

Ster- en planeetbedekkingen door de verduisterde maan

Bedekkingen van sterren door de maan zijn een alledaags verschijnsel. Veel zeldzamer is echter de bedekking van een heldere ster (omdat hun aantal zo gering is) of van een planeet. Nog veel zeldzamer is de bedekking van zo'n heldere ster of planeet door de verduisterde maan. Slechts elf sterren helderder dan de 4e grootte komen hiervoor in aanmerking, waaronder één van de 1e grootte (Regulus). Helaas zal niemand van ons ooit zo'n verschijnsel kunnen waarnemen.

— 'De maan was geheel bedekt met een bloedrode kleur op de 8e calendae december (= 24 nov) 755, toen hij een ouderdom had van 15 dagen en dus vol was; en daarna, terwijl de duisternis langzaam minder werd, herkreeg hij zijn oorspronkelijke helderheid. En verwonderlijkerwijs was er een heldere ster die de maan zelf volgde en er door heen ging, en zich nadat de maan was opgelicht op een even grote afstand voor hem uit bevond, als hij de maan gevolgd had vóór de verduistering.'

Op deze wijze geeft een Engelse kroniekschrijver het ooggetuigeverslag van een even verbazingwekkend als uniek verschijnsel: een bedekking van de heldere planeet Jupiter door de maan tijdens een totale maansverduistering. Men kan zich licht voorstellen dat een dergelijke gebeurtenis zeer opvallend moet zijn. Dat dit inderdaad het geval is blijkt wel uit het feit dat het ook in de achtste eeuw de aandacht wist te trekken en werd opgetekend.

Wij hebben ons nu afgevraagd of wij ook het geluk zullen hebben zoiets te aanschouwen, en ster- en planeetbedekkingen tijdens maansverduisteringen berekend voor de periode 0 tot 3000. Het blijkt hierbij helaas, dat geen van ons ooit een bedekking van een heldere ster of planeet door de verduisterde maan zal kunnen waarnemen, tenzij de medische wetenschap op korte termijn zo'n reusachtige sprong voorwaarts maakt dat wij een ouderdom van 400 jaar kunnen bereiken; en zelfs dan zullen wij er een reis naar de Stille Oceaan voor over moeten hebben. In het andere geval zullen wij ons tevreden moeten stellen met enkele bedekkingen van sterren van de derde grootte, die overigens helaas in Nederland niet te zien zijn. Het enige wat voor ons verder overblijft is een, overigens zeer fraaie,

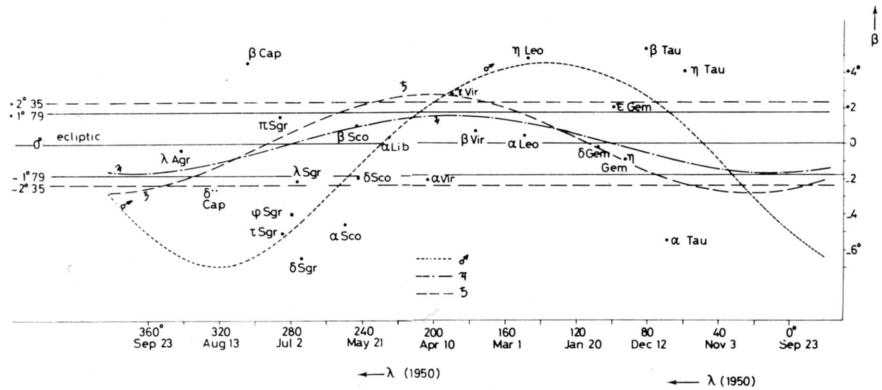


Fig. 1. Tijdens een totale maansverduistering zal er eerder een zwakke ster door de maan worden bedekt dan een heldere. Dit komt doordat het aantal zwakke sterren veel groter is dan het aantal heldere. Hier ziet men de eclips van 18 november 1956, gefotografeerd door Tombough en Smith van 07^h07^m15^s tot 07^h22^m15^s (UT) met de 30-cm refractor van de Lowell sterren-

wacht. Er werd gevolgd op de heldere krater Aristarchus. Tijdens dit volgen verdwenen en verschenen er verscheidene zeer zwakke sterren (van)achter de maanrand. De dwarsstreepjes geven 'verdachte objecten' aan. Het doel van de opname was namelijk het zoeken naar mogelijke satellietjes van de maan (zonder succes overigens).



Fig. 2. Posities van sterren en van de planeten tijdens hun oppositie ten opzichte van de ecliptica. De verticale schaal is hier sterk overdreven. De lengte en de datum waarop de planeet of ster in oppositie met de zon staat voor epoch 1950.0 zijn op de x-as aangegeven. De uiterste grenzen waarbinnen verschillende typen bedekkingen mogelijk zijn, zijn eveneens aangegeven.



conjunctie van de totaal verduisterde maan met Saturnus in 1996. Ondanks deze mage-re oogst is het onderwerp toch zo intere-sant, dat wij in het onderstaande weerge-ven wat wij zoal gevonden hebben. De vol-leidge resultaten zijn gepubliceerd in een tweetal artikelen in de *Journal of the Bri-tish Astronomical Association* (1974 en 1977).

Grens van de bedekkingszone

In het algemeen geldt, dat alle hemellicha-men die zich op minder dan $6^{\circ},6$ van de ecliptica bevinden door de maan kunnen worden bedekt. Dit zijn de planeten, vier sterren van de eerste grootte en een groot aantal zwakkere sterren. De verduisterde maan bevindt zich echter altijd veel dichter bij de ecliptica, en daarom zijn er veel minder sterren die onder deze omstandighe-den bedekt kunnen worden. De kernschaduw van de aarde heeft op maansaf-stand een maximale straal van $0^{\circ},76$, zodat gezien van het centrum van de aarde ster-ren en planeten die zich op minder dan deze afstand van de ecliptica bevinden, door het verduisterde gedeelte van de maan be-dekt kunnen worden. Naarmate men echter noordelijker op de aarde komt, ziet men de maan op een zuidelijker breedte (ten ge-volge van zijn parallactische verschuiving). Ergens bij de noordpoolcirkel bereikt de schijnbare positie van de maan zijn grootste zuidelijke waarde; de kernschaduw heeft

dan zijn uiterste zuidelijke begrenzing op $-1^{\circ},79$.

Uit deze redenatie volgt wel, dat alleen hemellichamen die zich dichters dan $1^{\circ},79$ bij de ecliptica bevinden, vanaf de aarde gezien door de verduisterde rand van de maan bedekt kunnen worden. Dit zijn 11 sterren helderder dan de 4e grootte, waar-van één van de eerste grootte (Regulus). Bovendien zijn er nog zes (waaronder Spi-ca) die zich op minder dan één maans-diameter van deze grens bevinden en dus wel tijdens verduisteringen bedekt kunnen worden, maar alleen tijdens gedeeltelijke en dan nog aan de onverduisterde rand. De uiterste breedte waar dit laatste moge-lijk is, bedraagt $2^{\circ},35$ ten noorden of ten zuiden van de ecliptica. Ook de buitenplan-etten kunnen zich binnen deze stroken be-vinden en dus tijdens verduisteringen be-dekt worden; de binnenplaneten vallen na-tuurlijk af, omdat zij nooit in oppositie met de zon kunnen komen. In fig. 2 zijn de po-sities van de sterren, en die van de plan-etten tijdens hun oppositie aangegeven, en ook de bovengenoemde grenzen van $1^{\circ},76$ en $2^{\circ},35$.

Omdat voor een gegeven plaats op aarde de maanparallax maar bepaalde waarden kan aanemen, is het aantal sterren dat daar bedekt kan worden doorgaans veel geringer dan gerekend voor de gehele aarde. Voor Nederland bijvoorbeeld kunnen slechts vijf sterren helderder dan de vierde grootte door de verduisterde kant van de maan bedekt worden, namelijk de sterren μ , η , δ in de Tweelingen, ρ in de Leeuw'en

λ in de Waterman. Voorts kunnen Regulus, Spica, β Vir, α Lib, δ Sco, θ Oph en λ Sgr bij ons nog bedekt worden aan de verlichte rand van de maan tijdens een gedeeltelijke verduistering. Op sommige plaatsen op aarde is de situatie veel gunstiger. De planeten kunnen echter in principe wel overal op aarde bedekt worden, omdat (afhankelijk van de oppositiedatum) hun breedte varieert.

Omdat een bedekking van een hemelli-chaam door de verduisterde maan alleen maar plaats kan vinden als deze zich nabij zijn oppositie met de zon bevindt, ligt voor sterren de datum in het jaar waarop dit kan gebeuren ongeveer vast. Regulus zal bij-voorbeeld slechts omstreeks 18 februari door de verduisterde maan bedekt kunnen worden, α Lib rond 5 mei, Spica 13 april enzovoort. Planeten kunnen echter op ieder tijdstip in oppositie komen. Of zij dan be-dekt kunnen worden door de verduisterde maan, en zo ja, waar dit op aarde kan ge-beuren, hangt dan af van hun breedte op dat moment. Uit fig. 2 zien wij dat Jupiter in principe bij iedere oppositie bedekt kan worden, maar Mars en Saturnus alleen als zij zich tijdens de oppositie niet te ver van hun knoop bevinden. Hierdoor liggen, voor-al voor Mars, de data waarop deze plan-etten bedekt kunnen worden door de ver-duisterde maan toch vast in het jaar.

Fig. 3. Schematische weergave van bedekkingen tijdens verduisteringen. De symbolen geven verschillende typen weer. Staan deze tussen haakjes, dan wordt het object slechts door de verlichte rand van de maan bedekt. (Umbra = kernschaduw).

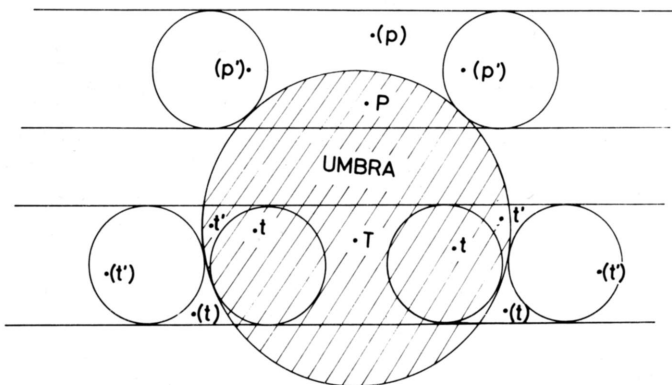
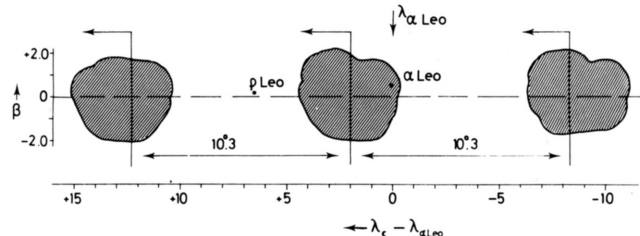


Fig. 4. Gebieden aan de ecliptica nabij Regulus (α Leo) die bedekt zijn (worden) door de verduisterde maan in de periode 1900-2030.



Groot aantal typen bedekkingen

Een bedekking door de verduisterde maan kan op verschillende wijzen tot stand komen. Tijdens een gedeeltelijke verduistering kan bijv. voor sommige waarnemers intrede en uitrede aan de verduisterde rand gebeuren, maar op andere plaatsen op aarde gebeurt de bedekking dan aan de verlichte rand. Er zijn dan natuurlijk ook plaatsen waar in het geheel geen bedekking gebeurt en slechts een (nauwe) conjunctie plaats vindt. Op deze wijze kan men een groot aantal typen bedekkingen onderscheiden. Bij het hierboven beschreven geval van Jupiter in 755 gebeurden in- en uitrede op sommige plaatsen tijdens de totaliteit, maar voor de kroniekschrijver in Engeland alleen de intrede, terwijl de uitrede tijdens de hierop volgende partiële fase plaatsvond. Het is hierbij wel zo dat, als ergens de intrede aan de donkere kant gebeurt, de uitrede daar doorgaans ook aan de verduisterde rand plaatsvindt. In fig. 3 zijn een aantal typen bedekkingen schematisch weergegeven.

Om nu een idee te krijgen hoe deze verschijnselen in de tijd verdeeld zijn, is in fig. 4 voor een gedeelte van de ecliptica (nabij Regulus) weergegeven, waar sterren bedekt zijn en worden door de verduisterde maan voor de periode 1900-2030. Met andere woorden: in deze figuur zijn alle posities die de maan heeft (gehad) tijdens de totale en partiële fase bij elkaar opgeteld. Men ziet hieruit dat verduisteringen slechts op enkele gebiedjes aan de hemel gebeuren! Het blijkt nu dat er over de gehele hemel 35 van deze gebiedjes bestaan, en dat hun onderlinge afstand dus gemiddeld $10^{\circ},3$ bedraagt. Het zijn ongeveer cirkeltjes met een straal van ongeveer 2° ; deze waarde hangt natuurlijk samen met de bovengenoemde uiterste grens van $2^{\circ},35$. Zou men alleen bedekkingen aan de verduisterde rand van de maan beschouwen, dan zijn de cirkeltjes natuurlijk kleiner en hebben ze een straal van iets meer dan $1^{\circ},5$.

Het blijkt nu dat deze gebiedjes in de loop der eeuwen langzaam van plaats veranderen. Hun beweging is rechtlopend, en na ongeveer 800 jaar zijn alle gebiedjes één plaats opgeschoven. Hieruit volgt dat er in de loop van deze 800 jaar een periode is waarin voor een bepaalde ster bedekkingen mogelijk zijn; deze periode wordt gevolgd door een langere periode waarin geen bedekking of zelfs maar een conjunctie met de verduisterde maan kan gebeuren. Voor Regulus bijvoorbeeld waren er dit soort bedekkingen in de perioden 64-408, 864-1162 en 1710-1943, terwijl de volgende reeks eerst in 2445 begint. In het totaal waren er vanaf het begin van de jaartelling 35 bedekkingen van Regulus door de verduisterde maan, die dus alle in de bovengenoemde tijdvakken plaatsvonden. Tussen deze perioden in stond de ster nooit dicht bij de verduisterde maan. Uit de figuur zien wij tevens, dat ρ Leo thans niet bedekt kan worden: de volgende serie voor deze ster begint over ongeveer twee eeuwen. Aangezien de maan van rechts naar links beweegt in de figuur, is het duidelijk dat

zo'n reeks bedekkingen begint met bedekkingen aan het *eind* van de verduisteringen, en eindigt met bedekkingen die juist aan het *begin* van de verduistering plaatsvinden.

Hoe verder een ster zich van de ecliptica bevindt, des te korter zal zijn reeks bedekkingen zijn. Zo bevindt Spica zich thans wel in de omgeving van een gebiedje aan de hemel waar verduisteringen gebeuren, maar er doet zich geen enkele bedekking voor. Wel zijn er conjuncties gedurende verduisteringen, zoals in 1968 en 2014. Stond de ster dichter bij de ecliptica, dan zouden er bedekkingen plaatsvinden. Gemiddeld gesproken is de frequentie waarmee Regulus bedekt wordt tijdens verduisteringen éénmaal per 75 jaar, en die voor Spica twintig maal lager.

Schrale oogst in 't vooruitzicht

Al met al is het aantal sterbedekkingen tijdens verduisteringen, dat wij de komende jaren te verwachten hebben gering. Tot 2020 zijn het er op aarde slechts vijf: in 1985 en 2004 α Lib, in 1982 en 2001 δ Gem en in 2009 ϵ Gem. De eerste vier verduisteringen zijn totaal en de laatste betreft een (kleine) partiële eclips. Ofschoon zij alle geheel of gedeeltelijk in Nederland zichtbaar zijn, komt het hier in geen enkel geval tot een bedekking. In 1982 en 2001 zien wij de ster echter wel dicht bij de totaal verduisterde maan staan.

De verdeling van planeetbedekkingen tijdens verduisteringen in de tijd wordt op dezelfde wijze bepaald als die van de sterren. Ook hier blijken verduisteringen plaats te vinden in een aantal gebiedjes, die een bepaalde afstand tot de planeet hebben. Ook hier verschuiven deze gebiedjes in de loop van de tijd. Voor Jupiter is deze beweging wel zeer langzaam, en zijn ze pas na omstreeks 3400 jaar één plaats opgeschoven. Dit betekent, dat wij gedurende een zeer lange periode relatief veel bedekkingen hebben, en dat deze gevolgd wordt door een nog langere periode waarin Jupi-

ter nooit in de buurt van de verduisterde maan staat. Zo hadden wij in de periode 103-1531 niet minder dan 19 gevallen, maar er treedt tussen 1531 en 2932 niet één op. Voor Jupiter begint en eindigt zo'n reeks met bedekkingen tijdens gedeeltelijke verduisteringen, en slechts in het midden van de reeks kan de planeet bedekt worden door de totaal verduisterde maan. De volgende reeks bedekkingen van het laatste type start pas rond 3500.

Bij Mars en Saturnus is de situatie anders. Hier bewegen de gebiedjes snel, en daarom zijn *conjuncties* van deze planeten met de verduisterde maan min of meer regelmatig in de tijd verdeeld. Helaas treden hier *bedekkingen* niet vaak op, doordat de planeet zich hiervoor niet te ver van de ecliptica mag bevinden tijdens zijn oppositie, hetgeen vooral bij Mars niet vaak het geval is. Voor Mars blijken er dan ook maar vier gevallen op te treden tussen 0 en 3000; de laatste was in 916 en de volgende in 2488. Saturnus wordt in deze periode 13 keer bedekt; de laatste keer was in 1796 en de volgende keer in 2344. Bovendien was er in 1944 nog een bedekking te zien tijdens een diepe 'bischaduwverduistering, die bijna partieel was. Er treden echter in onze tijd wel verduisteringen op, waarbij de verduisterde maan zich niet ver van één van deze planeten bevindt. Tot 2020 zijn er drie van dit soort gevallen: in 2018 Mars en in 1996 en 2013 Saturnus. Bij de eerste twee is de verduistering totaal en bij de laatste partieel. De conjunctie van 1996 is ook voor ons van belang, daar hij in Nederland zichtbaar zal zijn. De kortste afstand tussen Saturnus en de maan wordt bij ons tijdens de totale fase bereikt; de maan staat dan op ongeveer $2^{\circ},2$ ten noorden van de planeet. Het lijkt een schrale troost, maar de conclusie van dit verhaal kan luiden dat wij kunnen uitzien naar een *prachtige conjunctie* tussen een heldere planeet en de totaal verduisterde maan zoals die in geen eeuwen hier heeft plaatsgevonden, en dat deze binnen de twintig jaar te zien zal zijn.

Jaarverslag 1976 Werkgroep Theoretische Sterrenkunde

De werkgroep is nog in de ontwikkelingsfase. Er is in 1976 nog geen officieel bestuur gekozen. Niettemin zijn er enkele bijeenkomsten geweest en hebben zich 47 belangstellenden gemeld. Op 3 maart 1976 was de eerste bijeenkomst, maar omdat er slechts enkele mensen aanwezig waren, kon niet tot officiële oprichting van de werkgroep worden overgegaan. Er werd toen opnieuw een aankondiging in Zenit geplaatst, waarin de mogelijke activiteiten en doelstellingen van zo'n werkgroep werden omschreven (zie Zenit, 7/8-1976, p. 249). Op 13 november 1976 werd een tweede vergadering belegd op het bureau van de Stich-

ting De Koepel in Utrecht. De belangstelling was toen groot, nl. 21 man. Er werd een inventaris gemaakt van de specifieke belangstelling van de aanwezigen. Men besloot zonedig de groep in te delen in 3 subgroepen: een rekensectie, een astrofysische groep en een filosofisch-theologische groep. Op 11 december 1976 kwamen de volgende onderwerpen aan de orde: de relativiteitstheorie, het twee-lichamenprobleem en de ontstaanstheorie.

D. A. de Jong (secretaris)
Dupperstraat 18
Dordrecht