Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 43 (1985)
Heft: 208

Artikel: Détermination d'un lieu à l'aide de deux observations au sextant
Autor: Behrend, Raoul
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899186

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: 16.07.2025

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

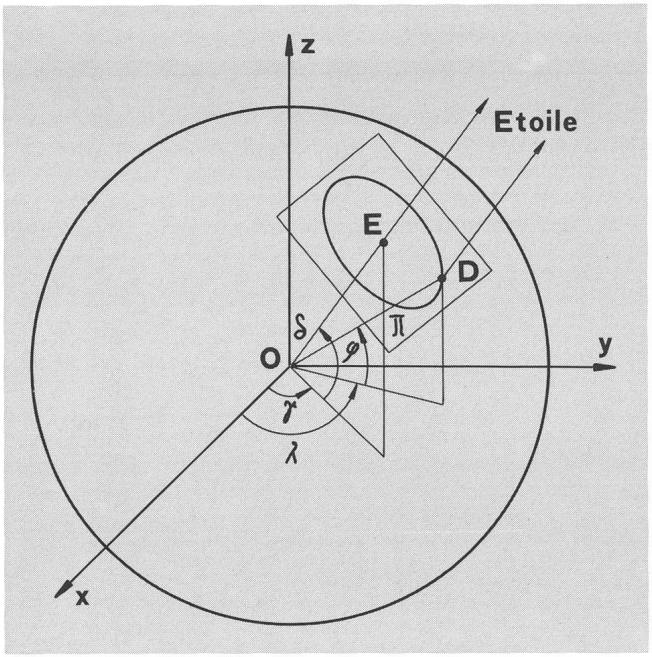
Détermination d'un lieu à l'aide de deux observations au sextant

RAOUL BEHREND

Position du problème
Ayant eu l'occasion de tenir en main un sextant, j'ai feuilleté plusieurs livres pour trouver une méthode rigoureuse pour la détermination d'un lieu. N'ayant rien trouvé de valable, j'ai développé la méthode suivante basée sur la géométrie analytique.

Idées de base
On peut montrer que le lieu géométrique des endroits qui voient à un instant donné une étoile avec la même hauteur par rapport à l'horizontale est un cercle. Rappelons qu'un cercle est l'intersection d'un plan et d'une sphère. L'observateur D se trouve donc sur ce cercle. Avec deux observations, on obtient deux cercles qui se coupent en deux points. L'observateur se situe sur un de ces points qui sont en général très éloignés, ce qui facilite le choix. Il reste maintenant à mettre ces idées sous forme de formules...

Partie mathématique
Afin de faciliter les calculs, posons le repère équatorial où E est le centre d'un cercle défini précédemment (Fig.)



$$\text{On a } \vec{OE} = \begin{pmatrix} \cos\beta \cos\delta \\ \sin\beta \cos\delta \\ \sin\delta \end{pmatrix} \cdot \sin h = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \qquad (1)$$

où h = hauteur corrigée de la réfraction de l'étoile sur l'horizontale (éventuellement aussi de la parallaxe)
δ = déclinaison de l'étoile
α = ascension droite de l'étoile
γ = temps sidéral de Greenwich à l'heure d'observation
$\beta = \gamma - \alpha$ = longitude de E

Plaçons un plan de travail

$$\Pi : ax + by + cz + d = 0 \quad \text{avec } d = -\sin^2 h \qquad (2)$$

Après avoir mis des indices 1 pour la première observation, faisons de même avec la seconde et l'indice 2.

On obtient $\begin{cases} \Pi_1 : a_1 x + b_1 y + c_1 z + d_1 = 0 \\ \Pi_2 : a_2 x + b_2 y + c_2 z + d_2 = 0 \end{cases}$

Calculons l'intersection de ces deux plans. Il s'agit de la droite définie par

$$\vec{OD} = \begin{pmatrix} Dx \\ Dy \\ Dz \end{pmatrix} = \vec{OP} + \mu\vec{V} \quad \text{avec } \vec{V} = \vec{OE_1} \times \vec{OE_2} = \begin{pmatrix} b_1 c_2 - b_2 c_1 \\ -a_1 c_2 + a_2 c_1 \\ a_1 b_2 - a_2 b_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} \qquad (3)$$

Les calculs se simplifient si on pose $\vec{OP} = \begin{pmatrix} 0 \\ Py \\ Pz \end{pmatrix}$

Par élimination de Π_1 et Π_2, on obtient

$$Pz = \frac{b_1 d_2 - b_2 d_1}{b_2 c_1 - b_1 c_2} \quad \text{ainsi que} \quad Py = \frac{d_1 + c_1 \cdot Pz}{-b_1} \qquad (3.1)$$

Cherchons maintenant l'intersection de cette droite avec la sphère, en se rappelant que $\|\vec{OD}\| = 1$:

$$\mu_{1,2} = \frac{-Py \cdot Vy - Pz \cdot Vz \pm ((Py \cdot Vy + Pz \cdot Vz)^2 - \|\vec{V}\|^2 \cdot (\|\vec{OP}\|^2 - 1))^{0,5}}{\|\vec{V}\|^2} \qquad (4)$$

En injectant μ_1 et μ_2 dans (3) on trouve $\vec{OD_1}$ et $\vec{OD_2}$

On voit tout de suite que $\lambda = \arctan \frac{Dy}{Dx}$ (5)

et $\phi = \arctan \frac{Dz}{(Dx^2 + Dy^2)^{0,5}}$

On a maintenant les deux lieux qui satisfont aux deux observations: $(\lambda_1 ; \phi_1)$ et $(\lambda_2 ; \phi_2)$

Application
Nous avons fait deux observations du Soleil:
1. le 28 décembre 1983 à $11^h31^m36^s$ TU
   $\alpha = 18^h26^m49^s$ et $\delta = -23°17'56''$
   Hauteur corrigée du centre h = 19,617°
   On a β = 352,567° et δ = - 23,299° donc
   Π_1 : 0,30576x - 0,03989y - 0,13279z - 0,11272 = 0

2. le 15 avril 1984 à $14^h28^m47^s$ TU
$\alpha = 01^h35^m41^s$ et $\delta = +09°58'17''$
tandis que $h = 37{,}535°$
$\beta = 37{,}202°$ et $\delta = 9{,}971°$
$\Pi_2 : 0{,}47794x + 0{,}36281y + 0{,}10549z - 0{,}37118 = 0$

$$\vec{OP} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1{,}39144 \\ -1{,}26683 \end{pmatrix} \qquad \vec{V} = \begin{pmatrix} 0{,}04397 \\ -0{,}09572 \\ 0{,}13000 \end{pmatrix} \qquad \begin{matrix} \mu_1 = 15{,}378 \\ \mu_2 = 5{,}9021 \end{matrix}$$

$$\vec{OD_1} = \begin{pmatrix} 0{,}67617 \\ -0{,}08060 \\ 0{,}73233 \end{pmatrix} \qquad \vec{OD_2} = \begin{pmatrix} 0{,}25951 \\ 0{,}82649 \\ -0{,}49957 \end{pmatrix}$$

$\lambda_1 = -6{,}797° = -27^m11^s$ $\qquad \lambda_2 = 72{,}568°$

$\Phi_1 = 47{,}082° = 47°\ 04'\ 54''$ $\qquad \Phi_2 = -29{,}972°$

Les observations ayant été faites en Suisse, c'est la première solution qui est la bonne; elle correspond à La Chaux-de-Fonds.

Remarques:
Pour γ, on consultera par exemple l'annuaire du Bureau des Longitudes, Paris.

$$- \left\| \begin{pmatrix} r \\ s \\ t \end{pmatrix} \right\|^2 = r^2 + s^2 + t^2$$

Adresse de l'auteur:
Observatoire de Miam-Globs, Raoul Behrend, Fiaz 45,
CH-2304 La Chaux-de-Fonds.

Unser Teil des Universums

F. MOSSIG

HUBBLE stellte in den 20er Jahren fest, dass sich die Gestirne in dem von der Erde überschaubaren Bereich mit grosser Geschwindigkeit von uns fortbewegen; und von HUMASON wissen wir, dass diese Fluchtgeschwindigkeit mit der Entfernung wächst. Diese Proportionalität lässt sich mit H = Fluchtgeschwindigkeit v / Radialentfernung r ausdrücken; rechnungsmässig kmsec/mpsec. Die von HUBBLE erstmals genannten 540 kmsec und von EINSTEIN mit 432 kmsec wurden im Laufe der Zeit reduziert und heute hat sich die HUBBLE-Konstante auf 50 kmsec/mpsec stabilisiert. Zum Rechnen wird H gleichwertig mit 15 kmsec/10^6 LJ verwendet.

Ein Gestirn in einer Entfernung von 1.10^6 LJ flüchtet also mit 15 kmsec, in 2.10^6 LJ Entfernung mit 30 kmsec, in 3.10^6 LJ Entfernung mit 45 kmsec und so fort. Ein Gestirn können wir verfolgen, bis es mit 300000 kmsec den überschaubaren Bereich verlässt. 300000/H ergibt eine Distanz von 20.10^9 LJ. Die durch H bestimmte Proportionalität von v und r lässt sich also in einem Diagramm darstellen mit z.B. 1 bis 20.10^9 LJ als Abszisse und Fluchtgeschwindigkeiten von 15.10^3 bis 300.10^3 als Ordinate. An der Diagonale können wir Gestirne eintragen, deren Fluchtgeschwindigkeit bekannt ist.

Damit haben wir eine Übersicht über den von der Erde derzeit überschaubaren Bereich gewonnen, der ja nur einen kleinen Teil des Universums darstellt. Dabei erinnern wir uns an einen Ausspruch in den Astronomischen Lehrbriefen von HERMANN MUCKE: Wenn wir vom Universum sprechen, stehen uns nur die Daten aus dem überschaubaren Bereich zur Verfügung. – Was vorher war, wissen wir nicht und was nachher geschieht, wissen wir auch nicht: Behauptungen betreffend Alter und Grösse des Universums sind also Spekulation.

Von ihrem Einstieg mit 15 kmsec bis zu ihrem Ausstieg mit 300000 kmsec durchlaufen die Gestirne die Strecke von 20.10^9 LJ; naheliegend die Frage: wie lange brauchen sie dazu? – Nehmen wir als Beispiel einen Stern in der Entfernung von 10^9 LJ; das sind $10^9.9{,}46.10^{12}$ km bzw. $9{,}46.10^{21} = 946.10^{19}$ km. – In einer Milliarde Jahren legt der Stern bei der Fluchtgeschwindigkeit von 15.10^3 kmsec $10^9.31{,}5.10^6.15.10^3$ km $= 473.10^{18}$ km zurück. – Das ergibt, dass der Stern zum Zurücklegen der ersten Milliarde LJ zwanzig Milliarden Jahre Zeit gebraucht hat. Für die 2. Milliarde LJ braucht der Stern nur die Hälfte und so fort, d.h., dass der Stern zum Durchlaufen des überschaubaren Bereiches ein Mehrfaches der 20.10^9 Jahre gebraucht hat, die uns in der Literatur als Alter des Universums präsentiert werden.

Mittels Rotverschiebung wurde für die entferntesten Gestirne, die Quasare OQ 172 und PKS 2000-330, eine Fluchtgeschwindigkeit von 270000 kmsec gemessen. Das ergibt eine Distanz von ca. 18.10^9 LJ. Das heisst, das Licht von diesen Quasaren ist 18.10^9 Jahre auf dem Weg und wir sehen sie dort, wo sie vor 18.10^9 Jahren waren. Demnach sind sie in der gleichen Zeit mit, annähernd, Lichtgeschwindigkeit die gleichen LJ weitergewandert; sie befinden sich derzeit schon 16.10^9 LJ im Ungewissen, denn sie haben jetzt insgesamt 36.10^9 LJ zurückgelegt.

Mit 20.10^9 LJ ist der Radius des von der Erde überschaubaren Bereichs gegeben und offenbar die Grenze für das erdgebundene Instrumentarium. Offenbar sind die beiden Quasare nahe dieser Grenze mit der ihnen zugeschriebenen Rotverschiebung Z = 3,52 bzw. Z = 3,78. Von Prof. ALBRECHT, zugeordnet dem Team des Space Telescope, haben wir, dass keine Gestirne über Z = 4 beobachtet wurden. Angesichts der Schwierigkeit, die Rotverschiebung so weit entfernter Gestirne zu messen, sind die Dezimalen bei Z nicht cum grano salis zu werten.

Bis jetzt war angenommen worden, dass die Gestirne den überschaubaren Bereich mit, annähernd, Lichtgeschwindigkeit verlassen. In diesem Bereich gilt H = v/r. Das gilt nicht mehr, sobald sich bei Ingangsetzung des Space Telescope der überschaubare Bereich schlagartig vergrössert und v/r unbrauchbar wird.

Es muss eine neue Beziehung zwischen Rotverschiebung und Fluchtgeschwindigkeit gefunden werden. Sie ist mit dem Ansatz

$$1 + Z = \sqrt{(c+v)/(c-v)}$$

gegeben, aus dem sich v berechnen lässt. Die Fluchtgeschwindigkeit kann nie die Lichtgeschwindigkeit erreichen, sie nähert sich ihr asymptotisch.

Für Z = 3 ergibt sich eine Fluchtgeschwindigkeit von 265000 kmsec und für Z = 4 eine Fluchtgeschwindigkeit von 277000 kmsec. Daraus ist auf dem Diagramm die H-Korrektur gezeichnet, da man als Grenze des erdgebundenen In-