genannten *instantanen* Strömen, d. h. denen, die durch gemeine Elektricität und durch Induction erzeugt werden.

Die genaue Graduirung des Galvanometers erfordert sehr gleichförmige Rotationsgeschwindigkeiten. Ohne Zweifel kann man diese Gleichförmigkeit durch ein Uhrwerk erreichen; allein ich bin zu glauben geneigt, daß man sie leichter mittelst einer zweckmäfsig eingerichteten elektromagnetischen Maschine erlangen wird, und das ist vielleicht der unmittelbarste Dienst, den man von diesen Maschinen erwarten darf ¹⁾.

IX. *Ueber einen Apparat zur Messung der Geschwindigkeit eines Geschosses in verschiedenen Punkten seiner Bahn;*

von *Hrn. L. Breguet.*

(*Compt. rend. T. XX p. 157.*)

Der Aufsatz, den neulich Hr. Pouillet in der Academie über die Anwendung der Elektricität als Mittel

- 1) Veranlaßt durch Hr. Pouillet's Aufsatz hat kurz hernach Herr Baudrimont eine rotirende Scheibe oder Welle mit darauf topfendem Stifte als directes Mittel zur Messung kleiner Zeittheile vorgeschlagen (*Compt. rend. T. XIX p. 1454*); allein dieser Vorschlag ist nicht neu, schon von Dupré bei seiner Fallmaschine angewandt (*Annal. Bd. 58 S. 466*), und, wie Hr. Poncelet berichtet, noch früher, nämlich 1830, von Hr. Morin bei seinen Versuchen über die Reibung benutzt (*Compt. rend. T. XX p. 2*). Im Grunde kommt auch das Mittel, dessen sich im vorigen Jahrhundert der Ritter d'Arcy, und in neuerer Zeit (1829) Hr. Plateau (*Annalen, Bd. 20 S. 304*) zur Messung der Dauer von Lichteindrücken bedienten, auf dasselbe Princip zurück. — Bei dieser Gelegenheit erlaube ich mir noch zu bemerken, daß ein dem Pouillet'schen sehr analoges Verfahren hier bereits im vorigen Sommer vom Hr. Hauptm. Hartmann zur Messung der Geschwindigkeit von Geschossen angewandt worden ist. P.

zur Bestimmung äußerst kurzer Zeiten gelesen, setzt mich in die Nothwendigkeit eine Notiz zu veröffentlichen, betreffend ein Instrument zu ähnlichem Zweck, welches ich, gemeinschaftlich mit Hrn. Konstantinoff, einem sehr ausgezeichneten Artillerie-Officier, für die russische Regierung angefertigt habe.

Hr. Konstantinoff kam von England. Als er mich sprach, hatte er bereits die Idee eines Instruments zum Messen der Geschwindigkeit eines Geschosses, sowohl zu Anfange als in verschiedenen Punkten seiner Bahn. Er hatte Hrn. Wheatstone's Bekanntschaft gemacht, mit ihm sich mehrmals über diesen Gegenstand unterhalten, und bei demselben einen Apparat gesehen, mittelst dessen, durch Unterbrechung und Wiederherstellung elektrischer Ströme, die Entzündungszeit von Schießpulver mit großer Genauigkeit gemessen werden konnte. Hr. Konstantinoff glaubte indess durch eine andere Einrichtung eine noch größere Genauigkeit erreichen und noch viel kürzere Zeiten messen zu können. Er befragte mich über dieses Project, und, da wir die Lösung der gesteckten Aufgabe für möglich hielten, begannen wir im März 1843 gemeinschaftlich die Arbeit.

Die Aufgabe war die: ein Instrument herzustellen, welches von einem mehr oder weniger von seinem Aufstellungsorte entfernten Vorgang, dreißig oder vierzig Mal nach einander innerhalb sehr kurzer Zeiträume, Anzeige machen und festhalten könnte. Wir verfielen natürlich darauf, hiezu Elektrizität anzuwenden.

Zu diesem physischen Theil kam noch der mechanische, welcher etwas complicirt seyn könnte, es jedoch nicht so sehr war, als es die gesuchte Lösung vermuthen lassen mochte.

Besondere Gründe haben mich verhindert diese Maschine bekannt zu machen; da aber dem jetzt nichts mehr entgegensteht, so will ich versuchen eine so richtige Idee von derselben zu geben, als ohne Figuren möglich ist.

Die HH. Arago, Regnault und Morin haben übrigens dieselbe gesehen, und nöthigenfalls würde deren Autorität bestätigen, was ich angebe. Vorzüglich hat Hr. Regnault fast allen Probeversuchen, durch welche die Principien des Instruments geprüft wurden, beigewohnt, und sie gleichsam durch alle ihre Phasen hin verfolgt.

Wir dachten, einen Apparat mit umlaufender Scheibe, ähnlich dem des Hrn. Morin, anzuwenden, und da wir mehrer successiven, von einander getrennten Angaben bedurften, so vermeinten wir den Stift verschiebbar zu machen, ab und zu dem Mittelpunkt bei jeder neuen Angabe: allein dieses Mittel schien uns ungenügend, in sofern die Marken am Mittelpunkt nicht innerhalb derselben Fehlergränzen lägen wie die am Umfang; denn je kleiner der Radius des vom Stift beschriebenen Bogens ist, desto größer die Möglichkeit eines Fehlers.

Wir haben darauf die Anzeigen unter einerlei Umstände versetzt, indem wir einen Cylinder anfertigten, von solcher Länge, daß 40 bis 50 gesonderte Beobachtungen gemacht werden konnten, alle bei einem und demselben Radius. Im Juni 1843 begannen wir unsere Maschine, vollendeten sie aber erst am 29. Mai 1844.

Ihre Einrichtung ist folgende. Sie ruht auf einem gußeisernen Gestelle, und besteht aus sechs Theilen.

1) Einem System von gezähnten Rädern, beweglich durch eine Schnur, die um einen Cylinder läuft, und an welcher das bewegende Gewicht hängt.

2) Einem Cylinder von 1 Meter Umfang und 0^m,36 Länge, getheilt auf seiner Oberfläche in 1000 Theile, die demnach Millimeter sind. Um die Reibung auf den Zapfen zu vermindern, wird er durch ein System von Steinen (*galets*) getragen. Auf seiner Axe ist ein Getriebe, in welches das erwähnte Räderwerk greift; an einem Ende sitzt ein Windfang mit vier Flügeln, und am andern eine Scheibe von gleichem Durchmesser mit dem Cylinder.

3) Einem kleinen Schienenweg, parallel der Axe des

Cylinders; die beiden Metallschienen, die diesen Weg bilden, sind durch Elfenbein von einander isolirt.

4) Einem kleinen Wagen mit drei kupfernen Rädern, die auf den Schienen laufen; er trägt drei Elektromagnete und zwei Stifte, die von einander unabhängig sind, aber jeder von einem dieser Magnete abhängen. Der dritte Elektromagnet befindet sich unter dem Wagen, und dient dazu, letzteren festzuhalten, bis man will, daß er fortgehe.

5) Einer Ankerhemmung, deren gußeiserne Arme zwischen zwei Elektromagneten oscilliren, und bald rechts, bald links gezogen werden, sobald ein Strom um den rechts oder links befindlichen Magneten läuft. Vermöge dieses Hin-und-Her entweicht jedesmal ein Zahn des Rades, auf dessen Axe eine kleine Winde mit einem Seidenfaden, der an dem, von einem Gewichte gezogenen Wagen sitzt. Der Uebergang des Stroms von einem Elektromagnet zum andern geschieht bei jeder halben Drehung des Cylinders mittelst eines unter dessen Axe gestellten Commutators. Auf diese Weise rückt der Wagen bei jeder halben Drehung vor, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die der des Cylinders proportional ist.

6) Endlich einer besonderen Vorrichtung, um, unabhängig von jedem chronometrischen Apparat, sich der Gleichförmigkeit der Bewegung zu versichern und die Fehlergränze der Endresultate zu bestimmen.

Der chronometrische Apparat beruht also auf dem Princip, dessen sich Hr. Morin zu seinen drehenden Scheiben bediente, mit dem Unterschiede jedoch, daß die Scheibe durch einen Cylinder ersetzt ist, und daß der Windfang Flügel trägt, die Theile von Spiralen sind, deren Tangente 45° gegen den Radiusvector neigt, was uns, um rascher die gleichförmige Bewegung zu erhalten, das Beste zu seyn schien, weil solchergestalt die Luft einen größeren Widerstand darbietet als bei ebenen Flä-

geln. Die Lage der Schnur, welche das bewegende Gewicht trägt, wird constant erhalten, indem sie über eine Rolle geht, die sich auf einer starken Leiste verschiebt; in dem Maasse wie sie sich abwickelt, wird sie auf zwei konische Rollen aufgewickelt; sie kann von zwei oder sechs Fäden seyn. Endlich ist der Apparat, obwohl stark gebaut, doch mit all der Sorgfalt ausgeführt, die wir auf unsere feinsten Arbeiten verwenden.

Wir haben mehre solcher kleinen Mechanismen construirt, neben einander, doch von einander getrennt, und jeden in eine kleine numerirte Büchse eingeschlossen; sie dienen dazu, die Kette für ein Gitter (*cible*) zu schliessen, wenn das vordere durchschossen ist. Diese Büchsen enthielten ein elfenbeinernes Sperrrad mit einem metallenen Zahn; auf seiner Axe war eine Palette von Eisen, die einen in die Zähne des Rades greifenden Schnepper hatte. Ein anderer, von diesem unabhängiger Schnepper, ein Sperrschnepper, schloß die Volta'sche Kette, so wie er mit dem metallenen Zahn in Berührung kam.

Vor der Palette war ein Elektromagnet, welcher sie anzog, so wie ihn der Strom umkreiste, und welcher sie losliefs, so wie ein Draht im Gitter durchschossen war. Bei dieser Bewegung rückte das Elfenbeinrad vor, und näherte den Metallzahn dem Sperrschnepper.

Nachdem von der Ladung ab eine Reihe von Abständen bestimmt worden, wurde ein Leiter vor der Kugel vorübergeführt, ein anderer vor die Mündung der Kanone, und an den übrigen Punkten wurden Gitter aufgestellt, deren Gröfse mit den Abständen zunahm.

Die Gitter (*cibles*) sind grofse Rähme, deren Fläche der Leitdraht der Elektrizität in allen Richtungen durchläuft, so dafs er ein Netz darbietet, dessen Maschen kleiner sind, als der Durchmesser des Geschosses, um sicher zu seyn, dafs der Draht irgendwo zerrissen worden, wenn jenes durch das Netz gegangen ist. Der Strom, welcher in einem Gitter und zugleich um den

Elektromagnet eines der Stifte circulirt, unterhält, durch die Magnetisirung, diesen entfernt vom Cylinder, woraus erhellt, dafs, da im Moment der Durchschiefsung des Gitters der Strom unterbrochen wird, der Stift niedersinkt und ein Zeichen auf dem Cylinder macht. Das Geschofs, seine Bahn verfolgend, durchfliegt nun ein anderes Gitter, welches, da es mit dem zweiten Stift verknüpft ist, diesen ebenfalls fallen und auf dem Cylinder eine Marke machen läfst. Aus dem Abstände zwischen diesen beiden Marken und der bekannten Umlaufgeschwindigkeit des Cylinders läfst sich dann berechnen, mit welcher Geschwindigkeit das Geschofs sich von einem Gitter zum andern bewegt.

Man kann für jedes Gitter einen Strom und einen Stift anwenden; allein es ist einfacher für jede beliebige Zahl von Gittern nicht mehr als zwei Ströme zu gebrauchen, und dazu dienen die vorhin erwähnten kleinen Büchsen auf folgende Weise.

Man stellt zwischen je zwei Gitter, vom zweiten ab, eine dieser Büchsen; hiedurch wird, so wie das zweite Gitter durchschossen ist, der Strom für das dritte hergestellt, und der erste Stift hebt sich; ist das dritte Gitter durchschossen, so hebt sich der zweite Stift, der erste fällt, und der Strom durchläuft das dritte Gitter. Dieser Vorgang wiederholt sich bis zum letzten.

Da jeder der beiden Stifte seinen eigenen Strom hat, und sie folglich unabhängig von einander sind, so kann man unendlich kleine Räume messen, was nicht möglich wäre mit einem einzigen Stift und einem einzigen Strom, den man unterbräche und wieder herstellte.

Wir haben gesehen, dafs der Umfang des Cylinders ein Meter beträgt, und in 1000 Theile getheilt ist. Jedes Millimeter repräsentirt $\frac{1}{1000}$ Secunde, wenn er einen Umlauf in der Secunde macht, $\frac{1}{2000}$ wenn er deren zwei macht, $\frac{1}{3000}$ wenn er drei macht u. s. w.

Gegen den Umfang des Cylinders und den der Scheibe die,

die, wie man weiß, isolirt ist, drücken Federn. Auf jeden dieser Umfänge ist ein Bogen von Elfenbein, um eine Unterbrechung der elektrischen Ströme zu bewirken, welche man durch die Elektromagnete der Stifte gehen läßt. Diese Einrichtung ist bestimmt zur Verification der Gleichförmigkeit der Bewegung und der Messung der Zeit, welche die Stifte zum Fallen auf den Cylinder gebrauchen. Letztere Gröfse oder wenigstens die Fehlergränzen, zwischen denen sie schwankt, muß man nothwendig kennen, um an der Messung der Zahl von Abtheilungen zwischen zwei benachbarten Marken der Stifte, welche die Geschwindigkeit des vom Geschosse durchlaufenen Raumes geben soll, die nöthigen Berichtigungen zu machen.

Man sieht also, dafs bei jedem Umgang oder jedesmal, wenn das Elfenbeinstück unter die Feder tritt, der Strom unterbrochen wird, der Stift niedersinkt, dann am Ende des isolirenden Bogens sich wieder hebt, um beim folgenden Umgang abermals zu fallen.

Wenn man nun sorgfältig beobachtet, auf welchen Theilstrich des Cylinders der Stift niedersinkt, wenn der Cylinder in Ruhe ist, und dann, auf welchen er fällt, wenn derselbe sich bewegt, so hat man, da die Rotationsgeschwindigkeit des Cylinders bekannt ist, leicht das Maafs der Zeit, welche der Styl gebraucht, um während des oben gemessenen Bogens zu fallen. Macht z. B. der Cylinder drittehalb Umgänge in der Secunde, und ist der gemessene Bogen 30 Millimeter, so gebraucht der Stift zum Fallen auf den Cylinder $\frac{3}{25} \frac{v}{v} = 0,012$ Secunde.

Um zu beobachten, ob die Bewegung gleichförmig sey, läßt man den Cylinder sich drehen, und wenn man glaubt, es geschehe recht gleichmäfsig, schließt man die Kette. Alsdann ist der Vorgang folgender.

Der Wagen, welcher die Elektromagnete und die Stifte trägt, setzt sich in Bewegung, und bei jedem Um-

gang machen die Stifte ihr Zeichen auf dem Cylinder in horizontaler Richtung, allein an verschiedenen Stellen.

Ist man am Ende des Cylinders angelangt und untersucht die Angaben, so muß man, falls die Bewegung gleichförmig ist, alle Marken auf derselben Richtlinie finden, dagegen auf einer Schneckenlinie, wenn sie beschleunigt oder verzögert ist, und auf einer Schlangenlinie, wenn sie ungleich ist. Man hat solchergestalt einen wahrhaft chronometrischen Apparat, der sich selbst verificirt.

Wir beobachteten die Bewegung bei Geschwindigkeiten von drittehalb bis drei Umgängen in der Secunde, und, als wir den Stift fallen ließen, fanden wir alle Zeichen auf einer und derselben Richtlinie; zuweilen ergaben sich Unterschiede von 1 Millimeter, was für diesen Augenblick in der Bewegung eine Variation von $\frac{1}{25000} = 0,0004$ Secunde anzeigt.

Um den Moment abzapfen, da die Geschwindigkeit gleichförmig geworden, beobachteten wir die Umgänge der Axe unmittelbar vor dem Cylinder mit einem Zähler; allein um dieser mehr oder weniger langweiligen Operation überhoben zu seyn, hatte ich die Idee, einen Commutator auf der Axe anzubringen, und einen Zähler (dessen Zeiger Punkte auf das Zifferblatt machte) mit einem System von Elektromagneten zu verknüpfen.

Bei jedem Umgang der Axe schloß der Commutator einen elektrischen Strom, der durch Umkreisung von Elektromagneten eine lebhafte Anziehung bewirkte, und das Ende eines Hebels auf den Knopf des Zählers drückte. Die auf das Zifferblatt gemachten Punkte zeigten eine große Regelmäßigkeit.

Dieses letztere Instrument könnte, wie uns scheint, mit Vortheil in Fabriken angewandt werden; denn mittelst Leiter, die vom Zimmer des Directors ausgingen und mit dem Regulator oder dem Cylinder einer Dampfmaschine verbunden wären, könnte man zu jeder Tages-

zeit und ohne Störung die Geschwindigkeit des einen oder anderen erfahren. Zu größserer Bequemlichkeit könnte man die Säule durch elektro-magnetische Ströme ersetzen.

Auch könnte dieß Instrument bei Beobachtungen über die Geschwindigkeit von Wasserrädern nützlich seyn.

XI. Ueber die Liquefaction und Solidification der Gase: von Hrn. M. Faraday.

(*Ann. de chimie et de phys. S. III T. XIII p. 20.* Ein Schreiben an Hrn. Dumas.)

Ich danke Ihnen für das Interesse, welches Sie an meinen Versuchen nehmen. Obwohl sie mich seit sechs Monaten beschäftigen, sind sie doch bald erzählt. Sie erinnern sich der Versuche des Hrn. Aimé¹⁾, welcher verschiedene Gase in die Tiefe des Meeres versenkte, und somit einem großen Druck aussetzte. Die Resultate konnten nicht im Zustande der Compression beobachtet werden, und wurden überdiß bei gewöhnlicher Temperatur beobachtet. Sie entsinnen sich auch der Versuche von Hrn. Cagniard-Latour mit dem Aether, durch welche er beweist, daß die Flüssigkeiten sich bei einer gewissen Temperatur ohne Volumsänderung in Dampf verwandeln.

Wenn der Punkt der Flüssigwerdung, wie es zu seyn scheint, der möglich niedrigste ist bei den flüchtigsten und leichtesten der als Gas existirenden Körper, so giebt es wenig oder keine Hoffnung Substanzen, wie Wasserstoff, Sauerstoff oder Stickstoff bei irgend einem Druck zu liqueficiren, so lange sie in gewöhnlichen Tem-

1) *Ann. de chim. et de phys. S. III T. VIII p. 257.*