in den Ausdrücken 2) und 3) den Winkel α mit β und gleichzeitig den Index n gegen $\frac{1}{n}$ vertauscht.

Eine Anwendung der oben aufgestellten einfachen Beziehungen ist in der vorausgehenden Notiz über das Minimum der prismatischen Ablenkung bereits gegeben; auch wird man finden, dass daselbst noch einige, jedoch unwesentliche Vereinfachungen hätten Platz greifen können, wenn statt des Ausdruckes $n : \sqrt{1-(n^2-1)\operatorname{tg}^2\beta}$ der gleichbedeutende $\sqrt{n^2+(n^2-1)\operatorname{tg}^2\alpha}$ eingeführt und zur Ableitung von $\frac{d^2\alpha}{d\beta^2}$ die oben gegebene Vorschrift benützt worden wäre.

Ich füge jetzt noch eine kleine, nahe liegende Anwendung hinzu. Hat der brechende Winkel b des Prismas den besondern Werth 0, so folgt hieraus successive $\beta = -\beta'$, $\alpha = -\alpha'$, $A = 0$, d. h. wenn ein Lichtstrahl ein zwischen parallelen Ebenen eingeschlossenes Medium passirt, so erleidet er keine Richtungsänderung, — ein Satz, den man bekanntlich auch sehr leicht direct ableitet. Wohl aber tritt in diesem Falle eine Verschiebung v des Strahls parallel zu der Einfallsrichtung ein, und zwar ist die Grösse derselben gegeben durch

$$v = \frac{\delta}{\cos\beta}\sin(\alpha-\beta),$$

wenn δ die Distanz der parallelen Begrenzungsebenen bedeutet. Hierfür kann man auch schreiben

$$v = \delta\sin\alpha\left\{1-\frac{\cos\alpha}{n\cos\beta}\right\} = \delta\sin\beta\left\{n-\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}\right\},$$

oder, wenn man die in 4) angegebenen Ausdrücke benutzt

$$\begin{aligned} v &= \delta\sin\beta\left\{n-\sqrt{1-(n^2-1)\operatorname{tg}^2\beta}\right\} \\ &= \delta\sin\alpha\left\{1-1:\sqrt{n^2+(n^2-1)\operatorname{tg}^2\alpha}\right\} \end{aligned}$$

und nun erkennt man klar, dass die Verschiebung v gleichzeitig mit den Grössen δ, α, β, n wächst. Es ist also keineswegs nöthig, um zu diesem Resultat zu gelangen, sich, wie es z. B. Mousson gethan, mit dem ungenügenden Näherungswerthe $v = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \delta \sin \alpha$ zu behelfen.

Schliesslich wird man noch wahrgenommen haben, dass die Verschiebung v in einer gewissen Beziehung zu dem Differentialquotienten $\frac{d\beta}{d\alpha}$ steht, indem die Gleichung existirt:

$$v = \delta \sin \alpha \left\{1 - \frac{d\beta}{d\alpha}\right\} = \delta \sin \alpha \frac{d(\alpha - \beta)}{d\alpha}.$$

Carlsruhe, im Januar 1867.

Beschreibung eines Chronographen.

Von

Francis Bashforth,

Professor der angewandten Mathematik an der Artillerieschule zu Woolwich.

(Hiezu Tafel IV, Fig. 3—8.)

Die folgende Mittheilung ist ein Auszug aus der vom Herrn Verfasser gütigst eingesandten Schrift: „Description of a Chronograph, adapted for measuring the varying velocity of a body in motion through the air and for other purposes. An Extract from the Proceedings of the Royal Artillery Institution. Woolwich.

Professor Wheatstone wandte die Electricität an, um die Geschwindigkeit von Geschützkugeln zu messen und zwar im Jahre 1840. Nachher wurden an seinem Instrumente einige Veränderungen vorgenommen. Zeichnungen davon waren im Mai 1841 zu Paris ausgestellt und eine Copie desselben für den Oberst Konstantinoff vorbereitet; allein dieser wünschte ein Instrument, womit die Geschwindigkeit einer Kugel in verschiedenen Puncten ihrer Bahn gemessen werden könnte. Breguet construirte nachher ein Instrument für diesen Zweck, auf dessen Ausführung wir unten zurückkommen werden. Dies gab zu einer Polemik zwischen Professor Wheatstone und Breguet bezüglich ihrer Ansprüche der Erfindung des Chronographen Veranlassung. Pouillet versuchte kurze Zeitintervalle mittelst der Voraussetzung zu bestimmen, dass die Ablenkung einer Magnetnadel der Stärke eines galvanischen Stromes und der Zeit proportional sei, während welcher der Strom auf sie einwirkt. Hipp widersetzte sich der Wheatstone'schen Anordnung und wandte eine gleichförmig gehende Uhr zur Zeitmessung an. Es scheint nicht, dass irgend einer dieser Chronographen in allgemeinen Gebrauch gekommen ist, oder dass sie weittragendere Resultate geliefert haben.

Das electro-ballistische Pendel des Major Navez wurde um's Jahr 1848 erfunden, gelangte jedoch erst im Jahre 1855 zur allgemeinen

Kenntniss. Ueber den Werth des Instrumentes wurden sehr verschiedene Meinungen ausgedrückt. Die Amerikaner probirten es und verwarfen es wegen der Unregelmässigkeit seiner Angaben. Die Franzosen gebrauchten es in den Jahren 1856, 1857 und 1858 in Metz zur Vervollständigung ihrer Untersuchungen über den Widerstand der Luft. Andere, welche das Instrument gebrauchten, haben sich sehr für seine grosse Genauigkeit ausgesprochen.

Das electro-ballistische Pendel besteht aus einem kurzen Pendel, das um eine horizontale Axe in einem Winkel von 75° auf jeder Seite der durch den Aufhängungspunct gehenden Verticalen schwingt. Vor dem Versuche wird die Linse in ihre höchste Lage an einer Seite gehoben und daselbst durch die Anziehung eines Electromagneten festgehalten, dessen Magnetismus von einem galvanischen Strome erzeugt wird, der so angebracht ist, dass die Kugel, wenn sie an dem ersten Schirme ankommt, den Draht, durch welchen der galvanische Strom ging, zerreisst und dadurch die Linse freilässt. Sowie die Kugel an einen zweiten Schirm gelangt, unterbricht sie einen zweiten galvanischen Strom und verrichtet so die Wirkung eines zweiten Electromagneten, der bis dahin ein kleines Gewicht getragen hatte. Dieses Gewicht fällt nun wieder und schliesst bei seinem Falle einen dritten galvanischen Strom, der auf einen dritten Electromagneten einwirkt, und stellt so einen kleinen Index ein, der mit dem Pendel von seiner Ruhelage aus mitgegangen war. Sodann wird die Ablesung des Index vorgenommen und gibt den Winkel an, welchen das Pendel zurückgelegt hatte, als der dritte galvanische Strom geschlossen wurde. Von Zeit zu Zeit wurde ein Instrument gebraucht, welches zugleich den ersten und zweiten galvanischen Strom unterbrach, um damit die vom Gewichte zurückgelegte, sowie die zur Einwirkung der Electromagnete erforderliche Zeit zu bestimmen. Ein Instrument kann nur ein kleines Zeitintervall messen. Die zum Beschreiben der verschiedenen Bogen am Instrumente erforderlichen Zeiten wurden theoretisch berechnet, wobei die Reibung, Temperatur und der Luftwiderstand ausser Acht gelassen wurden, und hängen von der beobachteten Zeit einer mathematisch kleinen Oscillation des Pendels ab. Major Navez gibt an, dass nicht weniger als 1500 Schwingungen genommen werden sollen. Nehmen wir an, dass davon drei auf die Secunde gehen, so nimmt dieses Experiment 500 Secunden oder $8^1/_2$ Minuten in Anspruch, eine ungemein kurze Zeit, um an einem genauen Zeitmesser den bestimmten

Theil richtig anzugeben. Wenn auch die 1500 hinlänglich kleinen Vibrationen genau der Reihe nachgezählt wurden, und wenn auch die Zeit an einem guten Chronometer notirt wurde, so wird doch am Anfang und Ende der Zählung ein mehr oder weniger grosser Fehler hereinkommen. Werden die Schwingungen zwei oder mehrere Male gezählt, so werden zweimal so viele kleine Fehler vorhanden sein. Die Schirme bestehen aus feinem Kupferdraht, durch welchen der galvanische Strom circulirt. Der Draht ist fein, um die Bewegung der Kugel nicht zu stören und von Kupfer wegen der guten Leitungsfähigkeit dieses Metalles für den Strom. Allein Kupferdraht biegt sich sehr, bevor er reisst. Dabei wirkt auch der die Kugel begleitende Windstrom gegen die Gleichförmigkeit ihrer Spannung. Daraus ergeben sich gegen dieses Instrument folgende Einwürfe:

1) Das veränderliche und complicirte Arrangement der galvanischen Ströme.
2) Die nicht genügend genaue Zeitbestimmung.
3) Die Drähte der Schirme werden gewiss meistens ungleich gebogen.
4) Das Instrument gibt keine Mittel an die Hand, die Genauigkeit seiner Angaben zu controlliren.
5) Die Nothwendigkeit, zwei oder mehrere unabhängige Instrumente anwenden zu müssen, um den Luftwiderstand zu finden.

Einige dieser Einwürfe können vielleicht beseitigt werden, die beiden letztern scheinen jedoch nicht umgangen werden zu können.

Kürzlich wurde ein electro-ballistischer Chronograph von Boulengé, Lieutenant der Artillerie, erfunden, welcher von Melsens, Mitgliede der kgl. belgischen Academie geprüft und mit dem electro-ballistischen Pendel des Major Navez verglichen wurde. Es wurden hierbei Versuche mit verschiedenen Pulversorten gemacht. Die Geschwindigkeit des nämlichen Projectiles wurde an beiden Instrumenten für einen 35 Meter vom Geschütze entfernten Punct gemessen.[1]) Die folgende Tabelle gibt die mittleren Geschwindigkeiten von 5 oder 6 Schüssen für jede Pulversorte in Meter-Secunden, wie sie an beiden Instrumenten gemessen wurden.

---

1) Melsens, Rapport sur un Chronograph 1864.

Navez . . .	373,9	376,1	369,6	371,0	367,1
Boulengé . .	367,9	366,6	368,2	366,8	361,4
Unterschied	—6,0	—9,5	—1,4	—4,2	—5,7
Navez . . .	375,1	368,7	359,1	352,7	369,7
Boulengé . .	369,7	364,9	355,9	346,0	365,2
Unterschied	—5,4	—3,8	—3,2	—6,7	—4,5
Navez . . .	368,2	366,7	351,4		
Boulengé . .	364,8	366,7	353,4		
Unterschied	—3,4	0,0	+2,0.		

Verwandelt man die Unterschiede der Mittel aus den Geschwindigkeiten, wie sie an beiden Instrumenten erhalten wurden, in Fuss-Secunden, so werden sie:

—19,7	—31,2	—4,6	—13,8	—18,7
—17,7	—12,5	—10,5	—22,0	—14,8
—11,2	0,0	+6,6.		

Diese Abweichungen sind jedenfalls zu gross, um für die beiden Instrumente einige Genauigkeit in Anspruch nehmen zu können.

Nach einer genauen Betrachtung aller hierher gehörigen Umstände ergab sich, dass die folgenden Bedingungen bei einem Chronographen erfüllt sein müssen, welcher vollständiges Vertrauen verdienen soll:

1) Muss die Zeit an einer gleichförmig gehenden Uhr gemessen werden.
2) Das Instrument muss fähig sein, die Zeiten zu messen, welche verfliessen, während eine Kanonenkugel über wenigstens neun gleiche Zwischenräume der Reihe nach wegfliegt.
3) Das Instrument muss die längste bekannte Zeit der Schussweite einer Kugel oder Bombe messen lassen.
4) Jeder Uhrschlag muss durch eine Unterbrechung des nämlichen galvanischen Stromes und unter genau gleichen Umständen markirt werden.
5) Die Zeit des Vorüberganges über einen Schirm muss durch die momentane Unterbrechung eines zweiten galvanischen Stromes und unter genau den gleichen Umständen markirt werden.
6) Müssen Vorsichtsmaassregeln getroffen werden, dass die Bänder oder Drähte der Schirme in einer gleichmässigen Spannung gehalten werden, trotz der Kraft des die Kugel begleitenden Windes oder Luftzuges.

Mit Bezugnahme auf diese Puncte wurde der im Folgenden beschriebene Chronograph construirt. Fig. 3 Taf. IV ist eine Darstellung des Chronographen im Allgemeinen. *A* ist ein um eine verticale Axe drehbares Schwungrad, das an dieser Axe auch den Cylinder *K* mitführt, der mit präparirtem Papier für die Markirungen der Uhrangaben und Schirmunterbrechungen überzogen ist. Die Länge des Cylinders beträgt 12—14 Zolle und der Durchmesser 4 Zolle. *B* ist ein gezahntes Rad, welches mit dem Räderwerke *M* in Verbindung steht, so dass die Schnur *CD* auf der Trommel desselben langsam aufgewickelt wird. Das andere Ende von *CD* ist an der Platte *S* befestigt, und diese sinkt so langsam am Schlitten *L* herab, etwa $^1/_4$ Zoll bei jeder Umdrehung des Cylinders. *E*, *E'* sind Electromagnete; *d*, *d'* sind Rahmen, welche die Anker tragen, und *f*, *f'* sind die Enden von Federn, welche der Anziehung der Electromagnete entgegenwirken. Ist der Strom in einem Schliessungskreise, etwa *E*, unterbrochen, so ist der Magnetismus des Electromagneten vernichtet, die Feder *f* führt den Anker zurück, welcher mittelst des Armes *a* dem Hebel *b* einen Stoss versetzt. Dadurch wird der Markirstift *m'* gezwungen, von der Spirale, die er beschreibt, abzugehen. Wird der Strom wieder geschlossen, so wird der Anker angezogen und dadurch der Markirstift *m* zurückgezogen und fährt nun fort, seine Spirale zu beschreiben, wie wenn nichts vorgefallen wäre. *E'* steht mit der Uhr in Verbindung und sein Markirstift *m'* gibt die Secunden; *E* ist mit den Schirmen verbunden und markirt so den Durchgang der Kugel über die Schirme. Vergleicht man die von *m* und *m'* gemachten Marken, so kann die genaue Geschwindigkeit des Geschosses in allen Puncten seiner Bahn berechnet werden. Der Schlitten *L* ist mittelst der Träger *G*, *H* parallel zu *F* und dem Cylinder *K* befestigt. *Y* ist eine Schraube, womit das Räderwerk *M* zurückgezogen werden kann; der Griff *J* dient dazu, die Distanz zwischen *M* und *B* zu reguliren. Durch das Senken des Hebels *h* werden die zwei Federn *s*, welche wie Hebel wirken, angezogen und so die Diamantspitzen *m*, *m'* auf das Papier herab gebracht. Soll ein Experiment gemacht werden, so ist dafür zu sorgen, dass die beiden Ströme vollständig geschlossen seien. Das Schwungrad *A* wird mit der Hand in Bewegung gesetzt, so dass es etwa drei Umdrehungen in 2 Secunden zurücklegt. Die Markirstifte *m*, *m'* werden auf das Papier herab gebracht und nach vier oder fünf Uhrschlägen das Signal zum Abfeuern gegeben, so dass nach etwa