Der Einfluss der Refraktion auf die Aufstellung und Nachführung äquatorealer Montierungen

Autor(en): **Schürer, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **38 (1980)**

Heft 176

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-899542

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

Der Einfluss der Refraktion auf die Aufstellung und Nachführung äquatorealer Montierungen

M. SCHÜRER

Eine genaue Aufstellung und Nachführung äquatorealer Montierungen ist besonders bei photographischen Aufnahmen wünschenswert und erleichtert die Aufgabe des Beobachters. Die Meinung ist verbreitet, dass dies erreicht wird, wenn nur die Stundenachse genau parallel zur Erdachse ausgerichtet und das Fernrohr mit einer Umdrehung pro Sterntag nachgeführt wird. Dass dies nicht die optimale Lösung ist, soll im folgenden gezeigt werden.

Wir betrachten vorerst den Einfluss eines Aufstellungsfehlers auf die Nachführung. Die Stundenachse des Instruments zeige nach dem Instrumentenpol I, der um ξ im Meridian (gegen den Zenit) und um den Winkel A im Azimut (nach Westen) vom wahren Pol abweicht. Die «Instrumentendeklination» eines Sterns sei δ', der «Instrumentenstundenwinkel» t'. Mit etwas sphärischer Trigonometrie findet man die Differenzen gegenüber den wahren Koordinaten zu

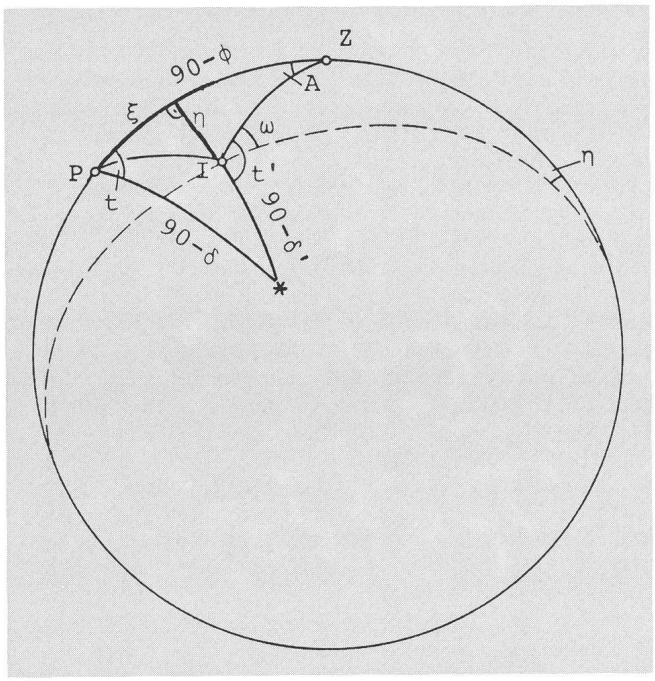
$$\Delta t = t' - t = \eta \operatorname{tg}\phi + (\xi \sin t - \eta \cos t) \operatorname{tg}\delta$$
$$\Delta\delta = \delta' - \delta = \xi \cos t + \eta \sin t,$$

wo ϕ die geographische Breite des Beobachtungsortes und $\eta = A \cdot \cos\phi$.

Infolge der täglichen Bewegung ändern sich mit der Zeit auch die Differenzen Δt und $\Delta\delta$.

Wir bezeichnen die zeitlichen Änderungen mit

$$\frac{d}{d\tau}$$



und erhalten

$$\frac{d(\Delta t)}{d\tau} = (\xi \cos t + \eta \sin t) \operatorname{tg}\delta \frac{dt}{d\tau} \qquad (1)$$

$$\frac{d(\Delta\delta)}{d\tau} = (-\xi \sin t + \eta \cos t) \frac{dt}{d\tau} \qquad (2)$$

$$\frac{dt}{d\tau}$$

ist die zeitliche Änderung des Stundenwinkels. Wird als Zeiteinheit die Stunde gewählt, so ist

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{2\pi}{23.934} = 0.2625.$$

Die Beziehung für $d(\Delta\delta)$ kann benutzt werden, um den Aufstellungsfehler zu bestimmen und zu korrigieren. Beobachtet man ohne Veränderung der Deklinationsstellung die scheinbare Änderung der Deklination $d(\Delta\delta)$ eines Sterns in einem Zeitintervall $d\tau$, gemessen in Stunden beim Stundenwinkel 6^h, so erhält man

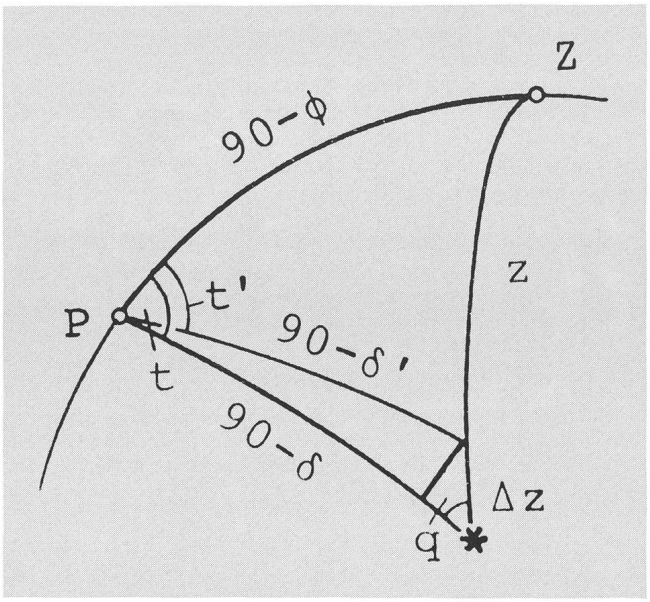
$$\frac{d(\Delta\delta)}{d\tau} = -0.2625 \cdot \xi \text{ oder } \xi = -3.81 \frac{d(\Delta\delta)}{d\tau},$$

und beim Stundenwinkel 18^h

$$\xi = +3.81 \frac{d(\Delta\delta)}{d\tau}.$$

Zur Bestimmung von $\eta = A \cdot \cos\phi$ beobachtet man die Änderung von δ im Meridian (Stundenwinkel 0^h) und erhält

$$\frac{d(\Delta\delta)}{d\tau} = 0.2625 \cdot \eta \text{ oder } \eta = 3.81 \frac{d(\Delta\delta)}{d\tau}$$



und schliesslich das Azimut der Aufstellung

Dieses Verfahren ist von Scheiner beschrieben und nach ihm benannt worden [1]).

Bisher haben wir die Refraktion vernachlässigt, deren Einfluss auf die Nachführung jedoch ganz erheblich ist. Wir benutzen die genügend genaue Refraktionsformel

$$\Delta z = R \cdot \mathrm{tg} z,$$

wo z die Zenitdistanz und R der Refraktionskoeffizient ist, der noch von der Temperatur und dem Luftdruck abhängt. Für 700 mm und 10° ist R = 53.4″. Der Einfluss der Refraktion auf den Stundenwinkel und die Deklination ergibt sich aus der Figur zu

$$\cos\delta \cdot \Delta t = -R \cdot \mathrm{tg} z \cdot \sin q = R \frac{\cos\phi \sin t}{\sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos t}$$

$$\Delta\delta = R \cdot \mathrm{tg} z \cdot \cos q = R \frac{\sin\phi \cos\delta - \cos\phi \sin\delta \cos t}{\sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos t}$$

Auch hier ändern sich infolge der täglichen Bewegung diese Einflüsse, und es sind diese Änderungen, die zu beachten sind. Es ist:

$$\cos\delta \frac{d(\Delta t)}{d\tau} = -R \frac{\cos\phi\,(\cos\phi \cos\delta + \sin\phi \sin\delta \cos t)}{(\sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos t)^2} \frac{dt}{d\tau} \quad (3)$$

$$\frac{d(\Delta\delta)}{d\tau} = R \frac{\sin\phi \cos\phi \sin t}{(\sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos t)^2} \frac{dt}{d\tau} \quad (4)$$

In den folgenden Tabellen sind diese stündlichen Änderungen in der jeweils ersten Kolonne als Funktionen von t und δ dargestellt. Die Änderungen in δ beziehen sich auf die Stundenwinkel 0^h bis 12^h. Für die Stundenwinkel von 0^h bis—12^h ist das Vorzeichen von

$$\frac{d(\Delta\delta)}{d\tau}$$

umzukehren, nicht aber von

$$\cos\delta \cdot \frac{d(\Delta t)}{d\tau}.$$

King [2]) hat nun darauf aufmerksam gemacht, dass man

t \ δ	—15°	0°	15°	30°
0^h	-1.36^s -1.58^s -0.54^s	-0.93^s -0.93^s 0.15^s	-0.75^s -0.53^s 0.52^s	-0.67^s -0.23^s 0.70^s
1^h	-1.52^s -1.74^s -0.69^s	-1.00^s -1.00^s 0.08^s	-0.79^s -0.57^s 0.47^s	-0.69^s -0.27^s 0.67^s
2^h	-2.17^s -2.37^s -1.32^s	-1.25^s -1.25^s -0.17^s	-0.91^s -0.71^s 0.33^s	-0.75^s -0.37^s 0.56^s
3^h	-4.38^s -4.53^s -3.49^s	-1.87^s -1.87^s -0.79^s	-1.18^s -1.02^s 0.03^s	-0.88^s -0.57^s 0.36^s
4^h		-3.74^s -3.74^s -2.66^s	-1.78^s -1.67^s -0.63^s	-1.13^s -0.91^s 0.02^s
5^h			-3.48^s -3.43^s -2.38^s	-1.62^s -1.51^s -0.58^s
6^h				-2.82^s -2.82^s -1.88^s
7^h				
8^h				
9^h				
10^h				
11^h				
12^h				

t \ δ	45°	60°	75°	90°
0^h	-0.64^s -0.02^s 0.74^s	-0.65^s 0.10^s 0.64^s	-0.72^s 0.12^s 0.40^s	-0.87^s 0.00^s 0.00^s
1^h	-0.65^s -0.05^s 0.71^s	-0.66^s 0.07^s 0.61^s	-0.71^s 0.10^s 0.38^s	-0.84^s 0.00^s 0.00^s
2^h	-0.68^s -0.14^s 0.62^s	-0.66^s 0.00^s 0.54^s	-0.68^s 0.05^s 0.33^s	-0.75^s 0.00^s 0.00^s
3^h	-0.73^s -0.30^s 0.47^s	-0.66^s -0.12^s 0.42^s	-0.62^s -0.03^s 0.25^s	-0.62^s 0.00^s 0.00^s
4^h	-0.82^s -0.51^s 0.25^s	-0.65^s -0.27^s 0.27^s	-0.53^s -0.11^s 0.17^s	-0.44^s 0.00^s 0.00^s
5^h	-0.95^s -0.79^s -0.03^s	-0.62^s -0.42^s 0.12^s	-0.40^s -0.19^s 0.09^s	-0.23^s 0.00^s 0.00^s
6^h	$-1,15^s$ -1.15^s -0.39^s	-0.54^s -0.54^s 0.00^s	-0.23^s -0.23^s 0.05^s	0.00^s 0.00^s 0.00^s
7^h	-1.44^s -1.60^s -0.84^s	-0.38^s -0.58^s -0.04^s	0.01^s -0.21^s 0.07^s	0.23^s 0.00^s 0.00^s
8^h	-1.87^s -2.18^s -1.42^s	-0.07^s -0.45^s 0.09^s	0.29^s -0.13^s 0.15^s	0.44^s 0.00^s 0.00^s
9^h		0.44^s -0.09^s 0.45^s	0.61^s 0.01^s 0.29^s	0.62^s 0.00^s 0.00^s
10^h		1.16^s 0.50^s 1.04^s	0.91^s 0.18^s 0.46^s	0.75^s 0.00^s 0.00^s
11^h		1.87^s 1.14^s 1.68^s	1.12^s 0.31^s 0.59^s	0.84^s 0.00^s 0.00^s
12^h		2.18^s 1.43^s 1.97^s	1.20^s 0.36^s 0.64^s	0.87^s 0.00^s 0.00^s

Stündliche Änderung der scheinbaren Rektaszension (multipliziert mit cosδ) für ξ = 0″ und 1 U/$23^h56^m04.1^s$, ξ = 49.8″ und 1 U/$23^h56^m04.1^s$ und ξ = 49.8″ und 1 U/$23^h56^m30.0^s$.

t \ δ	−15°		0°		15°		30°		45°		60°		75°		90°	
0^h	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″
1^h	9.1″	5.7″	4.2″	0.8″	2.7″	−0.7″	2.1″	−1.3″	1.9″	−1.5″	2.0″	−1.4″	2.4″	−1.0″	3.4″	0.0″
2^h	24.1″	17.5″	10.0″	3.5″	6.1″	−0.5″	4.5″	−2.0″	4.0″	−2.5″	4.1″	−2.5″	4.7″	−1.8″	6.5″	0.0″
3^h	64.7″	55.4″	21.3″	12.0″	11.5″	2.3″	8.1″	−1.2″	6.7″	−2.5″	6.5″	−2.8″	7.2″	−2.1″	9.2″	0.0″
4^h			52.1″	40.8″	22.5″	11.2″	13.9″	2.5″	10.5″	−0.8″	9.4″	−2.0″	9.6″	−1.7″	11.3″	0.0″
5^h					52.2″	39.5″	25.1″	12.5″	16.4″	3.8″	13.0″	−0.3″	11.9″	−0.7″	12.6″	0.0″
6^h							52.3″	39.2″	26.1″	13.1″	17.4″	4.4″	14.0″	0.9″	13.1″	0.0″
7^h									43.9″	31.2	22.7″	10.1″	15.5″	2.8″	12.6″	0.0″
8^h									79.5″	68.2″	28.3″	16.9″	15.8″	4.5″	11.3″	0.0″
9^h											32.1″	22.9″	14.6″	5.4″	9.2″	0.0″
10^h											30.6″	24.1″	11.4″	4.9″	6.5″	0.0″
11^h											19.6″	16.2″	6.3″	2.9″	3.4″	0.0″
12^h											0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″	0.0″

Stündliche Änderung der scheinbaren Deklination für $\xi = 0''$ und $\xi = 49.8''$.

den Einfluss der Refraktion auf die Deklination etwas vermindern kann, wenn man den Instrumentenpol nicht mit dem wahren Pol, sondern mit dem refraktierten Pol zusammenfallen lässt, d.h. dass man in unsern Breiten von 47° die Polachse um $\xi = 49.8''$ höher stellt.

Die erste Tabelle enthält in der rechten Kolonne die stündlichen Änderungen der Deklination bei Zusammenfallen des Intrumentenpols mit dem refraktierten Pol. Die Änderungen sind in diesem Falle im allgemeinen kleiner, wenn sie auch bei Annäherung an den Horizont nicht zu vermeiden sind.

Die Refraktion hat aber auch einen Einfluss auf die Nachführung. Die zweite Tabelle zeigt in der zweiten Kolonne die Änderungen, die bei der Einstellung auf den refraktierten Pol noch vorhanden sind. Sie sind vor allem gegen den Nordpol zu etwas geringer geworden. Im allgemeinen sind die Änderungen aber immer noch negativ, d.h. die Sterne laufen scheinbar langsamer als es der Rotation der Erde entsprechen würde. Die Ursache ist anschaulich leicht einzusehen. Beim Aufgang und beim Untergang werden die Sterne durch die Refraktion gehoben. Sie müssen also einen kürzeren Weg als ohne Refraktion zurücklegen. Diese langsamere Bewegung kann berücksichtigt werden, dass man die Nachführung etwas langsamer laufen lässt, wie auch schon von King erwähnt worden ist.

Es ist vorgeschlagen worden [3]), eine Rotation in 1436.5 Minuten mittlerer Zeit statt in 1436.068 Minuten vollziehen zu lassen. Die dritte Kolonne unserer Tabelle zeigt die übrig bleibenden Restfehler. Die Nachführfehler werden am nördlichen Himmel etwas überkompensiert. Die Nachführung in 1436.5 Minuten hat aber den Vorteil, durch ein einfaches Getriebe bewerkstelligt werden zu können.

$$\text{Es ist } 1436.5 = \frac{2873}{2} = \frac{17 \cdot 169}{2} .$$

Ein Schneckenrad mit 169 Zähnen und weitere Untersetzungen von 17:2 verbunden mit einem Synchronmotor von 1 Umdrehung/Minute gibt schon das gewünschte Untersetzungsverhältnis und kann sehr einfach mit einem Netzanschluss realisiert werden. Anpreisungen von quarzgesteuerten oder gar «quarzuhrgenauen» Nachführungen könnten Illusionen erwecken, die nicht berechtigt sind. Unsere Überlegungen über den Einfluss der Refraktion haben gezeigt, dass ein Eingriff in die Nachführung immer noch notwendig ist, ganz abgesehen davon, dass auch die stets vorhandenen Durchbiegungen und Ungenauigkeiten in der Verzahnung diesen nicht überflüssig machen.

Die bisherigen Überlegungen gestatten es nun, einfache Rezepte für das Justieren einer Montierung aufzustellen. Beobachtet man im Osten beim Stundenwinkel 18^h (damit der Einfluss der Refraktion möglichst klein bleibt, sollte die Deklination des Sterns mindestens 70° betragen), ein scheinbares Zunehmen der Deklination, so ist ξ positiv, d.h. die Polachse der Montierung ist zu steil. Am einfachsten korrigiert man dies, indem man die Änderung der Deklination in $0.381^h \sim 23$ min feststellt. ξ ist dann der zehnfache Betrag dieser Abweichung. Man stellt das Instrument in den Meridian, visiert einen Stern an und korrigiert nun an den Fusschrauben der Montierung so, dass der Stern um ξ vom Deklinationsfaden abweicht.

Zur Justierung im Azimut wird jetzt ein Stern im Meridian beobachtet. Ein scheinbares Zunehmen der Deklination bedeutet in diesem Falle ein positives A, d.h. das obere Ende der Stundenachse liegt zu weit westlich. Beobachtet man wieder 23 Minuten, so ist $A = 10/\cos \cdot d\,(\Delta\delta)$. Zur Korrektur wird ein Stern in der Nähe des Meridians und des Aequators mit der Deklination δ eingestellt. An den Fussschrauben wird jetzt das Azimut verstellt, bis der Stern um den Betrag

$$10 \cdot \frac{\sin(\phi - \delta)}{\cos\phi} \cdot d\,(\Delta\delta)$$

gewandert ist.

Literatur:
1) J. Scheiner, Die Photographie der Gestirne, 1897 (p. 99f.).
2) Edward S. King, A Manual of Celestial Photography, 1931.
3) Paul B. Sweger, Gear-Train Simplification, Sky & Tel. Vol. IX, p. 93f. (1950).

Adresse des Autors:
Prof. Max Schürer, Sidlerstrasse 5, CH-3013 Bern.