

Studiereis Sterrenkunde in Nederland



De radiotelescopen bij Westerbork



Een van de telescopen van sterrenwacht Sonnenborgh

Voorlopig programma per dag:

Dag 1

09.00 uur	Verzamelen bij school, bagage in de bus laden "koppen tellen"
09.15 uur	vertrek
11.00 uur	aankomst radiosterrenwacht Dwingeloo + rondkijken/uitleg lunchpakket ontvangen + opeten
12.30 uur	aankomst Open Science Hub Drenthe Programma bij Open Science Hub: -rondleiding -korte lezing over kijken bij verschillende golf lengtes -Machten van 10 -AR game buiten -zelfstandig rondkijken in de Science Hub
15.00 uur	vertrek naar accommodatie
16.30 uur	aankomst accommodatie, inchecken, kamerindeling Boodschappen halen + avondeten bereiden + afwas
19.00 uur	korte lezing + voorstelling met Stellarium Instructie telescoop-gebruik
donker:	zelf kijken (neem, als het kan, zelf een verrekijker mee)

Dag 2

07.00 uur	opstaan, wassen enz
08.00 uur	ontbijt + lunchpakket zelf maken
09.00 uur	vertrek
11.30 uur	aankomst + programma Planetarium Eise Eisinga -inleiding -speurtocht
13.00 uur	lunchpakket eten
15.45 uur	terug naar accommodatie
17.00 uur	aankomst accommodatie Avondeten bereiden + afwas



Eisinga's huis en Planetarium

Dag 3

06.30 uur (!!)	opstaan, wassen enz
07.00 uur	ontbijt zelf maken
08.00 uur	vertrek
09.30 uur	aankomst parkeerplek Herinneringscentrum Westerbork We wandelen "Het Melkwegpad"
10.30 uur	aankomst Westerbork Synthese Radio Telescoop Lezing + rondleiding
11.30 uur	einde + ontvangen lunchpakket
12.00 uur	bezoeken voormalig Kamp Westerbork en teruglopen naar parkeerterrein
13.15 uur	rijden naar LOFAR
13.45 uur	aankomst LOFAR
14.00 uur	excursie LOFAR; 2 gidsen leiden ons rond en vertellen over de radiotelescopen en over de natuur van het Drentse Landschap waar de telescopen in staan.
15.30 uur	einde rondleiding
15.45 uur	terug naar de accommodatie
17.00 uur	aankomst accommodatie Avondeten: uit eten
	Vrije avond, eventueel nog sterrenkijken met de telescopen en/of de verrekijkers.

Dag 4

08.00 uur	opstaan, wassen enz
09.00 uur	ontbijt + lunchpakket zelf maken
	Opruimen + inpakken Korte uitleg spectroscopie Sonnenborgh
12.15 uur	vertrek
2 uur rijden naar Utrecht	
14.15 uur	aankomst Museum Sterrenwacht Sonnenborgh
14.30 uur	Lezing, rondleiding + planetariumvoorstelling
16.30 uur	einde bezoek Sonnenborgh
16.45 uur	Vertrek naar Huizen
17.15 uur	aankomst school

Informatie over programmaonderdelen:

Algemene informatie over het waarnemen van Elektro-Magnetische straling.

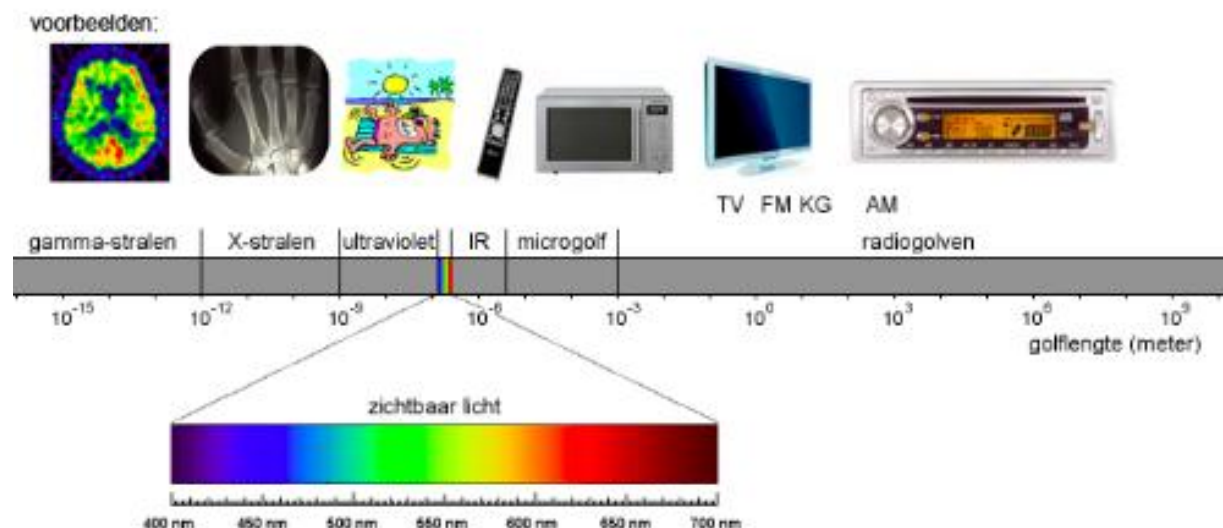
Tijdens deze studiereis zul je merken dat sterrenkundig onderzoek niet alleen met “gewone” telescopen gedaan wordt.

Met “gewone” telescopen wordt dan bedoeld: telescopen waar je door kunt kijken, dus telescopen waarmee het licht wat vanuit het heelal komt bestudeerd wordt.

Sterrenkundigen zijn ook geïnteresseerd in de verschillende andere vormen van Elektro-Magnetische straling zoals:

- radiostraling
- Infra Rood (= warmte-) straling
- Ultra Violet Straling
- Röntgen straling

Kortom alle soorten EM-straling die je in BINAS tabel 19B ziet staan.



Nederland is in de sterrenkunde-wereld beroemd om het onderzoek wat hier gedaan wordt naar de radiostaling die uit het heelal komt.

Bijkomend voordeel:

- je kunt radiostraling ook overdag bestuderen
Zichtbaar licht uit het heelal kan alleen 's nachts bestudeerd worden omdat het zonlicht veel te fel is en dus stoort.
- radiostraling gaat gewoon door wolken e.d. heen; dus hoe vaak het ook bewolkt is of regent: de waarnemingen kunnen dan toch doorgaan.
Je hoeft ook geen dure satelliet te lanceren om boven de atmosfeer uit te komen.
De I.R.(gedeeltelijk), de U.V. en de Rö-straling worden door de atmosfeer tegengehouden, dus daar is wel een satelliet voor nodig.

De bronnen in het heelal die de straling uitzenden, staan ontzettend ver weg. Daar krijg je een aardig beeld van als we op woensdag “Het Melkwegpad” lopen.

Het Melkwegpad is een schaalmodel van ons zonnestelsel: de zon met de planeten die daar omheen draaien.

Maar dat is alleen het aller-dichtst-bij-zijnde stukje van het heelal.

De rest van het heelal is echt ontzettend groot en dus staan de bronnen die de straling uitzenden echt heel ver weg.

Daardoor is de hoeveelheid straling die van zo'n bron op aarde terecht komt ontzettend klein. Om zoveel mogelijk straling op te vangen, moet de telescoop zo groot mogelijk zijn. Dat geldt voor alle soorten straling.

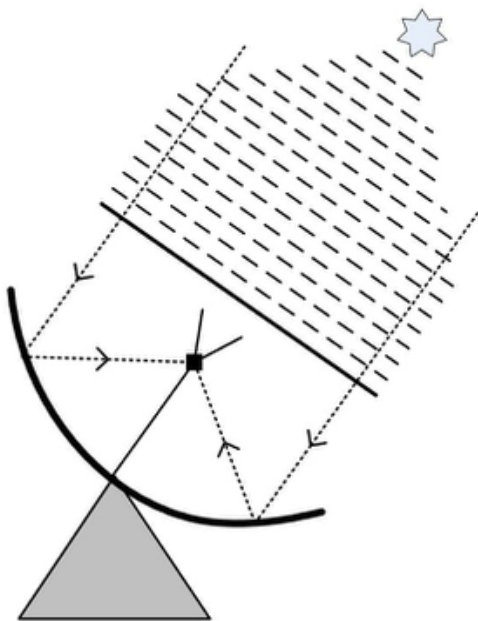
Wij bezoeken tijdens deze studiereis een aantal verschillende radiotelescopen, want ook het bestuderen van radiostraling kun je op verschillende manieren, bij verschillende golflengtes en met verschillende apparatuur doen.

Een van die radiotelescopen staat vlak bij het vroegere Kamp Westerbork. We willen daar zeker ook langgaan.

Daarnaast bezoeken we het oudste, nog werkende, planetarium ter wereld.

In dit planetarium kun je zien hoe het zonnestelsel (zon + de planeten) werkt.

We bezoeken op donderdag nog een sterrenwacht waar men het zichtbare licht bestudeerd.



De manier waarop de schotel van een radiotelescoop de ontvangen straling opvangt en in de antenne (het zwarte blokje in het midden) concentreert. Hoe groter de diameter van de telescoop, hoe meer straling er opgevangen kan worden en daarmee hoe beter het beeld.

Dag 1

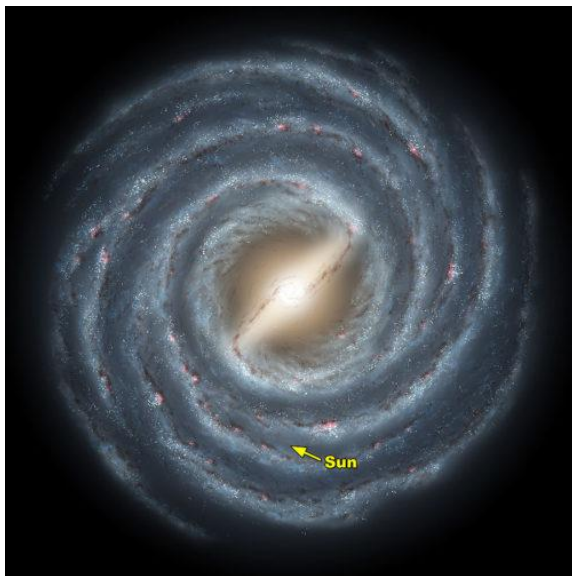
Vanuit school rijden we naar ASTRON in Lhee bij Dwingeloo.

Daar gaan we naar de radiotelescoop van Dwingeloo.

Deze radiotelescoop is al in 1956 in gebruik genomen en was ooit de grootste van de wereld.

De telescoop is 25 meter in diameter en is beroemd geworden omdat hiermee ontdekt is dat onze Melkweg een spiraalvorm heeft en waar in de Melkweg ons zonnestelsel ligt.

Zie de (computer-generated) foto hieronder.



De radiotelescoop is vooral gebruikt om de straling van het waterstofatoom waar te nemen.

Omdat waterstof overal in het heelal het meest voorkomende atoom is zegt de straling daarvan dus iets over waar er veel/weinig waterstof is.

Bovendien vertellen details in die straling iets over de omstandigheden van dat waterstofatoom. B.v. de temperatuur en de snelheid van dat waterstofatoom.

We krijgen een rondleiding + demonstratie

Daarna bezoeken we de Open Science Hub Drenthe/Reis door de Melkweg.

In De Melkweg ontdek je wat je ziet met radio-ogen. Je loopt met grote stappen door de geschiedenis van de radiosterrenkunde, waarom is Nederland zo belangrijk daarin geworden? Je maakt kennis met astronomen, experts en ondernemers. Je ontdekt waarin radiogolven verschillen van (zichtbaar) licht.

En je ontdekt “onze” plek in de (echte) Melkweg.



Aan de rand van het Dwingelerveld staat een radio-telescoop. ASTRON, het Nederlands instituut voor radio-astronomie bestudeert met deze telescoop al sinds 1956 het heelal. We zijn daar eerder vandaag langs geweest.

In de Open Science Hub in Dwingeloo laten we de spannende wetenschap en techniek van ASTRON op een toegankelijke manier zien. Je maakt kennis met de geschiedenis van de radiosterrenkunde, met de techniek van radiotelescopen en natuurlijk met gaswolken, pulsars en zwarte gaten!

Met radiostraling zijn we er voor het eerst achter gekomen wat en waar onze plek in De Melkweg is.

Daarom heet de Open Science Hub: “De Melkweg.”

Je ontdekt er wat radiogolven zijn en waarom je radioastronomie zo goed in Nederland kun doen. Je komt er achter wat je allemaal zou zien als je radio-ogen zou hebben. Je ontmoet enthousiaste sterrenkundigen. Je richt het model van de Dwingeloo Radio Telescoop op hemellichamen en ontdekt wat er allemaal in het heelal te vinden is.



In De Melkweg combineren ze filmpjes, proefjes en spelletjes. Want je ontdekt het meeste door zelf dingen te doen!

Wat gaan we in de Open Science Hub doen?

1. We beginnen met een korte rondleiding door de Hub
2. Daarna is er een korte lezing waarin verteld wordt wat het belang is van het onderzoeken van de verschillende soorten straling die wij vanuit het heelal waarnemen. Dan wordt duidelijk waarom we naar al die verschillende soorten straling willen kijken.
3. Vervolgens aan het werk met “Machten van 10” over de grootte van het heelal
4. Dan buiten een AR game doen.
De mensen van de Open Science Hub hebben een AR-game gemaakt die eigenlijk pas net af is. En ze zouden graag willen dat jullie dat eens uitproberen en met wat tops en tips komen.
5. Als er nog tijd over is, kunnen jullie nog langs de opstellingen in de Hub lopen om zelf e.e.a. uit te proberen en te ontdekken.

Naar de accommodatie, inkopen doen, koken en afwassen.

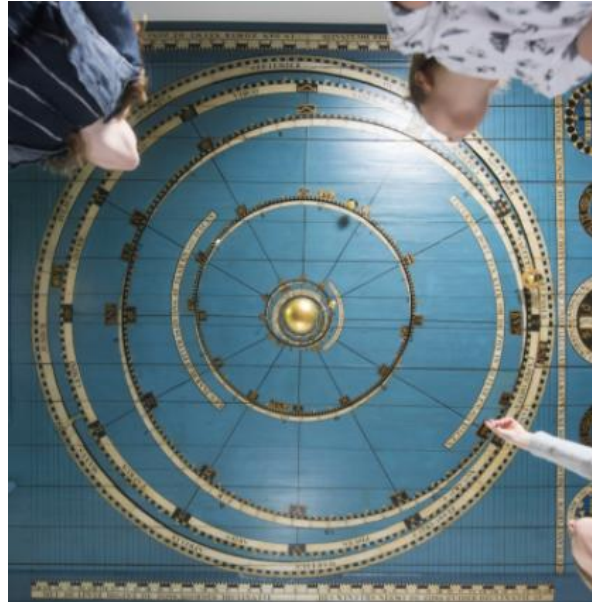
Dag 2

Vandaag bezoeken we het oudste, nog werkende planetarium ter wereld, gebouwd door Eise Eisinga in de woonkamer van zijn huis.

De aanleiding om dit planetarium te bouwen was dat er op 8 mei 1774 een bijzondere samenstand van planeten plaatsvond. In de vroege ochtend stonden Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en de maan dicht bij elkaar aan de hemel. Er werd beweerd dat door de onderlinge krachten van deze hemellichamen de aarde uit haar baan geslingerd zou worden en in de zon verbranden.

Eelco Alta, predikant uit Bozum, deed deze voorspelling. In april 1774 verscheen in de Leeuwarder Courant een stukje over het geschrift van deze 'liefhebber van de waarheid', zoals hij zichzelf noemde. Het geschrift droeg de titel: 'Philosophische bedenkingen over de conjunctie van de planeten'. Alta's ideeën zorgden voor veel onrust onder de bevolking. De overheden probeerden in te grijpen door het geschrift te verbieden, maar het kwaad was al geschied.

Zijn grote kennis van de wis- en sterrenkunde kwam Eisinga goed van pas toen in mei 1774 die onrust uitbrak naar aanleiding van de voorspelling van Eelco Alta. Om de mensen een juist beeld van het zonnestelsel te geven bouwde hij in zijn woonkamer een model van het zonnestelsel. Tussen zijn allereerste idee en de uiteindelijke realisatie verstreken zeven jaar. Sinds 1781 volgt het model van Eisinga zeer nauwkeurig de banen van de 6 planeten uit ons zonnestelsel. Daarmee is het het oudste planetarium ter wereld dat nog werkt.



In het planetarium worden de planeten in beweging gebracht door tandwielen. Ze zitten tussen het plafond van de woonkamer en de vloer van de bovenverdieping.

Als je de 6 planeten van Eisinga's planetarium ziet denk je misschien:

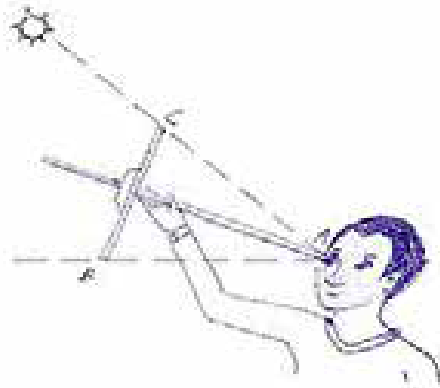
Hé, er zijn toch 8 planeten?

Dan heb je gelijk!

Maar in de tijd van Eisinga waren Uranus net en Neptunus nog niet ontdekt. Uranus is in 1781 ontdekt, toen was het planetarium wat Eisinga aan het bouwen was al zover klaar dat hij Uranus niet meer toe kon voegen. Bovendien duurde het nog een tijdje voordat de baan en de omlooptijd van Uranus om de zon enigszins bekend was. Dat kon Eisinga toch niet meer verwerken in zijn planetarium.

Naast de Planetariumkamer biedt het Planetarium een fraaie collectie astronomische instrumenten en een eigentijdse expositie over ons zonnestelsel en het heelal. Andere vaste onderdelen van het museum zijn de voormalige wolkammerij van Eisinga (hij was van beroep een wolkammer en had een groot bedrijf) en een uitgebreide verzameling historische astronomische instrumenten.

Een Jacobsstaf, gebruikt om de hoogte in graden boven de horizon te meten.



Ook de moderne sterrenkunde is vertegenwoordigd.

In de filmzaal zijn doorlopend documentaires te zien. Beleef hoe Eisinga woonde in het historisch woonhuis en blader digitaal door de prachtige wiskundige en astronomische handschriften van Eisinga!

Sinds 2016 is de interactieve vaste expositie 'De Ruimte' te bezichtigen.

Het bezoek aan het Planetarium begint bij een herdenkings-gevelsteen in Franeker en daarvandaan worden we via een grote zonnewijzer (gebruikt om te kijken hoe laat het is, met jezelf als wijzer!) naar het Planetarium geleid.

In het planetarium krijgen we eerst een korte uitleg in de planetariumkamer. Daarna is er een soort escape- en puzzeltocht die een uitkomst oplevert die in Eisinga's tijd heel belangrijk was.

Zie hiervoor de bijlage (de Leeuwarder Courant uit 1802) achter in deze gids.

Daar vind je ook de opdrachten voor in het Planetarium.

Dag 3

Vandaag bezoeken we de Westerbork Synthese Radio Telescoop (WSRT) en het voormalig Kamp Westerbork. Ook gaan we naar de nieuwste radiotelescoop LOFAR.

Omdat de ontsteking van automotoren de waarnemingen met de WSRT kan verstoren, mag je niet tot bij de radiotelescopen rijden met de auto.

Ook mobieltjes kunnen storen.

Je zult bordjes tegenkomen die aangeven dat je jouw mobieltje uit of in de vliegtuigstand moet zetten. Doe dat dan ook.

Er moet geparkeerd worden op het parkeerterrein van het Herinneringscentrum Kamp Westerbork. Dan is het nog iets van 2,5 km lopen naar de telescopen.

Die 2,5 km is “Het Melkwegpad” waar ons zonnestelsel op schaal is nagebouwd. Je loopt als het ware vanuit van “buiten” ons zonnestelsel binnen.

Onderweg kom je de planeten van ons zonnestelsel tegen (ook op schaal) en is er uitleg over de planeten, verschijnselen op die planeten en het principe van het opvangen van de radiostraling. Onderweg kun je ook proefjes doen die dit verduidelijken.



De werking van het opvangen en concentreren van de straling kun je hier ervaren.

Ook is er informatie over de natuur waar we doorheen lopen.

Voor het idee: elke stap die je zet is in werkelijkheid zo'n 2,5 miljoen kilometer!

Gewoon lopen (ongeveer 1 stap per seconde) is hier zo ongeveer bewegen met een snelheid die 8 x de lichtsnelheid is!!

De WSRT bestaat uit 14 telescopen van elk 25 meter doorsnede die op een lijn van Oost naar West staan.

Waarom zijn ze 25 meter in diameter en waarom staan er 14 op een rij en waarom is die rij van Oost naar West?

Waarom 25 meter:

Hoe groter de telescoop, hoe meer er van de weinige straling die binnenkomt opgevangen kan worden. Groter betekent hier beter kunnen “zien” en nauwkeuriger kunnen waarnemen.

Waarom 14:

Deze telescopen kunnen samenwerken (vandaar: Synthese-telescoop). Hoe meer je er dan bouwt, hoe beter de waarnemingen worden.



Waarom van Oost naar West:

Als je 12 uur achter elkaar meet, dan is de aarde een halve slag gedraaid (want de aarde draait 1x rond in 24 uur) en de rij telescopen ook.

Bij de waarnemingen geeft dat nu hetzelfde effect al wanneer je een ronde telescoop zou gebruiken met die een diameter heeft die zo groot is als de afstand tussen de buitenste telescopen: **2,7 KILO-meter!**

Het effect is dus alsof je een enorme telescoop hebt van 2,7 km, zo groot dat je die nooit als 1 apparaat zou kunnen bouwen.

En als eerder te lezen was: hoe groter de telescoop hoe beter.

Dit vereist wel een heel precieze manier van neerzetten van de telescopen:

1. de telescopen moeten heel precies op 1 lijn staan
2. er moet rekening gehouden worden met het bol zijn van de aarde:
Kijk maar naar de eerste en de laatste telescopen als we er langslopen:
die staan iets hoger dan de middelste

We krijgen hier een korte lezing en een rondleiding.
Er wordt ook een lunchpakket aangeboden.

Na het bezoek aan de WSRT (en het lunchpakket eten) bezoeken we nog het voormalig Kamp Westerbork.

Vanuit dit kamp werden in de 2^e wereldoorlog door de Duitse bezetting de Joden, Sinti en Roma vanuit Nederland naar de vernietigingskampen (b.v. Auschwitz) gestuurd.

Ter herinnering liggen hier 102.000 stenen op een soort plattegrond van Nederland.

Dit ter herdenking aan de 102.000 Joden, Sinti en Roma die hiervandaan naar de Duitse vernietigingskampen werden gevoerd.



Het bekendste slachtoffer was natuurlijk Anne Frank. Zij is over de hele wereld bekend geworden dankzij het dagboek wat zij bijhield tijdens haar onderduikperiode in “Het Achterhuis” in Amsterdam.

Het Achterhuis is nu een museum: het Anne Frank Museum.



Een stukje van de spoorlijn en een kampwachtershuisje

Een van de treinwagons waarin de gevangengenomen mensen getransporteerd werden



Daarna gaan we naar de nieuwste radiotelescoop van Nederland: LOFAR.



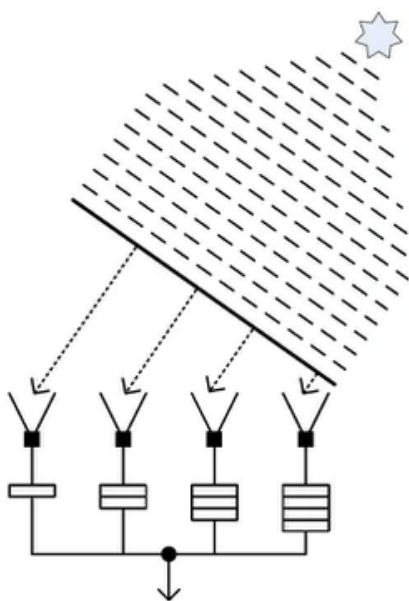
Deze radiotelescoop richt zich vooral op het onderzoek naar het ontstaan van het heelal en blijkt als “bijvangst” veel informatie over het ontstaan van bliksem te kunnen gaan leveren.

De bedoeling is dat er door heel Europa duizenden antennestations gebouwd worden.

We krijgen een rondleiding waarbij de wetenschap van LOFAR en de natuur van het landschap beiden aan bod komen.

De antennes op zich zien er vrij simpel uit, maar de kracht van de telescoop zit in het rekenwerk wat met de gegevens gedaan kan worden. Hierdoor is de beeldscherpte enorm goed.

Als je de signalen die de antennes **op hetzelfde tijdstip** ontvangen bij elkaar optelt (zie het stukje over de WSRT over waarom dat slim is), dan is het effect dat de telescoop kijkt naar iets wat precies recht boven de telescoop te zien is. Dus alsof jij met je hoofd achterover in je nek moet kijken.



Wil je iets naar links of naar rechts kijken dan komen de signalen niet meer tegelijkertijd bij de antennes. Zie het plaatje links.

De signalen die de meest rechter antenne opvangt moeten dus iets vertraagd worden doorgegeven aan de centrale computer.

Voorbeeld:

Je wilt van de linkerkant van de maan naar de rechterkant van de maan kijken.

Dat scheelt ongeveer 0,5 graden.

Als de 2^e antenne van rechts 2 meter verder staat dan de meest rechter antenne, dan moet het signaal van de meest rechter antenne ongeveer 6×10^{-11} seconde vertraagd worden.

Overigens komen er zoveel data binnen op alle antennes samen dat elke seconde de harde schijven van zo'n 100 laptops vol zouden raken.

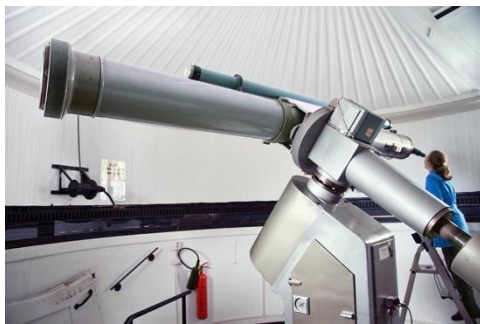
Dag 4

Vandaag bezoeken we sterrenwacht Sonnenborgh op de stadswal van Utrecht.

Het bastion waar Sonnenborgh op gebouwd is, werd al in 1552 gebouwd. De bouw van de sterrenwacht werd opgestart in 1851 en was in 1854 klaar. De natuurkundige Buys Ballot wilde hier een sterrenwacht en weerkundig instituut oprichten. Uit het weerkundige gedeelte is het huidige KNM voortgekomen



In de koepel midden onder en de rechter koepel staan "gewone" sterrenkijkers. In het witte "huisje" iets links boven het midden staat de speciale zonnetelescoop.



De zonnetelescoop wordt gebruikt om een spectrum van de zon te maken. Hiermee werden veel belangrijke eigenschappen van de zon en de zonnestraling ontdekt en verklaard.



De telescopen hier worden allemaal gebruikt om zichtbaar licht te bestuderen.



De spiegels die het zonlicht in de zonnetelescoop weerkaatsen

In het spectrum van de zon zijn veel donkere lijnen te zien (zie BINAS tabel 20). Die zeggen iets over welke atoomsoorten er op de zon voorkomen en temperatuur, magnetisme en draaisnelheid van de zon.

En dan terug naar school.

Tuis: vertellen, bijpraten