



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

149. Methoden und Messungen von De la Rive und Wild

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

wenn man eine Länge von 1000 Fuss zur Längeneinheit wählt. Aus den in einer Höhe von 2300' angestellten Versuchen ergibt sich nach dieser Formel

$$a = 0,9029.$$

Bei Ableitung dieser Formel ist stillschweigend angenommen, dass die Pupillenöffnung des Auges bei der Beobachtung der grossen Scheibe ebenso gross sei, wie bei der Beobachtung der kleinen. Es ist aber bekannt, dass sich die Pupille beim Accommodiren auf nahe Gegenstände verengert. Mit Berücksichtigung dieses geht die Gleichung 3) über in

$$a = \left(\frac{d \cdot E \cdot p}{D \cdot e \cdot P} \right)^{\frac{2}{E-e}} \cdot \dots \cdot \dots \cdot 4)$$

wenn p den Durchmesser der Pupillenöffnung bei Beobachtung der nahen, P aber denselben bei Beobachtung der entfernteren Scheibe bezeichnet. Wild, welcher zuerst auf diesen Punkt aufmerksam gemacht hat (Pogg. Ann. CXXXIV, 1868), fand, dass sich der Durchmesser der Pupillenöffnung für die fragliche Distanzveränderung ungefähr im Verhältniss von 24 zu 30 ändert, dass also in unserem Falle $\frac{p}{P} = \frac{24}{30} = 0,8$ ist. Berechnet man den Durchsichtigkeits-Coëfficienten aus den von Schlagintweit in einer Höhe von 2300 Fuss angestellten Beobachtungen nach Gleichung 4), so erhält man

$$a = 0,7225$$

statt des oben angeführten Werthes $a = 0,9029$. Der Einfluss der Pupillenöffnung ist also ein sehr bedeutender.

Ausser dem eben erwähnten Umstände werden aber die nach den Beobachtungen mit dem Saussure'schen Diaphanometer berechneten Werthe von a auch noch dadurch unsicher, dass eine vollkommen gleiche Beleuchtung der beiden Scheiben, welche bei der Construction der Formel stillschweigend vorausgesetzt wurde, schwer zu realisiren ist. Es bedurfte also zuverlässigerer Methoden, um den Durchsichtigkeits-Coëfficienten der Luft mit grösserer Genauigkeit zu bestimmen, wie dies in der That durch die Beobachtungen von De la Rive und Wild geschehen ist.

149 Methoden und Messungen von De la Rive und Wild.

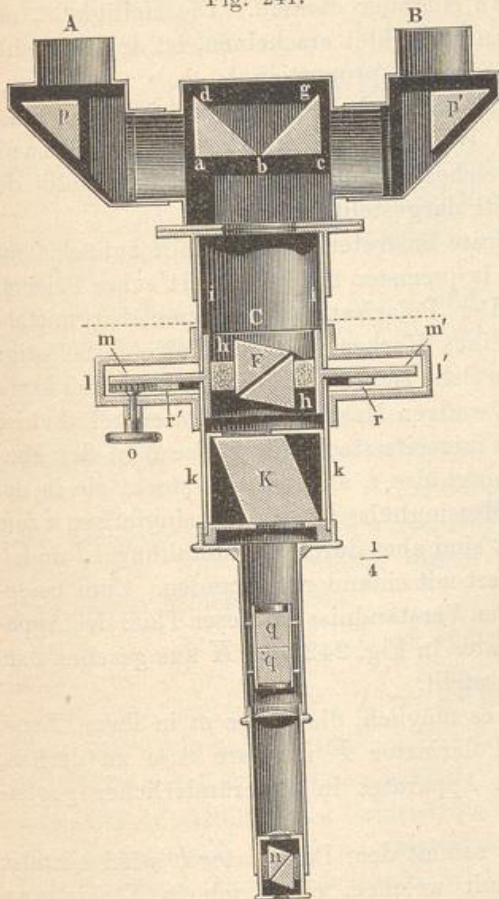
Um Versuche über die Durchsichtigkeit der Luft anzustellen, hat De la Rive einen Apparat construirt, von welchem die „Annales de chimie et de physique“ (4. Ser., t. XII, 1867) eine kurze Beschreibung enthalten. Im Wesentlichen besteht das Instrument aus zwei Fernrohren mit gemeinschaftlichem Ocular.

Jedes Objectiv giebt sein Bild in der einen Hälfte des Gesichtsfeldes des Oculars, so dass man die Bilder der Gegenstände, auf welche die beiden Fernrohre gerichtet sind, dicht neben einander

erblickt. Der Winkel, welchen die Axen der beiden Röhre mit einander machen, kann von 0° bis 29° variirt werden. Die durch jedes Objectiv eintretenden Strahlen werden durch zwei totale Reflexionen dem Ocular zugeführt.

Als Vergleichsobjecte dienen zwei gleiche, mit weisser Leinwand oder mit Papier überzogene Schirme, welche in passender Weise, mög-

Fig. 241.



lichst gleich beleuchtet, in verschiedenen Entfernungen aufgestellt, und auf welche dann die beiden Fernrohre gerichtet werden. Von diesen beiden Miren erblickt man nun, in das Ocular hineinschauend, unmittelbar neben einander zwei Bilder, von welchen das der entfernteren Scheibe lichtschwächer erscheinen wird. Um die Helligkeit der beiden Bilder gleich zu machen, wird vor das auf die nähere Scheibe gerichtete Objectiv ein Diaphragma mit veränderlicher Oeffnung gesetzt und diese verkleinert, bis beide Bilder gleich hell erscheinen. Aus dem Verhältniss der beiden Objectivöffnungen kann man dann auf das Verhältniss der Helligkeit der beiden Miren schliessen.

Der Wild'sche Apparat ist in Fig. 241 abgebildet, und zwar mit Hinweglassung mancher Constructionsdetails

und solcher Einrichtungen, welche, zu anderen Zwecken dienend, hier unnöthig sind. Das Licht, welches von der einen der zu vergleichenden Lichtquellen kommt, tritt durch die Röhre A, das von der anderen Lichtquelle kommende tritt durch die Röhre B in den Apparat ein.

Ein Theil des bei A eintretenden Lichtes dringt ohne Ablenkung an der Vorderseite des Prismas p ein, um an seiner Rückwand eine totale Reflexion zu erleiden. Die aus dem Prisma p austretenden Strahlen treffen auf das mit p parallel gestellte Glasprisma abd , an dessen Rückfläche sie abermals eine totale Reflexion erleiden, um dann ohne Ablenkung an der Fläche ab auszutreten und sich rechtwinkelig zu ab fortzupflanzen.

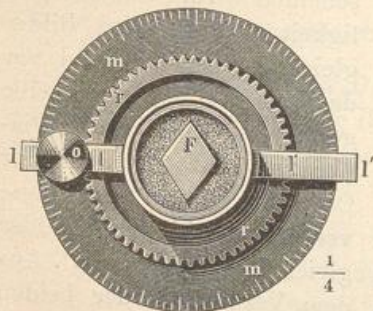
In gleicher Weise tritt nach zweimaliger totaler Reflexion rechtwinkelig zu bc ein Theil der Strahlen aus, welche, von der zweiten Lichtquelle kommend, durch die Röhre B in den Apparat eingetreten waren.

Denken wir uns nun denjenigen Theil des Apparates, Fig. 241, entfernt, welcher unterhalb der punktirten Linie liegt, so würde man, von C her gegen die beiden Prismen schauend, zwei erleuchtete Flächen ab und bc sehen, welche in einer geraden, in Fig. 241 in b zum Punkte verkürzt erscheinenden Linie an einander stossen. Die Helligkeit, mit welcher uns diese beiden Flächen erleuchtet erscheinen, ist der Intensität der bei A und B eintretenden Strahlen proportional.

Um nun aber die Helligkeit dieser beiden an einander stossenden Flächen zu vergleichen, wendet Wild das von ihm construirte Polarisationsphotometer an, welches in unserer Figur unterhalb der punktirten Linie im Durchschnitt dargestellt ist.

Das aus dem Prismenapparate austretende Licht fällt zunächst auf den Kalkspathpolarisator F (am bequemsten ein Foucault'sches Prisma).

Fig. 242.



Der Polarisator F ist zunächst mittelst eines Korkes in einer Hülse h befestigt, welche selbst wieder in der Mitte der kreisförmigen Messingscheibe m eingelöthet ist. Einerseits steckt die Hülse h in der Messinghülse i , andererseits steckt sie in der Messinghülse k . Die Messinghülsen i und k sind aber durch die Metallbügel l und l' fest mit einander verbunden. Zum besseren Verständniss ist dieser Theil des Apparates in Fig. 242 von K aus gesehen dargestellt.

Durch diese Einrichtung ist es möglich, die Platte m in ihrer Ebene, also auch die Hülse h sammt Polarisator F um ihre Axe zu drehen, während alle übrigen Theile des Apparates in unveränderlicher gegenseitiger Stellung bleiben.

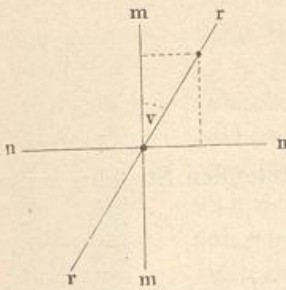
Die Drehung der Scheibe m sammt dem Polarisator F wird mittelst des Knopfes o bewerkstelligt, mit welchem ein Trieb in Verbindung steht, der in den gezahnten, auf der Platte m aufgelötheten Ring r eingreift.

Die bei A und B eintretenden Lichtstrahlen, welche wenigstens in den hier zu betrachtenden Fällen vollkommen unpolarisirt sind, werden nun durch das Kalkspathprisma F polarisirt und fallen dann auf das Kalkspathrhomboëder K , welches so in dem Apparate befestigt ist, dass sein Hauptschnitt (die Ebene des Papiers) rechtwinkelig steht zu der geraden Linie, in welcher die beiden Glasprismen dab und gcb zusammenstossen.

Durch K nach dem vorderen Theile des Apparates hinschauend, erblickt man nun zwei Bilder von einer jeden der beiden erleuchteten

Flächen ab und bc , und zwar wird das ordinäre Bild der Fläche ab zum Theil noch über das extraordinäre Bild von bc fallen. Diese Stelle aber, an welcher das ordinäre Bild von ab und das extraordinäre von bc über einander liegen, ist es, deren nähere

Fig. 243.



Untersuchung zu einer Vergleichung der Helligkeit der Flächen ab und bc führt.

In Fig. 243 sei mm die Schwingungsrichtung der ordinären Strahlen im Rhomboeder K , also eine Linie, welche mit der Kante parallel läuft, in welcher die beiden Prismen dab und gcb zusammenstossen, so ist nn die Schwingungsrichtung der extraordinären Strahlen. Es sei ferner rr die Schwingungsrichtung der aus dem Polarisator F austretenden Strahlen, welche einen Winkel v mit mm macht.

Bezeichnen wir nun mit i und i_1 die Amplituden der aus dem Polarisator austretenden nach rr schwingenden Strahlen, welche von den Flächen ab und bc kommen, so ist

$$i \cos v$$

die Amplitude des nach mm vibrirenden ordinären Bildes der Fläche ab und

$$i_1 \sin v$$

die Amplitude des nach nn schwingenden extraordinären Bildes der Fläche bc . Die Intensitäten dieser beiden rechtwinkelig zu einander polarisirten Bilder sind also

$$L = i^2 (\cos v)^2$$

und

$$L^1 = i_1^2 (\sin v)^2.$$

Sind nun diese beiden Bilder vollkommen gleich lichtstark, so wird die Partie, in welcher sie über einander fallen, keinerlei Polarisation zeigen, was man mit Hülfe eines Polarisikops leicht erkennen kann. Als Polarisikop bedient sich Wild hier derselben Vorrichtung, welche er schon bei seinem Polarisationsstrobometer in Anwendung gebracht hat, nämlich eines kleinen, schwach vergrößernden Fernrohrs, vor dessen Objectiv zwei gekreuzte Quarzplatten q und q' eingesetzt sind, deren Oberflächen einen Winkel von 45° mit ihrer optischen Axe machen, während vor dem Ocular ein Nicol'sches Prisma eingesetzt ist. Sind die beiden fraglichen Bilder gleich hell, so wird man an der Stelle, wo sie über einander fallen, keinerlei Streifen wahrnehmen, ist das eine aber lichtstärker als das andere, so erscheinen die Streifen. Durch Drehung der Scheibe mm , Fig. 242, und des Polarisators F , also durch passende Veränderung des Winkels v , kann man aber leicht die Streifen zum Verschwinden bringen.

Zur Messung des Winkels v ist der Umfang der Scheibe m mit einer Gradeintheilung versehen, deren Nullpunkt beim Nonius einsteht,

wenn die Schwingungsebene des Polarisators F rechtwinkelig steht auf dem Hauptschnitte des Kalkspathrhomboëders K . Hat man mit Hülfe des Knopfes o den Polarisator F so gestellt, dass die Streifen an der Stelle verschwinden, wo sich die Bilder von ab und bc überdecken, so ist $L = L_1$, also

$$i^2 (\cos v)^2 = i_1^2 (\sin v)^2$$

oder

$$\frac{i^2}{i_1^2} = (\text{tang } v)^2.$$

Nun ist aber die Lichtstärke J der bei A eintretenden Strahlen proportional dem Quadrat der Amplitude i , also

$$J = ci^2,$$

und ebenso haben wir für die Lichtstärke der bei B eintretenden Strahlen

$$J_1 = c_1 i_1^2.$$

Die Factoren c und c_1 würden vollkommen gleich sein, wenn der Verlust an Lichtstärke, welchen die Strahlen beim Durchgange durch die Prismen p' und gcb erleiden, vollkommen dem Lichtverluste in p und dab gleich wäre, was aber in der Regel nicht der Fall ist. Wir haben also

$$\frac{J}{J_1} = \frac{c_1 i_1^2}{c i^2},$$

oder

$$\frac{J}{J_1} = C (\text{tang } v)^2 \dots \dots \dots 1)$$

wenn man $\frac{c_1}{c} = C$ setzt.

Die Grösse des Factors C lässt sich ermitteln, wenn man bei A und B , Fig. 241, Licht von gleicher Intensität eintreten lässt, wenn also $J = J_1$ ist. Hat man für diesen Fall den Polarisator F so gestellt, dass die Streifen im Polariskop verschwinden und den entsprechenden Winkel v_1 gemessen, so hat man:

$$C (\text{tang } v_1)^2 = 1,$$

also:

$$C = \frac{1}{(\text{tang } v_1)^2} \dots \dots \dots 2)$$

Zur Bestimmung des Durchsichtigkeits-Coëfficienten der Luft wendet nun Wild das eben beschriebene Photometer in folgender Weise an (Pogg. Ann. CXXXV, 1868). Vor die beiden Oeffnungen des in einem Zimmer aufgestellten Instrumentes P , Fig. 244, werden zwei Blechröhren R und R_1 so aufgestellt, dass ihre Axen gegen einen und denselben Punkt a einer geölten Papierscheibe gerichtet sind. Die Papierscheibe ist in der Oeffnung eines Fensters aufgestellt, dessen Flügel vollständig entfernt sind, so dass die Papierscheibe sehr gleichförmig durch das äussere Tageslicht erleuchtet ist. Ausserdem aber wird die Scheibe

durch ein Uhrwerk um einen unter *a* liegenden Mittelpunkt in gleichförmige Rotation versetzt.

Die Länge *l* der Röhren *R* und *R*₁ betrug 3,98 m, ihr Durchmesser 1 dm. An beiden Seiten war jede dieser Röhren mit einer Platte von Spiegelglas luftdicht verschlossen.

Um alles fremde Licht möglichst vollständig abzuhalten, waren im Inneren der Röhren *R* und *R*₁ zahlreiche Diaphragmen eingesetzt, welche eine centrale Oeffnung von nur 6 cm Durchmesser hatten. An der Röhre *R* sind zwei Seitenröhrchen *b* und *c'* angebracht; durch *b* kann das Innere des Rohres *R* mit einer Luftpumpe in Verbindung gebracht, also evacuirt werden, durch *c'* aber kann man in die entleerte Röhre Luft einströmen lassen, welche zuerst durch einen Trockenapparat und alsdann durch eine Röhre mit Baumwolle gegangen ist, um möglichst allen Staub aus der eintretenden Luft zu entfernen. Die Röhrchen *b'* und *c* an dem Rohre *R*₁ dienen zu dem gleichen Zwecke, um nämlich *R*₁ evacuiren und dann mit getrockneter, filtrirter Luft füllen zu können.

Zwischen der Papierscheibe und den Röhren *R* und *R*₁ befindet sich zur Abhaltung fremden Lichtes noch ein innen geschwärzter, in der Hälfte seiner Länge mit einem in der Mitte durchbrochenen Diaphragma versehener Kasten.

Bezeichnen wir mit *I* die Lichtstärke, welche das ordinäre Bild von *ab* (Fig. 241) haben würde, wenn die Luft in der Röhre *R* gar kein Licht absorbirte, so ist die wirkliche Lichtstärke dieses Bildes

$$J = Ia^l,$$

wenn *a* den Durchsichtigkeits-Coëfficienten der in *R* enthaltenen Luft von atmosphärischer Dichtigkeit, und *l* die Länge der Röhre bezeichnet. Ebenso ist die Intensität des extraordinären Bildes von *bc*

$$J_1 = Ia_1^l,$$

wenn *a*₁ den Durchsichtigkeits-Coëfficienten der in *R*₁ enthaltenen verdünnten Luft bezeichnet.

Setzen wir in Gleichung 1) für *J* und *J*₁ ihre oben angeführten Werthe, und für *v* den Winkel, auf welchen man den getheilten Kreis *m* einstellen muss, damit die Streifen verschwinden, wenn die

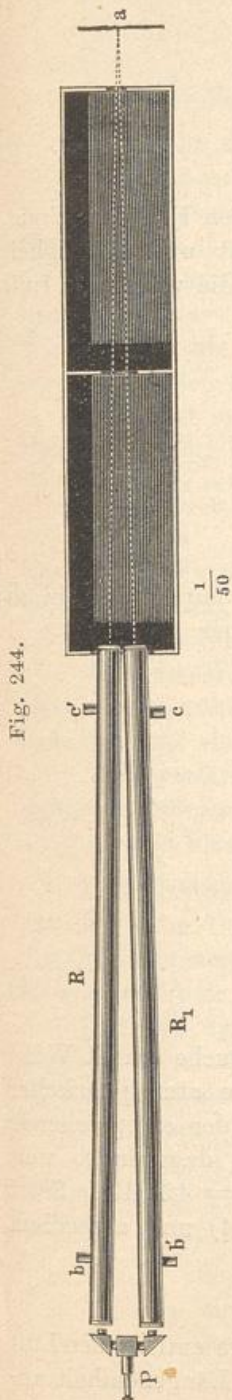


Fig. 244.

eine Röhre Luft von atmosphärischer Dichtigkeit, die andere aber verdünnte Luft enthält, so kommt

$$\left(\frac{a}{a_1}\right)^l = C (\text{tang } v)^2,$$

und wenn man für C seinen Werth bei 2) setzt,

$$\frac{a}{a_1} \left(\frac{\text{tang } v}{\text{tang } v_1}\right)^{\frac{2}{l}} \dots \dots \dots 3)$$

wenn v_1 den Werth des Neutralisationswinkels für den Fall bezeichnet, dass beide Röhren Luft von gleicher Beschaffenheit und Dichtigkeit enthalten. Wenn die Luft in R n mal so dicht als die verdünnte Luft in R_1 , so ist

$$\begin{aligned} a &= a_1^n \\ a_1 &= a^{\frac{1}{n}} \\ \frac{a}{a_1} &= \frac{a}{a^{\frac{1}{n}}} = a^{1 - \frac{1}{n}} = a^{1 - \frac{p}{P}}, \end{aligned}$$

wenn man mit p den Druck der Luft in R_1 und mit P den in R bezeichnet. Aus der letzten Gleichung folgt aber ferner

$$\frac{a}{a_1} = a^{\frac{P-p}{P}}$$

und endlich

$$a = \left(\frac{a}{a_1}\right)^{\frac{P}{P-p}}$$

und wenn man für $\frac{a}{a_1}$ seinen Werth bei 3) setzt

$$a = \left(\frac{\text{tang } v}{\text{tang } v_1}\right)^{\frac{2P}{(P-p)l}} \dots \dots \dots 4)$$

Bei einem nach dieser Methode angestellten Versuche erhielt Wild folgende Resultate. Als beide Röhren mit Luft von atmosphärischer Dichtigkeit ($P = 715$ mm) gefüllt waren, ergab sich der entsprechende Neutralisationswinkel $v_1 = 43^\circ$. Als die Röhre R_1 dagegen so weit evacuirt worden war, dass $p = 40$ mm, ergab sich $v = 42^\circ 49'$. Setzt man diese Werthe von P , p , v und v_1 in Gleichung 4) und ausserdem $l = 3,98$, so kommt

$$a = 0,99659$$

auf den Durchsichtigkeits-Coëfficienten der in der Röhre enthaltenen Luft von atmosphärischer Dichtigkeit, wenn man 1 m als Längeneinheit annimmt.

Nach einer Reihe sorgfältig angestellter Versuche ist bei atmosphärischem Druck (auf 1 m als Wegeinheit bezogen) der Durchsichtigkeits-Coëfficient

trockener, möglichst staubfreier Luft	0,99718
„ staubhaltiger Zimmerluft	0,99520
staubfreier, mit Wasserdampf gesättigter Luft	0,99388

Man sieht daraus, dass der Staubgehalt der Luft ihre Durchsichtigkeit sehr vermindert. Da aber staubfreie, trockene Luft durchsichtiger ist, als staubfreie, mit Wasserdampf gesättigte, so kann die vermehrte Durchsichtigkeit der Luft bei bevorstehendem Regen oder unmittelbar nach erfolgtem Niederschlage nicht sowohl von der Feuchtigkeit der Luft als solcher, sondern nur daher rühren, dass durch den vermehrten Wasserdampf die Menge des in der Luft suspendirten Staubes und der herumfliegenden Pflanzenkeime vermindert wird.

Berechnet man nach dem oben angegebenen Werthe den Durchsichtigkeits-Coëfficienten der staubfreien Luft für die Längeneinheit von 1000 Fuss, so erhält man ungefähr

$$a = 0,99718^{300} = 0,428,$$

ein Werth, der noch ungleich kleiner ist als derjenige, welcher sich mit Berücksichtigung der Pupillenveränderung aus den Schlagintweit'schen Beobachtungen mit dem Saussure'schen Diaphanometer ergibt.

Nach den Wild'schen Versuchen ist also die Lichtabsorption wenigstens in den zunächst über dem Boden ruhenden Luftschichten eine weit bedeutendere, als man bis dahin annehmen zu können glaubte.

Nach vorläufigen Versuchen von Wild ist übrigens der Durchsichtigkeits-Coëfficient nicht für alle Farben derselbe, er ist kleiner für blaue als für rothe Strahlen.

Durchsichtigkeit und Farbe des Wassers. Die Besprechung der Durchsichtigkeit und der Farbe des Wassers gehört zwar streng genommen nicht in dieses Capitel, dennoch dürfte hier wohl die passendste Stelle dafür sein.

Ogleich das reine Wasser in kleinen Quantitäten vollkommen durchsichtig erscheint, so übt es doch eine bedeutende Absorption auf Lichtstrahlen aus, welche einen etwas längeren Weg im Wasser zurückzulegen haben.

Nach Wild's Messungen ist der Durchsichtigkeits-Coëfficient des Wassers auf 1 m als Wegeinheit reducirt (Pogg. Ann. CXXXIV, 1868) bei einer Temperatur von 17°C., nach der Filtration durch

Grobes Filtrirpapier	0,5368
Mittelfeines „	0,6491
Feinstes „	0,7978

Diese Zahlen zeigen, wie bedeutend die Durchsichtigkeit des Wassers durch Staubtheilchen beeinträchtigt wird, welche im Wasser suspendirt