

SATELLIET OF TOCH EEN METEOR ?

Casper ter Kuile

Inleiding

Dat is de vraag die velen stelden na de verschijning van het bijzondere hemelse vuurwerk in de nacht van 13 op 14 augustus 1988 om 22^h21^m30^s UT in het midden van de Perseïden zomercampagne. Het gebeuren duurde zo'n 18 seconden en werd vanuit vele plaatsen in Nederland waargenomen. Voor de vele getuigenverklaringen verwijzen we naar de aktieverslagen in [1]. Voor de foto's zie de voorplaat blz. 92 van hetzelfde nummer.

De dag na deze wonderlijke verschijning werd meteen contact gezocht met andere posten in Nederland. Overal dezelfde enthousiaste verhalen: Uiterst traag, fragmentaties, kleuren, etc. Over één onderwerp zijn de meningen verdeeld: Is dit nu een aardscheerder of een satelliet die in de dampkring verbrandt?? De meeste waarnemers dachten het laatste.

Niet lang daarna keerde een satelliet met een kernreactor aan boord (de Cosmos-1900, zie [2]) gedeeltelijk terug in de dampkring. Op het RIVM lieten een aantal hooggeplaatste lieden zich voorlichten omtrent de maatregelen die genomen worden i.v.m. ongevallen met radioactieve stoffen zoals neerstortende satellieten met kernreactor. Hierbij werd, ter illustratie, gebruik gemaakt van een negatief van post Zirgasia met de bewuste "neerstortende satelliet". Op dit moment ontstond de eerste echte twijfel. Hebben we hier nu echt te maken met een satelliet of niet? Er was tenslotte geen enkel "hard" bewijs. De opname toont geen verschil met een gewone "huis, tuin en keuken" meteor behoudens het zeer lange traject en de extreem lage snelheid. Hoe nu? Enige oprechte onrust overmeesterde uw Zirgasiaanse waarnemer... Je kunt een aantal belangrijke personages nu eenmaal niet voor de gek houden met een nep-opname. Rampen zijn er echter gelukkig niet door ontstaan want dit soort lieden placht niet het verschil te zien tussen een gruisje uit het oneindige universum dat roemloos ten onder gaat in de aardse dampkring of een geavanceerd stuk hedendaags techniek dat terugkeert waarnaar het vandaan kwam... Maar wij, meteorwaarnemers, moeten in staat worden geacht na te gaan wat voor object voor onze ogen zijn vurig einde beleefde...

Benodigde gegevens

's-Avonds eens even goed nadenken. Wat hebben we aan gegevens? Twee negatieven met een gesektord spoor. Wat voor "verborgen" gegevens zijn daar uit te halen?

- De hoeksnelheid in °/s.
- De hoogte van het object boven de horizon in °. Dit na uitmeten en omrekening van α en δ in azimuth en hoogte.

Welke gegevens hebben we nog meer nodig?

- De hoogte waarop een gemiddelde satelliet verbrandt.
- De snelheid van een satelliet op het moment van terugkeer in de aardse dampkring.

Laten we, om met dit laatste item te beginnen, eens teruggaan naar de jaren 1600 van Johannes Kepler.

Omlooptijd van een satelliet

Deze is eenvoudig te berekenen met de derde wet van Kepler. Deze wet luidt:

$$T = 2\pi \frac{a^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}} \quad (1)$$

met $a=R+h_{gem}$

In formule (1) is :

T = omlooptijd (s)

a = afstand satelliet - middelpunt aarde (km)

GM = geoc. gravitatie-constante : 398603 (km³ s⁻²)

R = gemiddelde aardstraal : 6371 (km)

h_{gem} = gemiddelde hoogte satelliet (km).

De omloopsnelheid van de satelliet is eenvoudig te vinden via:

$$v = \frac{2\pi a}{T} \quad (2)$$

Voor onze "U.F.O" (We weten tenslotte nog niet wat het is....) nemen we voor h_{gem} 70 km, dezelfde hoogte waarop trage meteoren plegen te verbranden.

Wanneer we de diverse waarden invullen in (1) dan vinden we voor de omlooptijd 85,74 minuten. Voor de omloopc.q. baansnelheid (2) vinden we dan 7,87 km/sec.

Ter indicatie van de nauwkeurigheid geven we ook de omlooptijden en -snelheden bij een hogere en lagere hoogte.

$h_{gem} = 150$ km : T = 87,34 min. v = 7,82 km/sec.

$h_{gem} = 50$ km : T = 85,34 min. v = 7,88 km/sec.

We zien het : De verschillen zijn marginaal. Overigens merken we op dat tijdens het verbrandingsproces de satelliet al afgeremd wordt. Bij een, normale, meteor blijkt uit de theorie (en de praktijk) dat de snelheid tijdens het lichtgevende deel van het traject niet sterk afneemt. [4,5,6,7]

Geschatte snelheid object

Hiertoe ondernemen we de volgende stappen:

- Via diaprojectie tellen we het aantal onderbrekingen over een zekere afstand op het negatief. Samen met het bekende aantal afdekkingen per seconde van de sektor levert dit de hoeksnelheid van het object op in °/s.

- We nemen een punt in het midden van het uitgemeten stuk spoor en bepalen (schatten) daarvan de rechte klimming en declinatie.
- Samen met het tijdstip van verschijning en de geografische lengte en -breedte van de waarnemingsplaats zijn dese equatoriale coördinaten om te zetten in azimuthale coördinaten. (Azimuth en hoogte)
- Als de hoogte eenmaal bekend is kan de afstand tot het object met wat gonio berekend worden.
- De laatste stap is de door het object afgelegde weg per tijdseenheid. (Alweer een beetje gonio)

Lopen we deze stappen na met het Zirgasia-negatief en de "good old" Norton bij de hand dan vinden we achtereenvolgens:

- 1. 31 onderbrekingen over 11,7°.
- 2. De sektor geeft 25 afdekkingen per seconde.
- 3. De hoeksnelheid van het object bedraagt dus 9,5°/s.
- Voor het midden van het beschouwde stuk zijn de equatoriale coördinaten : $\alpha = 22^{\text{h}}20^{\text{m}}$; $\delta = 27^{\circ}30'$.
- Na enig rekenwerk [8] vinden we : $Az = 306^{\circ}$; $Hg = 57^{\circ}$.
- De afstand tot het object is: 83 km We nemen hierbij als geschatte, hoogte: 70 km.
- Tenslotte vinden we voor de baansnelheid : 14 km/s.

Conclusie

Deze snelheid is veel te hoog voor een "satellite-decay". Dus hebben we toch met een meteor van doen. Maar wel een seer bijzondere! Dit is nu echt een pracht voorbeeld van een aardscheerder. En niet alleen dat maar ook de extreem lage snelheid mag seer bijzonder heten. In het vervolg van dit artikel zult U de harde meetresultaten en de analyse onder ogen krijgen die met het FIRBAL programma zijn verkregen. •

Referenties

- [1] Ter Kuile C.R. et.al.: *Radiant 10(1988) nr.5*
- [2] Ter Kuile C.R.: *Radiant 10(1988) pg.83*
- [3] De Rop, W.: *Handleiding bij berekeningen in Sterrenkunde en Geodesie. VSW Urania en VVS. Brussel, 1983*
- [4] Hasse, G.: *Radiant 2(1980) pg.148*
- [5] Betlem, H.: *Radiant 3(1981) pg.33*
- [6] Betlem, H.: *Radiant 4(1981) pg.80*
- [7] Hellings, P.: *Astrofysica voor Calculators. VSW Urania en VVS. pg.92. Brussel 1981*
- [8] Meeus, J.: *Astronomical Formulae for Calculators. Willman-Bell, Richmond (USA) 1985*

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 "satellitedecay" 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 geset 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 dichtere 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 simultaanberekening.

4. Meterik

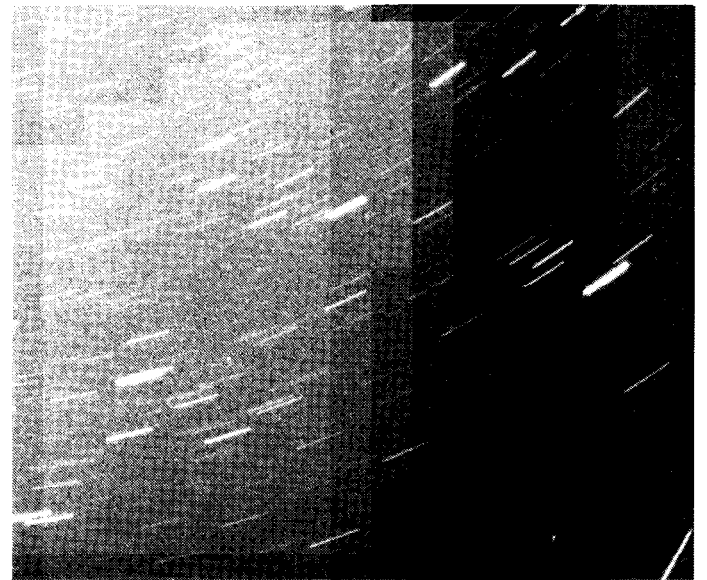


Figure 1: Vanuit Meterik werd een minuscule stukje van het meteorspoor gefotografeerd in de uiterste rechter-onderhoek van deze opname.

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 berekeningen. Omdat Meterik een grote convergentiehoek met de andere opnamen introduceert en daardoor, ondanks

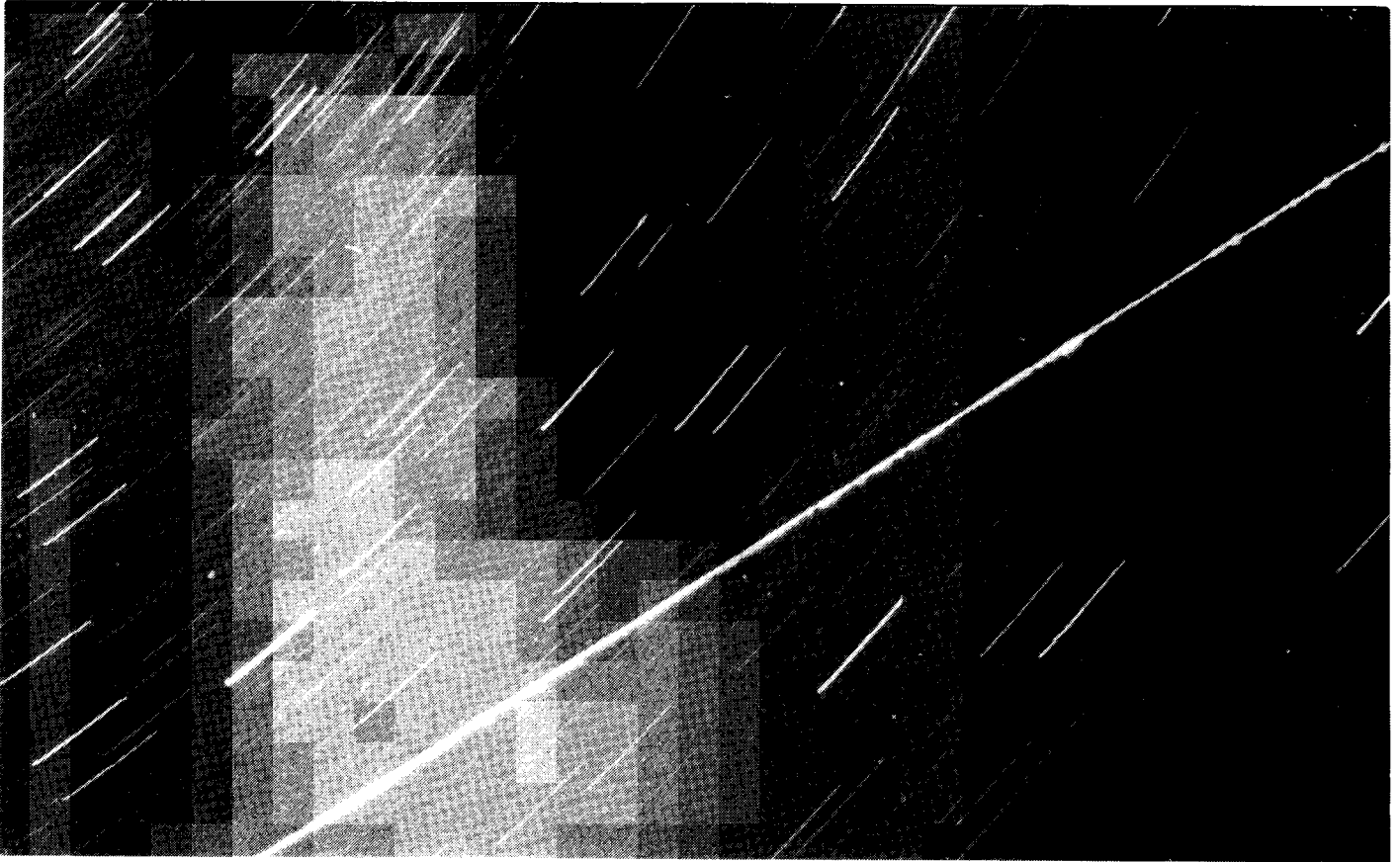


Figure 2: Het spoor van EN130888 gefotografeerd vanuit de Volkssterrenwacht Drenthe te Emmercompascuum.

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 Meteor. 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 direkt 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

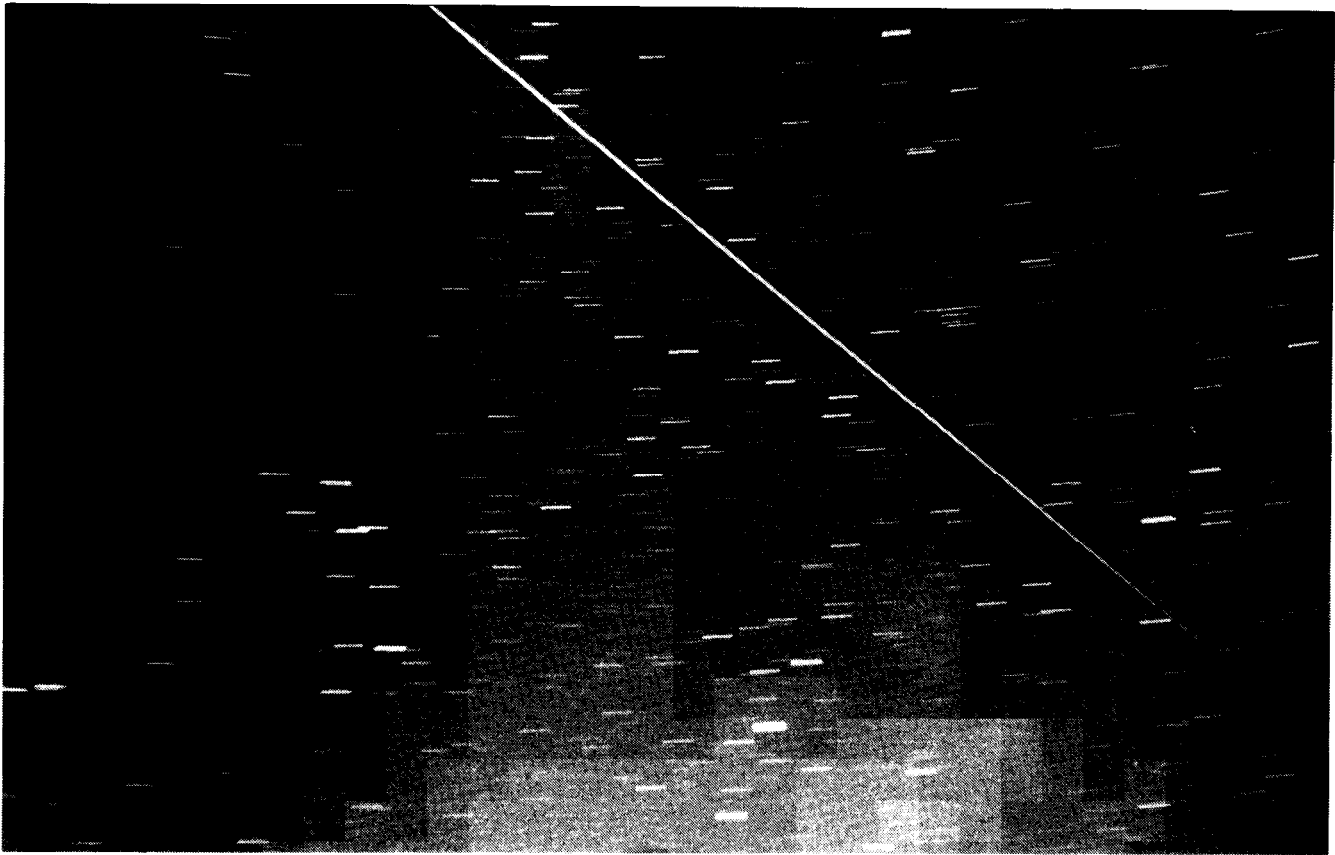


Figure 3: *Het eerste deel van EN190888 op één van de negatieven van post Laurentius te Denekamp. Deze opname laat duidelijk zien, dat de meteor een gigantisch traject aan de hemel heeft afgelegd.*

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

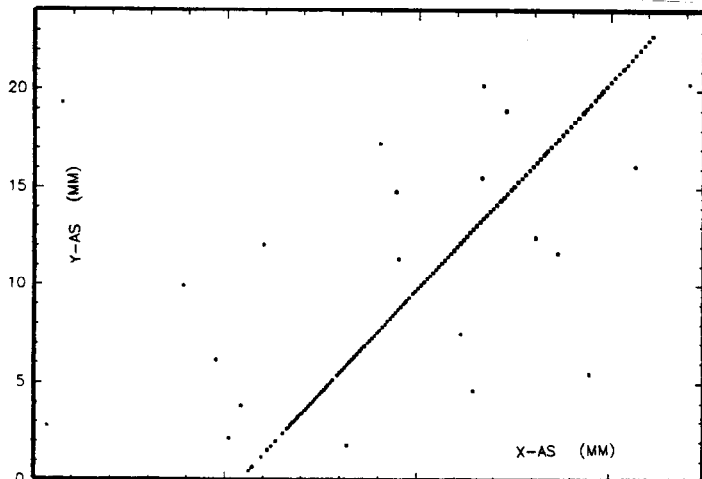


Figure 4: *De metingen aan het Langeveen (2) negatief, verwerkt door de Sony X-Y meettafel van de Leidse Sterrewacht.*

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 sek-

toronderbrekingen 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 direct 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 onderlinge convergentiehoeken tussen de opnamen.

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 zenit
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'*

Voor EN130888 ziet dat er gunstig uit. Zes verwerkte stations leveren 15 sets en dus 15 radiantposities.

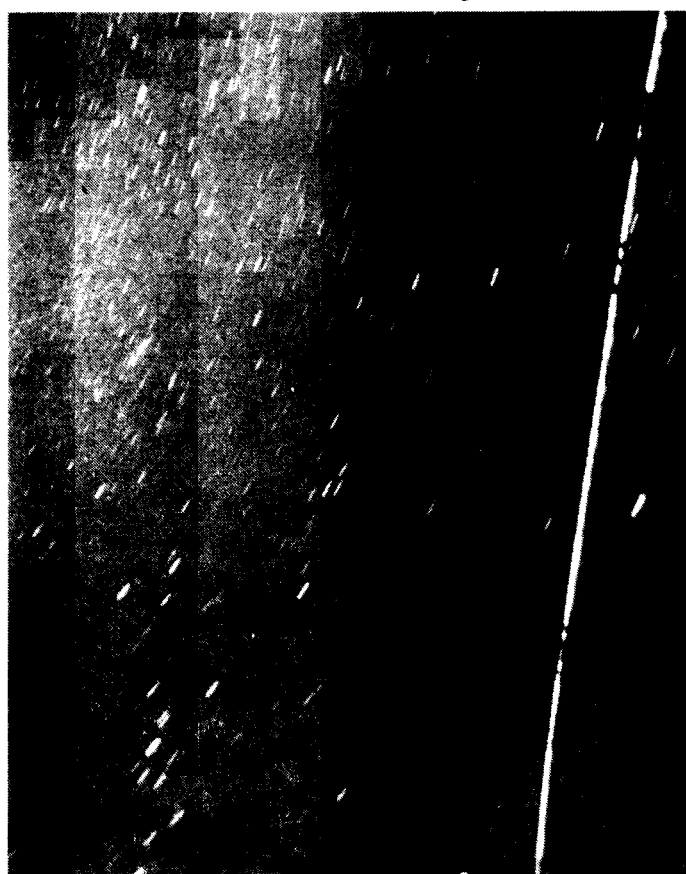


Figure 5: *Het laatste en helderste deel van het spoor verdwijnt op een van de Denekampse opnamen achter de bomen.*

Tabel 3 geeft een overzicht van de postcombinaties met de bijbehorende convergentiehoeken. De posten Denekamp en Meterik zijn om eerdervermelde 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 gegevens waarden als weegfactor.

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

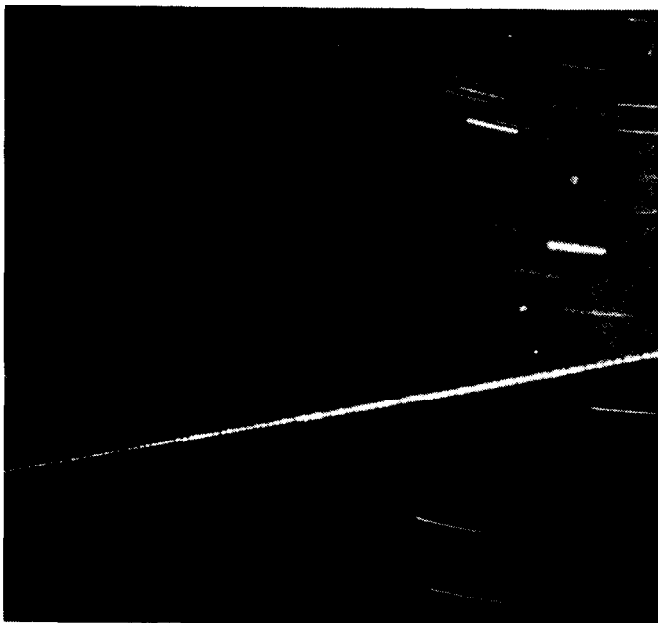
Fig. 7 toont het geprojecteerde trajekt boven de landkaart. De meteor heeft maar een klein gedeelte van zijn spoor boven Nederland afgelegd en schampte ons land nabij de waarnemingspost Winterswijk.

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

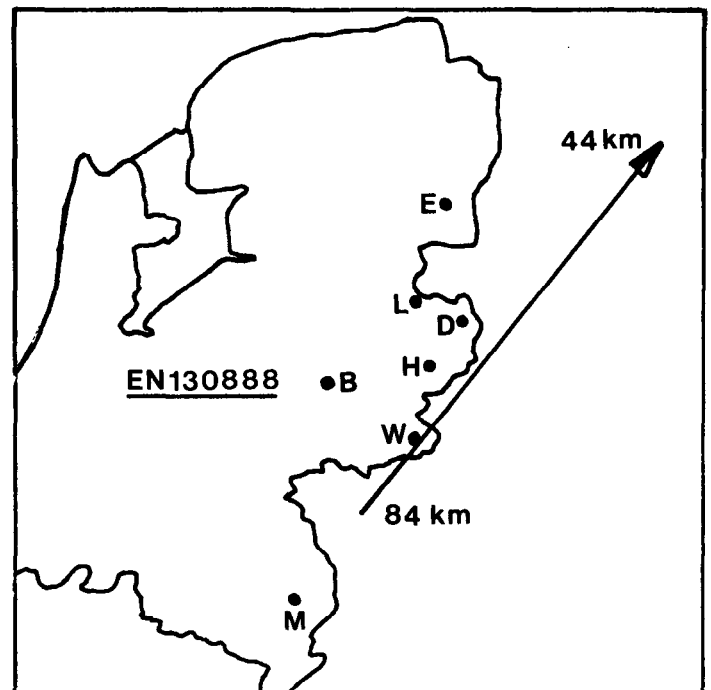
Snelheden en vertragingen

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 meteorspoor 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 Persei*

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

Figure 7: *Het traject van EN130888 boven het aardoppervlak. Fotografische posten zijn ook aangegeven.*

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.

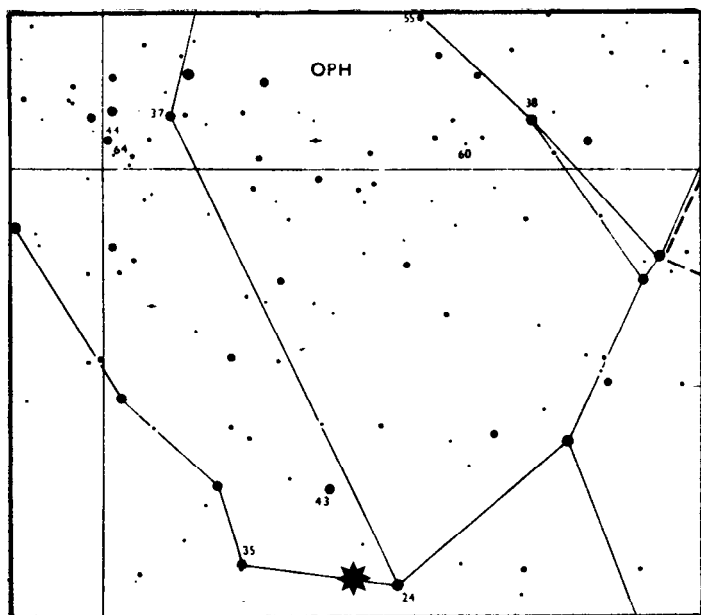


Figure 8: De berekende radiantpositie voor EN130888.

De baan in de ruimte

Fig. 8 laat de baan van EN130888 zien, temidden van andere meteoroorbanen 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])

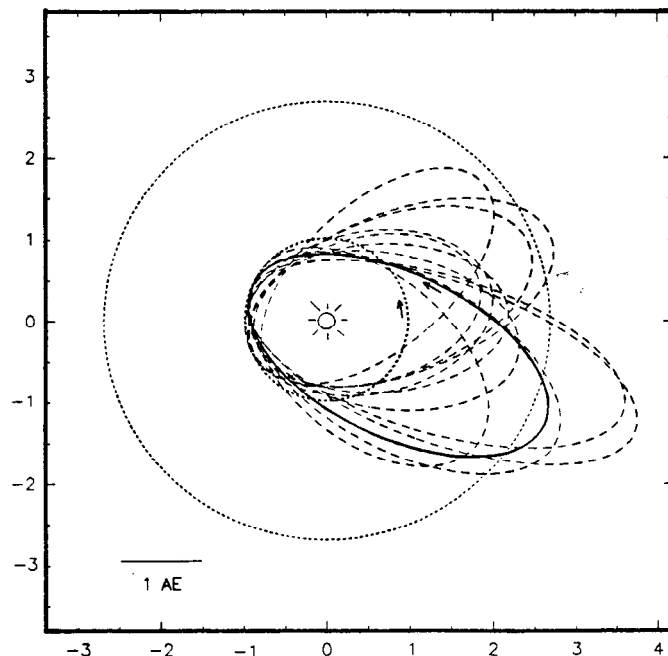


Figure 9: Banen van vergelijkbare meteoren. Naar [5]. EN130888 is als on-onderbroken ellips getekend.

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 meteoroorbanen in fig.8. ([5] HV4430, HV4535, HV4372, HV4526, HV8415, HV8486, HV8394, HV8312, HV8294, HV8261, HV8014 en HV8139).

⇒ Lees verder op pagina 20