

Trübung und anomale Extinktion

Autor(en): **Götz, F.W. Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **5 (1932)**

Heft V

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-110173>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Trübung und anomale Extinktion*)

von F. W. Paul Götz.

(27. IX. 32.)

Die Schwierigkeiten, sich auf ein einheitliches Mass der Dunsttrübung zu einigen, sind in der Wellenlängenabhängigkeit der Trübungswirkung begründet. Zudem standen die zwei letzten Jahrzehnte meteorologischer Strahlungsforschung etwas einseitig unter einer Tendenz, die mit besserer unmittelbarer Verwertbarkeit für die Praxis begründet wurde: der Erfassung grösserer Wellenbereiche an Stelle der mindestens in den Schwesterwissenschaften altbewährten streng spektralen Definition. Niemand wird natürlich die Vorteile übersehen, die durch einfach zu handhabendes, billigeres Instrumentarium der Praxis erwachsen. Hier mag man ruhig das Einfachere tun, deswegen soll man aber das, was die Forschung einzig vorwärts bringen kann, nicht lassen. Strahlungsmessungen, welche den Namen meteorologische, also atmosphärisch-physikalische verdienen sollen, müssen die Forderung erfüllen: Sowohl Betrag wie räumliche Verteilung der einzelnen die Strahlung beeinflussenden atmosphärischen Komponenten zu erbringen. Dies sind neben der molekularen Zerstreuung vor allem Wasserdampf, Dunsttrübung, Ozon.

Von solchem Gesichtspunkt aus führte ich in meiner ersten Aroser Zeit, als spektrale Apparatur noch nicht zur Verfügung stand, bei den Aktinometermessungen die Kurzstrahlung (Grünblau¹⁾) ein und ergänzte späterhin das Rotultrarotfilter durch das Gelbfilter²⁾, wie es kurz darauf unabhängig auch am Observatorium Potsdam durch BÜTTNER geschah. Aus dem auf Kurzstrahlung angewandten Linkeschen Trübungsfaktor sprang — da sich die Kurzstrahlung als unabhängig vom Wasserdampfgehalt erwies, — der Jahresgang der Dunsttrübung¹⁾ heraus. Die spektrale Unzulänglichkeit der Cadmiumzelle vor Sonne wurde durch Filterung gemildert, so dass sich immerhin mit ihr erstmals der Jahresgang des Ozonbetrags³⁾ ergab. Aber die Leistungsfähigkeit solcher Be-

*) Bericht, erstattet der Strahlungskommission des Internationalen Meteorologischen Komitees, Frankfurt a/M., September 1932.

helfe findet doch bald ihre Grenze, meist gerade dort, wo es dann eben interessant wird. Beispielsweise wäre mit Cadmiumzelle schwerlich noch etwas über den Schwerpunkt des Ozons herauszuholen, geschweige denn die Funktion der vertikalen Verteilung⁴⁾, wie es diesen Sommer mit DOBSONS neuem, überaus leistungsfähigen Spektrophotometer nach meiner Methode des Umkehreffekts in Angriff genommen worden ist. Nicht ganz so zugespitzt, aber prinzipiell doch ähnlich ist die Sachlage in der Trübungsforschung, bei der das Folgende die Notwendigkeit spektralen Vorgehens belegen mag.

LINKE definierte als Trübungsfaktor das Verhältnis des jeweilig vorliegenden Extinktionskoeffizienten zu demjenigen reiner, nur molekularerstreuer Luft. Wegen der verschiedenen Wellenlängenabhängigkeit von Zähler und Nenner kann der Trübungsfaktor nur dann allgemein vergleichbares Trübungsmass sein, wenn man sich auf eine bestimmte (natürlich nicht selektiv absorbierende) Wellenlänge einigt oder wenigstens auf ein genügend eingegrenztes Spektralgebiet; seit der Neubestimmung der in die Berechnung des Trübungsfaktors eingehenden Konstanten durch FEUSSNER und DUBOIS scheint hierfür schon die Kurzstrahlung ausreichend. Von der Gebundenheit an eine bestimmte Wellenlänge sucht A. ÅNGSTRÖMS Ansatz für den Extinktionskoeffizienten a der Trübung

$$a = \beta \cdot \lambda^{-\alpha}$$

frei zu werden. Das dem Trübungsbetrag proportionale β nennt ÅNGSTRÖM den Trübungskoeffizient, das die Wellenlängenabhängigkeit charakterisierende α den Grössenexponent (der Trübungspartikel). Dass ÅNGSTRÖMS Festlegung der spektralen Trübungswirksamkeit auf einen konstanten Grössenexponenten $\alpha = 1,3$ ein in erster Näherung sehr brauchbarer Ansatz ist, scheint mir beispielsweise damit belegt, dass ich aus streng spektralen Messungen im Ultraviolett dieselbe Grössenordnung des Trübungskoeffizienten (Jahresmittel Arosa $\beta = 0,023$) erhalte⁵⁾, wie aus Messungen der Gesamtintensität der Sonnenstrahlung resultiert. Kann man α wirklich ohne Rücksicht auf die wechselnde atmosphärische Konstitution als konstant annehmen, so lässt sich ja mit einer einzigen Unterteilung der Gesamtsonnenintensität mittels des Rotultrarotfilters getrennt Wasserdampf (precipitable water) und Trübungskoeffizient bestimmen. Schon die Hinzunahme des Gelbfilters mag einen guten Schritt weiter führen. Man braucht nicht nur an besondere Fälle wie vulkanische oder kosmische Trübungen zu denken, um einzusehen, wie erwünscht es natürlich ist,

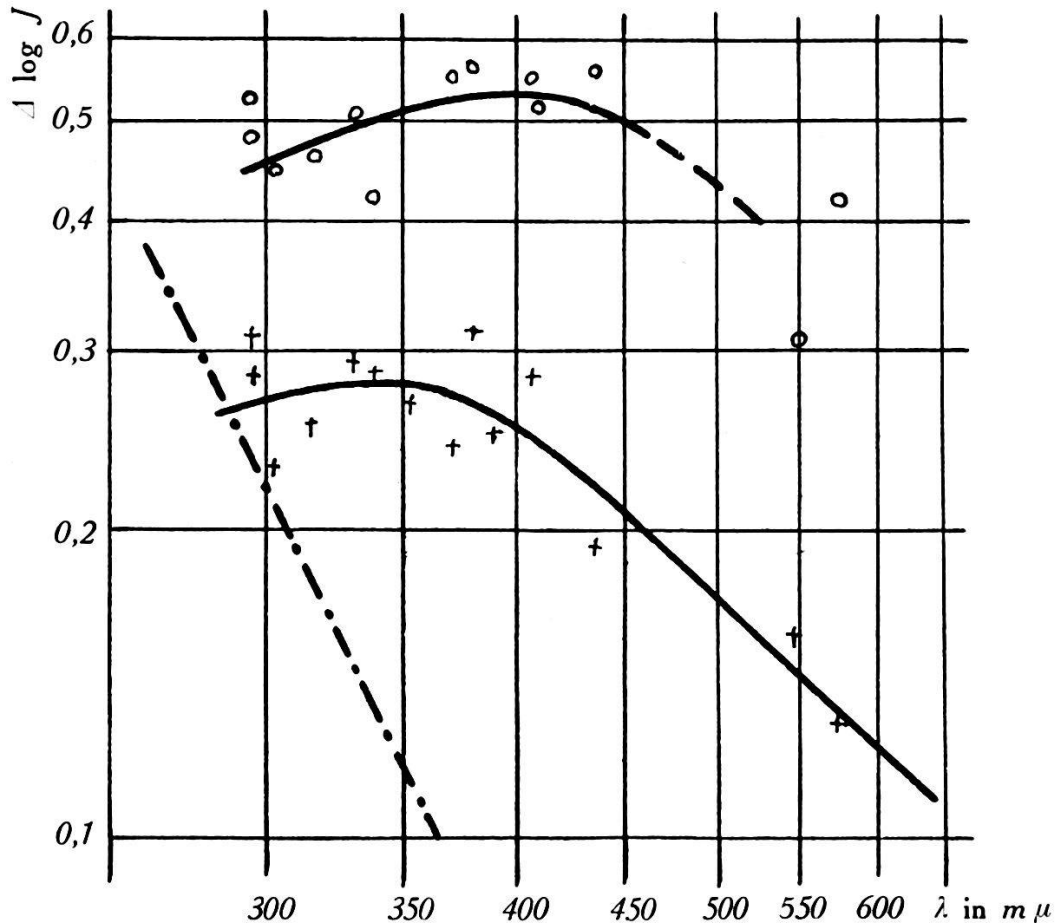
möglichst weitere Variable nicht vorweg zu nehmen, sondern offen zu lassen. Bei Ångströms Ansatz wäre diese Variable natürlich der Grössenexponent α . LINKE hat gezeigt, dass α von der Höhenlage abhängt. Und über eine Anomalität mit der Wellenlänge sei nun berichtet.

Meine ersten diesbezüglichen Erfahrungen sind 1922 mit Cadmiumzelle gewonnen⁶). Durch Filterunterteilung bei 320 m μ stand ein langwelliger UV-Bereich vom Schwerpunkt 329 m μ und ein kurzwelliger, dessen Schwerpunkt bei mittlerer Sonnehöhe 312 m μ sein mochte, zur Verfügung. Nun wurde die Schwächung des Sonnenultravioletts innerhalb verschiedener atmosphärischer Zwischenschichten gemessen, vor allem zwischen 1800 Metern (Arosa) und 600 m (Chur), aber auch zwischen 1800 und 2600 bis stichprobenweise zu 3500 m. A priori hätte man erwartet, dass in jeder Zwischenschicht das kurzwellige UV mehr geschwächt würde als das langwellige. Aber auch nicht eine einzige Messung ergab ein solches Resultat, der Fall liegt genau umgekehrt. In der Zwischenschicht Arosa-Chur wurde durchschnittlich die langwellige UV-Intensität um 9% mehr geschwächt als die kurzwellige. Man sieht kaum eine andere Möglichkeit, als den Sitz dieser anomalen Extinktion in der Trübung zu suchen.

Meine im „Strahlungsklima von Arosa“ ausgesprochene Absicht, dieser Sachlage spektral nachzugehen, verwirklichte sich erst bei der gemeinsam mit R. LADENBURG aufgenommenen Untersuchung der spektralen Durchlässigkeit grösserer horizontaler Luftdistanzen. Über das Ergebnis der ersten Messungen vom Frühjahr 1930 haben wir, wenigstens was das bodennahe Ozon⁷) betrifft, bereits berichtet; eine grössere Messreihe vom Herbst 1931 ist in Bearbeitung; übrigens wurden auch in den letzten Wochen wieder solche Aufnahmen gemacht, wobei ich für diesmal allerdings die Maximalentfernung Quarzlampe-Spektrograph von 5 auf 1,5 km herabsetzte, um mit halbstündiger Exposition auch noch das Gebiet selektiver Absorption herunter bis zu 230 m μ zu erfassen.

Aus solchem Material lässt sich der Extinktionsverlust von Wellenlänge 578 m μ bis herab zu unterhalb 300 m μ bestimmen; für die kürzesten Wellenlängen hat man die Ozonabsorption zu berücksichtigen; nach Abzug des auf die molekulare Zerstreuung nach Rayleigh entfallenden Anteils bleibt die Dunsttrübung. Trägt man die Extinktionskoeffizienten der Trübung (bzw. die Intensitätseinbusse in Intensitätslogarithmen) als Funktion der Wellenlänge im logarithmischen Koordinatensystem auf, so muss sich eine Gerade der Neigung α ergeben, falls der Grössenexponent α konstant ist. In dem für Aktinometermessungen entscheidenden

Gebiet, herunter bis zur Grenze des Sichtbaren, dürfte das wohl annäherungsweise erfüllt sein. Dann aber wird eine Krümmung unverkennbar, die Extinktion strebt mit abnehmender Wellenlänge einem Maximum zu, das in den meisten Fällen auch überschritten wird, so dass die Werte dann wieder abnehmen. Wie ich mich an anderer Stelle⁸⁾ etwas kurz ausgedrückt habe, kann im UV der Grössenexponent negativ werden, wir sind in einem Gebiet anomaler Extinktion. In der Abbildung ist ein Einzelbeispiel des Effektes zunehmender Eintrübung über eine Strecke von 5 km ge-



Intensitätseinbusse (in Intensitätslogarithmen) in 5 Kilometern Lufttrübung.
 † starke Trübung o allerstärkste Trübung - - - ungetrübte Luft (Rayleigh).

geben, die Einbusse erstens bei starker, zweitens bei allerstärkster Trübung (das Beobachtungsbuch verzeichnet Nebel); als drittes ist der Effekt der molekularen Luftzerstreuung beigezeichnet. Mit zunehmender Trübung schiebt sich die maximale Extinktion über Wellenlänge 350 mμ bis auf 400 mμ vor, während der Grössenexponent α anscheinend gleichzeitig abnimmt; vermutlich ist die Lage des Maximums also eine Funktion von α .

Die alten Ergebnisse aus der Zwischenschicht Arosa-Chur sind damit bestätigt, wenn auch über das neue Material vor ab-

schliessender Bearbeitung nur mit Reserve berichtet sei. Es ist prinzipiell derselbe Befund, wie ihn eben LINKE und v. dem BORNE (Gerl. Beitr. 37, 60, 1932) experimentell an Weihrauch erhielten. Es steht zu hoffen, dass die strenge Beugungstheorie trüber Medien von MIE und DEBYE weitere Schlüsse auf die kolloidale Struktur der Atmosphäre erlauben wird.

Nach dem soeben der Strahlungskommission erstatteten Bericht der Herren LINKE und VON DEM BORNE über die Ausdehnung ihrer Untersuchungen künstlicher Trübung ins Ultraviolett (Spektralgebiet $300\text{ m}\mu$) finden sie dort einen erneuten starken Anstieg der Extinktion. Am Aroser Material setzt dagegen unterhalb $290\text{ m}\mu$ der Abfall erst richtig ein und nichts im verfügbaren Bereich herunter bis $250\text{ m}\mu$ deutet auf erneuten Anstieg. Vielleicht deutet sich LINKES Befund nach dem für das Absorptionsspektrum kolloidaler Metallösungen von GANS (Ann. d. Phys. 47, 270, 1915) erbrachten Nachweis, dass bei nichtkugelförmiger Gestalt sich das Absorptionsmaximum in zwei spalten müsse. Bei atmosphärischer Trübung wird man zunächst kaum anderes als Kugelgestalt erwarten, wenn natürlich auch bei Vorkommen verschiedener Teilchendurchmesser infolge des mit grösserem Radius nach grösseren Wellenlängen hin wandernden Maximums die Kurve zusammengesetzt sein dürfte. Als nächstliegend sind Berechnungen für Wasserkügelchen in Angriff genommen.

Lichtklimat. Observatorium Arosa.

Zitierte Aroser Arbeiten:

- 1) Met. Zeitschr. 42, 477, 1925.
 - 2) Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Lausanne 1928.
 - 3) Beitr. z. Phys. d. freien Atm. 13, 15, 1926.
 - 4) Verh. Schweiz. Naturf. Ges. La Chaux-de-Fonds 1931.
 - 5) Gerl. Beitr. z. Geoph. 31, 119, 1931.
 - 6) Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Luzern 1924.
 - 7) Die Naturw. 19, 373, 1931.
 - 8) Erg. der kosm. Phys. 1, 194, 1931.
-