Bei der von mir angewandten Methode sind die Bestimmungen ganz unabhängig von der Vergleichung zwischen dem luftgefüllten und dem luftleeren Raume. Denn es wird jedesmal zunächst die Ablenkung durch die mit atmosphärischer Luft, und sodann durch die zu untersuchende Gasart oder durch die leere Röhre bestimmt, so daß man jedesmal die unter gleichen Umständen für beide erhaltenen Werthe unmittelbar vergleichen kann.

*VI. Experimentelle Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichts; Beschreibung des Apparates;
von Hrn. L. Foucault.*

(*Compt. rend. T. LV, p. 792.*)

Ungeachtet der Beschränkung des Raumes und der Nichtgestaltung von Figuren werde ich versuchen, die Haupttheile des Apparats zu beschreiben, mittelst dessen ich über die Lichtgeschwindigkeit einen, von dem bisher angenommenen so verschiedenen Werth erhalten habe ¹⁾).

Dieser Apparat besteht aus: 1) Einem mikrometrischen Sehzeichen, licht ausgeschnitten aus der Oberfläche einer versilberten Glasplatte, — 2) Einem rotirenden Spiegel, auf der Axe einer kleinen Luftturbine stehend, — 3) Einem Gebläse von constantem Druck, — 4) Einem achromatischen Objectiv, — 5) Einer ungeraden Anzahl von sphärischen Hohlspiegeln aus versilbertem Glase, — 6) Einer geneigten Glasplatte für partielle Reflexion, — 7) Einem Mikroskop mit Mikrometer, — 8) Einem kreisrunden Schirm in Form eines gezahnten Rades und durch ein chronometrisches Räderwerk in Bewegung gesetzt.

Ich werde zunächst den ruhenden Apparat beschreiben.

1) Vergl. S. 485 dieses Bandes d. Ann.

Ein Bündel Sonnenlicht, horzional reflectirt von einem Heliostat, fällt auf ein mikrometrisches Sehzeichen, bestehend aus einer Reihe lothrechter Striche, die 0,1 Mllm. von einander entfernt sind. Dieses Sehzeichen ist bei dem Versuch das eigentliche Grundmaafs; es wurde von Hrn. Froment mit vieler Sorgfalt getheilt. Die durch diese Ursprungs-Ebene gegangenen Strahlen fallen, nachdem sie 1 Meter durchlaufen haben, auf den drehbaren Planspiegel, woran sie eine erste Reflexion erleiden, welche sie auf einen 4 Meter entfernten Hohlspiegel schickt. Zwischen diesen beiden Spiegeln und möglichst nahe am Planspiegel befindet sich das Objectiv, welches einerseits das virtuelle Bild des Sehzeichens und andererseits den Hohlspiegel in seinen beiden conjugirten Brennpunkten hat. Sind diese Bedingungen erfüllt, so wird das Lichtbündel, nachdem es durch das Objectiv gegangen ist, ein Bild vom Sehzeichen auf der Oberfläche des ersten Hohlspiegels erzeugen.

Von da reflectirt sich das Bündel ein zweites Mal in ziemlich schiefer Richtung, um den drehbaren Spiegel zu vermeiden, von welchem es in gewissem Abstände ein Bild im Raume erzeugt. An dem Orte, wo dieses Bild entsteht, stellt man einen zweiten Hohlspiegel auf, so orientirt, daß das Bündel, nach nochmaliger Reflexion nahe zum ersten Hohlspiegel zurückgeht und daselbst ein zweites Bild vom Sehzeichen erzeugt; dieses wird von einer dritten Hohlfläche aufgenommen und so fort bis zur Erzeugung eines letzten Bildes vom Sehzeichen an der Oberfläche eines letzten Hohlspiegels von ungerader Ordnungszahl. Ich habe solchergestalt bis fünf Spiegel anwenden können, die eine Linie von 20 Meter Länge verstaten.

Der letzte dieser Spiegel, getrennt von dem vorletzten, der ihm gegenüber steht, durch einen Abstand von 4 Metern, der seinem Krümmungshalbmesser gleich ist, schickt das Bündel genau in sich selbst zurück, eine Bedingung, welche man sicher erfüllt, indem man an der Oberfläche des gegenüberstehenden Spiegels das hingehende Bild mit dem hergehenden überdeckt. Ist dies geschehen, so ist man gewiß,

daß das Bündel durch die ganze Spiegelreihe zurückläuft, zum Planspiegel des Rotationsapparats und von da zum Sehzeichen hin, Punkt für Punkt, wie es eingetreten ist.

Es gelingt, diesen Rückgang der Strahlen zu bestätigen und sich ein zugängliches Bild zu verschaffen, indem man durch partielle Reflexion an einem unter 45° geneigten Glase einen Theil des Bündels ablenkt und mit einem schwachen Mikroskop untersucht. Dieses letztere, welches den zu astronomischen Beobachtungen gebräuchlichen mikrometrischen Mikroskopen ganz ähnlich ist, bildet mit dem Sehzeichen und dem geneigten Glase ein sehr fest verbundenes System.

In dem eben beschriebenen Apparat nimmt das reelle zum Mikroskop zurückgesandte Bild, welches von den rücklaufenden, partiell reflectirten Strahlen erzeugt wird, gegen das Glas und gegen das Sehzeichen selbst eine bestimmte Lage ein. Diese Lage ist genau die des virtuellen Bildes von dem durch Reflexion in der Ebene des Glases gesehenen Sehzeichen. Wenigstens findet dieß statt, so lange der Apparat in Ruhe ist. Wenn aber der Spiegel rotirt, so ändert das Bild seinen Ort, weil während der Zeit, welche das Licht zur Durchlaufung der zwei Mal gebrochenen Linien zwischen den Hohlspiegeln gebraucht, der Spiegel fortfährt sich zu drehen, und die Strahlen bei ihrer Rückkehr ihn nicht mehr unter derselben Incidenz treffen, wie im Moment der Ankunft. Daraus folgt, daß das Bild im Sinne der Bewegung des Spiegels verschoben wird und diese *Verschiebung* mit der Rotationsgeschwindigkeit zunimmt; sie wächst auch offenbar mit der Länge der Bahn und mit dem Abstand des Sehzeichens vom rotirenden Spiegel. Die Art, wie alle diese Größen auf den Versuch einwirken, so wie die Lichtgeschwindigkeit selbst, wird durch eine sehr einfache Formel ausgedrückt, die ich schon früher aufgestellt habe und hier also nur zu wiederholen brauche.

Nennt man V die Lichtgeschwindigkeit, n die Anzahl der Umdrehungen des Spiegels in der Sekunde, l die Länge der gebrochenen Linie zwischen dem rotirenden Spiegel

und dem letzten Hohlspiegel, r den Abstand des Sehzeichens vom rotirenden Spiegel und d die beobachtete Verschiebung, so findet man bei der Einrichtung des Apparats

$$V = \frac{8\pi nlr}{d},$$

welcher Ausdruck die Geschwindigkeit des Lichtes mittelst der einzeln zu messenden Größen giebt.

Die Abstände l und r werden direct mit einem Lineal oder einem Papierstreifen gemessen und darauf auf die Längeneinheit bezogen. Die Verschiebung d kann mikrometrisch gemessen werden; es bleibt nur noch zu zeigen, wie man die Anzahl n der Umdrehungen des Spiegels in einer Sekunde ermittle.

Zunächst sey gesagt, wie man dem Spiegel eine constante Geschwindigkeit einprägt.

Dieser Spiegel, ein versilbertes Glas von 14 Mllm. Durchmesser, steht direct auf der Axe einer kleinen Luftturbine eines bekannten Systems, das von Hrn. Froment bewundernswürdig ausgeführt ist. Die Luft dazu kommt aus einem Gebläse von hohem Druck, verfertigt von Hrn. Cavaillé-Coll, der in der Fabrikation großer Orgeln einen gegründeten Ruf erlangt hat. Da es darauf ankommt, daß der Druck eine große Beständigkeit habe, so durchstreicht die Luft beim Austritt aus dem Gebläse einen neuerdings von Hrn. Cavaillé erdachten Regulator, in welchem der Druck nicht um 0,2 Mllm. von einer 30 Centm. hohen Wassersäule schwankt. Beim Ausfluß aus den Oeffnungen der Turbine repräsentirt also die Luft eine bewegende Kraft von merkwürdiger Constanz. Andererseits stößt der Spiegel, indem er sich beschleunigt, in der umgebenden Luft bald auf einen Widerstand, der für eine gegebene Geschwindigkeit ebenfalls vollkommen constant ist. Zwischen diesen beiden entgegengesetzten Kräften, die dem Gleichgewicht anstreben, kann also der Spiegel nicht verfehlen, eine gleichförmige Geschwindigkeit anzunehmen und zu bewahren. Irgend ein auf den Ausfluß einwirkender Stopfer (obturateur) erlaubt

übrigens, diese Geschwindigkeit innerhalb sehr ausgedehnter Gränzen zu reguliren.

Es erübrigte endlich noch, die Anzahl der Umdrehungen zu zählen oder vielmehr dem Spiegel eine bestimmte Geschwindigkeit einzuprägen. Diefs Problem wurde folgendermaafsen vollständig gelöst.

Zwischen dem Mikroskop und dem partiell reflectirenden Glase befindet sich eine kreisrunde Scheibe, deren fein gezahnter Rand das zu beobachtende Bild übergreift und theilweise verdeckt. Die Scheibe dreht sich gleichmäfsig, so dafs, wenn das Bild in continuirlicher Weise erschiene, die Zähne an dem Umfang, wegen der schnellen Bewegung sich dem Blicke entziehen würden. Allein das Bild ist nicht permanent, es entspringt aus einer Reihe discontinuirlicher Erscheinungen, deren Anzahl gleich ist der der Umdrehungen des Spiegels; und in dem besonderen Falle, wo die Zähne des Schirms auch in derselben Anzahl auf einander folgen, entsteht für das Auge eine leicht erklärliche Täuschung, welche die Zahnung wieder zum Vorschein bringt, wie wenn die Scheibe sich nicht drehte. Gesetzt also, die Scheibe habe n Zähne auf ihrem Umfang und drehe sich einmal in der Sekunde; wenn man nun zugleich die Turbine in Gang setzt und den Ausflufs der bewegenden Luft regulirt, so wird es gelingen, die scheinbare Festigkeit der Zähne aufrecht zu halten und man wird es als sicher annehmen können, dafs dann der Spiegel wirklich n Umdrehungen in der Sekunde macht.

Hr. Froment, der die Turbine machte, war so gut, ein geometrisches Räderwerk zur Bewegung der Scheibe zu construiren. Es ist ein sehr merkwürdiges Uhrwerk, welches das Problem einer gleichförmigen Bewegung für den besonderen Fall, wo keine Arbeit zu leisten ist, auf eine elegante Weise löst. Diefs ist so vollständig gelungen, dafs es mir täglich begegnete, den Spiegel 400 Mal in der Sekunde umzudrehen, und die beiden Apparate während ganzer Minuten bis auf $\frac{1}{100000}$ in Einklang gehen zu sehen.

Obwohl ich indeß hinsichtlich der Zeitmessung jede Sicherheit erlangt hatte, so nahm ich doch mit Erstaunen Unregelmäßigkeiten in meinen Resultaten gewahr, die nicht im Verhältniß standen zu der Genauigkeit der Mittel zur Messung. Nach langem Suchen fand ich endlich, daß die Fehlerquelle in dem Mikrometer lag, das lange nicht den Grad von Genauigkeit besaß, den man ihm beilegen möchte. Um diese Schwierigkeit zu beseitigen, führte ich in das Beobachtungssystem eine Abänderung ein, die endlich auf eine bloße Veränderung der Variablen hinauslief. Statt die Verschiebung zu messen, wählte ich für dieselbe im Voraus einen bestimmten Werth z. B. 0,7 Mllm. oder 7 ganze Theile des Bildes, und ermittelte experimentell, welchen Abstand das Sehzeichen vom rotirenden Spiegel haben mußte, um diese Verschiebung zu bewirken; die Messungen führten dann auf eine Länge von ungefähr 1 Meter, die letzten Bruchtheile behielten noch eine direct sichtbare GröÙe und gestatteten keinen Fehler mehr.

Auf diese Weise wurde der Apparat von der Hauptursache der Unsicherheit befreit; seitdem stimmen die Resultate innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler überein und der Mittelwerth fixirt sich der Art, daß ich die neue Zahl, die mir bis auf ein Geringes die Lichtgeschwindigkeit im (leeren) Raume auszudrücken scheint, nämlich 298000 Kilometer in der Sekunde mittlerer Zeit, mit Vertrauen geben kann.