

Zijn sterren rond?

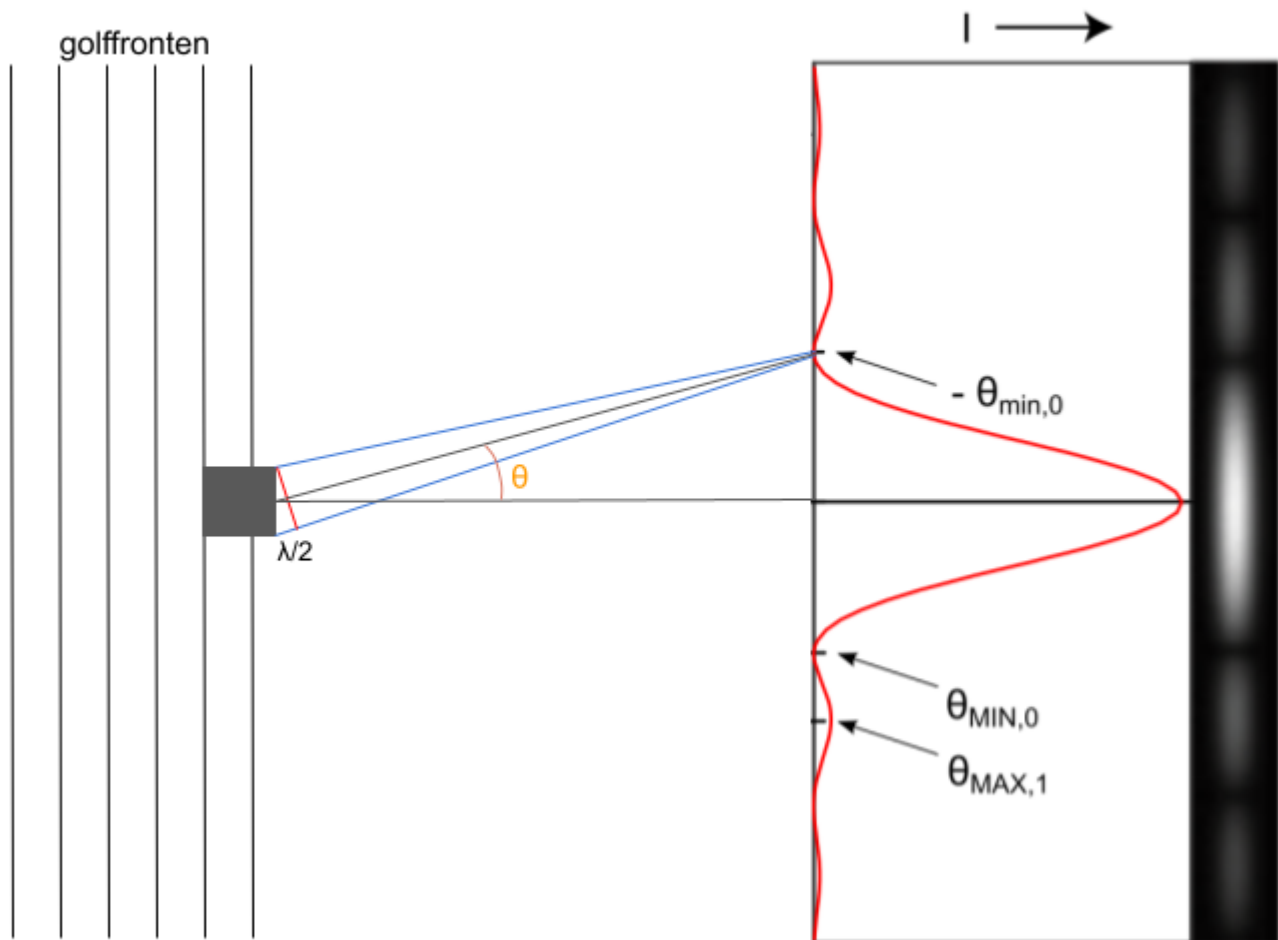
Wanneer je naar de foto's van bijvoorbeeld de Hubbletelescoop of de nieuwe James Webb Space Telescope (JWST) kijkt, zie je, zoals in de afbeelding hieronder, altijd een patroon van lijnen die snijden op de plek van een heldere ster. Ook als je iemand vraagt een ster te tekenen, is de kans groot dat je een soort puntig object te zien krijgt, zoals een davidster of een pentagram. Je hebt je misschien wel eens afgevraagd hoe dit kan. Sterren zijn toch zeker rond? Toch zien we ook met gewone camera's en zelfs met onze ogen heel heldere lichtbronnen als kruisjes, in plaats van puntjes. De reden: de diffractie van licht.



Afbeelding 1. Stephans kwintet door de JWST. Deze afbeelding van een cluster van vijf sterrenstelsels genaamd Stephans kwintet is gemaakt door de JWST. Op de voorgrond is een aantal sterren te zien, met de achtpuntige kruisjes (let ook op de twee kleinere horizontale punten!) waar ik het in dit artikel over zal hebben. Foto: NASA.

DiffRACTIE treedt op wanneer golven om een object heen bewegen, of door een gat in een object. In het eerste geval kan je je voorstellen dat een licht₁golf tegen een object aanbotst en de golf in tweeën splitst, waarbij de helft linksom gaat en de andere helft rechtsom. Vervolgens combineren de golven aan de andere kant weer, waarbij ze met elkaar *interfereren*. Dat wil zeggen: daar waar beide golven een piek of beide golven een dal

hebben versterken ze elkaar, zogenoemde *constructieve* interferentie, maar daar waar de ene golf een piek heeft en de ander een dal, heffen ze elkaar op, wat we *destructieve* interferentie noemen. Zo ontstaat achter het object een zogenaamd interferentiepatroon, zoals te zien in afbeelding 2.

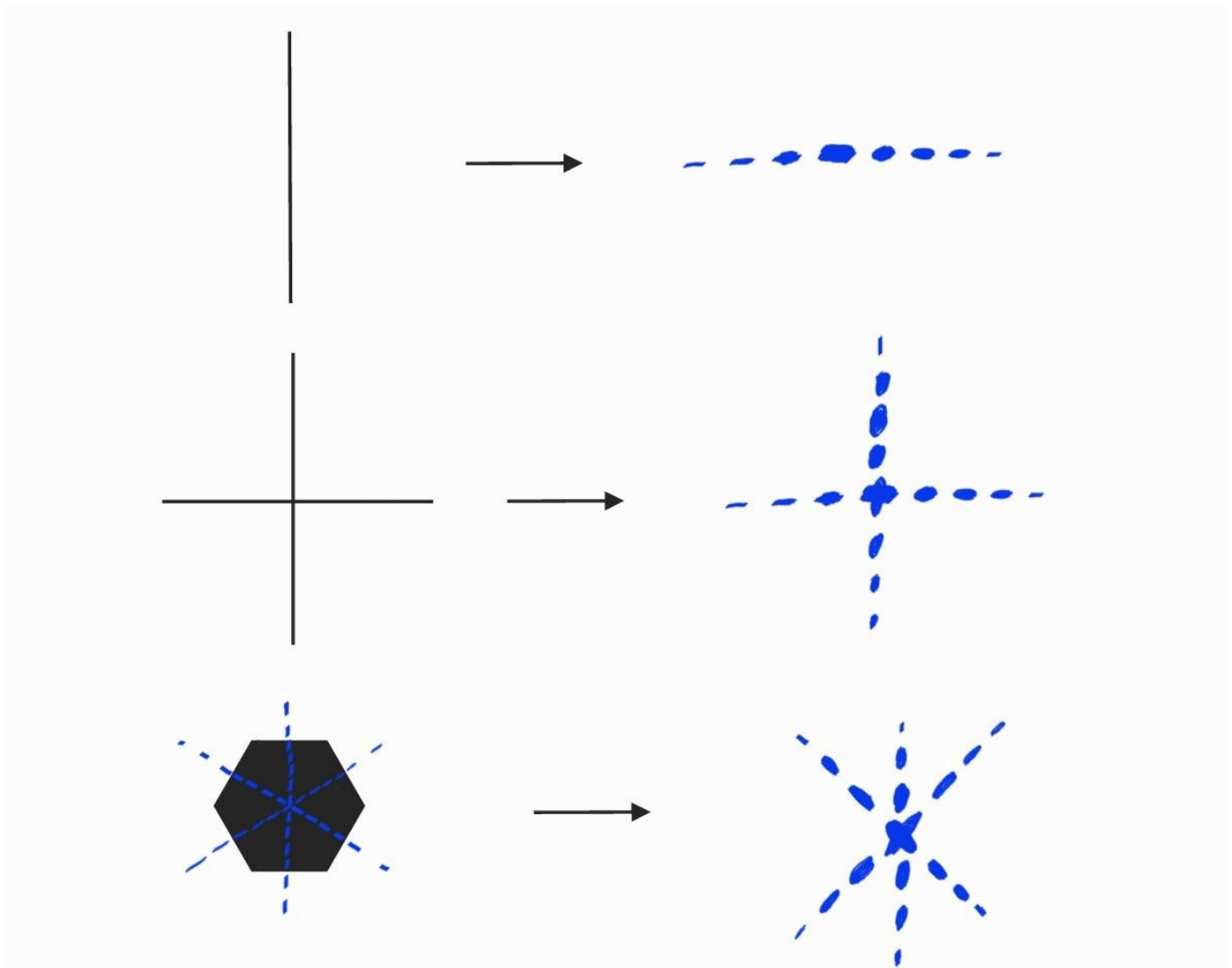


Afbeelding 2. Interferentiepatroon door diffractie. Deze afbeelding toont links een aantal golffronten die botsen op een object en dus opsplitsen. Nadat de golven het object passeren combineren ze weer, en afhankelijk van het verschil in de afstand die de golven moeten afleggen, interfereren ze constructief of destructief. Zoals getoond is er destructieve interferentie als het verschil in de afstand een halve golflengte ($\lambda/2$) is, wat resulteert in de rechts geplote lichtintensiteit als functie van de hoek θ en het getoonde interferentiepatroon. Afbeelding: Wikipedia, met aanpassingen van auteur.

Zo'n patroon ontstaat doordat de twee golven een andere afstand moeten afleggen. Wanneer een van de golven een geheel aantal golflengtes meer of minder afstand moet afleggen is er constructieve interferentie, en wanneer er een verschil is van nog een halve

golflengte meer of minder in de afstand die ze afleggen, dan is er destructieve interferentie. Daardoor vindt er op een scherm achter de obstructie afwisselend constructieve en destructieve interferentie plaats en is er dus afwisselend veel of weinig licht.

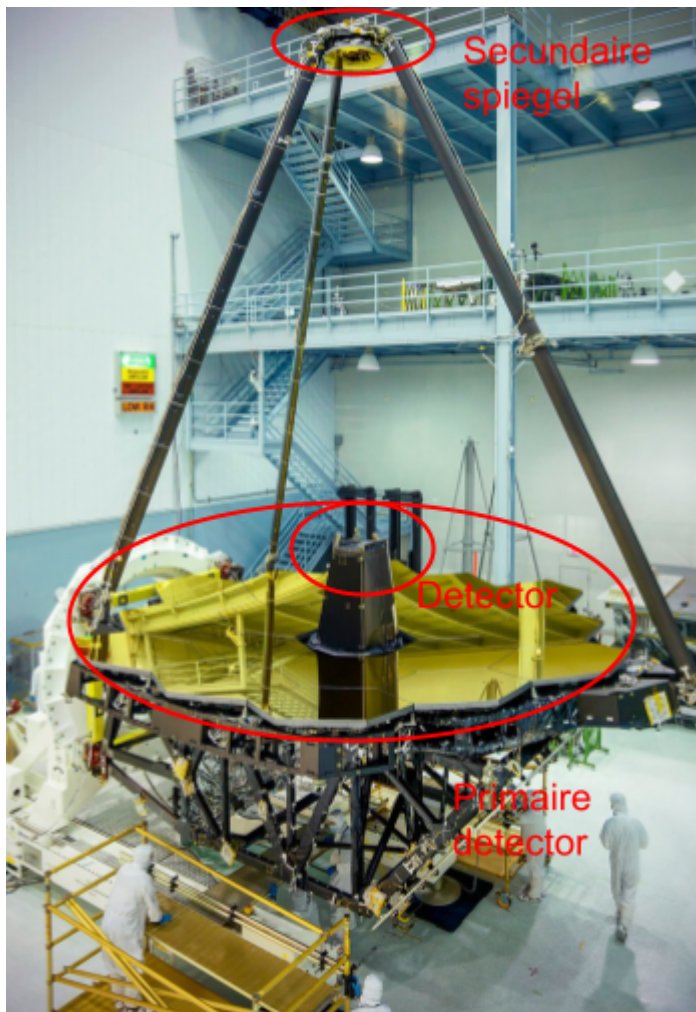
Daarnaast is er het verschijnsel dat, wanneer een lichtbron meerdere kleuren licht en dus meerdere golflengtes uitzendt, de verschillende golflengtes licht andere afstanden hebben tussen de pieken en dalen van hun interferentiepatroon. Dat resulteert in een regenboogpatroon als de verschillende golflengtes het zichtbare spectrum omvatten. Ten slotte, en hier het meest van belang: wanneer je het object waartegen het licht valt (of het gat waar het licht doorheen schijnt) een andere vorm geeft, krijgt het interferentiepatroon ook een andere vorm, zoals te zien in afbeelding 3.



Afbeelding 3. Interferentiepatronen bij verschillende obstructies. Deze afbeelding toont schematisch hoe verschillende obstructies (links) leiden tot verschillende

interferentiepatronen (rechts). In de onderste tekening is links ook aangegeven langs welke assen diffractie optreedt.

Om te begrijpen hoe diffractie de kruisjes op sterrenfoto's veroorzaakt, moeten we het eerst hebben over hoe zo'n telescoop werkt. De manier waarop telescopen zoals de Hubbletelescoop of de JWST grofweg werken, is dat er een grote, subtiel gebogen spiegel is die zo veel mogelijk licht opvangt en dat allemaal reflecteert in de richting van een kleinere spiegel die het weer terugreflecteert door een gat in het midden van de grote spiegel. Daar wordt het licht in beelden omgezet. Voor de JWST zien we deze constructie in afbeelding 4. De kleinere spiegel moet met houders op de juiste plek ten opzichte van de grote spiegel vastgehouden worden. Wat gebeurt er als het licht om deze houders heen beweegt? Juist: diffractie!



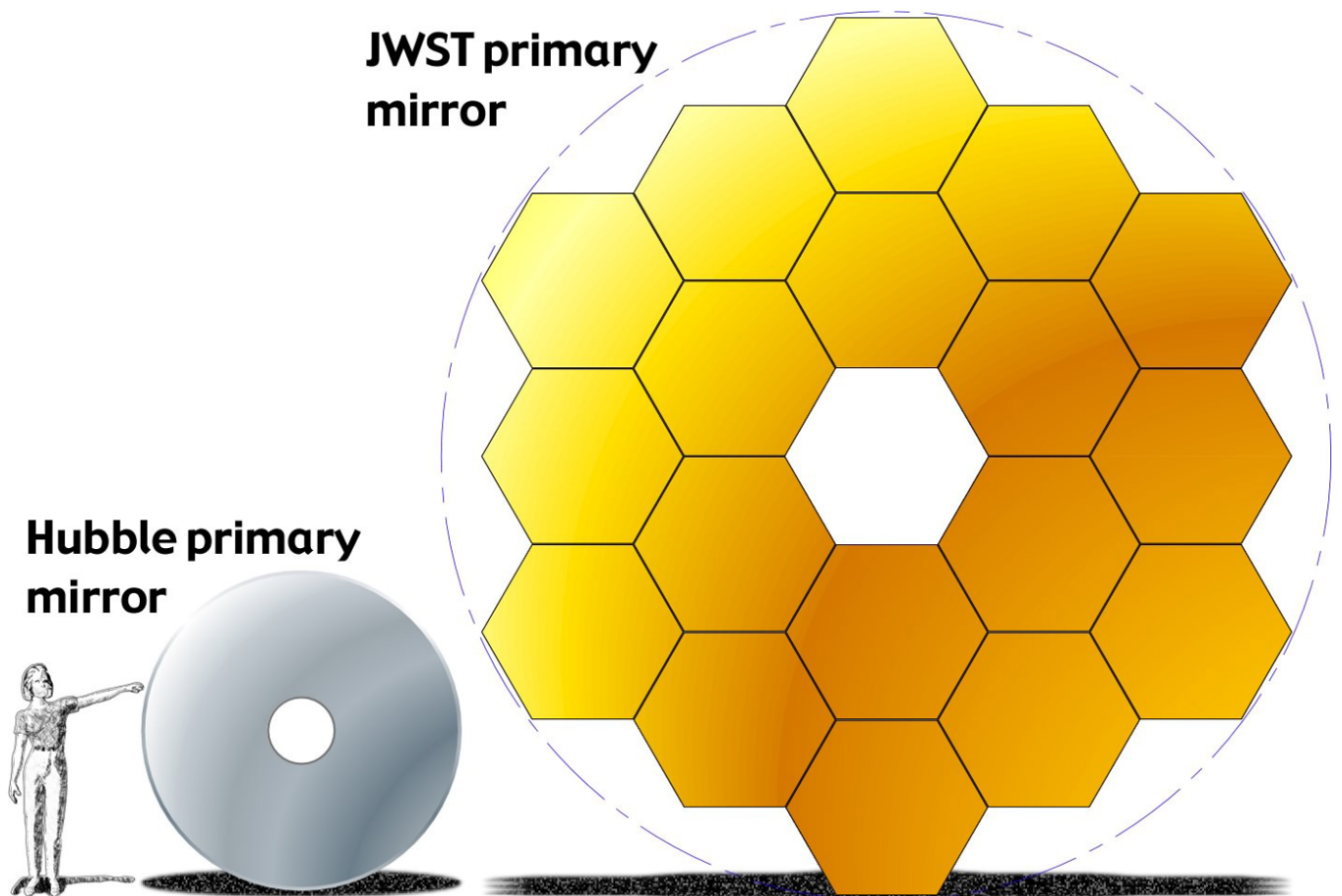
Afbeelding 4. De spiegels van JWST. Deze afbeelding toont de twee spiegels en de detector van de JWST. Licht wordt verzameld in

de grote, primaire spiegel, gereflecteerd naar de kleine, secundaire spiegel, en ten slotte weer gereflecteerd naar de detector. Foto: NASA, met annotaties van de auteur.

De Hubbletelescoop heeft vier armen die de kleine spiegel op zijn plek houden en samen een kruis vormen. Dat verklaart dus het vierpuntige interferentiepatroon dat te zien is op de Hubble foto's - zie afbeelding 5. Bij de foto's van de JWST, zoals die in afbeelding 1, heeft het interferentiepatroon juist acht punten - zes grote en twee kleinere. Hierdoor kan je eenvoudig aan sterrenfoto's herkennen of ze met de Hubbletelescoop of met de JWST zijn gemaakt - dat merkten we ook al op in dit [artikel](#). Wordt de kleine spiegel van de JWST dan met acht armen vastgehouden? Nee, dat zou wat overdreven zijn. Bij de JWST komen zes van de acht punten (de grootste punten) van diffractie tegen de grote spiegel zelf. Deze is namelijk opgebouwd uit regelmatige zeshoeken, zoals te zien in afbeelding 6. We hebben eerder gezien dat regelmatige zeshoeken een zespuntig interferentiepatroon geven. De twee extra punten komen door de drie armen die de kleine spiegel van de JWST vasthouden. Die zijn zo uitgelijnd dat één van de punten overlapt met een van de punten die resulteren uit de diffractie tegen de spiegels; de andere twee armen zie je dus in het interferentiepatroon terug.



Afbeelding 5. Hubblefoto van een ster. Deze afbeelding toont een foto van een ster, genomen door de Hubbletelescoop. Je kan duidelijk de vierpuntige ster zien, die een gevolg is van diffractie. Foto: NASA.



Afbeelding 6. De spiegels van Hubble en JWST. Deze afbeelding laat de primaire spiegels van de Hubbletelescoop en de JWST zien, in de werkelijke verhouding. De spiegel van de JWST bestaat uit kleinere, zeshoekige spiegels. Afbeelding: NASA.

Je kan je afvragen waarom de constructeurs in hemelsnaam een spiegel uit regelmatige zeshoeken hebben gebouwd, als dat zo'n groot effect heeft op het beeld. Je moet je echter realiseren dat de doorsnede van de gehele spiegel 6,5 meter is, en dat je zoiets niet zomaar de ruimte in schiet. De spiegel moest daarom uit segmenten bestaan die opgevouwen kunnen worden, en die wanneer ze zijn uitgevouwen naadloos op elkaar aansluiten. Op die manier zitten er geen gaten in de spiegel en vormen de onderdelen vervolgens samen ongeveer een cirkel. Dat is van belang, aangezien alleen een cirkelvormige spiegel het beeld zo focust dat het niet in een bepaalde richting vervormd wordt. Regelmatige zeshoeken zijn hiervoor de ideale kandidaat.²

Ten slotte: hoe kan het nu dat we dit effect ook vaak met gewone camera's zien, en zelfs met het blote oog – niet alleen bij sterren, maar ook bijvoorbeeld bij lampen? Het effect bij een

camera is simpel te verklaren. Zoals eerder gezegd treedt diffractie ook op wanneer het licht door een gat heen moet, zoals de lensopening van een camera. Ook die kan natuurlijk een bepaalde vorm hebben; in een camera is het vaak het verstelbare diafragma dat niet rond maar hoekig is. Bij onze ogen ligt het net anders. De lenzen van onze ogen bevatten kleine imperfecties en lijnen waar de vezels van het organische materiaal samenkomen, en ook die zorgen voor diffractie. Dat imperfecties in onze ogen van persoon tot persoon verschillen zorgt ervoor dat, hoewel iemand bij alle sterren hetzelfde kruisje ziet³, alle mensen dat kruisje wel op een net andere manier zien. Hoe kijk jij naar de sterren – als Hubble, of als de JWST?

^[1] Dit effect geldt overigens voor alle soorten golven, en ook voor deeltjes, aangezien die zich ook als golf kunnen gedragen. Dit verhaal komt je daarom misschien wel bekend voor als je wel eens over het bekende tweespletenexperiment hebt gelezen, waarover ik het in mijn vorige [artikel](#) ook al had.

^[2] Daarnaast versimpelen de zeshoeken ook aanzienlijk het uitlijningsproces.

^[3] Probeer de volgende keer als je naar de sterren kijkt eens of je een verschil kan zien als je ofwel je linker ofwel je rechteroog sluit. Aangezien je ogen onderling ook verschillen, zou je dan ook twee verschillende kruisjes moeten zien, hoewel het verschil misschien klein is.