

Zur Theorie der Himmelhelligkeit.

Von **H. Borchardt.**

Die Himmelhelligkeit ist bekanntlich erklärbar durch die Annahme, daß die direkte auf die Erdatmosphäre gelangende Sonnenstrahlung teilweise durch Partikel abgelenkt wird, die in der Luft hülle suspendiert sind. Als solche kommen nicht nur die größeren Teilchen, wie Eiskristalle, Wassertröpfchen und Staubpartikel in Betracht, sondern auch die Moleküle und Molekülkomplexe der reinen Luft, das heißt Teilchen, deren Durchmesser klein ist gegenüber der Wellenlänge eines beliebigen Lichtstrahles. Indem das auf solche Teilchen fallende Licht nach allen Seiten zerstreut wird, erscheint uns das Himmelsgewölbe überall hell.

Die Erfahrung lehrte nun, daß die Helligkeit des vollständig unbewölkten Himmels nicht an jeder Stelle die gleiche ist; man begann daher Gesetzmäßigkeiten aufzusuchen, nach denen sich die Verteilung der Helligkeit am Himmel richtet, und den Ursachen nachzuspüren, deren Folge irgendeine gesetzmäßige Beziehung sein konnte.

Die theoretischen Untersuchungen beschränken sich auf die Annahme, daß die diffuse Himmelhelligkeit durch einmaligen Zerstreungs- bzw. Reflexionsvorgang des direkten Sonnenlichtes, also unter Ausschluß mehrfacher Ablenkungen, zustande kommt; hierdurch wird dann die weitere Annahme zulässig, die Intensität des zur Erde gelangenden reflektierten Lichtstrahles der Anzahl der Teilchen in der Volumeinheit proportional zu setzen. Es hat sich ferner gezeigt, daß insbesondere die relative Größe der suspendierten Teilchen im Vergleiche zur Wellenlänge von wesentlichem Einflusse auf das Phänomen ist, während ihre sonstige Beschaffenheit zwar nicht bedeutungslos, aber doch von geringer Einwirkung ist.

Eingehendere theoretische Untersuchungen über diese Erscheinungen wurden zuerst von Clausius, Stokes und Lord Rayleigh (Strutt) angestellt. Rayleighs Arbeiten über den Gegenstand sind in einer Anzahl Abhandlungen im Philosophical Magazine veröffentlicht; auf seine theoretischen Entwicklungen

müssen wir kurz zurückgreifen; dieselben sind, abgesehen von den schon erwähnten, allgemein angenommenen Voraussetzungen über die suspendierten Teilchen, an eine Reihe weiterer Vereinfachungen geknüpft, von denen als wichtigste die Durchsichtigkeit der Partikel erwähnt werden soll. Eine weitere Forderung, daß nämlich der Brechungsindex der Teilchen nur wenig abweichen dürfe vom Brechungsindex des umgebenden Mediums, konnte Rayleigh in einer später angestellten Untersuchung wenigstens für kugelförmige Teilchen fallen lassen, weil sich auch ein endlicher Unterschied der Brechungsindizes für das Schlußresultat als wenig einflußreich erwies. Mit Hilfe der geschilderten Annahmen konnte dann ein Ausdruck abgeleitet werden, der eine Beziehung gab zwischen der Intensität des in ein Partikel einfallenden Strahles J , der Intensität des austretenden Strahles i , dem Volum des Teilchens v , der Entfernung r vom Teilchen (gemessen auf dem austretenden Strahle) und der Wellenlänge λ des Lichtstrahles, welcher auf ein Partikel trifft.

Dadurch, daß die Lichterregung in einem solchen Teilchen abweichend ist von der Lichterregung im umgebenden Medium, wird jedes Teilchen zu einer Erregungsquelle und sendet sekundäre Lichtstrahlen aus; die Amplitude der Sekundärwelle ist dann in der Entfernung r vom Teilchen proportional mit $\frac{1}{r}$, mit der Amplitude A der einfallenden Welle und mit dem Volum des Partikels; es wird also

$$a = KA \cdot \frac{v}{r}$$

Es muß nun die Größe $\frac{a}{A}$ dimensionslos sein, und die Proportionalitätskonstante K muß daher die Dimension des reziproken Quadrates einer Länge haben. Da über die Länge r bereits verfügt ist, bleibt nur die Wellenlänge λ noch verwertbar. Es wird also K proportional mit $\frac{1}{\lambda^2}$, also wird

$$a = k \cdot A \cdot \frac{v}{r\lambda^2}$$

Es ist weiter die Amplitude der Sekundärwelle proportional dem Sinus des Winkels, der gebildet wird durch die Richtung r und die Schwingungsrichtung des schwingenden Zentrums; bezeichnen wir diesen Winkel mit ϑ , so wird

$$a = k_0 \cdot A \cdot \sin \vartheta \cdot \frac{v}{r\lambda^2},$$

wobei k_0 nur noch abhängig ist von der Natur des Teilchens (ob Wassertröpfchen, Eiskristall usw.). Die Intensität der Sekundärwelle wird damit:

$$i = k_0^2 \cdot J \cdot \sin^2 \vartheta \cdot \left(\frac{v}{r}\right)^2 \cdot \frac{1}{\lambda^4}.$$

Die Intensität ist also umgekehrt proportional der vierten Potenz der Wellenlänge des auf ein suspendiertes Teilchen fallenden Lichtstrahles. Diese Ableitung galt zunächst nur für ein solches suspendiertes Teilchen; es wurde aber weiter gezeigt, daß das gleiche Gesetz über die Intensität gilt, wenn beliebig viele unregelmäßig angeordnete Partikel vorhanden sind unter der weiteren wesentlichen Voraussetzung, daß jeder direkte Sonnenstrahl nur eine Zerstreuung erleiden und daß folglich ein bereits gebeugter Strahl auf seinem weiteren Wege durch die Atmosphäre nicht mehr auf ein Partikel treffen durfte. Alsdann addieren sich einfach die Intensitäten aller Sekundärstrahlen.

Durch diese Untersuchungen Rayleighs war erwiesen, daß so kleine Gebilde nicht den gewöhnlichen optischen Brechungsgesetzen folgen, sondern daß sie abweichend davon als Beugungszentren wirken; zugleich ließ sich daraus die blaue Farbe des Himmels und die Polarisation des Himmelslichtes erklären.

Diese Untersuchungen von Rayleigh gaben eine geeignete Grundlage, auf die man eine Theorie der Himmelshelligkeit basieren konnte. Den älteren theoretischen Abhandlungen über diesen Gegenstand war die Einsicht in die Mechanik der Lichtzerstreuung noch verschlossen, so daß die mathematischen Deduktionen von naheliegenden, aber willkürlichen Voraussetzungen ihren Ausgang nehmen mußten.

Auf diese früheren Untersuchungen und ihre Resultate betreffs der Helligkeitsverteilung am Himmel soll hier ganz kurz eingegangen werden.

Die ältesten Arbeiten stammen wohl von dem Begründer der Photometrie, Lambert. Er setzte eine gleichförmige Zerstreuung des Lichtes nach allen Richtungen voraus. Veränderlich und also bestimmend für die Helligkeit des Himmels an verschiedenen Stellen war dann nur noch die Dicke der von den Lichtstrahlen durchlaufenen Schicht. Damit mußte Lambert auf das Resultat kommen, daß die Himmelshelligkeit auf einem Horizontalkreis der Himmelskugel konstant sei.

Dies Ergebnis stimmte, wie zu erwarten, mit den Tatsachen in keiner Weise überein.

Später unternahm es Clausius, die diffuse Zerstreung des Sonnenlichtes und die Verteilung der Helligkeit am Himmel durch die Annahme schwebender Wasserbläschen aufzuklären. Die Resultate dieser Untersuchungen, die übrigens von Clausius gegen Rayleigh noch lange verfochten wurden, standen ebenfalls nicht im Einklange mit der Beobachtung.

Sehr eingehende und umfangreiche Arbeiten wurden in den Jahren 1886 bis 1896 von Chr. Wiener (veröffentlicht 1900 durch H. und O. Wiener^{*)}) unternommen, die Verteilung der Helligkeit am Himmel für jeden beliebigen Sonnenstand zu ermitteln. Verfasser untersuchte die Zerstreung und Beugung der Sonnenstrahlen in Wassertröpfchen und Eiskristallen und zog die Ergebnisse Rayleighs betreffend die Beugung an den kleinsten Teilchen mit in seine Rechnung. Seine Resultate beziehen sich auf variable Zenitdistanzen der Sonne. Setzte er die Helligkeit H des Himmels an einer Stelle des Horizonts, die der Sonne gerade gegenüber lag, gleich 1, so fand sich für die Zenitdistanz von z. B. 43° folgende Helligkeitsverteilung am Himmel:

Werden die Azimute von der Sonne aus gezählt, so ergibt sich auf dem Horizonte für das Azimut 180° bis 120° fast gar keine Änderung der Helligkeit; von 120° ab beginnt die Helligkeit zu wachsen und erreicht im Azimut 0° den Wert 4,7. Verläßt man an dieser Stelle den Horizont und schlägt die Richtung nach der Sonne ein, so wird die Helligkeit anfangs etwas kleiner; für einen Punkt mit der Zenitdistanz 82° findet sich der Wert $H = 4,4$. Von diesem Punkte aus wird die Helligkeit in der Richtung nach der Sonne dauernd größer und steigt in der Nähe der Sonnenscheibe auf den Wert $H = 24$ an. Oberhalb der Sonne sinkt H wieder; das Zenit weist eine Helligkeit von nur 0,8 auf. Das Minimum von $H = 0,1$ liegt unter einem Azimut von 180° und der Zenitdistanz von 25° . Es liegt also auf demselben Meridiankreise wie die Sonne. Von diesem Punkte ab nimmt die Helligkeit wieder zu und erreicht am Horizont den Ausgangswert 1.

Bei anderer Zenitdistanz der Sonne gestalten sich die Verhältnisse entsprechend anders; Genaueres darüber muß in der Abhandlung selbst nachgelesen werden^{*)}.

^{*)} Chr. Wiener, Abh. d. Kaiserl. Leop. Carol. Akad. Nova Acta 73, 1 (cf. auch Annal., Beibl., 1901, pag. 271—279). cfr. die Schlußbemerkung.

Auf eine erst in diesem Jahre erschienene Arbeit von Exner^{*)} kommen wir weiter unten noch zu sprechen.

Neben den bisher erwähnten vorherrschend theoretischen Betrachtungen entstanden auch eine Anzahl von Arbeiten, die das Problem der Helligkeit des Himmels bei bestimmtem Sonnenstande und gegebenen meteorologischen Daten durch Beobachtung zu lösen versuchten. Solche Beobachtungsreihen stammen von Wiesner und L. Weber; die letzterwähnten Versuche (1893), deren Resultate im Handbuch der Hygiene (Abteilung: Beleuchtung) veröffentlicht sind, geben zugleich einen Hinweis auf die weitgehende Bedeutung, die einer übersichtlichen und zuverlässigen Kenntnis der Helligkeitsverteilung am Himmel bezüglich pflanzenphysiologischer Vorgänge und hygienischer Anlage von Räumen zukommt.

Die Beobachtungsreihen L. Webers gaben dann Veranlassung zu einer von W. Schramm 1901 veröffentlichten Arbeit (diese Schriften XII, 1) über die Beleuchtung einer Fläche und die Verteilung der Himmelshelligkeit.

W. Schramm hat die Beleuchtungsstärke vertikaler Flächen oder nach Wiesners Ausdrucksweise das Vorderlicht gemessen. Sind aus der Kenntnis des Vorderlichtes nun auch nicht ohne weiteres die Flächenhelligkeiten einzelner Stellen des Himmels zu entnehmen, so stehen beide Größen doch in naher Beziehung, da

$$B = \int H \cdot \cos i \, \delta\omega$$

ist, worin B das Vorderlicht, H die Himmelshelligkeit, i der Inzidenzwinkel und $\delta\omega$ das Raumwinkelement bedeutet. Es würde z. B. bei gleichmäßiger Himmelshelligkeit

$$B = H \cdot \int \cos i \, \delta\omega = \frac{\pi}{2} \cdot H$$

sein, und in dem wirklich vorhandenen Zustande variabler Helligkeit das gemessene B wenigstens einen angenäherten Ausdruck für die mittlere Helligkeit derjenigen Himmelshälfte sein, welche der Meßfläche gegenüber liegt. Insbesondere ist die Kenntnis des Vorderlichtes in allen den Fällen von unmittelbarer Anwendbarkeit, in denen man die etwa bekannte Flächenhelligkeit H doch nur benutzen würde, um das

$$\int H \cdot \cos i \, \delta\omega$$

zu berechnen.

*) F. M. Exner: Zur Theorie der Tageshelle. Sitzungsber. d. Wiener Akad. Band 118 IIa. Juni 1909.

Bei seinen Versuchen benutzte W. Schramm das schon mehrfach beschriebene, von Prof. L. Weber konstruierte Polarisationsphotometer, das unter Benutzung von Milchglasplatten und gleichzeitiger Anwendung Nikolscher Prismen eine Vergleichung zweier Beleuchtungsstärken schnell auszuführen gestattet. Die Messungen wurden auf die vier Hauptrichtungen des Vorderlichtes beschränkt; eine Ausdehnung auf mehrere, etwa acht, Richtungen ist bereits wegen des schnellen Wechsels der absoluten Helligkeit mit erheblich größeren Schwierigkeiten verbunden. Einige im Jahre 1908 im physikalischen Institute angestellte Beobachtungsreihen haben deswegen zu keinem brauchbaren Resultate geführt, doch soll eine solche experimentelle Vervollständigung der Schramm'schen Untersuchung im Auge behalten werden.

Inzwischen wurde zur Ergänzung dieser fehlenden Beobachtungen nach einer geeigneten Interpolationsmethode gesucht, die die Größe des Vorderlichtes für jede Zwischenrichtung zu ermitteln gestattete.

Ein solches Verfahren ist von Prof. L. Weber angegeben und durchgeführt worden, nachdem sich der andere Weg — die Ermittlung des Vorderlichtes in beliebiger Richtung durch Integration der von allen sichtbaren Himmelpunkten aus auf eine Fläche fallenden Lichtmengen — unter Benutzung der Schramm'schen Zahlen als nicht gangbar erwiesen hatte, weil in der zitierten Arbeit die Werte der Himmelhelligkeit für einen ganzen Quadranten fehlten. Auf die Methode L. Webers soll gleich eingegangen werden. Erwähnt sei vorher noch, daß Schramm selbst für die Richtungen, welche um 45° von seinen Beobachtungsrichtungen abstanden, mittels eines in der Arbeit angegebenen Verfahrens bereits Zwischenwerte von H ermittelt hatte.

Zum Verständnis des Weber'schen Interpolationsverfahrens sei kurz folgendes angeführt: Man denke sich die wahre Himmelhelligkeit ersetzt durch eine gleichmäßig helle Halbkugel; an dieser denken wir uns an einem Punkte, dessen Richtung vom Beobachter aus als Süden bezeichnet werden möge, die leuchtende Sonnenscheibe; symmetrisch rechts und links davon in einer gewissen Entfernung werden zwei Hilfssonnen vorausgesetzt, deren Helligkeit als gleich groß mit der Helligkeit der eigentlichen Sonne angenommen wird. (Diese Annahme ist zwar willkürlich, aber wegen der tatsächlich vorhandenen Verteilung der Vorderlichtgröße berechtigt.) Die Beleuchtung einer nach Norden gerichteten vertikalen

Fläche findet dann allein durch die hypothetische konstante Himmels-helligkeit statt; eine nach Ost bzw. West gerichtete vertikale Fläche erhält Licht von dem gleichmäßig hellen Himmelsgewölbe und von einer der Nebensonnen (das letztere berechnet unter Benutzung des einfachen Cosinussatzes); eine nach Süden gerichtete vertikale Fläche erhält endlich Licht von allen drei Sonnen und von dem leuchtenden Himmelsgewölbe. Für jede Zwischenrichtung läßt sich, wie hieraus ersichtlich, das Vorderlicht nun berechnen; und aus einer Anzahl solcher berechneter Werte für verschiedene Richtungen konnte eine Kurve konstruiert werden, die mit einem Schlage eine Übersicht über die Stärke der Beleuchtung einer vertikalen Fläche nach allen Richtungen gab.

Solche Kurven sind in der beigefügten Tafel unter Benutzung der Schramm'schen Vorderlichtwerte für alle Monate und die Tageszeiten 3^h p (bzw. 9^h a) und 12^h m gezeichnet worden.

Die neben diesen Figuren noch befindliche größere Figur gibt eine Übersicht über die Ausführung der Konstruktion. In betreff dieser Konstruktion sei noch folgendes bemerkt: Denkt man sich einen leuchtenden Punkt und in beliebiger Entfernung davon eine beleuchtete ebene Fläche, so ist die Beleuchtungsstärke, welche die Fläche erfährt, abhängig von dem Winkel, den die Richtung der Verbindungslinie vom leuchtenden Punkte zur Fläche mit der Flächennormale bildet; ist speziell dieser Winkel 0° und setzt man die unter gegebenen Verhältnissen dann vorhandene Beleuchtungsstärke z. B. gleich 1, so läßt sich die Beleuchtungsstärke für jede andere Lage der Fläche darstellen durch die Länge derjenigen Sehne im Kreise vom Durchmesser 1, welche mit dem Durchmesser den gleichen Winkel einschließt, den die Verbindungslinie vom leuchtenden Punkte zur Fläche mit der Flächennormale bildet.

Unter Benutzung dieser Überlegung wurden entsprechend den drei gleich stark leuchtenden Punkten in der Konstruktion drei Kreise von gleichem Durchmesser benutzt, deren Sehnen in jeder beliebigen Richtung der konstanten Helligkeit c des Himmelsgewölbes hinzugefügt wurden. Streng müßte die Konstruktionskurve zwei Knicke aufweisen; dieselben sind in der Figur nicht markiert, sondern durch eine freihändig durchgezogene Kurve ausgeglichen. Die Abweichungen vom gleichmäßigen Verlaufe der Kurve sind so unbedeutend, daß sie bei nicht allzugroß ausgeführten Zeichnungen vollständig verschwinden.

Leider hat sich bisher keine Gelegenheit gefunden, durch Beobachtung festzustellen, wieweit die Annahmen L. Webers sich mit den tatsächlichen Verhältnissen vereinbaren lassen.

Eine zweite in der Schramm'schen Arbeit behandelte Aufgabe betrifft die Verteilung der Himmelhelligkeit. Es war schon oben darauf hingewiesen worden, welche Beziehung zwischen Vorderlicht und Himmelhelligkeit besteht, und wie man auf einen mittleren Wert der Himmelhelligkeit aus dem gemessenen Vorderlichte schließen kann.

Die Resultate der Schramm'schen Arbeit bezüglich der Himmelhelligkeit sollen kurz skizziert werden: Er fand, daß an klaren Tagen das Zenit am dunkelsten war, und daß die Helligkeit in jeder Richtung nach der Sonne hin zunahm, jedoch nicht in allen Richtungen gleichmäßig stark. Von diesem hellsten Gebiete des Himmels aus kommt man, auf Horizontalkreisen nach Ost oder West gehend, zu relativ kleineren Intensitäten; die relativ dunkelste Stelle findet sich in der Nähe des Ost- und Westpunktes; weiter nach Norden nimmt die Helligkeit wieder zu. Die letzte Erscheinung trifft jedoch nur für die tief gelegenen Horizontalkreise zu. In höheren Himmelsbreiten dagegen findet in der Richtung vom Ost- bzw. Westpunkt nach Norden zu keine Verstärkung der Helligkeit mehr statt; dieselbe bleibt durchschnittlich konstant.

Untersuchte Schramm die Veränderung der Flächenhelligkeit des Himmels längs einer Vertikalen vom Horizont zum Zenit, so fand er, daß die Helligkeit in dieser Richtung stets abnahm. Die Abnahme war am stärksten auf der südlichen Seite.

Die bisher angeführten Beobachtungsergebnisse galten nur für niedrige Sonnenhöhen; schon bei einer Zenitdistanz der Sonne von 60° verschieben sich die Verhältnisse nicht unbedeutend. Es ist dann nicht mehr das Zenit am dunkelsten, sondern ein Punkt am nördlichen Horizont in ungefährer Höhe von 60° . Von diesem Punkte aus findet die stärkste Helligkeitszunahme in der Richtung auf die Sonne zu statt. Hinsichtlich der Änderung der Helligkeit längs eines Horizontalkreises wurde gefunden, daß vom Sonnenvertikal bis zum Ost- und Westpunkte Abnahme der Helligkeit, von da ab Konstanz derselben besteht, jedoch nur bis zu einer Höhe des Horizontalkreises von 30° . In größeren Höhen trat eine weitere Abnahme der Intensität ein vom Ost- bzw. Westpunkt aus nach Norden. Es war also für den vollständig unbewölkten Himmel als wesentliches Resultat gefunden, daß die Helligkeit eines Punktes

am Himmel in erster Linie durch zwei Daten bestimmt ist, nämlich durch seinen Abstand vom Horizonte und seinen Abstand von dem Punkte, in welchem die Sonne steht.

Die durch die Sonne bedingte Unsymmetrie bezüglich der Vertikal- und Horizontalkreise wird wesentlich abgeschwächt bei vollständig bedecktem Himmel; es ist dann eine größere Regelmäßigkeit der Verteilung der Flächenhelligkeit zu erwarten, falls die Bewölkung einigermaßen homogen ist. In der Tat fand Schramm eine gleichmäßigere Verteilung, doch war das Ergebnis hinsichtlich der Relativwerte ein ganz anderes als das, welches für den blauen Himmel galt. Vom Horizonte nach dem Zenit zu trat eine ständige Zunahme der Helligkeit auf; als hellste Stelle wurde dasjenige Gebiet der Umgebung des Zenit bestimmt, in welchem die Sonne, verdeckt durch die Bewölkung, stand. Im Anschlusse an diese Resultate ließ sich eine Karte der Hellegleichen am Himmel konstruieren, die der Arbeit von Schramm beigegeben ist.

In diesem Jahre erschien eine Arbeit von F. M. Exner,^{*)} die sich wieder mit der theoretischen Untersuchung der Tageslichthelligkeit sowie des Ober- und Vorderlichtes beschäftigt. Die vom Verfasser entwickelten Gesetzmäßigkeiten haben als Ausgangspunkt die Lichtzerstreuung, wie sie durch kleinste, in der Luft suspendierte Teilchen bedingt ist. Dementsprechend knüpft Exner an die Rayleigh'sche Theorie an. Unter Benutzung des Extinktions- und Transmissionskoeffizienten der Luft wird eine Rayleigh'sche Beziehung etwas umgestaltet und liefert für die Intensität der Sekundärstrahlung

$$i = \frac{3\varepsilon}{8\pi q r^2} (1 + \cos^2 \varphi)$$

wobei ε den bei Exner definierten Extinktionskoeffizienten darstellt, ferner q ein Maß für die Anzahl der Partikel in der Volumeinheit, r die Entfernung vom Teilchen und φ der Winkel ist, den Primär- und Sekundärstrahl miteinander einschließen. Die Beleuchtung einer horizontalen (bzw. vertikalen) Fläche durch das Himmelslicht wird dann hergestellt durch Summierung der Intensitäten i aller der Sekundärstrahlen, welche auf die gegebene Fläche fallen. Außer dieser Beleuchtung ist noch diejenige, welche durch die direkte Sonnenstrahlung bedingt ist, vorhanden.

^{*)} cf. pg. 390 d. „Schriften“.

Um zu mathematisch durchführbaren Operationen zu gelangen, hat der Verfasser nun gewisse Vereinfachungen eintreten lassen, die das Problem in der Tat einer möglichst wenig komplizierten Behandlungsweise zugänglich machen. Diese Einschränkungen, auf welche wir gleich zurückkommen werden, gestatten dann, Ausdrücke herzustellen, deren Auswertungen mit den Beobachtungen Schramms teilweise recht gut übereinstimmen. Diese Übereinstimmung scheint uns jedoch nur eine scheinbare zu sein; denn die durch die einschränkenden Voraussetzungen des Verfassers notwendig eintretenden Abweichungen liegen nach verschiedener Richtung, so daß die Fehlerquellen sich teilweise ausgleichen.

Der Verfasser hat zunächst angenommen, daß ein Primär- und ein dazugehöriger Sekundärstrahl auf ihrem Wege durch die Atmosphäre keinerlei Extinktion erfahren, vielfache Zerstreuungen sollen also ausgeschlossen sein; für den Sekundärstrahl hat das zur Folge, daß er auf seinem Wege bis zur beleuchteten Fläche nicht mehr auf ein zweites zerstreues Teilchen treffen darf. Diese Annahme, die allerdings für die Anwendung des Rayleigh'schen Gesetzes notwendig ist, bedingt, daß eine horizontal auf der Erdoberfläche gedachte Fläche rechnermäßig zuviel Licht erhält. Die zweite vereinfachende Voraussetzung betrifft die Anzahl der in der Volumeinheit enthaltenen Teilchen. In jedem Volumelemente der Lufthülle sollen sich gleichviel Partikel befinden. Da irgendwelche Kenntnis über die wirklich bestehende Verteilung der Suspensionen fehlt, so ist diese Annahme immerhin sehr naheliegend. Nahe der Erdoberfläche ist die Atmosphäre jedoch reicher an solchen suspendierten Partikeln (wenn auch vorwiegend an größeren); es würde daher die Intensität der Sekundärstrahlung größer sein, als in Schichten nahe dem Zenit. Sie wird jedoch als gleich groß angenommen, und diese Annahme wird damit begründet, daß die Extinktion der Sekundärstrahlung ebenfalls eine größere wird. Diese Begründung widerspricht aber der Annahme, wonach eine Extinktion der Sekundärstrahlen durch vielfache Zerstreuung nicht stattfinden soll.

Etwas gezwungen scheint auch die Annahme des Verfassers betreffend eine halbkugelförmige Atmosphäre; es dürfte fraglich erscheinen, ob sich die auszuführenden Integrationen nicht auch bei einer der Wirklichkeit näher kommenden Voraussetzung erledigen lassen würden. Durch diese Einschränkung erhält eine beleuchtete Fläche auf der Erde zuwenig Licht.

Dadurch, daß der Verfasser mehrfache Reflexionen ausgeschlossen hat, sind unserer Meinung nach Anteile der tatsächlich auf die Fläche fallenden Lichtmenge unterdrückt, deren Größenordnung dieselbe sein dürfte, wie die der berechneten Strahlung. Durch diesen Umstand sind die Rechnungsergebnisse des Verfassers ganz wesentlich beeinflußt, so daß man der Übereinstimmung der Resultate mit manchen Beobachtungen Schramms keine allzu große Bedeutung zuschreiben darf.

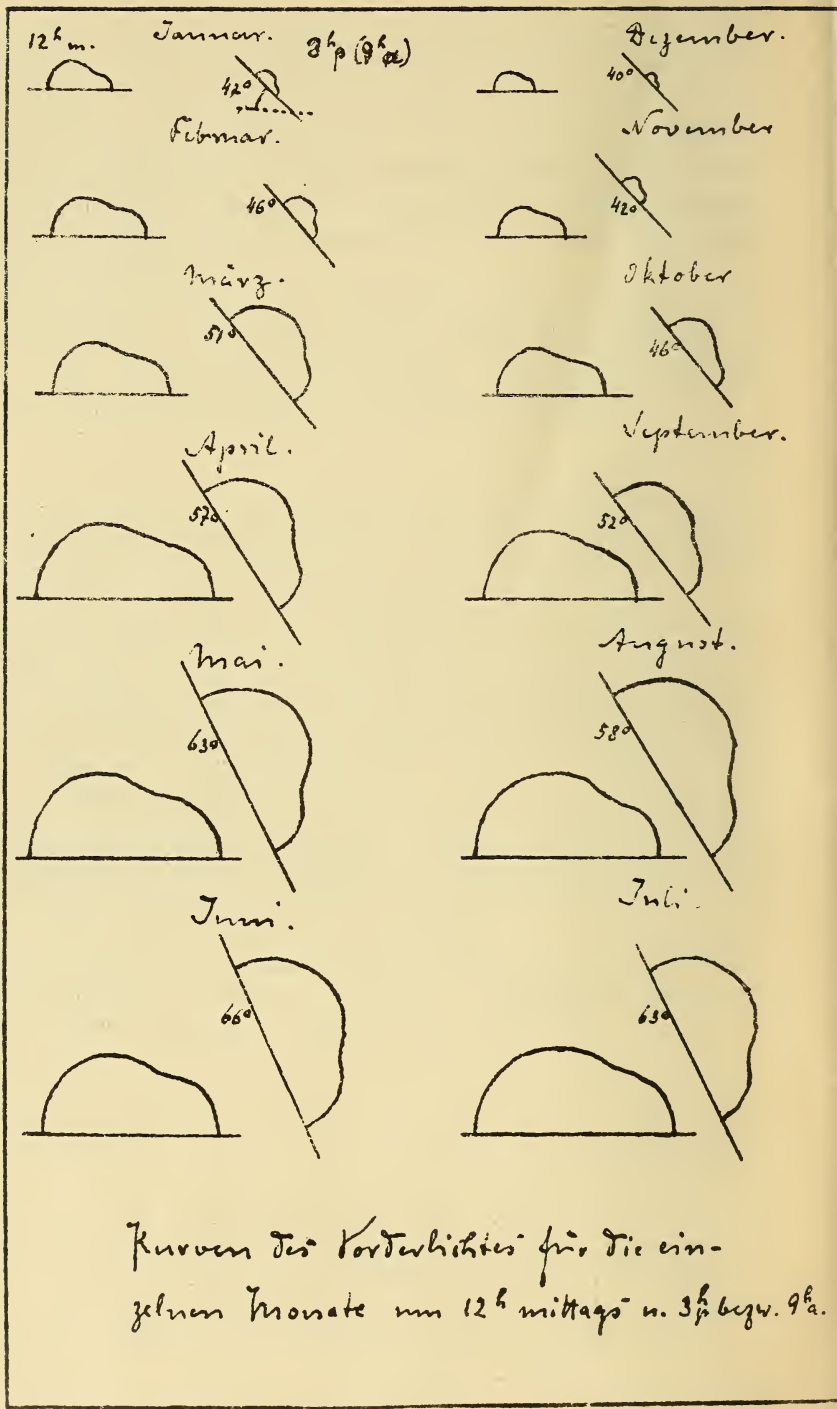
In erster Linie wird es die zukünftige Aufgabe sein, ein möglichst unanfechtbares und umfangreiches Beobachtungsmaterial zu sammeln; einer eingehenden theoretischen Betrachtung scheinen sich noch zu große Hindernisse in den Weg zu stellen.

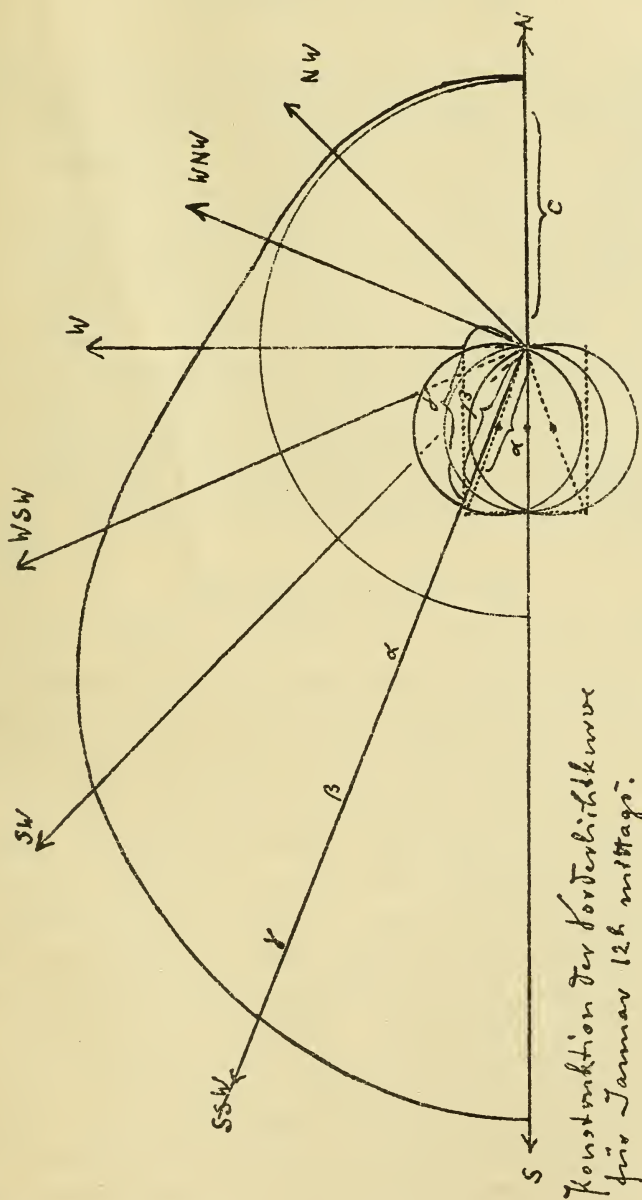
Während die Korrektur der Druckbogen vorstehender Notiz gelesen wurde, erschien die Fortsetzung der Untersuchungen Chr. Wiener's „Über die Helligkeit des klaren Himmels etc.“ in den Abh. d. V. Leop. Carol. Akad., Nova Acta. (Herausgegeben von Herrn H. Wiener, O. Wiener und W. Möbius.)

Da es nicht mehr möglich war, diese umfassenden Untersuchungen sowie die interessanten Resultate eingehend zu studieren, konnte nur in dieser Schlußbemerkung kurz darauf hingewiesen werden. Erwähnt sei beiläufig, daß die von Chr. Wiener bestimmten Hellegleichen in der Form übereinstimmen mit den von Herrn L. Weber schon früher durch Beobachtung aufgefundenen Kurven gleicher Helligkeit. Wodurch die außerordentlich große Differenz der Extremwerte der Helligkeit am Himmel zu erklären ist, die von Chr. Wiener und O. Wiener beobachtet und bestimmt wurde, muß vorläufig dahingestellt bleiben. Naheliegend ist wohl die Annahme, daß die atmosphärischen Verhältnisse von Kiel bezw. Leipzig die großen Differenzen zwischen den Resultaten O. Wiener's und W. Schramm's bedingen. Erneute Messungen über die Verteilung der Himmelshelligkeit sind, wie schon oben erwähnt, für Kiel in Aussicht genommen.

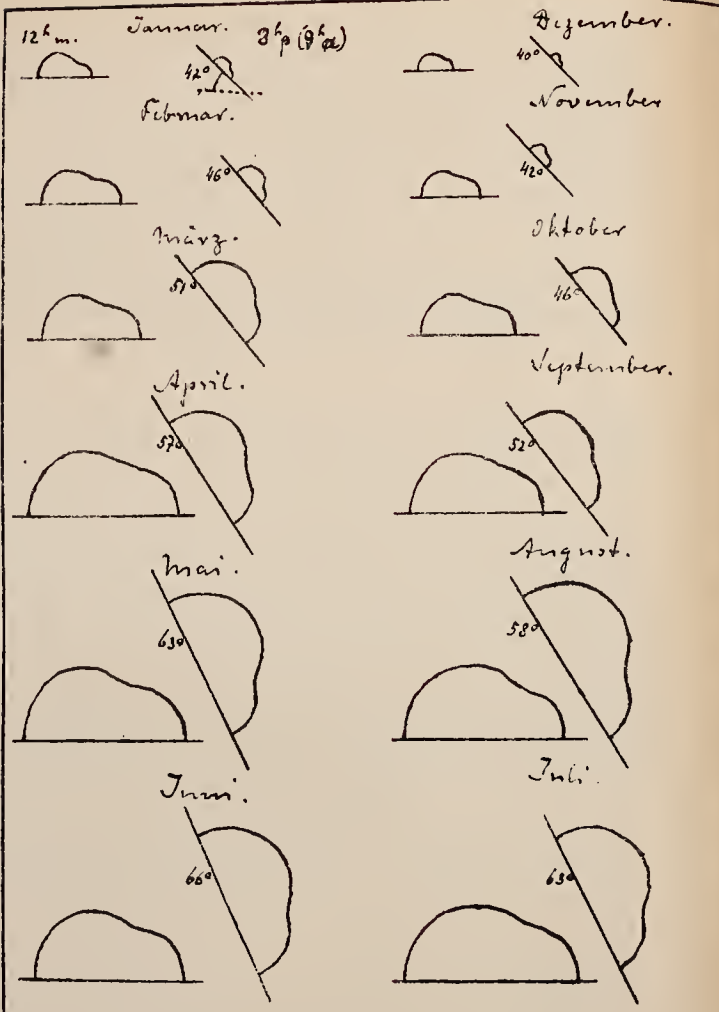
Aus den Resultaten Chr. Wiener's geht noch hervor, daß unsere Bemerkung über die Größenordnung der durch F. M. Exner vernachlässigten Anteile des Lichtes, das mehrfachen Reflexionen ausgesetzt war, zutreffend ist.



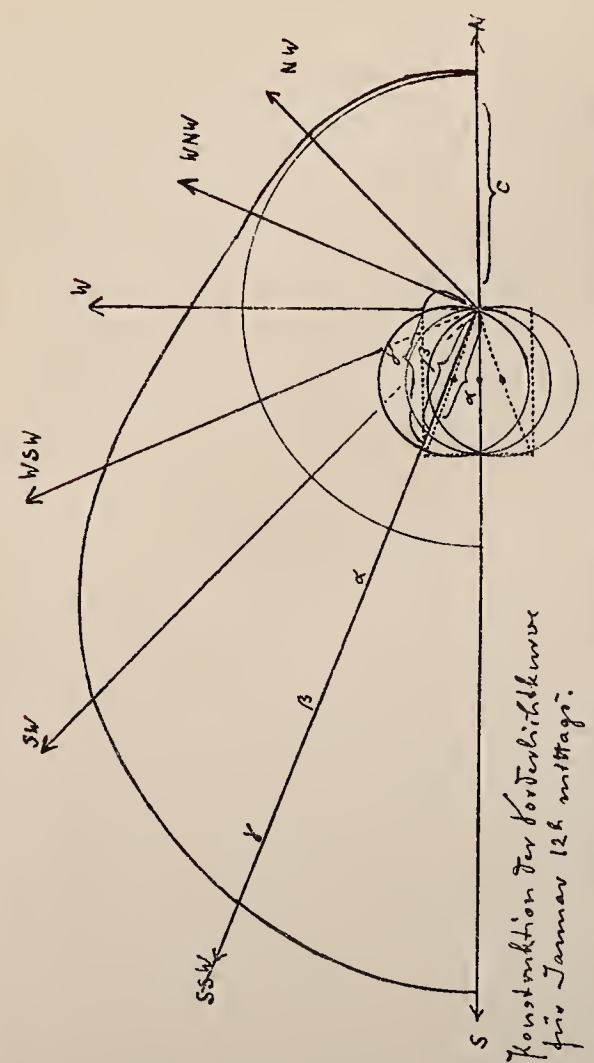




Konstruktion der Vorderlichtkurve
für Januar 12. h mittags.



Kurven des Vorderlichtes für die einzelnen Monate um 12^h mittags u. 3^h bzw. 9^h.



Konstruktion der Vorderlichtkurve für Januar 12^h mittags.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Borchardt H.

Artikel/Article: [Zur Theorie der Himmelshelligkeit. 386-396](#)