

mir didaktisch nicht richtig, stillschweigend solche Punkte zu übergehen; eine Widerlegung ist dann notwendig. Über das Fehlen jeder Aberration bei terrestrischen Richtungen habe ich nirgends eine Bemerkung gefunden, trotzdem es in vollem Widerspruch steht zu Erscheinungen, die man

Leipzig, 1920 Jaf. 29.

voraussetzte und deren Ausbleiben nicht erklärt werden konnte.

Die Vorschriften zur Berücksichtigung der Aberration werden durch meine Darlegungen naturgemäß nicht berührt.

F. Hayn.

Die jährlichen Refraktionsänderungen in Odessa und Pulkovo. Von I. Bonsdorff.

Die in Odessa 1908–1910 mit dem Repsoldschen Vertikalkreise ausgeführten Deklinationsbeobachtungen führen zu einer ausgesprochenen Jahresperiode der Refraktionskonstante. Die empirisch ohne jegliche Voraussetzungen über den Ausdehnungskoeffizienten der Luft oder über den analytischen Ausdruck der Refraktionsänderungen erhaltene Jahreskurve (siehe Publ. d. l'Obs. Centr. Nic. XXIV) kann durch folgende Sinussoide gut dargestellt werden:

$$100(\mu - \mu_0)/\mu_0 = -0.04 \sin \alpha - 0.14 \cos \alpha$$

wo mit α die vom Jahresanfang in Bogenmaß gerechnete Zeit, mit μ_0 der mittlere und mit μ der momentane Wert der Refraktionskonstante bezeichnet wird.

Es schien wünschenswert eine ähnliche Untersuchung für Pulkovo auszuführen, um festzustellen, ob wir es hier mit einer lokalen Anomalie oder mit einer allgemeingültigen Refraktionserscheinung zu tun haben. Zu diesem Zwecke wurde eine Bearbeitung folgender großen Beobachtungsreihen mit dem Pulkovoer Vertikalkreise vorgenommen: Die Beobachtungen der absoluten Deklinationen für die Epoche 1845 von *Gylden*, die für die Epochen 1865, 1885 und 1900 von *Nyrén*, sowie die für 1905 von *Koudrjawtsef*. Alle Beobachtungen mit $z > 30^\circ$ wurden mitaufgenommen. Von je 2 Beobachtungen eines Sternes wurde eine Gleichung zur gleichzeitigen Ableitung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft, sowie der als Sinussoide angenommenen Jahresperiode der Refraktion gebildet. Ich erhielt folgende Refraktionsperiode (siehe Publ. d. l'Obs. Centr. Nic. XXVII):

$$100(\mu - \mu_0)/\mu_0 = -0.01 \sin \alpha - 0.10 \cos \alpha \\ \pm 0.02 \quad \pm 0.03$$

Bei der Bearbeitung der Deklinationsbeobachtungen in Pulkovo 1911–16 habe ich die Untersuchung der jährlichen Refraktionsänderungen wieder aufgenommen. Diese über 13000 Beobachtungen von zum Teil tief kulminierenden Sternen enthaltende Reihe ist zu derartigen Untersuchungen besonders geeignet, weil mit zwei Instrumenten (dem Repsoldschen und dem Ertelschen Vertikalkreis) und in zwei sehr verschiedenen Beobachtungsräumen (Pulkovoer großer Meridiansaal und der Westturm der Südsternwarte) beobachtet worden ist.

Wir teilen die Untersuchung in drei Gruppen:

1. Beobachtungen mit dem Repsoldschen Kreise im Meridiansaale,

2. Beobachtungen mit dem Ertelschen Kreise im Meridiansaale,
3. Beobachtungen mit dem Ertelschen Kreise in der Südsternwarte.

Aus den Beobachtungen sollten gleichzeitig folgende Größen abgeleitet werden: die Korrektur des angewandten Ausdehnungskoeffizienten der Luft ($m = 0.003689$), die für die Refraktion maßgebende Lufttemperatur (t_0) als Funktion der Temperatur am Instrument (t_i) und in freier Luft (t_a), der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Refraktion, die Koeffizienten der als Sinussoide angenommenen Jahresperiode der Refraktion.

Zwischen den beobachteten Zenitdistanzen und den zu bestimmenden Größen besteht folgende Beziehung:

$$\Delta z = 1/100 r_z \{ \Delta t \cdot k + \Delta(t_a - t_i) \cdot i + \Delta \pi \cdot p + \Delta \sin \alpha \cdot a + \Delta \cos \alpha \cdot b \}$$

wo

$$k = 100(m - m_0)/(1 + 9.3 m_0)$$

$$i = 100 \cdot m \cdot s \text{ und } t_0 = t_i + s(t_a - t_i)$$

$$p = 100x/8B \text{ wenn } B_0 = B - 1/8x\pi$$

$$100(\mu - \mu_0)/\mu_0 = -a \sin \alpha - b \cos \alpha.$$

Mit α , z , π , r_z , μ und m werden bezeichnet: die in Winkelmaß angegebene Zeit der Beobachtung, die Zenitdistanz, die absolute Feuchtigkeit der Luft, die Refraktion in Zenitdistanz z , die Refraktionskonstante und der Ausdehnungskoeffizient der Luft.

Alle Sterne mit $z > 30^\circ$ wurden in die Untersuchung mithineingezogen. Beobachtungen mit noch kleineren Zenitdistanzen wurden nicht berücksichtigt, weil bei diesen die kleinen Refraktionsglieder von unbedeutenden systematischen Fehlern anderen Ursprungs leicht übertroffen werden und dadurch eine Verzerrung der Resultate zu befürchten ist.

In jeder der 3 obengenannten Gruppen wurde aus den Beobachtungen je eines Katalogsternes eine Gleichung gebildet. Auf diese Weise wurden 6 Beobachtungen von jedem Sterne verwertet. In solchen Fällen, wo mehrere Beobachtungen von dem Sterne vorhanden waren, wurden die beiden gewählt, die in möglichst verschiedenen Temperaturen beobachtet worden waren. Von den tief kulminierenden Sternen, die speziell für Refraktionsuntersuchung beobachtet worden sind, wurden alle Beobachtungen berücksichtigt.

Die Gewichtseinheit entspricht dem mittleren Fehler ± 0.42 eines Unterschieds Δz .

Die Koeffizienten der Normalgleichungen für die Bestimmung vom k , i , p , a und b sind folgende:

	[an]	[bn]	[cn]	[dn]	[en]	[aa]	[ab]	[ac]	[ad]	[ae]
I.	+754.0	+32.13	—	—17.55	—4.64	116318	+932.3	—	—2431.6	—5150.4
II.	+877.4	+57.97	+357.4	+16.97	—27.27	152284	+879.9	+46963	—2384.4	—6480.7
III.	+196.5	—	+37.1	—4.39	+3.63	89143	—	+21319	—2208.0	—2696.9

	$[bb]$	$[bc]$	$[bd]$	$[be]$	$[ce]$	$[cd]$	$[ce]$	$[dd]$	$[de]$	$[ee]$
I.	447.82	—	-51.11	-64.76	—	—	—	254.79	+68.30	392.62
II.	538.07	+369.3	+7.39	-37.80	18706	-639.5	-2052.4	416.98	+53.65	451.47
III.	—	—	—	—	7203	-571.5	-619.4	332.37	+75.91	185.87

In der ersten Gruppe fehlt die dritte Unbekannte p , weil während der Beobachtungen mit dem Repsoldschen Vertikalkreise 1911-12 keine Bestimmungen der Feuchtigkeit vorlagen. In der dritten Gruppe fehlt die zweite Unbekannte i , weil in der Südsternwarte überhaupt kein nennenswerter Unterschied zwischen Innen- und Außentemperatur vorkommt. Alle drei Gruppen können folglich nicht ohne weiteres zusammen aufgelöst werden.

Aus I und II erhalten wir für i :

$$\begin{aligned} \text{I: } i &= +0.072 & s &= +0.20 \\ \text{II: } &+0.096 & &+0.26 \end{aligned}$$

Diese Werte sind nicht ganz miteinander vergleichbar, denn der erste ist ohne Berücksichtigung der Feuchtigkeit erhalten worden. Die Auflösung der Gleichungen II ohne und mit der Unbekannten p bewies jedoch, daß die Mitnahme von p keinen Einfluß auf i hat. Wir können somit das Mittel der beiden Bestimmungen nehmen und setzen

$$i = +0.084 \quad s = +0.23.$$

Mit diesem Werte von i geben die Gleichungen II und III:

$$\begin{aligned} k &= +0.0035 & m &= 0.003725 \\ &\pm 25 & &\pm 26 \\ p &= +0.0153 & x &= +0.92 \\ &\pm 68 & &\pm 41 \\ a &= +0.053 \\ &\pm 22 \\ b &= +0.073 \\ &\pm 33 \end{aligned}$$

Der erhaltene Wert von x entspricht fast genau der optischen Dichte der Luft ($x = +1$). Dieses Resultat stimmt mit meinen in Odessa erhaltenen, $x = +1.12$, überein. Wir können ohne Bedenken die optische Dichte der Luft annehmen und in die obigen Gleichungen $p = +0.0166$ einsetzen.

Da die Feuchtigkeitsangaben in der ersten Gruppe fehlen, können wir noch nicht alle Gleichungen zusammen auflösen. Aus II und III erhalten wir für die Annahmen $x = 1$ und $x = 0$ folgende Werte der übrigen Unbekannten:

$$\begin{aligned} x = 1: & k = +0.031 & m &= 0.003721 \\ & a &= +0.050 \\ & b &= +0.073 \\ x = 0: & k &= +0.0079 & m &= +0.003771 \\ & a &= +0.050 \\ & b &= +0.073 \end{aligned}$$

Die Mitnahme von p beeinflusst folglich nur den Ausdehnungskoeffizienten der Luft und ist ohne Einfluß auf die Jahresperiode der Refraktion. Der mit Vernachlässigung der Feuchtigkeit ($x = 0$) erhaltene Wert wird durch eine Korrektur von $-50 \cdot 10^{-6}$ auf die optische Dichte der Luft ($x = 1$) zurückgeführt. Aus den Beobachtungen in Odessa 1908-10 erhielt ich die entsprechende Zahl $-55 \cdot 10^{-6}$ und aus Nyréns Beobachtungen 1900 die Zahl $-46 \cdot 10^{-6}$. Unsere

Gleichungen können folglich unter der Annahme $x = 0$ aufgelöst werden, wenn zu den erhaltenen Werten von m die Korrektur $-50 \cdot 10^{-6}$ hinzugefügt wird. So erhalten wir ($x = 1$):

$$\begin{aligned} \text{I: } m &= 0.003744 & a &= +0.086 & b &= +0.081 \\ \text{II: } &3691 & &-0.001 & &+0.092 \\ \text{III: } &3798 & &+0.042 & &+0.194 \\ \text{Allgemein} &0.003761 & &+0.075 & &+0.131 \\ &\pm 16 & &\pm 22 & &\pm 30 \end{aligned}$$

Die Resultate der verschiedenen Gruppen weichen ziemlich stark voneinander ab. Ein Überblick über die in verschiedenen Zenitdistanzen erhaltenen Normalgleichungen zeigt, daß die Beobachtungen in den Zenitdistanzen 30° - 45° die Hauptschuld an diesen Abweichungen tragen. Da mir die Mitberücksichtigung von so zenitnahen Sternen von etwas zweifelhaftem Werte schien, ließ ich diese Sterne weg und erhielt aus den übrigen:

$$\begin{aligned} i &= +0.079 & s &= +0.21 \\ p &= +0.0193 & x &= +1.16 \end{aligned}$$

und mit diesem Wert von i und mit $x = 1$:

$$\begin{aligned} \text{I: } m &= 0.003783 & a &= +0.024 & b &= +0.164 \\ \text{II: } &3744 & &+0.090 & &+0.082 \\ \text{III: } &3704 & &+0.024 & &+0.079 \\ \text{Allgemein} &3745 & &+0.053 & &+0.100 \\ &\pm 17 & &\pm 22 & &\pm 30 \end{aligned}$$

Die Übereinstimmung ist jetzt etwas besser, aber im großen ganzen sind die Resultate fast dieselben geblieben.

Um zu untersuchen, inwiefern die erhaltenen Resultate wirklich Refraktionsglieder sind, wurden die Gleichungen in Gruppen von 15° Zenitdistanz aufgelöst. Dabei wurde für alle Gruppen $x = 1$ angenommen. Aus den zwei ersten Reihen erhalten wir folgende Werte von i :

$$\begin{aligned} z = 30^\circ-45^\circ: & i = +0.120 \pm 30 \\ z = 45-60: & i = +0.085 \pm 22 \\ z = 60-75: & i = +0.058 \pm 23 \\ z = 75-85: & i = +0.103 \pm 43. \end{aligned}$$

Die Zahlen variieren in den Grenzen der mittleren Fehler, und ein ausgesprochener systematischer Gang ist nicht vorhanden. Wir können folglich den aus der allgemeinen Lösung erhaltenen Wert $i = +0.084$ für alle Zenitdistanzgruppen annehmen und erhalten folgende Werte der übrigen Unbekannten:

z	m	a	b
$30^\circ-45^\circ$	0.003756 ± 27	$+0.02 \pm 3$	$+0.17 \pm 3$
$45-60$	3733 ± 19	$+0.05 \pm 2$	$+0.05 \pm 3$
$60-75$	3746 ± 21	$+0.03 \pm 2$	$+0.17 \pm 3$
$75-85$	3716 ± 30	$+0.10 \pm 6$	$+0.10 \pm 6$

Die Übereinstimmung der Gruppen ist befriedigend, und die Zahlen zeigen keinen systematischen Gang. Durch diese Zahlen ist wohl vollständig bewiesen, daß es sich hier wirklich um Refraktionsgrößen handelt, sodaß die allgemeine Lösung aus allen Sternen angenommen werden kann.

Außerdem habe ich die erhaltenen Resultate mit den früheren verglichen. Wenn die aus den Pulkovoer Beobachtungen 1845-1905 erhaltenen Resultate auf die Temperatur $t_0 = t_i + 0.23 (t_a - t_i)$ reduziert werden, erhalten wir:

	m	a	b
Pulkovo 1845-1905:	0.003762	+0.01	+0.10
Odessa 1908-10:	3732	+0.04	+0.14
Pulkovo 1911-16:	3761	+0.07	+0.13
Mittel	3752	+0.04	+0.12

Der erhaltene Wert des Ausdehnungskoeffizienten ist bedeutend größer als der physikalische. Da jedoch alle hier behandelten Beobachtungsreihen übereinstimmende Resultate von m geben und noch dazu bewiesen ist, daß die aus den Beobachtungen erhaltenen Temperaturglieder wirklich der Refraktion proportional sind, so müssen wir den erhaltenen Wert von m als einen den astronomischen Beobachtungen am besten sich anpassenden betrachten. Es ist wohl praktisch einerlei, ob wir den physikalischen Wert beibehalten und einen Temperaturkoeffizienten der Refraktion einführen oder einen veränderten Wert des Ausdehnungskoeffizienten annehmen. Das letztgenannte Verfahren ist als das bei der Reduktion der Beobachtungen einfachere zu empfehlen.

Die erhaltenen jährlichen Refraktionsperioden stimmen gut überein. Wir haben an zwei weit voneinander liegenden Orten, an denen die lokalen Verhältnisse grundverschieden sind, übereinstimmende Werte erhalten. Wenn wir dazu noch berücksichtigen, daß in Odessa für das Thermometer am Instrument und für ein Hochthermometer in 13 Meter Höhe derselbe Wert herauskommt und daß die in Pulkovo in zwei sehr verschiedenen Beobachtungsräumen erhaltenen Werte übereinstimmen, so ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß wir es mit einer allgemeinen Eigenschaft der Refraktion zu tun haben.

Jedoch muß ausdrücklich daran erinnert werden, daß die jährlichen Refraktionsänderungen in engem Zusammen-

Helsingfors, 1919 Nov.

hänge mit dem angewandten Werte des Ausdehnungskoeffizienten der Luft stehen. Das Maximum der Jahresperiode fällt auf Jan. 18 ($\alpha = 298^\circ$), die Periode fällt folglich mit der jährlichen Temperaturperiode nahe zusammen. Wenn die hier gegebenen Werte von a und b als Reduktionselemente angenommen werden, so muß auch der entsprechende Wert von m angewandt werden. Praktisch genommen machen wir einen in fast allen Fällen unbedeutenden Fehler, wenn wir die Jahresperiode vernachlässigen und den entsprechenden Wert des Ausdehnungskoeffizienten annehmen, mit anderen Worten zwei nahe zusammenfallende Perioden (die jährliche Refraktionsperiode und die Temperaturperiode der Refraktion) zusammenfassen. Wenn $a = b = 0$ gesetzt wird, erhalten wir für m ($x = 1$):

Pulkovo 1845-1905:	$m = 0.003716$
Odessa 1908-10:	3652
Pulkovo 1911-16:	3692
Mittel	0.003687

Dieser Wert stimmt mit dem physikalischen gut überein.

Die Resultate dieser Untersuchung möchte ich in folgende Sätze kurz zusammenfassen:

1. Der aus den Beobachtungen abgeleitete Ausdruck für den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Refraktion stimmt gut überein mit der Formel für die optische Dichte:

$$B_0 = B - \frac{1}{8}\pi.$$

2. Aus den hier behandelten in Odessa und Pulkovo ausgeführten Beobachtungsreihen erhalten wir folgende Jahresperiode der Refraktion

$$100(\mu - \mu_0)/\mu_0 = -0.04 \sin \alpha - 0.12 \cos \alpha.$$

Diese Periode entspricht dem Ausdehnungskoeffizienten der Luft: $m = 0.003758$.

3. In den meisten Fällen kann praktisch $a = b = 0$ angenommen werden, wenn der entsprechende Wert des Ausdehnungskoeffizienten $m = 0.003687$ angewandt wird.

Ilmari Bonsdorff.

Nordlicht 1920 März 22.

Mitteilung von Prof. Plassmann, Münster.

Die Erscheinung ist eine Nachzüglerin des Fleckenmaximums, ähnlich der viel glänzenderen 1898 Sept. 9. Wie diese auf einen einzelnen großen Fleck zurückzuführen ist, so die gegenwärtige auf eine ausgedehnte Gruppe, die nicht allzuweit mehr vom westlichen Rande stand. Mit der Zerstreuung dieser Gruppe über ein längliches schmales Gebiet hängt es vielleicht zusammen, daß das Nordlicht so häufig neu aufzuckte, da die einzelnen Flecken in bestimmten, von ihrem Bau abhängigen Richtungen gewirkt haben werden, wie das wenigstens bezüglich der magnetischen Wirkung auch sonst bemerkt wird. Die nachfolgenden Beobachtungen sind in mittlerer Ortszeit angegeben; Reduktion auf Sternzeit im Mittel $+0^m 1$, auf mittlere Greenw. Zeit $-30^m 5$. Die Lage der einzelnen Strahlen ist nach dem Äquinoktium 1900 der Karten von Rohrbach zu verstehen, die nebst dem zugehörigen transparenten Gradnetze benutzt wurden. Hinzugefügt sind einige kosmophysikalische Wahrnehmungen, die sich möglicherweise zu dem Polarlicht in Beziehung setzen lassen.

$6^h 51^m 2$ aschgraues Mondlicht hell; $7^h 46^m 9$ sehr hell; $7^h 6^m 6$ so auffallend, daß mit freiem Auge die größeren Meere zu erkennen sind, für mich eine äußerste Seltenheit. $7^h 50^m 2$ Nordlicht fällt beim Beobachten der Veränderlichen plötzlich ins Auge, sehr reich an Strahlen. $8^h 1^m 6$ wesentlich schwächer. $8^h 4^m 8$ wieder heller; ein besonders heller Strahl geht von $\alpha = 26^\circ$, $\delta = +40^\circ$ bis $39^\circ + 62^\circ$. $8^h 8^m 6$ der östliche Teil rötlich, sehr hell. Lage zweier besonders heller Strahlen: $244^\circ + 44^\circ$ bis $214^\circ + 54^\circ$ und $252^\circ + 48^\circ$ bis $220^\circ + 66^\circ$. $8^h 14^m 2$ aschgraues Mondlicht sehr gut sichtbar, $8^h 28^m 3$ gut. $8^h 17^m 2$ Nordlicht wie $8^h 8^m 6$, viele Strahlen im Westen hinzutreten. $8^h 22^m 7$ hellster Strahl $244^\circ + 43^\circ$ bis $225^\circ + 59^\circ$, gelblich. $8^h 29^m 1$ Nordlicht noch sehr hell, die Strahlen verschwunden, das dunkle Segment verkleinert. $8^h 31^m 7$ Nordlicht der gewöhnlichen Dämmerung ähnelnd, Strahlen nicht bestimmt sichtbar. $8^h 33^m 7$ plötzlich zahlreiche Strahlen aufschießend; hellster $264^\circ + 63^\circ$ bis $204^\circ + 67^\circ$ gelblich. $8^h 37^m 9$ Helligkeitsmaximum im Hercules; Strahlen durchaus nicht erkennbar. $8^h 51^m 8$ steigen aus dem westlichen Teile