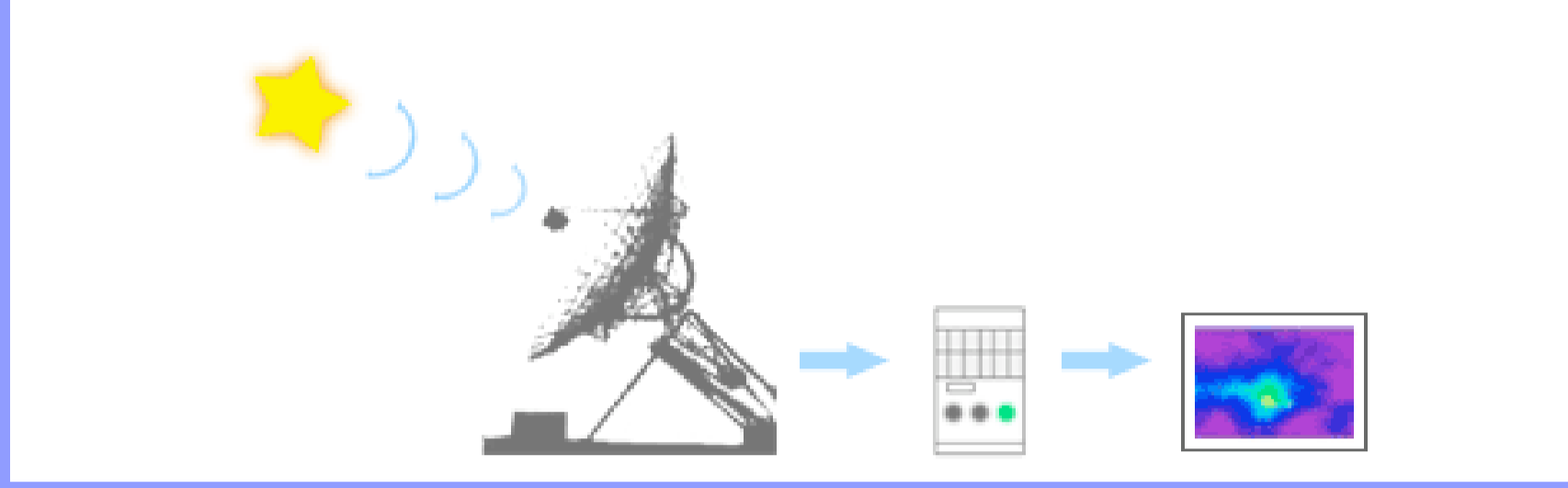


## Hoe werkt een radiotelescoop?

Zichtbaar licht vormt slechts een klein deel van het golflengtebereik van elektromagnetische straling. Hoewel wij straling met andere golflengten (radiostraling, röntgenstraling, ultraviolet en infrarood) niet kunnen zien, zijn ze wel erg belangrijk voor de astronomie. Er zijn hemellichamen die op deze golflengten krachtige en ronduit spectaculaire signalen uitzenden. In de laatste decennia zijn astronomen voor tal van verrassingen komen te staan bij hun waarnemingen op deze golflengten! Dat (sommige) hemellichamen radiogolven uitzenden is een ontdekking die pas vrij recent is gedaan: de eerste radiogolven van een hemellichaam werden pas in 1932 ("per ongeluk, expres") door Karl Jansky opgevangen. Deze bleken uitgezonden te worden door ons eigen melkwegstelsel.

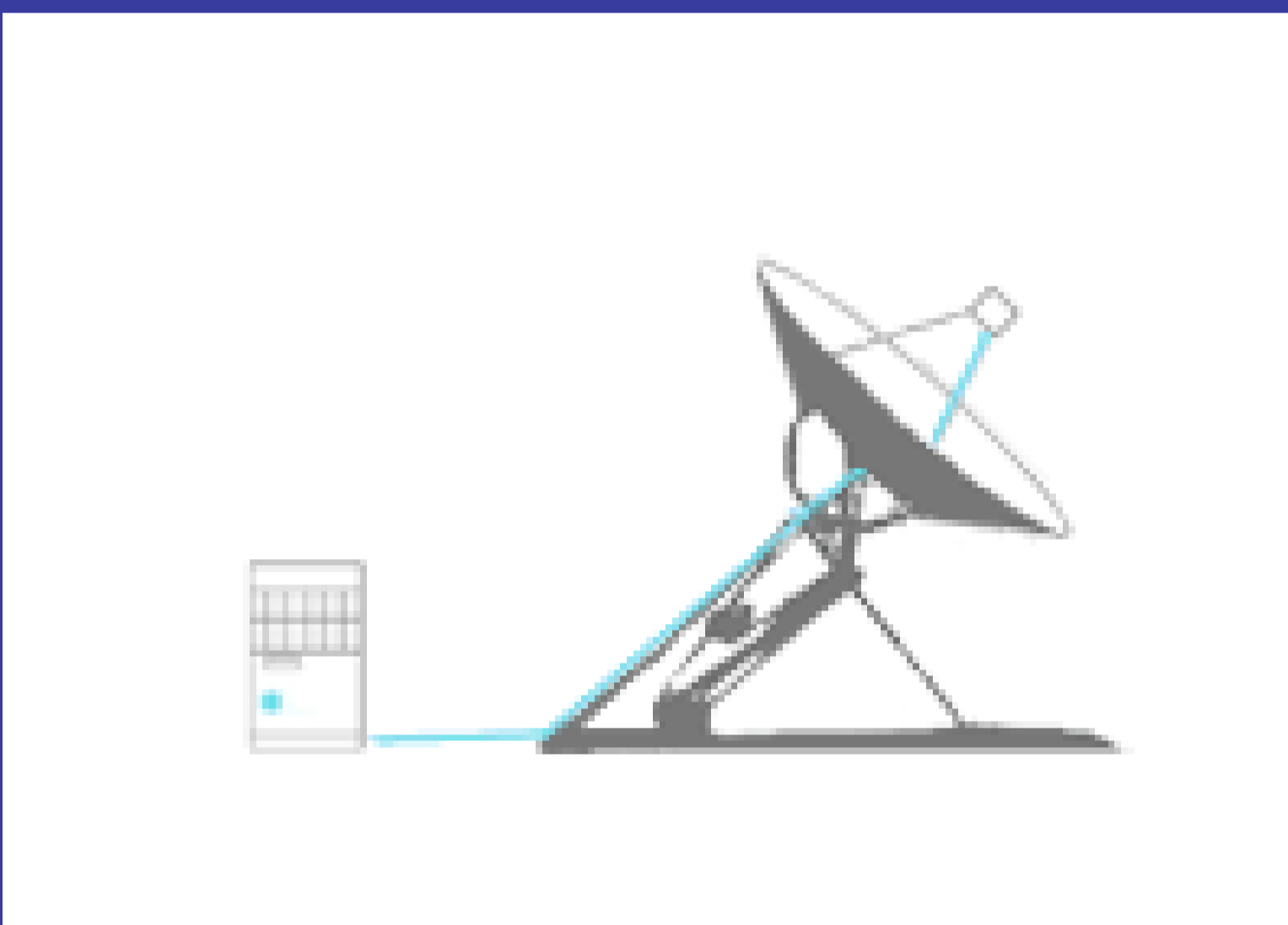


Pas na de Tweede Wereldoorlog ging de radio-astronomie een rol van betekenis spelen. Dit had vooral te maken met de technische ontwikkeling van de radiocommunicatie en radar. Deze technologieën staan in nauw verband met de radio-astronomie en zijn nodig om goede "afbeeldingen" van de hemel te maken.

Wat zijn de voor- en nadelen van het waarnemen op radiogolflengten?

- Radio-astronomie kan vanaf aarde worden bedreven zonder al te veel te worden beïnvloed door het weer (hoewel de kwaliteit van de waarnemingen beter is bij goed weer!).
- Radiotelescopen doen dag en nacht waarnemingen (hoewel de zon sommige waarnemingen nadelig beïnvloedt!).
- Een nadeel is dat scherpe beelden die alle details van een hemellichaam tonen, moeilijker te maken zijn dan afbeeldingen op bijvoorbeeld optische golflengten. Dit heeft te maken met de "scherpte" van een radiotelescoop. Dit wordt hieronder nader uitgelegd.
- Het andere negatieve aspect is dat een ingewikkelde procedure nodig is om afbeeldingen van de waargenomen objecten te kunnen maken (of anders gezegd: de waarnemer ziet de afbeeldingen niet meteen). Er zijn dus heel krachtige computers nodig.

### De (in theorie) gemakkelijke weg is één schotel



*De werking van een radio-astronomische antenne: De radiosignalen vanuit een bepaalde richting aan de hemel bereiken het parabolische oppervlak van de telescoop en worden gespiegeld naar het brandpunt. In de ontvanger die in dit brandpunt zit wekt dit radiosignaal een elektrische stroom op. Deze elektrische stroom wordt vele duizenden keren versterkt. Dit signaal gaat door een kabel naar het controlecentrum waar het nogmaals wordt versterkt en wordt omgezet in een meer begrijpelijke vorm die in de computer wordt opgeslagen en waarvan een afbeelding kan worden gemaakt.*

De telescoop moet twee belangrijke eigenschappen hebben om echt effectief te zijn en de waarnemer in staat te stellen om zwakke en verre hemellichamen waar te nemen:

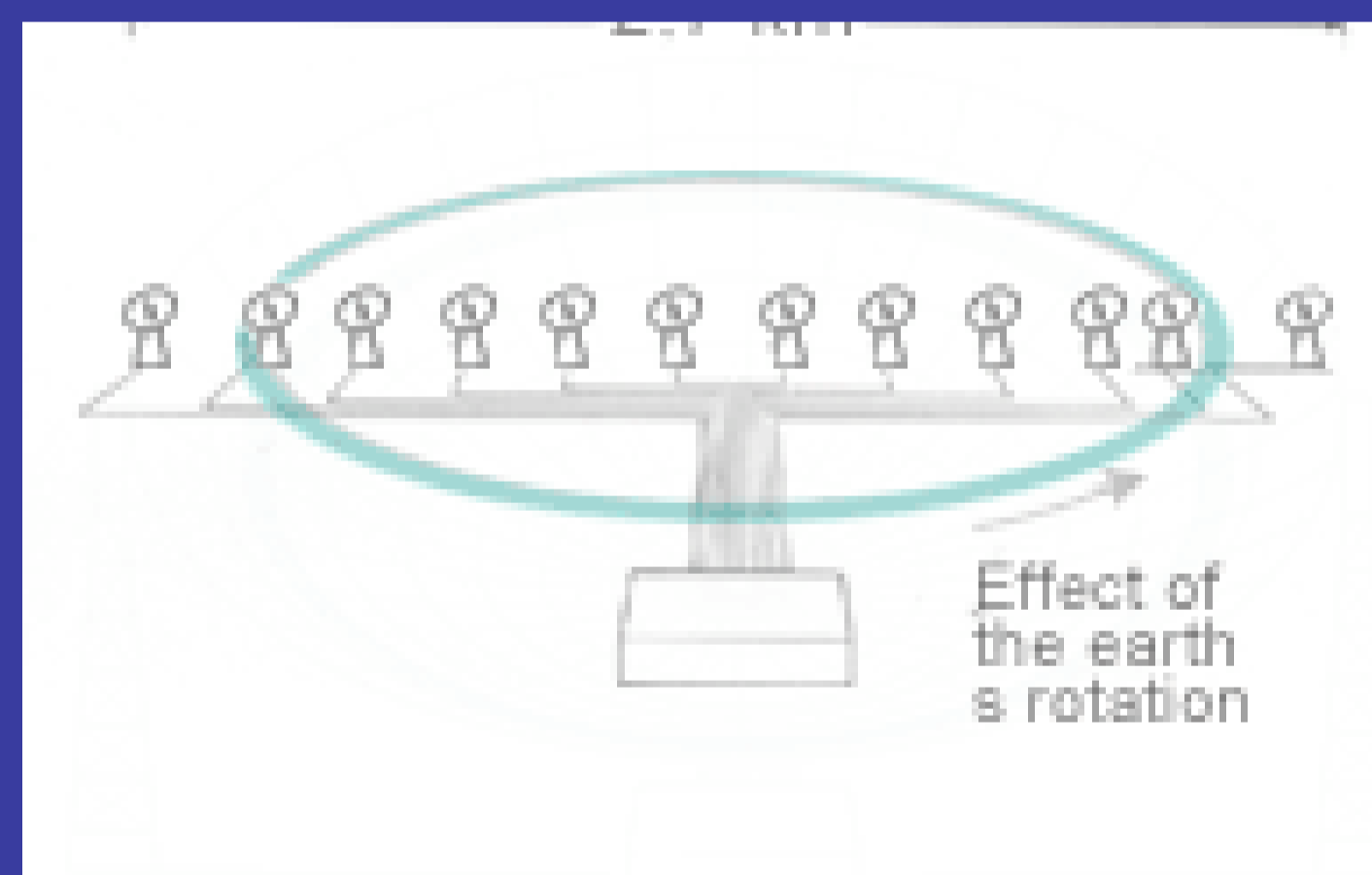
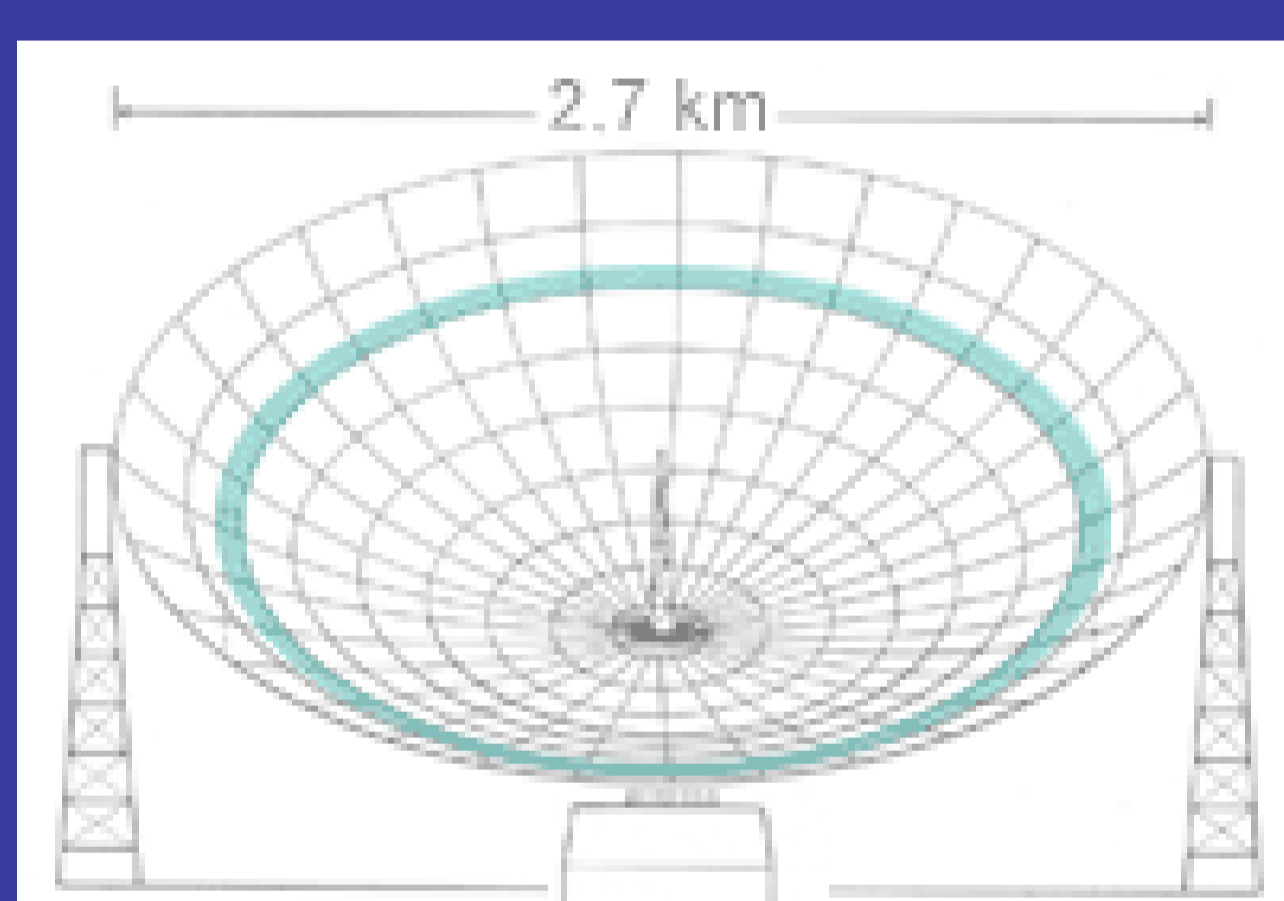
- de telescoop moet een groot oppervlak hebben (grote telescopen kunnen meer elektromagnetische straling opvangen en daardoor zwakkere objecten waarnemen);
- de scherpte moet zo goed mogelijk zijn (om objecten die dicht bij elkaar staan toch nog als aparte objecten te onderscheiden).

Goede scherpte is zeer belangrijk voor de radio-astronomie. Een grote telescoop kan objecten die dicht bij elkaar staan beter van elkaar onderscheiden. De diameter van de telescoop moet zeer vele malen groter zijn (liefst zoveel mogelijk!) dan de golflengte van de radiosignalen die worden opgevangen. Anders gezegd, hoe langer de golflengte van de radiosignalen die wij als radio-astronomen willen ontvangen, hoe groter de telescoop moet zijn om dezelfde scherpte te verkrijgen.

Een optische telescoop met een diameter van 10 cm levert al de best verkrijgbare resolutie vanaf de grond. Dit komt door de versturende invloed van de atmosfeer. Zo'n telescoop levert een scherpte van ongeveer 1 boogseconde. Dit betekent dat twee personen te onderscheiden zijn die 1 meter van elkaar af staan op een afstand van 200 kilometer.

Daarentegen onderscheidt een radioschotel van 30 meter (een gangbare grootte van een radiotelescoop met één schotel) de twee mensen pas als zij dichterbij dan 60 meter staan. Om dezelfde scherpte te verkrijgen als die van de optische telescoop is een parabool van meer dan 1 kilometer nodig en dat is met de huidige technologie onmogelijk te bouwen!

Dit is de grote beperking van de radiotelescopie met één schotel. Uitzondering is de 300-m telescoop in Arecibo. Maar doordat deze in een vallei staat en niet kan worden gericht, bestrijkt deze slechts een klein deel van de hemel waarbinnen objecten kunnen worden bekeken. In de begintijd van de radio-astronomie was dit lange tijd de grootste beperking; het was niet mogelijk om vergelijkbare informatie te verkrijgen als die van de optische telescopen. Doordat de scherpte zo slecht was, bleek het erg moeilijk om vast te stellen welk hemelobject, waargenomen door optische telescopen, nu echt de radiosignalen uitzond.



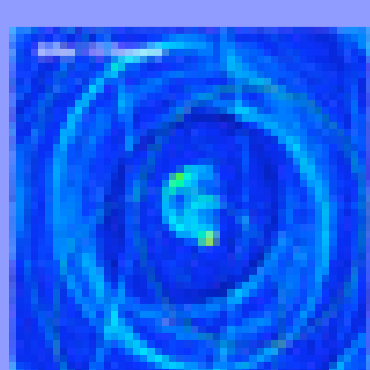
### De ingewikkelde methode: interferometrie

Om het probleem van de scherpte op te lossen wordt er binnen de radio-astronomie nu gebruik gemaakt van een techniek die *interferometrie* heet (de WSRT is hier een voorbeeld van). De gedachte hierachter is dat het niet echt nodig is om een "gevlude" schotel te hebben zolang de signalen van de 'afzonderlijke' delen van de telescoop maar kunnen worden gecombineerd. Anders gezegd: een grote schotel als Arecibo hoeft eigenlijk niet gemaakt te worden in de vorm van één grote "gevlude schotel" want als we wat stukken ervan zouden afhaken, zou het bijna even goed werken wat scherpte betreft. We zouden nog steeds afbeeldingen kunnen maken van het hemellichaam (hoewel het gevlude oppervlak natuurlijk kleiner zou zijn en de telescoop minder gevoelig). Radio-interferometrie werkt volgens dit principe: een aantal afzonderlijke schotelantennes dienen als onderdeel van een enorme radiotelescoop. Deze techniek heet "aperture synthesis" (vrij vertaald: 'oppervlak synthese'). Bij de WSRT worden de 14 schotels (elk slechts 25 m groot) gecombineerd tot één grote telescoop met een doorsnede van 2,7 km, zijnde de afstand tussen de twee buitenste schotels.

Om dit mogelijk te maken zijn twee dingen van belang:

- de signalen afkomstig van elke schotel moeten op een samenhangende wijze tot één signaal worden gecombineerd. Dit betekent dat de signalen moeten worden gecombineerd alsof zij in het brandpunt van één grote schotel zouden aankomen. Echter, de weg die een golf moet afleggen voor de ene schotel is langer dan voor de ander en daardoor komt het signaal van de ene schotel later aan dan dat van de andere schotel. Er is dus een relatieve vertraging. Dit betekent dat het dal van een golf op de ene schotel zou kunnen aankomen terwijl een piek op datzelfde moment bij de andere schotel aankomt. Als deze signalen blind zouden worden gecombineerd, dan dempen deze signalen (in het slechtste geval) elkaar uit! Er moet voor deze vertragingen elektronisch worden gecorrigeerd. Nadat deze correctie heeft plaatsgevonden, worden de signalen van alle schotels door een krachtige computer gecombineerd.

De antennes die een interferometer vormen staan gewoonlijk over een gebied verspreid en het lijkt er niet op dat zij deel uitmaken van één enorme schotelstructuur. In Westerbork bijvoorbeeld staan de telescopen opgesteld langs een oost-west lijn. Hoe kan het zijn dat deze een 2,7 km grote ronde radiotelescoop nabootsen? De draaiing van de aarde rondom zijn as helpt dit probleem op te lossen. Waarnemingen met de WSRT duren doorgaans 12 uur. In die twaalf uur draait de aarde half om zijn as. Vanuit het gezichtspunt van de radiobron aan de hemel verandert de positie van de WSRT schotels voortdurend en aan het eind van 12 uur waarnemen hebben de 14 WSRT-antennes een cirkel gemaakt. Dit vult de denkbeeldige enorme enkelvoudige schoteltelescoop op. Hoe meer antennes ter beschikking staan, hoe meer de denkbeeldige schotel is gevuld en hoe beter de afbeeldingen zijn die kunnen worden gemaakt. Een andere manier om dit te begrijpen is dat vanwege de ééndimensionale array-richting van de schotels, zij op een enkel moment in de tijd een beeld geven dat slechts in één richting "scherp" is. Het instrument maakt vervolgens gebruik van de draaiing van de aarde om de bron vanuit de diverse standpunten te bekijken en zo wordt een gebundeld beeld samengesteld dat in alle richtingen scherp is.



**Bekijkt u de film** die laat zien hoe de afbeelding tijdens een 12-uurs waarneming wordt opgebouwd. Eerst ziet u een lange, smalle, bijna horizontale bundel; deze bundel draait naarmate meer gegevens worden verzameld. Aan het eind van de waarneming (na 12 uur) is de afbeelding compleet. De prominent aanwezige ringen rond heldere, compacte bronnen zijn het gevolg van het feit dat wij informatie hebben verzameld door middel van een set concentrische ringen in plaats van één volledig schoteloppervlak (of anders gezegd: er zitten grote gaten in de telescoop....).