Astronomiepraktikum der ETH Zürich auf der Diavolezza : optische und radioastronomische Versuche

Autor(en): **Monstein, Christian / Joos, Franco / Buezli, Esther**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **66 (2008)**

Heft 345

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-897808

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Astronomiepraktikum der ETH Zürich auf der Diavolezza

Optische und radioastronomische Versuche

Von Christian Monstein, Franco Joos, Esther Buenzli, Institut für Astronomie

Wiederum durfte eine ausgewählte Gruppe von Physikstudenten im 5. Semester an der Astronomiewoche der ETH auf der Diavolezza teilnehmen. Das Auswahlkriterium für die Teilnahme war ein vom Institut für Astronomie akzeptiertes astronomisches ‚proposal'. Das Astro-Praktikum fand zwischen dem 7. und 12. Januar 2008 auf der Diavolezza, 3000 Meter über Meer statt.

Insgesamt nahmen 22 junge, motivierte und interessierte Studenten an den verschiedensten optischen und radioastronomischen Versuchen teil. Es gab total 7 Studenten-Gruppen mit jeweils folgenden Versuchen:

- Nachweis der 21cm Linie des neutralen Wasserstoffs
- Nachweis der solaren Radiostrahlung mittels 2-Element Interferometer
- Ortsbestimmung unter Einsatz eines Theodoliten
- Polarimetrie von ausgewählten Objekten
- Photometrie eines Bedeckungsveränderlichen
- Farb-Helligkeits-Diagramm eines offenen Sternhaufens
- Astrophotographie mit verschiedenen Kameratypen



Studenten bereiten den 1m-Spiegel vor für eine Messung des neutralen Wasserstoffs. Im Hintergrund die markanten Berge Crast Agüzza und Piz Bernina.

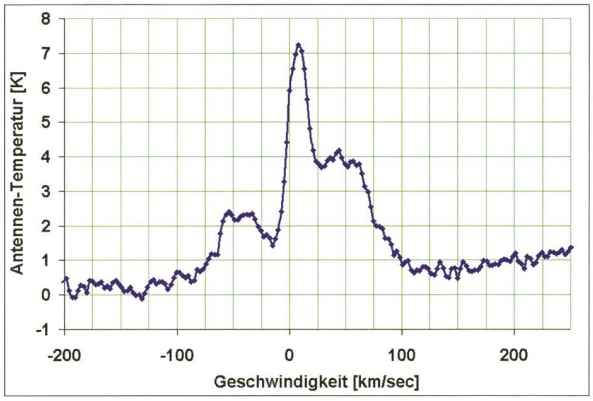
Über alles gesehen war uns das Wetter gut gesonnen, hatten doch die meisten bereits am Mittwoch durchaus verwertbare Resultate im Computer gespeichert. Die folgenden Tage wurden insbesondere verwendet, um die Versuchsaufbauten und die Messmethoden zu optimieren. Weitere Messungen konnten verwendet werden, um die Streuung der Resultate zu verbessern.
Die Radioastronomen hatten gegenüber den optischen Astronomen den Vorteil, dass sie wetterunabhängig am Tag und in der Nacht beobachten konnten. Selbst Schneefall und Wind können radioastronomische Beobachtungen nur geringfügig stören. Am Freitagabend durfte jede Gruppe vor versammelter Gästeschar die gemessenen Resultate präsentieren. Im Anschluss an die Praktikumswoche sind die Studenten angehalten, ihre Resultate und Erkenntnisse in einem Bericht zusammenzufassen und diesen abzuliefern für die Vergabe von Noten. Im Folgenden werden einige ausgewählte Versuche näher beschrieben.

Nachweis der 21cm Linie des neutralen Wasserstoffs

Dieser Versuch mit einer kleinen tragbaren Antenne von 1m Durchmesser (siehe Abbildung 1) war ein Novum für uns, konnten wir doch nicht garantieren, dass der Versuch gelingen würde. Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit einem sich selbst-erregenden Empfänger konnten durch Einsatz eines Ferrit-Isolators die Schwingungen unterdrückt werden. Trotzdem gab es jede Menge Störungen im elektromagne-

tischen Spektrum, welche die Beobachtung der 21cm Linie erschwerten oder teilweise verunmöglichten. Dazu gehören die auch auf dieser Höhe starken Mobilfunkantennen mit leistungsstarken Sendern, drahtloses Internet im Hotel, Betriebsfunk und PLC (power line communication). Der Frequenzbereich 1420MHz bis 1427MHz ist laut nationalem Frequenzplan des BAKOM reserviert für passive Dienste wie z.B. Radioastronomie, es darf niemand diese Frequenzen für irgendwelche Sendungen verwenden. Ob es absichtliche Aussendungen oder fehlerhafte Elektronik ist, muss noch abgeklärt werden. Jedoch am zweiten Tag bekamen die Studenten das Problem soweit in den Griff, dass brauchbare Messungen gemacht werden konnten mit einem für alle Beteiligten überraschenden, positiven Resultat (siehe Abbildung oben). Gemessen wurde eine bekannte Quelle bei den galaktischen Koordinaten gl=41.9°, gb=0.0°, welche für Kalibrationszwecke von Radioteleskopen verwendet wird. Diese Quelle hat ein charakteristisches Linienprofil, welches geeignet ist, die Qualität der Messungen zu beurteilen. Um mit den häufigen Störungen zurecht zu kommen, wurden sehr viele kurze Messungen von jeweils 10 Sekunden Dauer durchgeführt, diese interpretiert und die für gut befundenen Linienprofile anschliessend numerisch aufintegriert. Der Öffnungswinkel der Antenne ist leider zu gross, als dass Karten angefertigt werden könnten. Aber trotzdem war es eine interessante Erfahrung, mit einfachsten Mitteln erfolgreich Atomlinien im Weltall nachzuweisen.

Linienprofil des neutralen Wasserstoffs in unserer Milchstrasse bei der Messposition gl = 41.9°, gb = 0.0°. Dargestellt ist die kalibrierte Differenz von Messposition minus Referenzposition. Diese befindet sich zirka 20° östlich der gewählten Messposition.



Nachweis der solaren Radiostrahlung mittels 2-Element Interferometer

Mit einem einfachen, addierenden 2-Element Michelson Radio-Interferometer wollten wir die Radiostrahlung der inaktiven Sonne nachweisen sowie den Scheibendurchmesser der Sonne bestimmen. Ein Nebenziel bestand auch darin, die leicht von Hand messbare geometrische Ost-West-Distanz der beiden Antennen aus den Interferenzmustern herauszurechnen (siehe Abbildung 3). Auch hier hatten wir mit Anfangsschwierigkeiten zu kämpfen, weil Störungen durch Mobilfunk die Messungen nahezu verunmöglichten. Zum Glück gelang es uns, aus den vielen möglichen Frequenzen im Bereich von 45MHz bis 870MHz genau 200 freie Frequenzen zu finden, bei denen eine akzeptable Messung möglich wurde. Eine Messung besteht dabei aus der Intensitätsverteilung über Zeit und Frequenz. Für die Auswertung wurde daraus jeweils eine so genannte Lichtkurve bei einer ungestörten Frequenz herauskopiert und der weiteren Analyse zugeführt (siehe Abbildung 4). Die Analyse bestand dabei aus normieren, integrieren in der Frequenz und in der Zeit, um das Signal-zu-Rausch-Verhältnis SNR zu verbessern. Zur Bestimmung des Antennenabstandes wurde jede Lichtkurve der Fouriertransformation unterworfen, um die so genannte Fringefrequenz zu bestimmen. Die weitere Verarbeitung hat dann gezeigt, dass die interferometrisch gewonnene Distanz bis auf wenige cm mit der manuell gemessenen Distanz übereinstimmte, dies trotz den zum Teil widerlichen Verhältnissen bezüglich starker Windstösse, welche die Antennenpositionen beeinflussten. Die Bestimmung des Sonnendurchmessers geschah durch grafisch/numerische Analyse der Visiblity-Funktion der solaren Interferogramme. Die Ergebnisse zeigten, dass die Sonne im Radiobereich etwas grösser erscheint als im optischen Bereich. Das entspricht jedoch exakt bisherigen Messungen anderer Forscher, indem die Korona eine Randaufhellung im Meterwellengebiet zeigt, und dadurch die Radiosonne einige Prozente grösser erscheint.

Ortsbestimmung unter Einsatz eines Theodoliten

Eine nicht minder interessante und herausfordernde Aufgabe stellte sich für die Gruppe 'Standortbestimmung'. Das Ziel war es, mit Hilfe der Sternpositionen den eige-



Westantenne des Radio-Interferometers im Dezimeterwellengebiet. Die Antenne ist auf den Meridiandurchgang der Sonne ausgerichtet. Im Hintergrund, rechts unterhalb der Sonne der bekannte Berg Piz Palü.

nen Standort auf der Erde zu bestimmen. Dazu werden ein möglichst genaues Winkelmess-Instrument und eine genaue Uhr benötigt, zusätzlich sind die Koordinaten einiger ausgewählter Sterne zu kennen. Die Position der Himmelskörper kann in so genannten horizontalen (Azimut und Zenitwinkel) oder in äquatorialen Koordinaten (Rektaszension und Deklination) beschrieben werden. Die horizontalen Koordinaten sind orts- und uhrzeitabhängig, wohingegen die äquatorialen Koordinaten wie eine fixe Adresse für Himmelskörper angesehen werden, welche sich über viele Jahre nur geringfügig ändert. Kennt man nun beide Koordinatentypen eines Sterns und die genaue Zeit während der Messung der horizontalen Koordinaten, so kann bei bekannter Transformation zwischen den Koordinaten die eigene Position auf der Erde ausgerechnet werden. Am besten wählt man dazu den Zeitpunkt des Meridiandurchgangs aus, wenn also ein Stern den kleinsten Zenitwinkel besitzt.

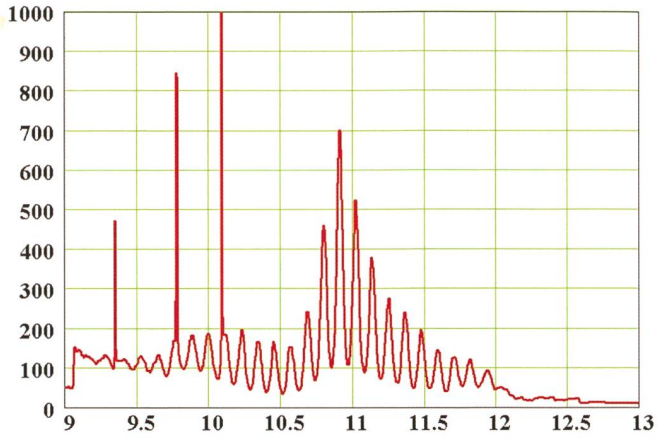
Bei einem Meridiandurchgang ist nämlich die lokale Sternzeit gerade gleich der Rektaszension des Objektes. Kennt man nun die lokale Sternzeit, so kann durch die bekannte universelle Zeit (UT) die geographische Länge des Beobachters bestimmt werden. Die Breite ergibt sich bereits aus der minimalen Zenitdistanz und der Deklination des Sterns. Die Aufgabe besteht nun darin, beim Meridiandurchgang den Zenitwinkel eines bekannten Sterns zu messen. Um die genaue Zeit zu bestimmen stand den Studenten eine Funkuhr zur Verfügung, welche auf die Sekunde genau die mitteleuropäische Zeit anzeigte. Um den Zenitwinkel zu messen, welcher der Winkel zwischen Zenit und Stern beschreibt, stand ein hochpräzises Messinstrument zur Verfügung - ein Theodolit (Kern DKM-3A), siehe Abbildung rechts.

Ein geübter Beobachter kann mit diesem Instrument den Zenitwinkel bis auf wenige Zehntel einer Bogensekunde genau ablesen. Die grösste Schwierigkeit bestand darin, das Instrument über längere Zeit bei stark schwankenden Wetterverhältnissen genau horizontal aufgestellt zu halten und dann den genauen Zeitpunkt des Meridiandurchgangs zu bestimmen. Mit dieser Apparatur und nur minimaler Erfahrung und Übung schaffte es die Gruppe, ihren Standort bis auf wenige Bogenminuten auf der Erde zu lokalisieren.

Polarimetrie von ausgewählten Objekten

Unter Polarimetrie versteht man die Bestimmung der Intensität und Richtung des elektrischen Feldvektors von elektromagnetischen Wellen, also Licht. Da ein Objekt, zum Beispiel die Sonne, unzählige Photonen in Form von Lichtwellen aussendet, und diese zu einem hohen Grade ihre elektrischen Feldvektoren zufällig orientiert haben, sagt man, dass dieses Licht unpolarisiert ist. Betrachtet man nun Orte auf der Sonne, an denen die hohe kugelsymmetrische Form gebrochen ist, z.B. einen Ausschnitt des Sonnenrandes, so kann dort ein Unterschied gemessen werden zwischen Licht, das parallel und senkrecht zum Sonnenrand polarisiert ist. Der Grund dafür ist die Streuung des Sonnenlichts an der höheren Atmosphäre der Sonne. Streuung ist immer ein Grund, Polarisation zu erzeugen.

Mit einer speziellen Polarisationsfolie (siehe Abbildung 6), welche vor der Öffnung des Teleskops (Celestron 8") montiert wird, misst man nun die Intensitäten (mit einer CCD Kamera) des Sonnenlichtes einmal parallel und einmal senkrecht zum Sonnenrand. Bildet man die Differenz der beiden Intensitäten und normiert diese Differenz mit der



Interferogramm der solaren Radiostrahlung vom Dienstag, 8. Januar 2008. Nebst starken Störungen zwischen 09:30UT und 10:15UT sieht man die interferometrische Überhöhung der gemessenen Strahlung zur Kulminationszeit. Die X-Achse zeigt die Messzeit in UT +/- Phasenfehler, die Y-Achse die Strahlungsintensität in normierten, nicht-physikalischen Einheiten.



Der Theodolit Kern DKM 3-A. Mit diesem Gerät kann man mit hoher Genauigkeit den Zenitwinkel sowie das Azimut ablesen. Er kann auf einem Tisch- oder Feldstativ montiert werden.

Summe der beiden Messungen, so erhält man den Polarisationsgrad am besagten Ort. Wären die beiden Intensitäten gleich, so würde ein Polarisationsgrad von Null resultieren, also unpolarisiertes Licht. Das Ziel war es die Polarisation des Krabbennebels M1 und einiger polarisierter Standardsterne zu bestimmen. Leider spielte das Wetter nicht mehr mit, als M1 an der Reihe gewesen wäre, so dass die Polarisation von Sirius, des blauen Himmels und eines Ausschnittes des Sonnenrandes genügen mussten. Die Auswertung dieser Messungen ist noch im Gange, jedoch kann jetzt schon gesagt werden, dass polarimetrische Messungen mit derart simplen Instrumenten sehr schwierig sind, da nur geringfügige Änderungen in der Klarheit des Nachthimmels (feine, von Auge nicht sichtbare Zirruswolken) einen Einfluss auf die gemessene Genauigkeit haben. Das Problem hierbei ist, dass der selbstgebaute Polarisationsfilter von Hand zwischen verschiedenen Positionswinkeln gedreht werden muss, und dies erfordert eine gewisse Zeit, während dieser sich die Sichtbedingungen bereits verändern können.

Photometrie eines Bedeckungsveränderlichen

Bedeckungsveränderliche sind enge Doppelsternsysteme, bei welchen sich die beiden Sterne in derselben Ebene umkreisen, in der wir sie beobachten können. Dadurch wird zu gewissen Zeiten jeweils ein Stern vom andern bedeckt, und die Helligkeit des gesamten Systems ist geringer, als wenn sich die Sterne nicht überdecken. Wird die Helligkeit des Systems nun über längere Zeit gemessen, so kann aus dieser Lichtkurve die Umlaufperiode des Systems bestimmt werden. Ausgewählt wurde der Bedeckungsveränderliche VW Cep, bei welchem die gesamte Periode von ca. 6 Stunden in einer einzigen Nacht aufgenommen werden kann. Da er von blossem Auge nicht sichtbar ist, stellte das Auffinden des Sterns eine Herausforderung dar. Trotzdem gelang es der Gruppe, ihn 3 Stunden lang kontinuierlich mit einer CCD Kamera am Celestron 8" zu messen und so eine halbe Periode aufzuzeichnen. Dank der gleichzeitigen Aufnahme eines Referenzsterns mit konstanter Helligkeit, konnte die Leuchtkurve geeicht werden, und die



Der selbst hergestellte Polarisationsfilter, welcher während den Messungen vorne auf das Celestron Teleskop gesetzt wurde. Es sind noch die Winkelmarken zu erkennen, nach welchen der Filter jeweils ausgerichtet werden musste.

kleine Schwankung von nur einer halben Magnitude gut nachgewiesen werden, siehe unten.

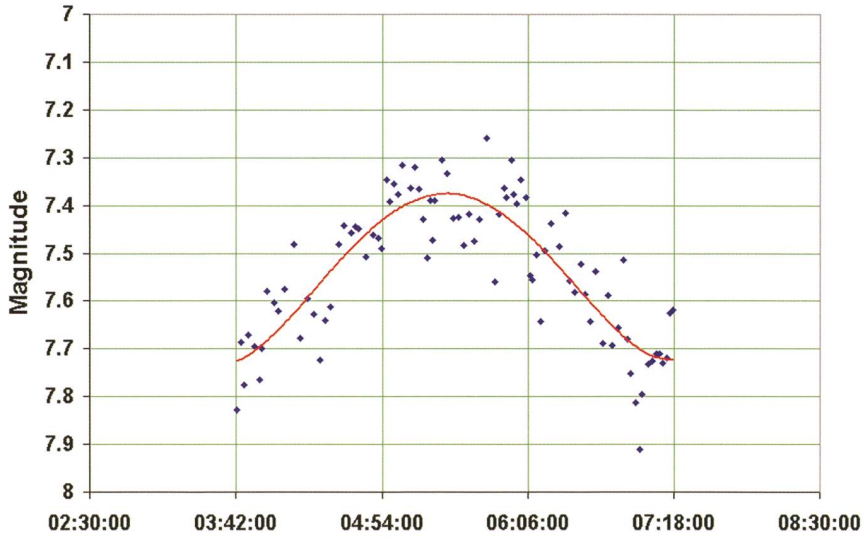
Farb-Helligkeits-Diagramm eines offenen Sternhaufens

Sternhaufen sind Assoziationen von Sternen, welche alle etwa zur gleichen Zeit entstanden sind und etwa gleich weit von uns entfernt sind. Trägt man die Farbe der Sterne (Differenz der Helligkeiten in zwei verschiedenen Filtern) gegen die Helligkeit in einem Filter auf, so erhält man je nach Alter des Haufens eine charakteristische Anordnung. In einem jungen Sternhaufen liegen alle Sterne auf der so genannten Hauptreihe, während sich in älteren Haufen die massereichsten Sternen schon zu Riesensternen entwickelt haben und nun in einem andern Teil des Diagramms zu finden sind. Aus dem Abknickpunkt der Hauptreihe kann daher das Alter des Haufens bestimmt werden. Ebenso kann aus der relativen Helligkeit der Hauptreihe die Distanz berechnet werden. Eine Gruppe wählte den offenen Sternhaufen NGC7789 und nahm diesen im blauen und im visuellen Filter mit einer CCD Kamera am Celestron 8" auf. Eine Schwierigkeit bestand darin, das Zentrum des Haufens zu finden, da er einiges grösser ist als das Feld der CCD-Kamera und auf dem gesamten umliegenden Gebiet relativ viele Sterne zu sehen sind. Trotzdem war die Suche erfolgreich und nach einer ersten Auswertung konnte der Riesenast im Diagramm gesehen werden. Wegen Nachführungsproblemen konnte nicht sehr lange belichtet werden, weshalb ein grosser Teil der Hauptreihe, die aus eher leuchtschwachen Sternen besteht, nicht beobachtet werden konnte, was eine genaue Alters- und Distanzbestimmung schwierig macht.
Trotzdem haben wir alle zusammen viel gelernt und es hat auch allen Beteiligten viel Freude bereitet. Die Astrowoche stösst auf grosses Interesse und wird bestimmt auch nächstes Jahr wieder durchgeführt werden.

Christian Monstein

ETH Zurich
Institute of Astronomy

Scheuchzerstrasse 7
SEC - D3
CH-8092 Zürich



Die Lichtkurve des Bedeckungsveränderlichen Doppelsternsystems VW Cep. Die X-Achse beschreibt die Zeit und die Y-Achse die gemessene Helligkeit des Systems. Die gefittete Kurve (rot) lässt eine klare halbe Periode erkennen.