

III. *Christ. Doppler's neueste Leistungen auf dem Gebiete der physikalischen Apparatenlehre, Akustik, Optik und optischen Astronomie; dargestellt von Dr. B. Bolzano.*

---

Seit ich die in Bd. 60, S. 83 bis 85 dieser Annalen aufgenommenen »*Bemerkungen über die neue Theorie Professor Doppler's, in der Schrift: über das farbige Licht der Doppelsterne u. s. w.,*« eingesandt habe, sind von demselben Gelehrten bis jetzt nicht weniger als zwölf Abhandlungen <sup>1)</sup> an's Licht gestellt worden, deren jede manche neue, und einer ferneren Beachtung und Untersuchung werthe Gedanken darbietet. Da zu besorgen steht, daß diese Abhandlungen nicht Allen, für die ihr Inhalt wichtig seyn muß, zu Gesichte kommen, um so weniger, weil mehre derselben aus ihrem Titel eben nicht errathen lassen, was für verschiedenartige Gegenstände sie besprechen: so habe ich mich, aus bloßer Liebe zu einer Wissenschaft, deren Fortschritte seit einem halben Jahrhunderte bereits nie für mich gleichgültig gewesen sind, der kleinen Mühe unterzogen, hier eine kurze Uebersicht dieser Gedanken zu liefern. Ich habe mich hiebei nicht an die Ordnung, in der die Gegenstände in den Abhandlungen selbst vorkommen, sondern an ihren inneren Zusammenhang gehalten, und sie daher

1) Ich übergehe bei dieser Zählung absichtlich Doppler's im J. 1845 erschienene Abhandlung: »*Ueber die bisherigen Versuche des Aberrationsphänomens,*« (die wie die übrigen, bis auf eine einzige unten anzuführende Ausnahme, aus den Abh. d. K. Gesellschaft d. Wissensch. in Prag besonders abgedruckt, und in Commission bei Borrosch und Andrá zu haben ist), weil hier doch eigentlich keine neue Lehre aufgestellt, sondern nur die Unhaltbarkeit der bisherigen Erklärungen jenes Phänomens gezeigt wird. Auch auf den Inhalt der in diesen Annalen selbst schon, Bd. 68, S. 1 bis 35, aufgenommenen Abhandlung Doppler's: »*Bemerkungen zu meiner Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne u. s. w.*« werde ich hier keine Rücksicht nehmen, weil ich voraussetzen darf, daß sie den Lesern schon bekannt sey.

blofs nach den Wissenschaften, in welche sie zunächst gehören, abgetheilt; was mir für den Zweck dieser Blätter jedenfalls geeigneter schien.

### I. Zur physikalischen Apparatenlehre.

Apparate, deren Gebrauch sich nicht blofs auf eine einzige Kunst oder Wissenschaft beschränkt, gehören eben deshalb nicht dieser einzigen an, und werden somit entweder in der Wissenschaft, auf deren Lehrsätzen ihre Einrichtung vornehmlich beruht, oder noch zweckmäfsiger in einer eigenen Wissenschaft, der wir den Namen der *physikalischen Apparatenlehre* geben, beschrieben. Zu den Maschinen, die Doppler bereits in früheren Jahren ersonnen <sup>1)</sup>, kommen in den uns jetzt vorliegenden Abhandlungen nachstehende Apparate und Operationsmethoden hinzu.

1) Das von ihm sogenannte optische *Diastamometer* (optischer Fernmesser) <sup>2)</sup>, eine Art Fernrohr, mit dem man die Entfernung jedes nicht allzufernen terrestrischen Gegenstandes durch blofses Anvisiren mit einer für die meisten Zwecke mehr als zulänglichen Genauigkeit erfährt; ein Werkzeug, das alle bisherigen Distanzmesser an Brauchbarkeit und an Bequemlichkeit entschieden übertrifft, und für die verschiedenen Zweige der practischen Feldmefskunst, der Kriegswissenschaft, der Seefahrtkunde und m. a. Künste und Lebenszwecke wichtige Dienste verspricht. Die Einrichtung beruht auf dem bekannten Umstande, dafs die von dem Objectivglase eines Fernrohrs erzeugten Bilder um desto näher an dessen Brennpunkt heranrücken, je mehr die Gegenstände sich entfernen; daher das Ocularglas dem Objectiv näher gerückt werden mufs, um den Gegenstand deutlich zu sehen, und eben aus dieser nöthig gewordenen

1) Hieher gehören besonders sein *Cyklograph* zur Verzeichnung von Kreisbögen mit sehr grossem Halbmesser, und sein Instrument zur Verzeichnung der *Cartesischen Curven*.

2) Siehe die erste der „zwei Abhandlungen aus dem Gebiete der Optik.“ Prag 1845.

Verschiebung ein Schluss auf die Entfernung des Gegenstandes selbst gemacht werden kann. Die große Schwierigkeit, wie dies mit einiger Genauigkeit geschehen kann, wenn, wie bei Entfernungen, die vielfach größer sind, als die Focalweite des Objectivglases, die Bilder kaum um ein Merkliches noch auseinanderrücken, sucht Doppler durch die höchst sinnreiche Einrichtung zu beseitigen, daß er statt jedes der beiden einfachen Gläser, des Objectivs sowohl als des Oculars, eine Verbindung zweier Linsen setzt, deren eine convex, die andere concav ist, und zwar in solcher Weise, daß die Zerstreuungsgläser *B* und *C*, Fig. 8, Taf. I, bedeutend stärker als die Sammellinsen *A* und *B* sind; daher sich das Bild, das *A* allein in *p* erzeugt hätte, durch *B* nach *o* versetzt findet; zu welcher Stelle hin die für ein gegebenes Auge unverrückt bleibende Verbindung der Gläser *C* und *D* in der Ocularröhre so nahe geschoben wird, bis man den Gegenstand ganz deutlich sieht; worauf dann eine am äußeren Theile des Apparats längs *op* angebrachte Scale die Entfernung des Gegenstandes anzeigt. Man begreift bald, wie ein so eingerichtetes Fernrohr bei sehr mäßiger Länge dasselbe leisten könne, was eines aus zwei Convexlinsen bei einer ungemein großen Länge noch kaum geleistet hätte. Weil übrigens, wie sich die Bilder entfernterer Objecte hinter einem convexen Glase zusammendrängen, so umgekehrt die Bilder sehr nahe (innerhalb der Brennweite) liegender Gegenstände weiter als diese selbst auseinandertreten: so übersah es Doppler auch nicht, daß dieser Umstand benutzt werden könne, um kleine und in die Tiefe gehende Abstände zu messen; wie dies z. B. zu der Bestimmung der Tieflage einzelner Organe bei Infusorien oder vegetabilischer Gebilde, zur Messung der Unebenheiten rauher Körper und in so manchem anwendbar wäre, wo eine andere Messungsmethode nicht anderen Falle, erwünscht werden kann. Indessen begnügt er sich hier nur mit der Andeutung dieses Gedankens, wie er denn überhaupt am Schlusse geschickte Optiker auffordert, seine diesfälligen Ideen erst durch Versuche vollständiger zu erproben.

2) *Ein Mittel, periodische Bewegungen von ungemeiner Schnelligkeit wahrnehmbar zu machen und zu bestimmen* <sup>1)</sup>.

Betrachten wir einen in periodisch wiederkehrender Bewegung begriffenen Gegenstand durch eine mit einer Oeffnung versehene Scheibe, die sich in gleicher Zeit herumdreht: so ist klar, daß unser Auge den Gegenstand immer nur in derselben Phase seiner Bewegung und an derselben Stelle erblickt. Erfolgen nun diese congruirenden Eindrücke auf das Auge innerhalb einer Zeit, die kürzer ist als die bekannte Nachwirkung eines Lichteindrucks währt, d. h. ist jene Umdrehungszeit kürzer als 0,35 Sec.: so erscheint uns der Gegenstand ganz, als ob er ruhte, in seiner eigenthümlichen Gestalt und Farbe. Das ist auch noch der Fall, wenn sich die Scheibe langsamer als das Object bewegt, doch so, daß ihre Umlaufszeit genau ein Vielfaches von jener des Objects, und jedenfalls auch noch kürzer als 0,35 Sec. ist. Dieser Umstand nun erschließt uns die Möglichkeit, Bewegungen von jeder auch noch so großen Geschwindigkeit der sinnlichen Wahrnehmung und Berechnung zugänglich zu machen, sofern nur auch die Bewegung der Scheibe gehörig regulirt und ihre Geschwindigkeit gemessen werden kann. Zu diesem Zwecke räth der Verf., eine mit einer oder auch mehreren gleich weit abstehenden Oeffnungen versehene Scheibe an das gezähnte Drehrad der *Sirene von Cagniard de la Tour* zu befestigen, und diese durch Zuführung von Luft in eine allmählig zunehmende Bewegung zu versetzen, während man durch die vor dem Auge vorübereilenden Oeffnungen nach dem bewegten Objecte sieht. Der Umstand, daß wir uns schon durch die sich immer gleich bleibende Tonhöhe von der gleichförmigen Bewegung der Scheibe versichern, die Anzahl ihrer Umdrehungen aber durch den angebrachten Zählapparat ermitteln können, läßt erwarten, daß wir die periodische Bewegung des Objects mit einem hohen Grade von Verlässlichkeit werden bestimmen können. In vielen Fällen wird

1) Siehe die zweite der nur erwähnten „*Abhandlungen a. d. Gebiete der Optik*. (Das Mittel ist übrigens nicht neu, unter Anderen schon von Savart angewandt worden. P.)

es auch dienlicher seyn, statt die Wahrnehmung des Object's periodisch zu unterbrechen, die Quelle der Beleuchtung selbst in eine periodisch intermittirende zu verwandeln; wozu nur nöthig ist, die rotirende Scheibe unmittelbar vor der Lichtquelle anzubringen, und dafür zu sorgen, dafs dem Objecte nur durch die Oeffnung der Scheibe Licht zukomme.

3) Manchen gewifs sehr dankenswerthen *Beitrag zur Kunst des Schleifens* im Allgemeinen, und insbesondere *der Gläser und Metallspiegel* liefert uns Doppler <sup>1)</sup>, indem er nachweist:

- a) dafs es in allen denjenigen Fällen, wo es sich darum handelt, eine möglichst glatte (spiegelnde) Oberfläche zu erzeugen, zweckmäfsig sey, den sogenannten *Schleifer* nie so stark anzudrücken und nie so schnell fortzuführen, dafs die Theilchen des Schleifmittels (z. B. des Schmergels) in den zu schleifenden Körper sich gleichsam einhaken und auf denselben somit als eine Art von Feile einwirken; sondern vielmehr dahin zu sehen, dafs diese Theilchen immer in einer *rollenden* Bewegung fortgleiten.
- b) Es wird mit Berufung auf hierüber angestellte eigene sowohl als fremde Erfahrungen bewiesen, dafs es ein Vorurtheil sey, man könne bei einer blofs rotirenden Bewegung des Schleifers *keine vollkommene Glätte* erreichen, weil sich stets Streifen oder Ringe, oder ein sogenannter Strich erzeuge. Doch wird empfohlen,
- c) so oft es thunlich ist, für den Schleifer ein gleiches Material, z. B. Glas bei Gläsern zu mahlen; ingleichen
- d) denselben von Zeit zu Zeit in die Höhe zu heben, dafs neue Schleiftheilchen unter ihn kommen. Es wird ferner
- e) erwiesen, dafs es in allen Fällen, wo keine ebene oder sphärische Oberfläche erzeugt werden soll (also

1) In der reichhaltigen Abhandlung: „*Ueber eine wesentliche Verbesserung des katoptrischen Mikroskops; mit sechs lithographirten Tafeln.*“ Prag 1845.“

z. B. bei *Ellipsoiden*) nöthig sey, sich eines Schleifers zu bedienen, der dem zu schleifenden Körper nur eine Art von *Spitze* darbietet;

- f) dafs man diesen Schleifer nie in der Richtung der Normale, sondern in *schiefer Richtung* auf die zu bildende Fläche müsse einwirken lassen; so zwar, dafs  
g) jede Stelle der Fläche, die eine andere Krümmung hat, auch von einer anderen Stelle des Schleifers berührt wird.

4) Sind die so eben in Aussicht gestellten Fortschritte in der Kunst des Schleifens errungen, so wird auch eine bis nunmehr unerreichbare Vervollkommnung unserer *katoptrischen* sowohl als *dioptrischen* *Schwerkzeuge* ermöglicht. Es kann nämlich nicht ferner gezweifelt werden an der Möglichkeit, Spiegel sowohl als Gläser von jeder beliebigen Krümmung ihrer Oberflächen zu liefern. Doppler begnügt sich, ein Paar zu diesem Zwecke geeignete Maschinen zu beschreiben, am genauesten Eine zur Schleifung *elliptischer Spiegel*, gleichviel nach welchem aus einer Ellipse entnommenen *Bogenstücke* sie gekrümmt seyn sollen. Ein Umstand von grofser Wichtigkeit, weil — wie gezeigt wird — keineswegs der um den Scheitel des Ellipsoids, sondern ein nach der beabsichtigten Vergrößerung verschieden gelegener Theil zwischen den beiden Axen die tauglichste Krümmung für einen *katoptrischen Spiegel* darbietet.

5) In Beziehung auf Spiegel empfiehlt uns der Verf. <sup>1)</sup> auch noch ein eigenes Gemisch aus *Silber und Zink*, welches nach seinen hierüber angestellten Versuchen den höchsten Grad der Politur annimmt; und rath auch, sie möglichst dünn und in eisernen Formen von bedeutender Masse zu giefsen, damit die *Abkühlung* möglichst beschleunigt werde.

6) Das von der Form dieser Spiegel No. 4 Gesagte gilt übrigens in seinem ganzen Umfange erst, wenn die von Doppler hier zuerst vorgeschlagene *Construction* der katoptrischen *Schwerkzeuge* befolgt wird, bestehend darin,

1) In Hensler's Zeitschrift. Mittheilungen v. J. 1844. S. 389.

dafs man statt zweier, nur einen einzigen Spiegel gebraucht, den man so stellt, dafs der vom Gegenstande kommende Strahl schief, ungefähr unter einem Winkel von  $45^{\circ}$  einfällt, und der reflectirte mit ihm sonach einen *rechten Winkel* bildet. Durch diese bei Fernröhren eben so wie bei Mikroskopen anwendbare Einrichtung werden, selbst wenn die sphärische Gestalt noch immer beibehalten wird, folgende Vortheile erreicht:

- $\alpha$ ) die erzeugten Bilder besitzen wegen der nur einmaligen Reflexion eine bedeutend gröfsere Lichtstärke; und haben
- $\beta$ ) besonders in der Mitte des Gesichtsfeldes nicht jene Dunkelheit, worüber man bei den bisherigen katoptrischen Werkzeugen klagt;
- $\gamma$ ) sind von den Schwierigkeiten und Fehlern befreit, die eine genaue Zusammenstellung der beiden Spiegel verursacht;
- $\delta$ ) da alle Strahlen hier schief auffallen, so werden sie (wie bekannt) nicht nur *vollständiger*, sondern auch *regelmäfsiger* zurückgeworfen, da ja selbst Flächen, die bei senkrecht auffallenden Strahlen gar keine Spiegelung zeigen, spiegeln, sobald sie schief gehalten werden.

Bei der *elliptischen* Form erhalten überdies

- $\epsilon$ ) die durch das Ocular angesehenen Bilder einen viel höheren Grad von Vollkommenheit, da sie von den Fehlern der Kugelabweichung frei sind.
- $\zeta$ ) Die *Mikroskope* aber werden wegen der gröfseren Entfernung des Objectisches vom Tubus eine noch viel bequemere Beleuchtung als selbst jene von Amici verstatten.
- $\eta$ ) *Spiegelfernröhre* endlich, nach diesem Princip erbaut, müssen an Lichtstärke sowohl als an Präcision des Bildes die Teleskope Newton's, Gregory's und Cassegrain's weit übertreffen; und es ist in der That zu bewundern, dafs man es auch bei Anwendung des Paraboloïds zu Brenn- oder Beleuchtungsspiegeln

bisher noch unterliefs, eine andere als die **Scheitel-**partbie zu benutzen.

7) Nachdem der Verfasser die Gründe angegeben, warum er beim *Fernrohre* eine beträchtlich höhere Vervollkommnung, namentlich eine bedeutend stärkere Vergrößerung des Bildes, als eben jetzt schon durch Herschel's und Rofs's *Riesenteleskope* geleistet worden ist, kaum mehr für möglich erachte, beklagt er, wie uns däucht, sehr mit Recht, dafs hinsichtlich auf das *Mikroskop* (von dessen Vervollkommnung sich doch die Naturkunde, die Heilkunst und mehrere andere Wissenschaften die wichtigsten Dienste versprechen können), nicht einmal dasjenige geleistet worden sey, was man füglich schon auf dem bisherigen Standpunkte der Wissenschaft zu leisten vermocht hätte. Er spricht nun den sehr billigen Wunsch aus, dafs man, nachdem wir bereits so viele mit Königlicher Munificenz errichtete und mit den kostbarsten Instrumenten ausgerüstete Tempel Uraniens haben, endlich auch ein mikroskopisches Observatorium mit einem *Riesenmikroskope* erbauen möge. Nach seinem Vorschlage wäre hiezu nichts weiteres erforderlich als ein einstöckiges Gebäude von etwa 40° Länge, und nöthigenfalls selbst nur 5° Breite; in dessen erstem gegen Süden gelegenen ebenerdigen Zimmer sich der Objectivtisch befände, versehen mit allen möglichen Beleuchtungsapparaten für durchscheinende sowohl als dunkle Gegenstände (bei welcher Gelegenheit der Verf. erinnert, dafs er ein Mittel kenne, das Sonnenlicht mit Absonderung fast all seiner Wärmestrahlen zu concentriren). In dem unmittelbar über diesem befindlichen Zimmer des ersten Stockes wäre der einzige unter einem Winkel von 45° schief gestellte Spiegel, der etwa 20 Mal vergrößern würde, wenn er eine Brennweite von 2° hätte, wobei er etwa 2' lang und 14" breit seyn könnte. Das Licht von den Objecten fiel durch ein hinreichend großes Loch in dem Fußboden auf diesen Spiegel, und würde in einer nahezu horizontalen Richtung in den anstossenden finsternen Gang geworfen, an dessen Ende es durch einen Oculareinsatz von etwa

1000facher Vergrößerung aufgefangen, dem Auge den Gegenstand in einer 20000fachen linearen Vergrößerung darstellen würde. Ein solches Riesenmikroskop würde nun nebst den schon No. 6 erwähnten noch folgende Vortheile gewähren:

- $\alpha$ ) Den zu betrachtenden Objecten könnte jeder nur immer beliebige Grad der Beleuchtung durch Sonnen- oder Hydrooxygengas-Licht ertheilt werden.
- $\beta$ ) Darum, und wegen ihrer im Vergleiche zur Entfernung vom Spiegel außerordentlichen Kleinheit, würden sie ein sehr helles und vollkommen scharf begrenztes physisches Bild dem Ocular darbieten.
- $\gamma$ ) Auch wäre das Gesichtsfeld hier ein viel weiteres, und es würden somit kleine sich bewegende Körper, wie Infusorien, sich nicht gleich wieder der Beobachtung entziehen; ja es könnten selbst größere Körper, z. B. Glieder des menschlichen Leibes, in ihren organischen Veränderungen mikroskopisch beobachtet werden, woraus sich vielleicht gar manche Aufschlüsse über die Natur gewisser Krankheiten, und Mittel zu ihrer Diagnose sowohl als Heilung ergeben würden u. s. w.

8) *Ein Apparat, um jede noch so geringe Abweichung eines Lichtstrahls von seiner Bahn auf das Genaueste zu messen.* <sup>1)</sup> Die Sache beruht auf dem sehr einfachen Gedanken, daß ein Lichtstrahl  $QT$  (Fig. 9, Taf. I), der auf eine spiegelnde Cylinderfläche so auffällt, daß er sie in  $T$  entweder genau oder doch nahezu berührt, durch die geringste Ablenkung in seiner Richtung  $QM$  von derselben Fläche dergestalt reflectirt wird, daß seine neue Richtung  $Mm$  mit der ersten einen vielfältig größeren Winkel  $moT = \omega$  bildet, als der ursprüngliche Ablenkungswinkel  $TQM = \rho$  war. Ist nämlich die Entfernung  $QT = a$ , der Halbmesser  $CT = r$ , so findet sich,  $\rho$  und  $\omega$  in Secunden ausgedrückt:

1) In der letzten der „drei Abhandlungen aus dem Gebiete der Welterlehnlehre u. s. w. Prag 1846.“

$$\omega = 648000 - [2 \cdot \text{arc. sin} (\cos. \varrho - \frac{a}{r} \sin \varrho) + \varrho]$$

und wenn man  $\cos \varrho$  vernachlässigen kann:

$$\omega = 2 \text{arc. cos} \left( 1 - 0,0000048481 \frac{a\varrho}{r} \right) - 1.$$

Also z. B. wenn  $a = 50''$ ,  $r = 0'',5$  und der Winkel  $\varrho$  nur 0,001 Sec. beträgt, so ist  $\omega = 1294$  Sec., d. h. 129400 Mal so groß als  $\varrho$ . Und wenn dieser Strahl von da auf einen zweiten spiegelnden Cylinder von derselben Größe fiele, wo aber  $a$  nur  $= 12''$  wäre, so erhielte man einen Ablenkungswinkel, der  $\varrho$  schon mehr als 22 Millionen Mal überträfe. Doppler wählt nun zu seinem Mefsapparat in der That zwei Cylinder  $A$  und  $B$  (Fig. 10, Taf. I) von 1 Zoll Durchmesser, beide in Nuthen beweglich, deren die eine  $a\alpha$  auf den Strahl  $QT$ , dessen Ablenkung gemessen werden soll, nahezu senkrecht, die andere  $b\beta$  nahezu ihm gleichlaufend ist. Erst stellt man  $A$  so weit zurück, daß es vom Strahle noch nicht berührt wird, zieht den Cylinder  $B$  in seiner Nuthe gegen  $\beta$  zurück, und giebt der Diopter  $O$  eine solche Lage, daß der von  $B$  irgendwo in  $G$  reflectirte Strahl  $GH$  durch sie gesehen wird; worauf man den Cylinder  $A$  mittelst einer Stell- und Mikrometerschraube dem Strahle  $QT$  wieder so sehr nähert, als es nur möglich ist, ohne eine Ablenkung desselben zu bewirken. In dieser Stellung nun läßt man beide Cylinder, bis jene den Strahl  $QT$  aus seiner Lage verrückende Ursache eingewirkt, und ihn aus  $QT$  in  $QM$  versetzt hat. So klein auch der Winkel  $TQM$  seyn mag, wird doch der Winkel  $QRL$  groß genug seyn, um ihn zu messen, und rückwärts aus ihm den ersteren zu berechnen.

9) Endlich beschreibt Doppler <sup>1)</sup> ein *Photometer oder einen Apparat zur Messung der Lichtintensitäten*, von dem er in der Folge einen höchst wichtigen Gebrauch macht. Diefes Instrument besteht aus einer matt schwarzen Platte aus Blech oder sonstigem Material  $ab$  (Fig. 11) von etwa 8 bis 12" Länge und etwa 8" Breite mit einer Querwand

1) In den „*Beiträgen zur Fixsternkunde*. Prag 1846. S. 5 u. ff.“

bei  $b$ , deren veränderliche Breite  $cd$  so verkürzt werden kann, bis der Beobachter, der das mit einer Handhabe bei  $h$  nach unten zu, und bei  $a$  durch eine sattelähnliche Vertiefung zur Aufnahme des Gesichtsvorsprungs versehene Instrument vor sich nimmt, einen entfernten Gegenstand mit beiden Augen zu sehen beginnt, und demnach mit jedem einzeln nur die Hälfte des ganzen Gesichtsfeldes übersieht. In  $o$  und  $o'$  sind Dioptern mit veränderlichen, doch genau meßbaren Aperturen angebracht. Zu diesem Zwecke schlägt Doppler vor, diese Oeffnungen nicht kreisrund, sondern rechteckig einzurichten, etwa indem man zwei über einander liegende feine Doppelplättchen so anbringt, daß sie sich mittelst Mikrometerschrauben nähern und entfernen lassen, und eine bequeme Ablesung der Seiten des Rechtecks gestatten. Bei Gegenständen, die mit freien Augen gar nicht mehr sichtbar sind, wird man statt bloßer Dioptern zwei möglichst gleiche Fernröhre anzubringen haben.

Dieses Werkzeug nun dient zur Messung der Lichtintensitäten zweier Objecte, deren das Eine durch das Eine, das andere gleichzeitig durch das andere Auge gesehen werden kann, wenn man die Aperturen so lange ändert, bis beide Objecte einen ganz gleichen Eindruck auf das Auge machen, wo dann begreiflich aus der Verschiedenheit der dazu nöthigen Aperturen auf die verschiedene Intensität des Lichts der Objecte geschlossen werden kann. Wie man sich zu helfen habe, wenn die Empfindlichkeit der Augen für das Licht ungleich ist, muß man bei dem Verf. selbst nachlesen. <sup>1)</sup>

- 1) Nebst den hier aufgezählten hat Doppler's fruchtbares Talent noch mehrere andere Maschinen und Apparate erdacht, die theils schon in der Wirklichkeit ausgeführt, ihre Brauchbarkeit erproben, theils in Modellen oder nur in Beschreibungen dem Gutachten der Prager K. Gesellschaft der Wissensch. vorgelegt wurden, ohne dem größeren Publico bisher noch bekannt geworden zu seyn. Ich will nur einige hiervon nennen. Ein *Gesichtswinkelmesser* (Ommatogoniometer) mißt mit der größten Schnelligkeit den Gesichtswinkel, unter welchem sich ein Paar Objecte unserem Auge dargeboten haben; eine *Kniehebel- und eine Hebladen-Press*e von eigenthümlichen Bauc; davon die erste be-

## II. Zur Akustik, Optik und allgemeinen Wellenlehre.

1) Die sehr einleuchtende Wahrheit der allgemeinen Wellenlehre, auf welche Doppler zuerst aufmerksam machte <sup>1)</sup>, dafs nämlich die Einwirkung, die ein in Wellenbewegung begriffenes Mittel, auf einen diese Wellen auffangenden Gegenstand ausübt, eine Veränderung erfahren müsse, wenn dieser Gegenstand selbst, oder das Mittel oder das die Wellen erregende Object ihre gegenseitige Stellung mit einer Geschwindigkeit ändern, die nicht ganz unbedeutend ist im Vergleiche zu dem bei dieser Wellenbewegung stattfindenden Geschwindigkeiten, — ist zu viel umfassend und zu fruchtbar in ihren Anwendungen, als dafs sie durch das Wenige, was Doppler darüber in jener Abhandlung, oder in seinen Bemerkungen dazu <sup>2)</sup> gesagt, hätte erschöpft werden können. Wieder nur einige besondere Fälle also jetzt zunächst in Beziehung auf den Schall, betrachtet Doppler unter der Ueberschrift: *Methode, die Geschwindigkeit, mit der die Luftmolekel beim Schalle schwingen, zu bestimmen.* <sup>3)</sup> Eine Locomotive *Q* fährt auf geradliniger Bahn von *B* über *A* gegen *C* (Fig. 12, Taf. I). An dem Orte *A*, wo die Maschine bereits eine gleichförmige Geschwindigkeit  $=a$  erreicht hat, steht ein Beobachter, der aufmerkt, an welcher Stelle *Q* der Ton eines mit der Maschine selbst forteilenden Toninstruments einen ganz gleichen Eindruck auf sein Ohr macht, wie der Ton eines in *A* aufgestellten, das jenem ganz gleich tönt.

reits im Grofsen ausgeführt in einer Fabrik den gehegten Erwartungen bestens entspricht; ein Instrument zur Construction der *Eisenbahncurven*; ein Mikroskop, bei welchem der Gegenstand, so nahe er auch der stärkeren Vergröfserung wegen an das Objectivglas herangerückt werde, dennoch *von oben herab* so intensiv, als man nur immer wünscht, beleuchtet werden kann; u. a.

1) In der Abhandlung: „*Ueber das farbige Licht* u. s. w.“

2) In diesen Annalen, Bd. LXVIII, S. 1 bis 35.

3) In der ersten v. d. „*drei Abh. a. d. Gebiete der Wellenlehre* u. s. w.“

Bezeichnen wir durch  $V$  die Geschwindigkeit, welche die durch das Instrument in Schwingung versetzten Lufttheilchen in der zur Einheit angenommenen Entfernung von demselben im Punkte ihrer ursprünglichen Ruhelage (wo jene Geschwindigkeit am größten ist) erreichen, und die Entfernung  $BA$  durch  $L$ , so ist die Intensität des Schalles, den das in  $B$  ruhende Instrument in  $A$  haben muß,  $I = \mu \frac{V^2}{L^2}$  und die des Instruments in  $Q$ , wenn die Entfernung in  $QA = l$ , in eben diesem Orte  $A$ ,  $I' = \mu \frac{(V-a)^2}{L^2}$ , wo  $\mu$  einen constanten Factor bezeichnet. Wenn also  $I$  und  $I'$  einander gleich sind, findet sich  $V = \frac{aL}{L-l}$ .

Ich übergehe das Uebrige, zumal sich voraussetzen läßt, der Leser werde die Möglichkeit der Lösung auch der letzten Aufgabe in dieser Abhandlung von selbst schon begreifen: auf welche Weise nämlich ein Blinder, der nichts anderes, als die bald steigenden, bald niederfallenden Intensitäten eines in einer Ellipse mit gegebener Geschwindigkeit sich fortbewegenden Toninstruments beobachtet, die Elemente dieser Ellipse zu bestimmen vermöchte. Jedem fällt ein, auf welche ähnliche Aufgabe in der Astronomie dieß deute.

2) Eine andere, von Doppler zuerst zur Sprache gebrachte <sup>1)</sup> Wahrheit lautet, daß jeder Wellenstrahl, der in ein *rotirendes Medium* einfällt, während der Zeit seiner Bewegung durch dasselbe, nebst der bei seinem Ein- und Austritte etwa stattfindenden *gewöhnlichen* Brechung noch eine eigene Ablenkung erleide, welche zunächst nur *in der Rotation des Mediums* begründet ist, und um so bedeutender wird,

a) je größer die Winkelgeschwindigkeit dieser Rotation,

1) In der Abhandlung: „*Ueber eine bei jeder Rotation des Fortpflanzungsmittels eintretende Ablenkung der Licht- und Schallstrahlen* u. s. w. Prag 1844.“

- b) je länger der Weg, welchen der Strahl in dem Medio durchläuft, und  
 c) je geringer die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Strahles in diesem Medio ist.

Doppler nennt diese Ablenkung die *rotatorische*, und es ist offenbar, daß der Ablenkungswinkel  $\varrho$ , wenn die Länge des Weges in dem Mittel in Meilen  $=d$ , die Fortpflanzungsgeschwindigkeit darin gleichfalls in Meilen  $=a$ , und die Umdrehungszeit des Mediums in Secunden  $=t$  ist:

$$\varrho = \frac{1296000}{t} \cdot \frac{d}{a}$$

sey.

3) Ist der in Rede stehende Wellenstrahl von einer so *zusammengesetzten* Natur, wie das Licht, d. h. besteht er aus Strahlen, die eine verschiedene *Fortpflanzungsgeschwindigkeit* haben, so begreift man leicht, <sup>1)</sup> daß diese rotatorische Ablenkung auch eine *Zerstreuung* jener verschiedenartigen Strahlen zur Folge haben müsse. Es ist nämlich, wenn  $\alpha$  und  $\alpha'$  die beziehungsweise Fortpflanzungsgeschwindigkeiten zweier sich durch dasselbe Mittel bewegendes Strahlen sind, der Unterschied ihrer Ablenkungswinkel oder die Dispersion  $P = \frac{1296000}{t} \left( \frac{\alpha - \alpha'}{\alpha \alpha'} \right) d$ .

Doppler bemerkt, daß durch bloße rotatorische Ablenkung zuweilen sogar eine Reflexion in sich selbst; in anderen Fällen eine Dispersion *nach allen Richtungen* hervorgebracht werden könne; daß parallele Strahlen nach ihrem Austritte durch bloße rotatorische Brechung divergent werden, daß endlich selbst *Interferenzphänomene* zum Vorschein kommen können, u. m. A.

4) Besonders wichtig ist die Anwendung, die Doppler von diesen Lehren zu einer entscheidenden *Prüfung der neueren Undulationslehre* beibringt. Es seyen etliche, etwa fünf gläserne und eben so viele spiegelmetallene Cylinder von ungefähr 2" Durchmesser so zusammengestellt, daß ein homogener Lichtstrahl, den man in möglichst cen-

1) S. d. zweite der schon erwähnten „*drei Abhandlungen u. s. w.*“

traler Richtung auf den ersten gläsernen Cylinder leitet, bei ruhendem Mechanismus nach seinem Austritte möglichst tangentiell auf einem nicht allzu nahen fixen Metallcylinder auffällt, von welchem reflectirt, er den zweiten Glas-cylinder abermals möglichst diametral trifft u. s. w. Hinter dem letzten Spiegelcylinder befinde sich eine Diopter, die so fixirt wird, dafs bei unbewegtem Mechanismus das Auge den Lichtstrahl wahrnimmt. Setzt man hierauf die Glas-cylinder in Bewegung, so mufs, wenn diese auch noch lange nicht so schnell ist, als die zu einem ähnlichen Zwecke von Hrn. Dr. Ballot <sup>1)</sup> verlangte, der Strahl verschwinden, und eine andere Stellung für die Diopter aufgesucht werden. Aus dieser Ortsveränderung der Diopter läfst sich nun auf die bei dem Strahle stattgefundene rotatorische Brechung schliessen. Und stellt man solche Versuche mit den verschiedenfarbigen Lichtstrahlen an, so mufs es sich zeigen, ob diesen eine ungleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit zukomme, wie es die neue Undulationslehre will, oder nicht.

5) Noch eine bisher unbeachtet gebliebene Veränderung in den Wellenstrahlen mufs nach Doppler's gewifs begründeter Bemerkung eintreten, unmittelbar an der Stelle, *wo zwei Fortpflanzungsmedien, selbst zwei ganz gleichartige, aneinandergränzen*, oder wo auch nur Ein solches Medium an *einen Körper mit reflectirender Oberfläche gränzt, so oft sich beide in einer relativen Bewegung* (von hinlänglicher Geschwindigkeit) *gegen einander befinden*. Diese Veränderung, wiefern sie (was der gewöhnlichste Fall seyn mufs) auch auf die Richtung des Strahles sich erstreckt, und bald in einer Brechung, bald in einer völligen Reflexion desselben besteht, nennt Doppler die *motorische Brechung* oder *Reflexion*; begnügt sich jedoch <sup>2)</sup> nur die einfachsten hier möglichen Fälle in Betracht zu ziehen, indem

1) In diesen Annalen, Bd. 66, S. 321.

2) In der letzten der „*drei Abhandlungen a. d. Gebiete der Wellenlehre* u. s. w.“

dem er das Medium, aus dem der Wellenstrahl herkommt, als *ruhend*, und den angränzenden Körper, der entweder ein gleichartiges Medium oder ein reflectirender ist, in einer blofs *geradlinigen* Bewegung annimmt. Hier nun glaubt er *beim Schalle*, wo es geständlich nur longitudinale Schwingungen giebt, mit aller Zuversicht behaupten zu dürfen, dafs ein Schallstrahl, der aus einer ruhenden Luftschicht an eine bewegte (sey es auch übrigens völlig gleichartige), in senkrechter Richtung anlangt, hier nicht in derselben, sondern in derjenigen Richtung fortschreiten werde, welche die aus seiner bisherigen Geschwindigkeit und der des neuen Mediums hervorgehende Resultante angiebt. Unter dieser Geschwindigkeit des Schallstrahles will er jedoch hier nicht seine *Fortpflanzungs-* sondern seine *Schwingungsgeschwindigkeit*, nämlich diejenige verstanden wissen, welche die Luftmolecule in ihren anfänglichen Ruhelagen haben. — Fällt aber der Schallstrahl auf eine *reflectirende* Oberfläche, so wird in ähnlicher Weise behauptet, dafs seine Reflexion nicht in sich selbst, sondern in derjenigen Richtung erfolgen werde, welche wir durch Zusammensetzung seiner entgegengesetzten Bewegung mit der des reflectirenden Körpers erhalten. Doppler trägt auf Versuche an, durch welche dies Alles auf einer Eisenbahn erprobt werden könne, und meint, dafs wir auf diese Art auch einen Aufschluß auf die Molecularbewegung der Lufttheilchen, wohl gar auf ihren Abstand von einander, gewönnen. Aehnliche motorische Ablenkungen, meint er, müssen auch *bei dem Lichte* stattfinden; obgleich er das wegen der eigenthümlichen Ansicht, welche so manche Vertheidiger der Undulationstheorie über die *Lateralschwingungen* des Lichts aufgestellt haben, nicht mit gleicher Zuversicht zu behaupten wagt. Um aber hierüber zu einer Entscheidung, und dadurch auch zu klareren Begriffen über die Natur des Lichts zu gelangen, verweist er auf den Weg der Beobachtung; und es ist in der That kaum zu bezweifeln, dafs durch den I., 8) beschriebenen Apparat ein Mittel dargeboten sey,

das Vorhandenseyn einer motorischen Ablenkung beim Lichte, wäre sie auch noch so gering, wahrzunehmen <sup>1)</sup>).

6) Wenn wir unter der *Optik*, wie es ihr Name sogar erheischt, nicht eine bloße Lehre vom *Lichte*, sondern auch vom *Sehen* selbst verstehen, so gehört auch folgende Entdeckung Doppler's <sup>2)</sup> recht eigentlich zur *Optik*. Jeder Gegenstand, dessen auf die in unserem Auge befindliche Netzhaut entworfenen Bild so klein ausfällt, daß es nur eine einzige ihrer Papillen einnimmt, wird eben deshalb von uns als etwas Einfaches, daran wir keine Mehrheit der Theile, und darum auch keine Umgränzung und Gestalt unterscheiden, wahrgenommen. Zu dieser Entdeckung (welche ganz analog mit einer anderen Beobachtung ist, nach der auch unser *Tastsinn* an eine ähnliche Gränze gewiesen ist; indem wir nur dann das Gefühl von zwei auf uns einwirkenden Gegenständen erlangen, wenn zwei verschiedene Papillen unserer Gefühlsnerven gleichzeitig angegriffen werden) gelangte Doppler durch eine sehr einfache Vergleichung. Es war ihm nämlich von der einen Seite bekannt, daß man den *kleinsten Gesichtswinkel*, unter dem unser Auge ein Object nur noch als einen untheilbaren Punkt erblickt, auf ungefähr 40 Sec. schätze; und von der anderen Seite wußte er, daß der Durchmesser einer Ner-

1) In einer noch ungedruckten Abhandlung, die jedoch schon am 18. Juni 1846 in einer Sitzung der physikalisch-mathematischen Section der Prager Gesellschaft der Wissenschaften vorgelesen wurde, hat Doppler auch schon die Erfolge betrachtet, welche zum Vorschein kommen, wenn zwar die Quelle der Wellenbewegung und der Beobachter ruhen, aber das Fortpflanzungsmittel sich bewegt, oder auch das gerade Gegentheil stattfindet. Offenbar sind diese Voraussetzungen, welche nicht nur *beim Schalle* wenn er vom Winde fortgetragen wird, ingleichen bei den Wellenbewegungen des *Wassers* und anderen tropfbaren Flüssigkeiten gar oft vorkommen; sondern die auch beim *Lichte* im Weltraume, wenn einzelne Parthien des Aethers oft mit namhafter Geschwindigkeit sich fortbewegen, eintreten müssen. Die gefundenen Ergebnisse sind äußerst merkwürdig, und erklären manche bisher schon wahrgenommene Erscheinung.

2) In den „*Beiträgen zur Fixsternkunde*.“

venpapille der Retina nur etwa  $\frac{1}{80000}$  Par. Zoll betrage. Indem er nun berechnete wie groß der Bogen sey, den zwei aus dem Mittelpunkte der Krystalllinse unter einem Winkel von 40 Sec. gezogene Halbmesser an der Retina einschliessen, fand sich der eben erwähnte Durchmesser einer Papille.

7) Diese rein physikalische Entdeckung veranlaßt Doppler zu sagen, *dafs die jodirte Daguerre'sche Platte eine beträchtlich grössere Empfindlichkeit für das Licht äufsere, als unser menschliches Auge*; womit er freilich nichts Anderes meint, als dafs diese Platte Lichteindrücke aufnehme von Gegenständen, die, von der Platte aus betrachtet, sich unter einem bedeutend kleineren Gesichtswinkel als 40 Sec. sind, darstellen müßten. Er schliesst dies, weil die feinen Quecksilberkügelchen, welche die Einwirkung des Lichts auf der Platte niederschlägt, einen viel kleineren Durchmesser als  $\frac{1}{80000}$  Zoll haben <sup>1)</sup>. Dieser Umstand nun läßt sich, wie Doppler zeigt, zur *Vervollkommnung unserer Sehkunst*, namentlich zur Beobachtung solcher Objecte benutzen, die ihrer Entfernung wegen unter einem Gesichtswinkel  $< 40''$  erscheinen. Richten wir nämlich auf einen solchen Gegenstand ein Fernrohr, und schieben an der Stelle, wo sich das Bild des Objects erzeugt, eine jodirte Silberplatte ein, so wird sich auf dieser ein aus kleinen Quecksilberkügelchen zusammengesetztes Bild jenes Gegenstandes entwerfen. Und da diese Kügelchen eine sehr starke Beleuchtung vertragen und ein sehr starkes Reflexionsvermögen besitzen, so wird es möglich seyn mit einem guten Mi-

1) Ich erlaube mir zu bemerken, dafs neuere Versuche, die Hr. Corda in Gegenwart Mehrer angestellt hat, dasjenige, was Doppler über diesen Gegenstand a. a. O., S. 18, sagt, näher dahin berichtet haben, dafs die größten, in dem dunkeln Theile eines Daguerrotyp-Bildes befindlichen Quecksilberkügelchen bereits bei einer  $1\frac{1}{2}$ maligen Vergrößerung wahrgenommen werden, dafs es dagegen in den mattweissen Parthien des Bildes auch so kleine giebt, dafs erst eine 690malige Vergrößerung sie als untheilbare Punkte erblicken läßt. Versuchte Messungen gaben für die größten den Durchmesser von 0,000080, für die kleinsten aber kaum 0,000015 Par. Zoll.

kroskop diefs Bild noch wahrzunehmen, ja seiner Gröfse nach zu messen, wenn der Gesichtswinkel desselben auch bedeutend  $< 40''$  ist. Gewährt z. B. das Objectivglas des Fernrohrs für sich allein auch nur eine 14malige, das Mikroskop aber eine 1200malige Vergrößerung, so wird der Gegenstand noch gesehen und gemessen werden können, wenn der Gesichtswinkel auch nur  $\frac{1}{1000}$  Sec. beträgt.

8) Wie bei dem *Schalle* (in II., 1)) lehrt *Doppler* uns auch beim *Lichte die Geschwindigkeit*, mit der die Aethertheilchen in unserer Nähe schwingen, berechnen; nämlich durch die Veränderung in der Intensität des Lichts, welches derselbe leuchtende Gegenstand, z. B. ein Stern, uns zusendet, wenn wir bei ziemlich gleicher Entfernung einmal uns ihm entgegen, einmal uns von ihm wegbewegen mit einer Geschwindigkeit, welche mit der zu berechnenden in einigen Vergleich kommt. Zur Messung der beiden Lichtintensitäten bedient man sich des I., 9) beschriebenen Apparats, und wählt absichtlich Sterne, deren Licht sehr schwach und dem Erlöschen nahe ist; wo sich erwarten läfst, dafs der Geschwindigkeitsunterschied in der Bewegung unserer Erde zu oder ab (etwa 9 Meilen in der Sec.) eine nicht unbeträchtliche Veränderung in der Intensität erzeugen werde. Je nachdem nun die Hypothese der *longitudinalen* oder jene der *lateralen* Schwingungen die wahre ist, wird sich entweder in den *Quadraturen* oder in der *Conjunction* und *Opposition* der stärkste Lichtunterschied ergeben; und man wird also nebst der gesuchten Schwingungsgeschwindigkeit des Lichts

9) auch in Erfahrung bringen, welche von jenen beiden Hypothesen die richtige sey.

10) Aus der bekannten Schwingungsgeschwindigkeit endlich wird sich nach einer bekannten Formel auch die Gröfse der *Excursion* der Aethermolecule bestimmen lassen.

### III. Zur optischen Astronomie.

Diese Benennung erlaubt sich *Doppler* demjenigen Theile der Astronomie zu geben, zu dessen Kenntnifs uns

blofs durch Anwendung der ehemals nicht beachteten *optischen Lehrsätze* ein Weg gebahnt wird. Wie umfangreich dieser Theil mit der Zeit zu werden Hoffnung giebt, und wie viele bisher für unmöglich gehaltene Entdeckungen über die Natur, Gröfse und Entfernung der Himmelskörper durch die Mittel, auf deren Gebrauch uns Doppler nur bisher aufmerksam gemacht hat, in Aussicht gestellt werden, ist in der That überraschend.

1) Blofs der Gedanke *der rotatorischen Ablenkung eines Lichtstrahls* <sup>1)</sup>, wie vielfältig läfst er sich nicht zur Erweiterung unserer Himmelskunde benutzen!

a) Bei den Bedeckungen der Fixsterne durch die *Planeten*, besonders durch *Jupiter*, muß durch die Atmosphäre derselben eine bald gröfsere, bald geringere rotatorische Ablenkung bewirkt werden, die bei dem letztgenannten wohl bis auf 26 Raumsecunden anwachsen dürfte, somit auch der Beobachtung zugänglich seyn, und durch ihre Gröfse aus einen Rückschlufs auf die Gröfse und Rotationsgeschwindigkeit seiner Atmosphäre erlauben wird.

b) Eine ähnliche Ablenkung muß bei den *Verfinsterungen* der *Monde* durch ihre Hauptplaneten stattfinden, und kann, z. B. bei dem *vierten Jupitermonde*, einen Unterschied von einer *halben Minute* Zeit in seinem Verschwinden oder Wiedererscheinen zur Folge haben.

c) Die Frage, ob das *Zodiacallicht* nur ein Theil der Sonnenatmosphäre sey, wird sich entscheiden lassen, wenn wir beobachten, ob der Distanzunterschied zweier Sterne, davon bald nur der Eine, bald Beide aufserhalb dieses Lichtes erscheinen, in angemessener Weise sich ändere oder nicht.

d) Bei den Beobachtungen der Fixsterne und Planeten durch den *Schweif eines Kometen*, zumal um die Zeit seines Periheliums, muß sich eine grofse Ablenkung zeigen; bei dem im J. 1843 mußte sie  $\frac{1}{3}$  Grad betragen.

1) S. d. Abh. „*Ueber eine bei jeder Rotation eintretende Ablenkung* u. s. w.“

e) Auch die höchst schwierige Frage, ob ein gegebener *Nebelfleck* eine rotatorische Bewegung habe, und von welcher Winkelgeschwindigkeit sie sey, wird sich, wie der Verf. zeigt, durch die Beobachtung der eigenthümlichen Ablenkung, welche das Licht eines nahen Fixsternes durch ihn erleidet, zuweilen beantworten lassen.

f) Auch die Höhe unserer *Erdatmosphäre* ließe sich durch Vergleichung der rotatorischen Ablenkung am Horizont und im Zenith bestimmen u. m. A.

2) Aus der von ihm zuerst aufgestellten *rotatorischen Ablenkung der Wellen* wagt es, obgleich nur schüchtern, Doppler <sup>1)</sup> *das Aberrationsphänomen* zu erklären, wenn anders vorausgesetzt werden darf, daß eine solche Ablenkung beim Lichte stattfinde.

3) Ein Problem, zu dessen Lösung wir bis jetzt gar keine Aussicht gehabt, war unstreitig die Bestimmung der Entfernungen und der wahren, ja auch nur der sogenannten scheinbaren Gröfsen, d. h. der Gesichtswinkel, auch nur der nächsten, geschweige denn der entferntesten Fixsterne. Unser Gelehrte eröffnet uns einen doppelten Weg zu diesem nie gehofften Ziele. Der Eine brauchbar in dem fast von allen Anhängern der Undulationstheorie vorausgesetzten Falle, daß in freiem Aether gar keine Absorption des Lichts statt habe, der andere, sofern das Gegentheil gilt. Beide beruhen jedoch auf einer im Anfange unvermeidlichen *Voraussetzung*, daß der große Unterschied, den wir in dem Lichtglanze der Fixsterne gewahren, nur von ihrer verschiedenen Entfernung oder Gröfse, keineswegs aber von einer wesentlichen Verschiedenheit der Leuchtkraft der Theilchen an ihren Oberflächen selbst herrühre; eine Voraussetzung, die in der That um so annehmbarer ist, je wahrscheinlicher es ist, daß diese Körper alle einen nahezu gleichen Ursprung und ihr Leuchten eine allen gemeinschaftliche Ursache habe.

1) Siehe „*Drei Abhandlungen aus dem Gebiete der Wellenlehre* u. s. w.“, S. 27.

*a*) Erleidet das Licht bei seinem Fortgange im Welt-  
raume keine Absorption, so vermindert sich die Licht-  
intensität eines sich uns als ausgedehnt darbietenden  
Körpers durch keine Entfernung, indem die Leucht-  
kraft jedes Punktes zwar verkehrt, wie das Quadrat  
der Entfernung, abnimmt, allein in eben diesem Ver-  
hältnisse auch die scheinbare Gröfse des Körpers ab-  
nimmt. Ist er uns aber schon so weit entrückt,  
dafs er blofs als ein unausgedehnter Punkt erscheint,  
d. h. (II., 6)) ist sein Gesichtswinkel kleiner als 40''  
geworden: dann mufs seine Lichtintensität nur eben  
im verkehrten quadratischen Verhältnisse seiner Ent-  
fernung abnehmen.

*α*) Vergleichen wir nun mit dem I., 9) beschriebenen  
Intensitätsmesser zwei Sterne, deren Gesichtswinkel  
 $\varphi$  und  $\varphi' < 40''$  sind, und sind die Ocularapertu-  
ren, bei denen uns beide von gleicher Intensität er-  
scheinen,  $p$  und  $p'$ , so mufs

$$\varphi : \varphi' = p' : p$$

seyn. Wir werden somit durch wiederholte Anwen-  
dung dieses Verfahrens in den Stand gesetzt, nach  
und nach die Gesichtswinkel aller Sterne wenigstens  
im *Verhältnisse* unter einander kennen zu lernen,  
und würden somit diese auch in ihrem Bogenmaafse  
bestimmen können, wenn wir das Bogenmaafs nur  
eines einzigen derselben, z. B. des Sirius, erführen.

*β*) Um zu diesem Ziele zu gelangen, hat der Verf. den  
sinnreichen Einfall, mit einer oder auch mit beiden  
Dioptern des Photometers eine Röhre von wenigstens  
10' Länge zu verbinden, welche an ihrem vorderen  
Ende mit einer metallenen Platte geschlossen ist, in  
der nur eine sehr kleine kreisrunde Oeffnung von  
etwa Einem Duodecimalpunkte angebracht ist. Rich-  
tet man diesen Apparat mit Einer seiner Röhren nach  
der Sonne, so übersieht man nur einen so kleinen  
Theil ihrer Scheibe, dafs dieser ganz das Aussehen  
eines strahlenden Sternes hat; und beliebigenfalls

auch von diesen Strahlen befreit werden kann, wenn man die Oeffnung mit venetianischem Terpenthin ausfüllt. Verschafft man sich jetzt noch eine Lichtquelle, die sich bei Tag und bei Nacht in ganz gleicher Weise erzeugen läßt, und vergleicht man diese Lichtquelle einmal mit der Sonne, ein andermal mit einem Sterne, z. B. Sirius, so hat man, wenn die Gesichtswinkel bei Sonne und Sirius  $\varphi$  und  $\varphi'$ , die Aperturen  $p$  und  $p'$  sind; der Gesichtswinkel bei der Lichtquelle  $\varphi_1$  und die Apertur, um sie der Sonne gleich zu machen,  $p_1$ , um sie dem Sirius gleich zu machen,  $p_2$  ist:

$$\begin{aligned}\varphi_1 : \varphi &= p : p_1 \\ \varphi_1 : \varphi' &= p' : p_2\end{aligned}$$

und somit:

$$\varphi' = \frac{p p_2}{p_1 p} \cdot \varphi.$$

Da man nun  $\varphi$  aus der bekannten Länge der Röhre und dem Durchmesser der Oeffnung berechnen kann, so findet sich der Gesichtswinkel des Sirius, und dadurch auch der eines jeden anderen Sternes.

- $\gamma$ ) Um nun zu einer Bestimmung der *absoluten Entfernungen* zu gelangen, erinnert der Verf. <sup>1)</sup>, daß wir (nach II., 8)) wenigstens bei sehr vielen Sternen im Stande sind zu bestimmen, mit welcher Geschwindigkeit  $=v''$  ihr Licht in der Nähe unseres Auges schwinde. Wissen wir also von einem solchen Sterne zugleich, daß er sich zu gewissen Zeiten mit einer bekannten Geschwindigkeit, welche das eine Mal  $=a$ , das andere Mal  $=a'$  ist, gegen uns bewege, und beobachten wir die Veränderung, welche durch diese Bewegungen in seiner Lichtintensität entsteht, indem wir die Aperturen, die ihn in gleichem Lichte zeigen,  $p$  und  $p'$  messen, so findet sich, wenn seine in beiden Fällen nicht merklich unterschiedene Entfernung  $L$  heißt:

1) *Beiträge zur Fixsternkunde*, S. 26.

$$L = \frac{a''p' - ap}{(p - p')v''}.$$

Ich gestehe offen, daß mir diese Methode,  $L$  zu berechnen, von einer sehr beschränkten Anwendbarkeit scheint, weil wir doch nur in den seltensten Fällen die Geschwindigkeiten  $a$  und  $a'$  zu bestimmen im Stande seyn dürften. Haben wir übrigens  $L$ , so ist es freilich leicht, aus  $L$  und dem Gesichtswinkel  $\varphi$  die absolute GröÙe des Sterns, d. h. den Durchmesser  $D = L\varphi$  zu berechnen.

b) Glücklicherweise ist aber die hier zu Grunde liegende Voraussetzung, daß sich das Licht durch den ganzen Weltraum hin ungeschwächt verbreite, selbst nicht sehr wahrscheinlich, und der entgegengesetzte Fall, wenn eine Absorption, und zwar eine in gleichen Weiten ziemlich gleiche Absorption besteht, bietet ein Mittel von viel allgemeinerer Anwendung dar, die verschiedenen Entfernungen der Sterne gerade aus der verschiedenen, bei ihnen stattgefundenen *Lichtschwächung* selbst zu bestimmen. In diesem Falle giebt nämlich die in  $(a, \alpha)$  vorgeschriebene Methode den Gesichtswinkel  $\varphi$  stets etwas kleiner an, als er in Wirklichkeit ist, und der Unterschied zwischen dem wahren  $=\psi$  und dem nach dieser Art berechneten  $=\varphi$  ist um so größer, je entfernter der Stern ist. Legen wir aber die uns irgend woher schon bekannte Entfernung eines der nächsten Fixsterne als Einheit zur Messung anderer Entfernungen zu Grunde, und bezeichnen wir den Theil des Lichts, der auf jenem der Einheit gleichen Wege absorbirt wird, durch  $\mu$ , so daß der übrigbleibende Theil  $1 - \mu$  ist, so bleibt auf einem Wege, der  $\lambda$  Mal so lang ist, nur der Theil  $(1 - \mu)^\lambda$ , und es besteht die Gleichung:

$$\varphi = (1 - \mu)^\lambda \cdot \psi.$$

BesäÙen wir also ein Mittel, wodurch sich die wahren Gesichtswinkel  $\psi$  bei allen Sternen, ganz unabhängig davon, ob es eine Absorption des Lichts giebt oder nicht, ausmessen lassen, so könnten wir bloÙs

dadurch, daß wir  $\varphi$  durch das Photometer bestimmen, die Entfernung  $\lambda$  und dann aus  $\psi$  und  $\lambda$  auch die Durchmesser aller Sterne berechnen, wenn wir nur erst noch  $\mu$  durch jenen einen, dessen Entfernung zur Einheit angenommen wird, vermittelt der für ihn stattfindenden Gleichung  $\mu = 1 - \frac{\varphi}{\psi}$  bestimmen.

Ein solches Mittel aber bietet uns Doppler's II., 7) beschriebenes Verfahren dar, durch welches wir uns daguerreotypische Bilder von jedem beliebigen Sterne verschaffen können, die — wenn sie auch wegen der Umdrehung der Erde in die Länge verzogen seyn sollten, durch ihre Breite jedenfalls uns einen leichten Schluß auf den wahren Gesichtswinkel des Sternes gestatten, da eine Lichtabsorption das Bild wohl matter machen, aber nicht seine Dimensionen verändern kann, wenn anders nicht etwa auf der daguerre'schen Platte eine Art Irradiation, ähnlich der auf der Retina des Auges, stattfindet, was wenigstens noch Niemand beobachtet hat <sup>1)</sup>.

4) Man begreift von selbst, wie sich durch dieses Verfahren auch entscheiden liesse, ob in dem durch den Welt-raum verbreiteten Aether *eine Lichtschwächung wirklich bestehe oder nicht*. Fände sich nämlich für den Gesichtswinkel eines Sternes immer der gleiche Werth, man mag denselben nach  $2, \alpha, \beta$  oder nach  $2, b, \beta$  bestimmen, so wäre das Vorhandenseyn des letzteren Falles erwiesen.

5) Haben wir einmal nach II., 8) die Geschwindigkeit  $=v''$  berechnet, mit der die Aethermolecule bei dem von irgend einem Sterne in unser Auge gelangenden Lichte schwingen, und kennen wir bei diesem Sterne zugleich dessen Entfernung und Gröfse, oder nur dessen Gesichtswinkel  $\psi$ , so ergiebt sich hieraus auch die Geschwindigkeit  $v$ ,

1) Mir dünkt eine solche Irradiation gleichwohl aus chemischem Grunde sehr wahrscheinlich; doch meine ich, daß es durch Doppler's Photometer möglich seyn sollte auch sie zu bestimmen und in Rechnung zu bringen.

mit der die Aethermoleculc eben dieses Lichtes in der Entfernung  $= 1$  von ihrer Lichtquelle schwingen, weil  $v = \frac{v''}{\psi}$  ist. Zeigte es sich, dafs dieses  $v$  in der That für alle Himmelskörper einen gleichen Werth hat, so wäre die Rechtmäßigkeit der gleich im Anfange No. 3 gemachten Voraussetzung einer gleichen Leuchtkraft der oberflächlichen Theilchen bei allen Sternen factisch erwiesen. Stellte sich aber ein Unterschied heraus, so erachtet man leicht, wie dieser zur Correction der ohne seine Berücksichtigung gefundenen Werthe von  $L$  und  $D$  benutzt werden könnte, und Anlafs zu einer Menge neuer Untersuchungen gäbe.

Und so wäre denn jetzt vollauf zu thun für alle Physiker und Astronomen! Jedem, der Muße hat, wäre Gelegenheit geboten zu sehr verdienstlicher Beschäftigung, zu Versuchen und Beobachtungen, die, wie immer sie ausfallen mögen, die Wissenschaft fördern, und deshalb auch einer dankbaren Anerkennung entgegen sehen dürften. Was Dopplern selbst belangt, so fühle ich mich schließlich verpflichtet zu bemerken, dafs er gar nicht zu Denjenigen gehört, welche sich von dem Erfolge ihrer Erfindungen allzu sanguinische Hoffnungen machen, dafs er die Einwürfe und die Schwierigkeiten, die der Ausführung seiner Vorschläge entgegenstehen, größtentheils sehr wohl kenne, auch in den Abhandlungen ihrer erwähnt und manche auf sehr befriedigende Art gehoben hat, wovon ich begreiflicherweise, um nicht weitläufig zu werden, hier nichts mittheilen konnte.

