

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

N^o 3275.

Band 137.

II.

Zusatz zu dem Aufsatz „Ueber die Aenderung der Polhöhe“ (A. N. 3261).

Von *H. G. van de Sande Bakhuyzen*.

Nachdem ich den oben erwähnten Aufsatz geschrieben hatte, sind ein paar Untersuchungen publicirt, welche mich zu einigen Bemerkungen veranlassen.

Herr A. Ivanof veröffentlichte im Bulletin de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg 1894 Septembre no. 1 eine sehr werthvolle Abhandlung »Variations de la latitude de Poulkova déduites des observations faites au grand cercle vertical dans les années 1842–49«. Schon Chandler hatte die Beobachtungen von 1842 bis 1844 untersucht, aber da sich aus einer Beobachtungsreihe von zwei Jahren die Einflüsse der beiden Theile der periodischen Breitenänderung nur schwer trennen lassen, ist die Zusammenstellung der Beobachtungsergebnisse während einer Periode von 7 Jahren sehr wichtig. Ivanof hat schon eine Vergleichung der von ihm gezeichneten Curve der Breitenänderung mit Chandler's Formel (Astr. Journ. No. 277) mitgetheilt, welche sehr befriedigend ist; da es jedoch schwer ist in einer Curve den Gewichten der Bestimmungen gehörig Rechnung zu tragen, habe ich unter der Annahme, dass sich während der Jahre 1842 bis 1849 die Amplitude der peri-

odischen Aenderungen in einem Jahre und in 431 Tagen nicht geändert habe, und auch die Periodendauer constant war, aus der Gesamtzahl aller Beobachtungen die Amplituden und Epochen beider Aenderungen berechnet.

Die von Herrn Ivanof mitgetheilten Werthe von $\varphi - \varphi_0$ umfassen jedesmal die Beobachtungen in Perioden von ungefähr 20 Tagen angestellt, und vermuthlich werden in diesen Beobachtungen ausser den zufälligen Fehlern kleine systematische Fehler vorkommen, welche während dieser Zeit constant waren (Refraction u. s. w.), und deren Einfluss also nicht durch die Zahl der Beobachtungen verringert wird. Um dem Einfluss dieser Fehler wenigstens einigermaassen Rechnung zu tragen, habe ich ihren mittleren Werth für jedes von Ivanof mitgetheilte Beobachtungsergebnis $\varphi - \varphi_0$ gleich ± 0.02 geschätzt, und unter dieser Annahme auf's Neue die Gewichte der 122 Werthe $\varphi - \varphi_0$ gerechnet.

Durch Auflösung aller Gleichungen erhielt ich dann für die Amplituden und die auf Berlin reducirten Epochen der Maximum-Polhöhe folgende Werthe:

Chandler's Periode.

Amplitude = 0.056

Jul. Datum der Max.-Polhöhe 2394733 ± 24

Jährliche Periode.

Amplitude = 0.138

Datum der Max.-Polhöhe 7. August

Unter Annahme der früher von mir bestimmten Epoche 2406430 und Periodendauer von 431.22 Tagen würde das julianische Datum der grössten Polhöhe 2394787 sein, also ein Unterschied von 54 Tagen mit dem jetzt gefundenen Werthe.

Leitet man aus den in meinem ersten Aufsatz mitgetheilten Daten der Max.-Polhöhe, unter Mitnahme der jetzt für Pulkowa 1842–49 erhaltenen Resultate, die Epoche und Dauer ab, so findet man dieselbe Epoche wie früher 2406430, und die Periodendauer 431.55 anstatt früher 431.22.

Der geringe Werth der Amplitude 0.056 ist vollkommen in Einklang mit dem Werth 0.069 aus den Greenwicher Beobachtungen 1851–58 abgeleitet. Vermuthlich hat sich also gegen Ende der Periode 1851–58 die Amplitude, welche früher ungefähr 0.06 war, vergrößert bis sie den Werth 0.168 erreicht hatte.

Dr. S. C. Chandler glaubt aus den Beobachtungen ableiten zu dürfen, dass Periodendauer und Amplitude nicht, wie ich angenommen habe, während kürzerer oder längerer Zeit constant gewesen sind, sondern sich periodisch ändern.

Um beurtheilen zu können, welche Ansicht richtiger

ist, habe ich in der nachfolgenden Tabelle die Abweichungen der Beobachtungsergebnisse (Beob. — Rechn.) sowohl von Chandler's Formel (Astr. Journ. Nr. 322) C als von meiner Annahme B zusammengestellt.

Beobachtungsreihen		Jul. Datum der grössten Polhöhe		Amplitude	
		C	B	C	B
Pulkowa	1842–49	-40^d	-54^d	-0.034	-0.004
Greenwich	1851–58	-84	-90	-0.017	$+0.009$
Greenwich	1854–61	-54	-57	$+0.021$	$+0.013$
Greenwich	1858–65	-59	-59	-0.058	$+0.007$
Washington	1862–67	-37	-24	$+0.012$	-0.042
Pulkowa	1863–70	$+56$	$+73$	$+0.083$	$+0.058$
Greenwich	1863–70	$+48$	$+65$	$+0.015$	-0.010
Leiden (Fd.-St.)	1864–68	-13	$+4$	$+0.014$	-0.011
Leiden (Pol.)	1864–74	-25	-6	$+0.018$	-0.001
Greenwich	1865–72	$+22$	$+41$	$+0.084$	$+0.065$
Pulkowa	1871–75	-2	$+26$	$+0.010$	$+0.011$
Pulkowa	1882–89	-10	$+1$	-0.041	-0.029
Berlin, Potsdam Strassb., Prag	1889–92	0	-16	$+0.005$	$+0.005$

Die beobachteten Epochen werden etwas besser dargestellt durch Chandler's Formel als durch die Annahme einer constanten Periodendauer. Die Unterschiede zwischen den unter der einen oder der anderen Annahme berechneten Werthen sind jedoch während der ganzen Periode von 1844 bis 1892 nicht gross, so dass es vorläufig besser ist die einfachere Hypothese beizubehalten. In ein paar Jahren wird es möglich sein zu beurtheilen, ob Chandler's Formel richtiger ist; im Jahre 1894 ist der Unterschied der Epochen in den beiden Hypothesen 41 und um 1900 schon 110 Tage. Die fünf ersten Werthe: beob. — berechn. Epoche sind in beiden Reihen negativ; es ist nicht unmöglich, dass diese Abweichungen in derselben Richtung nicht ganz von Beobachtungsfehlern herrühren, sondern theilweise zu erklären sind durch eine kleine vorübergehende Aenderung der Periodendauer, hervorgerufen durch dieselben Ursachen, welche auch die Amplitude geändert haben. Was die Amplitude von 1858 an betrifft, so ist die Darstellung durch einen constanten Werth besser als durch Chandler's Formel.

Während der Versammlung der permanenten Commission der Erdmessung in Innsbruck theilte Prof. Albrecht einen interessanten Bericht über den gegenwärtigen Stand der Erforschung der Breitenvariation mit, wobei er als Anlage eine Zusammenstellung der in den Jahren 1890–1894 an verschiedenen Stationen erhaltenen Resultate gab. Die Beobachtungsreihen Berlin, Strassburg, Potsdam und Prag 1889–1892 hatte ich schon bei meiner früheren Ableitung benutzt, so dass ich mich für die weitere Discussion auf die Beobachtungsreihen Nov. 1892 bis Juli 1894 von Kasan, Bethlehem, Strassburg und Karlsruhe beschränkt habe.

Da die beiden letzten Stationen einander so nahe liegen, dass man die Polhöhenänderungen für beide als gleich ansehen darf, und die Werthe von $\varphi - \varphi_0$ in beiden Beobachtungsreihen für fast dieselben Tage angegeben sind, lässt sich leicht der nur von Beobachtungsfehlern herrührende Werth $(\varphi - \varphi_0 \text{ Strassburg}) - (\varphi - \varphi_0 \text{ Karlsruhe})$ ableiten. Der mittlere Werth eines solchen Unterschiedes ist 0"0961 und wenn man die Genauigkeit der beiden Beobachtungsreihen als gleich annimmt, ist der mittlere Fehler eines Monatsmittels 0"068.

Mittl. Fehler aus den Monatsmitteln von Kasan	0"055
» » » » » » $\frac{1}{2}$ (Strassburg + Karlsruhe)	0.044
» » » » » » Bethlehem	0.035
Mittl. Fehler eines Monatsmittels unter Annahme gleicher Genauigkeit	0.045

Wenn man bei der Berechnung dieses m. F. die Werthe von x und y nicht unmittelbar aus der Rechnung, sondern aus der aus freier Hand gezeichneten Curve entlehnt hätte, würde der bloss von Beobachtungsfehlern herrührende mittlere Fehler eines Monatsmittels grösser als 0"045 herausgekommen sein. Vergleichen wir mit diesem Werthe die schon oben theilweise mitgetheilten mittleren Abweichungen von meiner Formel; sie sind:

für Kasan	0"045
» $\frac{1}{2}$ (Strassburg + Karlsruhe)	0.055
» Bethlehem	0.041
im Mittel	0.047

Ich habe nun weiter für die Beobachtungstage von Kasan, Bethlehem, Strassburg und Karlsruhe nach der von mir bestimmten Formel die Aenderungen der Polhöhe abgeleitet und mit den beobachteten $\varphi - \varphi_0$ verglichen. Ich fand dann für den mittleren Werth der Abweichungen Formel — Beobachtung für Strassburg 0"069, für Karlsruhe 0"073, für Kasan 0"045, für Bethlehem 0"041.

Die Genauigkeit der Strassburger und Karlsruher Beobachtungen scheint also ungefähr dieselbe zu sein, und ihre Abweichungen von der Formel scheinen fast ganz von Beobachtungsfehlern herzurühren.

Es muss nun weiter der mittlere Beobachtungsfehler für Kasan und Bethlehem bestimmt werden, um auch für diese Stationen die Uebereinstimmung von Formel und Beobachtung beurtheilen zu können. Ich benutze dazu die Lage des Rotationspols, wie diese jedesmal aus der Combination von Beobachtungen an drei Stationen abzuleiten ist.

Prof. Förster theilte in der Sitzung der British Association, und Prof. Helmert in der Sitzung der permanenten Commission in Innsbruck die von Dr. Marcuse berechnete Curve mit, welcher der Rotationspol in seiner Bewegung von November 1892 bis Juli 1894 nach den Beobachtungen von Strassburg, Bethlehem und Kasan folgte. Da das Gewicht der Strassburger Monatsmittel (vermuthlich der kleinen Zahl der Beobachtungen wegen) ungefähr halb so gross ist als das Gewicht der Monatsmittel in Bethlehem und Kasan, habe ich es vorgezogen, bei der Ableitung der Punkte dieser Curve das Mittel der Strassburger und Karlsruher Reihen zu benutzen. Ich konnte nicht bestimmen, in welcher Weise die Genauigkeit der Monatsmittel von der Zahl der beobachteten Sternpaare abhängt, und habe also die Monatsmittel für jede der drei Stationen als gleich genau angenommen.

Für die Coordinaten x und y von jedem Curvenpunkt erhielt ich nun drei Gleichungen und wenn man die daraus abgeleiteten Werthe wieder in die drei Gleichungen einführte, konnte man den mittleren Fehler des Monatsmittels bestimmen. Ich fand dann:

Aus dieser Vergleichung geht hervor, dass die drei Beobachtungsreihen sich der Formel sehr gut anschliessen, und dass die Bewegung des Rotationspols nicht besser durch die von Dr. Marcuse gezeichnete Curve, als durch die einfache Formel dargestellt wird.

Es ist fern von mir behaupten zu wollen, dass wirklich durch eine Kreisbewegung in einem Jahre und in 431.6 Tagen die Erscheinung vollkommen dargestellt wird; im Gegentheil, wie ich schon früher mittheilte, ist das jährliche Glied sicher nicht ganz richtig, aber bis jetzt lassen sich die näheren Details der Bewegung des Rotationspols noch nicht aus den Beobachtungen herleiten.

Allein durch sehr genaue Beobachtungen, an einer grossen Zahl von Stationen angestellt, kann man der Lösung des Problems näher kommen.

Zum Schluss erwähne ich noch, dass ich versucht

habe, aus den 23 Monatsmitteln für Kasan und den 21 Monatsmitteln $\frac{1}{2}$ (Strassburg + Karlsruhe) die Formel der Aenderung der Polhöhe abzuleiten. Ich fand nach Reduction auf Berlin

$$\text{für Kasan:} \quad 0^{\circ}049 \cos(t - 4. \text{ Oct.}) \frac{360}{365} + 0^{\circ}117 \cos(t - 2412003) \frac{360}{431}$$

$$\text{für } \frac{1}{2} \text{ (Strassburg + Karlsruhe):} \quad 0^{\circ}199 \cos(t - 30. \text{ Aug.}) \frac{360}{365} + 0^{\circ}272 \cos(t - 2412012) \frac{360}{431}$$

Die grossen Unterschiede zwischen beiden Formeln, abgeleitet aus Beobachtungsreihen, welche sehr gut durch meine Formel dargestellt werden, erklärt sich leicht aus dem Umstand, dass aus Beobachtungen während einer Periode von weniger als 2 Jahren die jährliche und die 431tägige Bewegung schwer von einander zu trennen sind, wie natürlich auch aus der Auflösung der Normalgleichungen hervorgeht.

Leiden 1894 December.

H. G. van de Sande Bakhuyzen.

Bestimmung der Rotationsbewegung der Sonne aus Fackelpositionen.

Von *W. Stratonoff.*

Durch die Carrington'schen Beobachtungen der Sonnenflecken wurde dargethan, dass die Winkelgeschwindigkeit der Rotation der Sonnenoberfläche mit der Breite veränderlich ist. Durch die späteren Beobachtungen des Herrn Prof. Spörer, wie auch durch die spectroscopische Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne ist diese Entdeckung bestätigt worden. Die dritte Methode jedoch, die auf der Bestimmung der Fackelpositionen beruht, hat zu einem Schluss geführt, der den vorhergehenden einigermassen widersprechend war. Herr Dr. Wilsing hat bekanntlich eine constante Winkelgeschwindigkeit erhalten, die $14^{\circ}27'$ beträgt. Dieselbe ist aus 1012 gemessenen Positionen der Fackeln auf 108 Platten bestimmt worden, die im Potsdamer Observatorium im Verlaufe eines halben Jahres 1884 erhalten worden waren.

Nachdem aber Herr Belopolsky die Photogramme der Sonne, welche in Pulkowo im Verlaufe des Herbstes 1891 erhalten worden, bearbeitet hatte, ist er zu dem Schlusse gekommen, dass die Fackeln in den Breiten 20° – 35° eine geringere Geschwindigkeit haben als die am Aequator der Sonne, welche Geschwindigkeit aber auch von derjenigen verschieden ist, welche Herr Wilsing erhielt.

Um diesen Widerspruch zu lösen, habe ich eine Untersuchung der Rotationsbewegung der Sonne unternommen, die auf Bestimmung von Fackelpositionen beruht. Es wurde die Sammlung der Sonnenphotogramme benutzt, welche von Herrn Belopolsky sowie auch theils von mir selbst im Verlaufe der Jahre 1891, 92 und 93 erhalten ist. Nach Prüfung der 316 Platten, die sich auf der Sternwarte befinden, erschien es möglich, auf 192 Platten 2158 Positionen von 997 Fackeln zu bestimmen, die ihr Aussehen so wenig verändert hatten, dass sie sich nach einem Tage identificiren liessen. Für manche derselben war die Identificirung auch nach zwei Tagen möglich, ja für einige sogar nach drei Tagen. Nachdem die heliographischen Coordinaten berechnet waren, wurde mittelst derselben untersucht, ob wirklich dieselben Fackeln gemessen worden waren. Dieser Untersuchung zufolge war ich genöthigt, beinahe $\frac{1}{6}$ des

Materials zu verwerfen. Dabei wurden diejenigen Fackeln weggelassen, welche während zweier auf einander folgender Tage einen Unterschied der Breiten ergeben hatten, der einen Grad überstieg. Auch solche Fackeln wurden zu vermeiden gesucht, die dem Rande zu nahe lagen, da die Bestimmungen derselben bedeutenden Fehlern unterworfen sind und die Resultate aus denselben dem Einflusse der Refraction in der Sonnenatmosphäre stärker unterworfen sein konnten. Die letztere ist ohne Berücksichtigung geblieben, da es zweifelhaft ist, ob man die Correctionen für dieselbe, welche aus der Beobachtung der Flecken gefunden sind, bei den Fackeln anwenden darf. Ausserdem muss der Einfluss der Refraction dem differentiellen Charakter der Bestimmung zufolge höchst gering sein. Auch war es interessant, die Untersuchung unter denselben Annahmen wie bei den Herren Wilsing und Belopolsky durchzuführen.

Die Resultate lassen sich in folgender Tabelle darstellen:

δ	Fackeln	Gew.	Sp.—F.	$14^{\circ}27'$ —F.	$14^{\circ}60'$ —F.
0°	14.33	1.0	+ 0.02	— 0.06	+ 0.27
1					
2	14.25	3.0	+ 9	+ 2	+ 35
3	14.63	3.0	— 29	— 36	— 3
4					
5					
6	14.73	3.0	— 42	— 46	— 13
7	14.85	11.2	— 55	— 58	— 25
8	14.28	10.0	+ 1	— 1	+ 32
9	14.35	15.4	— 7	— 8	+ 25
$\Sigma = -121 \quad \Sigma = -153 \quad \Sigma = +78$					
10	14.50	26.2	— 24	— 23	+ 10
11	14.33	38.8	— 9	— 6	+ 27
12	14.40	21.0	— 18	— 13	+ 20
13	14.42	39.6	— 22	— 15	+ 18
14	14.11	41.8	+ 6	+ 16	+ 49
15	14.16	46.2	— 1	+ 11	+ 44
16	14.10	21.8	+ 2	+ 17	+ 50