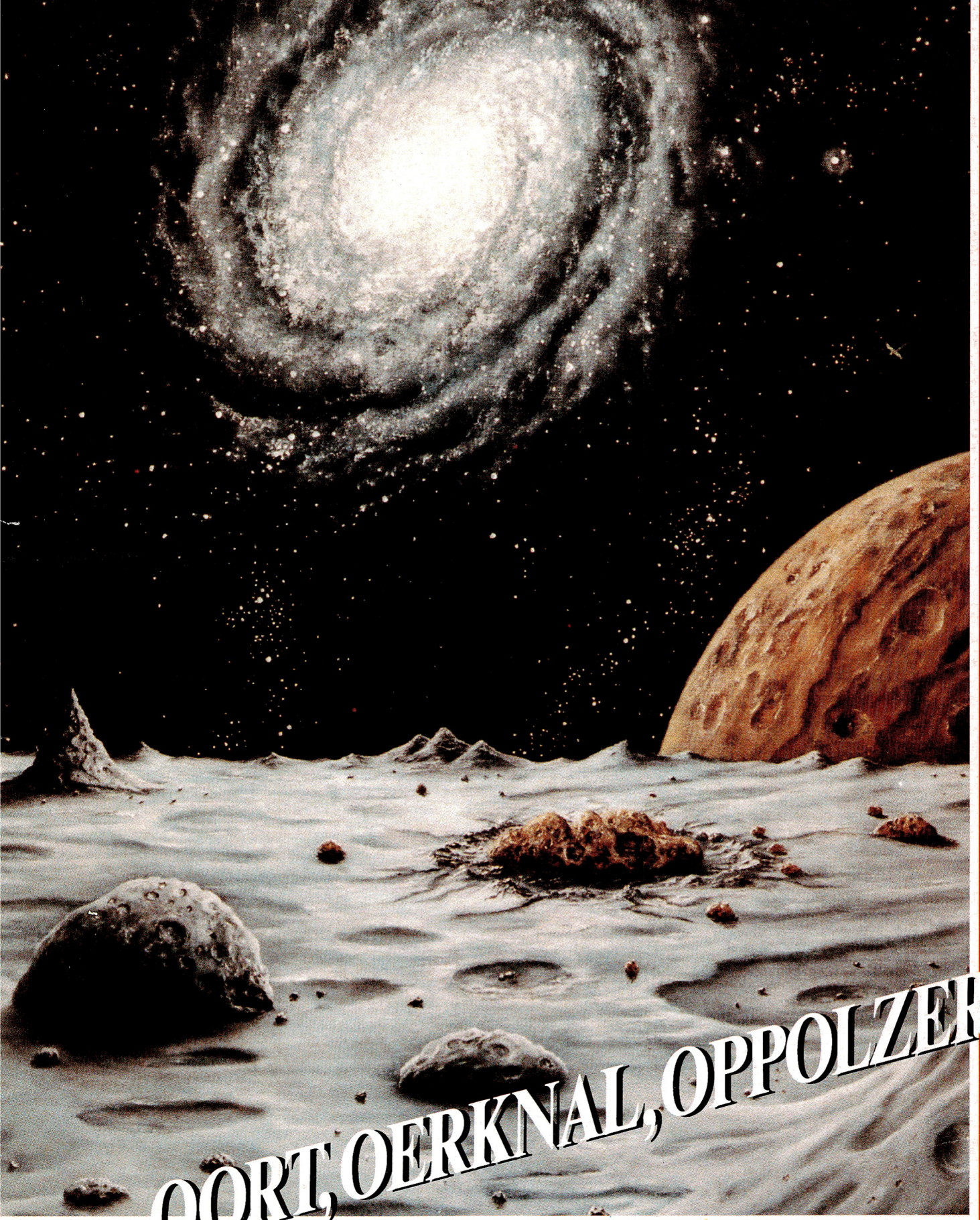


# ZENIT

NOVEMBER 1987



00RT, OERKNAL, OPPOLZER



## November 1987

**7/8 november** 57e amateurbijeenkomst van de NVWS in cultureel centrum 'De Bonkelaar', Scheldelaan 1, Sliedrecht. Kosten f 15,— per persoon. Informatie: J. Bouw, tel. 01840—16761 (na 19.00 uur). Zie ook Zenit, oktober 1987, p. 314.

**7/8 november** Weekend der amateurs 1987 in 'De Borggraaf', Hasselt (België). Informatie: John Steenkamp, tel. 079—510790.

**10 november** Lezing 'Het Melkwegstelsel', aula Museon, Den Haag. De lezing wordt voorafgegaan door een vertoning van het Omniversum-programma 'De Melkweg, een eiland in het heelal'. Aanvang: 20.00 uur. Informatie: Omniversum, tel. 070—545454.

**24 november** Lezing 'Het Heelal', aula Museon, Den Haag. Aanvang: 20.00 uur. Informatie: Omniversum, tel. 070—545454.

**27/28 november** Landelijke sterrenkijkdagen 1987. Nu al voor het twaalfde achtereenvolgende jaar organiseert stichting 'De Koepel' de landelijke sterrenkijkdagen. Dit jaar is daarvoor het laatste weekend van november gekozen. Ook in België wordt dan een sterrenkijkdag georganiseerd. De maan is op 28 november in Eerste Kwartier. De planeet Jupiter is de gehele nacht zichtbaar in het sterrenbeeld Vissen. Venus is te zien in de avond-schemering. Verder zijn er natuurlijk de fraaie herfst- en wintersterrenbeelden.

Indien u mee wilt doen door uw telescoop of sterrenwacht open te stellen voor het publiek voor één of meer van deze dagen, bel of schrijf dan naar Stichting 'De Koepel', Nachtegaalstraat 82 bis,

3581 AN Utrecht, tel. 030—311360. Er wordt dan een aanmeldingsformulier toegezonden. Om opgenomen te kunnen worden in de landelijke publiciteitscampagne, moet uw formulier **uiterlijk 31 oktober** worden ingezonden!

**Universiteitsmuseum Groningen** Sinds 23 september is het Universiteitsmuseum Groningen weer open in een eigen pand aan de Zwanestraat 33, 9712 CK Groningen. Op sterrenkundig gebied bezit het museum o.a. 18e-eeuwse instrumenten en het perallactisch instrument van Jacobus Kapteyn. Het museum geopend van dinsdag t/m zaterdag van 10.00 tot 17.00 uur; op zondagen van 13.00 tot 17.00 uur. De toegang is gratis. Voor meer informatie: tel. 050—635562.

**Groepsreis USA** De NVWS-afdeling Alblasterwaard/Stichting Vidistar organiseert een groepsreis naar de Verenigde Staten met bezoeken aan o.a. Mt. Palomar, Lick Observatory, Kitt Peak Meteor Crater, JPL, Ames Research Centre, en Mauna Kea (f. cultatief). Minimaal 20 personen. Vertrek: half mei 1988; twee drie of vier weken. Voor nadere informatie: J. Bouw, tel. 01840—16761 (na 19.00 uur).

Sterrenkundig nieuws en informatie over activiteiten van de afdelingen, werkgroepen en volkssterrenwachten vindt u ook in het maandelijks 'Informatieblad' van stichting 'De Koepel' en dagelijks op Teletekst, pag. 410, en Comnet (tel. 078-1561). Beknopte opgave van activiteiten t.b.v. de rubriek 'Agenda' moeten uiterlijk 5 weken vóór het begin van de betreffende maand binnen zijn bij Redactie Zenit, t.a.v. 'Agenda', Nachtegaalstraat 82bis, 3581 AN Utrecht. Plaatsing kan niet worden gegarandeerd.

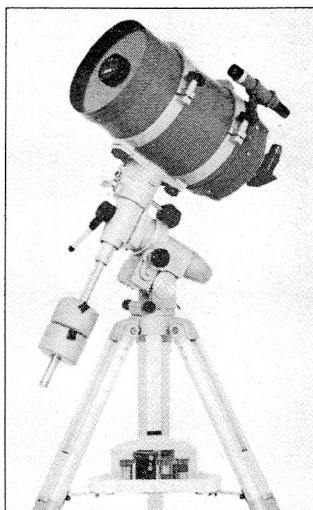
(Advertentie)

### SPECIALE AANBIEDING

De beroemde

#### Celestron 8

op Super Polaris  
montering  
Kwarts gestuurde  
motor  
Trillingsvrije aluminium  
driepoot  
Zoeker 6 x 30  
Zenitprisma  
Oculair OR 18 mm  
**f 3750,-**



Al onze instrumenten  
worden geleverd tegen de  
laagste prijs van  
Nederland.

Elders toch goedkoper?  
Bel: 020412083.

Losse Super Polaris  
montering, inclusief kwarts  
motor, aluminium driepoot,  
poolaszoeker.

Laagste prijs ter wereld:  
**f 1250,-**

**Snel service:**

Voor 15 uur gebeld, uw instrument binnen 24 uur in huis.

## GANYMEDES

Middeldorpstraat 3-5, 1182 HX Amstelveen. Tel. 020-412083.

## Oproep

Bij het maandblad *Zenit* is vakant de functie van **hoofdredacteur** (m/v).

Van een kandidaat die deze functie ambieert wordt verwacht:

- goede kennis van de onderwerpen die in *Zenit* aan bod komen, in bijzonder betreffende sterrenkunde, maar ook weerkunde, ruimtevaart, ruimteonderzoek en aanverwante wetenschappen en technieken;
- goede redactionele vaardigheden, met name het samen met specifieke deskundigen uit de redactie kunnen beoordelen van kopij;
- ervaring met moderne druktechnieken en met tekstverwerking op de computer, c.q. desktop publishing;
- goede beheersing van de Nederlandse taal en goede kennis van de Engelse taal;
- goede contactuele eigenschappen, resulterend in een productief overleg met auteurs, zowel amateurs als professionele astronomen;
- vaardigheid om uit de beschikbare kopij en illustraties een uitgebalanceerd tijdschrift samen te stellen;
- bereidheid zo nodig zelf geschikte illustraties te zoeken;
- kennis en vaardigheid om ook zelf als auteur inhoudelijke bijdragen aan *Zenit* te leveren en daarbij oog te hebben voor de actualiteit.

De hoofdredacteur is niet in loondienst van stichting 'De Koepel', maar kan altijd rekenen op de steun van de medewerkers van het bureau van de stichting.

Voor een goede vervulling van het hoofdredacteurschap zijn ten minste twee werkdagen per week noodzakelijk, maar ook op andere dagen en buiten kantooruren dient hij of zij goed bereikbaar te zijn.

Vergoeding nader overeen te komen.

Sollicitatiebrieven met opgave van referenties en een lijst van publicaties gaarne voor 30 november 1987 te richten aan:

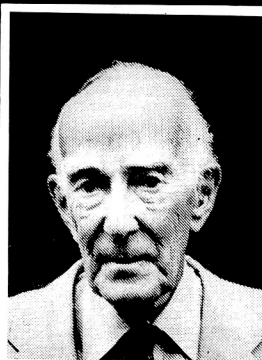
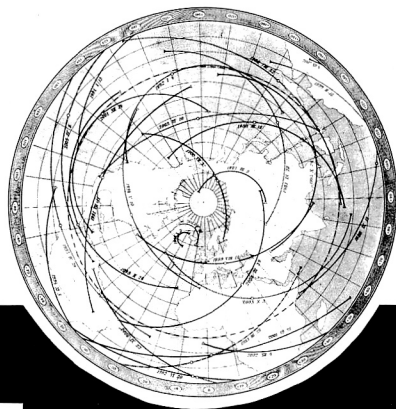
Het bestuur van de stichting 'De Koepel', Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht.



## 348 Oppolzers Canon der Verduisteringen

W. Carton

Honderd jaar geleden verscheen de *Canon der Finsternisse* van Th. R. von Oppolzer, een boek dat bijna een eeuw lang de 'bijbel' van eclipsdeskundigen is geweest. Wie was Oppolzer en wat bracht hem er toe aan dit monumentale werk te beginnen?



## 358 Oort en het heelal

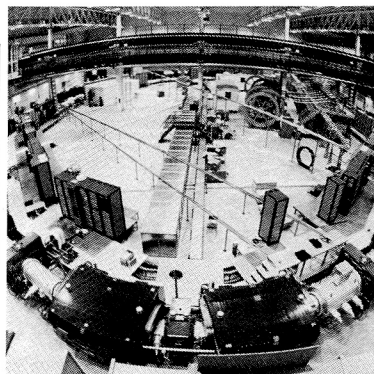
G. Schilling

Deze maand ontvangt prof. dr. J. H. Oort de Japanse Kyoto-prijs voor zijn gehele wetenschappelijke loopbaan. Een interview met de man die altijd geboeid is geweest door de grootste structuren in de kosmos.

## 368 De hoofdrolspelers in de kosmische schouwburg

A. Achterberg

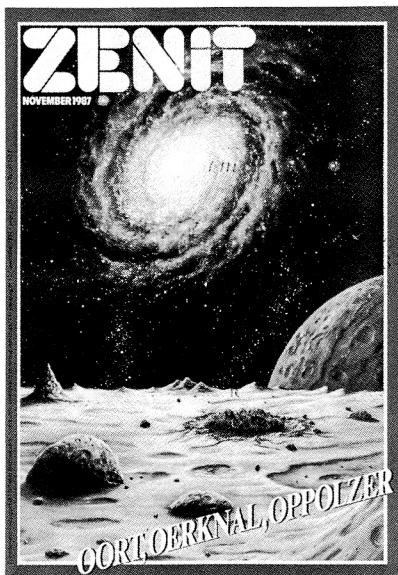
Wie oorsprong en evolutie van het heelal wil begrijpen, moet ook kennis maken met de belangrijkste spelers op het kosmische toneel. Een ontmoeting met elementaire deeltjes en krachten in de natuur.



## Bij de voorplaat:

'Uitzicht op spiraalstelsel', een olieverfschilderij van Ed van de Padt uit Ridderkerk. Wie op een planeet woont met zo'n indrukwekkend uitzicht op een spiraalvormig sterrenstelsel, zal weinig moeite hebben met het doorgronden van structuren en dynamica van dergelijke stelsels. Aardse astronomen leven echter in het vlak van het Melkwegstelsel, en het duurde daardoor tot begin deze eeuw voordat de Nederlandse astronoom Jan Hendrik Oort de rotatie van het stelsel ontdekte, terwijl de spiraalstructuur pas halverwege deze eeuw gevonden werd. Een interview met Oort staat op pag. 358 van dit nummer.

Hoewel men tegenwoordig een aardig beeld heeft van de structuur van sterrenstelsels, is hun ontstaan nog geenszins begrepen. Ongrijpbare wisselwerkingen tussen elementaire deeltjes en fundamentele natuurkrachten moeten kort na de Oerknal voor de benodigde massaconcentraties gezorgd hebben. Een kennismaking met deze krachten en deeltjes biedt het artikel op pag. 368 van dit nummer.



## Verder in dit nummer:

- 357 Supernova 1987a — M. Drummen
- 363 Foto van de maand
- 365 De bijzondere Plejadenbedekking van 27 januari 1988 — A. Gerritsen en H. Bulder
- 374 Scherpstellen met een elektromotor — C. van Veen
- 375 Korte Berichten
- 378 Boekbespreking: *Dimensies in de natuur*
- 379 Verenigingsnieuws
- 380 Amateurs Aktief
- 381 Nogmaals: lichtende nachtwolken juni 1986
- 382 Zenitpost

# ZENIT

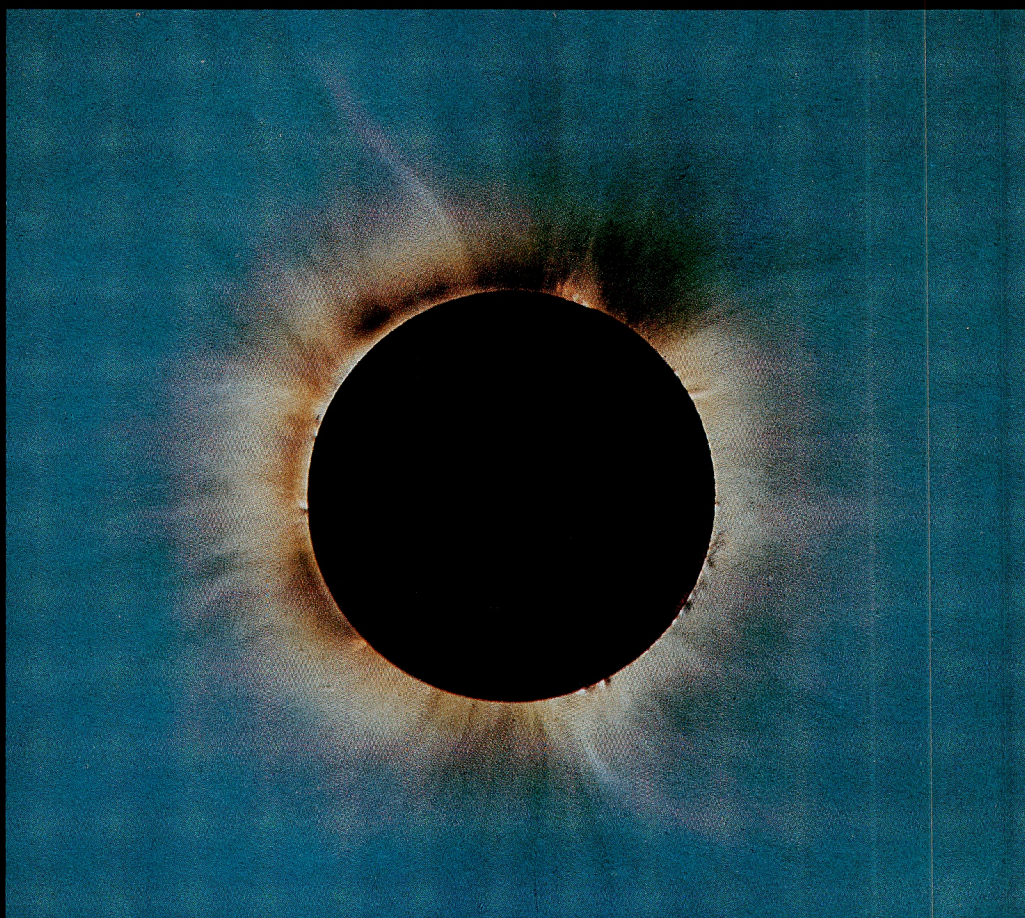
Populair-wetenschappelijk maandblad over sterrenkunde, weerkunde, ruimtevaart, ruimte-onderzoek en aanverwante wetenschappen en technieken. Tevens orgaan van de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde (NVWS) en van de Volkssterrewacht Simon Stevin. Verschijnt 11 maal per jaar onder auspiciën van Stichting de Koepel.

**Uitgever:** Stichting de Koepel, Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht, tel. 030-311360, postgiro 3064700. In België: postgiro 000-1168383-18.  
**Redactie:** Govert Schilling, hoofdredacteur; G. W. E. Beekman, A. Nagel, J. A. de Rijk, dr. W. de Rop, drs. B. Zwart. Adviseurs: drs. J. A. de Boer, ir. D. de Hoop en dr. G. P. Können. Redactie-adres: Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht. **Druk:** Samsom-Sijthoff grafische bedrijven bv, postbus 111, 2400 AC Alphen a.d. Rijn. **Abonnementen:** Nederland en België: ingaande 1 januari. Per jaar: f 67,50 (inclusief donateurschap van de Stichting Volkssterrewacht Simon Stevin), of per jaar: f 72,50 (inclusief lidmaatschap NVWS), of per jaar f 72,50 (inclusief donateurschap LSV, Landelijk Samenwerkende Volkssterrenwachten). Voor België: per jaar 1220 BFr. Abonnementen buitenland op aanvraag. Opzegging van abonnementen uitsluitend schriftelijk vóór 15 november aan het bureau van Stichting de Koepel te Utrecht. Bij niet tijdige opzegging wordt het abonnement automatisch voortgezet. **Losse nummers:** f 7,10 of 145 BFr). **Advertenties:** Stichting de Koepel, Nachtegaalstraat 82 bis, 3581 AN Utrecht, tel. 030-311360. Gehele of gedeeltelijke overneming van artikelen en illustraties in deze uitgave mag uitsluitend geschieden met toestemming van de uitgever. ISSN 0165-0211.





**OPPOLZERS MEESTERWERK 100 JAAR OUD**



# **CANON DER VERDUISTERINGEN**

Dit jaar precies honderd jaar geleden verscheen in Wenen de 'Canon der Finsternisse' van professor Theodor von Oppolzer: een soort atlas met gedetailleerde gegevens van alle 8000 zonsverduisteringen en 5200 maansverduisteringen tussen de jaren 1207 voor Christus en 2162 na Christus. Weliswaar worden eclipsen in onze tijd zeer precies vooruitberekend door het U.S. Naval Observatory en van daaruit in astronomische jaarboeken zoals de Astronomical Almanac en de Sterrengids gepubliceerd, maar voor gegevens over eclipsen in lang vervlogen tijden en in de verre toekomst is Oppolzers Canon bijna een eeuw het 'boek der boeken' geweest. Hij vormde een unieke bron voor datering van archeologische vondsten, zoals kleitabletten uit Assyrië en Babylon en ingekerfde berichten op schildpadschilden en orakelbeenderen uit de Chinese Oudheid.



In vroeger tijden hadden eclipsen een mystieke, zelfs religieuze betekenis als dreigend voortekenen, wat aanleiding was om ze te boekstaven in de kronieken tussen hoogte- en dieptepunten van de regerende potentaat. De Chinese kroniek *Ch'un Ch'iu* ('Lente en Herfst annalen') zegt bijvoorbeeld: 'In het derde jaar van Huan-Kung, herfst, 7e maan, dag jen-ch'en, was er een eclips van de zon en die was totaal.' De kalenderregelingen lieten echter wel te wensen over. De regeringsjaren van zo'n vorst zijn dikwijls zeer onzeker, en dan is er ineens zo'n zonsverduistering die ons een kans biedt om zo'n kroniek en de daarin gebruikte kalenderregeling te verankeren aan onze jaartelling: deze eclips zou hebben plaatsgehad op 17 juli in het jaar 709 v.Chr.

## Wil Carton

Identificatie van zulke oude eclipsen is moeizaam speurwerk, maar dankzij de zeldzaamheid van een totale zonsverduistering op één bepaalde plaats op aarde kon men kronieken waarvan de eeuw bij benadering te schatten was, meermalen exact dateren met datum en uur. Dat kon dankzij de door Oppolzer gelegde grondslag, waarop later zijn medewerker F. K. Ginzel, de Noor J. F. Schroeter en de Brit J. Fotheringham voortbouwden. Dit werk werd na de Tweede Wereldoorlog voortgezet door de Nederlander G. van den Bergh, en recent door de Chinees Zhang Pei-Yu. Door het beschikbaar komen van betere maanbaanformules en vooral van computers baseren onderzoekers in de westerse wereld (m.n. de Amerikanen R. R. Newton en P. M. Muller, de Brit F. R. Stephenson, de Belg J. Meeus en de Oostenrijker H. Mucke) zich vanaf ca. 1968 niet langer op Oppolzer alléén.

## Begaafd astronoom

Theodor von Oppolzer was een van de begaafdsten astronomen van de 19e eeuw. Hij werd geboren op 26 oktober 1841 in Praag als enige zoon van de bekende internist prof. Johann von Oppolzer; zijn moeder Maria was dochter van een chemicus. In 1848 aanvaardde Johann een benoeming tot hoogleraar aan de universiteitskliniek van Leipzig en verhuisde de familie daarheen, maar reeds in 1850 verruilde hij dat voor een hoogleraarschap aan de medische kliniek van de universiteit te Wenen. In oktober 1851 begon de tienjarige Theodor zijn gymnasiale studie aan het toenmalige piaristengymnasium in Wenen, een achtjarige opleiding die hij in juli 1859 afsloot met een glanzend eindexamen. In die tijd ontdekte en bevorderde zijn private leraar Franz Jahne de in het oog springende aanleg van zijn pupil voor wiskunde. Conform de wens van zijn vader ging Theodor medicijnen studeren en legde hij op 24 januari 1865 zijn doctoraal-examen geneeskunde met lof af. Maar ondertussen was hij ook een ijverig student bij de natuurwetenschappelijke faculteit; de rector Edmund Weiss herinnerde zich later Oppolzer bij zijn eerste hemelmecanische studies te hebben begeleid. Reeds in 1861, nog in zijn periode van tweedejaars student, publiceerde hij zijn eerste astronomische artikel, *Over de baan van Komeet I*, de komeet die later zou worden geïdentificeerd als de voorloper van de Lyriden-meteorenzwerm.

Bij zijn promotie in 1865 in de medicijnen had de toen 23-jarige Oppolzer reeds 56 verschillende baanbepalingen van planetoïden en kometen in de vaktijdschriften gepubliceerd. De waarnemingen daartoe verrichtte hij in een door zijn moeder gefinancierde private sterrenwacht aan de Alserstrasse 25 in Wenen-Josephstadt, en ook aan haar had hij te danken dat hij de sterrenkunde als zijn levenstaak kon kiezen. De sterrenwacht was ingericht met een draaibare koepel, een 7 inch (18 cm) refractor, een kometenzoeker en een meridiaankijker. Wapenfeiten waren bijvoorbeeld dat hij in 1884 de uit het oog verloren planetoïden Clytia, Erato en Aegina terugvond dankzij door hemzelf ontwikkelde, geocentrische differentiaalvergelijkingen en daarop gebaseerde verbeterde baanberekeningen.

Reeds op 7 maart 1866 verwierf Oppolzer op grond van inmiddels ruim 70 publicaties de bevoegdheid van privatdocent theo-

retische astronomie aan de universiteit van Wenen. In 1867 overhandigde hij de keizerlijke Akademie van Wetenschappen een artikel met een nieuwe wiskundige methode ter bepaling van een komeetbaan; het bijzondere was dat die methode geen uitzonderingsgevallen kent. Naast zijn opvallende behendigheid in wijdloperige numerieke berekeningen was hij ook een ijverig waarnemer. Hij deed waarnemingen vanuit zijn eigen sterrenwacht, maar hij nam ook deel aan de Oostenrijkse expeditie naar de totale zonsverduistering van 18 augustus 1868 bij Aden, en later naar de Venusovergang van 9 december 1874 nabij Jassy (Iasy, Noord-oost-Roemenië).

## Rijke wetenschappelijke carrière

In 1870 verscheen Oppolzers *Lehrbuch zur Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, Band 1*, met daarin een nieuwe methode om uit drie of vier waargenomen posities de baan te berekenen. In beknoptheid en convergentiesnelheid overtrof deze methode de tot dan toe gevolgde methode van Gauss aanzienlijk. Dit werk trok internationaal de aandacht, ook van de bekende astronoom Friedrich Kaiser te Leiden. Ook nu nog is dit werk van Oppolzer een met eerbied behandeld boek. In het Sterrenkundig Instituut van de Universiteit van Amsterdam bevindt zich een exemplaar dat heeft toebehoord aan Anthonie Pannekoek en dat alleen op speciaal verzoek tevoorschijn wordt gehaald.

In 1870 ook werd Oppolzer benoemd tot buitengewoon hoogleeraar (d.w.z. zonder vaste bezoldiging) in de astronomie en hogere aardmeetkunde aan de universiteit van Wenen. Twee jaar later werd hij tevens commissaris van de Europese graadmeting, een project van internationale aard dat tot doel had de precieze vorm van de aarde te bepalen. In 1873 volgde zijn benoeming tot bestuurslid van het keizerlijk-koninklijk graadmetingsbureau. Dit had van 1863 tot 1873 zes lengtebepalingen uitgevoerd, maar dankzij Oppolzers organisatietalent werden er van 1873 tot 1876 niet minder dan veertig voltooid. Zij strekten zich van Wenen uit tot o.a. Parijs, Greenwich, Berlijn, Krakau, Praag en Padua.

In 1875 werd Oppolzer benoemd tot gewoon hoogleraar astronomie en hogere geodesie aan de universiteit van Wenen, na eerder een uitnodiging te hebben afgeslagen om in Gotha opvolger te worden van P. A. Hansen. Het aantal artikelen van zijn hand over vooral kometen en planetoïden had toen de tweehonderd al bereikt. Drie jaar later trok hij opnieuw internationaal de aandacht met zijn nieuwe methode om voor een planetoïde baanelementen 'van gelijke waarschijnlijkheid' te bepalen. Hiermee is het mogelijk om uit weinig positiebepalingen het gebied aan de hemel af te leiden waarin een komende oppositie zal plaatsvinden. In datzelfde jaar verscheen ook nog zijn verhandeling over de ontwikkeling van differentiaalquotiënten van de ware anomalie en voerstraal als functie van de excentriciteit in nagenoeg parabolische banen van kometen.

In 1881 publiceerde Oppolzer zijn *Syzygiëntafels* voor de maan. De tabellen berustten op de maanbewegingstheorie van P. A. Hansen en waren bedoeld als springplank voor de berekening van grote aantallen eclipsgegevens (als aanloop tot zijn latere *Canon*). Twee jaar later overhandigde Oppolzer aan de Akademie zijn tafels voor de berekening van maansverduisteringen en nog eens twee jaar later (in 1885) kwam ook de grootscheepse rekenoperatie van de *Canon der Finsternisse* gereed: deze had hem naast al het andere werk bijna twintig jaar lang beziggehouden.

Eind 1885 legde Oppolzer de Akademie bovendien zijn ontwerp van een maantheorie voor, waarin hij de differentiaalvergelijkingen van de baanstorings wilde ontwikkelen tot reeksen met termen in  $T$  tot de achtste graad ( $T$  is de tijd die verstreken is sinds een bepaald epoch; in dit geval 1800.0). Het was een titanenklus, die pas na zijn dood zou worden afgerond onder leiding van zijn medewerker dr. Robert Schram (in 1887).

In 1886 publiceerde Oppolzer een studie over de atmosferische straalbreking, en in de herfst van dat jaar vertegenwoordigde hij Oostenrijk op de internationale vergadering van het Comité





**Theodor Ritter von Oppolzer (1841—1886). (Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wenen)**

voor maten en gewichten in Parijs. Teruggekeerd in Wenen klaagde hij over vermoeidheid en ongesteldheid. Met zijn krachtige, gedrongen lichaamsbouw stond hij bekend als iemand die nooit ziek was en nooit verstek liet gaan. En hij probeerde dat vol te houden: in oktober woonde hij in Berlijn nog de algemene conferentie der Europese graadmeting bij, waar hij tot vice-president werd gekozen. Afgemat en koortsig keerde hij in Wenen terug. Vanaf eind november moest hij het bed houden. De symptomen van een ongeneeslijke hartonsteking manifesteerden zich steeds duidelijker. Op 26 december 1886, tweede Kerstdag, om vijf uur in de ochtend, overleed hij op 45-jarige leeftijd.

De verslagenheid in de Weense universitaire gemeenschap was groot, wat in 1987 nog terug te vinden is in de gearchiveerde 'in memoriams'. Zijn leerling en medewerker Robert Schram noemde Theodor von Oppolzer 'een van de sympathiekste mensen, hulpvaardig om ook zijn eerstejaars-studenten met raad en daad bij te staan. Hij, die zelf met verbazingwekkende snelheid en nauwkeurigheid rekende, vond het niet te veel moeite om vele bladzijden vol lange berekeningen van een student na te lopen om de gemaakte fout op te sporen.'

Naar Oppolzer vernoemd is een 43 kilometer omspannend ringwalrestant op de maan in de zuidflank van de Sinus Medii, en voorts ook de in 1938 ontdekte planetoïde 1492. Naar zijn vrouw Coelestina werd de in 1884 ontdekte planetoïde 237 vernoemd. Theodor von Oppolzer was sinds 1 juni 1865 gehuwd met Coelestina Mautner von Markhof, de dochter van een Weense industrieel. Drie zonen en drie dochters ontsproten uit dit huwelijk. Een zoon, Egon, werd later ook astronoom. Naar zijn dochter Hilda, die hem nog in de dood voorging, en zijn dochter Agathe werden later de planetoïden 153 en 228 vernoemd.

### **'Onuitvoerbaar' idee wordt werkelijkheid**

Reeds vóór 1870 had Oppolzer zich bij het onderzoeken van enkele oude verduisteringen geërgerd aan het ontbreken van ieder

hulpmiddel; er bestond alleen de ontoereikende eclipscatalogus van Pingré uit 1766 in Durands *l'Art de vérifier les dates*. Oppolzer wilde een catalogus opstellen met niet alleen de data, maar ook voor elke eclips alle meetkundige elementen die de gebruiker nodig heeft om de nadere omstandigheden van zo'n eclips op elke willekeurige plaats op aarde te berekenen. Aan dit idee, dat aan ieder ander als volslagen onuitvoerbaar zou zijn voorgekomen omdat het de krachten van 'een heel blik' rekenaars ver overtrof, hield hij taai vast.

Met een lichte aanpassing van de beste beschikbare tafels, die van Hansen uit 1857, begon hij omstreeks 1870 aan het rekenwerk. Spoedig bleek de onuitvoerbaarheid van deze aanpak, en andere zaken legden beslag op zijn tijd. Steeds kwam hij er na een paar jaar weer op terug. En opnieuw bleek het dan onbegonnen werk. Maar het idee loslaten? Dat nooit! Hij gooide de tot dan toe gemaakte berekeningen weg en legde een nieuw fundament voor het vereiste titanenrekenwerk door opnieuw Hansens reeksontwikkelingen uit 1857 door te worstelen, met als resultaat een aantal nieuwe tabellen in een ongebruikelijke vorm, toegesneden op rechtstreekse, massale afleiding van eclipselementen: de *Syzygiën-Tafeln für den Mond* (1881).

Daarmee startte het karwei. Aanvankelijk wist Oppolzer hierbij de vrijwillige hulp te krijgen van enkele collega's van het graadmetingsbureau: dr. Ferdinand Anton, dr. Franz Kühnert, Hans Freiherr von Rüling en naderhand van dr. Eduard Freiherr von Haerdtl en dr. Norbert Herz. Groot was hun geestdrift voor het vermetele karwei. Met ijzeren vlijt en in twee parallel werkende groepen vergeleken zij voortdurend elkaars resultaten. Maar toch weer bleek het te omvangrijk en waren de becijferingen te monotoon en fabrieksmatig om met deze vrijwilligers te volbrengen. Oppolzer zelf hield zich toen niet meer met het rekenwerk bezig; hij had de weg geëffend en de uitwerking kon ook zonder zijn genie voortgaan. (In de astronomische cultuur gold het rekenen als een 'zorgvuldige en liefdevolle bewerking, om uit waarnemingen uiteindelijk betrouwbare resultaten af te leiden', en zelfs toen in de eerste helft van de twintigste eeuw goede mechanische handrekenmachines beschikbaar waren, moest men daar maar niet te vaak naar grijpen om het rekenen niet te laten worden tot een gedachteloze handeling, aldus dr. J. J. Raimond in 1942 in *Hemel en Dampkring*.)

Om de voortgang te versnellen besloot Oppolzer nog een aantal medewerkers in te huren en hen uit privémiddelen te betalen: een offer van een aanzienlijke som geld. Friedrich Ginzel, dr. Eduard Mahler, Josef Strobl en dr. Bernhard Schwarz traden toe, en in 1882 dr. Wilhelm Meyer. Naar verluidt had hij hen één gulden per berekende zonsverduistering betaald; een installateurarbeider verdiende destijds per dag slechts weinig meer.

Toen vorderde het karwei echter snel. Drie jaar later, op 22 oktober 1885, kon Oppolzer het manuscript van de *Canon der Finsternisse* aan de keizerlijke Akademie overhandigen. De gigantische omvang van het verrichtte werk bleek wel hieruit, dat de zorgvuldig gebonden originele logaritmische berekeningen meer dan tien miljoen cijfers bevatten en 242 dikke foliobanden vulden! Secretaris prof. Suess van de wis- en natuurkundige klasse der Akademie oordeelde in 1886 dat het verduisteringsproject kon worden gezet in de rij grootste rekenoperaties die tot dan toe door mensen waren ondernomen, en kondigde aan dat het zou worden gedrukt als de 52e band van de officiële gedenkschriften van de Akademie.

Aan het nazien en verbeteren van de drukproeven deed Oppolzer zelf actief mee, om voor de foutloosheid te kunnen instaan. Dagelijks las hij urenlang de drukproeven door; een koortsachtige haast maakte zich van hem meester, alsof hij zijn naderende einde voorvoelde. Daardoor aanschouwde zijn brekend oog nog op tijd de laatste drukproef van zijn onvergankelijke werk. Zo beleefde hij nog juist de voltooiing van zijn met zoveel offers en inspanning doorgezette plan, kort voor zijn dood op 26 december 1886, maar *niet* de bekroning: de eigenlijke verschijning in druk vond plaats in de lente van 1887.

Een eeuw lang zou zijn *Canon* voor geschiedkundige en sterren-



kundige doeleinden *het* standaardwerk op dit gebied blijven. Een herdruk ervan zag in 1962 het licht bij Dover Publications (New York). Voor historische doeleinden verscheen pas in 1984 iets vergelijkbaars: een met computers vervaardigde *Canon* van Jean Meeus en Hermann Mucke, die van 2004 v.Chr. tot 2526 n.Chr. reikt, en die steunt op de maanbaanformules van E. W. Brown. Die maakte Oppolzers eclipseslementen definitief verouderd, maar niet Oppolzers kaarten. In kwaliteit doen deze slechts onder voor die in een *Canon* van Meeus c.s. uit 1966, die alleen de 20e eeuw en de toekomst beslaat.

## De Canon der Finsternisse

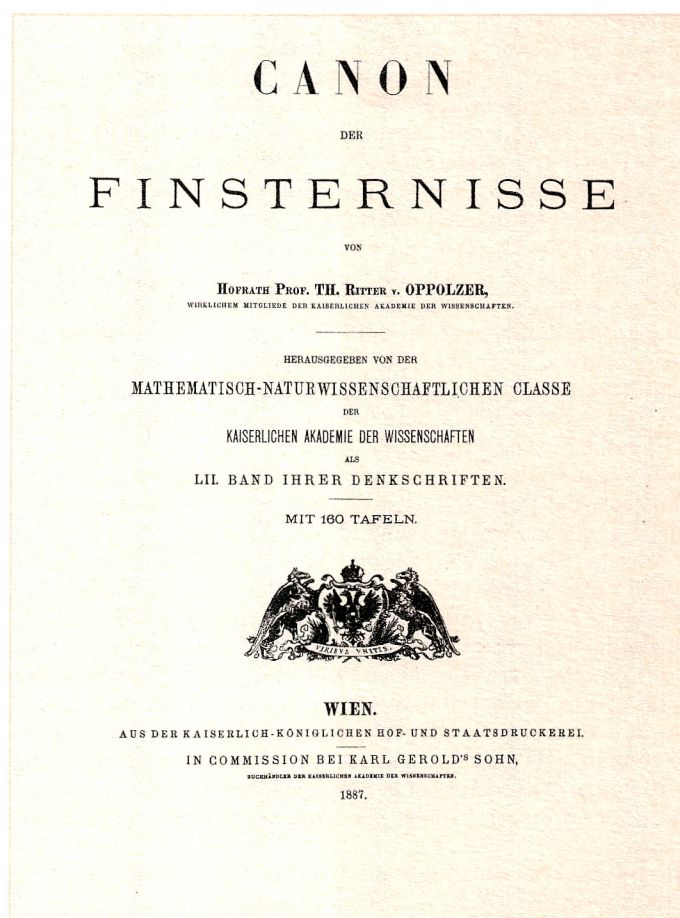
In de inleiding van zijn *Canon* vertelt Oppolzer hoopvol zijn doelstelling: 'De Canon moet hoofdzakelijk de geschiedkundige behulpzaam zijn bij zijn moeizame chronologische onderzoeken. De talrijke berichten over zons- en maansverduisteringen die uit de Oudheid en Middeleeuwen zijn overgeleverd, geven aanknopen bij andere historische feiten een waardevol materiaal voor hun chronologische ordening; ja, ik geloof niet al te veel te beweren als ik de mening uitspreek dat bijna alleen deze aantekeningen het mogelijk maken om de chronologie van de Oudheid überhaupt in een draaglijke ordening te brengen. De juiste beoordeling van eclipsberichten is niettemin geen lichte opgave, daar voor ieder geval meestal verscheidene verduisteringen kunnen worden aangewezen die aan de overlevering voldoen...'

Na een korte verantwoording van de rekenarbeid, de naam en het aandeel van de tien medewerkers en de controle op fouten, volgen 23 pagina's gebruiksaanwijzing met goniometrische formules, waarmee de lezer nadere details van zonsverduisteringen kan berekenen uit de gegeven eclipsmeetkundige elementen. Deze elementen volgen in 320 bladzijden tabellen: cijfers die per zonsverduistering de beweging van de maanschaduwkegel over de aardbol behelzen, alsmede de stand van de aardas en de oriëntatie van de nulmeridiaan. Deze tabellen geven tevens per eclips de geografische positie van drie markante punten van de centrale lijn: het punt waar de eclips het begin bij (meestal) zonsopkomst heeft, het punt waar de centrale fase precies op de ware middag valt en het punt met het einde van de verduistering bij (meestal) zonsondergang.

Die punten zijn ingetekend in het atlasgedeelte: 160 landkaarten ('iconographs' genoemd) met de continenten in een 'schotelprojectie' rondom de Noordpool als middelpunt en met de 30e zuidbreedteparalel als rand, en daarop per eclips een cirkelboogje door de drie markante punten. Oppolzer schrijft: 'Het is duidelijk dat deze cirkelbogen bij benadering aan het verloop van de centrale lijn aansluiten (...), zodat de kaarten de historici tot leidraad kunnen dienen bij onderzoeken, welke eclipsen op een bepaalde plaats belangrijk zouden kunnen zijn geweest.'

Voor het verkrijgen van meer zekerheid ontkomt de gebruiker er echter niet aan met de gegeven formules en elementen zelf aan het rekenen te gaan. Halverwege tussen opkomstpunt, middagpunt en ondergangspunt kunnen de cirkelbogen aanmerkelijk van de werkelijkheid afwijken. Zie ter vergelijking Oppolzers kaart 153 met de centrale eclipsgordels van 1985 tot 2008 naast de overeenkomende kaart 9 uit de in 1966 gepubliceerde, computerberekende en nauwkeurig getekende *Canon of Solar Eclipses 1898 — 2510* van Meeus, Grosjean en Vanderleene.

De voornaamste reden van de afwijkingen zit niet in Oppolzers berekeningen, maar in de vereenvoudiging van de eclipsbanen tot cirkelboogjes. Ten eerste is er de rotatie van de aardbol, die maakt dat de maanschaduw op het aardoppervlak geen zuivere kleine cirkel aflegt. Weliswaar veegt de maanschaduw in een vrijwel plat vlak door de ruimte, maar dat vlak zou de aardbol alleen langs een kleine cirkel snijden wanneer de aarde niet zou roteren. Bovendien ligt het vlak niet evenwijdig aan het evenaarvlak, waarop Oppolzers kaartprojectie berust, en daardoor worden de centrale lijnen enigszins ovaal. In de jaren dat het maanbaanvlak een minimumhoek (18 graden) met het evenaarvlak



**Titelpagina van de originele 'Canon der Finsternisse' van Theodor Ritter von Oppolzer uit 1887.**

maakt, zoals rond 1996, is de projectiefout gering (zie de eclipsgordel van 24 oktober 1995 over Zuid-Azië en die van 9 maart 1997 in Oost-Siberië), maar in perioden waarin die hoek maximaal is (28 graden), zoals in 1987 en 2005, krijg je 'scheve eclipsen' met duidelijke afwijkingen van Oppolzers cirkelboogjes (zie de eclipsgordel van 29 maart 1987 in West-Afrika en die van 3 oktober 2005 in Spanje tot Kenya).

Tenslotte bevat de *Canon* 52 bladzijden met maansverduisteringen: de datum, het Juliaanse dagnummer, de 'Weltzeit' (Universal Time) van het maximum, de grootte in 'Zoll' (duim,  $\frac{1}{12}$  maanmiddellijn), de halve duur in minuten van de gedeeltelijke en zo mogelijk de totale fase, en de plaats op aarde waar de maan dan in het zenit staat en die het middelpunt is van het naar de maan toegekeerde halfronde van de aarde.

## Eclipsen en aardrotatie

Onderzoek van oude eclipsen vanwege hun belang voor geschiedkundige chronologie kwam snel op gang. Voor de gebieden met een bloeiende cultuur in de Oudheid, zoals China, Mesopotamië, Arabië en het Middellandse-Zeegebied wist Oppolzers medewerker Friedrich Ginzel tientallen overgeleverde zonsverduisteringsberichten te verzamelen. Zo groot was zijn nieuwsgierigheid, dat hij reeds bij het gereedkomen van de *Syzygiëntafels* in 1881 van Oppolzer toestemming kreeg om eclipsen uit de bloeiperiode van het Midden-Oosten en China te berekenen en te publiceren, tesamen met citaten van een keur aan 'geschiedschrijvers' uit de Oudheid (zie Ginzels kaart uit 1882 met de berekende zonsverduisteringen tussen de jaren 26 en 103 n.Chr., de bloeitijd van het Romeinse Rijk).

Het lukte Ginzel vele eclipsberichten redelijk te identificeren, mits er lange-termijncorrecties werden aangebracht in de bewegingsvergelijkingen voor de maanbaananknoppen en de versnelling van de middelbare lengte van de maan. Toen Ginzel deze empirische correcties had afgeleid, was het rekenwerk voor de *Canon* al



halverwege; men besloot ze ook verder buiten beschouwing te laten in het Canon-project. De *Canon* zou consequent op één grondslag rusten. Ginzel publiceerde zijn afleiding afzonderlijk, en Schram publiceerde de correcties als *Reductietafels* in 1889. In 1886 en 1887 identificeerde Ginzel oude Spaanse, Perzische en Arabische eclipsoverleveringen. In 1889 publiceerde hij zijn *Spezieller Kanon der Sonnen- und Mondfinsternisse für das Ländergebiet der klassischen Altertumswissenschaften und den Zeitraum von 900 v. Chr. bis 600 n. Chr.*, met de identificatie van zestig zonsverduisteringen en twintig maansverduisteringen uit Babylonisch/ Assyrische, Latijnse en Griekse bron, waaronder de *Almagest* van Ptolemaeus. In 1918 gaf Ginzel in *Untersuchungen über Finsternisse* een kritische, afsluitende opsomming van geïdentificeerde, antieke zonsverduisteringen. F. R. Stephenson bevestigde die in 1972, steunend op moderne baanformules en werkend met een computer.

John Fotheringham, een naar astronomie overgezwaaid Britse classicus, leidde in 1920 uit zulke geïdentificeerde oude eclipsen een baanversnelling af in lengte: voor de maan — 10,8 boogseconden per eeuw en voor de zon 1,5 boogseconde per eeuw. Dat laatste ontmaskerde hij als een schijneffect: het is een weerspiegeling van een vertraging van de aardrotatie, waarop de middelbare zonnetijd gebaseerd is, doch die blijkbaar niet langer uniform genoeg is als tijdmaat in de sterrenkunde. De vertraging zorgt ervoor dat het etmaal per eeuw 1,6 milliseconde langer wordt. De oorzaak van die vertraging ligt vermoedelijk in de getijstromen in de oceanen. Deze studies van de dynamica van het aarde-maansstelsel zijn het belangrijkste sterrenkundige succes dat door Oppolzers *Canon der Finsternisse* werd mogelijk gemaakt.

Al spoedig was de *Canon* daarvoor als grondslag niet meer nauwkeurig genoeg. E. W. Brown voltooide in 1919 veel nauwkeuriger maantafels, en H. Spencer Jones legde in 1939 bloot dat een niet-uniformiteit in de omloop van alle planeten 'verdampt' als er gecorrigeerd wordt voor de wispelturige middelbare zonnetijd. Daaruit sproot de definitie voort van de Efemeridietijd (*Ephemeris Time*, ET), die in 1960 in de toonaangevende almanakken de officiële tijdstipaanduiding werd voor de posities van zon, maan en planeten.

Vanaf 1969 raakte deze dynamica van het aarde-maansstelsel, mede dankzij de door de maanreizigers Neil Armstrong en Edwin Aldrin neergezette laser-reflector, weer flink in de vakastonomische belangstelling. F. R. Stephenson en L. V. Morrison herhaalden Fotheringhams onderzoek en vonden een etmaalverlenging die over de eeuwen ietwat afneemt: 2,4 milliseconden per eeuw tussen 400 v.Chr. en 950 n.Chr.; 1,4 ms/eeuw tussen 950 en 1600, en hetzelfde tussen 1600 en 1980. De versnelling van de maanbeweging in lengte bedraagt vóór 400 v.Chr. — 35 boogseconden per eeuw, daarna — 30 boogseconden per eeuw, althans blijkens oude eclipsen. Maar de laser-reflector levert, met een atoomklok als tijdbasis, na tien jaar waarnemingen een uitkomst van — 24 boogseconden per eeuw.

## Startpunt van computerberekeningen

Bij het onderzoek van oude eclipsen gebruikt men Oppolzers *Canon* nog wel voor een eerste selectie van in aanmerking komende verduisteringsdata; deze data vormen dan het startpunt voor computerberekeningen. Via de referaatbank van INSPEC heb ik de literatuur van de laatste vijftien jaar op dit gebied nagezocht. In 1975 was Zhang Pei-Yu van het Purple Mountain Observatory te Nanjing de laatste 'getrouwe' die nog helemaal op Oppolzer steunde bij het dateren van inscripties in opgegraven schildpadschilden en runderbeenderen (in totaal vijfduizend stuks) uit de Yin-ruïnes te Anyang in de Chinese provincie Honan. Zhang dateerde vier eclipsberichten uit de Wu-Yi monarchie (1203 — 1168 v.Chr.): 21 oktober 1198 v.Chr., 4 april 1177

**Ginzels kaart met de centrale gordel van zonsverduisteringen tussen 26 en 103 n.Chr., de bloeitijd van het Romeinse Rijk.**

## Oppolzers zoneclips-meetkunde

Voor de fijnproever wordt hier een beknopt overzicht geboden van Oppolzers zoneclips-meetkunde in twee projecties (met de elementen van Oppolzer vet weergegeven).

Het vooraanzicht toont de aarde, gezien vanaf de zon en beperkt tot de helft boven het eclipticavlak. Dit vooraanzicht heet bij rekenaars het 'fundamentele vlak' (FV), gaat door het middelpunt O van de aarde en staat loodrecht op de kegels van de maanschaduw. In punt S bevindt het schaduwmiddelpunt zich op de kortste afstand  $\gamma$  van O. De schaduw is in het FV een cirkel met straal  $u$ .

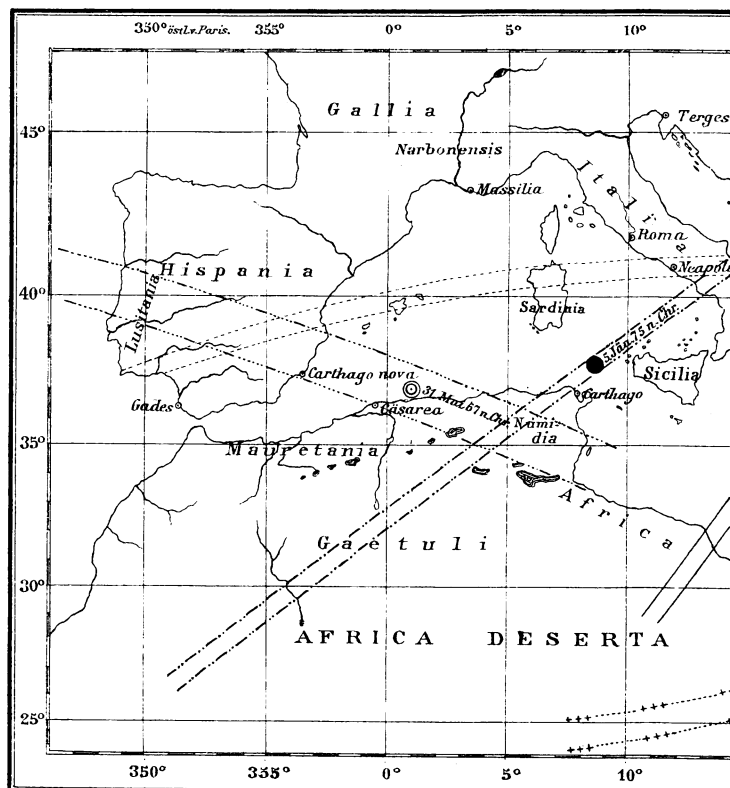
Op het tijdstip T van Nieuwe Maan snijdt de schaduw de lijn die van O naar de eclipticapool loopt, op een afstand B van O. De schaduw verplaatst zich over een afstand van  $n$  per uur, met een component  $\Delta L$  evenwijdig aan de ecliptica en  $\Delta B$  loodrecht daarop.

De projectie van de noordpool is NP. De lijn van hier naar O is de projectie van de rotatiesas van de aarde. Die maakt met de schaduwbaan een hoek N'. Verder maakt het evenaarvlak een hoek  $\varepsilon$  met het eclipticavlak (hier door projectie ietwat misvormd).

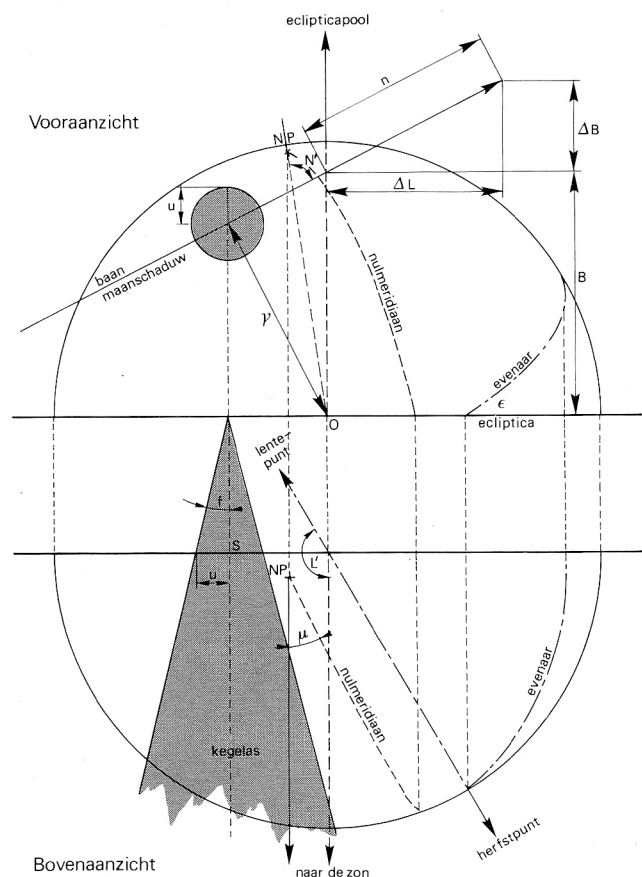
Het bovenaanzicht toont het eclipticavlak, gezien vanaf de eclipticapool, en beperkt tot de daghelft van de aarde. Hierop projecteert de maanschaduwkegel zich als een langgerekte driehoek, met halve tophoek  $f$  en straal  $u$  bij de doorsneecirkel met het FV. Hoek L' is de positie van de zon vanaf het lentepunt, de zgn. lengte. Op het tijdstip van Nieuwe Maan heeft de maan diezelfde lengte. Hoek  $\mu$  is de uurhoek op tijdstip T van de zon op de nulmeridiaan, die bepaalt of de eclips in de Pacific zal vallen of in het Atlantische gebied.

Niet getekend is de declinatie  $\delta'$  van de zon en enkele hulpgrootheden van Oppolzer. Het vorderen van de eclips wordt voornamelijk bepaald door de geringe schaduwver-

## F. K. Ginzel: Astron. Unters. über Finsternisse

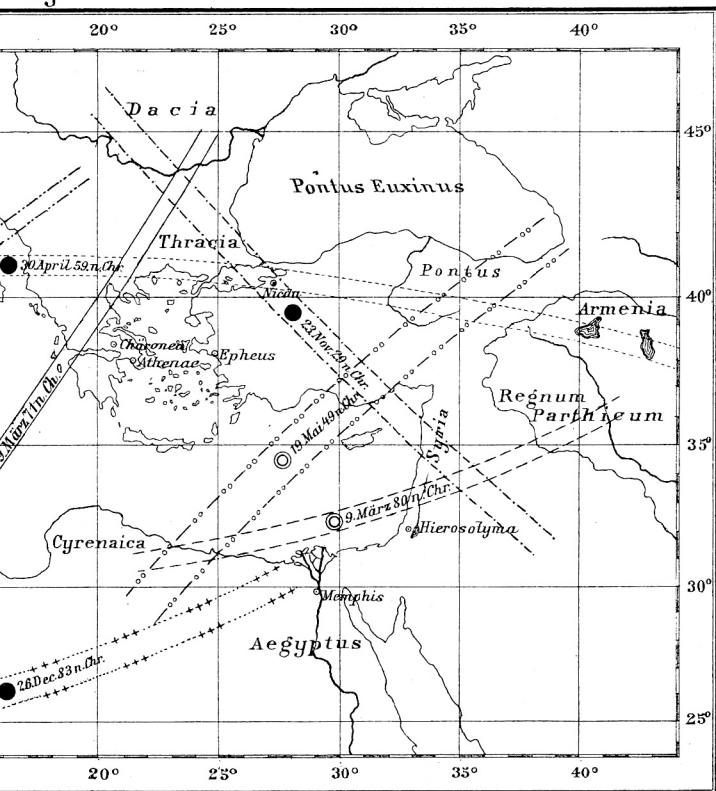






plaatsing  $n$  en de rotatie die de nulmeridiaan over 15 graden per uur doet wegdraaien. Tegenwoordig gebruikt men de methode van Bessel met wel hetzelfde fundamentele vlak, maar de schaduwcoördinaten zijn dan  $y$  in de richting van  $O$  naar  $NP$ , en  $x$  loodrecht daarop.

hdlg. Taf. I.



## Ginzels identificaties

Selectie uit het overzicht van de door Ginzels (1918) geïdentificeerde zonsverduisteringen. De jaartallen staan in de geschiedkundige tijdrekening, waarin het jaar 1 vóór Chr. onmiddellijk voorafgaat aan 1 na Chr. (daardoor is 1063 v.Chr. hetzelfde jaar als rekenkundig  $-1062$ ). De oude astronomische etmaaltelling (van 12 uur 's middags tot 12 uur 's middags) is vervangen door de burgerlijke datum; dit veroorzaakt een verschil van één dag met de eclipsen op Ginzels kaart die in de morgenuren (Universal Time) vallen.

\* 31 juli 1063 v.Chr. (Babylon) 'dag verkeerde in nacht en vuur midden aan de hemel'

\* 15 juni 763 v.Chr. (Nineveh) 'opstand in de stad Assur. In maand Sivan zon verduisterd'

\* 6 april 648 v.Chr. (aut.: Archilochus) 'niets is meer onmogelijk sinds Zeus de zon bedekte en van de middag nacht maakte'

\* 28 mei 585 v.Chr. (aut.: Thales, Klein-Azië) 'dag verkeerde in nacht', einde vijfjarige oorlog tussen Meden en Lydiërs

\* 19 mei 557 v.Chr. (aut.: Xenophon, Larissa) 'een wolk spreidde zich over de zon en onttrok haar aan 't gezicht'

\* 17 februari 478 v.Chr. (Sardes) 'de zon hield plotseling op, hoewel er geen wolken waren'

\* 30 april 463 v.Chr. (aut.: Pindar, Thebes) 'O opperster, ons ontroofd op klaarlichte dag'

\* 3 augustus 431 v.Chr. (aut.: Thukydides, Athene) 'zon werd sikkell en daarna weer vol'

\* 15 augustus 310 v.Chr. (aut.: Diodorus, Sicilië) 'zo'n zonsverduistering dat volkomen duisternis intrad en overal sterren werden gezien, op de dag nadat Agathokles met zestig schepen uit het belegerde Syracuse ontsnapte'

\* 20 november 129 v.Chr. (aut.: Hipparchus) 'totaal in Hellaspont, 4/5e in Alexandrië'; bepaling maansafstand tussen 71 en 83 aardstralen (de grootte werd indertijd geschat door te kijken naar het verzwakte zonsbeeld zoals weerspiegeld in een bekken met olie, pek of water)

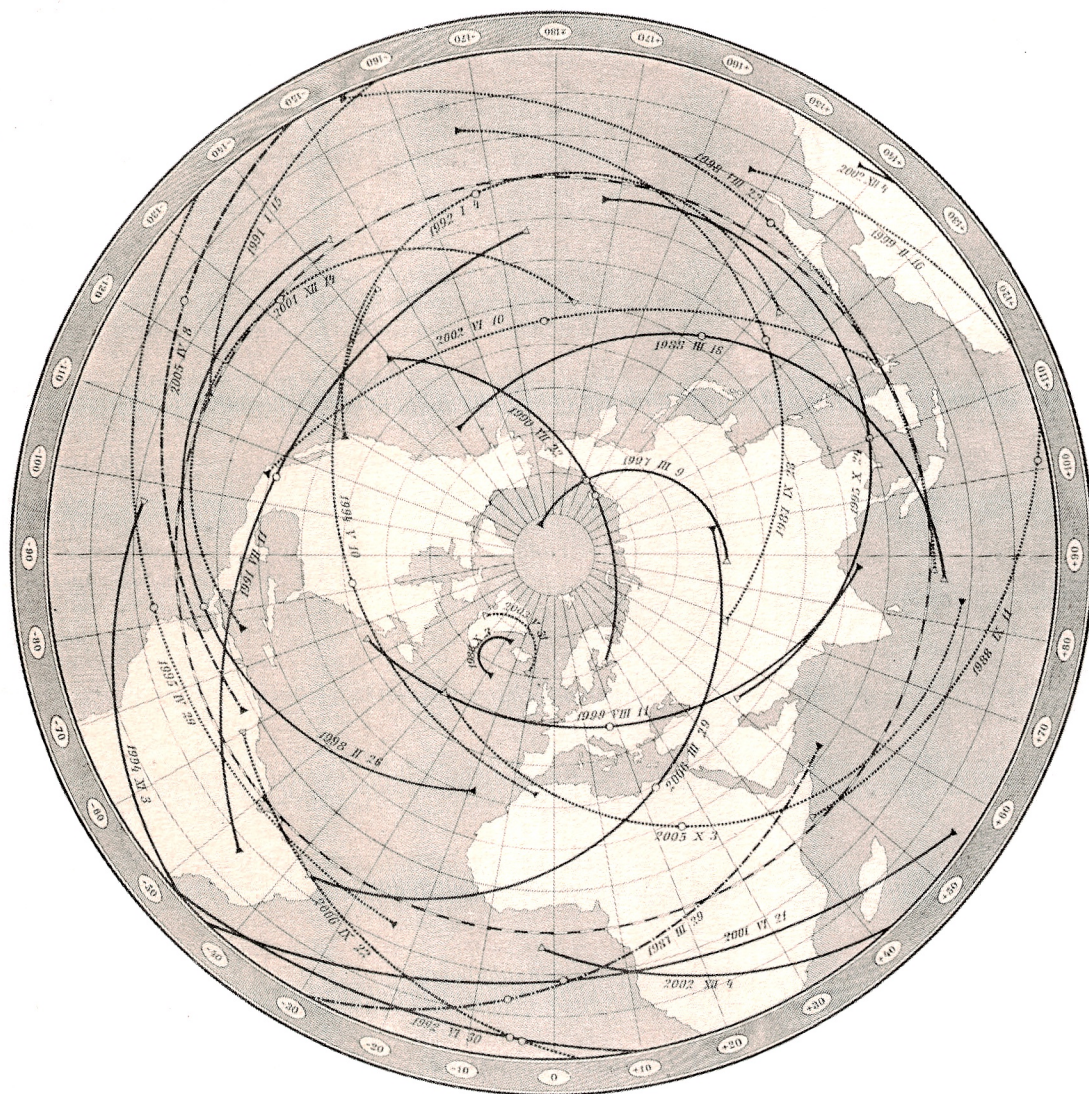
\* 24 november 29 n.Chr. (aut.: Phlegon, Nicea?) 'grotere zonsverduistering dan tot dusver bekend, en nacht kwam op het zesde uur van de dag'. In de derde eeuw legt men verband tussen deze zonsverduistering en de kruisiging van Christus. Ginzels daarover: 'Van astronomische zijde moet men de pogingen het Bijbelwoord te verklaren met een zonsverduistering [door de maan] geheel en al opgeven.'

\* 30 april 59 n.Chr. (aut.: Tacitus, Rome) 'weldra [na de dood van Nero's moeder Agrippina] werd de zon plotseling verduisterd en de bliksem trof de veertien stadsgewesten [van Rome]'

\* 31 mei 67 n.Chr. (aut.: Apollonius, Rome) 'blikte naar de hemel bij een zonsverduistering en begeleidente donder'

\* 19 maart 71 n.Chr. (aut.: Plutarchus, Griekenland) 'nadat de samenkomst [van zon en maan] gelijk na de middag, vele sterren aan de hemel zichtbaar maakte, en de lucht een kleur als van avondschemer verleende ...'

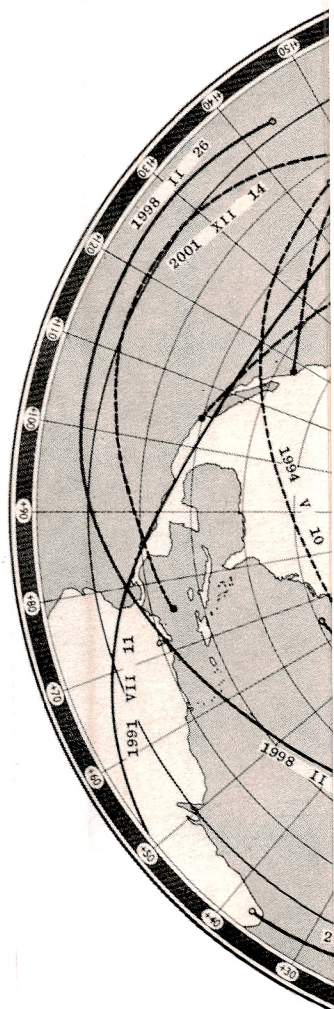




— totale  
 ..... ringvormige  
 - - - - - ringf.-totale } Sonnenfinsterniss.

Gregorianischer Kalender.

△ Aufgangspunkt  
 ○ Mittagspunkt event. • Mitternachtspunkt  
 ▲ Untergangspunkt



— total  
 ..... annular  
 - - - - - annular-totale

**Links: Kaart 153 uit de Canon van Oppolzer, waarop de zonsverduisteringen van 1985 tot 2008 zijn ingetekend. Rechts: ter vergelijking de computer-berekende en nauwkeurig getekende kaart uit de 'Canon of Solar Eclipses 1898 — 2510' van Meeus, Grosjean en Vanderleene, verschenen in 1966.**

v.Chr., 19 augustus 1176 v.Chr. en 6 juni 1172 v.Chr., en twee uit de Wen-ding monarchie (1168 — 1155 v.Chr.): 7 mei 1161 v.Chr. en 31 oktober 1161 v.Chr.

Volgens zowel F. R. Stephenson, alsook volgens berekeningen van S. de Meis (Milaan) en van mijzelf met gegevens van J. Meeus, zijn de laatste twee identificaties echter onjuist. De eclips van 31 oktober begon een uur eerder dan volgens Oppolzer, en was bij zonsopkomst te Anyang al afgelopen. Sterker nog: die van 7 mei bleef óók volgens Oppolzer duizenden kilometers van China verwijderd, in de Stille Oceaan ten noordoosten van Australië!

In 1984 publiceerden H. Mucke en J. Meeus een nieuwe *Canon*, die tot 2004 v.Chr. teruggaat. Mucke vond dat het tijdstip van Nieuwe Maan bij Oppolzer altijd later valt dan bij hem: 41 minuten omstreeks 1200 v.Chr., 34 minuten rond 900 v.Chr., 7 minuten rond 600 n.Chr. en 1 minuut rond 2160 n.Chr. De afwijking van Ginzél zit tussen 8 en —2 minuten; een fraaie bevestiging van diens empirische correcties.

Volgens een studie van J. Meeus is Oppolzers totaliteitsduur

steeds iets te lang; momenteel ca. 10 seconden, maar rond 1000 v.Chr. soms wel 20 seconden. De ligging van een met Oppolzer berekende centrale lijn vertoont een fout van 20 kilometer (herleid naar loodrechte inval van de maanschaduw) in het heden; dat was 130 km bij het begin en is 45 km bij het eind van de *Canon*. Bij verduisteringen aan de klimmende knoop van de maanbaan ligt Oppolzers centrale lijn te zuidelijk; bij de dalende knoop te noordelijk, met uitzondering van de periode tussen 300 v.Chr. en 1810 n.Chr., waarin de toestand omgekeerd was en de afwijking een maximum van 60 km bereikte rond 700 n.Chr.

Maar wij hebben thans computers en dus achteraf gemakkelijk praten. Vanuit de behoefte Theodor von Oppolzer en zijn tien handrekenaars te eren heb ik deze honderd-jarige gedenktent geschreven. □

#### Literatuur

1. T. v. Oppolzer: *Canon der Finsternisse*, Denkschriften Math.-Naturw. Classe der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, Wien 1887. (Herdruk, getiteld *Canon of Eclipses*, met toegevoegd voorwoord van D. Menzel en O. Gingerich, Dover Publications, New York 1962.)
2. R. Schram: *Nekrolog Theodor von Oppolzer*, in Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft, jg. 22 nr. 3 pag. 176—208, 1887.
3. A. Krueger: *Todes-Anzeige* in Astronomische Nachrichten, jg. 116 pag. 79, 1887.
4. E. Weiss: *Nekrolog über Theodor von Oppolzer*, in Astronomische Nachrichten, jg. 116 pag. 95, 1887.





Solar Eclipse

1986 October 3 to 2006 March 29

○ Beginning  
● End

5. A. Suess: *Almanach der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften*, jg. 37 pag. 183—189, Wien 1887.
6. *Österreichisches Biographisches Lexikon*, Österreichische Akademie der Wissenschaften, pag. 238—240, vermoedelijk ca. 1980.
7. H. Mücke: *Theodor Ritter von Oppolzer und sein 'Canon der Finsternisse'*, in *Der Sternbote*, jg. 30 nr. 1 pag. 2—16, Wien 1987.
8. F. K. Ginzel: *Astronomische Untersuchungen über Finsternisse*, Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Deel I: Band 85, jg. 1882, pag. 663—747. Deel II: Band 88, jg. 1883, pag. 629—755. Deel III: Band 89, jg. 1884, pag. 491—559.
9. F. K. Ginzel: *Beiträge zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse*, in *Abhandlungen der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften Berlin*, Phys.-Math. Abh. 1918 nr. 4, pag. 3—46.
10. F. R. Stephenson: *Some geophysical, astrophysical and chronological deductions from early astronomical records*, acad. proefschrift, Newcastle upon Tyne, 1972.
11. F. R. Stephenson en L. V. Morrison: *Long term changes in the rotation of the Earth, 700 BC to AD 1980*, in *Phil. Trans. Royal Society London* A313, pag. 47—70, London 1984.
12. H. Mücke en J. Meeus: *Canon of Solar Eclipses —2003 to +2526*, Astronomisches Büro, Wien 1984.
13. J. Meeus, G. Grosjean en W. Vanderleen: *Canon of Solar Eclipses 1898—2510*, Pergamon, Oxford 1966.
14. J. B. Zirker: *Total eclipses of the Sun*, Van Nostrand Reinhold, New York 1984.
15. Zhang Pei-Yu: *A study of records of the solar and lunar eclipses in scripts on tortoise-shells or ox-bones*, in *Acta Astronomica Sinica*, vol. 16 no. 2, dec. 1975, pag. 210—224 (dankzij de Alkmaarse afdeling van de NVWS vertaald uit het Chinees door Tang Jin-shang van het Suzhou Railway Teacher's College, dept. of foreign language).

## Oppolzers eerbewijzen

In zijn betrekkelijk korte wetenschappelijke carrière viel Theodor von Oppolzer een groot aantal eerbewijzen ten deel. Hieronder een opsomming.

- 24 juli 1869: Benoeming tot correspondent van de Weense keizerlijke Akademie van Wetenschappen.

- 11 februari 1871: Toekenning van een eredocoraat aan de Universiteit van Leiden (zie het afgebeelde fragment van de voorpagina van het *Leidsch Dagblad* van 13 februari 1871).

- 15 mei 1873: Bekleding met de titel van regeringsraadheer en benoeming tot bestuurslid van het keizerlijk-koninklijk graadmetersbureau.

- 9 januari 1874: Verkiezing tot geassocieerd lid van de Royal Astronomical Society in Londen.

- 28 september 1874: Benoeming in de permanente commissie voor de Europese graadmeting.

- 2 mei 1876: Onderscheiding met de Pruisische Rode Adelaarsorde 3e klas.

- 30 november 1876: Onderscheiding met de Russische St. Annenorde 2e klas.

- 15 maart 1877: Verkiezing tot erelid van de Geographische Gesellschaft in Boekarest.

- 26 april 1878: Onderscheiding met het commandeurkruis van de Roemeense Ster.

- 3 juni 1878: Benoeming tot ridder 3e klasse van de Oostenrijkse orde van de IJzeren Kroon.

- 12 mei 1879: Verkiezing tot correspondent van de Franse Akademie van Wetenschappen in Parijs.

- 25 juni 1879: Benoeming tot correspondent van de Beierse Akademie van Wetenschappen in München.

- 19 februari 1880: Aanstelling tot erelid van het Genootschap voor Natuurkunde en Natuurlijke Historie in Genève.

- 30 juni 1882: Benoeming tot werkelijk lid van de Weense keizerlijke Akademie van Wetenschappen.

- 23 maart 1884: Onderscheiding met het commandeurkruis van de Italiaanse Kroonorde en kort daarna benoeming tot lid van het Internationale Comité voor Maten en Gewichten.

- 22 maart 1885: Benoeming in de Normalisatie-IJkingscommissie.

- 22 mei 1885: Verlening van de titel van keizerlijk-koninklijk hofraadsheer.

- 28 mei 1885: Benoeming tot buitenlands lid van de koninklijke Akademie van Wetenschappen in Boedapest.

- augustus 1885: Aanstelling tot president van de Oostenrijkse graadmeterscommissie.

- 26 oktober 1885: Benoeming tot lid van de keizerlijke Leopold-Carolin Akademie van Natuurvorsers in Halle.