

Sonnenfinsternis USA 8.4.2024 im Radiolicht

Angefangen hat alles am 1. April 2023 (kein Aprilscherz) während der SAG-SAS Astronomietagung und Delegiertenversammlung im Lichthof von Gebäude 1 im Campus Brugg/Windisch der FHNW. Ich durfte damals den Prototypen eines tragbaren Mikrowellenteleskops ausstellen und den interessierten Besuchern vorführen, siehe Bild 1. Nach der Tagung hatte ich wie üblich einige Bilder auf Facebook hochgeladen mit kurzem Kommentar. Daraufhin wurde ich von Wissenschaftlern vom NASA Goddard-Space-Flight Center GSFC kontaktiert mit der Frage, ob man mit so einem Instrument die Sonnenfinsternisse 2023 und 2024 in den USA beobachten könnte. Da das Teleskop entwickelt wurde um den Radiofluss der Sonne zu messen, konnte ich die Frage der NASA-Leute mit gutem Gewissen bejahen. Daraufhin hat die NASA genauso ein tragbares Radioteleskop bestellt und mich zudem eingeladen in Greenbelt bei Washington der Inbetriebsetzung teilzunehmen und die Ausbildung der Doktoranden und Postdocs zu organisieren. Die NASA hat mir dabei sowohl den Flug als auch die Unterkunft finanziert. Wir haben dann während einer Woche das Instrument zusammengebaut, konfiguriert und erste Beobachtungen durchgeführt und so den Radiofluss der Sonne gemessen, siehe Bild 2.



Fig. 1: Instrumentenausstellung anlässlich Astronomietagung an der FHNW in Brugg/Windisch vom 1. April 2023. Mikrowellenteleskop vorne rechts.

Beschreibung Instrument:

Das Instrument, konzipiert als tragbares Teleskop, besteht aus einem professionellen Dreibein wie es auch in der Bauindustrie Verwendung findet. Aufgeschraubt sind zwei Satelliten-Rotoren, wobei der untere für die Azimut-Auslenkung und der obere für die Elevations-Auslenkung zuständig ist. Beide Rotoren werden über einen Computer angesteuert, wobei die Steuersignale

vom Computer zuerst in das sogenannte DiSEqC-Protokoll übersetzt werden müssen. Dies geschieht in einem speziellen von mir entwickelten Interface, basierend auf einem Arduino Micro Prozessor. Die Berechnung der aktuellen Position der Sonne in Azimut und Elevation geschieht mittels Python-Skript. Angeschraubt am Elevationsrotor ist die Elevationsachse aus Aluminiumrundprofil. An dieser Elevationsachse ist dann ein gewöhnlicher Satellitenparabolspiegel mit 65 cm Spiegeldurchmesser montiert, siehe Bild 3. Im Fokus dieses Spiegels ist ein sogenanntes Breitband-Satellitenfeed (LNB) montiert welches die einkommende Strahlung im Bereich 10.7 GHz bis 12.75 GHz mittels Lokaloszillator von 10.41 GHz in den Zwischenfrequenzbereich von 270 MHz bis 2340 MHz umsetzt. Dadurch gestaltet sich die Weiterverarbeitung einfacher in einem Radio-Empfänger. Der Empfänger in diesem Fall besteht aus einem Frequenzagilen Radiospektrometer CALLISTO (<https://www.e-callisto.org>). Dieses Spektrometer generiert in vorliegender Anwendung Daten im Frequenzbereich 10.6 GHz bis 11.2 GHz mit einer Zeitauflösung von 0.25 Sekunden und 200 Frequenzkanälen. Das Spektrometer ist am selben Computer angeschlossen und eine C++ Applikation übernimmt dabei die Spektrometer-Programmierung sowie die Datenspeicherung.

Vom 12. bis 15. Oktober 2023 war das NASA-Team in Hondo Texas um das Teleskop auf 'Herz' und 'Nieren' zu testen und die Software soweit zu automatisieren, dass die Messung vollautomatisch durchgeführt werden kann. Das Hauptproblem bei einem Radioteleskop ist die Tatsache, dass man nichts sieht, es gibt keinen Sucher und keine 3-Punkt Justierung, da es nur eine Quelle am Himmel gibt, welche ausreichend stark strahlt um das Teleskop auszurichten. Man muss also solange probieren, bis man auf dem Monitor einen Ausschlag feststellt. Dann weiss man, dass das Teleskop auf die Sonne ausgerichtet ist. Eine neue und lästige Hürde stellen die vielen Starlink Satelliten von Elon Musk dar, welche in diesem Frequenzbereich ebenfalls strahlen. Die Kunst ist also die Sonne von den Satelliten zu unterscheiden. Dies ist jedoch einfach, denn die Sonne strahlt im gesamten Radiospektrum während die Satelliten zum Glück nur in einem begrenzten Frequenzband strahlen (für die Radioastronomie stören).

Vom 6. Bis am 9 April 2024 reiste das NASA Team wiederum nach Hondo Texas um das Teleskop zu installieren und zu kalibrieren. Der gewählte Standort ist am Kreuzungspunkt zur Zentrallinie der ringförmigen Sonnenfinsternis vom 14. Oktober 2023.

Die Software ist inzwischen so ausgereift, dass alle Beobachtungen automatisiert durchgeführt werden können. Daten wurden von Sonnenaufgang bis Untergang aufgezeichnet und können vom Archiv an der FHNW heruntergeladen werden. Archivzugang an der FHNW hier:

<https://soleil.i4ds.ch/solarradio/callistoQuicklooks/?date=20240408>

Scrolle runter bis zu den Einträgen welche mit NASA-GSFC_202408 beginnen. Die Daten sind FIT-files (Flexibel Interchange Transport) und können mittels Python- oder anderen Skripts gelesen und dargestellt werden.

Eine erste Auswertung der Daten ist in Bild 4 zu sehen, wobei nur eine von 200 möglichen Frequenzen dargestellt ist. Der Vorteil aus 200 Frequenzen auszuwählen besteht darin, dass man ungestörte Frequenzen (ohne Satellitensignale) analysieren kann. Im vorliegenden Beispiel ist die unbedeckte Sonne auf 0 dB gesetzt worden, damit man den Einbruch der Strahlung durch den bedeckenden Mond besser erkennen kann. Die maximale Reduktion der Radiostrahlung (Totalität) ist etwa um 18:36 UT. Im Radiobereich geht das Signal nicht komplett zurück, da die

Korona noch einen beachtlichen Teil beisteuert. Im Radiobereich gibt es demzufolge keine totale Auslöschung, ausser man beobachtet bei extrem kurzen Wellen im Millimeter-Wellenlängenbereich womit man allerdings bald nahe im optischen Bereich liegt. Derzeit haben wir noch keine Erklärung für die 'Beulen' bei 17:20 UT und 17:55 UT. Es gibt erst Vermutungen, dass es Interferenzen der Sonnenradiostrahlung sein könnten oder allenfalls Veränderung der Instrumenten Verstärkung durch Temperaturschwankungen.



Fig. 2: NASA-Team während der Inbetriebsetzung des Teleskops kurz vor der Finsternis im Oktober 2023. Der Autor steht im roten Hemd hinter dem Radio-Teleskop.



Fig. 3: Teleskop einrichten am Tag vor der Finsternis am 7. April 2024 in Hondo Texas. Der Plastikdeckel des Feeds (LNB) ist hell erleuchtet durch kleine Spiegel aufgeklebt auf den Satellitenspiegel. Dies als Beweis, dass das Teleskop korrekt ausgerichtet ist.

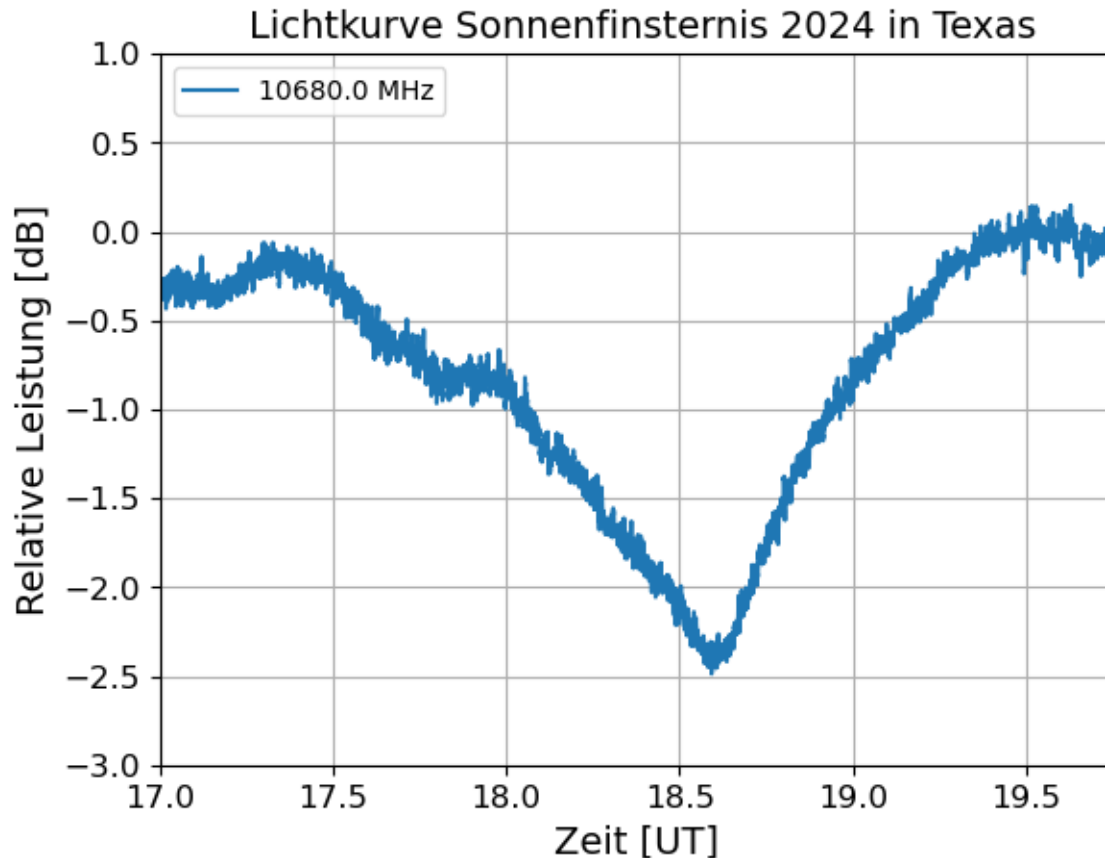


Fig. 4: Lichtkurve bei 10680 MHz der Sonnenfinsternis in Hondo Texas am 8. April 2024. Die radiometrische Messbandbreite ist 300 KHz und die Integrationszeit etwa 80 msec. Die Zeitauflösung beträgt hier 0.25 Sekunden.

Schlussfolgerungen

Das Instrument hat sich bewährt als tragbares Teleskop um die Radiostrahlung im X-Band nachzuweisen und damit eine Sonnenfinsternis darzustellen. Ein grosser Vorteil für Situationen, wo Wolken, Regen oder Schneefall die Sonnenfinsternis optisch nicht nachweisbar machen sollten. Im vorliegenden Radiobereich kann unter allen Wetterbedingungen die Totalität problemlos dargestellt werden. Das Experiment eignet sich für Amateure oder Studenten um die Radiostrahlung der Sonne nachzuweisen. Das teuerste Teil im gesamten Teleskop ist das Notebook oder der Computer, der Rest kostet einige 100 Franken.

Inzwischen hat auch MeteoSwiss ein identisches Teleskop beschafft um die Sonnenradiostrahlung unabhängig von ausländischen Stationen zu messen. Dies um die Kalibration ihre Wetter-Radar-Systeme zu überprüfen.

Bis zur nächsten Finsternis in den USA am 12. August 2026 wird die NASA das Teleskop weiter betreiben um die dynamischen Effekte der Sonnenstrahlung (Radio-Bursts) zu erfassen und zu dokumentieren.

Christian Monstein
Wiesenstrasse 13
8807 Freienbach
cmonstein@swissonline.ch