

Het Europees vuurbolnetwerk

fisheye-lenzen vangen heldere meteoren

- **Heldere vuurbollen behoren tot de niet-alledaagse maar spectaculaire hemelverschijnselen.**
- **Uit het simultaan fotograferen van heldere meteoren vanuit verschillende locaties kan een mogelijk valgebied van meteorieten afgeleid worden**
- **Sinds de jaren zestig worden met de fotocamera's van het Europese vuurbolnetwerk systematische waarnemingen naar vuurbollen gedaan.**



Figuur 1. De val van de Hoenderloo-meteoriet op 31 oktober 2013, vastgelegd door de allsky EN905 te Benningbroek. Geheel rechts het sterrenbeeld Orion. (Jos Nijland)

Regelmatig verschijnt er een zeer heldere meteor aan onze nachthemel. Meestal worden ze opgemerkt door toevallige waarnemers. Statistisch worden er meer vuurbollen gezien op de traditionele hondenuitlaattijdstoppen! Dit artikel geeft een overzicht van het waarnemen van vuurbollen, met name door het Europese vuurbolnetwerk dat erop gericht is om wetenschappelijk bruikbare observaties van vuurbollen te vergaren. Amateurs kunnen hierin belangrijke bijdragen leveren.

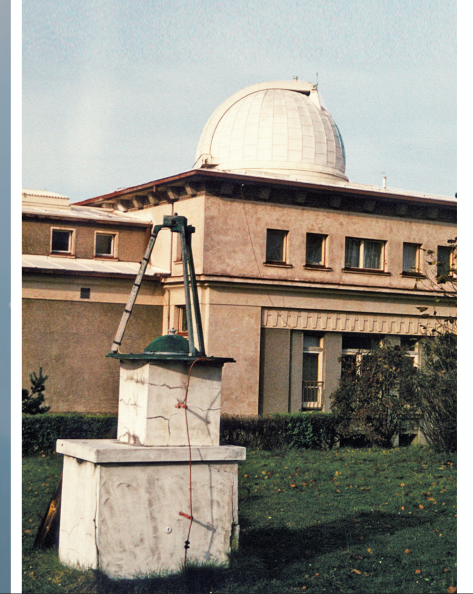
Door Hans Betlem (Dutch Meteor Society)

Een heldere vuurbol, een meteor van magnitude -8 of helderder, is een indrukwekkend verschijnsel. Soms is er fragmentatie (uiteenvallen) van de vuurbol te zien. Waarnemers die onbekend zijn met het fenomeen denken vaak dat

het object dat de meteor veroorzaakt dichtbij is. 'Hij verdween achter het dak; ik ben nog in het weiland gaan kijken of er iets is neergekomen', is een niet onbekende uitspraak. In werkelijkheid bevindt een vuurbol die laag aan de hemel verschijnt zich op honderden kilometers afstand.



Figuur 2. De Tesser-camera's die het begin van het netwerk vormden, bevinden zich nu in het museum in Ondřejov.



Figuur 3. De voormalige spiegelcamera voor het hoofdgebouw van de sterrenwacht in Ondřejov. November 1981.

Begrippen

In de pers en het dagelijkse spraakgebruik worden begrippen die samenhangen met meteoren vaak door elkaar gehaald. Kleine en grotere deeltjes die rondzwerven in het zonnestelsel worden *meteoroiden* genoemd. De kleinere deeltjes (stofdeeltjes) zijn veelal afkomstig van kometen en de grotere deeltjes vinden hun oorsprong in de planetoidengordel. Deeltjes uit de eerste groep hebben een relatief geringe dichtheid en is brosser. Die uit de tweede groep zijn compacter en kunnen daardoor dieper in de atmosfeer van de aarde doordringen.

Zodra een meteoroïde met een hoge snelheid – vaak tientallen kilometers per seconde – de dampkring binnendringt, wordt de bewegingsenergie omgezet in warmte en straling. Het deeltje smelt en verdampt, en ioniseert de omringende lucht. Zo'n geïoniseerde wolk straalt licht uit en kan wel een paar honderd meter groot zijn. Op aarde zien we dit als een lichtstreep die langs de hemel flitst: een 'vallende ster' of *meteor*. De gloeiende meteoroïde zelf blijft onzichtbaar: een deeltje zo groot als een zandkorrel zie je niet op een paar honderd kilometer, doorgaans de afstand van de meteor tot de waarnemer, al gloeit het deeltje nog zo fel. Zodra een meteor helderder is dan magnitude -4 noemen we het een *vuurbol*.

Compacte deeltjes afkomstig uit de planetoidengordel branden mogelijk niet helemaal op. Door de afremming als gevolg van de wrijving met de lucht wordt de snelheid zo gering dat het restobject omlaagvalt, meegevoerd door winden hoog in de atmosfeer. Het op aarde neerkomend brokstuk wordt een *meteoriet* genoemd.

Meteorietval vastleggen

Een meteorietval is een relatief zeldzaam verschijnsel. De meeste meteorieten vallen onopgemerkt: ze komen neer in bossen, in het water of op andere plekken waar ze niet worden gevonden. Een (snelle) vondst van een neergekomen meteoriet is wetenschappelijk interessant, zeker als ook de baan van de meteoroïde om de zon bekend is. Fotografische netwerken houden de hemel constant in de gaten. Sinds de digitale fotografie is het vastleggen van meteoren en vuurbollen veel eenvoudiger en vooral minder kostbaar geworden. Fotografische netwerken schieten dan ook als paddenstoelen uit de grond. Voor een paar tientjes heb je al een camera waarmee je vuurbollen op video kunt vastleggen. Dashcams en deurbelcamera's leggen steeds vaker heldere vuurbollen vast. Met dit soort mini-cameraatjes zijn zelfs vuurbolnetwerken opgezet zoals het Franse Fripon-netwerk, dat ook in Nederland actief is. Om nauwkeurige traject- en baanbepalingen te kunnen doen en enige kans te maken op het vinden van meteorieten is iets meer (kwaliteit) nodig. In dit artikel aandacht voor het Europees Netwerk (EN), dat voornamelijk werkt met full frame fisheye-camera's.

Geschiedenis

De eerste systematische fotografische waarnemingen van meteoren werden rond 1951 door Zdeněk Ceplecha opgezet in het toenmalige Tsjecho-Slowakije. Het project werd gecoördineerd vanuit de sterrenwacht te Ondřejov, momenteel nog steeds het centrum van het Europees meteoronderzoek.

Het oorspronkelijke netwerk bestond uit opstellingen van doosvormige constructies met Zeiss Tessar-lenzen met een brandpuntsafstand van 30 cm (Figuur 2). De foto's werden gemaakt op 24x36 cm grote glasplaten: een kostbare en tijdrovende operatie.

Op 7 april 1959 legden deze camera's een vuurbol met magnitude -19 vast, waaruit een valgebied rond de Tsjechische stad Příbram werd berekend. In vier afzonderlijke gehuchten rond deze stad werden de dagen daarna meteorieten gevonden. De Příbram zou de geschiedenis ingaan als de eerste meteorietvondst aan de hand van fotografische simultaanopnamen. Met driehoeksmeting van het lichtspoor dat vanuit verschillende locaties gefotografeerd is, kan het traject van de meteoroïde door de atmosfeer worden afgeleid. In 1963 werd gestart met de opbouw van een groter netwerk in Tsjecho-Slowakije en later ook in Duitsland. De camera's bestonden uit veraluminiseerde bolle spiegels waarboven omlaag kijkende kleinbeeldcamera's gemonteerd werden (Figuur 3). Door de reflectie in de boldelen (een halve bol is niet nodig) ontstond een allsky of fisheye-beeld. Echter, fisheye-lenzen waren in die tijd, zeker in Centraal-Europa, onbetaalbaar. Spiegelcamera's waren niet erg nauwkeurig: de meetnauwkeurigheid voor sterren lag in de orde van 1/10de graad. De camera's waren bovendien erg lichtzwak zodat alleen zeer heldere vuurbollen konden worden vastgelegd.

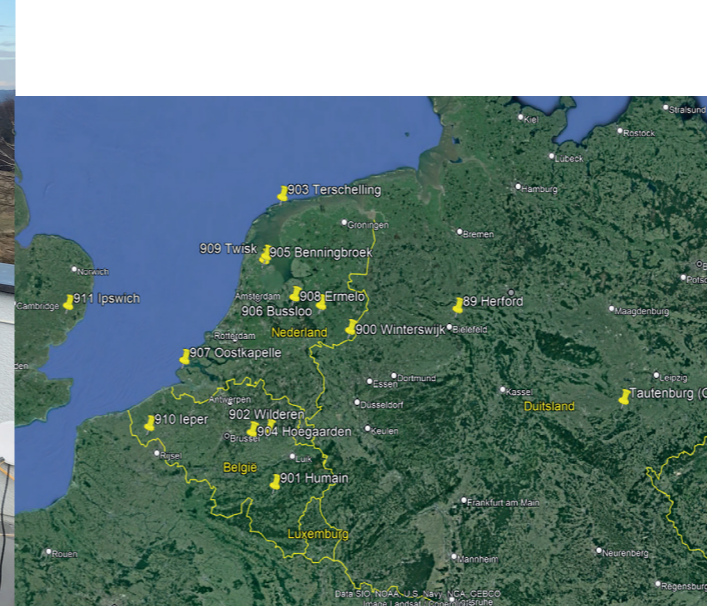
De spiegelcamera's zijn in de jaren zeventig van de vorige eeuw in Tsjecho-Slowakije geleidelijk afgebouwd, maar in Duitsland bleef het spiegelnetwerk tot in 2022 operationeel.



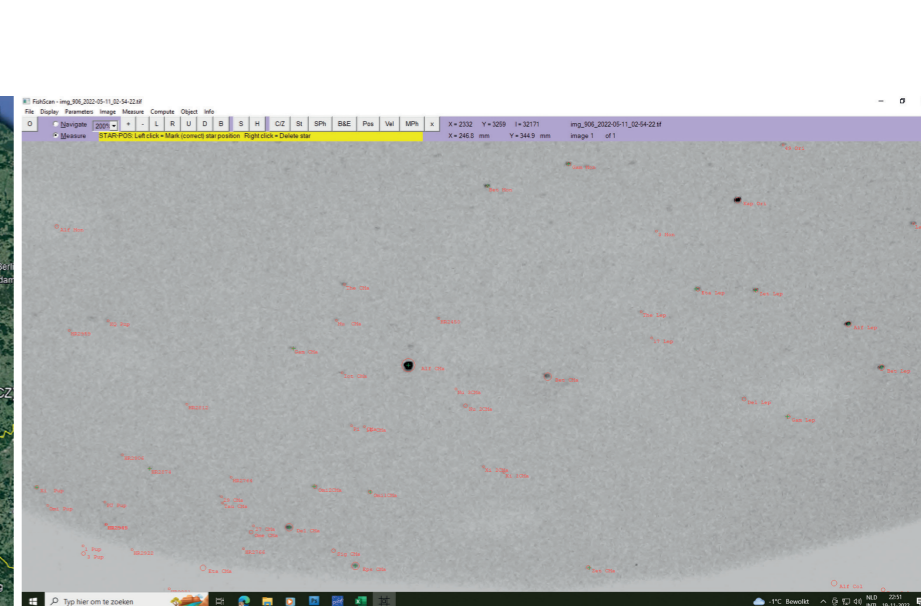
Figuur 4. Pavel Spurný bij een van de Zeiss Distagon-camera's, augustus 1999.



Figuur 5. Opstelling van twee DAFO-units op de sterrenwacht te Kunžak. Januari 2020.



Figuur 6. De 13 posten van het West-Europese deel van het EN en de dichtstbijzijnde post van het Tsjechische netwerk in het Duitse Tautenburg.



Figuur 7. Voorbeeld van een fisheye-reductie met sterren laag aan de horizon. Een nauwkeurigheid van 0,01 graad is haalbaar met 8 mm-optiek.

De Tsjechische spiegelcamera's werden vervangen door compacte toestellen, uitgerust met f/3.5-30 mm Zeiss Distagon-objectieven. Deze produceerden haarscherpe beelden waarbij de posities van sterren tot op de horizon met een nauwkeurigheid van 0,01 graad werden vastgelegd. Ze produceerden een beeldcirkel van circa 8 cm diameter op fotografische vlakfilms van 9x12 cm (Figuur 4). Nog steeds bleef de administratie en fotografische verwerking van 22 stations een dagelijkse klus voor een complete staf. Vele honderden vuurbollen werden in de laatste jaren van de natte fotografie door de toestellen van dit netwerk meervoudig vastgelegd. Twee van deze camera's zijn zelfs nog ingezet tijdens de fameuze Leoniden-expedities van de Dutch Meteor Society in 1998, 1999 en 2001, resulterend in opnamen met tientallen vuurbollen. Met de opkomst van de digitale fotografie en de steeds mindere verkrijgbaarheid van het benodigde fotografisch materiaal werd vanaf 2010 omgezien naar een alternatief.

Het digitale tijdperk

Na het overlijden van Zdenek Ceplecha, de nestor van het meteorononderzoek, namen zijn voormalige studenten Pavel Spurný en Jiri Borovicka de organisatie van het netwerk met grote voortvarendheid over. Een opvolger van de Zeiss Distagon moest worden gevonden, immers sensoren van 9x9 cm waren (en zijn) niet beschikbaar. De overgang naar kleinbeeld was onvermijdelijk. Dit vereiste een grondige aanpassing van de reductiesoftware, die grotendeels op de Zeiss Distagon was gebaseerd. Rond 2010 kwamen

middelen beschikbaar vanuit de Tsjechische Academie van Wetenschappen, ongeoormerkt toegekend vanwege 'excellent wetenschappelijk werk'. Hiermee konden, zonder langdurige aanvraag- en vergaderingstrajecten, de nieuwe toestellen en een vernieuwing van de software gerealiseerd worden. De DAFO (Digital Autonomous Fireball Observatory) zag het licht. Werd voor de gemakkelijk verkrijgbare Sigma f/3.5 8 mm fisheye-lens, geplaatst op full frame-camera's van het type Canon 6D.

Een DAFO (Figuur 5) bestaat uit twee identieke camera's met fisheye-lens. Omdat tussen twee opnamen steeds een verwerkingstijd van enkele seconden zit waarin het beeld wordt opgeslagen, schakelen de camera's om en om, zodat de hemel altijd bewaakt blijft. De ouderwetse roterende sector – voor het bepalen van de snelheid van de meteoroïde door de atmosfeer – heeft plaatsgemaakt voor ingebouwde LCD-shutters. Deze worden met een GPS-ontvanger realtime aangestuurd waarbij de onderbreking van het lichtspoor (break) op de volledige seconde steeds wordt overgeslagen. Zo is het tijdstip van elke break op de milliseconde bekend en lopen de shutters van alle camera's in het netwerk synchroon. Elke DAFO is ook voorzien van op fotomultiplieers, gebaseerde fotometers die de lichtcurven van vuurbollen met een nauwkeurigheid van 5000 metingen per seconde vastleggen. Een aantal posten is voorzien van twee DAFO's waarbij de tweede voorzien is van 15 mm fisheye-lenzen, voorzien van tralies om gedetailleerde meteorspectra vast te leggen. Tenslotte is een aantal posten voorzien van high-speed volg-

camera's. Bij het verschijnen van een heldere vuurbol kunnen deze binnen een fractie van een seconde op het object gericht worden om met hoge snelheid videobeelden vast te leggen. Hiermee is het mogelijk om het fragmentatieproces in hoge resolutie vast te leggen. Alle DAFO's werken volledig autonoom. De data van de meer dan 60 camera's stromen elke ochtend in Ondřejov binnen. Drie vaste krachten zorgen voor de administratie, de servers en het voorbereidend werk voor eventuele metingen aan gefotografeerde vuurbollen.

West-Europa

De Dutch Meteor Society onderhoudt al meer dan 40 jaar intensieve en vriendschappelijke contacten met de professionals in Ondřejov. Al in de analoge tijd sloten Nederlandse en Belgische amateurs, aangesloten bij de DMS, zich bij het EN aan. Ons eerste allsky-toestel kwam al in 1978 in de lucht. Een DAFO kost echter meer dan een ton, maar er zijn veel bruikbare elementen die we zo over kunnen nemen. In 2020 werd een samenwerkingsovereenkomst tussen de Dutch Meteor Society en de Tsjechische Academie van Wetenschappen getekend waarbij de laatste het eerste recht van wetenschappelijke publicatie van gemeenschappelijk gefotografeerde vuurbollen kreeg. De Dutch Meteor Society werkt door deze overeenkomst met de meest recente Tsjechische programmatuur waarmee fisheye-opnamen volautomatisch met hoge precisie kunnen worden uitgemeten: een resolutie van 0,01 graad tot op de horizon. Dat komt overeen met een nauwkeurigheid van enkele tientallen meters

voor vuurbollen op zo'n 600 km afstand. Het hoeft nauwelijks betoog hoe belangrijk dit is bij het vaststellen van zoekgebieden waar eventuele meteorieten zijn neergekomen.

Het West-Europees deel van het EN heeft per 1 januari 2023 13 stations, de meeste voorzien van full frame-camera's met 8 mm Sigma-optiek en ingebouwde LCD-shutters. Het meest westelijke station staat in Ipswich, UK; het meest oostelijke in het Duitse Herford.

In 2022 werden 183 vuurbollen meervoudig vastgelegd. Regelmatig zijn er simultaanopnamen met de meest westelijke stations van het Tsjechische netwerk. Omdat we identieke meet- en rekensoftware gebruiken, zijn de data eenvoudig uitwisselbaar.

De camera-operators staan middels een app-groep in directe verbinding met elkaar. De data worden centraal verwerkt. Omdat de uploaddiscipline zeer groot is, kan een compleet vuurboltraject al in de eerste uren van de opvolgende ochtend berekend zijn.

Fragmentatie

Lang heeft het idee bestaan, dat een goede berekening van een vuurboltraject, aangevuld met dark flight-gegevens (de vrije val van de meteoroïde door de atmosfeer voordat hij de grond raakt) gebaseerd op windvelden in de hogere delen van de atmosfeer, een voldoende basis zijn voor het berekenen van zoekgebieden van eventuele meteorieten. Naarmate het EN meer meteorieten traceerde, werd duidelijk dat een goed inzicht in het fragmentatieproces nog veel belangrijker is. Dit kan bepaald worden aan de hand van de met de fotometers verkre-

gen high-frequency lichtcurven van de vuurbol in de atmosfeer. Het is evident dat de fragmentatie van een brokstuk van 5 kg in bijvoorbeeld twee stukken van 2 kg en één stuk van 1 kg andere zoekgebieden oplevert dan wanneer er geen fragmentatie zou zijn. Daarbij is het ook belangrijk te weten op welke hoogte welke fragmentatie plaatsvindt. Dit soort onderzoek is tijdrovend, vereist 'het oog van de meester' en kan niet door een computer algoritme worden uitgevoerd. Met het oog hierop wordt er in het voorjaar van 2023 een high-speed fotometer van de Tsjechische Academie van Wetenschappen geplaatst op het Zdenek Ceplecha meteorobservatorium in Winterswijk-Woold. Deze bestrijkt ruwweg het hele gebied van het huidige netwerk. Naast de fragmentatiedata zijn er nog enkele andere vereisten voor een meteorietval. Zo is een uitdoofhoogte van het object onder een hoogte van pakweg 20 à 25 km een vereiste. Een uitdoving hoger in de atmosfeer duidt op volledig opbranden. Ook de (eind)snelheid is een cruciaal gegeven: onder de 10 km/s.

Datareductie

Het verwerken van vuurbolopnamen op fisheye-opnamen is een stuk gecompliceerder dan gewone astrometrie, omdat de lenzen sterk vertekenen. Allsky-camera's staan altijd gericht op het zenit. Er zijn daarom per meetpunt maar twee gegevens te bepalen: azimut en zenitsafstand. Het azimut is de hoek gemeten vanaf het noorden in oostelijke richting en kan vrijwel direct uit de opname bepaald worden. De zenitsafstand is lastiger te bepalen. Die verloopt niet lineair vanuit het ze-

nit naar de horizon: een fisheye-opname is geen eenvoudige stereografische projectie. De relatie op de foto tussen de afstand en de zenitsafstand wordt vastgelegd met een groot aantal parameters. Die zijn voor elke lens anders, niet alleen per type of merk, maar zelfs per individuele lens. Elke camera in het netwerk wordt eerst gekalibreerd waarbij twaalf kalibratieparameters worden vastgelegd: zes voor de lens, drie voor de camera en drie voor de oriëntatie van de camera.

Deze kalibratie wordt bij nieuwe toestellen in het netwerk gedaan aan de hand van een proefopname waarbij veel sterren (800 à 1000) gemeten worden, liefst ook laag aan de horizon omdat daar de vertekeningen het grootst zijn. En juist daar worden de meeste vuurbollen vastgelegd. Met een goede kalibratie, een optisch perfect afdekvenster en een vaste camerapositie halen we op deze manier de eerdergenoemde 0,01 graad aan de horizon (Figuur 7).

Meteorietenjacht

In de afgelopen jaren zijn we driemaal in actie gekomen. In twee van de gevallen moet er zeker meteorieten zijn neergekomen: Hoenderloo en Dortmund. Op 31 oktober 2013 om 3h34m30s UT verscheen een vuurbol van magnitude -12 op een hoogte van 90 km boven het Markermeer, net even ten westen van Lelystad (Figuur 1). Ruim vier seconden later eindigde het spoor op een hoogte van 22 km boven de Harskamp met een eindsnelheid van slechts 6 km/s. Gedurende de hele tocht door de dampkring bleef de vuurbol ongeveer even helder. Geen opvlamming van de helderheid



Figuur 8. Elke camera-operator wil ze zó hebben. Jaarlijks hebben we enkele van dit soort treffers. De vuurbol van 18 maart 2022, vastgelegd door allsky EN908 te Ermelo. De heldere lichtvlek is de volle maan. (Koen Miskotte)



Figuur 9. De allsky-camera's in het netwerk zijn volgens een standaard concept gebouwd. Full frame-camera met 8 mm fisheye-lens en ingebouwde LCD-shutter. (Marco Verstraaten)

betekent geen fragmentatie, dus een compact object. De berekende baan wijst op een herkomst uit de planetoïdengordel: de perfecte ingrediënten voor een meteorietval. Het uiteindelijke valgebied kon met grote precisie worden vastgelegd en liep door de landgoederen Deelerwoud en Hoog Deelen bij Hoenderloo. Het verkrijgen van toegang tot privé landgoederen kostte tijd en geduld, maar uiteindelijk konden we, naast de gemakkelijk toegankelijke weilanden, ook het Deelerwoud doorzoeken. De kans dat een meteoriet van ongeveer 500 gram hier is neergekomen is zeer groot. Het gebied was echter niet eenvoudig te doorzoeken vanwege oude bossen met veel kreupelhout en struikgewas. Een dagje 'harken' leverde ongeveer 1000 m² matig doorzocht gebied op. Het plotseling overlijden van de bewoner en eigenaar van het landgoed, een aardige jonkheer, maakte een abrupt einde aan de zoektochten. In totaal hebben we zo'n 15 dagdelen in het gebied doorgebracht en nog geen 10 procent van het toch al kleine valgebied onderzocht.

Een nieuwe kans deed zich voor op 25 maart 2016, toen om 23h00m45s UT de hemel in het licht werd gezet boven het Belgische Eeklo. Deze val is wat twijfelachtiger omdat geen enkele van de stations het eindpunt goed heeft kunnen vastleggen. Op een hoogte van 23 km verdween de vuurbol achter bebouwing bij een snelheid van 10 km/s. Ook hier een vrijwel constante helderheid, dus geen fragmentatie. Het langgerekte valgebied bevond zich in de velden bij Eeklo. Gemakkelijk te doorzoeken, maar de omstandighe-

den wekten daar niet mee. Vrij kort na het begin van de zoektochten begon grootschalige bewerking van de akkers waaronder ploegen. Grote kansrijke delen konden niet meer doorzocht worden.

De meest recente grote, vrijwel zekere meteorietval vond plaats op 2 maart 2020 om 23h37m46s UT. Omdat van deze val ook Tsjechische fotometerdata verkregen zijn, beschikken we over een zeer gedetailleerd fragmentatieprofiel. Minder dan een week na de val ging een Nederland-Belgisch-Duits team aan de slag en werden flinke stukken terrein doorzocht. Helaas gooide covid roet in het eten. Nog geen week later sloten hotels en restaurants en waren groepsbijeenkomsten buiten verboden. Toen alles weer openging was er inmiddels tweemaal geploegd en gezaaid...

Lievegem

Veel pers aandacht was er voor een daglichtvuurbol op 13 december 2022 om 16h37m27s UT boven het Belgische Gent. Nog voor er nauwkeurige berekeningen gemaakt werden, gingen op zondag 18 december veel mensen de vrieskou in om meteorieten te zoeken, gebaseerd op bevindingen van het Franse Fripon-netwerk. De vuurbol werd ook teruggevonden op opnamen van twee EN-stations die nauwkeurig konden worden doorgerekend. De vuurbol had zijn eindpunt op een hoogte van ruim 31 km zodat de kans op fragmenten op de grond nihil is. De waarde van het werken met grotere sensoren en handmatig beoordelen van het materiaal heeft zich hier andermaal bewezen.

Meedoen

De Dutch Meteor Society streeft ernaar met de stations van het EN in West-Europa dezelfde professionele standaard aan te houden als gehanteerd in Tsjechië. Het gebruik van grotere sensorformaten (full frame) is evident. Met een sensortje van 4x4 mm haal je natuurlijk niet dezelfde resolutie en nauwkeurigheid in positie als met 24x36 mm. De 8 mm Sigma fisheye is ons standaard werkpaard (Figuur 9). De LCD-shutters kunnen hier worden ingebouwd. Een punt van zorg bij is het gebruik van de afdekvensters op onze camera's. Zelfs de beste vensters maken aan de horizon de meetnauwkeurigheid een factor 2 slechter. De Tsjechische camera's werken zonder glas maar zijn voorzien van vernuftige kleppen die sluiten bij neerslag. Ook zouden we in de toekomst de shutters van onze camera's via GPS realtime willen aansturen. Er blijft altijd wat te wensen over.

Wil je meedoen in het EN? Er zijn nog witte vlekken op de kaart: Noord-Limburg, Drenthe, Friesland, Randstad.... Neem gerust contact met ons op via de DMS-website. We kunnen technische adviezen geven, helpen met het vinden van een goede locatie, het kalibreren van camera's en lenzen...en je komt in contact met gelijkgestemden. Want het is ook gewoon leuk om een heldere vuurbol als eerste te rapporteren! ●

Verder lezen

A new positional astrometric method for all-sky cameras', J. Borovicka, P. Spurný and J. Kečliková, *Astron. & Astropys. Suppl. series* 112, 173-178 (1995). Te vinden op <http://ftp.dutch-meteor-society.nl>

Dutch Meteor Society: www.dutch-meteor-society.nl



De nevel en de komeet

Door Thomas Röell en Servé Vaessen

Van 5 tot 9 februari doorkruiste C/2022 E3 (ZTF) het sterrenbeeld Voermlaan. Op 8 februari stond de komeet in de buurt van jota (ι) Aur (de ster op de foto), ook bekend als of Hassaleh, en passeerde op stand de emissie/reflectie (Vlammeende ster-nevel) 410 (links). Thomas Van C/2022 E3 (ZTF) en zijn verschil tussen en zijn twee staarten op. De groene kleur van de coma wordt veroorzaakt door diatomische koolstof (C₂), dat ontstaat doordat ultraviolette straling van de zon organische (koolstofhoudende) moleculen afbreekt. Zonnestraling brengt C₂ ook in 'aangeslagen' toestand en als het molecuul naar zijn oorspronkelijk energieniveau terugvalt, zendt het groen licht uit (fluorescentie). Uiteindelijk wordt C₂ door de uv-straling van de zon vernietigd, zodat het molecuul niet in de komeetstaart terecht komt. De uv-straling io-

trum. IC 410, ook bekend als de Kikkervisjesnevel (Tadpole Nebula), staat er weg, op een afstand van 12.000 lichtjaar en herbergt in het centrum de sterrenhoop NGC 1893. IC 405 en 410 veel zwakker. Fluorescentiecompositie maken om voor de blauwe kleureffecten op de foto te krijgen. C/2022 E3 (ZTF) is geelachtig omdat de komeet vrijkomende stofdeeltjes met gedurende februari gedurende met opnamen zijn gekoelde. De avond van 8 februari werd gefotografeerd in de buurt van de gasonen en bewegen trager, waardoor ze min of meer in de komeetbaan achterblijven en stofstaarten van kometen vaak gebogen zijn. Ten opzichte van de foto bevindt de zon zich rechtsachter en onder de waarnemer, zodat we scheef langs de lengterichting van de komeetstaarten kijken en de stofstaart extra breed lijkt. Op 8 februari bevond de komeet zich op ongeveer 55 miljoen kilometer van de aarde. IC 405 daarentegen staat op een afstand van 1500 lichtjaar. De nevel wordt tot lichten gebracht door AE Aur, een onregelmatig veranderlijke ster van spectraaltipe O in het cen-