

EN130888 : 18 SECONDEN VUURWERK BOVEN NEDERLAND

Hans Betlem, Marc de Lignie, Peter Jenniskens en Maarten Wiertz

ENGLISH SUMMARY

On August 13 1988 a very slow moving object of maximum magnitude -3 entered the atmosphere at a height of 80 km over the eastern border of the Netherlands. After a luminous trajectory of 18 seconds the meteor ended at 44 km height over West Germany. Several fragments were seen. Seven Dutch photographic stations photographed the meteor on 14 photographic negatives. A (very weak) spectrum was also obtained. The meteor entered the atmosphere with a velocity of only 13 km/s. At its termination the velocity was only 8 km/s.

This article presents orbital and trajectory data of the object.

Inleiding

In de nacht van 13 op 14 Augustus 1988 waren veel meteorwaarnemers actief in verband met de Perseïden-aktie.

Na een geheel bewolkte nacht 11/12 Augustus en een gedeeltelijk bewolkt nacht 12/13 Augustus zag het er naar uit, dat de bewuste nacht een heldere zou worden. Over het midden van het land echter dreven nog enkele grotere wolkenban-

ken traag oostwaarts. Desondanks waren op vele waarnemingsposten de camera's al open : Er was immers het een en ander in te halen....

Tussen 22^h21^m24^s en 22^h21^m42^s UT gebeurde het....

In een trage, majestueuze vlucht daalde een fragmenterend en brokkelend fragment neer over het midden en oosten van ons land en verscheen laag in het oosten achter een wolkenbank, die door de laatste flares een aantal keren oplichtte. Hoewel de trage beweging in eerste instantie aan een terugkerende satelliet deed denken, werd die gedachte al spoedig verlaten. Niet alleen bleek de globale snelheid van het object te hoog te zijn, maar ook brachten onderzoeken van Bertus Kroon geen meldingen van een mogelijke "satellite-decay" aan het licht. Sterker nog : In het bewuste deel van de dampkring was rond het verschijningstijdstip zelfs in het geheel geen satelliet aanwezig.

Dan toch een meteor, en wel een zeer uitzonderlijke. Hoewel de verwerking van de vele simultaanopnamen van de Perseïdenaktie 1988 nog wel even op zich zal laten wachten, hebben de DMS rekenaars de verleiding niet kunnen weerstaan en hebben zij hun tanden gezet in het gigantische meet- en rekenwerk van EN130888, zoals onze simultaanopname 88019 vanaf nu te boek staat.

In dit artikel de resultaten van de FIRBAL berekeningen.

Beschikbaar fotografisch materiaal

Het 18 seconden lange meteoortrajekt is door maar liefst zeven waarnemingsposten fotografisch vastgelegd op 14 verschillende fotografische emulsies. Bij de verwerking is zoveel mogelijk bruikbaar materiaal meegenomen. Allereerst volgt hier een bespreking van het beschikbare materiaal.

1. Langeveen

Ongetwijfeld de beste set negatieven werd verkregen door de Zirgasia waarnemers te Langeveen. De negatieven werden al aan een globale analyse onderworpen door Casper ter Kuile [1]. Omdat vanuit Langeveen zowel de hoge als de lage batterij de meteor vastlegden, zijn zeer veel sektoronderbrekingen voor metingen en snelheidsbepalingen beschikbaar. Er zijn 80 van de 240 sektoronderbrekingen (om de drie) over beide negatieven gemeten. Langeveen fotografeerde tien seconden zichtbaarheidsduur; tussen de beide opnamen zit een "gat" van tien lichtmoten. Ook is de meteor vanuit Langeveen door een fish-eye camera vastgelegd, doch dit negatief is verder niet bewerkt. Het eerste negatief van Langeveen toont, samen met één van de opnamen van Denekamp duidelijk de fragmentatie langs het trajekt. Eén van de fragmenten is afzonderlijk gemeten.

Het negatief van de lage batterij is van mindere kwaliteit. Er is wat meer onscherpte, vermoedelijk deels te wijten aan het feit, dat de meteor achter dunne wolkenflarden verdween.

2. Bussloo

Door de aanwezigheid van dikkere bewolking stonden hier de batterijen dicht.... Desondanks zijn er twee registraties

van de meteor vastgelegd. De all-sky legde een lang stuk van de meteor vast. Ongeveer 75 sektoronderbrekingen (8.33 afdekkingen per seconde) legden 9 seconden fotografische zichtbaarheid vast.

Daarnaast trok de meteor vrijwel diagonaal door het veld van de f/4.5-160mm Zeiss spektrograaf. Er is een zéér zwak spektrum vastgelegd, dat echter niet voor verdere verwerking geschikt is. Omdat de Zeiss zeer lange opnamen (4 uur) maakte en tijdens wolkenbanken gewoon open bleef staan, is deze 9x12cm plaat niet geschikt voor astrometrie. Er zijn vrijwel geen vastbepaalde begin- en eindpunten van stersporen op de plaat aanwezig.

De derde registratie vanuit Bussloo betreft een opname in kleur op Agfachrome RS1000 kleurendiafilm, ontwikkeld op 3200 ASA. Deze opname werd gemaakt zonder sektor; naar schatting staat ook op de kleurenopname ca. 10 seconden van het meteorspoor.

De all-sky opname met sektor is uitgemeten en in de multiaanberekening verwerkt.

3. Emmen

Een zeer fraaie opname van het helderste deel van het spoor (naar schatting ca. 5 seconden zichtbaarheid) werd gemaakt door het waarnemingsteam op de Volkssterrewacht Emmen te Emmercompascuum. Er werd geen sektor gebruikt. Een flink aantal meetpunten op regelmatige afstanden langs het spoor werd gebruikt voor de simultaanberekeningen.

4. Meterik



Figure 1: Vanuit Meterik werd een minuscuul stukje van het meteorspoor gefotografeerd in de uiterste rechter- onderhoek van deze opname.

Ongetwijfeld het kortste stukje van het meteorspoor werd vastgelegd door "hoekjes-specialist" Peter Jenniskens vanuit Meterik. In een uiterst hoekje van één van zijn negatieven staat een stukje spoor van amper een graad lengte... De opname is uitgemeten en meegenomen in de



Figure 2: *Het spoor van EN130888 gefotografeerd vanuit de Volkssterrenwacht Drenthe te Emmercompascuum.*

berekeningen. Omdat Meterik een grote convergentiehoek met de andere opnamen introduceert en daardoor, ondanks de geringe nauwkeurigheid waarmee de richting van het stukje spoor is vastgelegd, een zeer groot gewicht in de n-multaanset introduceert, is de Meterik opname met een gewicht van 0.5 in de berekeningen meegenomen.

5. Denekamp

Ook het actieve team van de Volkssterrenwacht Twenthe te Denekamp, de waarnemingsgroep Laurentius, werd door de langdurig zichtbare meteor verrast. De Denekampers legden het verschijnsel op vier negatieven van naburige camera's vast. Het laatste deel van het spoor is helaas bewogen, doordat de sektor niet geheel vrij van de camera stond opgesteld; het eerste deel van het traject leent zich echter perfect voor de metingen. Ook Denekamp heeft ongeveer tien seconden van het traject vastgelegd. Drie van de vier negatieven van Denekamp zijn uitgemeten en verwerkt in de berekeningen.

6. Winterswijk

Vanuit Winterswijk werd de meteor gefotografeerd door een team waarnemers van de NVWS Werkgroep Meteoren. De meteor trok door twee cameravelden, maar door pech werd alleen door de lage camera een stuk van het traject vastgelegd. Het negatief telt iets meer dan 100 onderbrekingen, goed voor een fotografische zichtbaarheidsduur

van ruim 4 seconden. Helaas is het centrum van de opname nogal onscherp, vermoedelijk door dauw op de lens. Ook in Winterswijk dacht men direct na de waarnemingen eerst aan een satelliet [2].

7. Hengelo

Vanuit de binnenstad van Hengelo opereerde Martin Breukers, die met enkele camera's probeerde Perseïden te verschalken. Helaas is zijn opname veel te lang belicht zodat er amper sterren te zien zijn. Het spoor is niet uit te meten.

De metingen

Omdat er zoveel negatiefmateriaal voorhanden was, konden we een keus maken uit het uit te meten materiaal. Niet alle negatieven waren kwalitatief even goed. Van de 14 beschikbare negatieven zijn er uiteindelijk 9 uitgemeten. De meeste negatieven zijn uitgemeten op de Jena Astrorecord van de Leidse Sterrewacht : Nu al weer bijna 15 jaar een vertrouwd meetinstrument voor Nederlandse meteoropnamen. Enkele onscherpe opnamen zijn niet op de Astrorecord uitgemeten maar op een Sony meettafel met magnetische opneemelementen aan de X- en Y-assen. De meetnauwkeurigheid voor de Sony is ongeveer 0.005 mm terwijl de Jena 0.001 mm haalt. De uiteindelijke meetnauwkeurigheid aan negatieven wordt volledig door de scherpte, dus de kwaliteit van de optiek bepaald. Zo reproduceren metingen van de (uitstekende) Canon fish-eye



Figure 3: *Het eerste deel van EN130888 op één van de negatieven van post Laurentius te Denekamp. Deze opname laat duidelijk zien, dat de meteor een gigantisch traject aan de hemel heeft afgelegd.*

lenzen tot op 0.002 mm, wat metingen met de Jena noodzakelijk maakt.

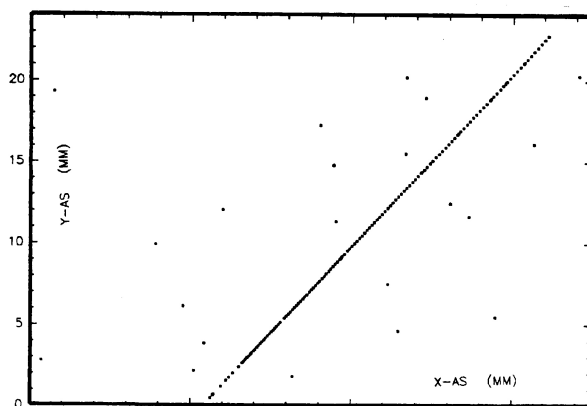


Figure 4: *De metingen aan het Langeveen (2) negatief, verwerkt door de Sony X-Y meettafel van de Leidse Sterrewacht.*

Het uitmeten van één negatief op de Jena kost ongeveer anderhalf uur tijd, wanneer er tenminste niet te veel sektoronderbrekingen gemeten moeten worden. Het zal duidelijk zijn waarom voor de onscherpere opnamen met

veel sektoronderbrekingen de voorkeur aan snelle metingen op de Sony wordt gegeven. Dit instrument wordt echter ook intensief gebruikt door medewerkers van de sterrewacht, zodat de beschikbaarheid aanzienlijk minder is dan van de Jena. Hier zijn wij de enige gebruikers...

Tabel 1 geeft een overzicht van de uitgemeten negatieven met de standaarddeviatie voor alle uitgemeten sterren (Cataloguspositie - Berekende positie). Tevens is vermeld op welk instrument de metingen zijn uitgevoerd. Enkele negatieven zijn op beide instrumenten gemeten. In tegenstelling tot de Jena, waar alle meetgegevens steeds moeten worden opgeschreven, is het bij het Sony meetinstrument mogelijk de meetwaarden direkt in de computer te laten inlezen en eventueel te laten plotten. Figuur 4 laat zien, hoe de meetgegevens van Langeveen (negatief 2) op deze wijze verwerkt zijn. Een plotje maakt het mogelijk zeer snel fouten op te sporen.

Tabel 1 laat zien, welke negatieven zijn uitgemeten en hoe nauwkeurig de verschillende gegevens zijn, die zijn verkregen.

Het traject in de dampkring

De nauwkeurigheid waarmee het traject boven het aardoppervlak kan worden berekend, hangt sterk af van de

STATION	Instr.	f (mm) comp.	N breaks measured	N stars measured	O-C ($'$)	Remarks
Bussloo	J	16 (FE)	37	21	8.4	not positioned at zenith
L'veen (1)	J	58	37	19	.5	also 2 fragments measured
L'veen (2)	S	51	45	20	1.2	unsharp image
Denekamp (1)	J	51	(10)	19	.8	no shutter breaks. 1 fragment
Denekamp (2)	J	58	14	20	1.6	camera moved by rotating shutter
Denekamp (3)	J	50	(24)	18	1.2	no shutter breaks.
Winterswijk	J	55	38	20	1.4	unsharp image.
Emmen	J	29	(16)	21	.9	no shutter breaks.
Meterik	J	51	(5)	21	.3	no shutter breaks. very small part.

Table 1: *Uitgemeten negatieven, aantallen sektoronderbrekingen en behaalde nauwkeurigheden. J='Jena';S='Sony'*

onderlinge convergentiehoeken tussen de opnamen. Voor EN130888 ziet dat er gunstig uit. Zes verwerkte stations leveren 15 sets en dus 15 radiantposities.



Figure 5: *Het laatste en helderste deel van het spoor verdwijnt op een van de Denekampse opnamen achter de bomen.*

Tabel 3 geeft een overzicht van de postcombinaties met de bijbehorende convergentiehoeken. De posten Denekamp en Meterik zijn om eerdere vermelde redenen met een gewicht van 0.5 doorgerekend; Bussloo met een gewicht 0. De uiteindelijke gewichten waarmee de sets in de berekening doorwerken zijn gedefinieerd als $W=W_1 \times W_2 \times \sin^2 Q$. De in tabel 3 gegeven gewichten per set zijn genormeerd op $\sum W=1$.

Tabel 2 geeft de trajekgegevens gezien vanuit de verschillende posten die met het FIRBAL programma zijn bere-

STATIONS	CONV.HOEK Q	W
Langeveen - Denekamp	14°.44	2.8
Langeveen - Winterswijk	26°.27	17.6
Langeveen - Emmen	10°.54	3.0
Langeveen - Bussloo	1°.99	0
Langeveen - Meterik	31°.37	12.2
Denekamp - Winterswijk	11°.83	1.9
Denekamp - Emmen	24°.98	8.0
Denekamp - Bussloo	16°.40	0
Denekamp - Meterik	16°.93	1.9
Winterswijk - Emmen	36°.81	32.2
Winterswijk - Bussloo	28°.22	0
Winterswijk - Meterik	5°.10	0.4
Emmen - Bussloo	8°.60	0
Emmen - Meterik	41°.91	20.0
Bussloo - Meterik	33°.32	0

Table 2: *Postcombinaties, convergentiehoeken en gewichten*

kend, alsmede de gevonden radiantpositie met standaarddeviatie. Deze laatste is een gewogen gemiddelde van de 15 berekende radiantposities met de in tabel 3 gegeven waarden als weegfactor.

Duidelijk is te zien, dat de verschillende posten nogal verschillende delen van het traject gefotografeerd hebben. Het langste deel werd gefotografeerd vanuit Denekamp : Ruim 180 kilometer, terwijl Meterik maar ongeveer 2.5 km fotografeerde...

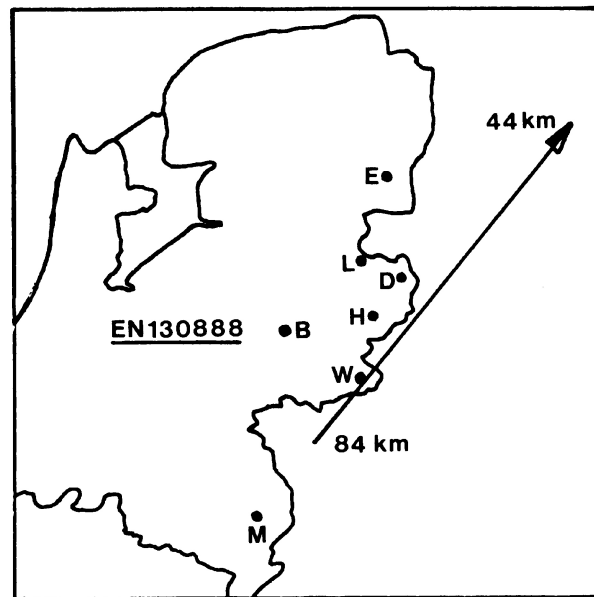
Fig. 7 toont het geprojecteerde traject boven de landkaart. De meteor heeft maar een klein gedeelte van zijn spoor boven Nederland afgelegd en schampte ons land nabij de waarnemingspost Winterswijk.

De radiantpositie is gelegen nabij het sterrenbeeld Ophiuchus-Schutter. Fig. 8 toont het kaartje.

Snelheden en vertragingen

Opnamen met sektoronderbrekingen werden geleverd door Bussloo (1), Winterswijk (1), Langeveen (2) en Denekamp (2). Voor de uiteindelijke snelheidsberekeningen zijn alleen de negatieven van Winterswijk en Langeveen gebruikt. Bussloo moest vervallen vanwege de toleranties in positie; Denekamp vanwege het bewogen meteoorspoor ten gevolge van de trillende sektor.

AUGUST 13, 1988		22 ^h 21 ^m 30 ^s UT				
	LANGEVEEN	DENEKAMP	WINTERSWIJK	EMMEN	BUSSLOO	METERIK
h beg.	71.20 km	83.85 km	64.03 km	60.44 km	76.16 km	74.41 km
h end.	44.08 km	43.88 km	52.37 km	46.34 km	59.01 km	73.86 km
ϕ beg.	52°.039	51°.693	52°.241	52°.343	51°.902	51°.950
ϕ end.	52°.823	52°.829	52°.577	52°.755	52°.384	51°.965
λ beg.	6°.954	6°.431	7°.264	7°.423	6°.746	6°.819
λ end.	8°.182	8°.192	7°.790	8°.074	7°.487	6°.842
Length	124.8 km	180.70 km	53.53 km	65.76 km	76.54 km	2.40 km (!)
RADIANT (2000.0)	OBSERVED	GEOCENTRIC	HELIOCENTRIC			
α	261°.356±0°.059	246°.10±0°.35	-			
δ	-14°.950±0°.052	-38°.29±0°.44	-			
λ	-	-	236°.38±0°.09			
β	-	-	-3°.20±0°.04			
V_{∞} (km/s)	13.026±0.07	7.10±.13	36.03±.13			
ORBITAL ELEMENTS		(2000.0)				
a (AU)	1.95	ω	11°.909±0°.112			
a^{-1} (AU ⁻¹)	.511±0.011	Ω	322°.496±0°.00			
e	.486±0.011	i	3°.21±0°.04			
q (AU)	1.0057±0.0002	π	334°.40±0°.11			

Table 3: *Baan- en trajectgegevens van EN130888. Orbital and Trajectory data of EN130888*Figure 6: *Vanuit Winterswijk gezien werden vier seconden meteorspoor vastgelegd nabij h en χ Perseï*Figure 7: *Het traject van EN130888 boven het aardoppervlak. Fotografische posten zijn ook aangegeven.*

Tabel 4 geeft de resultaten voor de berekende snelheden en vertragingen langs het meteorspoor voor die gedeelten waarvoor snelheidsinformatie beschikbaar is. De gegeven toleranties zijn de afwijkingen ten opzichte van de gemaakte fit. Ze geven welliswaar een kwaliteitsindicatie maar zeker geen absolute nauwkeurigheid in de opgegeven waarden. Vergelijking van de meetpunten voor verschillende posten

op gelijke hoogten geeft hierover meer duidelijkheid. V_{∞} wordt berekend door middel van de aanpassing $V^2 = V_{\infty}^2 + k \times \rho$. Hierin is ρ de dichtheid van de atmosfeer voor de gegeven hoogte. Post Langeveen geeft op deze wijze $V_{\infty} = 13.02 \pm 0.07$ km/s.

LANGEVEEN(1)				LANGEVEEN(2)		WINTERSWIJK		
t(s)	h (km)	v (km/s)	a (km/s ²)	v (km/s)	a (km/s ²)	h (km)	v (km/s)	a (km/s ²)
0	70.8	12.87±0.04	-0.05±0.01					
0.98	68	12.81±0.04	-0.08±0.01					
1.68	66	12.74±0.03	-0.10±0.02					
2.39	64	12.67±0.03	-0.13±0.02			63.7	12.50±0.02	-0.06±0.01
3.10	62	12.57±0.03	-0.16±0.03			62	12.45±0.01	-0.09±0.01
3.82	60	12.44±0.05	-0.20±0.04			60	12.37±0.01	-0.14±0.01
4.55	58	12.28±0.08	-0.26±0.05			58	12.24±0.01	-0.23±0.01
5.29	56	12.08±0.12	-0.33±0.06	12.00±0.42	-0.20±0.13	56	12.01±0.01	-0.36±0.02
6.43	54	11.81±0.18	-0.42±0.08	11.82±0.35	-0.26±0.16	54	11.61±0.02	-0.65±0.04
6.81	52	11.45±0.25	-0.53±0.10	11.59±0.30	-0.33±0.21	52.4	11.07±0.07	-1.00±0.12
7.61	50	10.97±0.36	-0.68±0.13	11.28±0.32	-0.42±0.27			
8.46	48	10.29±0.52	-0.89±0.17	10.86±0.51	-0.55±0.35			
9.37	46	9.31±0.77	-1.16±0.22	10.26±0.88	-0.71±0.46			
10.42	44	7.80±1.24	-1.52±0.29	9.42±1.51	-0.94±0.60			

Table 4: *Berekende snelheden en vertragingen. Langeveen(1) beneden 54 km zijn ge-extrapoleerde waarden. Vergelijking met Langeveen(2) geeft een indicatie van de nauwkeurigheid.*

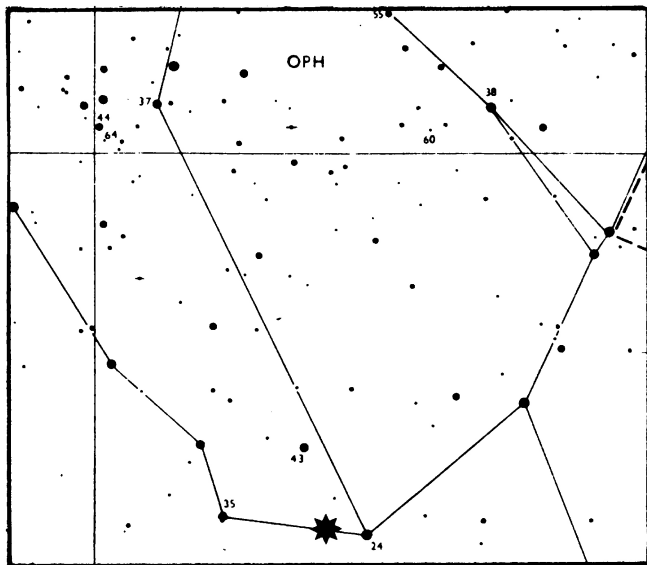


Figure 8: *De berekende radiantpositie voor EN130888.*

De baan in de ruimte

Fig. 8 laat de baan van EN130888 zien, temidden van andere meteorobanen in ons zonnestelsel.

De twee cirkels zijn de Aardbaan en (de grootste cirkel) de asteroidengordel.

De meteor naderde de aarde van achteren, bijna in zijn dichtste punt tot de zon, zodat de snelheid van de aarde en de meteor tijdens de botsing maar weinig verschilden. De aantrekkingskracht van de aarde zorgde voor een extra 11.2 km/s zodat de schijnbare snelheid toch nog altijd 13.2 km/s was. Bij dat aantrekken werd de meteor danig van zijn oorspronkelijke baan afgebogen. Was de meteor scherend door de dampkring gegaan en verderop weer de ruimte ingeschoten (en dat is wel eens voorgekomen [3, 4]

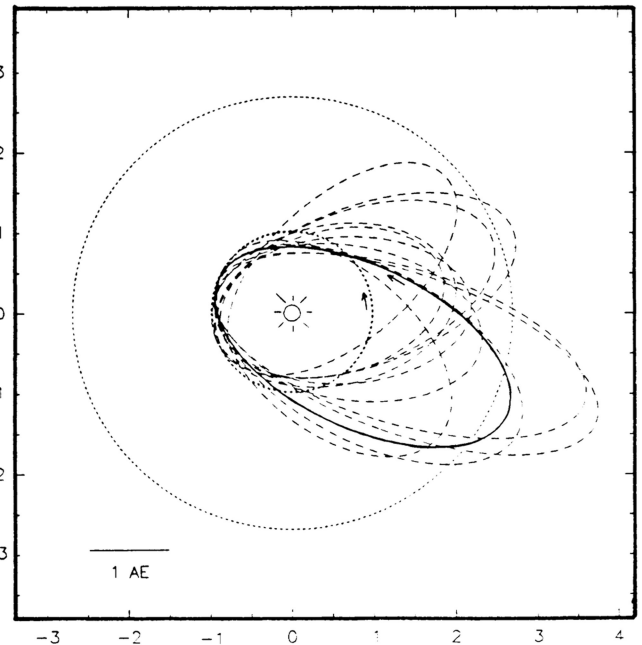


Figure 9: *Banen van vergelijkbare meteoren. Naar [5]. EN130888 is als on-onderbroken ellips getekend.*

dan zou de nieuwe baan er heel anders uit hebben gezien. De andere meteoren in de figuur zijn gefotografeerd door een netwerk van professionele Baker Super Schmidt camera's in de Verenigde Staten in de jaren vijftig. Ze blijken niet erg zeldzaam te zijn : Tussen 1 Juli en 1 Oktober in 1952 en 1953 verschenen 15 meteoren met een schijnbare snelheid kleiner dan 15 km/s. Drie meteoren hadden het *aphelium* in de buurt van de aardbaan. Dit zijn meteoren, die vroeger een close encounter overleefd hebben. De rest zijn de meteorobanen in fig.8. ([5] HV4430, HV4535, HV4372, HV4526, HV8415, HV8486, HV8394, HV8312, HV8294, HV8261, HV8014 en HV8139).

De helderste van deze meteoren was -2, de zwakste +2.4! De meteoren hebben hun verste punt in de buurt van de asteroïdengordel. Het zouden dus verbannen asteroïden kunnen zijn. In dat geval kunnen we spreken van één wijdverspreide zwerm. Het kan wellicht ook zo zijn, dat sommige van die meteoren van lang verdwenen kometen stammen. Er zouden dan clusters van zulke banen kunnen zijn. Misschien is dat ook wel het geval.

De door ons gefotografeerde meteor (hè, dat kan ik nou eens met recht zeggen. . .) lijkt veel op de meteor van magnitude +0.5 die op 7 Augustus 1959 werd gesnapt boven de VS (Zie tabel 5). In elk geval lijken de banen veel op elkaar.

	HV8294	DMS EN130888
α	254°.	261°.4
δ	+11°.	-14°.9
V_{∞}	13.7 km/s	13.2 km/s
V_G	8.7 km/s	7.1 km/s
a	2.063 AE	1.95 AE
e	0.515	0.49
q	1.000 AE	1.006 AU
i	7°.7	3°.2
π	330°.7	333°.7

Table 5: *Vergelijking van baanelementen. Naar [5]*

De radianten liggen ver uit elkaar. Dat komt nou, door die sterke invloed van de aantrekking door de aardse zwaartekracht. De preciese richting van de meteor tijdens de botsing hangt helemaal af van de exacte plaats van de aarde ten opzichte van de meteoroïde tijdens de ontmoeting.

Zo'n zwerm van langzame meteoren is daarom nooit te herkennen aan een gemeenschappelijke radiantpositie!

Slot

Op deze plaats willen we een woord van dank zeggen aan al degenen die hebben meegewerkt aan het tot stand komen van deze resultaten.

In de eerste plaats zijn dat natuurlijk de fotografische waarnemers, die snel de negatieven ter beschikking stelden. Dankzij de gastvrijheid van de Leidse Sterrewacht konden de lange meetsessies probleemloos plaats vinden. ●

References

- [1] Ter Kuile, C.: *Radiant 11(1989) pg. 4*
- [2] Apeldoorn, B.: *Zenit, Jan. 1989 pg. 35*
- [3] Jacchia, L.G.: *Sky and Telescope 48(1974) pg. 4*
- [4] Ceplecha, Z.: *Bull. Astron. Inst. Czech. 30(1979) pg. 349*
- [5] McCrosky, R.E., Posen, A.: *Smiths. Contr. Ap. 4(1961) pg. 15*