Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1867)
Heft: 619-653

Artikel: Ueber die Lichtabsorption der Luft
Autor: Wild, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-318804

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

1000 Stück gegen billige Vergütung abzutreten, als auch Bestellungen von Eiern für die nächstjährige Ernte entgegenzunehmen.

Bamberg, den 30. Oktober 1867.

Baumann,
k. Bezirks-Inspektor.

H. Wlid.

Ueber die Lichtabsorption der Luft.

(Vorgetragen den 2. November 1867.)

Die atmosphärische Luft ist wie die übrigen ponderabeln Körper nicht als eine vollkommen durchsichtige Substanz zu betrachten, sondern übt insbesondere in mächtigen Schichten eine merkliche Absorption auf das durchgehende Licht aus. Die tägliche Erfahrung lehrt schon, dass diese Schwächung zu verschiedenen Zeiten eine sehr verschiedene ist. Bald erscheinen uns ferne Gegenstände undeutlich nnd in ihren Umrissen verschwommen, als ob sie in einen Schleier eingehüllt wären, bald können wir sie wieder in ihren Details so scharf und deutlich erkennen, dass sie uns in Folge davon unwillkürlich wie nahegerückt erscheinen. Das erstere Verhalten zeigt sich meistens bei anhaltender trockener Witterung, während man geradezu die vermehrte Durchsichtigkeit als Zeichen bevorstehenden oder auch bereits eingetretenen Regenwetters betrachtet.

An diese Thatsachen und Bemerkungen knüpfen sich die beiden Hauptansichten an, welche über die Ursachen

der grössern oder geringern Durchsichtigkeit der Luft zu verschiedenen Zeiten aufgestellt worden sind. A. de la Rive betrachtet als Ursache der geringern Durchsichtigkeit der Luft bei trockener Witterung das Vorhandensein von undurchsichtigem Staub und Pflanzenkeimen in derselben. Wird dann die Luft beim Einfallen südwestlicher Winde feuchter, so werden diese Körperchen durch Absorption des Wasserdampfes durchsichtiger und zugleich schwerer, so dass sie schneller zu Boden fallen, was bei beginnendem Regen noch vollständiger erfolgt. Dadurch wird aber die Luft gereinigt und zugleich durchsichtiger. Maréchal Vaillant dagegen sucht den hauptsächlichsten Grund der verschiedenen Durchsichtigkeitsgrade der Luft bei nordöstlichen und südwestlichen Winden darin, dass beim Wehen der letztern in Folge gleichartigerer Temperatur von Boden und Luft die Unruhe dieser, d. h. locale auf- und absteigende Strömungen darin viel geringer sei, als bei Nordost-Winden. Unruhige Luft ist aber undurchsichtiger, weil an den Grenzen wärmerer und kälterer Luftschichten vielfache Reflexionen und unregelmässige Brechungen des Lichts stattfinden.

Wir wollen diesen Hypothesen hier keine neuen hinzufügen, sondern gleich zusehen, inwiefern diese Frage über die Ursachen der verschiedenen Durchsichtigkeitsgraden der Luft und die absolute Grösse der Lichtabsorption derselben experimentell beantwortet werden kann.

Saussure war der erste, der die Durchsichtigkeit der Luft zu messen suchte. Er erdachte dafür ein einfaches Instrument, welches er Diaphanometer nannte [1]). Dasselbe besteht aus einem schwarzen Kreise

---

[1]) Mémoires de l'Académie de Turin. T. IV. pag. 425. 1789.

im Centrum eines weissen Kreises von dreimal grösserm Durchmesser. Zur Bestimmung der Durchsichtigkeit der Luft sind zwei solche Scheiben nothwendig, von welchen die eine einen bedeutend grössern, z. B. 12 Male grössern Durchmesser hat, als die andere. Entfernt man die eine oder andere dieser Scheiben nach und nach immer mehr vom Auge, so gelangt man schliesslich zu einem Punkt, wo der schwarze, centrale Fleck für das Auge des Beobachters verschwindet. Diess wird geschehen, wenn der Sehwinkel des schwarzen Kreises kleiner geworden ist, als der Grenzwinkel des deutlichen Sehens, der ungefähr 50″ beträgt. Käme hiebei nur dieser Grenzwinkel in Betracht, so müsste der schwarze Fleck der grössern Scheibe offenbar genau in der zwölffachen Distanz der kleinern Scheibe vom Beobachter verschwinden. Wenn also, wie diess in Wirklichkeit der Fall ist, schon bei einer etwas geringern Entfernung der Fleck der grössern Scheibe verschwindet, so hat auf dieses Verschwinden auch die Helligkeit des weissen Hintergrundes Einfluss und es wird dann die Abweichung des Verhältnisses der beiderlei Entfernungen, in welchen die schwarzen Kreise der kleinern und grössern Scheibe verschwinden, von dem Verhältniss 1 : 12 als Mass für die Durchsichtigkeit der Luft dienen können. Nach bekannten Grundsätzen der Photometrie sollten nämlich die beiden weissen von der Sonne oder dem diffusen Himmelslicht gleichförmig erleuchteten Scheiben dem Auge des Beobachters in jeder Entfernung gleich hell erscheinen; ist die fernere weniger hell, so kann diess folglich nur auf einer Schwächung des Lichts beim Durchlaufen der 12 Mal grössern Luftschicht beruhen. Je stärker also die Luft das Licht absorbirt, desto mehr wird das Verhältniss der Entfernungen

von dem theoretischen 1 : 12 bei vollkommen durchsichtiger Luft abweichen.

Eine eigentliche, auf die Principien der Photometrie basirte Theorie des Diaphanometers hat indessen erst Beer gegeben [1]). Er setzt dabei voraus, dass die Erscheinung nicht wesentlich verändert würde, wenn die Scheiben aus weissen Kreisen auf schwarzem Hintergrunde beständen und dass in diesem Falle die beiden verschieden grossen, weissen Flecke im Momente, wo sie verschwinden, gleich viel Licht dem Auge zusenden. In der That würde auch nach dieser Anschauungsweise der im Durchmesser 12 Mal grössere, weisse Kreis nur dann bei 12 Mal grösserer Entfernung gleich viel Licht, wie der kleine, zum Auge des Beobachters senden und so mit diesem verschwinden, wenn die Luft vollkommen durchsichtig wäre. Ist sie diess nicht, so muss, was bei der grössern Entfernung an Licht durch Absorption in der längern Luftschicht verloren geht, durch eine Vergrösserung der leuchtenden Fläche, d. h. also durch einen grössern scheinbaren Durchmesser der Scheibe, resp. eine geringere, als die zwölffache Entfernung ersetzt werden. Unter dieser Voraussetzung lässt sich nach Beer der Durchsichtigkeitscoeffizient [2]): a der Luft, d. h. der Bruchtheil des einfallenden Lichts, der durch eine Luftschicht

---

[1]) Grundriss des photometrischen Calculs von A. Beer. Braunschweig 1854. S. 91—93.

[2]) Ich heisse hier und im Folgenden Durchsichtigkeitscoeffizient, was man gewöhnlich Absorptionscoeffizient nennt. Die erstere Bezeichnung scheint mir desshalb viel zweckmässiger und der allgemeinen Uebung entsprechender, weil für grössere Werthe dieses Coeffizienten die Durchsichtigkeit und nicht die Absorption zunimmt.

von der Einheit der Länge durchgeht, aus Beobachtungen mit dem Diaphanometer durch die Formel:

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

berechnen, wo d und D die Durchmesser der beiden Scheiben und e und E die Entfernungen, in welchen ihre resp. Flecke gerade verschwinden.

Nach dieser Formel hat nun auch Beer aus den von H. Schlagintweit in den Tyroler Alpen mit einem Saussure'schen Diaphanometer angestellten Messungen[1]) den Durchsichtigkeitscoeffizienten der Luft in zwei verschiedenen Höhen über Meer berechnet. Er findet bezogen auf eine Weg-Einheit von 1000 Pariser Fuss in:

2300 Fuss Höhe über Meer : $a = 0{,}9029$.
12000 „ „ „ „ : $a = 0{,}9985$.

Die Ableitung der obigen Formel von Beer macht aber noch zwei Voraussetzungen, die eine nähere Erörterung erheischen. Erstlich wird angenommen, die beiden Scheiben seien genau gleich beleuchtet und sodann wird vorausgesetzt, die Pupillen-Oeffnungen der Augen des Beobachters seien bei der Betrachtung beider Scheiben gleich gross. Die erstere Bedingung ist nun in Wirklichkeit bei den Beobachtungen nur durch ausserordentliche Vorsichtsmassregeln zu realisiren und die zweite wird, strenggenommen, nie erfüllt sein. Es ist nämlich eine der ältesten Erfahrungen über die Accommodation des Auges, dass die Pupille beim Accommodiren auf nahe Gegenstände sich verengert, beim Sehen in die Ferne sich erweitert. Mit Berücksichtigung dieser Ver-

[1]) v. Pogg. Ann. Bd. 84. S. 298.

änderung der Pupille geht die obige Formel von Beer in folgende genauere über:

$$a = \left(\frac{d \,.\, E}{D \,.\, e} \cdot \frac{\delta}{\Delta}\right)^{\frac{2}{E-e}}$$

wo δ der Durchmesser der Pupillenöffnung bei Betrachtung der nähern Scheibe und Δ derjenige für die fernere Scheibe. Um den ungefähren Einfluss des Correktionsfaktors $\left(\frac{\delta}{\Delta}\right)^{\frac{2}{E-e}}$ auf den Werth des Durchsichtigkeitscoeffizienten kennen zu lernen, habe ich eine Schätzung der Veränderung der Pupillenöffnung beim Uebergang der Accommodation auf einen 200 Fuss entfernten Gegenstand zu der auf einen 2000 Fuss abstehenden vorgenommen und gefunden, dass der Durchmesser sich etwa um $0{,}6^{mm}$ verändere. Setzen wir also $d = 2{,}4^{mm}$, so ist $\Delta = 3{,}0^{mm}$. Diese Zahlen in die obige Gleichung bei Berechnung des Coeffizienten a aus der Beobachtung in 2300 Fuss Höhe über Meer eingesetzt, ergeben statt des obigen Werthes: $a = 0{,}9029$, nunmehr:

$$a = 0{,}7225.$$

Der Einfluss der Pupillenänderung ist also ein sehr bedeutender.

Diese Umstände sowie die Unsicherheit im Erkennen des eben eintretenden Verschwindens des schwarzen Kreises vermindern den Werth des Diaphanometers als Messinstrument so sehr, dass es den gegenwärtigen Anforderungen der Wissenschaft jedenfalls nicht mehr genügen kann.

In neuester Zeit hat A. de la Rive die Untersuchung über die Durchsichtigkeit der Luft wieder aufgenommen und dabei den einzig rationellen Weg dazu eingeschlagen, indem er photometrisch das Helligkeits-

Verhältniss zweier verschieden weit vom Beobachter abstehenden Sehzeichen zu vergleichen sucht. Derselbe hat das bezügliche Instrument an der Versammlung schweizerischer Naturforscher in Genf im August 1865 vorgezeigt und dabei zugleich auch die oben angegebene Theorie über die Ursachen der verschiedenen Durchsichtigkeitsgrade der Luft aufgestellt. Beobachtungs-Resultate hat indessen de la Rive bis dahin noch nicht veröffentlicht.

Ehe ich von de la Rive's Unternehmen Kenntniss hatte, habe ich, durch eine andere Untersuchung in den Besitz langer und weiter Röhren gesetzt, am 8. März 1866 einen schon lange projektirten Versuch zur Messung der Absorption der Luft vermittelst meines Photometers angestellt, der indessen ein negatives Resultat gab. Ich werde auf denselben weiter unten zurückkommen. Zunächst schloss ich daraus, die Durchsichtigkeit der Luft sei so gross, dass die in einer Schicht von 1 Meter Länge erfolgende Schwächung des Lichts unterhalb der Empfindlichkeitsgrenze meines Photometers bleibe, d. h. also $^1/_{1000}$ des einfallenden Lichts noch nicht erreiche. Ich beschloss demzufolge, Messungen im Freien bei viel grössern Distanzen auszuführen. Nach einer Reihe von Vorsuchen, welche die nöthigen Vorsichtsmassregeln zur Vermeidung störender Einflüsse kennen lehrten, wurden die definitiven Beobachtungen am 6. — 10. Juli 1866 zuerst in meinem Garten, später auf einer ganz freien Strasse in der Nähe meines Hauses in folgender Weise angestetlt. Zwei Papierschirme, bestehend aus quadratischen hölzernen Rahmen von $0{,}6^m$ und $1{,}2^m$ Seite, überspannt mit Papier von derselben Papierrolle, wurden je zunächst nebeneinander in einer Entfernung von 6^m von den beiden Lichteinlassöffnungen meines

Photometers [1]) aufgestellt und vermittelst des letztern ihr Helligkeits-Verhältniss bestimmt; darauf brachte ich den grössern Schirm bei unveränderter Stellung des kleinern die einen Male in 21^m, die andern Male in 36^m Distanz vom Photometer, ermittelte jetzt auf's Neue ihr Helligkeits-Verhältniss durch das letztere und bestimmte zum Schluss dieses nochmals, nachdem dann die Schirme wieder in gleiche Entfernung gebracht worden waren. Das Mittel aus der ersten und letzten Messung bei gleichem Abstand der Schirme verglichen mit dem Resultat der zweiten Beobachtung bei um 15 resp. 30^m auseinandergerückten Schirmen erlaubt den Durchsichtigkeitscoefficient a der Luft zu bestimmen. Bezeichnen wir nämlich die constante Entfernung des kleinen Schirms vom Photometer mit e und die variirende des grössern mit E, ferner die Erleuchtung des kleinen Schirms mit i und die des grössern mit J, so ist, vom Photometer aus betrachtet das Helligkeitsverhältniss beider:

$$H = \frac{i \,.\, a^{e}}{J \,.\, a^{E}}.$$

Dasselbe Helligkeitsverhältniss beider Schirme berechnet sich aber auch aus dem am Photometer abgelesenen Neutralisationswinkel v nach der Formel:

$$H = C.\ \mathrm{tang}^{2}\, v,$$

wo C eine wegen der Vorsetzung des Prismenapparats unbekannte und daher erst durch den Versuch näher zu bestimmende Constante. Wir haben also jetzt die Gleichung:

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. 118, S. 193.

$$\frac{i \cdot a^{e}}{J \cdot a^{E}} = C. \text{ tang } v^{2},$$

oder:

$$a^{e-E} = \frac{J}{i} \cdot C. \text{ tang } v^{2},$$

und hier werden nun die beiden unbekannten Grössen C und $\frac{J}{i}$ zusammen dadurch bestimmt oder eliminirt, dass wir, in der Voraussetzung, die Verrückung des grössern Schirms ändere das Verhältniss $\frac{J}{i}$ nicht, beide Schirme in dieselbe Entfernung bringen, d. h., E = e machen. Ist der in dieser Lage beobachtete Neutralisationswinkel v_1 so hat man für diesen Fall:

$$1 = \frac{J}{i} C, \text{ tang } v_1^{2}.$$

Diese Gleichung durch die obige dividirt, gibt:

$$a = \sqrt[E-e]{\frac{\text{tang}^2 v,}{\text{tang}^2 v_1}}.$$

An den erwähnten Tagen gelang es, sieben vollständige, durch keinerlei Störungen unterbrochene Beobachtungen der Art zu erhalten. Die hiebei, und zwar gleich schon bei den ersten Beobachtungen im Garten erhaltene, unerwartet grosse Differenz der beiden Neutralisationswinkel v und v_1 — nämlich circa 2°, entsprechend der grössern Distanzdifferenz von 30^m der beiden Schirme, während ich eine solche von bloss etwa $^1/_4{}^0$ erwartet hatte — liess mich dabei noch störende Reflexe von den Hauswänden auf den einen oder andern Schirm befürchten. Es wurden desshalb am 10. Juli die Messungen auf der beiderseits freien, d. h. nur durch Wiesen begrenzten Strasse wiederholt, die indessen die frühern nur be-

stätigten. Setzt man die erhaltenen Werthe für v und v_1 und die entsprechenden für E—e in obige Formel ein, so ergibt sich als Mittel aus allen Beobachtungen für den Durchsichtigkeitscoeffizient der Luft bezogen auf 1 Meter als Längeneinheit:

$$a = 0{,}9061$$

mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 0,0005. Diese Zahl gilt für weisses Licht, resp. die hellsten Strahlen darin, also die Farben zwischen den Frauenhofer'schen Linien D und E des Sonnenspectrums, ferner für eine mittlere Temperatur der Luft gleich 24° C., eine relative Feuchtigkeit derselben gleich 0,55 und bei einem mittlern Luftdruck gleich 722^{mm}. Die wirksame Luftschicht lag ungefähr 1,2^{m} über dem Erdboden.

Ehe ich weitere Betrachtungen an dieses Resultat anknüpfe, muss ich kurz noch derjenigen Vorsichtsmassregeln erwähnen, die zur Erzielung zuverlässiger Beobachtungen unentbehrlich sind. Vor Allem aus ist nothwendig, dass während der Dauer eines Versuchs das Beleuchtungsverhältniss $\frac{i}{J}$ der beiden Schirme sich genau gleich bleibe. Zu dem Ende muss zunächst der in seiner Stellung zu verändernde grössere Schirm sich stets parallel verschoben werden, was am besten durch Anlegung eines Visirs an dessen Rahmen erzielt wird. Sodann muss der Himmel nahezu wolkenlos sein, insbesondere dürfen in der Nähe der Sonne keinerlei Nebel sich befinden. Wiederholt mussten nämlich wegen kleinen Wölkchen, die über die Sonne hinzogen, begonnene Beobachtungen abgebrochen werden, indem dadurch unregelmässige und zum Theil sehr beträchtliche Aenderungen im Helligkeitsverhältniss beider Schirme erfolgten. Ebenso war es mir unmöglich, bei einigermassen kräfti-

gem Winde zu beobachten, da namentlich der grössere Schirm leicht durch denselben in seiner Lage und damit auch in seiner Erleuchtung verändert wurde. Endlich sind Reflexe von benachbarten Gegenständen, die beide Schirme in verschiedener Weise afficiren, sorgfältigst zu vermeiden.

Reduciren wir zunächst zur Vergleichung mit den oben nach Beer's und meiner etwas modificirten Rechnung gefundenen Werthen für den Durchsichtigkeitscoeffizienten der Luft den vorstehenden auf dieselbe Weg-Einheit von 1000 Pariser Fuss und anderseits auch jene auf die von uns adoptirte Längeneinheit von 1 Meter, so ergibt die Zusammenstellung:

		für 1000 Pariser Fuss	für 1 Meter
Schlagintweit-Beer	:	$a = 0{,}9029$	$a = 0{,}9097$
Schlagintweit-Wild	:	$a = 0{,}7225$	$a = 0{,}9990$
Wild	:	$a = 0{,}2801$	$a = 0{,}9961$

Unser unverhältnissmässig viel geringerer Durchsichtigkeitscoeffizient der Luft erklärt sich zum Theil jedenfalls dadurch, dass bei unsern Beobachtungen alle nach den gewöhnlichen Anschauungen die Absorption befördernden Factoren vertreten waren. An den Beobachtungstagen wehte beständig ein mitunter kräftiger Nordost; die Luft war sehr trocken und ihre Temperatur hoch, so dass unzweifelhaft locale aufsteigende Luftströme sich herstellten und reichlich Staub und Pflanzenkeime in den untern Luftschichlen sich vorfanden.

Wie mächtig der Finfluss von Staub in durchsichtigen Flüssigkeiten auf ihr Absorptionsvermögen ist, haben schon meine frühern Bestimmungen über die Absorption des Wassers gezeigt[1]). Je nachdem nämlich

[1]) Pogg. Ann. Bd. 99. S. 272.

das Wasser von dem beigemengten Staube vermittelst Filtration durch verschiedene Papiersorten mehr oder minder befreit wurde, ergaben sich andere Werthe für dessen Durchsichtigkeitscoeffizient. Auf 1 Meter als Weg-Einheit reducirt erhalten wir nämlich aus jenen Bestimmungen für den Durchsichtigkeitscoeffizient des Wassers nach der Filtration durch

grobes	Filterpapier	:	0,5368,
mittelfeines	„	:	0,6491,
feinstes	„	:	0,7978.

Diese Zahlen differiren also verhältnissmässig viel mehr als diejenigen für die Luft bei gleicher Weg-Einheit. Es ist allerdings anderseits zu berücksichtigen, dass bei unsern Bestimmungen des Durchsichtigkeitscoeffizienten der Luft im Freien die Staubtheilchen in derselben ebenfalls beleuchtet werden und so nicht bloss absorbirend, sondern auch erhellend wirken, während bei der Einschliessung der Luft oder der Flüssigkeiten in Röhren nur ihre absorbirende Wirkung sich geltend macht.

Die unerwartete Grösse der Absorption der Luft zufolge meinen Messungen veranlasste mich, zunächst zu versuchen, ob sich nicht vielleicht anch in analoger Weise die Frage über die verschiedene Durchsichtigkeit der Luft für verschiedene Farben experimentell entscheiden lasse. Zu dem Ende wurde das Helligkeitsverhältniss der beiden um 30^m von einander abstehenden Schirme das eine Mal für rothes Licht, d. h. unter Vorsetzung eines tief rothgefärbten Glases vor das Ocular des Photometers, bestimmt, das andere Mal für blaues Licht unter Vorsetzung einer Combination eines Kobaltglases mit einem blaugrünen Glase. Zwei in dieser Weise am 9. und 14. September 1866 angestellte Beobachtungsreihen

ergaben übereinstimmend, dass rothes Licht weniger stark absorbirt werde, als blaues, oder dass also der Durchsichtigkeitscoeffizient der Luft für rothes Licht grösser sei als für blaues. Die Zahlenwerthe für die beiderlei Coeffizienten theile ich hier noch nicht mit, da dieselben bis dahin nur sehr aproximativ bestimmt sind und durch spätere, genauere und vollständigere Beobachtungen wesentlich modificirt werden dürften.

Durch dringende andere Geschäfte verhindert, diese Untersuchungen weiter zu verfolgen und zu vervollständigen, konnte ich erst im August 1867 zur Realisirung einer neuen Versuchs-Methode gelangen, die der zuerst gewählten wieder mehr entsprach. Bei der Empfindlichkeit meines Photometers und der unerwarteten Grösse der Absorption der Luft musste ich uämlich schon mit Röhren von etwa 2 Meter Länge die letztere sicher nachweisen können.

Der Apparat, dessen ich mich zu dieser Untersuchung bediente, bestand zunächst aus einer geölten, durchscheinenden Papier-Scheibe von 30^{m} Durchmesser, welche in der Nähe eines Fensters aufgestellt, nur vom diffusen Tageslicht erleuchtet und zur Erzielung einer möglichst gleichförmigen Helligkeit, um eine durch ihr Centrum gehende Axe vermittelst eines Uhrwerkes in Rotation versetzt wurde. Senkrecht zur Fläche dieser Scheibe, auf einem horizontalen Durchmesser desselben, mit ihren Mitten einander gegenüberstehend, waren zwei horizontale Blechröhren von 2,4^{m} Länge und 0,1^{m} Durchmesser aufgestellt. Dieselben waren auf der ganzen Länge mit 12 Diaphragmen von 0,06^{m} Oeffnung versehen und ausserdem an den Enden mit aufgekitteten Spiegelglasplatten ver-

schlossen. Beide hatten zwei kleinere, seitliche Oeffnungen, die bei der einen Röhre beständig offen waren, während die eine bei der zweiten Röhre geschlossen und die andere durch einen Kaoutschoukschlauch mit eingeschlossener Drahtspirale mit einer Luftpumpe in Verbindung gesetzt war. Vor die der Papier-Scheibe abgewendeten Rohrenden wurde dann das Photometer so gesetzt, dass das von den beiden Papierscheibehälften durch die eine und andere Röhre hindurchgeschickte Licht in die zwei Lichteinlassöffnungen seines Prismenapparats eindringen konnte. Bei dieser Anordnung des Versuchs besteht die Hauptschwierigkeit und Quelle von Unsicherheiten darin, dass es fast unmöglich ist, längere Zeit die beiden Scheibenhälften auf einem constanten Helligkeitsverhältniss zu erhalten. Es gelang mir, diess für die Dauer der zusammengehörigen Beobachtungen nur dadurch zu erzielen, dass ich diese selbst möglichst abkürzte und Tage mit wenig wechselnder Bewölkung auswählte. Man beobachtete daher die Neutralisationsstellung nur in einem Quadranten und zwar zuerst, wenn die eine Röhre evacuirt und die andere mit Luft erfüllt war, darauf, nachdem man in die erstere rasch die Luft wieder hatte einströmen lassen. Die aus diesen Beobachtungen zu ziehenden Resultate sind daher nur als erste Annäherungen zu betrachten. Zudem führt diese Vergleichuug des Lichtintensitätsverhältnisses bei beiderseits vollen und einerseits evacuirter Röhre, unmittelbar bloss zur Kenntniss des Verhältnisses des Durchsichtigkeitscoeffizients von verdünnter Luft und von Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit.

Die Beobachtungsreihe am 29. August ergab als Winkelunterschied der beiderlei Einstellungen am Photometer im Mittel 21′, was einem Verhältniss des Durch-

sichtigkeitscoeffizienten der Luft beim Druck von 35 und 720^{mm} bezogen auf 1^{m} Länge:

$$\frac{a_{35}}{a_{720}} = 1{,}01023$$

entspricht.

Dieses Resultat ist indessen unsicher, weil an diesem Tage während der Beobachtungszeit die Bewölkung und damit auch die Erleuchtung unserer Scheibe sehr variirte.

Am 31. August bei fast wolkenlosem Himmel und höherer Constanz der Beleuchtung ergab sich bei 4 aufeinanderfolgenden Beobachtungsreihen für die Winkeldifferenz im Mittel: 8,'5 für die Drucke 715 und 100^{mm} Hieraus folgt:

$$\frac{a^{100}}{a^{715}} = 1{,}00413.$$

Dabei wurde vorausgesetzt, dass die Vermehrung der Helligkeit beim Evacuiren der Röhre ausschliesslich durch verminderte Absorption und nicht durch eine gleichzeitige Verminderung der Schwächung des Lichts beim Durchgaug durch die verschliessenden Glasplatten bedingt werde. In der That zeigen auch die Fresnel'schen Intensitätsformeln, dass das durchgelassene Licht in seiner Intensität nicht merklich verändert wird, wenn die Glasplatten auf der einen Seite vom leeren Raum statt beiderseits von Luft begrenzt sind.

Obige Zahlen können indessen auch dazu benutzt werden, den Durchsichtigkeitscoeffizienten für Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit zu berechnen.

Es ist nämlich offenbar der Durchsichtigkeitscoeffizient von Luft, deren Dichtigkeit $\frac{1}{n}$ der gewöhnlichen ist:

$$a_{\frac{1}{n}} = a^{\frac{1}{n}}$$

und da die Dichtigkeiten sich wie die Drucke verhalten, so wird:

$$n = \frac{P}{p}$$

sein, wenn P den ursprünglichen und p den Druck der verdünnten Luft repräsentirt; also hat man auch:

$$a_p = aP^{\frac{p}{P}}$$

wo a_p und a_P die Durchsichtigkeitscoeffizienten der Luft bei den resp. Spannungen p und P darstellen.

Setzen wir nun, das durch unsere vorigen Versuche bestimmte Verhältniss von $\frac{a_P}{a_p} = x$, so hat man auch

$$aP = x^{-\frac{P}{P-p}}$$

Führen wir hier für x, P und p die obigen Werthe ein, so kommt bezogen auf eine Weg-Einheit von 1 Meter:

$a_{720} = 0{,}98935$. 29. August

und $a_{715} = 0{,}99521$. 31. August.

Der letztere, aus den angegebenen Gründen zuverlässigere Werth stimmt nahezu innerhalb der Fehlergrenze mit dem früher ermittelten überein. Ohne vor der Hand auf diese Uebereinstimmung einen hohen Werth legen zu wollen, können wir daraus doch den Schluss ziehen, dass es vermittelst meines Photometers möglich ist, die Absorption von Luft zu bestimmen, die in verhältnissmässig nicht langen, d. h. in einem mässig grossen Zimmer aufzustellenden Röhren eingeschlossen ist. Hiedurch aber wird anderseits die Möglichkeit geboten, sehr viel bequemer, rascher und sicherer, als diess durch Beobachtungen im Freien je möglich sein wird, den Ein-

fluss des beigemengten Staubes, der Feuchtigkeit, der Temperatur, der Farbe etc. auf die Durchsichtigkeit der Luft zu ermitteln. Nach einer noch etwas verbesserten Beobachtungsmethode, bei welcher die erwähnte Hauptschwierigkeit dieser letzten Untersuchungsmethode auch noch umgangen wird, werde ich, so wie es meine Musse gestattet, genauere und umfassendere Bestimmungen über die Durchsichtigkeit der Luft vornehmen. — Inzwischen folgt aus den bisherigen Beobachtungen jedenfalls mit Sicherheit, dass die Luft in den untern Schichten viel weniger durchsichtig ist, als man gewöhnlich annimmt. Bei bloss zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigter und auf etwa 24° C. erwärmter Luft ist in der Nähe des Erdbodens die Absorption sogar so bedeutend, dass nach Durchlaufung von 300^{m} oder 1000′ die Licht-Intensität auf etwa $^1/_3$ heruntergegangen ist. So paradox und gross uns aber auch hienach die Absorption der Luft erscheinen mag, so ist sie doch verschwindend gegenüber derjenigen des Wassers. Wir finden nämlich aus den oben mitgetheilten Zahlen, dass nach Durchlaufung einer gleichen Strecke in möglichst reinem Wasser die Lichtintensität nur noch etwas mehr als $\frac{1}{\text{Quintillon}}$ betragen würde, d. h. absolute Finsterniss einträte und dass zur Schwächung bis zu $^1/_3$ der ursprünglichen Intensität der Weg des Lichts im Wasser bloss gleich circa 5 Meter sein dürfte. Endlich glaube ich aus meinen Beobachtungen ebenfalls mit Entschiedenheit auf eine grössere Durchsichtigkeit der Luft für rothes, denn für blaues Licht schliessen zu können, wenn ich auch den quantitativen Unterschied noch nicht als genau festgestellt betrachte. Es unterstützt diess die gewöhnliche Erklärung der Morgen- und Abendröthe, doch werden erst die detaillir-

ten weitern Beobachtungen zeigen, ob die von Clausius aufgestellte und wohl von den meisten Physikern adoptirte Theorie der Morgen- und Abendröthe sowie der blauen Farbe des Himmels richtig sei oder nicht.

Anhang.

In näher Verwandtschaft zu der vorigen Untersuchung steht folgende andere, von der ich hier ein erstes vorläufiges Resultat gleich noch mittheilen möchte. Es betrifft dieselbe den Unterschied in der Färbung des Wassers von Seen und Flüssen im Sommer und Winter, sowie des warmen und salzreichen Wassers des Golfstroms gegenüber dem umgebenden Wasser. Ich halte dafür, dass die dunklere, oder besser gesagt, gesättigtere, lebhaftere Färbung im Sommer resp. im Golfstrom nicht etwa dem höhern Salzgehalt, sondern wesentlich der höhern Temperatur zuzuschreiben sei. Es ist eine bekannte Erfahrung, dass bei den meisten Körpern die Absorption mit Erhöhung der Temperatur zunimmt. Um zu entscheiden, ob diess auch bei Wasser der Fall sei, habe ich zunächst am 13.—17. Juli die Färbung bestimmt, welche das Wasser in einer Schicht von 2,4^{m} Dicke, einer durch dieselbe betrachteten, von der Sonne beschienenen, durchscheinenden Papierfläche ertheilt. Zur bessern Beurtheilung der Färbung wurde die Röhre nur halb gefüllt, so dass oberhalb das ungefärbte weisse Papier sichtbar blieb. Gewöhnliches Brunnenwasser auf 7^{0} abgekühlt gab einen hellen grünweissen Farbton, bei circa 50^{0} dagegen eine entschieden gesättigtere, hell-

grüne Färbung; ebenso zeigte destillirtes Wasser bei 20° eine helle blaugrünliche Färbung, die wieder bei 58° in eine gesättigtere und mehr grüne Farbe überging.

Des Fernern wurde direct die Durchsichtigkeit des Wassers bei zwei verschiedenen Temperaturen gemessen. Zwischen das Photometer und eine, als durchscheinender Schirm dienende, bereifte Fensterscheibe eines Vorfensters wurden bei der einen Oeffnung zwei je mit Glasplatten verschlossene Glasröhren von 50 und 200^{mm} Länge, bei der andern zwei eben solche von 100 und 150^{mm} Länge gesetzt. Man ermittelte dann abwechselnd das Intensitätsverhältniss bei leeren und theilweise gefüllten Röhren und zwar wurden das eine Mal die Röhren von 50 und 150, das andere Mal von 100 und 200^{mm} Länge mit destillirtem, durch grobes Papier filtrirtem Wasser gefüllt. Die Temperatur des Wassers von etwa 6° ward durch Abkühlung des ganzen Zimmers auf diese Temperatur erzielt, bei den höhern Wassertemperaturen von etwa 25° hatte das Zimmer eine Temperatur von etwa 16°. Aus den am 4. und 5. Januar 1867 angestellten Versuchen ergaben sich folgende Werthe für den Durchsichtigkeitscoeffizient des durch grobes Papierfiltrirten, destillirten Wassers:

bei 24,°4 C. $a = 0{,}91790$
„ 6,2 $a = 0{,}94769$

bezogen auf 1 Decimeter als Wegeinheit. Meine frühern Versuche in Königsberg hatten für gleiches Papier und eine Temperatur von ungefähr 17° C und bezogen auf dieselbe Wegeinheit den Werth:

17° C. $a = 0{,}93968$

geliefert, der sich recht gut an die obigen anschliesst. Es ist somit in der That die Durchsichtigkeit des Wassers

bei niedriger Temperatur grösser als bei höherer. — Zur Untersuchung der Grösse der Absorption verschiedener Farben war das einfallende Licht zu schwach; indessen sollen auch in dieser Beziehung die Messungen noch vervollständigt werden.

Notiz über einige Höhlen der Cevennen.

Während eines längern Aufenthaltes im mittäglichen Frankreich wurde früh meine Aufmerksamkeit auf die zahlreichen, zum Theil wegen ihres Umfanges merkwürdigen, zum Theil als Fundorte von Fossilien etc. wichtigen Höhlen der Cevennen gelenkt, mit denen ich bald mehr oder minder intime Bekanntschaft machte. Mehrere Umstände waren mir dabei günstig, so die häufige Begleitung eines von gleicher Wander- und Suchlust erfüllten, dabei aber in allen Zweigen der Naturgeschichte wohlbewanderten Freundes.

Meine Absicht kann es nun nicht sein, von allen von mir besuchten Höhlen zu sprechen, sonst müsste ich, um den Gegenstand würdig zu behandeln, der Grotte de la demoiselle bei Ganges, wohl der grössten Höhle Europa's, allein schon einen bedeutenden Raum widmen, aller übrigen ebenfalls wunderschönen Tropfsteinhöhlen gar nicht zu gedenken. Meine Skizze gilt hier den Knochenhöhlen, aus denen ich u. A. den Schädel des Ursus Spelacus gewann, welcher mit andern Stücken in die paläontologische Sammlung des Berner Museums übergegangen ist, wie einigen andern als unterirdische Fund-