

# Nogmaals de Leoniden van 1996

Marco Langbroek<sup>1</sup>

1. Jan Steenlaan 46, 2251 JH Voorschoten. E-mail MARCOLAN@STAD.DSL.NL

## English Summary

This analysis, which is a revision and enlargement of an earlier analysis [9], shows that a broad outburst structure of bright Leonid meteors similar to the 1995 and most notably the 1994 displays [8,10] was present in 1996. In addition, and most important, a second narrow structure of fainter meteors has with certainty been observed (see also preliminary results in [9] and results in [4]).

An independent data-set by AKM/IMO observer Sirko Molau for the narrow peak period has been added. The analysis has been enlarged with data from American observers George Zay, Bob Lunsford and Norman McLeod (AMS) covering part of the broad structure.

The broad structure of bright meteors ( $r 1.9 \pm 0.9$ ) peaked at November  $17.31 \pm 0.04$  ( $\lambda 235^\circ.28 \pm 0.04$  (2000.0)) with a peak ZHR of  $70 \pm 10$  (outburst structure only. Including the annual activity structure hidden under the outburst, this results in a combined ZHR near 80 - 85) and shows an activity behaviour with  $B 1.2 \pm 0.3$  for the ascending and descending slopes. It has a  $2 \times 1/e$  duration of  $0^\circ.72$  corresponding to an effective cross-section of 0.0127 AU parallel to the Earth orbit. Peak strength and effective duration/cross-section are comparable to the 1994 outburst [8] but the peak position in  $\lambda$  is different. The peak position coincides with crossing of the 55P/Tempel-Tuttle node at  $\lambda 235^\circ.258$  [12].

The narrow 'pre-storm' structure of fainter meteors ( $r 2.5 \pm 1.3$ ) peaked at November  $17.20 \pm 0.01$  ( $\lambda 235^\circ.172 \pm 0.007$ ) with a peak ZHR of  $65 \pm 15$  (narrow peak alone. Including the broad background structure and the annual structure, this results in a combined ZHR near 150) and shows an activity behaviour with  $B 30 \pm 10$  for the ascending slope. It has a  $2 \times 1/e$  duration of  $0^\circ.029$  corresponding to an effective cross-section of 0.0005 AU parallel to the Earth orbit.

The occurrence of the narrow peak can best be explained as a first modest sign of presence of the dust structure that should be responsible for the expected storm activity in 1998 - 1999. The appearance  $0^\circ 085$  before the node of 55P/Tempel-Tuttle suggests that the 1998-1999 storms might peak just before nodal passage.

## Introductie

De Leonidenzwerm startte een nieuwe uitbarstingscyclus in 1994. In dat jaar trad een brede structuur van heldere meteoren op ( $B 1.15 \pm 0.30$ ,  $r 2.1 \pm 0.3$ ) met een piek ZHR van  $85 \pm 15$  op 18.42 november [8]. Een vergelijkbaar brede structuur van heldere meteoren ( $B 1.1$ ,  $r 2.0 \pm 0.3$ ) trad op in 1995 maar had een duidelijk lagere maximum ZHR van  $30 \pm 10$  (uitbarstingsstructuur alleen) rond 18.0 november en het maximum beduidend vroeger in zonslengte [3,10].

In 1996 vertoonde de zwerm weer forse activiteit, met een indrukwekkende show boven Europa en de VS. Het verschijnen van vele vuurbollen zorgde voor opwinding onder de waarnemers (e.g. [1,11]). De verschijning van 1996 was echter vooral opmerkelijk door het

optreden van een sterke nauwe piek van zwakkere meteoren boven Europa, naast een veel breder component van heldere meteoren. Het optreden van deze piek werd het eerst onder de aandacht gebracht door de auteur op basis van voorlopige resultaten van Koen Miskotte en hemzelf [9] en werd later bevestigd door een analyse van Brown en Arlt [4].

In de nu volgende analyse worden de voorlopige resultaten gepubliceerd in [9] gereviseerd, en een onafhankelijke data-set van de Duitse waarnemer Sirko Molau (AKM/IMO) uit de activiteitsperiode van de nauwe piek wordt toegevoegd. Daarnaast wordt het activiteitsprofiel uitgebreid met data van de Amerikaanse waarnemers George Zay, Bob Lunsford en Norman McLeod uit het interval 6:30 - 13:30h UT.

## Reductie procedure

De reductie-procedure is hetzelfde als eerdere analyses (e.g. [9-10]) en volgt Jenniskens [6-8]. Alleen waarnemingen met radianthoogtes  $>20^\circ$  zijn meegenomen. Marco Langbroek, Koen Miskotte, Jos Nijland en Marc de Lignie namen waar vanuit twee locaties net ten zuiden van de Somme Vallei, Frankrijk; Sirko Molau nam waar vanuit Sleswig Holstein, Noord Duitsland; Norman McLeod nam waar vanuit Fort Myers, Florida (USA); Bob Lunsford en George Zay namen waar vanuit Descanso, Californië (USA). Ruwe data en posities van waarneemlocaties voor Marco Langbroek, Koen Miskotte, Jos Nijland en Marc de Lignie zijn te vinden in [9], in IMO's VMDB en het DMS archief; voor Sirko Molau, George Zay, Bob

Lunsford en Norman McLeod zijn ze te vinden in [2] en in IMO's VMDB. Sirko Molau (*priv. corr.*) stelde een data-set opgedeeld in kleinere periodes beschikbaar.

Cp-waardes zijn opnieuw berekend op basis van data uit 1996 en het is met name hier dat kleine revisies optreden ten opzichte van de eerdere voorlopige analyse [9]. Data, Cp's en individuele ZHR-waarden worden samengevat in tabel 1.

### De magnitude distributies

Figuur 1 laat de gecorrigeerde magnitude distributies voor de waargenomen Leoniden zien. Ruwe tellingen zijn gecorrigeerd naar werkelijke aantallen met behulp van een probability function [6] gecorrigeerd voor Lm, en de individuele resultaten zijn daarna samengevoegd. De resultaten voor de periode 3:30 - 5:05 UT (activiteitsperiode nauwe piek) van Langbroek, Miskotte and Molau zijn apart weergegeven als de stippen; de resultaten van de Amerikaanse waarnemers McLeod, Zay en Lunsford voor de periode 6:30 - 13:30 UT zijn weergegeven als blokjes en zijn voor de duidelijkheid een decade omhoog geschoven. Te zien is dat de beide magnitude-verdelingen verschillen in steilheid: de Amerikaanse distributie loopt vlakker dan die verkregen tijdens de nauwe piek boven Europa. Dat suggereert dat de nauwe piek uit een influx van zwakkere meteoren bestond (zie ook [4,9]).

De Europese verdeling uit de activiteitsperiode van de nauwe piek levert  $r = 2.5 \pm 1.3$  voor het magnitude-bereik -2 tot +4 op. Er is een suggestie van een niet-exponentiele distributie, in de vorm van twee gecombineerde structuren, een steile en een vlakkere (zie ook [9]). De steile magnitude-distributie zit in de data van alle drie de waarnemers in kwestie (Molau, Langbroek en Miskotte). De Amerikaanse distributie komt uit op een vlakkere  $r = 1.9 \pm 0.9$  voor het magnitudebereik -4 tot +5 en heeft een normaal exponentieel gedrag. De weergegeven lijnen in figuur 1 geven  $r=1.9$  en  $r=2.5$ .

UT	H (°)	Lm	T eff	N Leo	Obs	Cp	ZHR	$\sigma$
17.065	33	6.20	0.38	7	MOLSI	0.9	58	22
17.128	43	6.40	0.52	14	LIGMA	1.0	62	17
17.133	43	5.70	0.50	18	NIJJO	2.0	56	13
17.149	47	6.30	0.18	8	LANMA	1.4	57	20
17.152	48	6.30	0.35	15	MISKO	1.2	63	16
17.162	50	6.50	0.23	19	LANMA	1.4	86	23
17.164	50	6.50	0.13	7	MISKO	1.2	65	25
17.173	52	6.60	0.28	24	MISKO	1.2	91	19
17.174	53	6.00	0.50	11	MOLSI	0.9	53	16
17.174	52	6.50	0.32	24	LANMA	1.4	75	15
17.187	54	6.45	0.38	30	MISKO	1.2	93	17
17.188	54	6.45	0.25	20	LANMA	1.4	80	18
17.190	55	6.00	0.25	11	MOLSI	0.9	101	30
17.200	56	6.30	0.28	36	LANMA	1.4	143	24
17.201	57	6.30	0.28	31	MISKO	1.2	142	26
17.205	56	5.78	0.44	23	MOLSI	0.9	149	31
17.241	61	5.60	0.20	6	MISKO	1.2	59	24
17.241	61	6.20	0.15	10	LANMA	1.4	72	23
17.289	23	7.30	1.00	20	MCLNO	0.4	112	25
17.331	37	7.30	1.00	23	MCLNO	0.4	70	25
17.372	50	7.30	1.00	28	MCLNO	0.4	61	11
17.375	22	6.40	1.00	19	LUNRO	1.0	80	18
17.408	32	5.74	1.00	15	ZAYGE	0.8	74	19
17.417	34	5.99	1.00	17	LUNRO	1.0	53	13
17.420	65	7.30	1.32	46	MCLNO	0.4	60	9
17.451	45	6.02	1.00	13	ZAYGE	0.8	36	10
17.458	47	6.13	1.00	16	LUNRO	1.0	31	8
17.496	58	5.95	1.00	28	ZAYGE	0.8	63	12
17.500	59	6.33	1.00	30	LANRO	1.0	44	8
17.535	69	5.78	0.78	17	ZAYGE	0.8	48	12
17.542	71	5.77	1.00	35	LUNRO	1.0	60	10

**Table 1:** Raw data and individual ZHR-results obtained on November 17, 1996. LANMA = Marco Langbroek (Somme Valley, F); MISKO = Koen Miskotte (Somme Valley, F); LIGMA = Marc de Lignie (Somme Valley, F); NIJJO = Jos Nijland (Somme Valley, F); MOLSI = Sirko Molau (Sleswig-Holstein, GER); MCLNO = Norman McLeod (Florida, USA); LUNRO = Robert Lunsford (California, USA); ZAYGE = George Zay (California, USA)

### Activiteits-gedrag

Figuur 2 laat het verkregen activiteitsprofiel zien. Getoonde foutenbalken geven de statistische  $1\sigma$  standaarddeviatie. In de ZHR-berekening is een r-waarde van 2.5 gebruikt voor de activiteitsperiode van de nauwe piek en een r-waarde van 1.9 buiten de nauwe piek. Nabij de basis van de flanken van de nauwe piek is een tussenwaarde van 2.1 aangenomen.

Het resultaat is een profiel dat duidelijk uit twee aparte structuren bestaat: een zeer brede structuur, en een aparte nauwe structuur in de opgaande flank.

### De brede structuur van heldere meteoren

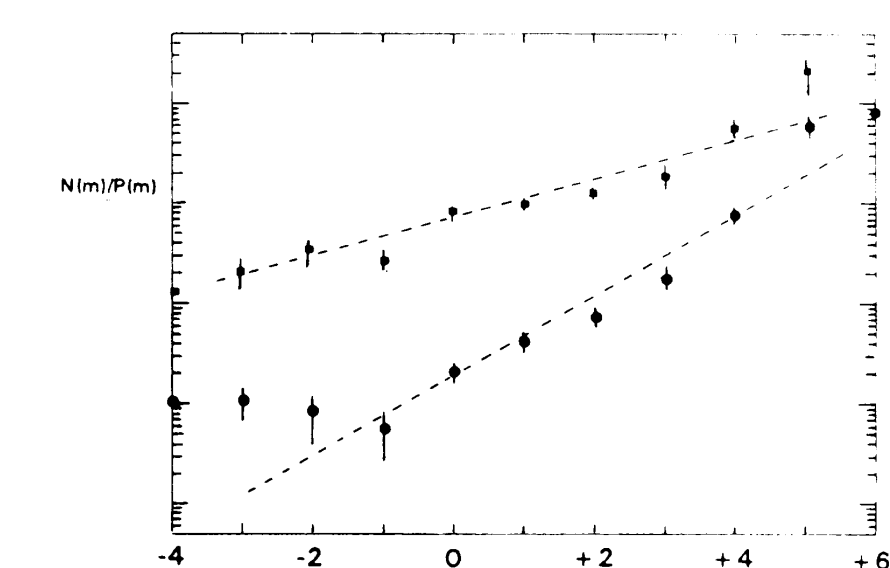
De brede structuur van heldere meteoren ( $r \sim 1.9$ ) piekt op  $17.31 \pm 0.04$  november ( $\lambda = 235^\circ.28 \pm 0.04$  (2000.0))

met een maximum ZHR  $70 \pm 10$  (Dit betreft alleen de uitbarstingsstructuur. Inclusief de jaarlijkse component 'onder' de uitbarstingsstructuur [8], levert dat een maximale ZHR rond 80 - 85 op). Een fit aan het activiteitsverloop van de oplopende en aflopende flanken komt overeen met  $B 1.2 \pm 0.3$ . De  $2 \times 1/e$  effectieve duur bedraagt  $0^\circ.72$  wat overeenkomt met een effectieve doorsnee van 0.0127 AE parallel aan de Aardbaan voor deze stofstructuur. De piek is nagenoeg gelijk aan die van 1994 in termen van activiteitsniveau en effectieve duur [8], maar wijkt (niet verrassend) af in de positie van het maximum. Misschien waren in 1996 ook de meteoren nog net iets helderder. Het maximum tijdstip dat ik verkrijg is iets vroeger dan dat verkregen door Brown en Arlt [4] en komt uitstekend overeen met het maximumtijdstip verkregen uit de radio-data, gecorrigeerd voor observability-functie, van Peter Bus [5]. De positie van de piek komt overeen met passage door de knoop van 55P/Tempel-Tuttle, gelegen rond  $\lambda 235^\circ.258$  [12].

### De nauwe structuur van zwakkere meteoren

De nauwere structuur van zwakkere meteoren ( $r \sim 2.5$ ) piekt op  $17.20 \pm 0.01$  november ( $\lambda 235^\circ.172 \pm 0.007$ ) met een maximum ZHR  $65 \pm 15$  (Voor de nauwe piek alleen. Inclusief de brede achtergrond en jaarlijkse component levert dat een maximum ZHR rond 150 op). Een fit aan het activiteitsverloop van de oplopende flank komt overeen met  $B 30 \pm 10$ . De  $2 \times 1/e$  effectieve duur is  $0^\circ.029$  wat overeenkomt met een effectieve doorsnee van 0.0005 AE parallel met de aardbaan voor deze nauwe structuur.

De piek vertoont grote overeenkomsten met de 'main peaks' (de storm pieken) in de Leoniden profielen van 1866 en 1966 [7-8] in termen van B-waarde en de nadruk op zwakkere meteoren. Een vergelijkbare 'pre-storm' verschijning van een nauwe component is gerapporteerd voor 1965, en een vergelijkbare 'post-storm' verschijning is ge-



**Figure 1:** Corrected magnitude distributions. Values used for  $P(m)$  are taken from [6] and have been corrected for  $L_m$ . Shown is the distribution for the narrow peak period 3:30-5:05 UT (dots) using data of LANMA, MISKO and MOLSI; and the distribution for the broad structure 6:30-13:30 UT (blocks) using data of MCLNO, LUNRO and ZAYGE. These have been displaced by a decade for clarity. Trend lines shown are for  $r=1.9$  and  $r=2.5$ .

rapporteerd voor 1969 [8].

Het activiteitsverloop bepaald uit de data van Sirko Molau komt uitstekend overeen met dat bepaald uit de data van Koen Miskotte en de auteur (zie tabel 1). Beide waarneemlocaties lagen ruim 800 km uiteen.

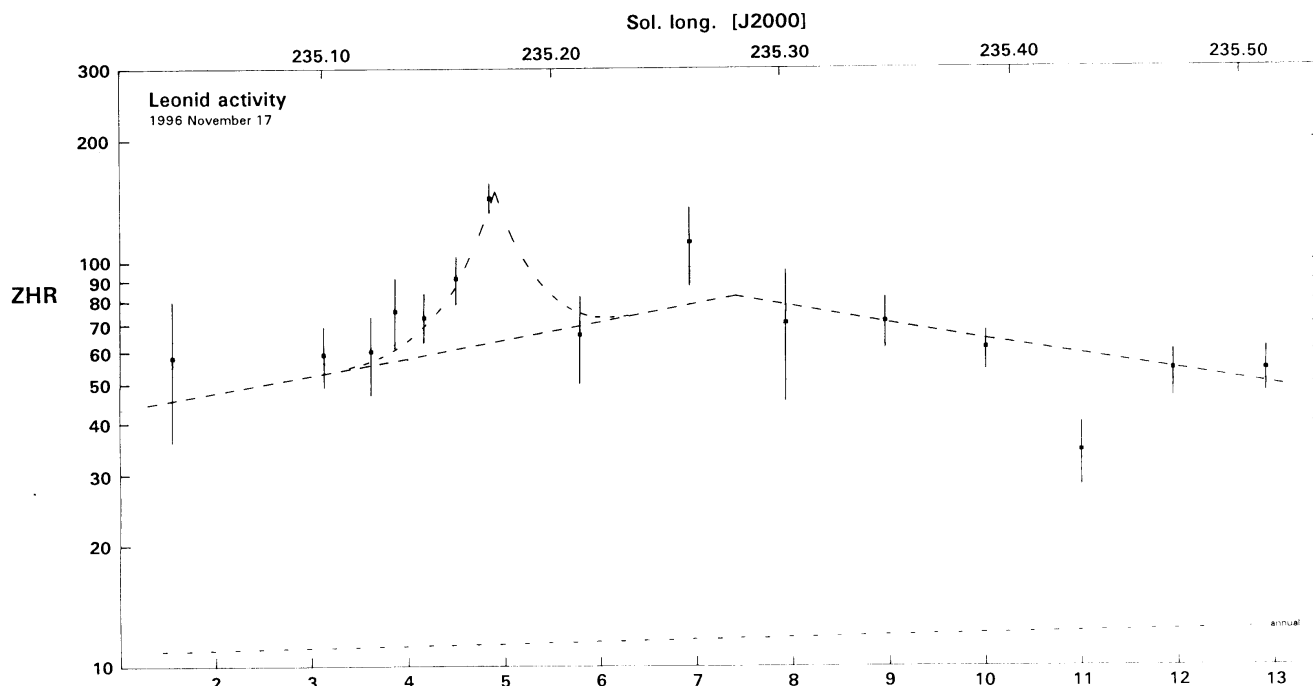
Het verschijnen van deze nauwe piek van zwakke meteoren kan het best geïnterpreteerd worden als een eerste bescheiden optreden van de stofstructuur die in 1998 en 1999 de verwachte stormen moet gaan geven. De verschijning  $0^\circ.085$  voor de knoop van 55P/Tempel-Tuttle suggereert dat de 1998-1999 stormen, anders dan in 1866 en 1966, iets voor de knoop gaan pieken.

### Referenties:

[1] ANONYMOUS, 1997: A bevy of Bright Leonids. *Sky & Telescope* March 1997, 115-116.  
 [2] ARLT R. (ed.), 1997: 1996 Visual Meteor Data. *WGN report series 9* (published by IMO, Potsdam).  
 [3] BROWN P., 1996: Bulletin 8 of the International Leonid Watch.

*WGN, journ. IMO 24* 139-141

[4] BROWN P. AND ARLT R., 1997: Bulletin 10 of the International Leonid Watch, Final Results of the 1996 Leonid Maximum. *WGN, journ. IMO 25*, 210-214.  
 [5] BUS E.P., 1997: Radiowaarnemingen (1), Perseïden en Leoniden. *Radiant, journ. DMS 19*, 42-46.  
 [6] JENNISKENS P., 1994: Meteor stream activity I. The annual streams. *Astronomy & Astrophysics 287*, 990-1013.  
 [7] JENNISKENS P., 1995: Meteor stream activity II. Meteor outbursts. *Astronomy & Astrophysics 295*, 206-235.  
 [8] JENNISKENS P., 1996: Meteor stream activity III. Measurement of the first in a new series of Leonid outburst. *Meteoritics & Planetary Science 31*, 177-184.  
 [9] LANGBROEK M., 1996a: Observation of a Narrow Component of Faint Leonids in 1996. *WGN, journ. IMO 24*, 207-208.  
 [10] LANGBROEK M., 1996b: Leoniden 1995 (1), de maximum-



nacht. *Radiant, journ. DMS* **18**, 119-121.

[11] MISKOTTE K., TER KUILE C., NIJLAND J. AND DE LIGNIE M., 1997: Leoniden 1996 post Delp-hinus en Astra. *Radiant, journ. DMS* **19**, 6-10.

[12] YEOMANS D.K., YAU K.K. AND WEISSMAN P.R., 1996: The Impending Appearance of Comet Tempel-Tuttle and the Leonid Meteors. *Icarus* **124**, 407-413.

**Figure 2:** The obtained activity profile. Shown trend lines for the broad and narrow structures are for the parameters explained in the text ( $B \sim 30$  for the narrow peak and  $B \sim 1.2$  for the broad structure).

Vervolg van bladzijde 57

In de komende maanden zullen velen binnen DMS zich gaan inzetten om de contacten met de chinese collegas te verstevigen en de actie mogelijk te maken. Het was mijn ervaring dat de Chinese wetenschappers zelf bijzonder gemotiveerd zijn en erg behulpzaam zullen zijn. Dr. Zhu Jin, bijvoorbeeld, nam een hele dag vrij om mij Simatai en de sterrenwacht te laten zien. Een reis die tot 1 uur in de nacht duurde. Ik wil hierbij Dr. Xu Pingxin en Dr. Li Guangyu van Purple Mountain Observatory en Dr. Zhu Jin van Beijing Astronomical Observatory bedanken voor hun gastvrijheid en hoop nog eens vaker Nanjing en Beijing te mogen bezoeken.