Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: 40 (1982)

Heft: 189

Artikel: Höhenmessung mittels Seeinterferometer unter Ausnutzung der solaren Radiostrahlung

Autor: Monstein, Ch.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899319

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: 21.07.2025

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

Astronomische Vereinigung Kreuzlingen, Gruppe für Radioastronomie

CH. MONSTEIN

Höhenmessung mittels Seeinterferometer unter Ausnutzung der solaren Radiostrahlung

Eine für Amateure neue Anwendung radioastronomischer Messmethoden besteht in der relativen Höhenmessung des Antennenstandortes über einer Wasseroberfläche unter Verwendung eines sogenannten Seeinterferometers. Ein Seeinterferometer ist ein Instrument, das minimalen instrumentellen Aufwand erfordert, nichtsdestoweniger aber interessante Experimente ermöglicht.

Hauptbedingung für die nachfolgend beschriebenen Messungen ist eine möglichst grosse, unverbaute Wasserfläche nach Osten oder allenfalls nach Westen.

Dabei wird die auf- bzw. absteigende Bewegung einer möglichst punktförmigen Radioquelle über dem Horizont und die Totalreflexion der kurzwelligen Radiostrahlung auf der Wasseroberfläche ausgenutzt. Bei geeigneter Empfangslage und dem Prinzip entsprechenden Winkelverhältnissen führt die Addition der direkt empfangenen und der reflektierten Strahlen zu Interferenzerscheinungen am Radioempfänger. Die Refraktion der Radiostrahlung wird hier in dieser Arbeit der Einfachheit halber nicht berücksichtigt, denn die übrigen mathematischen Zusammenhänge sind für den Amateur im allgemeinen anspruchsvoll genug.

Die geometrische Analyse der Situation in Abbildung 1 zeigt, dass an der Empfangsantenne periodische Leistungsmaxima auftreten für die folgende Beziehung:

$$x = 2h\sin(\varepsilon) = n\lambda, \text{ wobei } n = 1, 2, 3, \ldots \qquad (1)$$

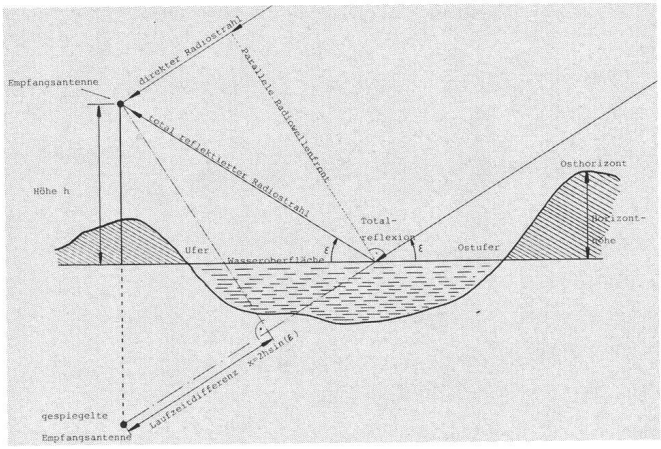

Abb. 1: Prinzipieller Strahlengang beim Seeinterferometer an der Station des Verfassers. (Nord-Süd-Schnitt).

Zwischen zweien durch verschiedene Elevationswinkel verursachte Leistungsmaxima beträgt der differentielle Phasenunterschied zwischen direktem und reflektiertem Signal:

$$d\varphi = 2\pi = \frac{2\pi\, dx}{\lambda} = \frac{2\pi\, 2h\sin(d\varepsilon)}{\lambda} \qquad (2)$$

Daraus lässt sich die Höhe der Empfangsantennen relativ zur Wasseroberfläche berechnen zu:

$$h = \frac{2\pi\lambda}{4\pi\sin(d\varepsilon)} = \frac{\lambda}{2\sin(d\varepsilon)} = \frac{c}{2f\sin(d\varepsilon)} \qquad (3)$$

Für die Interferometermessungen benötigt man die Winkelgeschwindigkeit ω der Radioquelle in Richtung Elevation. Leider steigt in unseren Breitengraden die Sonne im Osten keineswegs senkrecht auf, so dass wir vorerst die vertikale Winkelgeschwindigkeitskomponente bestimmen müssen.

Ausgangspunkt für diese Berechnung bildet die Koordinatentransformationsgleichung azimutal in parallaktisch [2]).

$$\varepsilon(t) = \arcsin[\sin(\delta)\sin(\beta) + \cos(t^*)\cos(\delta)\cos(\beta)] \qquad (4)$$

Aus Gleichung 4 lässt sich die Winkelgeschwindigkeit in Elevationsrichtung bestimmen durch Bildung des Differenzquotienten, bzw. durch Differenzieren der Elevation nach der Zeit [3]).

$$\omega = \lim_{\Delta T \to 0} \frac{\varepsilon(to + \Delta T) - \varepsilon(to)}{\Delta T} = \frac{d\varepsilon}{dt} \qquad (5)$$

Die erste Ableitung von Gleichung 4 gibt nach den allgemeinen Regeln der Differentialrechnung (Kettenregel etc.):

$$\omega = \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{-\cos(\delta)\cos(\beta)\sin(t^*)}{\sqrt{1-[\sin(\delta)\sin(\beta)+\cos(t^*)\cos(\delta)\cos(\beta)]^2}}\,\frac{dt^*}{dt} \qquad (6)$$

wobei

$$\frac{dt^*}{dt} = \frac{2\pi}{24h}$$

Andererseits kann die Periodendauer ΔT der Interferenzstreifen aus dem Diagramm (Abb. 3) herausgelesen werden:

$$\Delta T = \frac{1\,\Delta s}{m\ v} \qquad (7)$$

Wenn man $\Delta T = dt$ setzt, was bei vorliegender Konfiguration (stetiger, langsamer Funktionsverlauf) erlaubt sei, dann gilt:

$$d\varepsilon = \omega dt = \omega\Delta T = \frac{\omega\Delta s}{m\ v} \qquad (8)$$

Die Grundbausteine zur Höhenbestimmung sind nun in den Gleichungen (3), (6) und (8) enthalten. Wir wollen diese zusammenfassen zu:

ORTSSTERNZEIT STERNWARTE KREUZLINGEN

JUNI 1981 Monstein

	MEZ 1200 UHR			MEZ 1800 UHR			MEZ 2000 UHR			MEZ 2200 UHR		
1	04	16	01	10	17	00	12	17	20	14	17	40
2	04	19	58	10	20	57	12	21	16	14	21	36
3	04	23	54	10	24	53	12	25	13	14	25	33
4	04	27	51	10	28	50	12	29	10	14	29	29
5	04	31	47	10	32	46	12	33	06	14	33	26
6	04	35	44	10	36	43	12	37	03	14	37	22
7	04	39	40	10	40	39	12	40	59	14	41	19
8	04	43	37	10	44	36	12	44	56	14	45	15
9	04	47	33	10	48	33	12	48	52	14	49	12
10	04	51	30	10	52	29	12	52	49	14	53	09
11	04	55	27	10	56	26	12	56	45	14	57	05
12	04	59	23	11	00	22	13	00	42	15	01	02
13	05	03	20	11	04	19	13	04	39	15	04	58
14	05	07	16	11	08	15	13	08	35	15	08	55
15	05	11	13	11	12	12	13	12	32	15	12	51
16	05	15	09	11	16	08	13	16	28	15	16	48
17	05	19	06	11	20	05	13	20	25	15	20	44
18	05	23	02	11	24	02	13	24	21	15	24	41
19	05	26	59	11	27	58	13	28	18	15	28	38
20	05	30	56	11	31	55	13	32	14	15	32	34
21	05	34	52	11	35	51	13	36	11	15	36	31
22	05	38	49	11	39	48	13	40	08	15	40	27
23	05	42	45	11	43	44	13	44	04	15	44	24
24	05	46	42	11	47	41	13	48	01	15	48	20
25	05	50	38	11	51	37	13	51	57	15	52	17
26	05	54	35	11	55	34	13	55	54	15	56	13
27	05	58	31	11	59	31	13	59	50	16	00	10
28	06	02	28	12	03	27	14	03	47	16	04	07
29	06	06	25	12	07	24	14	07	43	16	08	03
30	06	10	21	12	11	20	14	11	40	16	12	00

Abb. 2: Hilfstabelle zur Bestimmung der lokalen Sternzeit mittels linearer Interpolation. Die Tabelle wurde speziell für den Standort der Radioempfangsanlage berechnet. Die Grundlage dazu bilden [1]) und ein BASIC-Programm, das auf einem CBM-Rechner implementiert wurde.

$$h = \frac{c}{2f\sin(\frac{\omega\Delta s}{vm})} = \frac{c}{2f\sin(\omega\Delta T)} \qquad (9)$$

Ein Vergleich des Klammerausdruckes unter der Wurzel in Gleichung (6) mit Gleichung (4) zeigt, dass dieser genau dem Sinus der Elevation entspricht.

Da das Seeinterferometer aber im allgemeinen nur für relativ kleine Elevationswinkel (maximal circa 5 Grad) überhaupt funktioniert, kann der Wurzelausdruck reduziert werden zu:

$$\sqrt{1-[\sin(\varepsilon)]^2} \qquad (10)$$

$$\lim_{\varepsilon\to 0} \sqrt{1-[\sin(\varepsilon)]^2} = 1 \qquad (11)$$

Damit lässt sich die endgültige Gleichung zur Höhenbestimmung anschreiben:

$$h = \frac{c}{2f\sin\left(\frac{2\pi}{24h}\cdot\frac{-\Delta s}{m\,v}\sin(t^*)\cos(\delta)\cos(\beta)\right)} \qquad (12)$$

wobei

$$t^* = \frac{2\pi}{24h}(STZ-\alpha) \qquad (13)$$

und

$$c/f = \lambda \qquad (14)$$

Die Sternzeit STZ kann beispielsweise aus Abbildung (2) durch lineare Interpolation gewonnen werden. Für eine be-

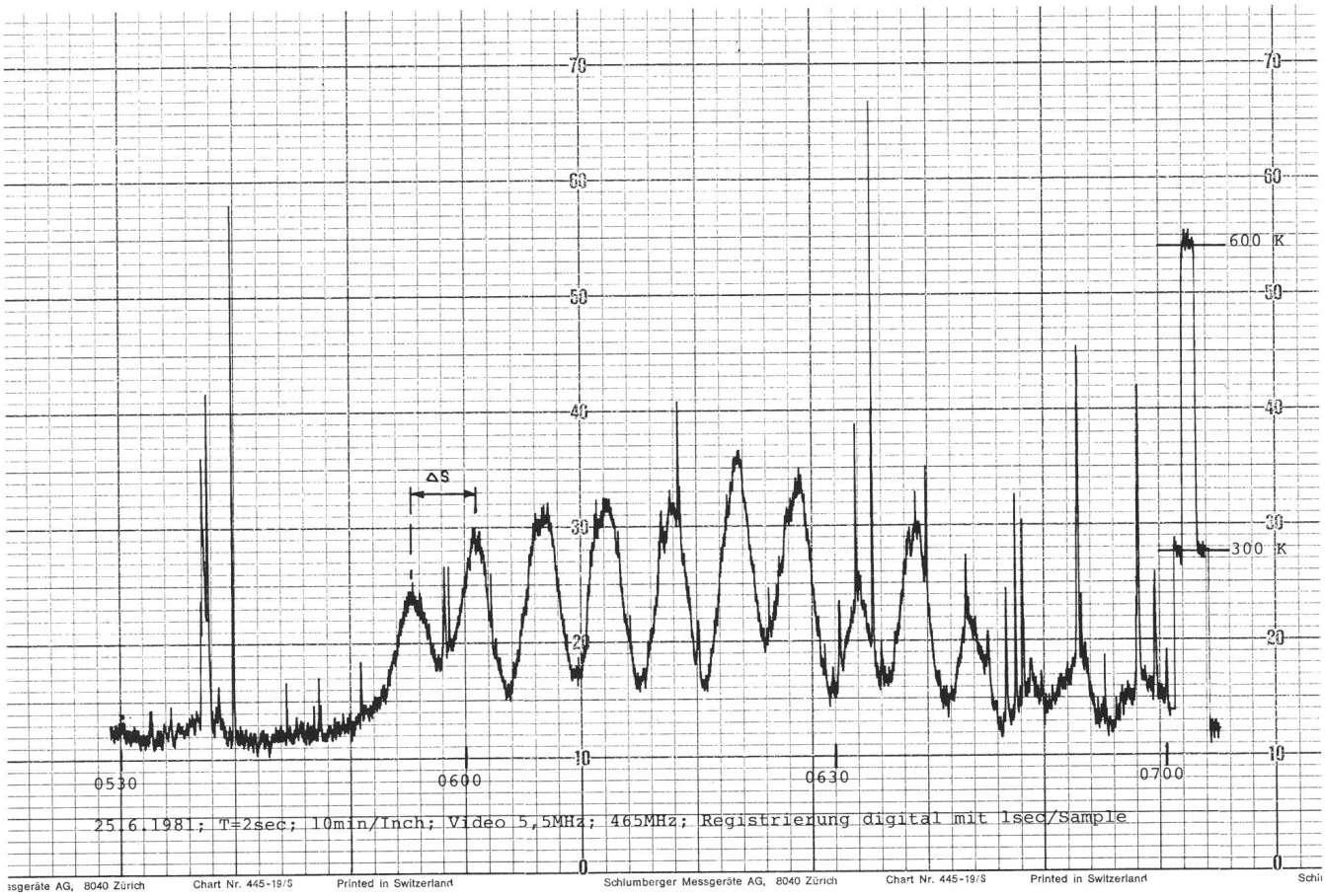

Abb. 3: Interferogramm der solaren Radiostrahlung, verursacht durch Interferenzen einer direkten Radiowelle (Sonne) und einer total reflektierten Radiowelle auf der Seeoberfläche.

Am rechten Bildrand ist ein Kalibriersignal (Rauschtreppe) zur Bestimmung des Strahlungsflusses eingekoppelt.

stimmte Messung an der Station des Verfassers ergeben sich nachstehend aufgeführte Parameter:

Datum:	25. Juni 1981
Beobachtungszeit:	05.30 Uhr bis 07.00 Uhr
Schreibgeschwindigkeit v:	1 Inch pro 10 Minuten
Papiermassstab m:	25,4 mm pro Inch
Empfangsfrequenz f:	465 Megahertz (MHz)
ZF-Bandbreite:	5,5 Megahertz (MHz)
Integrationszeit:	2 Sekunden

Kalibration der Antennentemperatur: 07.00 Uhr mit 0To = 300 Kelvin und + 1To ≙ 600 Kelvin

Deklination δ:	23° 23,9′
Breitengrad β:	47° 15′
Rektaszension α:	6h 14′ 36″
Interferenzabstand Δs:	circa 14 mm

Der Stundenwinkel (in Zeitstunden ausgedrückt) zum Zeitpunkt des ersten Interferenzmaximums beträgt etwa (aus Abb. 2 extrapoliert): t = -6,48h

Eingesetzt in die Gleichung (13) ergibt sich die Höhe der Empfangsantenne über Wasser zu: **h = 21,7 m**, was zu zeigen war und mit der Realität gut übereinstimmt.

Literaturverzeichnis:

1) Der Sternhimmel 1981, PAUL WILD, Verlag Sauerländer.
2) Radio Astronomy for the Amateur, by DAVE HEISERMANN, Tab Books 1975.
3) Taschenbuch der Mathematik, BRONSTEIN-SEMENDJAJEW, Verlag Harry Deutsch Frankfurt/Zürich.

Adresse des Verfassers:

Christian Monstein, Holzmoosrütistrasse 14, CH-8820 Wädenswil.