

## Werk

**Jahr:** 1924

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:1

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0001

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0001](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0001)

**LOG Id:** LOG\_0014

**LOG Titel:** Die Verwertung von Sonnenstrahlungsmessungen in Luftfahrzeugen

**LOG Typ:** article

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN101433392X

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

**Literatur.**

1) Th. v. Kármán: Über laminare und turbulente Reibung. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech **1**, 233 (1921) = Abh. a. d. Aerodyn. Inst. d. Techn. Hochschule Aachen. 1. Lief., S. 1.

2) L. Hopf. Die Messung der hydraulischen Rauigkeit; K. Fromm: Strömungswiderstand in rauen Rohren. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. **3**, 329 u. 339 (1923) = Abh. a. d. Aerodyn. Inst. d. Techn. Hochschule Aachen. 3. Lief., S. 1 u. 13.

3) V. W. Ekman On the Influence of the Earth's rotation on Ocean currents. Arkiv for math. astr. och fysik 2. Bd., Nr. 11, 1905; Beitrag zur Theorie der Meeresströmungen. Ann. d. Hydr. u. marit. Meteorol. 1906.

4) F. A. Åkerblom, Recherches sur les courants les plus bas de l'atmosphère au dessus de Paris. Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsalensis 1908.

Weitere meteorologische Literatur in Hesselberg u. Sverdrup: Die Reibung der Atmosphäre. Veröffentl. d. Geophys. Inst. d. Univ. Leipzig, 2. Serie, Heft 10.

---

**Die Verwertung von Sonnenstrahlungsmessungen  
in Luftfahrzeugen.**

Von **F. Linke.**

I. Vor wenigen Tagen gingen mir die Ergebnisse der ersten systematischen Luftexpedition zur Messung der Sonnenstrahlung zu, die am 18. März 1921 unter Leitung von R. Suring von Bitterfeld aus vorgenommen ist, und über die W. Marten im Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts für die Jahre 1920 bis 1923 berichtet. Marten beschränkt sich auf eine dankenswert ausführliche Veröffentlichung der beobachteten Werte und meint: „Genauere Vergleiche lassen sich erst durch langwierige Reduktionen unter Verwendung der Bouguer'schen Formeln anstellen. Hierbei sind zwei Variablen, Änderung der Meereshöhe und des Sonnenortes, zu berücksichtigen, wodurch eine Bearbeitung sehr kompliziert wird.“

In früheren Veröffentlichungen \*) habe ich nun gezeigt, daß es zweckmäßig ist, die Bouguer'sche Formel dadurch zu verändern, daß man den Transmissionskoeffizienten  $q$  konstant hält, und zwar als Transmissionskoeffizienten einer idealen trockenen und reinen Atmosphäre, und eine neue Variable einführt, den „Trübungsfaktor“  $T$ , der in weitgehender Annäherung vom Sonnenstande unabhängig ist. Allerdings muß man für jede durchstrahlte Luftmasse  $m$  die von mir am angeführten Ort berechneten Transmissionskoeffizienten  $q_m$  benutzen.  $T$  ist definiert als die Zahl der reinen, trockenen Atmosphären, die zusammen die gleiche Extinktion bewirken würden wie die feuchte, dunstige Atmosphäre bei der Beobachtung. Die neue Formel lautete:

$$J_m = J_0 q_m^{Tm} \dots \dots \dots (1)$$

---

\*) Beitr. z. Phys. d. freien Atm **10**, 91; Meteorol. Zeitschr. **39**, 161, 1922.

wo  $J_0$  die Solarkonstante unter Berücksichtigung der Sonnenentfernung und  $J_m$  die beobachtete Intensität der direkten Sonnenstrahlung bei einer durchstrahlten Luftmasse  $m$  ist. Angenähert ist  $m = \frac{b}{760} \frac{1}{\sin h_{\odot}}$ ; die genaueren Werte entnimmt man den Bemporadschen Tabellen.

II. Nach diesen Grundsätzen habe ich die Strahlungsbeobachtungen oben erwähnter Freiballonfahrt behandelt und für jeden Messungssatz den Trübungsfaktor

$$T = \frac{1}{-m \log q_m} \log \frac{J_0}{J_m} \dots \dots \dots (2)$$

berechnet und in der beifolgenden Abbildung graphisch aufgetragen. Aus den gleichfalls aufgetragenen Werten der Temperatur und der Feuchtigkeit sieht man,

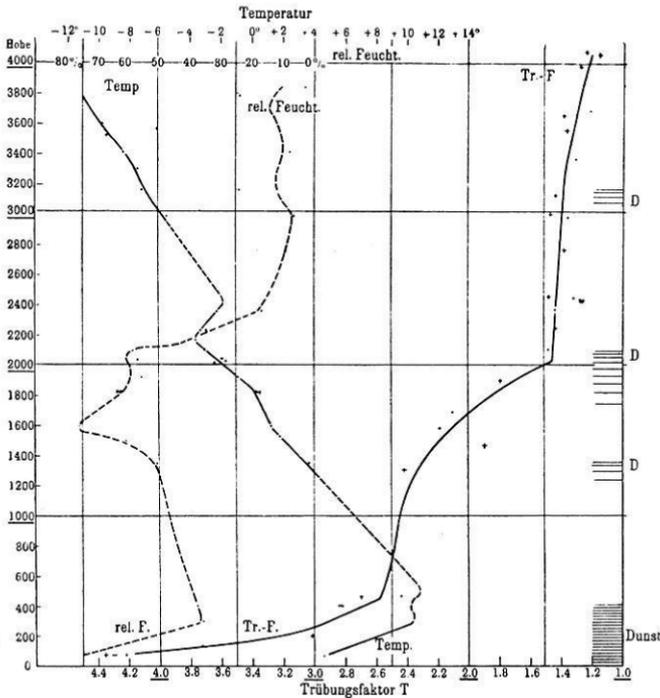


Fig. 1. Trübungsgrad und meteorologische Elemente bei der Ballonfahrt vom 18. März 1921.

daß typisches Hochdruckwetter herrschte. Dicht über dem Boden, bis etwa 400 m hinauf reichend, lag eine stark mit Dunst und Rauch der Industriegegend geschwängerte nächtliche Abkühlungsschicht. Darüber lagert die Konvektionsschicht des vorigen Tages mit fast adiabatischem Temperaturgefälle und starker Dunstschicht in etwa 2100 m Höhe, der oberen Grenze der Schicht. Darüber bemerken wir eine aus höheren Regionen abgesunkene Luftmasse von hoher potentieller

Temperatur und minimaler Feuchtigkeit. Auch die beobachteten Dunstschichten sind eingetragen: Eine in 400 m und eine andere starke in etwa 2100 m Höhe, dazwischen sind noch zwei in 1350 m und 3750 m Höhe vermerkt, die jedoch sehr dünn gewesen sein müssen, da sie durch die Strahlungsmessungen nur schwach bestätigt werden.

Die vom Ballon „Glückab“ aus beobachteten Strahlungswerte sind punktiert, die vom Ballon „Heldendank“ als Kreuze eingetragen. Beide Messungen stimmen gut überein. Einige wenige herausfallende Werte erklären sich durch die mit dem Michelson-Aktinometer im Ballon nicht zu vermeidenden Ungenauigkeiten der Einzelmessung. Wir können sie unbedenklich durch eine Mittellinie ausgleichen und finden deutlich in jeder dunsthaltigen Luftschicht eine entsprechend schnelle Abnahme des Trübungs-faktors mit der Höhe. In dunstfreier Luft herrscht annähernd Konstanz des Trübungs-faktors. In 4000 m scheint noch eine fünfte schwache Dunstschicht gelegen zu haben (Alto-cumulus-Niveau).

III. Mit Hilfe oben erwähnter Definition können wir nun den partiellen Trübungs-faktor  $\bar{T}$  jeder einzelnen Luftschicht berechnen; das heißt denjenigen Trübungs-faktor, den die ganze Atmosphäre haben würde, wenn sie durchschnittlich den gleichen Trübungs-grad hätte wie jede der betrachteten Schichten. Es sollen fünf Luftschichten unterschieden werden, charakterisiert durch folgende Beobachtungsdaten:

Luft-schicht	Höhe etwa	Druck mm	Trübungs-faktor		Luftmasse	Partieller	Mittlere Höhe				
			$T$	$\Delta T$	$\frac{\Delta b}{76}$	Trübungs-faktor $T$					
a	70	762	4.30	} 1.68	} 0.049	} 28.8	} 260				
b	450	725	2.62								
c	1550	635	2.10					0.52	0.118	4.96	1000
d	2100	595	1.45					0.65	0.053	10.3	1800
e	3000	525	1.40					0.05	0.092	1.28	2500
	4000	460	1.20	0.20	0.085	2.59	3500				

Die vorletzte Spalte gibt den partiellen Prüfungs-faktor wieder. Es muß aber nun erklärt werden, wie diese Werte gewonnen wurden.

Verfolgen wir irgend ein Sonnenstrahlbündel auf dem Wege durch eine Luftschicht von der Masse  $\Delta m = \frac{\Delta b}{760} \cdot m$ , so nimmt die Strahlungsintensität von  $J'_m$  nach  $J''_{m+\Delta m}$  ab, wenn die durchstrahlte Luftmasse von  $m$  bis  $m + \Delta m$  zunimmt. Bezeichnet man mit  $q_{\Delta m}$  den Transmissionskoeffizienten reiner trockener Luft von der Masse  $\Delta m$ , so besteht offenbar in Analogie mit Formel (1) die Beziehung:

$$J''_{m+\Delta m} = J'_m q_{\Delta m}^{\Delta m \cdot \bar{T}} \dots \dots \dots (3)$$

Nun ist  $J'_m = J_0 q_m^{m \cdot T'}$  und  $J''_{m+\Delta m} = J_0 q_{m+\Delta m}^{(m+\Delta m) \cdot T''}$ . Das eingesetzt gibt

$$\bar{T} = \frac{T''(m+\Delta m) \log q_{m+\Delta m} - T' m \cdot \log q_m}{\Delta m \cdot \log q_{\Delta m}} \dots \dots \dots (4)$$

Die Produkte  $m \cdot \log q_m$  und  $(m + \Delta m) \log q_{m+\Delta m}$  sind nicht stark verschieden. Ihre Abhängigkeit von  $m$  kann man sogar zwischen den Luftmassen 1 und 3 als linear auffassen:

$$(m + \Delta m) \log q_{m+\Delta m} = m \cdot \log q_m - 0.040 \Delta m.$$

Formel (4) vereinfacht sich dann folgendermaßen:

$$\bar{T} = (T'' - T') \frac{m \cdot \log q_{\Delta m}}{\Delta m \cdot \log q_{\Delta m}} - T'' \frac{0.04 \Delta m}{\Delta m \log q_{\Delta m}} \dots \dots \dots (4a)$$

Eine gewisse Schwierigkeit liegt in der Bestimmung der kleinen Produkte  $\Delta m \cdot \log q_{\Delta m}$ , welche von mir <sup>1)</sup> nur bis  $m = 1/2$  berechnet waren. Da für  $m = 0$  auch das Produkt gleich 0 wird, lassen sich die Werte mit einigen Prozenten Genauigkeit interpolieren. Immerhin liegt hier eine Fehlerquelle der ganzen Ableitung.

Der partielle Trübungsfaktor  $\bar{T}$  ist also im wesentlichen proportional  $T'' - T'$ , also der Differenz der Trübungsfaktoren oberhalb und unterhalb der betrachteten Luftschicht. Das zweite Glied ist ein Korrektionsglied, das allerdings nicht vernachlässigt werden kann. Bei der Ausrechnung bekommt man etwas verschiedene Werte, je nachdem welche durchstrahlte Luftmasse  $m$  man oberhalb der Schicht annimmt; bei größerem  $m$  etwas kleinere  $\bar{T}$ . Die in der Tabelle aufgeführten sind Mittelwerte aus den für  $m = 1, 2, 3$  durchgeführten Rechnungen.

Um etwaige Bedenken gegen diese Methode zu zerstreuen und einen neuen Beweis für die Brauchbarkeit der neuen Extinktionsformel (1) auch für ganz kleine Luftmassen zu liefern, soll noch die Probe gemacht werden, ob man mit den partiellen Trübungsfaktoren der einzelnen Luftschichten die Strahlungsintensität am Boden stufenweise berechnen kann. Es muß z. B. für zenitalen Sonnenstand ( $m = 1$ ) die Gleichung bestehen:

$$J_{m_2} = J_0 \cdot q_{m_2}^{m_2} T_2 = J_0 q_{m_1}^{m_1} T_1 \cdot q_{\Delta m_e}^{\Delta m_e} \bar{T}_e \cdot q_{\Delta m_d}^{\Delta m_d} \bar{T}_d \cdot q_{\Delta m_c}^{\Delta m_c} \bar{T}_c \cdot q_{\Delta m_b}^{\Delta m_b} \bar{T}_b \cdot q_{\Delta m_a}^{\Delta m_a} \bar{T}_a.$$

Hier bezeichnen  $T_1$  bzw.  $T_2$  den Trübungsfaktor 1.20 bei 460 mm Druck ( $m_1 = 0.605$ ) bzw. am Erdboden  $T_2 = 4.30$  bei  $m_2 = 1$ ;  $\bar{T}_a, \bar{T}_b$  usw. die partiellen Trübungsfaktoren der fünf Luftschichten;  $\Delta m_a, \Delta m_b$  usw. die zugehörigen Luftmassen (siehe Tabelle). Wir können  $J_0$  herausheben und logarithmieren. Dann ergibt sich:

$$\log \frac{J_{m_2}}{J_0} = -(1.20 \cdot 0.0370 + 2.59 \cdot 0.0057 + 1.28 \cdot 0.0062 + 10.3 \cdot 0.0037 + 4.96 \cdot 0.0079 + 28.8 \cdot 0.0032) = -4.30 \cdot 0.0556,$$

$$\log \frac{J_{m_2}}{J_0} = -0.2371 = -0.2379.$$

Die Übereinstimmung ist besser als bei der Ungenauigkeit der  $\Delta m \cdot \log q_{\Delta m}$ -Werte zu erwarten war.

IV. Die Ergebnisse besagen also, daß z. B. wenn die ganze Atmosphäre mit gleichem Dunstgehalt erfüllt gewesen wäre wie die unterste Luftschicht  $a$ , sich die 28.8fache Extinktion ergeben würde, wie sie eine ideale reine und trockene Atmosphäre verursacht. Über dieser liegt eine infolge der geringen relativen Feuchtigkeit etwas reinere Luftschicht  $b$ , die wieder von der dunstigeren Schicht  $c$  mit dem Trübungsfaktor 10.3 abgelöst wird. Zwischen 2000 und 3000 m

(Schicht *d*) ist die Luft sehr rein, so wie man die Atmosphäre auf hohen Bergen findet. Schicht *e* ist wieder etwas trüber, wieder im Zusammenhang mit etwas gesteigerter Sättigung.

Als geophysikalisch wichtiges Ergebnis folgern wir aus dieser ersten Luftstrahlungsexpedition: Der Trübungsgrad der Luft wächst sowohl mit dem Gehalt an feinen festen Dunstkerneln, als auch mit der relativen Feuchtigkeit. Offenbar wachsen die Dunstkerne mit fortschreitender Wasserdampfsättigung, so daß sie jetzt starker extingieren.

Frankfurt a. M., Meteorol.-Geophys. Institut, Juli 1924.

---

## Der Kreisel als Richtungsweiser.

Von **Max Schuler.**

Nachdem auf Schiffen der Kreiselkompaß sich gut bewährt hatte, ward ein Kreiselkompaß von besonders großer Genauigkeit gebaut, der für Vermessungszwecke zu verwenden ist. Dieser ist beschrieben, und die Ergebnisse einer Weisungsprüfung, die sich über ein ganzes Jahr erstreckt, sind angeführt und besprochen.

Schon Foucault hat bewiesen, daß ein Kreisel, der mit seiner Achse in der Horizontalebene gehalten wird, diese Achse in den Meridian einstellt. Ein solcher Kreisel hat ein bestimmtes Richtmoment und zeigt zum geographischen Pol der Erde, ähnlich wie die Magnetnadel zum magnetischen Pol. Wir können einen derartigen Kreisel ebenso verwenden wie eine Magnetnadel, nur daß wir keine Mißweisung und Deviation erhalten und keine Beeinflussungen durch Eisen oder fremde magnetische Felder zu befürchten haben. Es ist aber Foucault nie gelungen, die Erkenntnis, die er mathematisch ableitete, auch durch das Experiment zu beweisen, da er keinen genügend schnell laufenden Kreisel besaß. Erst durch die moderne Elektrotechnik ward es möglich, entsprechend gute Kreisel zu bauen und auf Grund des Foucaultschen Satzes einen Kreiselkompaß zu schaffen, dessen Weisungsgenauigkeit auch strengen Anforderungen genüge.

Angeregt wurde der Bau von Kreiselmagneten durch die Kriegsmarine. Denn durch die großen Stahlmassen der Panzertürme versagten auf den Kriegsschiffen die magnetischen Kompassse. Besonders brennend wurde die Frage nach einem Ersatz des magnetischen Kompassses bei den Unterseebooten, die einen völlig geschlossenen Stahlkörper besitzen. Das magnetische Feld der Erde wird durch den Schiffskörper ganz abgeschirmt, und infolgedessen versagt der Magnetkompaß hier völlig. Nach jahrelangen Versuchen ist es jetzt gelungen, einen Kreiselkompaß für Schiffe zu bauen, dessen Genauigkeit noch größer ist als die eines Magnetkompassses<sup>1)</sup>.

Vor allem war es nötig, einen Kreisel von entsprechend hohen Tourenzahlen zu schaffen, denn je schneller der Kreisel läuft, um so größer wird das Richt-