



de Sterrenkijkkrant

een speciaal nummer (november 2022) van het tijdschrift *Heelal* naar aanleiding van de Sterrenkijkdagen (op 2 en 3 december 2022)

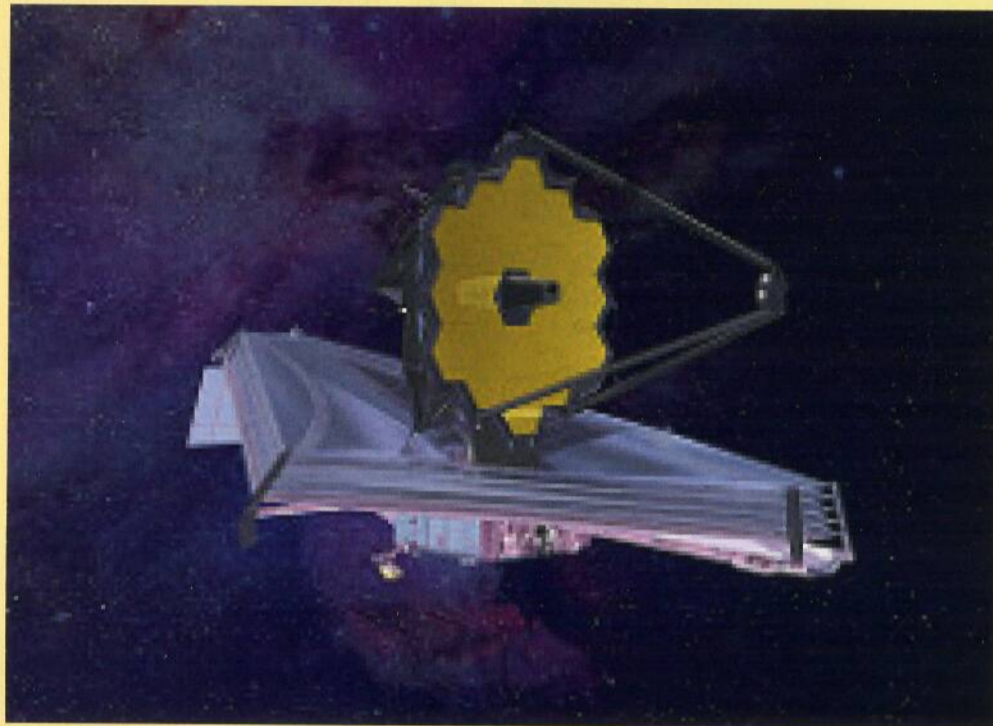
De James Webb Telescoop

Het kan niemand ontgaan zijn dat sinds korte tijd één van de grootste (en duurste) sterrenkundige projecten operationeel is: de 'James Webb Space Telescope' (JWST), de ambitieuze opvolger van de al even befaamde Hubble Ruimtetelescoop. De JWST werd succesvol gelanceerd op Kerstmis 2021, had zowat een maand nodig om zijn plaats in de ruimte in te nemen, werd nadien uitvoerig getest. In juli 2022 werden de verschillende complexe instrumenten dan het ene na het andere 'klaar voor de wetenschap' verklaard, en sindsdien is er inderdaad mee begonnen, met het exploiteren van de enorme mogelijkheden die het project biedt om heel spannende problemen op te lossen. En wellicht gedurende een tiental jaren!

Wat is een telescoop?

Een telescoop is in essentie een grote spiegel (of lens) die veel licht verzamelt in en rond eenzelfde brandpunt, waar instrumenten de signalen omzetten in beelden of het licht opdelen volgens golflengte, om zodoende de fysische eigenschappen van de bron te bestuderen. Onze ooglenzen heeft in het donker een diameter van zowat zes millimeter, de spiegel van de JWST meet 6 meter. In een zelfde tijd vangt hij dus een miljoen maal meer licht, en kan hij dus een miljoen maal zwakkere objecten zien. Bovendien kunnen we de belichtingstijd van de instrumenten aanpassen, en zo nog veel zwakkere objecten waarnemen.

Op het aardoppervlak (en misschien ooit op de Maan?) kunnen we nog grotere telescopen bouwen. Het project van de 'Extremely Large Telescope' van de Europese Zuidelijke Sterrenwacht in Chili bouwt (tegen 2027 zowat) aan een telescoop met een spiegel van 39 m! Aardse telescopen hebben



Zo zou de JWST er nu moeten uitzien op 1.5 miljoen kilometer van de Aarde. Zon en Aarde bevinden zich onder het platform dat de telescoop moet afschermen van hun warmte, en waaronder de zonnecellen gevestigd zijn die de instrumenten voeden. Dat platform heeft de afmetingen van een tennisveld. Zowel de telescoop als zeker het platform waren veel te groot om zo in een Ariane te plaatsen, en moesten dus in de ruimte ontvouwd worden.

ook het voordeel dat ze beter bereikbaar en daardoor flexibeler zijn: een instrument hoeft niet vanaf de eerste dag onfeilbaar te zijn, en kan ook verbeterd worden indien er nieuwe technologieën ontwikkeld zijn. Een ruimte-instrument boogt altijd op de technologie van 10 jaar geleden, en dat er niets mag mislopen, impliceert een substantieel hogere prijs.

Waarom naar de ruimte?

Als we een telescoop in de ruimte sturen, is dat niet om dichterbij de sterren te zijn zoals men soms denkt. Objecten in ons eigen zonnestelsel kunnen we inderdaad bezoeken, maar dat is niet meer dan onze achtertuin. Het comparatieve voordeel van een telescoop in de ruimte, is dat hij relatief weinig storing ondervindt van de aardse atmosfeer. Vele signalen die de hemellichamen ons zenden, komen er gewoon niet door.

De straling met de hoogste energieën (gamma- en X-stralen, verre ultraviolet) wordt (gelukkig maar) volledig geabsorbeerd door de atmosfeer; om de hoogenergetische kosmos te verkennen, is de ruimtesterrenkunde dus essentieel. Maar ook bij de golflengtes die vanop Aarde toegankelijk zijn, kan er iets meer van boven de atmosfeer: de beelden, die hier onderhevig zijn aan weer en wind, zijn scherper in de ruimte, en de achtergrond is donkerder. En dat laatste is heel belangrijk om de zwakste en de verste objecten uit het heelal te vinden.

Met de Hubble-telescoop is de verkenning van de verste gebieden in het heelal buiten verwachting gevorderd, en dat is nuttig, want verder kijken betekent langer in het verleden kijken. Dankzij de Hubble en andere projecten zoals de ESA-satelliet Herschel en de (sub)mm-telescopen in de hooglanden van de Atacamawoestijn in Chili, hebben we nu al een vrij goed beeld van de laatste twee derden van de geschiedenis van het heelal, en dat is dus al een heel eind in het verleden! Zo is onder meer gebleken dat toen het heelal een derde van zijn huidige ouderdom had, de sterrenstelsels gemiddeld wel een tiental maal helderder waren dan vandaag, en het is mede daardoor dat we zo ver in het verleden kunnen kijken. Maar

vóór die onstuimige adolescentie was er ook de kindertijd, waarin sterrenstelsels werden gevormd. Nog verder dus, maar ook intrinsiek zwakker dan hun meer nabije opvolgers, en dus enkel waarneembaar met een grotere telescoop, uitgerust met nog gevoeligere instrumenten. De basisdoelstelling van de JWST was dan ook in eerste instantie de detectie en de studie van 'First Light', de manifestatie van de eerste structuren die ontstonden uit de vrij vormeloze oersoep van de oerknal.

Een telescoop voor infrarood licht

Door de uitdijing van het heelal wordt het licht van de verste sterrenstelsels zogenaamd roodverschoven: we zien het bij langere golflengten naarmate de stelsels verder staan. Vandaar dat het infrarode gebied van het elektromagnetisch spectrum aangewezen is om het verre heelal te bestuderen, en ook daar is onze atmosfeer een stoorzender. De JWST kijkt dus naar iets langere golflengten dan Hubble, ook al omdat de verbetering van de technieken op aardse telescopen ook hier voor steeds scherpere beelden zorgt in zichtbaar licht.

Maar ook om de wereld dichterbij ons te bestuderen, is infrarood licht interessant. Waar warme objecten als sterren typisch zichtbaar licht produceren, en het hoge-energie heelal zich bij nog kortere golflengten manifesteert, is het infrarood het gebied van objecten bij kamertemperatuur. Dat is het domein van de gas- en stofwolken waaruit in onze omgeving sterren geboren worden, en die processen willen we ook beter begrijpen. Maar het is ook het ideale stukje spectrum om planeten, in ons zonnestelsel maar ook rond andere sterren, te bestuderen. En het moet nu lukken dat de 30 jaren die nodig zijn geweest om de JWST te laten groeien van concept naar realiteit, ook deze zijn geweest waarin de sterrenkunde een nieuwe revolutie heeft gekend, met de ontdekking eindelijk van vele planeten bij andere sterren, en de vele verrassingen die aantonen dat de exoplanetenwereld veel en veel diverser is dan we hadden geanticipeerd. Toen bleek dat de instrumenten ontwikkeld voor de JWST zich ook uitstekend leenden tot de studie van exoplaneten, is deze

— INHOUD EN REDACTIE —

- p. 1. De James Webb Telescoop (Christoffel Waelkens).
p. 3. De activiteit van onze Zon (Jan Janssens)
p. 6. De planetenparade tijdens de Sterrenkijkdagen (Andreas Dill en Kurt Christiaens)

Meer informatie over de sterrenkijkdagen: www.sterrenkijkdagen.be, Meer informatie over de zonnekijkdag: www.zonnekijkdag.be.
Meer informatie over de VVS: www.vvs.be.

Verantwoordelijke uitgever: Frank Tamsin, Ezelstraat 70 bus 01.02, 8000 Brugge.
Samenstelling en redactie: Ruben Verboven (ruben.verboven@vvs.be).

De activiteit van onze Zon

Het wel en wee van zonnecyclus 25

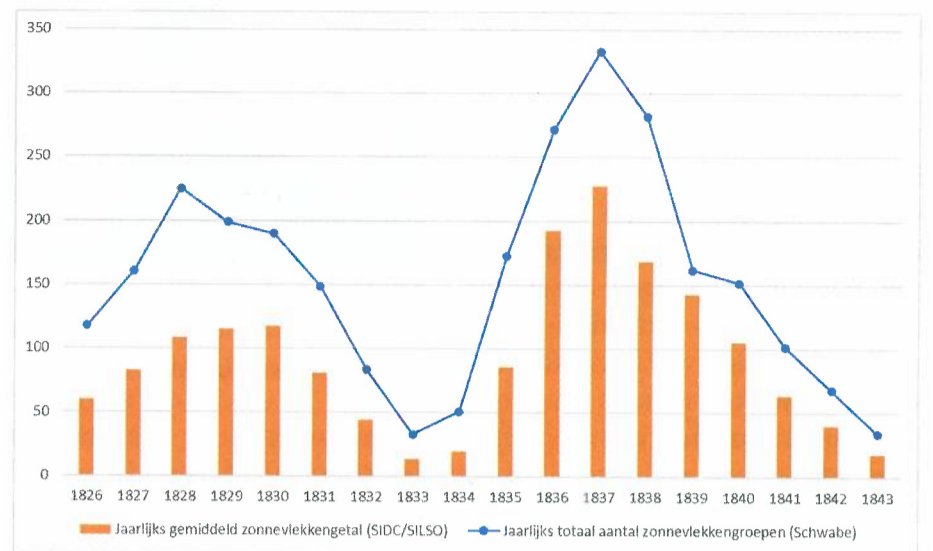
Eind 2019 ging een nieuwe cyclus van de zonneactiviteit van start: zonnecyclus 25 (SC25). Geleidelijk gingen weken van vlekkeloze dagen over in dagen waarop er toch al enkele kleine zonnevlekjes zichtbaar werden. Vanaf oktober 2020 groeiden de vlekengroepen in omvang en complexiteit, en mid-2021 werden dan de eerste krachtige zonnevlammen waargenomen. Eind 2022 kunnen we een eerste balans opmaken van wat SC25 zoal gepresteerd heeft, en in hoeverre die evolutie overeenkomt met de eerder gemaakte voorspellingen.

Een beetje geschiedenis

De zonnecyclus werd ontdekt door Heinrich Schwabe in het tweede kwart van de 19de eeuw. Zoals vaak het geval is in de wetenschap, was Schwabe eigenlijk helemaal niet op zoek naar een dergelijke wetenschappelijke vondst. Schwabe, een Duitse amateurastronoom en apotheker, had zich immers tot taak gesteld om de hypothetische planeet Vulcanus te vinden. Van deze planeet werd verwacht dat ze een baan had tussen Mercurius en de Zon, en dat haar aanwezigheid de eigenaardige beweging van de planeet Mercurius zou kunnen verklaren. Schwabe realiseerde zich dat de kans om een dergelijk hemellichaam te observeren het grootst was als dit voor de Zon langs trok en dus zichtbaar zou zijn als een zich langzaam bewegend zwart stipje tegen de achterliggende, heldere zonneshijf. Vanaf 1826 nam hij de Zon dan ook zoveel mogelijk waar, en – om het kleine stipje niet te verwarren met kleine zonnevlekken – duidde hij eveneens alle zichtbare zonnevlekken aan. Na 17 jaar had hij de planeet Vulcanus nog altijd niet gevonden, maar was hem wel iets anders opgevallen:

het aantal zonnevlekengroepen leek cyclisch te stijgen en te dalen, en dit met een periode van ongeveer 10 jaar. Hij voorspelde meteen een nieuw zonnevlekkenmaximum rond 1849, dat dan gevolgd zou worden door een minimum zo'n 5 jaar later. Aanvankelijk werd er niet veel geloof gehecht aan Schwabe's beweringen, tot zijn resultaten ook opgenomen werden in het meesterwerk "Kosmos" van de legendarische ontdekkingsreiziger Alexander von Humboldt.

Schwabe's resultaat kwam nu veel meer onder de aandacht van de wetenschappelijke wereld. Zo vroeg de Zwitser Rudolf Wolf zich af of die zonnecyclus ook uit eerdere historische zonnewaarnemingen gepuurd kon worden. Dat was geen gemakkelijke taak, aangezien het hier ging om verschillende zonnewaarnemers die verschillende zonnetelescopen hadden gebruikt. Hij introduceerde daartoe het zonnevlekkengetal, waar het aantal zichtbare zonnevlekengroepen vermenigvuldigd werd met 10 en daarna opgeteld werd bij het aantal individuele zonnevlekken. Vervolgens voerde Wolf de k-factor in, waarbij de zonnevlekkengetallen van de andere waarnemers werden geschaald alsof de waarnemingen door hemzelf met zijn eigen telescoop waren gedaan. Op basis van de beschikbare data kon er een vrij betrouwbaar maandelijks zonnevlekkengetal worden bepaald dat terugging tot halfweg de 18de eeuw. En zo startte de eerste zonnecyclus (SC01) in 1755 en beleven we nu de capriolen van de 25ste zonnecyclus (SC25). Wolf verfijnde ook de gemiddelde duur van een zonnecyclus tot 11,1 jaar. Het werd eveneens duidelijk dat de duur en het maximum van een zonnevlekkenzyclus sterk kunnen variëren: De duur van 9 jaar tot iets meer dan 13 jaar, het maximum tussen 80 en 300.



Het totaal aantal zonnevlekengroepen per jaar dat Schwabe gedurende de periode 1826-1843 had waargenomen. Ter vergelijking het jaarlijks gemiddeld zonnevlekkengetal zoals dat nu gehanteerd wordt door het SILSO.

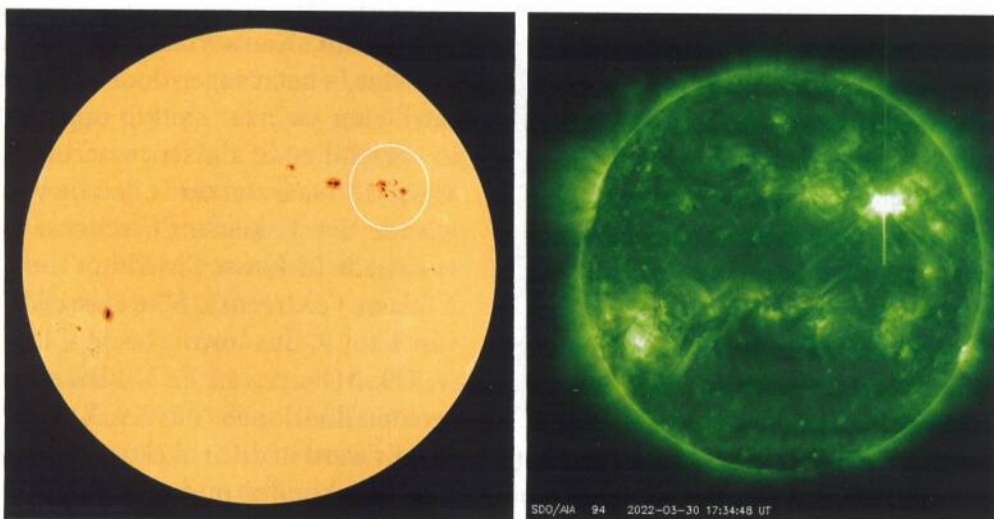
Belang van de zonnecyclus

Kort na de publicatie van "Kosmos" merkte Edward Sabine, een beroemd Iers geofysicus en astronoom, op dat er een hoogst verbazingwekkende relatie bestond tussen de door Schwabe afgeleide periode in het aantal zonnevlekken en deze gedetecteerd in de fluctuaties van het magneetveld van de Aarde. Die geomagnetische fluctuaties bleken de variatie in het aantal zonnevlekken van nabij te volgen, inclusief tijdens het door Schwabe voorspelde vlekkenmaximum rond 1848 en het minimum in 1855. Het voedde uiteraard de speculaties hoe de Zon dat voor elkaar kreeg. Een ander stukje van de puzzel kwam er op 1 september 1859, toen Richard Carrington, een ervaren Brits astronoom, tijdens zijn ochtendwaarneming twee heldere vlekjes zag verschijnen in een grote, complexe zonnevlekengroep. Dat was een absolute primeur in de geschiedenis van de zonnewaarnemingen. Nog geen 18 uur later was er een spectaculair poollicht zichtbaar, zo helder dat er onder het licht van deze aurora kranten gelezen konden worden. Het poollicht was zichtbaar vanuit de Caraïben, Hawaï en Australië, heel erg ver dus van de polen, de natuurlijke habitat van de aurora. Telegraafsystemen in Amerika en Europa waren onbruikbaar, en sommige operatoren kregen zelfs een elektrische schok. Vandaag weten we dat zonnevlekken magnetische storingen zijn aan het oppervlak van de Zon. In complexe zonnevlekengroepen kunnen deze magnetische velden zich plots herstructureren, waarbij er enorme hoeveelheden energie kunnen vrijkomen. Deze zogenaamde zonnevlammen zijn het best zichtbaar in het extreem ultraviolet en in het röntgen, maar de allerkrachtigste kunnen kortstondig ook in wit licht zichtbaar zijn. Het was

dat laatste dat Carrington die ochtend van 1 september 1859 had waargenomen. Omdat het zo'n zeldzaam verschijnsel is, wordt het ook met een specifieke term beschreven: een wit licht zonnevlam (WLF). Zonnevlammen kunnen de hoogfrequente radiocommunicatie grondig verstoren, en de radoruis die er soms gegenereerd wordt, kan ook de goede werking van radarsystemen en de communicatie met satellieten in de war sturen.

Bij zonne-explosies wordt er soms ook een magnetische wolk vol elektrisch geladen deeltjes de ruimte in geslingerd. Indien naar de Aarde gericht, kan deze zogenaamde coronale massa ejectie (CME) het magnetisch veld van de Aarde verstoren. Dit gebeurt meestal zo'n 2 tot 4 dagen na de explosie op de Zon, maar zeer snelle CME's kunnen de Aarde reeds in minder dan een dag bereiken, zoals dat begin september 1859 het geval was. Geomagnetische stormen worden meestal gekenmerkt door een spectaculair poollicht, een onschuldig en kleurrijk spektakel dat zich op zo'n 80 tot meerdere honderden km boven het aardoppervlak afspeelt. Minder onschuldig evenwel zijn de storingen die krachtige geomagnetische stormen kunnen teweegbrengen in elektriciteitsnetwerken en communicatiesystemen. Satellieten worden dan weer blootgesteld aan meer wrijving met de aardatmosfeer, waardoor hun hoogte daalt. Bovendien krijgen ze te maken met een verhoogde kans op elektrostatische ontladingen, waardoor hun computers en andere boordinstrumenten niet meer correct kunnen functioneren.

Uitzonderlijk kunnen zonne-explosies ook gepaard gaan met de uitstoot van protonen (positief geladen deeltjes) met zeer hoge energieën die de afstand Zon-Aarde aan zeer hoge snelheden afleggen. Hierdoor



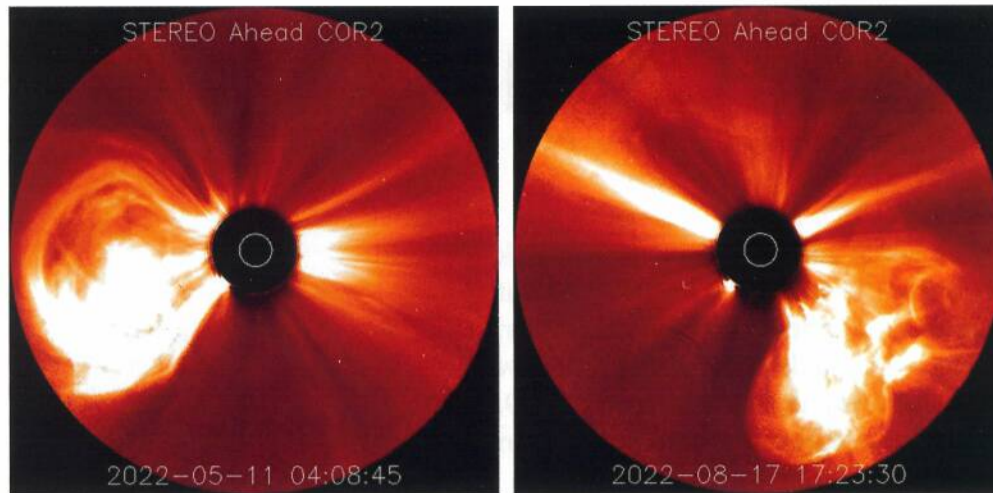
Foto's van de Zon op 30 maart 2022 in wit licht (links) en in het extreem ultraviolet (rechts) genomen door het Solar Dynamics Observatory (SDO). De opnames tonen zonnevlekengroep NOAA 12975 (aangeduid met de witte cirkel) die verantwoordelijk was voor een X-klasse zonnevlam (X1) die dag.

kunnen ze de Aarde reeds een half uur tot enkele uren na de explosie bereiken. Protonenstormen hebben een zeer ongunstig effect op de zonnepanelen en de algemene werking van satellieten, op de hoogfrequente radiocommunicatie aan de polen, en vormen een stralingsbedreiging voor astronauten, evenals voor de bemanning en passagiers van vliegtuigen die over de poolstreken van de Aarde vliegen. Astronauten van het Internationaal Ruimtestation mogen dan geen ruimtewandelingen meer uitvoeren en moeten schuilen in de best beschermde delen van het ruimtestation. Poolvluchten worden ofwel omgeleid, ofwel moeten de vliegtuigen in kwestie op een veel lagere hoogte gaan vliegen, waardoor ze dan wel meer brandstof gaan verbruiken.

Voorspelling van een zonnecyclus

Nogal wat vitale sectoren hebben dus een grote belangstelling in de voorspellingen van het maximum zonnevlekkengetal van een nieuwe zonnecyclus. Nochtans kan iedereen een voorspelling voor SC25 maken door gewoon het gemiddelde van het maximale zonnevlekkengetal te nemen van de 24 voorgaande cycli (180). Het probleem is dat de foutmarge op dit gemiddelde zo groot is (bijna 60) dat het de voorspelling gewoon onbruikbaar maakt, aangezien het maximum zou kunnen variëren tussen dat van een zwakke cyclus (120) en een sterke cyclus (240).

Er bestaan tientallen verschillende voorspellingsmethoden voor een zonnecyclus. Ze kunnen onderverdeeld worden in een zestal categorieën. 'Klimatologie' betreft merendeels eenvoudige statistische methodes toegepast op het zonnevlekkengetal en afgeleiden zoals de oppervlakte van zonnevlekken, hun heliografische breedte, ... De gebruikte methoden gaan ervan uit dat de toekomstige evolutie van een systeem kan voorspeld worden op basis van eigenschappen uit het verleden. Een voorbeeld is de hierboven vermelde methode van het gemiddelde van de voorgaande zonnecycli. Wetenschappers zijn zeer creatief, en kijken onder andere naar verschillende parameters van de zonnecycli zoals de duur van een zonnecyclus, de stijf- of daaltijd, even genummerde versus oneven genummerde zonnecycli, ... Voor de voorspelling van zonnecyclus 25 werd er ook naar de evolutie per zonnehemisfeer gekeken. 'Recente klimatologie' betreft die reeks voorspellingen waarbij data vanaf SC18 worden genomen, dus vanaf ongeveer 1945. Een typisch voorbeeld hier is een methode gebaseerd op de evolutie van de radioflux van de Zon, die pas beschikbaar is van kort na de Tweede Wereldoorlog. 'Spectraal' is een groep van voorspel-

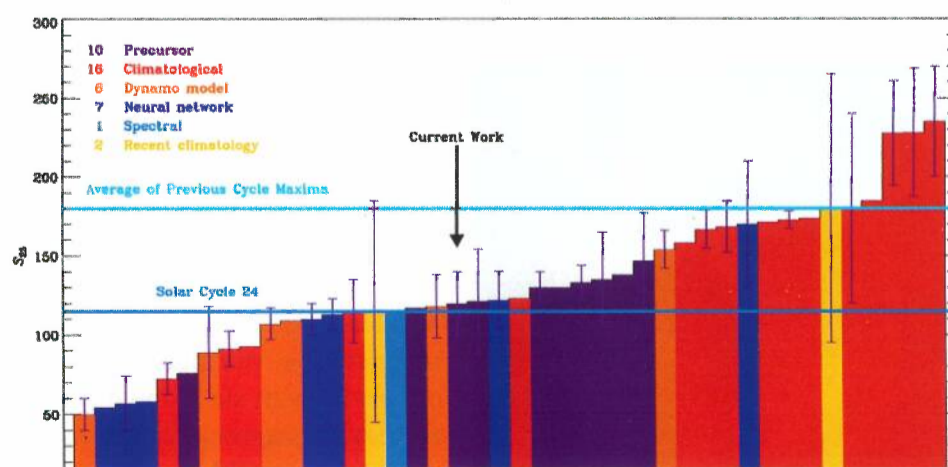


CME's worden waargenomen met behulp van coronagrafen. Dit zijn instrumenten, aan boord van satellieten zoals STEREO-A, die zich een kunstmatige zonsverduistering creëren.

lingen waarbij er met behulp van Fourieranalyse gezocht wordt naar bijzondere frequenties in de reeksen van zonnevlekken. Spectrale methoden lijken zeer effectief te zijn omdat ze zo goed passen met de bestaande cycli. Helaas is de extrapolatie voor nieuwe cycli meestal een herhaling van de pasvorm. Nieuw gedrag, zoals een maximum dat afwijkt van de gefitte gegevens, kan niet uit de pasvorm worden afgeleid. Als bijvoorbeeld het Maunder Minimum (een periode van 1645 tot 1715 waarin er zo goed als geen zonnevlekken zichtbaar waren) in de fit zou worden opgenomen, dan zullen deze methodes ongeveer elke 400 jaar een ander Grand Minimum voorspellen.

De 'neurale netwerk' voorspellingen gebruiken niet-lineaire, statistische algoritmen om complexe patronen in de data te vinden die dan naar de toekomst kunnen worden doorgetrokken bij de voorspelling van nieuwe zonnecycli. Neurale netwerken worden soms gecombineerd met andere technieken, waaronder spectrale methoden, om hun nauwkeurigheid te vergroten. De 'precursor' groep is een van de meest prominente voorspellingsmethodes, die bovendien een goede staat van dienst heeft met betrekking tot de voorspelling van de meest recente zonnecycli (SC21-24). Er bestaan 2 grote groepen, waarbij de eerste groep ervan uitgaat dat de sterkte van het

magnetisch veld aan de zonnepolen tijdens het zonneminimum bepaalt hoe sterk het daaropvolgende cyclusmaximum zal zijn. De tweede groep beschouwt de geomagnetische activiteit (poollicht, ...) tijdens de dalende fase en minimum van de voorgaande cyclus als een aanwijzing voor de intensiteit van de volgende cyclus. De nauwkeurigheid van de tweede groep is nogal afhankelijk van het tijdstip van de waarneming, en dikwijls wordt gedurende het verloop van het zonneminimum de voorspelling aangepast. De groep 'fysica' tracht op basis van allerlei fysische wetten en vergelijkingen modellen op te stellen die de zonnedynamo nabootsen. De zonnedynamo is een fysisch proces dat verantwoordelijk wordt geacht voor de creatie van het magnetisch veld van de Zon, en dus ook van de zonnevlekken. Het principe is vrij eenvoudig, maar de details zijn verre van goed begrepen. Net zoals voor de 'precursor' groep stellen wetenschappers hun hoop in de Solar Orbiter (https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Solar_Orbiter), een door ESA geleide missie naar de Zon. De baan van dit ruimtetuig ligt voorlopig nog in het eclipticavlak, maar in de komende jaren zal de baan zodanig veranderd worden dat ze een hoek van 33° maakt met de ecliptica en wetenschappers zo een veel beter zicht zal geven op de zonnepolen dan vanop Aarde mogelijk



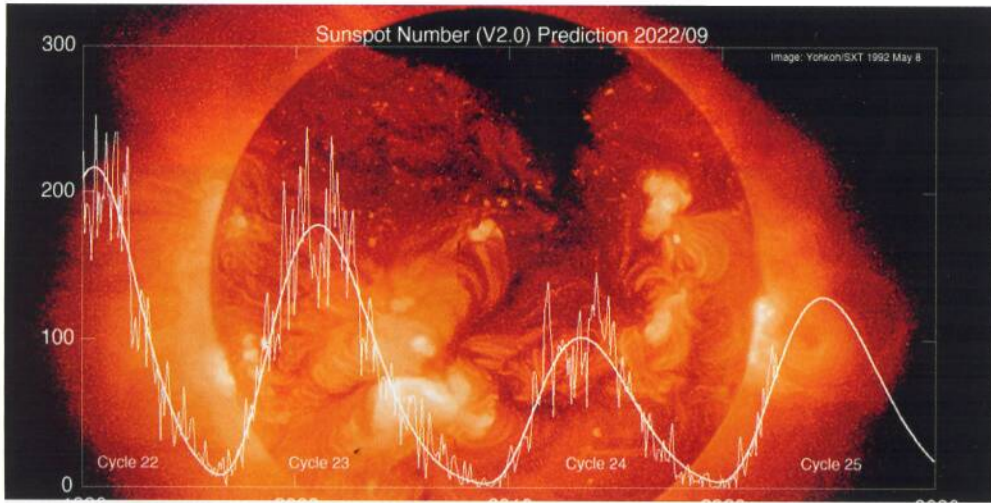
De voorspellingen van SC25, georganiseerd per categorie (kleur) en gerangschikt volgens toenemende sterkte van het voorspelde cyclusmaximum, zoals aangeduid via het zonnevlekkengetal. De onzekerheid van elke voorspelling is aangeduid met een verticaal zwart streepje. Dit overzicht werd gemaakt door Dr. Dean Pesnell, een autoriteit in de analyse van zonnecyclusvoorspellingen. De consensus van NOAA's team van zonne-experts was dat SC25 ongeveer dezelfde sterkte zal hebben als SC24.

is. De nieuwe ontdekkingen die dan gedaan worden, zullen vermoedelijk bijdragen in nauwkeuriger modellen voor de zonnedynamo en de voorspellingen van zonnecycli.

Net zoals bij de voorgaande twee cycli riep NOAA, het agentschap van de Amerikaanse federale overheid verantwoordelijk voor de domeinen meteorologie en oceanografie, ook deze keer een internationaal team van zonne-experts samen om de timing en het maximum van zonnecyclus 25 te voorspellen. Tot dit panel, voorgezeten door Dr. Douglas Biesecker (NOAA) en Dr. Lisa Upton (SSRC - Space Systems Research Corporation), behoorde onder andere ook Dr. Frédéric Clette, de directeur van het SILSO aan de Koninklijke Sterrenwacht van België dat instaat voor de opvolging en publicatie van het officiële zonnevlekkengetal. Ruim 40 verschillende methoden werden geanalyseerd, en een consensus werd bereikt dat SC25 een maximum zou hebben gelijkaardig aan dat van de voorgaande SC24 (115 ± 10), en dat het zou plaatsvinden in de periode november 2024 - maart 2026. Gezien de zeer wijde variatie tussen de verschillende voorspellingsmethoden was die onzekerheid van 10 toch wel klein. Ook het tijdstip was aan de late kant, zelfs rekening houdend met de voorspelde zwakte van SC25. De algemene regel is immers dat hoe actiever de cyclus is, hoe sneller het maximum wordt bereikt.

Status van SC25

In december 2019 bereikte het afgegladde maandelijkse zonnevlekkengetal een minimum van 1.8. Dat was lager dan dat van de voorgaande cyclus, en het laagste sinds de start van zonnecyclus 7 in mei 1823. Niet geheel toevallig viel dit minimum ook samen met de langste periode van vlekkeloze dagen. Van 14 november tot 23 december 2019, dus gedurende 40 opeenvolgende dagen, viel er geen vlekje op het zonne-oppervlak te bespeuren. SC25 kwam sneller onder stoom dan zijn voorganger. Op 29 mei 2020 produceerde hij al een eerste M-klasse zonnevlam. Zonnevlammen worden gemeten in het röntgen door de GOES-satellieten en naar sterkte opgedeeld in verschillende klassen, waarbij elke klasse 10 maal sterker is dan de voorgaande: De C-klasse ('Common', gewoon), de M-klasse ('Medium'), en de X-klasse ('eXtrem'). Elke klasse loopt van 1 tot 9, dus bijvoorbeeld C1, C2, ... C9, M1, ... , en de X-klasse blijft gewoon doorlopen (dus X9, X10, X11, ...). Er werd in dit artikel trouwens rekening gehouden met een herschaling die NOAA doorvoerde in 2019, zodat het aantal en de intensiteit van de zonnevlammen over de verschillende zonnecycli vergelijkbaar blijven. De laatste maanden van 2020 zagen



Op basis van de recentste maandelijkse zonnevlekgetallen kan een curve gemodelleerd worden die het best bij de huidige en voorgaande cycli past. Volgens deze methodiek zou SC25 ietsje sterker worden dan oorspronkelijk voorspeld. Met een maximum van 129 ± 37 in september 2024 blijft hij wel ver beneden de sterkte van een gemiddelde zonnecyclus.

een duidelijke verhoging in aantal en grootte van de zonnevlekkengroepen.

De eerste protonenstorm van zonnecyclus 25 had plaats op 29 mei 2021. Het was maar een zwakke storm, waarbij er nauwelijks effecten waren op onze technologie (satellieten, communicatie). Tot dusver in SC25 (september 2022) waren er in totaal 6 protonenstormen. Het ging hier steeds om zwakke events, waarbij de protonenstorm van 28 oktober 2021 ook hoog-energetische deeltjes bevatte waarvan het effect aan het aardoppervlak gedurende enkele uren meetbaar was als een kleine, ongevaarlijke toename in de natuurlijke achtergrondstraling. Op 3 juli 2021 produceerde NOAA zonnevlekkengroep 12838 de eerste X-klasse zonnevlam van SC25, de eerste sinds de X8 zonnevlam van 10 september 2017. NOAA 12838 was ook de bron van nog enkele M-klasse zonnevlammen, maar geen enkele van de gerelateerde CME's was naar de Aarde gericht.

Een ander verhaal begin november 2021, wanneer explosies in NOAA 12887 en NOAA 12891 gepaard gingen met een aantal CME's die wel naar de Aarde waren gericht. Een van die CME's was veel sneller dan de eerder uitgestoten deeltjeswolken, haalde ze in, en vormde zo één grote CME die veel krachtiger en solieder was dan normaal. Deze 'kannibaal-CME' bereikte de Aarde tijdens de avond van 3 november, en veroorzaakte een sterke geomagnetische storm, de krachtigste tot dusver in SC25. De effecten bleven vrij beperkt, behalve voor het poollicht dat kon gefotografeerd worden vanuit Californië en New Mexico in de Verenigde Staten.

Begin februari 2022 verraste het ruimteweer dan toch. Twee CME's afkomstig van NOAA 12936 werden op 30 en 31 januari de ruimte ingeslingerd richting Aarde. De CME's kwamen aan op 2 en 4 februari en veroorzaakten kleine geomagnetische stormen. Tussendoor, op 3 februari om 19:13 Belgische tijd, had SpaceX weer een

reeks van 49 Starlink satellieten gelanceerd. Die lancering leek perfect te zijn verlopen, tot de satellieten aankwamen op hun check-out omloopbaan (210 km hoogte). Hier worden ze normaal eerst gecontroleerd of ze wel operationeel zijn, vooraleer ze zelfstandig naar hun finale omloopbaan klimmen op een hoogte van zo'n 550 km. Het groepje van 49 satellieten was in de check-out omloopbaan toen de tweede CME arriveerde, en de daaruit voortvloeiende geomagnetische storm – hoewel klein – in combinatie met de voorgaande storm zorgden voor een toename in de wrijving met de aardatmosfeer van zo'n 20 tot 30%, waarden die de Starlink satellieten nog niet eerder waren tegengekomen. Ondanks bestaande noodprocedures konden 38 satellieten niet meer gered worden, en verbrandden in de aardatmosfeer. Starlink heeft alvast de check-out baan verhoogd tot 300 km, waarmee de wrijving tijdens geomagnetische stormen toch al wat vermin-

derd wordt.

Vanaf maart ontwikkelde er zich een complex van activiteit in de noordelijke zonnehemisfeer. In een gebied zo'n 60 graden lang (bijna tweemaal de afstand Aarde - Maan) en zo'n 20 graden breed bood het plaats aan verschillende grote en complexe zonnevlekkengroepen die gedurende een viertal zonnerotaties de activiteit op de Zon bepaalden, onder andere zichtbaar in een belangrijke toename van het zonnevlekgetal elke 4 weken. Gedurende deze periode produceerden de groepen van dit complex een kwart van het totaal aantal M-klasse zonnevlammen in SC25, en 3 van de 8 X-klasse zonnevlammen. De krachtigste zonnevlam van SC25 tot hiertoe werd op 20 april 2022 geproduceerd door NOAA 12992, een zonnevlekkengroepje dat op dat moment al over de zuidwestelijk zonerand gedraaid was en niet langer zichtbaar was. De geregistreerde piek (X2.2) was vermoedelijk dus nog hoger! Behalve enkele kortstondige storingen in de hoogfrequente radiocommunicatie resulteerden deze krachtige zonnevlammen niet in andere noemenswaardige ruimteweereffecten.

Met al die activiteit werd er even gedacht dat SC25 veel sterker zou worden dan initieel was gedacht. Scott McIntosh, onderzoeker aan het National Center for Atmospheric Research in Boulder, Colorado (USA), had op basis van het einde van magnetische cycli immers afgeleid dat SC25 juist een van de krachtigste zonnecycli zou kunnen worden met mogelijk een maximum van rond 200. De meest recente maandelijkse zonnevlekgetallen (juli-september 2022) lijken deze veel geciteerde voorspelling ech-

ter wat te ontcrachten. SC25 is nu 33 maanden ver, en het maandelijkse zonnevlekgetal is nog geen enkele keer boven de 100 uitgeklimmen. Integendeel, de waarden lijken zich wat te stabiliseren rond 85. Vermoedelijk is dit een korte pauze die de zonneactiviteit neemt, vooraleer door te stoten naar het maximum. Statistici hebben, op basis van diezelfde zonnevlekgetallen, wel een best passende curve voor de zonnecyclus gemodelleerd. Dat maximum lijkt nu, met een vermoedelijke waarde van 129 ± 37 in september 2024, toch wat hoger te gaan liggen dan wat oorspronkelijk voorspeld was (SolarCycleScience: <http://solarcyclescience.com/forecasts.html>). Een zwakke of matige cyclus wil evenwel niet zeggen dat de Aarde niet kan getroffen worden door een zware zonnestorm. Zo deed bijvoorbeeld het Carrington event zich voor tijdens zonnecyclus 10, een matige cyclus die een maximum van 186 haalde, dus maar net boven het gemiddelde. En tijdens de vorige zwakke cyclus 24 had er op 23 juli 2012 een Carrington-achtige zonnestorm plaats. Alleen gebeurde dat op de achterkant van de Zon en hebben we er hier op Aarde nauwelijks iets van gemerkt. Gezien SC25 nog maar in zijn stijgende fase zit, is de kans op een zeer krachtige zonnevlam zeker niet onbestaande, en blijft een extreem zware geomagnetische storm (met poollicht zichtbaar vanuit België) tot de mogelijkheden behoren.

De evolutie van SC25 wordt eveneens gevolgd op de website van het Solar-Terrestrial Centre of Excellence (<https://www.stce.be/content/sc25-tracking>). Het STCE omvat tevens het SIDC ruimteweervoorspellingscentrum (<https://www.sidc.be/>).



KU LEUVEN
CAMPUS GROEP T

www.iw.kuleuven.be/groept