

des Spectroteleskops ein Fadenkreuz und den Babinet'schen Compensator und einen Nicol mit Theilkreis vor der Blendung am Auge und setze diesen Apparat bei einem Goniometer an Stelle des Fernrohrs.

Endlich sei noch eine Anwendung erwähnt, die für die Saccharimetrie von Interesse ist. Bringt man in der Focalweite der Collimatorlinse des Spectroteleskops eine kreisförmige Blendung an, die zur Hälfte mit einer Quarzplatte bedeckt ist, wie beim Laurent'schen Saccharimeter und einen Nicol am Auge, ferner in einiger Entfernung ein Collimatorrohr mit einem Nicol vor seiner Oeffnung, so erhält man ein Saccharimeter für alle Farben. Stellt man das Spectroskop auf Blau ein, so würde man die Drehungen der zu untersuchenden Körper im blauen Lichte untersuchen können, während man sie sonst meist im weissen oder Natronlichte untersucht. Bei dem erheblich grösseren Drehungsvermögen der meisten Körper für blaues Licht würde somit dies Saccharimeter viel empfindlicher sein als die gebräuchlichen.

Ich behalte mir vor, seiner Zeit über die Ausführung der hier vorgeschlagenen Untersuchungsmethoden zu berichten.

Berlin, den 4. Januar 1880.

VIII. *Ueber eine neue einfache Art der Schlierenbeobachtung; von V. Dvořák.*

Die Toepler'sche Methode der Schlierenbeobachtung¹⁾ gibt wohl ausgezeichnete Resultate, aber sie ist von Umständen begleitet, welche ihre Verwendung erschweren. Abgesehen davon, dass der Schlierenapparat kostbar und complicirt ist, ist das Gesichtsfeld desselben ziemlich klein (beim Apparate Toepler's war der Durchmesser des Gesichtsfeldes = 11,5 cm); auch können nicht mehrere gleichzeitig die betreffenden Erscheinungen beobachten. In solchen

1) Toepler, Pogg. Ann. **131**. p. 33 u. 180. 1867.

Fällen nun, wo die Toepler'sche Methode wegen der eben angeführten Umstände nicht gut anwendbar ist, kann man sich der hier beschriebenen Methode bedienen.

Der optische Apparat ist höchst einfach. Von dem Spiegel eines gewöhnlichen Heliostaten werden die Sonnenstrahlen auf eine Sammellinse ab (Taf. II Fig. 8) geleitet (Brennweite = 22,6 cm, Durchmesser = 7,1 cm) und treffen dann weiter auf eine zweite Sammellinse cd (Brennweite = 19,3 cm, Durchmesser = 2,8 cm). Die Entfernung der Linsen ist etwas kleiner als die Brennweite der Linse ab ; ich stellte die Linsen gewöhnlich in eine Entfernung von 21 cm. Ich habe dieses Linsensystem bei dem Heliostaten schon vorgefunden; es diente zur Projection der Polarisationserscheinungen.

Ein sehr wichtiger Theil ist ein Metalldiaphragma bei f (dem Brennpunkte des Linsensystemes) mit kreisförmiger Oeffnung von 1 mm Durchmesser. Die Ränder der Oeffnung sind zugeschärft, und das Diaphragma ist innen gut geschwärzt; es ist weiter in einem kurzen Röhrenstück befestigt, welches auf die Fassung der Linse cd aufgesteckt wird. Der Kegel der Sonnenstrahlen, welche aus f herauskommen, wird in einem dunklen Zimmer auf einem weissen Schirm mn aufgefangen. Die Entfernung fo beträgt 4,6 m. Die Objecte, welche man untersuchen will, stellt man in den Sonnenstrahlenkegel bei l in 2 bis 2,1 mm Entfernung von f . Der kreisförmige Durchschnitt des Kegels bei l hat einen Durchmesser ik von 70 cm; das ist also, wie man leicht sieht, der Durchmesser des Gesichtsfeldes.

In den meisten Fällen ist ein so grosses Gesichtsfeld unnöthig, während die breite beleuchtete Fläche mn am weissen Schirme im Versuchszimmer eine etwas störende Helligkeit verbreitet. Man verkleinert den Lichtkreis mn durch ein vor die Linse ab gesetztes Diaphragma gh von 43 mm Durchmesser. Dann ist der Durchmesser des Gesichtsfeldes $ik = 41$ cm. Ich habe bei allen Versuchen, wo nicht ausdrücklich das Gegentheil angeführt ist, das Diaphragma gh verwendet.

Die Objecte, welche sich bei ilk befinden, werfen einen Schatten auf den Schirm mn , und wir untersuchen eigentlich blos den Schatten der Objecte. Der Rand des Schattens ist nicht scharf begrenzt, sondern zeigt Beugungserscheinungen.

Die Linse cd kann man auch fortlassen. Ich benutzte sie aber regelmässig, weil man so eine gleichmässige Beleuchtung des weissen Schirmes erhält. Jede Ungleichmässigkeit am Heliostatenspiegel und an der Linse ab zeigt sich deutlich am Schirme mn , so lange man blos die Linse ab allein anwendet, verschwindet jedoch fast ganz, sobald die Linse cd hinzukommt. Man überzeugt sich leicht davon, wenn man den Spiegel oder die Linse an einer Stelle etwas befeuchtet. Was das Diaphragma bei f betrifft, so erhöht dasselbe beträchtlich die Empfindlichkeit des Apparates.

Natürlich braucht man sich an die hier angeführten Dimensionen des Apparates nicht genau anzuhalten, sondern man kann durch Probiren leicht herausfinden, welche Entfernungen der beiden Linsen und des Schirmes das beste Resultat geben.

Im Folgenden werde ich zuerst einige Versuche beschreiben, welche sich mit unserem Apparate ausführen lassen, und zum Schlusse werde ich einiges über dessen Theorie hinzufügen.

Prüfung der Empfindlichkeit. Die Empfindlichkeit des Apparates ist überraschend und kommt vielleicht der merkwürdigen Empfindlichkeit des Toepler'schen Apparates gleich.

Man bringe die warme Hand in den Kegeldurchschnitt bei k , und man sieht dann deutlich auf dem Schirme mn die von der Hand erwärmte Luft in Strömen aufsteigen. Auch die Probe der Empfindlichkeit, welche Toepler für seinen Apparat benutzte, besteht unser Apparat ganz gut. Man nehme zwei gleiche Cuvetten von vorzüglichem Spiegelglase, wie man sie für die Lichtabsorption benutzt. Die beiden Glaswände einer jeden müssen möglichst parallel sein. Die Cuvetten werden mit reinem Wasser gefüllt und

durch eine heberförmige Glasröhre von 1,8 mm innerem Durchmesser miteinander verbunden. Diese Glasröhre wird schon vorher ebenfalls mit Wasser gefüllt. Hebt man die eine Cuvette *A* (Taf. II Fig. 9), so fließt durch die Heberwirkung der Glasröhre das Wasser in die zweite Cuvette *B*. Der Wasserstrahl, welcher aus der Röhre auströmt, ist in der Cuvette *B* sehr gut sichtbar. Der Unterschied der Brechungsexponenten für den Wasserstrahl selbst und für das umgebende Wasser ist sicher unmessbar klein, und ist daher die Empfindlichkeit des Apparates eine fast unbegrenzte.

Weitere Versuche. Ich führe hier zuerst bloss einige Vorlesungsversuche an, welche sich leicht mit unserem Apparate ausführen lassen.

Ein Stück gewöhnliches Fensterglas zeigt sich natürlich sehr ungleichmässig. Aber auch gutes Spiegelglas zeigt gewöhnlich Flecken und Streifen, besonders wenn man die Glasfläche gegen die Sonnenstrahlen schief hält.

Für Flüssigkeiten nehme man eine Cuvette grösserer Sorte von etwa 3 cm Breite. Füllt man dieselbe mit Wasser und bläst auf die Oberfläche (nach Toepler) mit einem kleinen Blasebalge, so kühlt sich durch Verdunstung das Wasser oben ab und sinkt dann herunter. Dieses heruntersinkende Wasser sieht man am Schirme *mn* ganz gut.

Man erwärme weiter stark einen Löthkolben und halte dessen Spitze einige Secunden mit einem Punkte des Bodens der Cuvette in Berührung. Der Boden muss natürlich von Metall und nicht allzu dick sein. Sofort erhebt sich von der erwärmten Stelle eine ziemlich scharf begrenzte dunkle Säule mit pilzartigem Kopfe, welche sich auf der Oberfläche ausbreitet.

Hält man mit einer Pincette ein Salzkörnchen nur eine Secunde lang in die Wasseroberfläche, so sinken dunkle Streifen von Salzlösung herab.

Auch mit Gasen und Dämpfen lassen sich leicht Versuche anstellen. Man öffne eine Flasche mit Aether (oder Schwefelkohlenstoff) und neige dieselbe so weit, bis die

Flüssigkeit beinahe ausfliesst. Man sieht dann deutlich und auf einer grossen Strecke die Aetherdämpfe heruntersinken. Gut ist es, wenn dabei die Luft recht ruhig ist. Auch die bekannten Versuche des Uebergiessens von Kohlensäure aus einem Gefäss in ein zweites, das Ueberfliessen der Kohlensäure über den Rand des Gefässes etc., kann man leicht an dem Schirme *mn* zur Anschauung bringen. Ein leicht ausführbarer Versuch ist auch folgender. Man gebe in ein hohes, oben verengtes Gefäss (Mischcylinder) etwas Wasser und Natriumbicarbonat, dann schütte man etwas Schwefelsäure nach. Es entsteht eine augenblickliche Kohlensäureeruption, welche am Schirme *mn* einen überraschenden Anblick gewährt.

Ein hübsches Bild gibt ein Bunsen'scher Brenner, dessen Flamme man recht klein macht. Man sieht Massen von erwärmter Luft vom Brenner aufsteigen, meistens in scharfer Begrenzung mit eigenthümlichen Formen. Es ist gut, zu diesem Zwecke das Diaphragma *gh* zu entfernen, weil man ein grosses Gesichtsfeld braucht.

Sehr gut lässt sich unsere Methode auf die Untersuchung empfindlicher Gasstrahlen anwenden. Tyndall¹⁾ machte die Gasstrahlen durch beigemischem Salmiakrauch sichtbar. Er glaubt jedoch, dass die Empfindlichkeit der Gasstrahlen grösser wäre, falls man selbe ohne beigemischten Salmiakrauch sehen könnte. An einer andern Stelle erwähnt er, dass „die kleinste Menge mechanisch vertheilter Unreinigkeit auf die Flamme den grössten Einfluss habe“. Der Salmiakrauch ist selbst eine solche Unreinigkeit, und ausserdem verstopft er bald die Oeffnung der Ausflussröhre. Da wir nun auch einen reinen Gasstrahl leicht sichtbar machen können, so entfällt die unbequeme Anwendung des Salmiakrauches. Ich führte meine Versuche auf folgende Art aus. Ich nahm einen Blasebalg (von Koenig), welcher sehr gleichmässig wirkte, und zwar im Durchschnitte mit einem Drucke von 65 mm

1) Tyndall, Der Schall, II. Aufl. p. 289.

Wasser. Die Luft ging aus dem Blasebalge in eine möglichst grosse Flasche *A* (Taf. II Fig. 10), weiter von dort in eine kleinere *B*, und zwar durch eine Röhre, welche fast zum Boden der Flasche *B* reichte. Die Luft strömte durch die Röhre *C* aus. Die Ausströmungsöffnung hatte 0,8 bis 2 mm im Durchmesser. Die Ausströmungsgeschwindigkeit wird durch den Hahn *D* regulirt. Ist der Hahn zu viel oder zu wenig geöffnet, so ist der Gasstrahl kurz und unempfindlich. In die Flasche *B* bringt man einige Stücke mit Aether getränkter Baumwolle. Der Blasebalg wird zuerst vollständig gefüllt und dann sich selbst überlassen, bis er sich ganz entleert; er darf dabei weder zischen noch knarren. Natürlich könnte man den Blasebalg mit Vortheil durch einen Gasometer mit constantem Drucke ersetzen. Hat man den Ausfluss durch den Hahn *D* richtig regulirt, so wird am Schirme *mn* ein schöner Gasstrahl sichtbar, der zuweilen das ganze Gesichtsfeld einnimmt und sehr empfindlich ist. Für hohe Töne, sowie für Zischen ist derselbe nicht empfindlich, wie es schon Tyndall bei seinen Rauchstrahlen beobachtete, aber für tiefe Töne ist seine Empfindlichkeit ausserordentlich. Spricht man, oder singt man mit sehr gedämpfter Stimme, so kommt der Strahl in die grösste Unruhe. Sehr grossen Einfluss hat das Gehen, sowie das Scharren des Fusses am Boden. Tupft man unhörbar mit dem Finger auf den Tisch, auf welchem sich die Flaschen *A* und *B* befinden, so verkürzt sich der Strahl augenblicklich auf ein Drittel seiner Länge; zuweilen theilt er sich dabei gabelförmig.

Falls wir uns nicht vor dem Gasgeruche scheuen, können wir auch Leuchtgas verwenden. Dann brauchen wir weder Blasebalg noch Flaschen, Die Hauptsache ist wiederum die Regulirung des Ausflusses durch einen Hahn. Jedoch ist Aetherdampf etwas deutlicher sichtbar, als Leuchtgas.

Ich führte ausserdem noch einige Versuche mit erwärmter und abgekühlter Luft aus. Wir brauchen dazu den Blasebalg und die grosse Flasche *A*. Hinter dem

Hahn *D* setzt man ein Kautschukrohr an und an dasselbe eine schraubenförmig gewundene Kupferröhre *abcd* (Taf. II Fig. 11). Der schraubenförmige Theil wird am Bunsenbrenner bis zum Rothglühen erhitzt; natürlich muss der gerade Theil *cd* genug lang sein, damit nicht die bei *d* aufgesteckte Kautschukröhre durch die Hitze verdirbt. Nach Erhitzung der Kupferröhre entfernt man den Bunsenbrenner, füllt den Blasebalg und lässt die Luft bei *a* aus einer Oeffnung von 1 bis 1,5 mm ausströmen. Die Empfindlichkeit des Gasstrahles wird wiederum durch den Hahn *D* regulirt. Man sieht den Strahl noch dann ganz deutlich, wenn man das Kupferrohr *bc* bequem mit der Hand anfassen kann, wobei die Temperatur desselben also nicht mehr als beiläufig 35° C. beträgt. Die von der Oberfläche des Kupferrohres aufsteigende erhitzte Luft wirkt störend und verdeckt theilweise den Luftstrahl. Man kann dieselbe auf zweierlei Art unschädlich machen. Man stellt entweder die ganze Röhre *abcd* schief, sodass die von der Röhre aufsteigende Luft den Gasstrahl nicht trifft, oder man lässt die Röhre vertical und setzt ein Thongefäss *fg*, dessen Boden bei *h* durchbohrt ist, möglichst luftdicht auf den konisch verjüngten Theil *ab* der Röhre.

Falls man mit abgekühlten Luftstrahlen Versuche anstellen will, so stellt man den schraubenförmigen Theil *bc* der Röhre in eine Kältemischung. Auch solche Strahlen sind gut sichtbar und empfindlich.

Versuche mit dem electricischen Funken. Mehrere Versuche hat schon Toepler mit seinem Schlierenapparate ausgeführt. Ich will hier nur einiges über den Inductionsfunken hinzufügen. Man urtheilt aus verschiedenen electricischen Erscheinungen, dass die Luft, welche vom + Pole fortfliegt, eine grössere Geschwindigkeit besitzt, als die Luft, welche in entgegengesetzter Richtung vom — Pole fortgetrieben wird.¹⁾ Mit Hülfe der Schlieren-

1) Siehe darüber ausführlich Wiedemann, Galvanismus, 2. (2) p. 299 ff. Um den + Pol vom — Pol zu unterscheiden, bedient man sich der ungleichen Erwärmung der beiden Electroden. Man lasse den

methode sieht man Erscheinungen, welche das zu bestätigen scheinen.

Ich benutzte bei meinen Versuchen einen Inductionsapparat von Ruhmkorff mit Foucault'schem Unterbrecher, dessen Spule 36,5 cm lang war, und der durch 6 Smee'sche Elemente erregt wurde. Als Electroden dienten zwei zugespitzte Platindrähte von 0,6 mm Dicke. Ihre Entfernung war 3—4 mm. Die Erscheinung, welche man bei raschem Gange des Unterbrechers am Schirme mn sah, zeigt in einfachen Umrissen die Taf. II Fig. 12. Man erhöht beträchtlich die Schärfe des Bildes am Schirme mn , wenn man die Oeffnung des Diaphragmas bei f recht klein macht, etwa 0,5 mm im Durchmesser. Man kann weiter die in Taf. II Fig. 12 dargestellte Erscheinung stroboskopisch mittelst einer rotirenden Scheibe mit 4—6 engen radialen Schlitzten näher untersuchen. Man sieht dann nicht nur, wie die Erscheinung allmählich entsteht, sondern die Bilder sind auch bedeutend schärfer. Die Scheibe, welche sich um eine horizontale Axe dreht, kommt recht nahe zum Diaphragma bei f (Taf. II Fig. 8) und lässt das Licht immer nur auf sehr kurze Zeit durch. Weiter stelle man den Inductionsapparat so auf, dass der Schatten des Unterbrechers nahe zu dem Schatten der in Taf. II Fig. 12 abgebildeten Electroden fällt. Dreht man die Scheibe sehr gleichmässig (man setzt, um diese Gleichmässigkeit zu begünstigen, auf die Axe eine schwere Metallscheibe), so bringt man es bald dahin, dass der Schatten des Unterbrechers stille steht oder sich nur langsam bewegt. In letzterem Falle sieht man, wie ein kleines Wölkchen erwärmt Luft am + Pole auftaucht und sich gegen den — Pol allmählich vergrössert. Dieses würde also für den Funken einen momentanen, vom + Pole ausgehenden Luftstrom anzeigen. Da man am — Pole nichts Aehnliches sieht, so scheint der vom — Pole ausgehende Luftstrom so

Funken zwischen zwei dünnen Platindrähten überspringen, dann wird der — Pol rothglühend (bei stärkeren Apparaten kann er sogar schmelzen), während der + Pol nur wenig erwärmt wird.

schwach zu sein, dass er der Beobachtung entgeht. Die in der Taf. II Fig. 12 sichtbaren zurückgeschlagenen Wülste *a* und *b* zeigen sich auch oft bei kleinen Rauchsäulen, sowie besonders gut bei herabfallendem Aetherdampf auf dem vordern Ende der Säule und scheinen eine Wirkung des Luftwiderstandes zu sein. Die Fahne *c* am $-$ Pole rührt von der erwärmten Luft her, welche langsam aufsteigt; sie scheint wie durch einen vom $+$ Pole ausgehenden Luftstrom zur Seite getrieben. Wechselt man die Pole durch den Commutator, so kehrt sich die Erscheinung sofort um. Nimmt man die Funkenlänge grösser als 3 – 4 mm, so schwindet der Unterschied zwischen dem $+$ und dem $-$ Pole immer mehr, und bei einer Funkenlänge von einigen Centimetern ist es schon schwer, diesen Unterschied zu finden. Die Funkenbahn wird dann auch schon unregelmässig. Nimmt man statt des Drahtes der $-$ Electrode eine Kugel, so zeigt sich die in Taf. II Fig. 13 dargestellte Erscheinung, welche wiederum einen von der $+$ Electrode ausgehenden Luftstrom anzuzeigen scheint. Eine ähnliche Erscheinung erhält man, wenn beide Electroden kugelförmig sind.

Zum Schlusse mache ich auf die hübschen Erscheinungen aufmerksam, welche das Bild des Inductionsfunken zeigt, wenn derselbe eine beträchtliche Länge besitzt, nämlich etwa 20–30 cm.

Theorie des Apparates. Man gebe einen runden Glasstab *qp* in den Strahlenkegel bei *l* (Taf. II Fig. 8). Trotz seiner Durchsichtigkeit wirft er einen dunklen Schatten *rs*, gerade so, wie ein vollkommen undurchsichtiger Körper. Die Ursache ist, dass die Sonnenstrahlen, welche durch *qp* hindurchgehen, nach allen möglichen Richtungen zerstreut werden, bevor sie den Schirm *mn* erreichen. In den geometrischen Schatten *rs* kommen deshalb nur äusserst wenig Strahlen, und derselbe erscheint also dunkel. Etwas Aehnliches tritt ein, wie es scheint, wenn wir z. B. eine Gassäule in den Strahlenkegel versetzen. Aber wegen des geringen Unterschiedes der Brechungsexponenten von Luft

und Gas werden die Strahlen, welche die Gassäule passieren, nur wenig abgelenkt. Ausserdem werden die Strahlen, welche durch die Gassäule hindurchgehen, mit denjenigen, welche neben derselben vorbeigehen, interferiren. Man sieht daraus, dass die vollständige Theorie der Schatten durchsichtiger Körper sehr complicirt ist, und wir werden uns daher auf dieselbe nicht weiter einlassen. Ich will aber dennoch einige auffallende Interferenzerscheinungen anführen, welche ich bei meinen Versuchen beobachtet habe. Nehmen wir wiederum die Flasche *B* (Taf. II Fig. 10) mit in Aether getränkter Baumwolle. Die Ausflussröhre *C* soll aber ziemlich breit sein (etwa 1 cm.). Ihr ebener Rand wird oben mit einer dünnen Metallplatte geschlossen, welche eine quadratische Oeffnung von 5 mm Seite besitzt. Auf die Metallplatte klebt man ein Stückchen starken Stanniol auf, in welchem sich eine kleine, runde Oeffnung befindet. Blasen wir durch die Flasche *B*, so steigt aus dieser Oeffnung ein Strahl von Aetherdämpfen empor. Die Interferenzerscheinungen am Schatten des Strahles sind von dem Durchmesser der Ausflussöffnung abhängig. Ist derselbe = 0,56 mm, $lf = 2,15$ m, $f_0 = 4,6$ m, die Oeffnung des Diaphragmas bei $f = 0,5$ mm, so zeigt sich in der Mitte des Schattens ein lichter Streifen, und zu beiden Seiten farbige, helle und dunkle Streifen. Ist der Durchmesser der Oeffnung = 3,4 mm, so zeigen sich in der Mitte des Schattens zwei schmale, dunkle Streifen. Eine hübsche Erscheinung gibt eine in Stanniol ausgeschnittene rechteckige Ausflussöffnung von 4 mm Länge und 0,25 mm Breite. Der Strahl verengt sich stark oberhalb der Oeffnung (*contractio venae*) und zeigt lebhaft gefärbte Interferenzstreifen. Zierliche Interferenzerscheinungen erhält man auch, wenn das Stanniolblättchen, welches die Ausflussöffnung trägt, nicht luftdicht auf die Metallplatte aufgeklebt ist, sodass zwischen beiden an verschiedenen Stellen schmale Gasstrahlen entweichen. Diese zeigen regelmässig lebhaft gefärbte Streifen.

Agram, den 25. October 1879.