# Eine gelegentliche Untersuchungsmethode der Sicht

Autor(en): **Götz, F.W. Paul**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden**

Band (Jahr): **64 (1924-1926)**

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-595011

**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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# EINE GELEGENTLICHE UNTERSUCHUNGS-METHODE DER SICHT.

MIT EINER ABBILDUNG.

VON DR. F. W. PAUL GÖTZ, AROSA.

## *I. Die Aufgabe.*

Wer an hellem Wintertag von hoher Warte blickt oder im Lichtbild eine der in weiteste Fernen klaren Aufnahmen [1] des Hochgebirges in Sonne und Schnee von Mittelholzer genießt, den packt das Klassisch-Monumentale einer Landschaft, deren Relief nur herausgearbeitet wird durch den Gegensatz von Weiß und Dunkelblau. In größerer Ferne wird das Weiß etwas matter, die Schatten werden immer lichter, die Atmosphäre gleicht mit größerer Mächtigkeit die Kontraste immer mehr aus. Aber alles verläuft so gleichmäßig stetig, daß sich versuchsweise die Annahme aufdrängt, im Mittel sei durchweg der ursprüngliche Helligkeitswert all der Schattenflächen einerseits, der Sonnenhänge andererseits derselbe. Dann aber bietet uns die Natur in der stufenweisen Aufhellung einen hübschen Versuch über die Sichtigkeit der Luft, die ja nach den verschiedensten Gesichtspunkten interessiert — sei es nach den praktischen der Hygiene (Luftreinheit) oder des Flugdienstes, sei es nach mehr theoretischen der Geophysik. Die Sicht beeinflussen außer den eigentlichen Luftbestandteilen nebst Wasserdampf auch Molekelhaufen, Wasserteilchen, Staub kos-

[1] Ad-Astra-Aëro A.-G., Zürich. Z. B. „Landschaft von Arosa" in „Die Schweiz aus der Vogelschau", 1924.

mischer, vulkanischer und mannigfaltiger sonstiger irdischer Herkunft, gelegentlich der letzten großen Grippeepidemie wurden selbst Schwärme kleinster Lebewesen diskutiert. Leonhard Weber hat alles zusammen in Analogie zum Plankton der Gewässer in anschaulicher Weise als Luftplankton [2] bezeichnet; er charakterisiert die Beschaffenheit dieses Luftplanktons durch Angabe seiner räumlichen Albedo, entsprechend wie ja auch für irgend eine Fläche die Albedo (d. h. das Verhältnis der insgesamt zurückgestrahlten zur einfallenden Lichtmenge) als Maß ihrer «Weiße» für ihre Beschaffenheit charakteristisch ist; seine elegante Versuchsanordnung zur Bestimmung der Planktonalbedo von einem Meter Luftstrecke gründet sich auf die bekannte Beobachtung, wie das Luftplankton durch einen in ein dunkles Zimmer einfallenden Sonnenstrahl, also vor absolut schwarzem Hintergrund schon auf ganz geringe Tiefenerstreckung sichtbar und meßbar wird. In der vorliegenden Untersuchung ist das Plankton vor einem selbst noch erhellten Hintergrund, aber in Schichten großer Mächtigkeit zu erfassen.

## *II. Die Messung der Helligkeitsverhältnisse.*

Zu messen ist die Helligkeit von Schnee- und Schattenflächen verschiedener Entfernung. Wählt man die Meßmethode mit Rücksicht auch auf Eignung im Luftfahrzeug, so kommt nur die photographische in Betracht. Diese leitet die Helligkeitsverhältnisse aus den (im Mikrophotometer zu messenden) Schwärzungen des photographischen Bildes ab, der funktionelle Zusammenhang beider Größen — die Schwärzungskurve — ist für jede Platte eigens abzuleiten. Zu diesem Zweck kann nach den Arbeiten der Sternwarte Tübingen in einfachster Weise nach der eigentlichen Aufnahme auf eine vorher geschützte Stelle der Platte noch ein photographischer Keil aufkopiert werden, dessen verschiedene Stellen mit verschiedenen, jedoch bekannt abgestuften Lichteindrücken die zugehörigen Schwärzungen erzeugen. Da aber die eigentliche Aufnahme und das Aufkopieren

[2] Weber, Ann. der Physik 51, 4. Folge, 1916.

mit derselben Belichtungszeit[3] zu geschehen hat, ist mit Rücksicht auf Moment-Aufnahmen auf Schwarzschilds Methode[4] der Ableitung der Schwärzungskurve zurückgegriffen: Es genügt eine Doppelaufnahme, wobei sämtliche auf die verschiedenen Plattenstellen wirkenden Lichtmengen der zweiten Aufnahme gegenüber den entsprechenden der ersten Aufnahme im gleichen bekannten Verhältnis (praktisch am besten 1:2,5) geschwächt wird. So bestand denn die *gewählte Meßmethode* lediglich in einer Aufnahme mit Stereoskop (derselbe Verschluß für beide Hälften, also gleiche Belichtungszeit; Apparat Voigtländer), bei dem vor das eine Objektiv ein Neutralglas gesetzt wurde (1:1,98, vgl. Abbildung). Durch Verwendung von orthochromatischer Platte (Perorto) und Gelbfilter (Agfa[5]) wurde die photographisch wirksame Strahlung mehr der visuellen genähert.

### *III. Bearbeitung der gefundenen Helligkeitsverhältnisse.*

Ist Jx die Helligkeit einer Schneefläche, Hx die einer Schattenfläche je in der Entfernung von x km, so verfügen wir auf Grund von Kapitel II über zwei Reihen Jx und Hx für verschiedene x. Nun beeinflußt das Luftplankton ja die Sicht auf zweifache Weise. Einmal schwächt es die Helle entfernter flächenhafter Objekte (sonst bliebe diese unabhängig von der Entfernung konstant), bei einem Durchlässigkeitskoeffizienten p im Maße $p^x$, wobei wir auf den Kilometer als Längeneinheit abstellen wollen. Zum andern wird das Plankton aber selbst erleuchtet; das die allgemeine Tageshelle erzeugende, diffus von ihm ausgehende Licht — seine Flächenhelle sei Dx auf eine Tiefenerstreckung gleich x — addiert sich zur Helligkeit des Beobachtungsobjekts. Also

$$J_x = J_o \cdot p^x + D_x \qquad (1)$$

$$H_x = H_o \cdot p^x + D_x \qquad (2)$$

$$J_x - H_x = (J_o - H_o) \cdot p^x$$

$$\log (J_x - H_x) = \log (J_o - H_o) + x \log p \qquad (3)$$

[3] Götz, Veröffentl. der Sternwarte Oesterberg-Tübingen I, 2, 1919.
[4] S. Darstellung durch Rosenberg in Biochemische Zeitschr. 38, 1912, Seite 345.
[5] Von der Firma entgegenkommend zu Versuchszwecken überlassen.

Trägt man also log (Jx — Hx) als Funktion von x auf, so müssen die Werte einer Geraden genügen, durch Ausgleich ergibt sich der grundlegende Wert p. Über Jo und Ho läßt sich dann der Verlauf von Dx empirisch herausschälen, doch bietet eine mathematische Formulierung der Funktion Dx keine Schwierigkeiten; wenn man bedenkt, wie das von jeder Planktonschicht ausgesandte Licht — es sei auf die kleine Schichtdicke $\triangle x$ gleich $d \cdot \triangle x$ — in der noch zu durchlaufenden Strecke gesetzmäßig geschwächt wird, so führt eine einfache Integretion auf

$$D_x = \frac{d}{-\ln p} \cdot (1 - p^x) \qquad (4)$$

oder mit

$$C = \frac{d}{-\ln p} \qquad (5)$$

auf

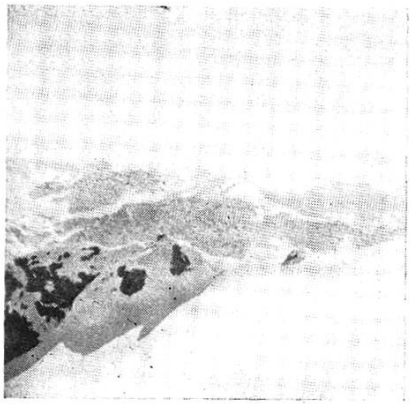
$$D_x = C \cdot (1 - p^x) \qquad (6)$$

wobei die Konstante C den Grenzwert bedeutet, dem sich Dx für $x = \infty$, also mit immer größerer Mächtigkeit der Planktonschicht nähert. Die Konstanz von C bezieht sich natürlich nur auf die der speziell vorliegenden Aufnahme zugrundeliegenden Daten, von Interesse wäre gerade die Änderung von C mit deren Variation (Blickrichtung relativ zur Beleuchtungsrichtung [6] usw.).

Die Albedo des Luftplanktons können wir zwecks unmittelbarer Anwendung auch folgendermaßen definieren: Das Verhältnis der Flächenhelle einer Planktonschicht von einem Meter Dicke zur Helle einer an ihre Stelle tretenden, diffus zerstreuenden und absolut weißen, also alles eingestrahlte Licht auch wieder zurückstrahlenden Fläche. Da man nach Aroser Untersuchungen die Albedo frischen Schnees im Hochgebirge ruhig gleich 1 setzen kann, ist die Helligkeit einer absolut weißen Fläche gleich Jo. Andererseits ist die Flächenhelle von einem Meter Luftplankton ($\triangle x = 0{,}001$) gleich $0{,}001 \cdot d$. Also wäre die Albedo M des Luftplanktons

$$M = \frac{0{,}001 \cdot d}{J_o} = \frac{-\ln p \cdot C}{1000 \cdot J_o} \qquad (7)$$

[6] Z. B. Wigand, Phys. Z. XXIII, 1922, S. 288.



Piz Kesch und Bernina vom Aroser Weißhorn

Einseitig abgeschwächte Stereoskopaufnahme

Man übersehe nicht, daß sich ln p auf natürliche Logarithmen bezieht (ausreichende Annäherung ergäbe $1 - p = - \ln p$).

## *IV. Ergebnisse.*

Als Beispiel für die Methode verfüge ich über eine entsprechend Abschnitt II angelegte Platte gegen Piz Kesch und Berninagruppe, die ich gelegentlich einer Skitour am 20. März 1925 vom Aroser Weißhorn (2655 m) aus um 11 Uhr 25 Min. M E Z aufnahm. Piz Bernina liegt vom Weißhorn aus gesehen um 25° östlich von der Südrichtung ab, Piz Kesch um 44°. Der Himmel war wolkenlos gut blau, die Sonne ohne Aureole, über den Horizont der Bernina reichte jedoch bis zu 7° Höhe Dunstschichtung, wie auch der beigegebene Abzug der Platte deutlich zeigt.

Siehe nebenstehendes Bild
Piz Kesch und Bernina vom Aroser Weißhorn

Tab. 1 gibt nun zunächst ohne irgendwelche Streichungen die gemessenen Helligkeiten verschiedenster beliebig herausgegriffener Schneeflächen (Jx) und Schattenflächen (Hx), bei manchen Bergformationen wurden mehrere Stellen gemessen. Die Einheit der Helligkeit ist willkürlich gewählt. Der Himmel unmittelbar über den Bergen hat rund die Helligkeit 100; so ist die Himmelshelligkeit über Piz Palü in 1,5° Höhe gleich 101, in 5° gleich 93, in 10° also oberhalb des Horizontdunstes gleich 64, und in 15° gleich 51. Der nackte Fels im Vordergrund geht herunter bis 5.

Tab. 1

| Formation | Entfernung in km x | Flächenhelle in Sonne $J_x$ | Schatten $H_x$ | Himmel |
|---|---|---|---|---|
| Vordergrund . . . | 0 | 122 | 24 | |
| | | 118 | 39 | |
| | | 116 | | |
| Schafrücken . . . | 3,6 | | 39 | |
| Sandhubel . . . . | 6,3 | 104 | | |
| Guggernell . . . . | 6,7 | 91 | 41 | |
| | | 126 | | |
| Valbellahorn . . . | 7,3 | 123 | 42 | |
| | | 99 | 38 | |
| | | 125 | 40 | |
| Piz Kesch . . . . | 25,7 | 99 | 63 | 94 |
| | | | 58 | 94 |
| | | | 60 | |
| Piz Albula . . . . | 25,9 | | 63 | 108 |
| Piz Blaisun . . . . | 26,5 | | 66 | |
| Piz Bernina. . . . | 49,1 | 97 | 73 | 93 |
| Piz Cambrena . . . | 51,2 | 124 | 84 | 102 |
| Piz Zupo . . . . | 51,2 | 116 | 77 | 104 |
| | | 113 | 77 | |
| Piz Palü . . . . . | 51,5 | 120 | 83 | 101 |
| | | 110 | 79 | |
| | | 116 | | |

Die Helligkeit der Schattenflächen ändert sich offenbar befriedigend mit der Entfernung; diejenige der in Sonne liegenden Schneeflächen streut stärker, der in der intensiven Märzsonne liegende Schnee — der 18. März brachte einige Zentimeter Neuschnee, der 19. März war schon klar — reflektiert ja auch sicherlich nicht mehr unserer Voraussetzung entsprechend schön diffus ohne Spiegelung. Das in Abschnitt III dargelegte Reduktionsverfahren ($p = 0{,}980$; $C = 105{,}4$; $Jo = 118{,}6$) führt trotzdem noch zu ganz befriedigendem Ergebnis.

Tab. 2 bringt die ausgeglichenen Werte der wahrnehmbaren Helligkeiten, sowie deren Zerlegung in die eigentliche

Helligkeit der Flächen, die ihrer Entfernung entspräche, plus der Erleuchtung Dx der davor liegenden Planktonzwischenschicht:

Tab. 2

| Entfernung der Schneeflächen km | Flächenhelle in Sonne wahrnehmbar $J_x$ | = | eigentlich $J_o \cdot p^x$ | + | Planktonlicht $D_x$ | Flächenhelle im Schatten wahrnehmbar $H_x$ | = | eigentlich $H_o \cdot p^x$ | + | Planktonlicht $D_x$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 119 | = | $\boxed{119}$ | + | 0 | 32 | = | 32 | + | 0 |
| 1 | 118 | = | 116 | + | 2 | 33 | = | 31 | + | 2 |
| 10 | 116 | = | 97 | + | 19 | 45 | = | 26 | + | 19 |
| 25 | 113 | = | 72 | + | 41 | 61 | = | 19 | + | 42 |
| 50 | 110 | = | 44 | + | $\boxed{66}$ | 78 | = | 12 | + | $\boxed{66}$ |
| 100 | 107 | = | 16 | + | 91 | 95 | = | 4 | + | 91 |
| 150 | 106 | = | 6 | + | 100 | 102 | = | 2 | + | 100 |
| 200 | 106 | = | 2 | + | 104 | 104 | = | 1 | + | 103 |
| 300 | 105 | = | 0 | + | 105 | 105 | = | 0 | + | 105 |
| ∞ | 105 | = | 0 | + | 105 | 105 | = | 0 | + | 105 |

Über 50 km hinaus ist extrapoliert, da es ganz anschaulich ist, wie die Werte schließlich zum Stehen kommen. Schon das Aroser Rothorn (3000 m) böte, etwa in dem von dort mächtig hervortretenden Massiv der 120 km entfernten Berner Alpen, ganz andere Möglichkeiten; es schiene mir wirklich dankbar, wenn mittels einer entsprechend angelegten Flugzeugaufnahme einmal bis zur äußersten Grenze der Sichtweite gemessen werden könnte.

Die Albedo M des Luftplanktons, also der die Rückstrahlungsfähigkeit von einem Meter Planktonschicht angebende Bruchteil, sei zum Schluß in Tab. 3 mit einigen Bestimmungen auf Grund von Webers Methode zusammengestellt, nach der Dorno [7] in Davos Extremwerte festgestellt hat. Die in vorliegendem Versuch festgestellte Albedo ist natürlich ein Mittelwert über eine große Luftstrecke über den Kamm der Alpen.

[7] Dorno, Veröffentl. Preuß. Met. Inst. VI, 1919.

**Tab. 3. Albedo des Luftplanktons.**

| | | |
|---|---|---|
| Kiel . . . . . | größte Luftsichtigkeit | M = 0,000 041 |
| Davos 1600 m . . . . | „ „ | 0,000 026 |
| „ . . . . | leichter Taldunst | 0,000 184 |
| „ . . . . | mittlerer „ | 0,001 000 |
| „ . . . . | schwerer „ | 0,002 900 |
| „ . . . . | dichter Kältenebel | 0,007 400 |
| Weißhorn Arosa 2650 m . | 20. III. 1925 | 0,000 018 |