

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Band:** 69 (2011)  
**Heft:** 364

**Artikel:** Astronomiepraktikum der ETH Zürich auf der Diavolezza (Teil 2) :  
Bestimmung des Sonnendurchmessers mittels Interferometrie  
**Autor:** Monstein, Christian / Banzatti, Andrea / Dedes, Leon  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-897209>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.10.2024

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

Astronomiepraktikum der ETH Zürich auf der Diavolezza (Teil 2)

# Bestimmung des Sonnendurchmessers mittels Interferometrie

■ Von Christian Monstein, Andrea Banzatti & Leon Dedes

*In der beobachtenden Astronomie wird Interferometrie als leistungsstarke Technik immer öfter benutzt um höchste Winkelauflösung zu erreichen. Das Grundprinzip ist dasselbe, wenn auf einer Flüssigkeit zwei Wellen aufeinander treffen.*



Abbildung 1: Zwei einfache, kostengünstige parabolische Gitterantennen wie sie für WiFi verwendet werden montiert auf zwei Advanced GoTo Celestron-Montierungen. Die Antennen sind in Ost-West-Richtung aufgestellt auf dem Flachdach des Hotels Diavolezza. Im Zentrum unter der grünen Plane befindet sich der rauscharme Frequenzumsetzer von S-Band nach VHF. Das nun niederfrequente VHF-Signal wird dann ins Observatorium geleitet und dem Spektrometer zugeführt. Im Hintergrund Crast Agüzza und Piz Bernina. (Foto: Heidi Hostettler, ETH Zürich)

Die Überlagerung zweier Wellen erzeugt ein Interferenzmuster (fringe pattern) wobei sich Maxima und Minima abwechseln. Maxima bedeutet konstruktive Überlagerung, Minima destruktive Überlagerung. Dasselbe geschieht, wenn zwei Antennen zusammen eine gemeinsame Quelle am Himmel beobachten. Die durch die Antennen empfangenen elektro-

magnetischen Wellen interferieren elektronisch in einem so genannten power combiner und erzeugen so Leistungsinterferenzen welche mit einem Radioempfänger erfasst und detektiert werden können. Als Resultat erhalten wir ein Interferenzmuster der angepeilten Radioquelle. Die für ein Einzelteleskop (z. B. Parabolspiegel) erreichbare Winkel-

auflösung ergibt sich als Verhältnis von beobachteter Wellenlänge zu Antennendurchmesser. Beim Interferometer ergibt sich die Winkelauflösung als Verhältnis Wellenlänge zur Distanz (Basislinie) der beiden Antennen. Es ist offensichtlich, dass die Anwendung dieser Technik im Prinzip beliebig hohe Winkelauflösungen zulässt, viel höher als mit Einzelteleskopen jemals erreichbar. Es ist aus mechanisch konstruktiven Gründen unmöglich, vergleichbar grosse Einzelteleskope zu bauen.

## Für Amateur-Astronomen weniger reizvoll

Interferometer können Basislinien bis zu einem Erddurchmesser (VLBI) aufweisen, in Einzelfällen noch grössere Distanzen, wenn die Antenne auf Satelliten installiert sind. Aber wie zu erwarten, hat ein System nicht nur Vorteile, sondern auch Nachteile. Ein 6 cm Refraktor ist ausreichend, um Details auf der Mondoberfläche erkennen zu lassen oder die Satelliten des Jupiter vergleichbar den Beobachtungen von Galileo vor 400 Jahren. Mit einem einfachen Interferometer können keine schönen Bilder direkt erzeugt werden; wir sehen vorerst nur Interferenzmuster welche mit komplizierten mathematischen Verfahren zuerst in Bilder umgewandelt werden müssen. Nur mit ganzen Arrays von Teleskopen können Bilder direkt rekonstruiert werden. Trotzdem können diese Radio-Bilder mit Bildern z. B. des Hubble Space Telescope noch nicht konkurrieren. Daher ist Interferometrie deutlich weniger attraktiv für Amateur-Astronomen und üblicherweise denen vorbehalten, welche eine wissenschaftliche Motivation haben. Der durch die weltweite Gemeinschaft der Astronomen betriebene hohe Aufwand bei der Realisierung des neuen Interferometers ALMA in Chile zeigt klar die Wichtigkeit der neuen Techniken heute und in Zukunft.

Als Teil des ‚Advanced Lab‘ der ETH Zürich wird Interferometrie als Experiment während der Astrowoche angeboten. Dieses Interferometer ist ein so genanntes Zwei-Element addierendes Interferometer mit nachgeschaltetem Sweep-Spektrometer genannt CALLISTO. Die Beobachtungen sind derzeit möglich im S-Band von 11,1 cm bis 13,6 cm

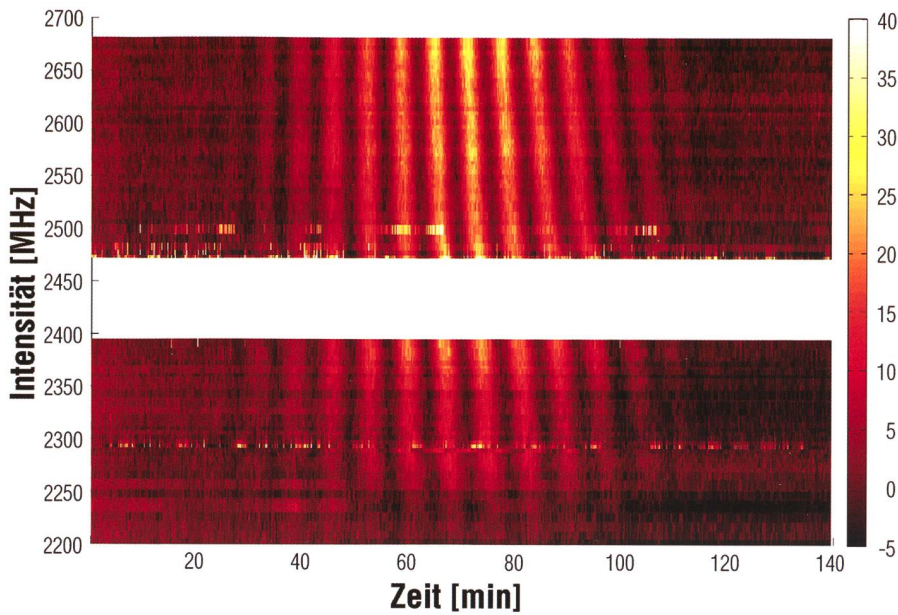


Abbildung 2: Interferenzmuster eines Mehrfrequenzinterferometers im S-Band. Der weiße Streifen in der Mitte kann nicht beobachtet werden auf Grund starker Störungen durch lokale WiFi-Anlagen auf Diavolezza. Deutlich zu sehen sind die engeren Interferenzmuster bei kürzeren Wellenlängen. Die Helligkeit ist ein Mass für den Sonnenradiofluss in SFU (Solar Flux Units).

Wellenlänge. Vier Studenten des Physik-Departements, CHRISTIAN STIEGER, SANDRA JENATSCH, GIADA RUTAR und BJÖRN BEYER entschieden sich spontan für dieses eher anspruchsvolle Experiment. Das Ziel war eine Einführung in diese komplexe Technik durch Analyse der beobachteten Interferenzmuster.

Mit anderen Worten, sie lernten wie mit diesem speziellen Instrument die in den Interferenzmustern verborgene Information ausgewertet werden kann. Das Hauptobjekt war die heiße Oberfläche der Sonne. Das Prinzip ist sehr einfach, wir richten die Antennen auf einen Punkt am Himmel, den die Sonne

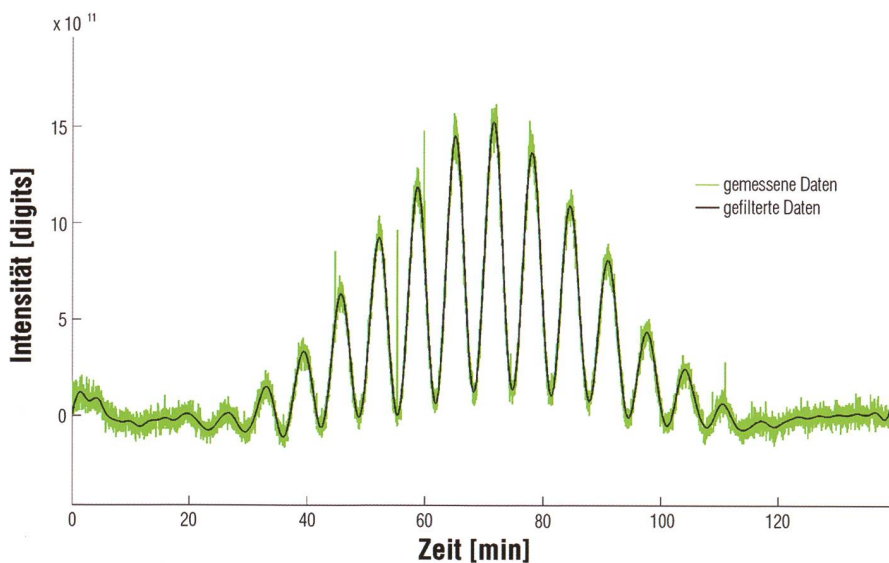


Abbildung 3: 16 integrierte Lichtkurven herausoperiert aus dem Spektrum in Abbildung 2. Die schwarze Kurve zeigt das durch Fouriertransformation, Filterung und Rücktransformation gewonnene Endprodukt. Die Minimumanhebung erscheint nach etwa 70 Minuten und ist ein Mass für den (Radio-) Sonnendurchmesser. Die Störungen in diesem Radiofrequenzbereich sind unerwartet gering und erlauben daher präzise Auswertungen.

entlang ihrem Pfad in einigen Minuten durchwandern wird. Während die Sonne durch das Antennendiagramm ‚wandert‘ produzieren die elektromagnetischen Wellen der Sonne Interferenzen welche erfasst und gespeichert werden. Das Interferometer ‚sieht‘ die Sonne als ausgedehnte Quelle, weil die Winkelauflösung des Interferometers etwas größer ist der Sonnendurchmesser von etwa einem halben Grad. Diese Tatsache beeinflusst das Interferogramm derart, dass die Minima des Interferogramms deutlich angehoben werden (also nicht mehr zurück auf die Nulllinie fallen). Aus dieser Anhebung des Minimums, verglichen mit dem Maximum kann auf mathematischem Weg (Visiblity-Funktion) der Quel-

Photo (c) by Eduard von Bergen

Profitieren Sie von unserer langjährigen Erfahrung in der visuellen und photographischen Astronomie.

**Astro-Optik**  
von Bergen GmbH

In unserem Sortiment finden Sie Artikel von:  
**AOX - ASTRONOMIK - BACH VARD - BRESSER  
 BW-OPTIK - CANON - CORONADO - FREEMEDIA  
 GSO - HOFHEIM INSTRUMENTS - INTES MICRO  
 KOSMOS - LUMICON - MEADE - MIYAUCHI  
 NIKON - PWO - SKY PUB - SUIK - STF - TELE VUE  
 TELRAD - VIKEN - ZEISS**

**www.fernrohr.ch**

Eduard von Bergen dipl. Ing. FH  
 CH-6060 Sarnen / Tel. ++41 (0)41 661 12 34

Photo (c) by Eduard von Bergen

Wir beraten vom Einsteiger bis zum Profi - Ihr Partner in der Schweiz!

lendurchmesser der Sonne bestimmt werden. Ein Beispiel für eine derartige Beobachtung sehen wir in Abbildung 2. Bei der beobachteten Wellenlänge erscheint die Sonne etwas grösser als im Optischen, weil der Hauptanteil der elektromagnetischen Wellen aus den unteren Schichten der Korona oberhalb der Photosphäre stammt. Dort ist die Gastemperatur deutlich höher, etwa 10-mal höher als auf der Oberfläche der Sonne welche wir visuell erfassen können.

## Satelliten angepeilt

Die Sonne ist nicht die einzige Radioquelle am Himmel, es gibt noch viele andere Quellen welche beobachtet werden können. Allerdings sind diese deutlich schwächer und erfordern höheren apparativen Aufwand. Es können auch künstliche Objekte beobachtet werden, wie z.B. nicht-geostationäre Militärsatelliten, welche auf Grund ihrer Winkelgeschwindigkeit am Himmel ebenso deutliche Interferenzmuster erzeugen. Der Winkeldurchmesser dieser Satelliten (verglichen mit der Sonne) ist so klein, dass sie als Punktquellen gesehen werden. Sie produzieren daher ein anderes Interferenzmuster und sind daher leicht zu erkennen. Ein Beispiel sehen wir in Abbildung 5 (im Vergleich zu Abbildung 3). Satelliten strahlen (senden) nur in einem schmalen Frequenzband, anders als die breitbandig strahlende Sonne. Satelliten haben eine deutlich höhere Winkelgeschwindigkeit als die Sonne und erzeugen daher auch engere Interferenzmuster, die Beobachtung ist in einigen Sekunden, maximal wenigen Minuten vorbei.

### Christian Monstein

Institut für Astronomie  
ETH Zürich  
Wolfgang-Pauli-Strasse 27  
CH-8093 Zürich

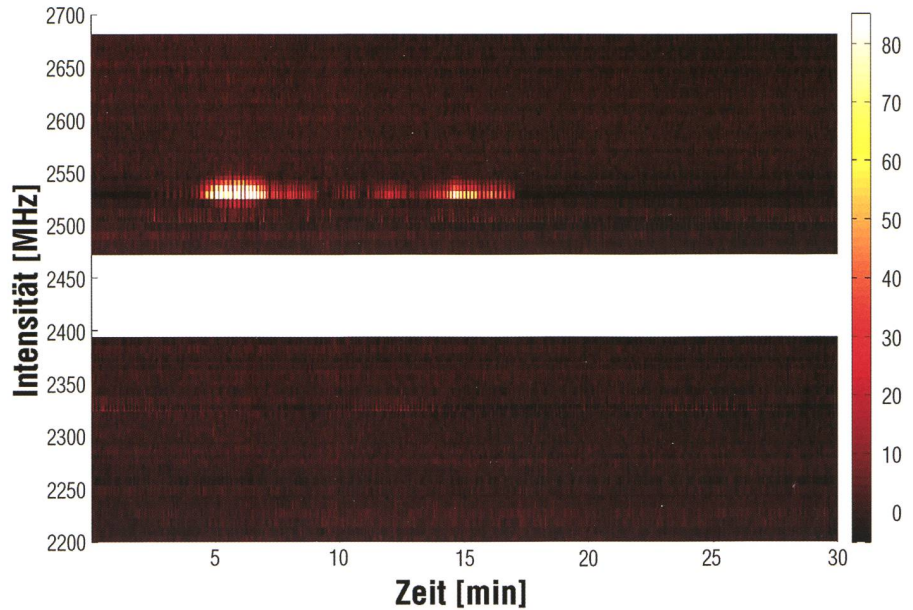


Abbildung 4: Nachtspektrum gewonnen mit dem CALLISTO Spektrometer währenddem ein Satellit das Antennendiagramm passiert. Die Interferenzmuster bei ca. 2530 MHz erlauben die Bestimmung der Satelliten-Winkelgeschwindigkeit.

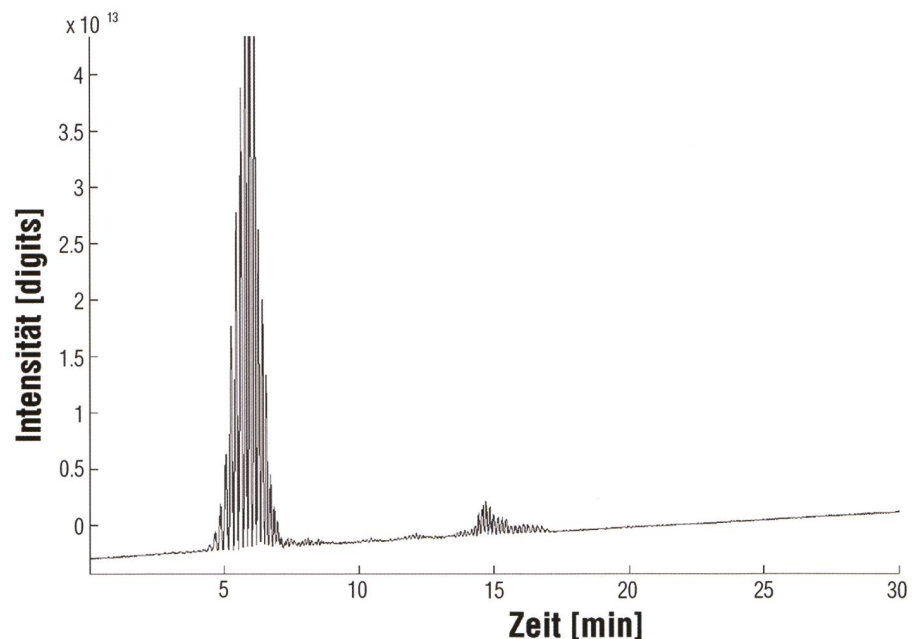


Abbildung 5: Lichtkurve zweier Militärsatelliten gewonnen aus dem Spektrum in Abbildung 4. Der Satelliten-Transponder ist extrem stark während der Passage bei  $t = 6$  Minuten und sättigt den Empfänger. Das Interferenzmuster zeigt keine Anhebung des Minimums, daher muss das Objekt eine Punktquelle sein.



[www.teleskop-express.de](http://www.teleskop-express.de)

Teleskop-Service – Kompetenz & TOP Preise

Neu bei Teleskop-Service:

**TS 6" f/6,7 Triplet APO**  
150/1000 mm  
3" Okularauszug  
Objektiv mit Ohara FPL53 Element  
Preis: 5.874,- € (netto)



Der größte APO Refraktor von Teleskop Service überzeugt durch ein hervorragendes Triplet Objektiv für eine nadelfeine und kontrastreiche Abbildung ohne störenden Farbfehler. Die Mechanik ist, angefangen von der temperaturkompensierten Objektivfassung, über die CNC Rohrschellen bis zum 3" Linear Power Crayford Auszug vom Allerfeinsten. Ideal für Astrofotografie mit dem optionalen 2,5" Flattener (siehe Bild rechts)!



Telefon: +49 (0)89-1892870 • Fax: +49 (0)89-18928710 • info@teleskop-service.de

Teleskop-Service, Keferloher Marktstr. 19C, DE-85640 Putzbrunn/Solalinden

Der große Onlineshop für **Astronomie, Fotografie und Naturbeobachtung**

mit über **4000 Angeboten!**