

Radioastronomie

Astronomisches Praktikum

ABSTRACT

Das Ziel dieses Praktikums war die Einführung in die Radioastronomie. Dafür stand uns das hauseigene Radioteleskop der Universitätssternwarte Wien zur Verfügung. Unser Beobachtungsziel war die Milchstraße. Mit Hilfe einer Simulation haben wir auch noch die Magellanschen Wolken untersucht. Außerdem haben wir einige Theoretische Berechnungen über die Dopplerverschiebung der Erde durchgeführt.

1. SRT

Um den Himmel zu beobachten, benutzen wir das **SRT** (Small Radio Telescope), welches sich auf der Terasse der Universitätssternwarte Wien befindet. Das SRT hat einen Durchmesser von 2,3m und ein Auflösungsvermögen von 6° . Die möglichen Frequenzen des Teleskops reichen von 1410 bis 1430 MHz. Der umliegende Wald und die Mauern der Sternwarte limitieren den Bereich des Himmels, den wir untersuchen können, stark. Es reicht jedoch um die Milchstraße zu untersuchen.

2. Programme

Unser Praktikumsleiter hat uns für alle Messungen zwei Programme zur Verfügung gestellt: "Radio Telescope Control" (kurz "radtel") und "Radio Telescope Simulator" (kurz "radtelsrv").

Mit radtel kann man das SRT steuern und die Aufnahme bearbeiten und interpretieren.

In radtelsrv ist eine simulierte, sehr hoch aufgelöste, Aufnahme der Milchstraße gespeichert. Außerdem kann das Programm berechnen, wie die Aufnahme aussehen würde, wenn man sie mit einem schlechteren Teleskop aufnimmt.

3. Die Milchstraße

Die Milchstraße ist ein sehr gutes Beobachtungsziel für das Radioteleskop, da sie sehr stark im Radiobereich strahlt und durch die Nähe auch gut mit einem kleinen Teleskop zu erkennen ist.

3.1. v_{LSR} -Profil

Ein v_{LSR} -Profil gibt die Geschwindigkeit v im Bezugssystem unserer Sonne (LSR = **L**ocal **S**tandard of **R**est = Lokales Ruhesystem) an. Dafür wird statt der Original-Wellenlänge an jeder Stelle eine konstante Wellenlänge eingesetzt. Je dunkler das rot, desto schneller bewegt sich der Himmelskörper von unserer Sonne weg, je dunkler das blau, desto schneller bewegt sich der Himmelskörper auf

unserer Sonne zu.

Da das SRT nicht auflösend genug ist und jede Gruppe nur 20 Minuten Beobachtungszeit mit dem SRT hatte, haben wir folgende Aufnahmen mit radtelsrv simuliert:

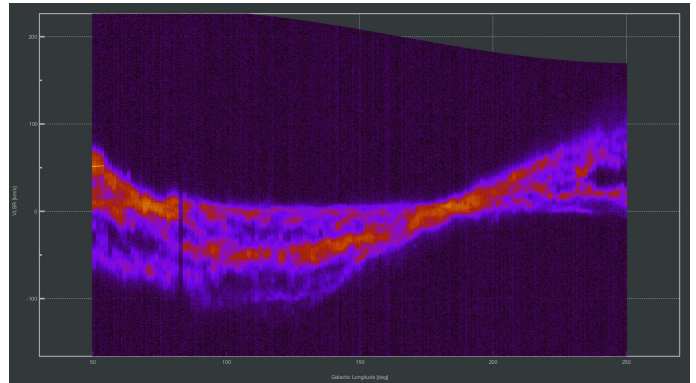


Abb. 1: v_{LSR} -Profil der simulierten Milchstraße mit einer Winkelauflösung von $0,25^\circ$

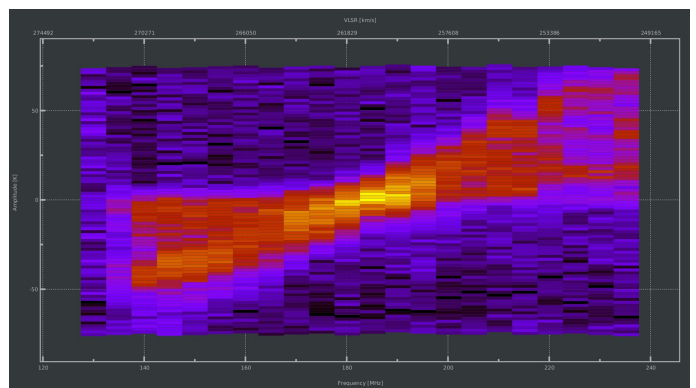


Abb. 2: v_{LSR} -Profil der simulierten Milchstraße mit einer Winkelauflösung von 5°

3.2. Galactic-Plane-Scan

Wir hatten 20 Minuten Zeiten um mit dem SRT das HI-Spektrum an allen Stellen der Milchstraße (Galaktische Breite = 0) zu messen. Dazu muss man das Programm radtel während der Beobachtung einschalten, welches die

Milchstraße durchscannt und die Spektren jeder Scheibe am Computer abspeichert.

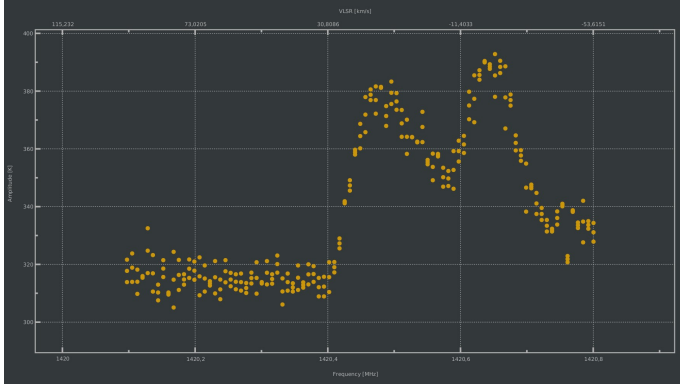


Abb. 3: Spektrum bei 140° Galaktischer Länge

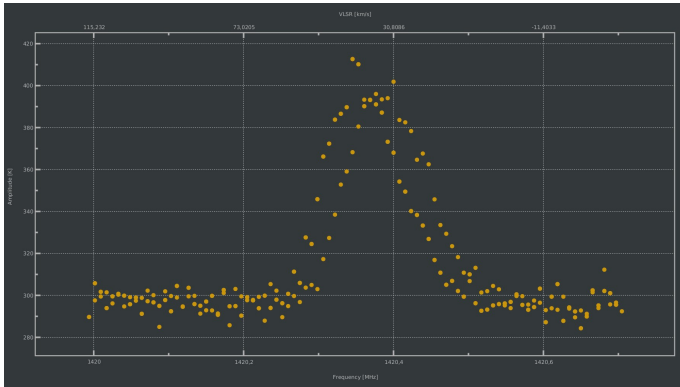


Abb. 4: Spektrum bei 180° Galaktischer Länge

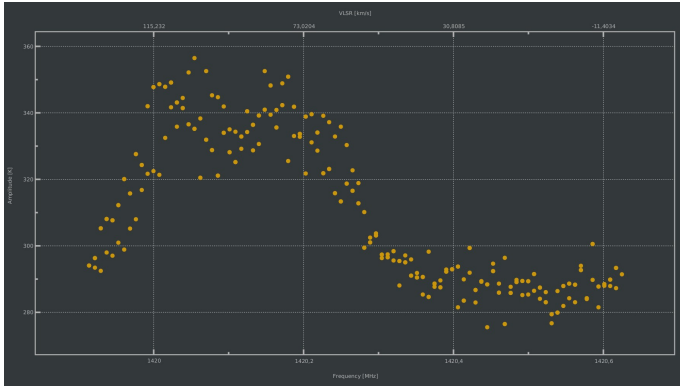


Abb. 5: Spektrum bei 220° Galaktischer Länge

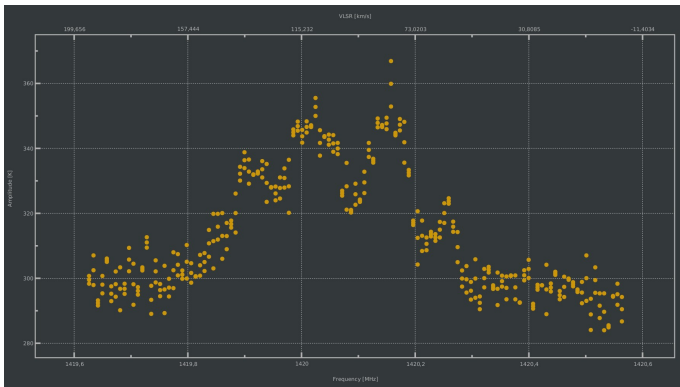


Abb. 6: Spektrum bei 235° Galaktischer Länge

4. Magellansche Wolken

Für die Magellanschen Wolken haben wir wieder die Simulation genutzt da unser SRT nicht stark genug ist, um sie aufzulösen. Diesmal haben wir die Geschwindigkeit der Magellanschen Wolken relativ zur Rotation der Milchstraße gemessen.

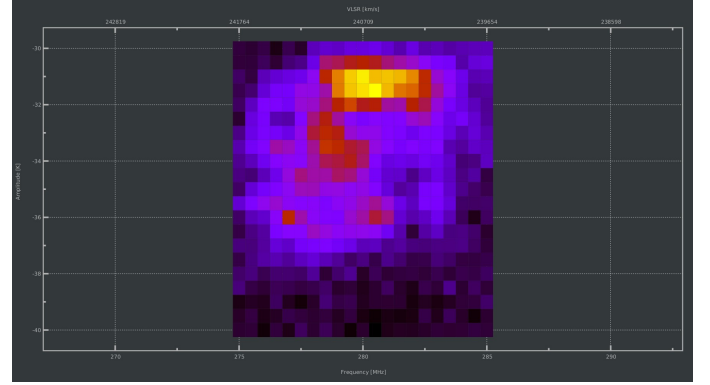


Abb. 7: Geschwindigkeitsprofil der Großen Magellanschen Wolke

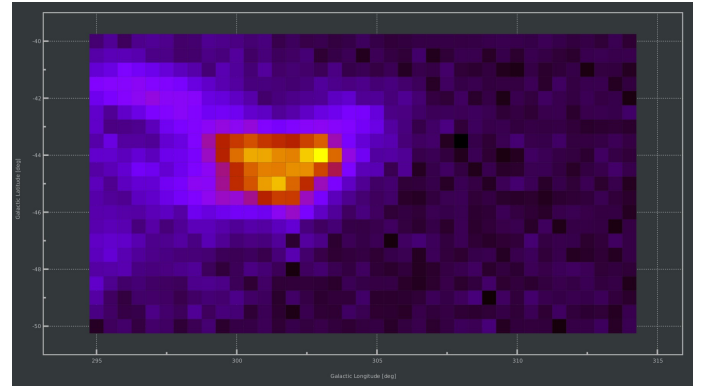


Abb. 8: Geschwindigkeitsprofil der Kleinen Magellanschen Wolke

Wir haben Geschwindigkeiten zwischen 230km/s und −230km/s gemessen. Wenn man bedenkt, dass die Milchstraße im Außenbereich mit einer Geschwindigkeit von 120km/s rotiert kommt man auf eine Radialgeschwindigkeit zwischen -110 und 350km/s. Laut SIMBAD ist die Radialgeschwindigkeit der kleinen Magellan'schen Wolke 145,6 km/s (1) und die Radialgeschwindigkeit der großen Magellan'schen Wolke 262,2 km/s (2)

5. Rechenbeispiele

5.1. Dopplerverschiebung

Die Dopplerverschiebung kann man mit der Formel

$$f = \frac{c \pm v_0}{c} f_0 \quad (1)$$

berechnen (1), wobei f_0 die Frequenz ist, die man beobachten würde, wenn die Relativgeschwindigkeit 0 wäre und f die Frequenz ist, die man tatsächlich beobachtet. Wenn man sich vom Objekt wegbewegt, muss man ein Minus einsetzen, wenn man sich auf das Objekt zubewegt

ein Plus.

Möchte man die Rotverschiebung von einem Objekt, dass mit der Milchstraße mitrotiert, messen, muss man drei Bewegungen berücksichtigen:

- Die Rotationsgeschwindigkeit der Erde (0,5km/s (1))
- Die Umlaufgeschwindigkeit der Erde um die Sonne (30km/s (1))
- Die Relativgeschwindigkeit der Sonne zur galaktischen Rotation (20km/s (1))

Die stärkste Abweichung nach oben tritt dann auf, wenn das Objekt in Rotationsrichtung der Milchstraße vor der Sonne ist und sich sowohl der Abschnitt der Erdumlaufbahn als auch der Abschnitt der Erdoberfläche zum Aufnahmezeitpunkt und am Aufnahmeort in Richtung der Milchstraßenrotation bewegt.

Die stärkste Abweichung nach unten tritt dann auf, wenn das Objekt in Rotationsrichtung der Milchstraße hinter der Sonne ist und sich sowohl der Abschnitt der Erdumlaufbahn als auch der Abschnitt der Erdoberfläche zum Aufnahmezeitpunkt und am Aufnahmeort genau entgegen der Milchstraßenrotation bewegt.

In beiden Fällen addieren sich alle drei Geschwindigkeiten auf und es kommt zu einer Relativgeschwindigkeit von 50,5km/s. Einsetzen in die Formel ergibt eine Frequenz zwischen 1420,64 und 1420,17MHz.

6. Conclusio

Die Radioastronomie ist eine der nützlichsten Arten der Beobachtungen, da sie uns erlaubt, von der Erde aus viele Messungen anzustellen die nicht durch die Atmosphäre gehindert werden. Selbst mit einem so kleinen Teleskop wie dem SRT kann man schon viele Interessante Sachen messen. Wir haben in diesem Praktikum jedoch auch viel über die Limitierungen von kleinen Teleskopen gelernt. Die Programme die wir benutzt haben sind sehr Nutzerfreundlich was den ersten Einstieg in die Radioastronomie sehr leicht und spannend macht. Durch unsere simulierte Beobachtungen waren wir auch nicht an die Grenzen des SRTs gebunden, was für eine Einführung in solch ein Thema von großem Vorteil war.

References

- [1] <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic?Ident=small+magellanic+cloudsubmit=SIMBAD+search>, 26. Juni 2019
- [2] <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic?Ident=large+magellanic+cloudsubmit=SMBAD+search>, 26. Juni 2019
- [3] Chmela Harald, *Einführung in die Radioastronomie*, 22. Mai 2019