

Radioastronomie

Pascal Keller, Zoë Müller, Conny Schnyder

Projektbeschreibung

Die Zielsetzung dieses Projekts war die Bestimmung des Winkeldurchmessers der Sonne im Radiobereich zwischen 400 MHz und 800 MHz. Dazu wurde ein additives Radiointerferometer verwendet. Im Gegensatz zur **visuellen Sonne**, wie sie das menschliche Auge wahrnimmt, weist die **Radiosonne** einen grösseren Durchmesser auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die solare Radiostrahlung ihren Ursprung in der nichtvisuellen Atmosphäre der Sonne hat, während das visuelle Licht von der weiter innen liegenden Photosphäre stammt.

Theorie

Ein wichtiges Prinzip der Interferometrie ist dasjenige der **Superposition**, welches besagt, dass sich die Auslenkungen mehrerer Wellen vektoriell addieren, wenn sie sich überlagern. Wirkt die Superposition verstärkend, wird von **konstruktiver Interferenz** gesprochen. Addieren sich die Wellen zu Null, wird von **destruktiver Interferenz** gesprochen. Um den Radiodurchmesser der Sonne zu bestimmen, werden zwei Radioantennen benötigt, welche die Radiostrahlung der Sonne unabhängig voneinander aufnehmen. Aufgrund der Separation (Basislinie) B der Antennen werden die Signale in Abhängigkeit vom Winkel der Sonne zur Apparatur in unterschiedlicher Phase aufgenommen. Dies hat zur Folge, dass sie beim Zusammenführen miteinander interferieren. Beim Transit der Sonne über das Radiointerferometer nimmt das Messsignal die Form eines von zwei Gauss'schen Glockenkurven eingeschlossenen Interferenzmusters an (vgl. Abb. 1). Aus den Signalmaxima und Signalminima kann die sogenannte **Visibility** V berechnet werden (vgl. Formel 1), eine charakteristische Zahl, mit der der Winkeldurchmesser α der Sonne berechnet werden kann.

$$V = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max} + S_{\min}}$$

$$\alpha \approx \frac{\lambda}{\pi B} \sqrt{6(1-V)}$$

Formel 1: Aus dem Messsignal kann die Visibility V berechnet werden, welche dazu dient den Winkeldurchmesser α der Radioquelle zu berechnen.

Methodik

Die beiden Antennen wurden auf parallaktischen Teleskopmontierungen befestigt und in ihrer Separation Ost-West ausgerichtet. Die Signale wurden mittels möglichst kurzen Kabeln zu rauscharmen Vorverstärkern (LNA's) geleitet und gelangten von dort aus mittels geschirmten Kabeln zu einem Wilkinson-Signal-Combiner (vgl. Abb. 2). Die zusammengeführten Signale wurden mittels eines von der ETH Zürich ausgeliehenen **Callisto Radiospektrometers** aufgezeichnet. Es wurde jeweils tagsüber zwischen 500 MHz und 800 MHz gemessen, wobei Interferenzen zwischen 12.0 UT+1 und 14.5 UT+1 gemessen werden konnten. Die Daten wurden anschliessend mittels in Python und C++ geschriebenen Programmen bearbeitet. Des Weiteren wurde eine Simulation der Messsignale programmiert, mit der die Echtdaten abgeglichen werden konnten.

Transit einer kreisförmigen Flächenquelle mit $B_\lambda = 20$

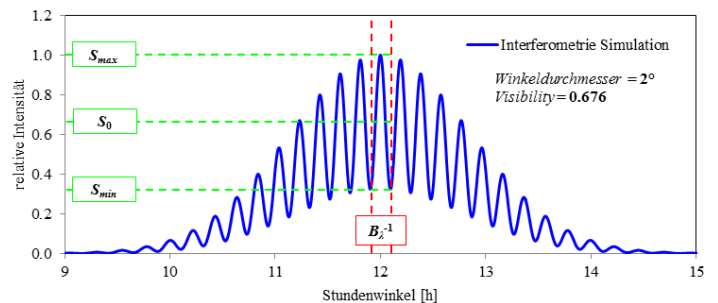


Abb. 1: Der Transit eines Flächenstrahlers hat zur Folge, dass die Signale sich nie ganz zu Null addieren. Aus diesem Grund sind die Interferenzminima um S_{\min} angehoben. Daraus kann der Winkeldurchmesser der Radioquelle berechnet werden.

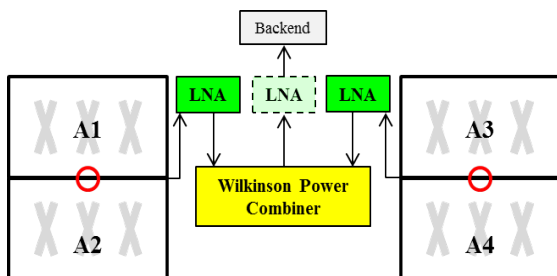


Abb. 2: Die schematische Darstellung zeigt, wie die einzelnen Komponenten des Radiointerferometers miteinander verbunden sind. Rechts ist der Aufbau des Radiointerferometers am Messstandort in Madulain zu sehen.



Resultate und Diskussion

Aus der mittleren Interferenzperiode konnte eine Basislinienlänge von **13.38±0.73 m** berechnet werden, die etwas tiefer liegt als die vor Ort gemessene Distanz von 13.50±0.05 m. Der Grund für die hohen Fehlergrenzen des berechneten Wertes ist wahrscheinlich, dass die Interferenzperiode bei grösseren Winkeln zwischen der Apparatur und der Radioquelle zunimmt. Für den Winkeldurchmesser der Radiosonne wurde ein Wert von 31.8 Bogenminuten erwartet. Mittels der Signalextrima lässt sich die Visibility zu 0.85±0.05 berechnen, woraus folgt, dass der Winkeldurchmesser der Radiosonne **31.5±5.2 Bogenminuten** beträgt. Trotz einer geringen Diskrepanz von 1% zum Erwartungswert sind auch hier grosse Fehlergrenzen zu sehen, was wahrscheinlich auf die schwache Signalstärke zurückzuführen ist.

Fazit

Es konnte gezeigt werden, dass mittels einer erschwinglichen Apparatur ein Experiment der Radiointerferometrie durchgeführt werden kann. Der Standort Madulain eignete sich sehr gut für die Messungen. Dies obwohl es einige Störsignale gab, welche vermutlich auf elektrische Geräte in der Nachbarschaft und diverse Funkdienste zurückzuführen sind. Um einen genaueren Winkeldurchmesser der Radiosonne mit kleineren Fehlergrenzen zu erhalten, empfiehlt es sich, eine Serie von Messungen zu machen. Eine weitere Möglichkeit wäre, Antennen mit einem höherem Antennengewinn zu verwenden, um eine bessere Signalstärke zu erzielen.

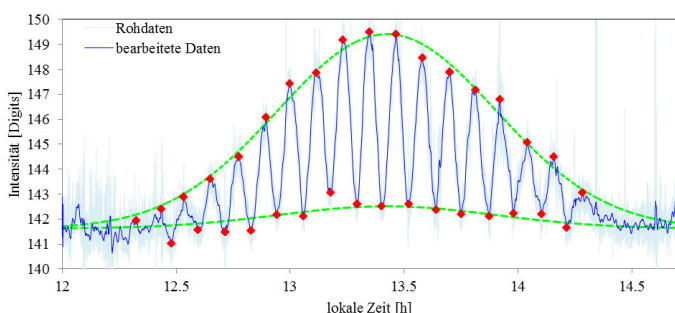


Abb. 3: Die bearbeiteten Daten sind mit den Rohdaten hinterlegt. Mittels der Amplituden der Glockenkurven lässt sich der Winkeldurchmesser der Radiosonne berechnen.

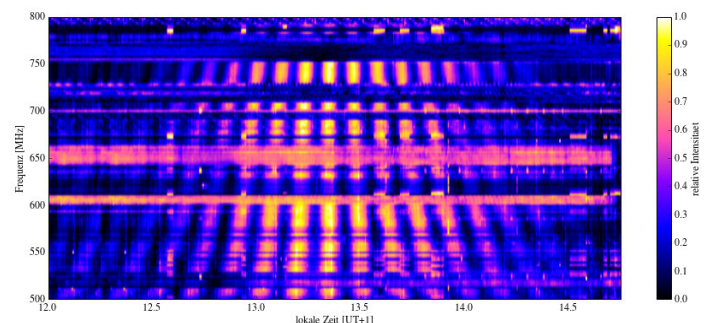


Abb. 4: Hier ist das gemessene Spektrum zu sehen. Für die Auswertungen wurde das Frequenzintervall 735 MHz bis 755 MHz verwendet.