



# We maken een radiokaart van de Melkweg

Andries Boone

Sterrenwacht Midden-Nederland Amersfoort, langoed Schothorst



onze radiogroep

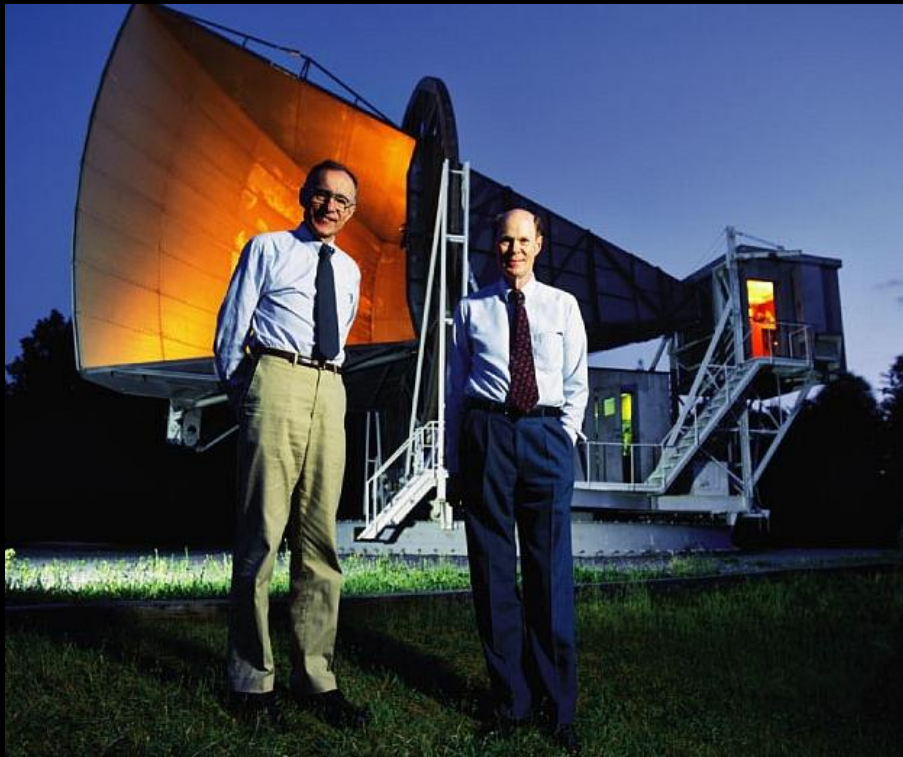
# Astronomie van oudsher

Eeuwen lang namen wij waar in het zichtbare licht



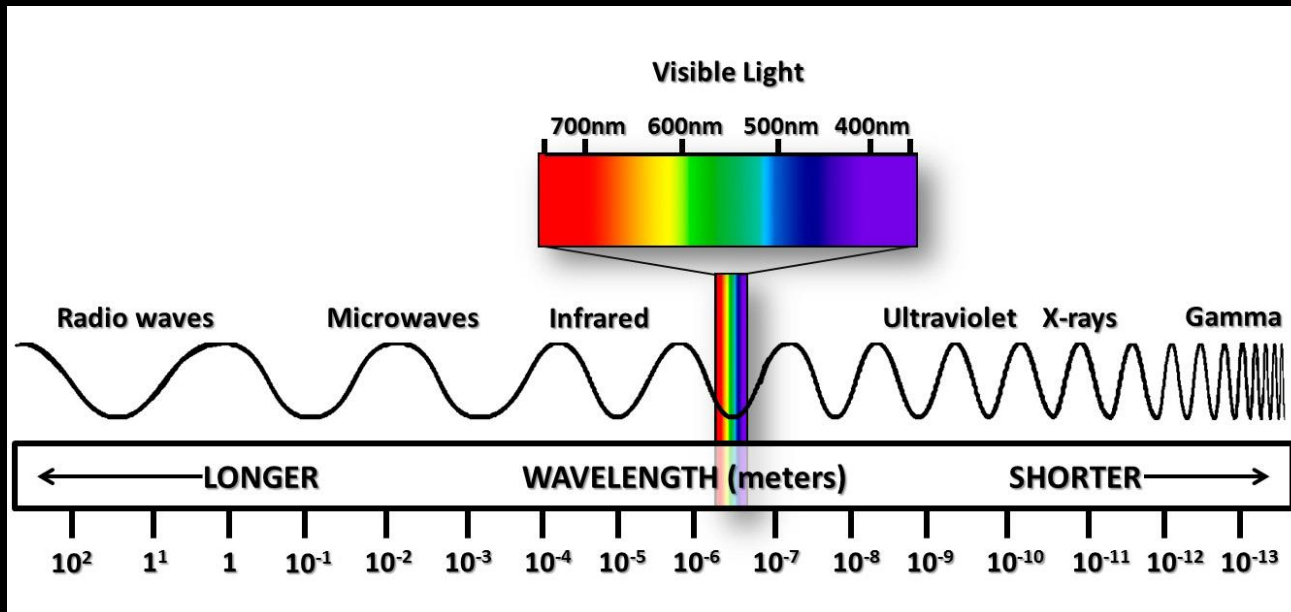
# Geboorte radio astronomie

Zestig jaar: Wilson en Penzias met hun hoornantenne



# De plek van licht binnen de astronomie

Astronomie is van oudsher het waarnemen van licht



MAAR: Zichtbaar licht vormt klein deel van het electromagnetisch spectrum!!



# Voor en nadelen radio astronomie

## Voordelen:

- 24 uur per dag, 7 dagen per week beschikbaar(!)
- Je kunt door gaswolken e.d. heenkijken

## Nadelen:

Antenne is veel kleiner t.o.v. waargenomen golflengte

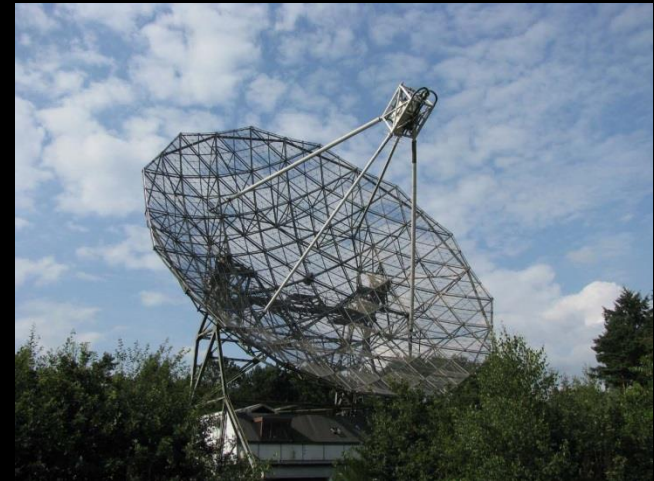
- Golflengte venster, net als bij zichtbaar licht
- Aardse storing, net als bij licht (ook bomen...)

# Oplossend vermogen

Hangt af van het aantal golflengten van de ontvanger



Optische telescoop: 400-700 nanometer



Radio telescoop: bijv. 21 centimeter

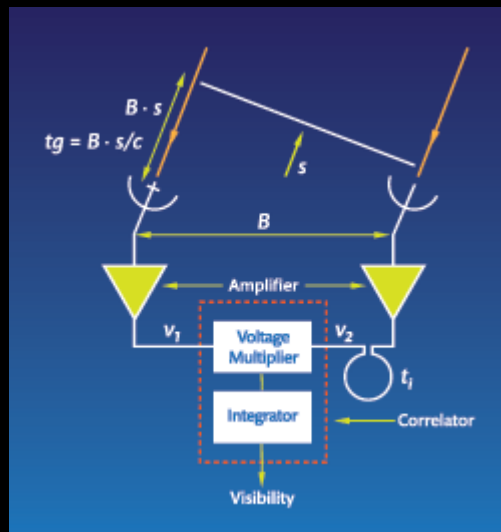
Bij dezelfde spiegeldiameter is optische telescoop veel scherper!!

# Oplossend vermogen verbeteren

- Golflengte omlaag brengen t.o.v. spiegeldiameter
- Spiegeldiameter vergroten (heeft z'n beperkingen...)
- Meerdere antennes onderling koppelen

## Interferometer

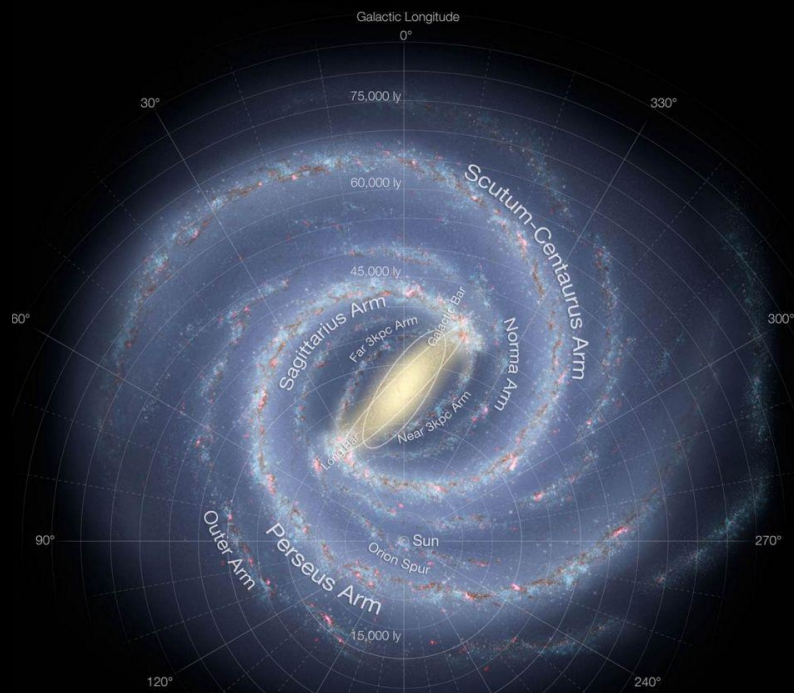
- diameter = baseline afstand tussen 2 antennes
- in feite is dit 'stacking', maar dan slimmer



# DE UITDAGING:

## De Melkweg in kaart

- Radiokaart ‘van bovenaf’ van de Melkweg
- Hoe kan dat, terwijl je je binnen de Melkweg bevindt??
- Dit kan alleen met radiogolven (en op 21 cm)





# Ontvangst van de 21 cm waterstof lijn

- H1 lijn is zeer zwakke straling op 1420.405 MHz
- 21 cm is bekend terrein voor SHF amateurs
- Om praktische redenen moet de antenne beperkt blijven (helaas, helaas...)





VERTREKPOINT:

Een zonneruis telescoop voor 10 sterrenwachten in Nederland

Dit werkt op de 3 cm KU-band met een TV schotel en een 'satfinder' als ontvanger





Sterrenwacht  
Midden Nederland

## UITGANGSPUNTEN MELKWEG-KAART:

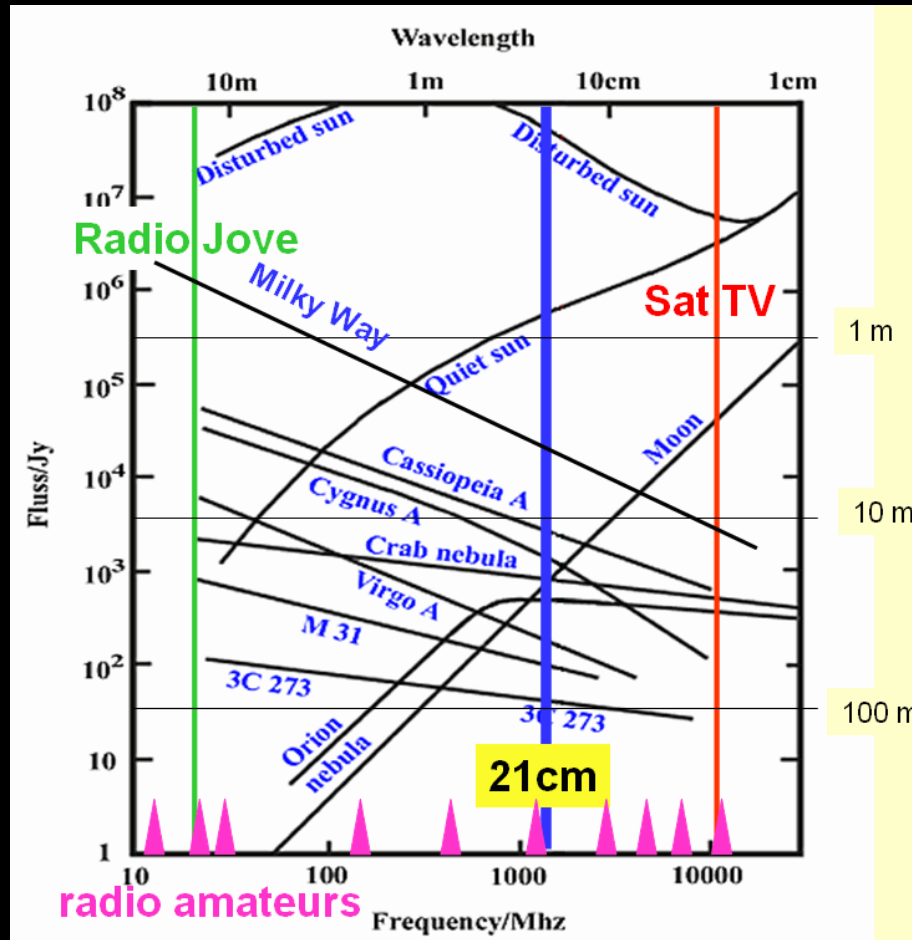


- Verzamelen van waarnemingen van de zwakke 21 cm H1-lijn in het Melkwegvlak met een relatief kleine schotelantenne
- Voorbeeldproject voor andere sterrenwachten en scholen
- Toepassing van de best beschikbare technieken en bronnen
- Reproduceerbaar met een laag budget



Sterrenwacht  
Midden Nederland

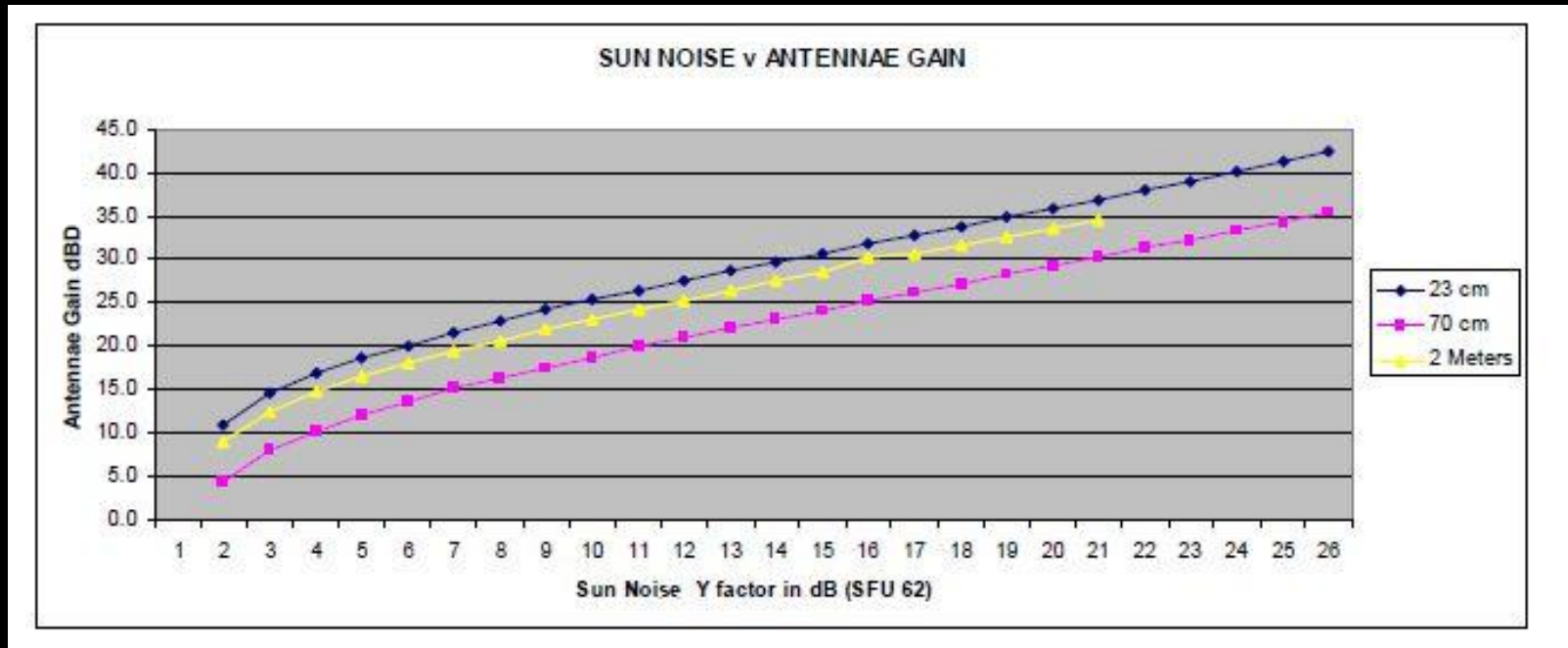
# KANSBEREKENING ontvangst H1 lijn: flux in Jansky @ 21 cm van Melkweg t.o.v. flux zon



H1 Flux (in Jansky) is ca 50x zwakker dan de zon.....  
(bron: Joachim Köppen Strasbourg 2010)

## DE ZON ALS REFERENTIE

- schotel van 1.50 mtr moet op 21 cm een signaal van ca. 4 dB boven de ruis kunnen produceren
- maar de H1-lijn is dus 50x zwakker *en moet dus diep in de ruis zitten!*  
@ 21 cm, gain = 22 dBd en solar flux = 58



SFU = 62

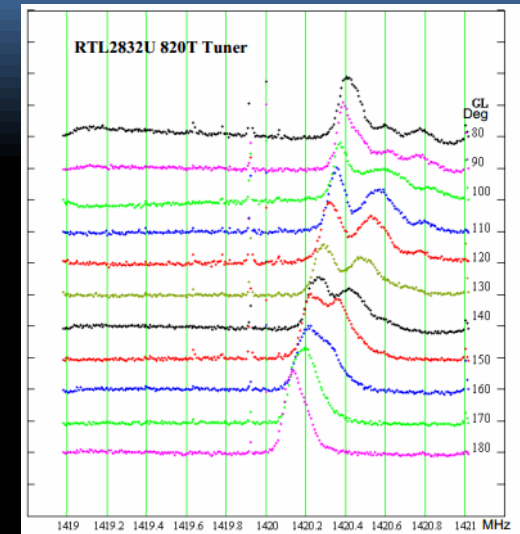
## GEKOZEN CONCEPT:

“a 21 cm radio telescope for the cost-conscious” (by Marcus Leech)

Weak signal ontvanger gezocht!!

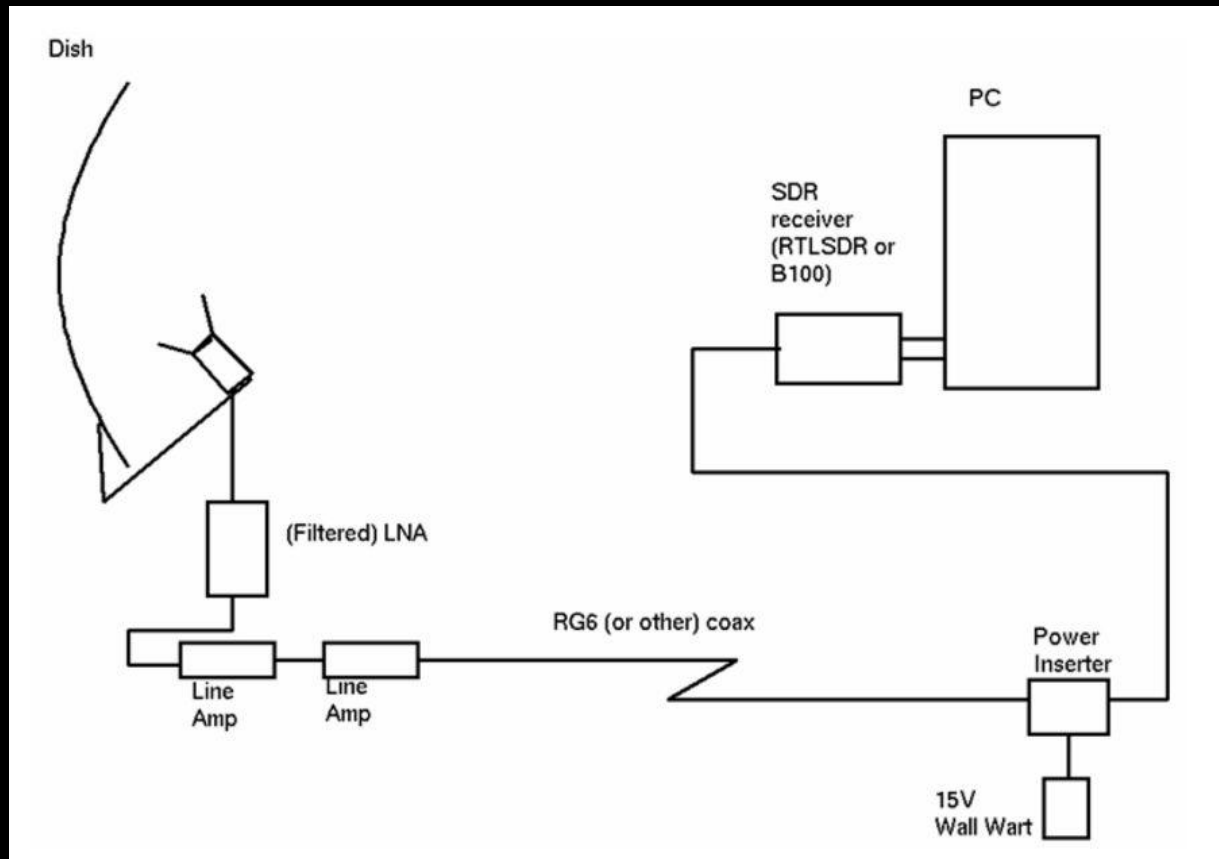
## UITVOERING:

- SDR ontvanger i.c.m. met laptop of PC
- Laag ruisgetal moet van eerste trap komen
- digitale signaalbewerking in RTL dongle en Fast Fourier transformatie (FFT)



## SETUP:

- Makkelijk verkrijgbare onderdelen
- Software defined radio spectrum: SDRsharp
- Linux software: RTL\_Power\_fftw, GNU plot



## ONZE ONTVANGER:

Ontvanger:  
RTL dongle, nieuwe versie



Low noise amplifier:  
G4DDK building-kit VLNA21  
Noise figure: 0,3 dB at 1420 MHz



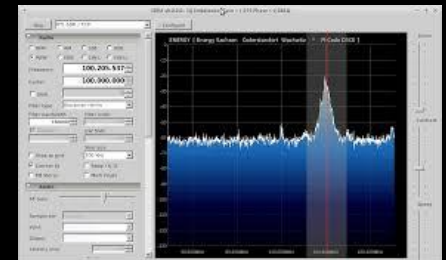
Interdigital filter:  
PA2DOL 1420 MHz, low loss



Inline amplifiers:  
TV sat, 18 dB



Software:  
SDR sharp, GNU radio, FFT analysis





## ONZE ANTENNE

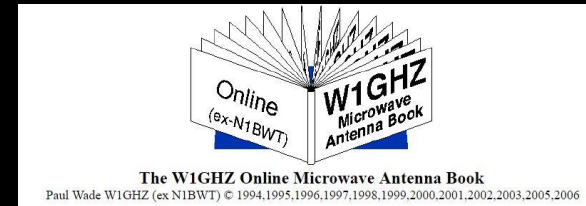
*Prime focus of offset?*

Onze keuze: prime focus,  
home made 160 cm schotel  
(moest door de voordeur passen...)



*f/D ratio dish?*

Microwave antenna book  
bron: W1GHZ: f/D ratio: 0,4



*Feeds*

Full wave round loop (DJ9HO e.a.)  
Bus straler (Cantenna) met 45 gr. 'cone'





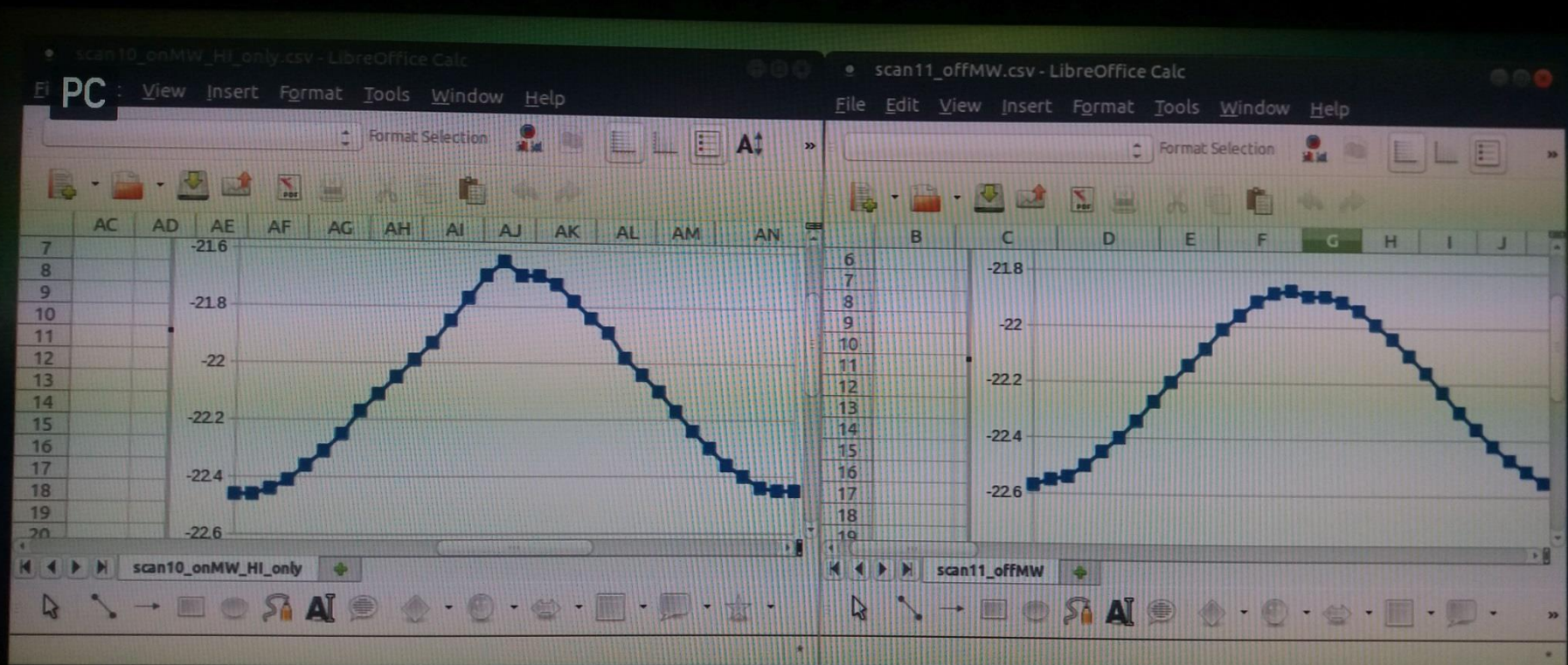
# EERSTE RESULTATEN

verschil H1 line on/off Melkweg is te klein  
(binnen foutmarge)

op vlak Melkweg gericht

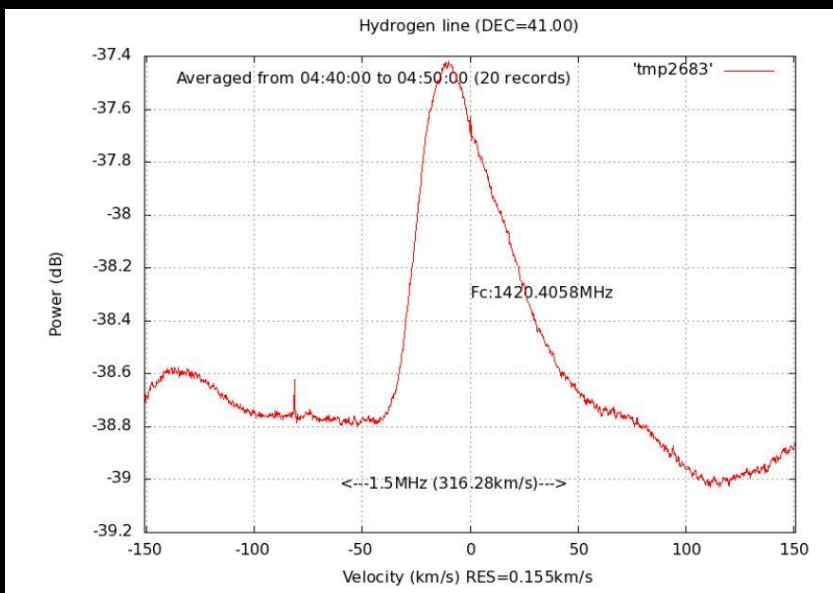
op ander stuk ruimte gericht

(center frequency 1420.4 MHz)

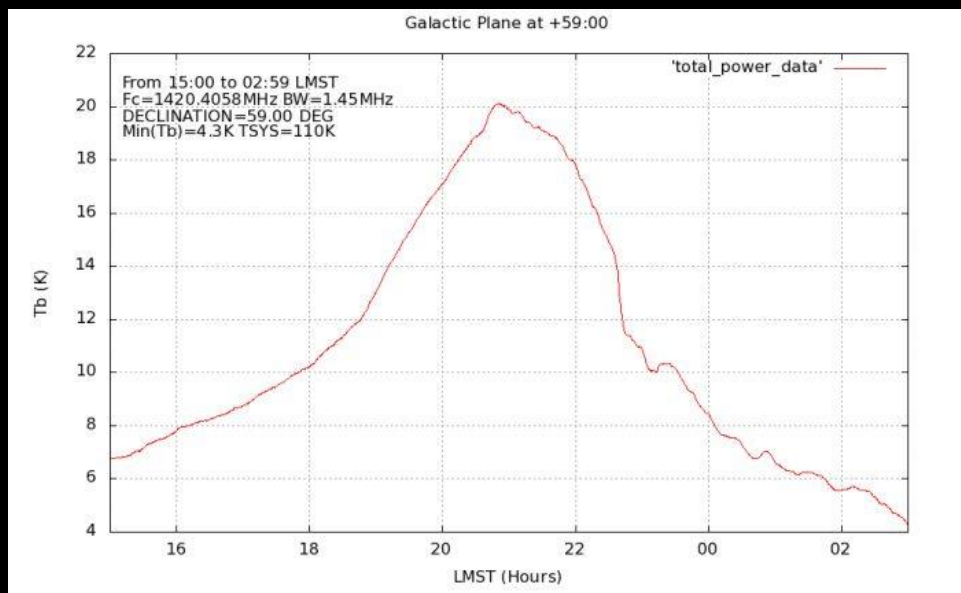


# RESULTATEN NU: Zoals ze horen te zijn!

## Waterstof lijn



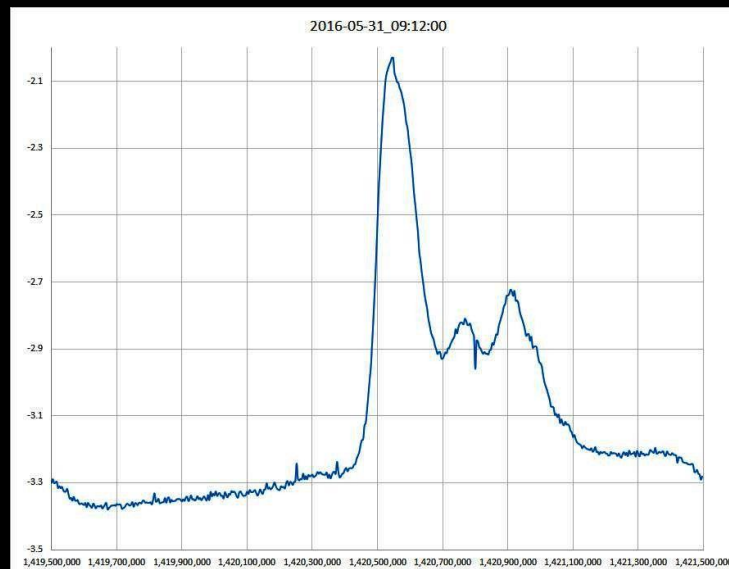
## Transit Melkweg



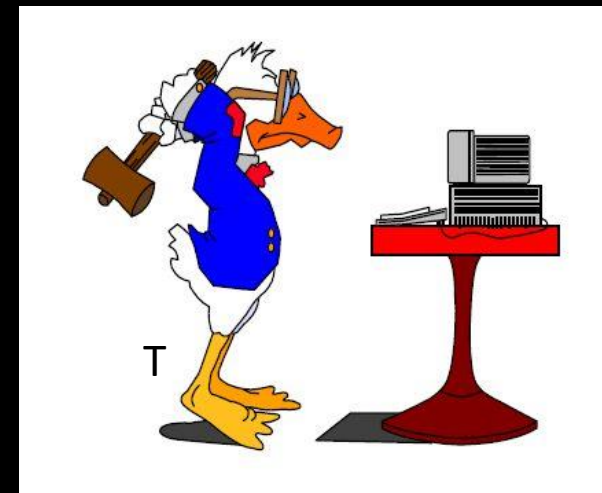
# MAAR HET IS ONS TOCH GELUKT!

## Meten=Weten bracht ons verder

- Busstraler leverde meer signaal dan full-wave loop
- Busstraler afgeregeld op minimum SWR
- Schotel met betere paraboolvorm gevonden
- DSP verder verbeterd (instellingen scantijd, etc.)



Op 31 mei 2016 was het zover!!



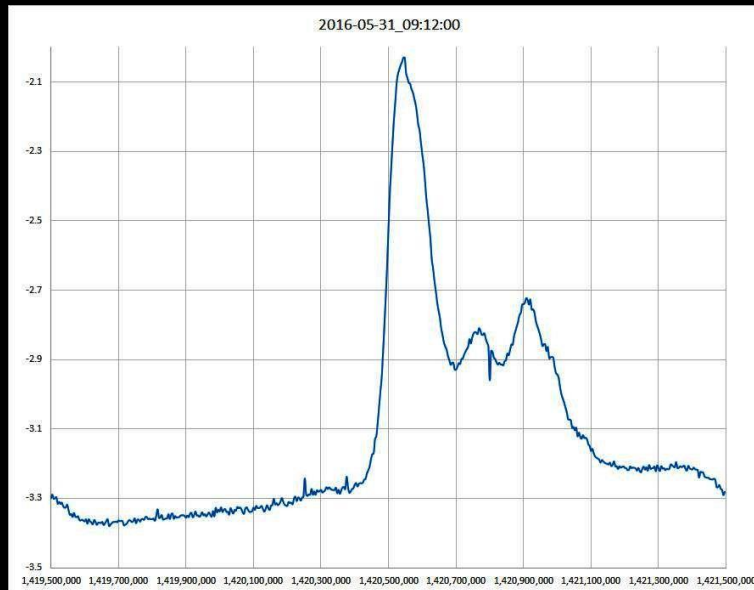
Soms was er wel twijfel hoor!

## CONCLUSIES:

- De H1 lijn is niet zichtbaar op een SDR# scherm zoals de zon
- H1 signaal zit diep in de ruis en kan alleen met DSP zichtbaar gemaakt worden na een aantal seconden opname
- De tijd moet het werk doen: langere scans → meer pixels
- Voor de hardware geldt dat elke dB telt!!
  - ruisgetal LNA moet beter dan 0.4 dB zijn
  - belichtings rendement schotel moet maximaal zijn (70%)
- - f/D verhouding schotel en feed moeten gelijk zijn aan 0.4
  - vermijdt aardse storingen (grondruis) en spurious in L-band

## HOE NU VERDER?

- Kaart 'van bovenaf' is te maken m.b.v. Doppler-effecten
- De hele Melkwegband afscannen voor totaalplaat
- Elke piek op een H1-waarneming is een spiraalarm



Delta-f's omrekenen naar afstanden in het Melkwegvlak



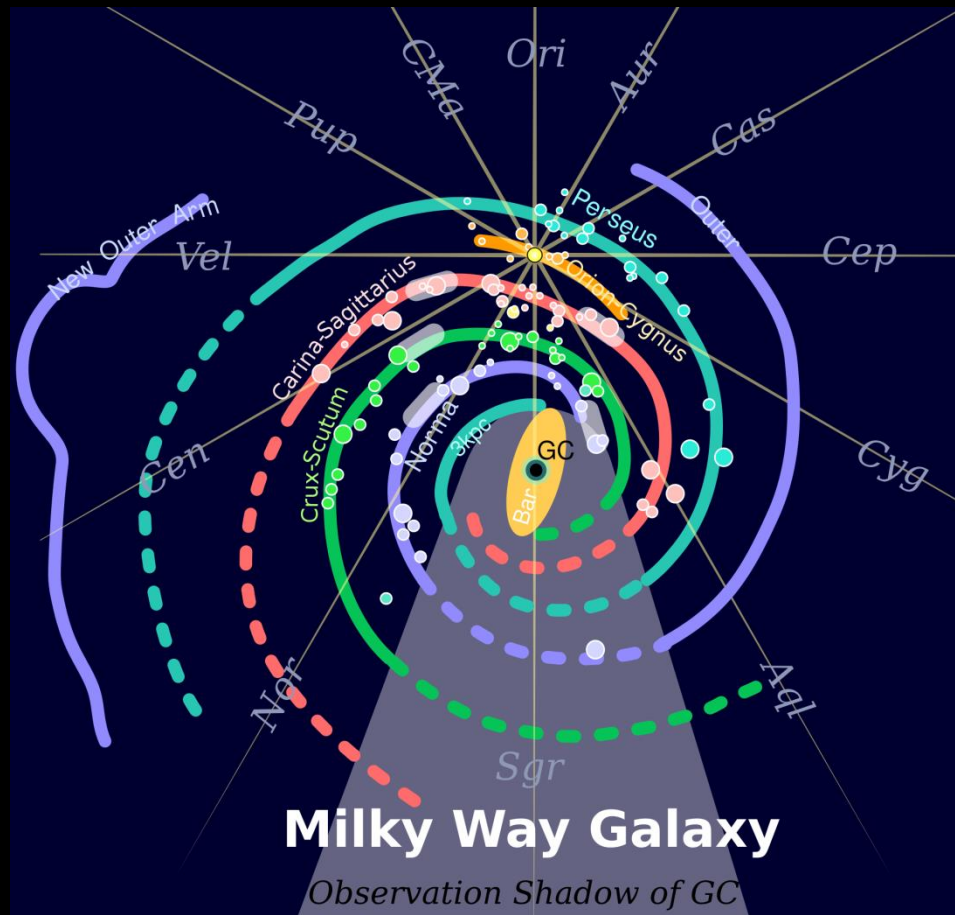
De Melkweg helemaal afscannen

# MELKWEG KAART MAKEN!

Doppler-effecten omrekenen naar afstand

- de hele Melkwegband afscannen (N halfrond)

- dataformaat bepalen en software platform kiezen



In alle gevallen is ook  
weer software nodig  
to do the job!



## OVEREENKOMSTEN EN VERSCHILLEN MET RADIOZENDAMATEURISME

- Het gaat om *weak signals* zoals bij SHF-DX, EME en ATV
- We gebruiken dezelfde hardware (LNA, schotel, feed)
- Gebruik van FFT software was ook nieuw voor ons, maar lijkt erg op toepassing in de astrofotografie
  
- Een radiokaart van de Melkweg: vanuit je achtertuin!
- Verbindingen met het Universum!
- In de voetsporen van beroemde Nederlandse wetenschappers als prof. Oort en Van de Hulst (Dwingeloo, vijftiger jaren) maar met moderne middelen





## NADERE INFORMATIE

Website sterrenwacht: [www.sterrenwacht-mn.nl](http://www.sterrenwacht-mn.nl)

SALSA project Onsala, Zweden

<http://vale.oso.chalmers.se/salsa/>

EU-HOU Connecting classrooms to the Milky Way

<https://www.astro.uni-bonn.de/hisurvey/euhou/>