Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 34 (1976)
Heft: 156

Artikel: Eine Ortsbestimmungsmethode für Libellensextant und Taschenrechner
Autor: Frick, Martin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899527

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Eine Ortsbestimmungsmethode für Libellensextant und Taschenrechner

von Martin Frick, Salem

In der Seefahrt wird auch heute noch der relativ unkompliziert aufgebaute Marinesextant zur Messung von Gestirnshöhen über der Kimm zwecks Ortsbestimmung verwendet. Da die Kimm (der Seehorizont) bei Nacht nicht sichtbar ist, bleiben die Messungen auf die Dämmerung beschränkt, falls man Sterne verwenden will, oder auf den Tag, wenn man die Sonne benutzt. Diese Einschränkung hat zusammen mit der Tatsache, dass der sichtbare Horizont vom Flugzeug aus nicht zu verwenden ist, in der Luftfahrt zur Konstruktion von Libellensextanten geführt, mit denen Gestirnshöhen über einem Horizont gemessen werden können, der durch eine im Gerät eingebaute Wasserwaage realisiert wird. Auch Kreisel- oder Pendelhorizonte sind schon mit Erfolg verwendet worden. Zwar verdrängen die Methoden der technischen Navigation (Trägheitsnavigation, Funknavigation) die astronomische Navigation immer mehr aus dem Flugzeug – bei der Swissair beispielsweise gibt es heute nur noch einen Flugzeugtyp, zu dessen Ausrüstung ein Libellensextant gehört –, doch in der Seeschiffahrt vermag sich die astronomische Navigation wesentlich besser zu behaupten. Was nun speziell die Handelsschiffahrt anbelangt, so werden dort Libellensextanten weniger verwendet, das ist jedoch ausschliesslich auf den hohen Preis dieser Geräte zurückzuführen. Als Gebrauchtgerät ist ein Libellensextant aber unter Umständen billig zu erstehen, was seine Benutzung durch den Liebhaber – sei dieser nun Seemann oder nicht – möglich macht.

In seiner letzten Ausführungsform (periskopischer Sextant) wird der mit einem langen Hals versehene Libellensextant durch eine hierfür vorgesehene Öffnung im Kabinendach gesteckt. Für eine Verwendung aus der Hand und im Freien ist diese Konstruktion natürlich weniger praktisch als die der Vorgängertypen, die einen kleinen gläsernen Beobachtungsdom auf dem Flugzeug erforderten. Ein solches Gerät ist in Fig. 1 zu sehen. Mit einem Libellensextanten werden meist nicht einzelne Höhen gemessen, vielmehr erfolgt die Beobachtung über einen einstellbaren Zeitraum von 1 min oder mehr. Durch eine Mittelungseinrichtung (Integrator) werden die durch die Fahrzeugbewegungen bewirkten Schwankungen der Libellenblase einerseits und die Höhenänderung des Gestirns während der Beobachtungszeit andererseits gemittelt. Diese Zusatzeinrichtung ist das teuerste am Libellensextanten. Bei der Beobachtung hat man die Libellenblase mit dem Gestirn dauernd in Deckung zu halten, was etwas Übung erfordert.

Bei der Auswertung der mit dem Libellensextanten durchgeführten Messungen bereitet vor allem der Indexfehler Schwierigkeiten. Während sich dieser beim gewöhnlichen Sextanten auf höchst einfache Weise bestimmen lässt, erfordert seine Bestimmung beim Libellensextanten Hilfsinstrumente. Anstatt den Indexfehler zu messen und anzubringen, kann man ihn auch durch geeignete Anlage der Beobachtungsmethode eliminieren, was in der astronomischen Ortsbestimmung auf dem Lande mit Hilfe von Theodoliten üblich ist; siehe etwa [1]. Verfasser hat daher in [2] eine entsprechend angelegte Methode für den Sextanten beschrieben. Diese Methode ist nun durch die mittlerweile erhältlichen elektronischen Taschenrechner sehr attraktiv geworden. Das Problem bei einer astronomischen Ortsbestimmung ist ja nicht allein ein Beobachtungsproblem, sondern vor allem auch ein Rechenproblem. Während man sich auf dem Lande viel Zeit lassen kann für die Rechnung, so muss sie auf See möglichst schnell und möglichst einfach durchgeführt werden können. Diese Forderungen hatten die konventionellen Methoden der Ortsbestimmung geprägt: alle mathematisch komplizierten Methoden mussten von vornherein ausscheiden. Die Tatsache aber, dass heute bereits kleine, programmierbare Rechner zur Verfügung stehen, ändert die Situation völlig. Ohne Verwendung von Näherungskoordinaten des Standortes (sogenannter Loggeort) lassen sich mit der im folgenden geschilderten Methode nach Beobachtung dreier Sterne zu irgendeiner

Fig. 1: Das Stern- oder Sonnenlicht fällt von links oben auf einen unter dem Okular befindlichen Spiegel, der mit Hilfe eines grossen, mit Teilung versehenden Drehknopfes bewegt werden kann. Der Spiegel ist halbdurchlässig und gestattet gleichzeitig den Blick auf die im vorderen Teil des Apparates befindliche Dosenlibelle.

Nachtzeit Breite φ, Länge λ und Indexfehler i mit geringem Zeitaufwand berechnen. Selbstverständlich kann die Methode auch mit einem gewöhnlichen Sextanten durchgeführt werden. Im Hinblick auf den Indexfehler ist sie dann natürlich nicht von besonderem Vorteil, auch fällt die Nacht als Beobachtungszeit weg. Wenigstens aber erhält man wegen der Beobachtung zweier Breitensterne etwas genauere Breitenwerte, braucht sich nicht auf den Loggeort zu stützen und spart sich die Zeichnung von Standlinien in der Seekarte.

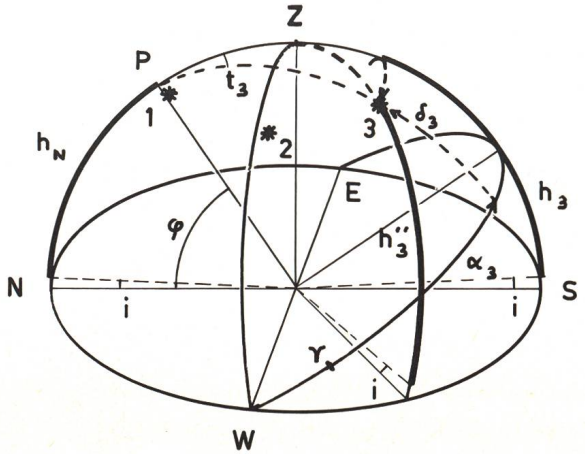

Fig. 2: Anlage der Ortsbestimmung: Kombination der Polhöhe h_n und der auf den Meridian reduzierten Höhe eines Südsterns liefert neben der vom Indexfehler freien Breite auch den Indexfehler i selbst. Damit lässt sich durch Beobachtung eines Sternes 2 in West oder Ost die Länge bestimmen.

Beobachtet werden drei Sterne nach folgendem Prinzip (vergleiche Fig. 2):

Stern 1 ist der *Polarstern*,
beobachtete Höhe h'_1 zur mittleren Greenwicher Zeit T_1. Die Rektaszension ist α_1 und die Poldistanz $p_1 = 90° - \delta_1$.

Stern 2 ist ein *Stern in der Nähe des 1. Vertikals* – also ungefähr in Ost oder West *(Zeitstern)*.
Beobachtete Höhe h'_2 zur MGZ T_2 . R.A. α_2; Deklination δ_2.

Stern 3 ist in *südlicher Richtung* zu suchen *(Breitenstern)*.
Beobachtete Höhe h'_3 zur MGZ T_3 . R.A. α_3; Deklination δ_3.

An die Höhen h′ wird nur die Refraktion (oder aus den Nautischen Tafeln die Gesamtbeschickung für Augeshöhe 0 Meter) angebracht, womit man Höhen h″ erhält, die wegen des unbekannten Indexfehlers noch keine wahren Höhen sind. Die weitere Rechnung gliedert sich in vier Teile:

1: Berechnung des Stundenwinkels von Stern 2 aus:

$$\cos t_2 = \frac{\sin h''_2 - \sin \delta_2 \sin h''_1}{\cos \delta_2 \cos h''_1} \qquad (1)$$

Diese Beziehung folgt aus dem Seitencosinussatz angewandt auf das sphärische Dreieck Pol–Zenit–Stern. Eigentlich müsste anstatt h''_1 die Breite φ eingesetzt werden, da man diese aber noch nicht kennt, wird vorerst ignoriert, dass der Polarstern nicht genau im Pol steht.

2: Berechnung der Stundenwinkel von Stern 1 und 3: Die Differenzen der Stundenwinkel der beobachteten Sterne Δt hängen einerseits ab von den Rektaszensionsdifferenzen $\Delta\alpha$ andererseits von den Differenzen der Beobachtungszeiten ΔT, denn die Gestirne sind ja nicht gleichzeitig beobachtet worden.
Wegen

$$t = T - \alpha$$

lässt sich schreiben:

$$t_3 = t_2 + (T_3 - T_2) - (\alpha_3 - \alpha_2) \qquad (2)$$

$$t_1 = t_2 - (T_2 - T_1) + (\alpha_2 - \alpha_1) \qquad (3)$$

Eigentlich müssten für T Sternzeiten eingesetzt werden, doch da die Differenzen der Beobachtungszeiten klein sind, können wir ohne merklichen Fehler die MGZ-Differenzen verwenden.

3: Berechnung der Breite φ und des Indexfehlers i: aus der Polarsternhöhe h''_1 wird in bekannter Weise die – noch nicht von i befreite – Polhöhe berechnet, wobei man zu ausreichend genauen Ergebnissen gelangt, wenn man sich auf

$$h_n = h''_1 - p_1 \cos t_1 \qquad (4)$$

beschränkt. (h_n ist fast φ : $h_n + i = \varphi$)

Im Dreieck Pol–Zenit–Südstern gilt:

$$\sin h''_3 = \sin \varphi \sin \delta_3 + \cos \varphi \cos \delta_3 \cos t_3 \qquad (5)$$

für $t_3 = 0$ gilt:

$$\sin h_3 = \sin \varphi \sin \delta_3 + \cos \varphi \cos \delta_3 \qquad (6)$$

Setzen wir näherungsweise h_n für φ und dividieren wir (6) durch (5), so erhalten wir:

$$\sin h_3 = \frac{\sin h_n \sin \delta_3 + \cos h_n \cos \delta_3}{\sin h_n \sin \delta_3 + \cos h_n \cos \delta_3 \cos t_3} \cdot \sin h''_3 \qquad (7)$$

Damit haben wir eine Formel, die es gestattet, die Höhe des Südsterns in diejenige Höhe umzurechnen, die der Stern im Meridian – also genau in S – gehabt hat oder haben wird (siehe Abb. 2). (7) lässt sich im Hinblick auf ein möglichst sparsames Programm näherungsweise auch schreiben:

$$\sin h_3 = \left(1 - \frac{\cos t_3 - 1}{\tan h_n \tan \delta_3 + 1}\right) \sin h''_3 \qquad (8)$$

Betrachtet man nochmals die Abb. 2, so findet man leicht die beiden Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} h_n + i &= \varphi \\ h_3 + i &= 90° - \varphi + \delta_3 \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Aus diesen beiden Gleichungen lassen sich φ und i bestimmen. Subtraktion der ersten von der zweiten Gleichung liefert:

$$h_3 - h_n = 90° - 2\varphi + \delta_3 \text{ oder}$$

$$\varphi = \tfrac{1}{2}(90° + \delta_3 + h_n - h_3) \quad (10)$$

Aus der ersten der Gleichungen (9) erhält man schliesslich:

$$i = \varphi - h_n$$

4: Berechnung der Länge.
Addiert man α_2 zu t_2, so erhält man die Ortssternzeit. Zieht man diese von der Greenwicher Sternzeit (dem Greenwicher Stundenwinkel des Frühlingspunktes) ab, so erhält man die Länge λ des Ortes.

Eine Schwierigkeit ergibt sich nun daraus, dass die Berechnung der Länge aus t_2 die Kenntnis der Breite φ voraussetzt, wobei sich diese ja erst genügend genau berechnen lässt, wenn λ bekannt ist. Es handelt sich also um ein typisches Iterationsproblem. Wie bereits angedeutet, wird man in (1) zunächst nicht die

Datum: 23. Juni 1974			PATINA-METHODE				PR 56
Stern:	1 (Polaris)		2 (Zeitstern)		3 (Südstern)		
α	*31,7098*		*279,0283*		*200,9683*		
T	*24-00-00*		*23-21-00*		*23-22-14*		
T_1—T_2:	*39-00*			T_3—T_2:	*01-14*		
	39,0000				*1,2333*		
:4	*9,7500*				*0,3083*		
$+ \alpha_2$	*288,7783*				*279,3366*		
$- \alpha_1$, $- \alpha_3$; $d_1 =$	*257,0685*		ST0 4	$d_3 =$	*78,3683*		ST0 5
p_1, δ_2, δ_3	*0,8561*	ST0 1	*38,7600*	ST0 2	*— 11,0317*		ST0 3
h′	*39° 24,5′*		*34° 58,5′*		*38° 38′*		
GB	*—1,0′*		*—1,3′*		*—1,1′*		
h″	*39° 23,5′*		*34° 57,2′*		*38° 36,9′*		
	39,3917	STO 0	*34,9533*	ST0 6	*38,6150*		STO 7

GO TO 00 LOAD

00	RCL	10	sin	20	+|—	30	+|—	40	×	50	[	60	1
01	2	11	÷	21	arcos	31	×	41	RCL	51	RCL	61	]
02	sin	12	RCL	22	R/S (1)	32	RCL	42	3	52	8	62	+
03	×	13	2	23	ST0	33	1	43	tan	53	+	63	1
04	RCL	14	cos	24	8	34	+	44	+	54	RCL	64	×
05	0	15	÷	25	+	35	R/S (2)	45	1	55	5	65	RCL
06	sin	16	RCL	26	RCL	36	=	46	=	56	]	66	7
07	—	17	0	27	4	37	ST0	47	1/x	57	cos	67	sin
08	RCL	18	cos	28	=	38	9	48	×	58	+|—	68	=
09	6	19	=	29	cos	39	tan	49	[	59	+	69	arcsin
												70	R/S (3)

R/S 1 t_E ablesen, in t umrechnen; t_W lassen (t_2)
R/S 2 b. ersten Mal RCL 0, dann h''_1
R/S 3 h_3 ablesen

Durchgang	1	2	3	
h_3 +|— +90	*38,8505*	*38,8111*	*38,8101*	
+ RCL 9 + RCL 3				
:2 = φ; ST0 0	*40,1817*	*40,2017*	*40,2022*	*= 40° 12,1′*
RCL 0 —RCL 9				
= i			*— 0,0440*	*(= — 2,6′)*
F Mn+ 6			*(34,9093)*	
G0 T0 00 R/S		*(t_E = 73,5988)*	t_2 = *286,4012*	
+|— — α_2 + Grw. Stw. ♈ (+ 360) = λ			*56,5622*	*= 56° 33,7′*
	261,9917			

Breite, sondern die Polarsternhöhe einsetzen. Das wird einen Fehler bei t_2 zur Folge haben, die Länge wird nicht genau stimmen und auch für t_1 und t_3 wird man nur ungenaue Werte erhalten. Immerhin wird sich aber im dritten Teil der Rechnung ein Näherungswert für φ ergeben, der besser ist als die zunächst verwendete Polarsternhöhe, und diesen setzt man bei der Wiederholung des Rechenvorganges in (1) ein. Diesmal wird man ein genaueres φ erhalten, eine nochmalige Wiederholung wird für einen ausreichend genauen Wert genügen. Man rechnet ein letztes Mal t_2 und daraus die Länge, wobei man anstatt h''_2 die um den Indexfehler i korrigierte Höhe

$$h_2 = h''_2 + i$$

verwendet. Mit φ zusammen wird ja auch i berechnet. Bei der Iteration darf man daher keinesfalls h''_1 und h''_3 durch verbesserte (das heisst um i korrigierte) Werte ersetzen, sonst wird $i = 0$!

Geht bei obigem der Rechenaufwand für einen einzelnen Durchgang schon weit über das mit Tafelwerken sinnvolle hinaus, so ist die Iteration ohne Rechenmaschine völlig undiskutabel. Der Mindestaufwand ist in einem tastenprogrammierbaren Taschenrechner zu sehen. Im folgenden sei die Rechnung für einen Privileg PR 56 (72 Programmspeicherplätze, 10 Konstantenspeicher) dargestellt. Dieser Rechner verwendet übrigens die arithmetische Notation, und nicht– wie beispielsweise der vom Verfasser an anderer Stelle erwähnte HP 35 – die polnische. Die Frage, welche der beiden Notationen im Hinblick auf ein bestimmtes Problem das kürzere Rechenprogramm ermöglicht, lässt sich übrigens allgemein nicht beantworten.

Dem oben auf einem Formblatt wiedergegebenen Beispiel liegen drei Sternbeobachtungen zu Grunde:

1) Polaris, beob. um 24-00-00 MGZ in scheinb. Höhe 39° 24,5′
2) Wega, beob. um 23-21-00 MGZ in scheinb. Höhe 34° 58,5′
3) Spica, beob. um 23-22-14 MGZ in scheinb. Höhe 38° 38′

Auf dem oberen Teil des Blattes werden die Ausgangsdaten vorbereitet und in den Konstantenspeicher gegeben; dann wird das Programm dem Formularvordruck entsprechend eingetastet und dreimal iteriert. Beim dritten Durchgang ergibt sich die Breite $\varphi = 40{,}2022°$ (oder sexagesimal 40° 12,1′). Für i erhält man —0,0440°, dies wird zu $h''_2 = 34{,}9533°$ addiert, mit dem resultierenden $h_2 = 34{,}9093°$ wird nochmals bis Schritt 22 gerechnet, was einen östlichen Stundenwinkel von $t_E = 73{,}5988°$ ergibt (weil Stern 2 in E beobachtet wurde). Wie bei den vorangegangenen Durchgängen wird dieser Wert in den (westlich gerechneten) Wert $t_2 = 286{,}4012°$ umgerechnet (durch Subtraktion von 360°). Letztere Zahl wird mit α_2 zusammen vom Greenwicher Stundenwinkel des Frühlingspunktes, den man dem Jahrbuch entnommen hat, abgezogen, was die Länge λ ergibt. Gegebenenfalls ist noch 360° zu addieren, um westliche Länge zu erhalten.

Literatur:
1 Waldmeier, M.: *Leitfaden der astronomischen Orts- und Zeitbestimmung*, Verlag H. R. Sauerländer & Co., Aarau 1958.
2 Frick, M.: *Ortsbestimmung mit Libellensextanten*, Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1966.

Adresse des Autors:
Martin Frick, Markgrafenstrasse 12, D-7777 Salem 1.

Le problème cosmologique et ses hypothèses (II)

par J. Dubois

Confrontation avec l'observation

Dans un précédent article[1]) nous avons examiné les hypothèses générales que l'on rencontre en cosmologie, puis présenté les modèles relativistes les plus simples.

Certains de ces modèles[2,3,4,5,6]) ne sont pas en désaccord avec les résultats de l'observation tels que la valeur de la constante de Hubble (voir appendice), la densité moyenne de la matière dans l'univers, l'abondance du deutérium et de l'hélium, l'âge des étoiles des amas globulaires et l'existence du rayonnement thermique à 3° K résidu d'un état très condensé de l'univers.* Encore que, en ce qui concerne ce dernier point, ce rayonnement n'est nullement inclus dans les modèles car, par hypothèse, ils ne contiennent qu'un fluide matériel. C'est uniquement l'existence d'une singularité, valeur de t pour laquelle $R(t) = 0$, qui est favorable à la présence de ce rayonnement.

Il n'en reste pas moins que l'on rencontre quelques difficultés qui sont, en partie tout au moins, à l'origine soit de modifications des modèles relativistes présentés, soit de théories nouvelles, indépendantes de la relativité générale. Parmi celles-ci, citons les travaux de Dirac[7]), Hoyle et Narlikar[8]), Brans et Dicke[9]), Nottale, Pecker, Vigier et Yourgrau[10]), Alfvén[11]), Charon[12]) et il y en a d'autres encore.

Avant d'examiner dans un prochain article les hypothèses de quelques unes de ces théories, il y a lieu de décrire les problèmes soulevés par l'observation.

* En fait, il ne s'agit là que d'une interprétation. Il est vrai qu'elle est généralement admise. Toutefois, d'autres explications de l'origine de ce rayonnement ont été formulées.