

# Vuurwerk boven de wolken

Boven onweerswolken ontstaan soms lichtflitsen in

de vorm van kwallen, wortels of

zuilen. Een 'gewone'

bliksemflits tussen wolk en

aarde lijkt de oorzaak van het

fenomeen. **George Beekman**

**O**NDERZOEKERS van het Centrum Wiskunde & Informatica in Amsterdam hebben met computersimulaties het ontstaan van *sprites* nagebootst. Sprites zijn grootschalige, grillige elektrische ontladingen boven onweerswolken en gaan gepaard met lichtverschijnselen. Ze doen zich voor op hoogten tussen ongeveer 40 en 90 kilometer, duren enkele milliseconden en zijn soms net helder genoeg om ze met het blote oog te kunnen zien. De cwi-simulaties laten zien dat de ontladingen ontstaan in een neerwaarts bewegende schokgolf in het onderste deel van de ionosfeer, aldus de onderzoekers in het novembernummer van *Nature Geoscience*. Die schokgolf ontstaat vaak in reactie op een conventionele bliksemflits, tussen de wolk en het aardoppervlak.

Gewone bliksem is sinds mensenheugenis bekend, maar al meer dan een eeuw lang worden af en toe ook lichtverschijnselen boven onweerswolken waargenomen. Lang werd gedacht dat het hierbij om optisch bedrog ging, of om de reflectie van de gewone bliksem in, tussen of onder onweerswolken. Dat veranderde niet toen de Schotse Nobelprijswinnaar Charles Wilson in 1925 voorspelde dat op grote hoogte boven onweerswolken opwaartse elektrische ontladingen zouden kunnen plaatsvinden die licht zouden kunnen produceren. Wilson was de uitvinder van de nevelkamer, die in de vorige eeuw werd gebruikt voor het onderzoek naar ioniserende en elementaire deeltjes.

Pas in 1990, nadat het lichtschijnsel een jaar eerder door onderzoekers van de Universiteit van Minnesota (vs) met behulp van hogesnelheidscamera's was gefotografeerd, verscheen er voor het eerst in *Science* een wetenschappelijk artikel over. Vijf jaar later kreeg het lichtschijnsel zijn huidige naam 'sprite' (bosgeest), naar een boosaardige figuur in Shakespeares *A midsummer night's dream* (1596).

Sinds die tijd worden sprites niet alleen waargenomen vanaf de grond, maar ook vanaf hoge bergtoppen en vanuit vliegtuigen, satellieten en het Internationale Ruimtestation ISS. Hierdoor zijn steeds meer details van het verschijnsel bekend geworden, maar hoe het precies ontstaat, is nog niet duidelijk. Dat ligt mede aan het feit dat het verschijnsel plaatsvindt in een heel ontoegankelijk deel van de atmosfeer: te hoog voor directe metingen met vliegtuigen en weerballonnen en te laag voor satellieten. Geofysici noemen dit hoogtebereik, dat officieel mesosfeer heet, daarom wel gekserend 'ignorosfeer'.

**HALO** Uit de opnamen met hogesnelheidscamera's blijkt dat de wortel-, kwal- of zuilvormige sprites zijn opgebouwd uit soms wel tienduizenden afzonderlijke kanalen van enkele tientallen tot honderden meters dik. Ze ontstaan op hoogten van 70 tot 90 kilometer in de vorm van razendsnel omlaag bewegende filamenten die vaak uitgaan van een schotel- of pannekoekvormige lichtgloed die halo wordt genoemd. Die gloed is roodachtig en heeft een diameter van twintig tot vijftig kilometer. Nadat deze filamenten binnen enkele milliseconden een afstand van zo'n twintig tot veertig kilometer hebben afgelegd, volgt op die hoogte vaak een volgende fase van snel omhoog bewegende elektrische ontladingen.

Sprites ontstaan – vaak in groepjes – door een snelle verandering in het elektrische veld boven een onweerswolk, die in de meeste gevallen het gevolg is van een positieve bliksem tussen deze wolk en het aardoppervlak. Een dergelijke blik-

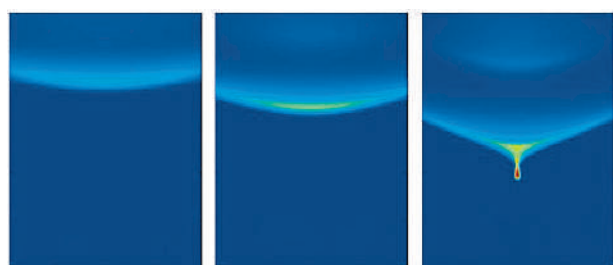


semontlading komt in slechts 10 procent van alle wolk-ontladingen voor, maar is heviger doordat er een grotere hoeveelheid lading in het spel is. Misschien is dit wel een vereiste om sprites te laten ontstaan, maar dat is nog niet duidelijk. Er zijn ten minste twee gevallen bekend waar een negatieve bliksem een sprite voortbracht. De sprites zelf zijn overigens geen bliksemontladingen met zeer hoge temperaturen, maar lijken meer op de koude fluorescentieverschijnselen in het ijle gas van een TL-buis – in dit geval dus in het lagere deel van de ionosfeer.

**SPRITES** Naarmate de camera's meer details over het spriteverschijnsel aan het licht brachten, probeerden onderzoekers ook met behulp van modellen en simulaties de vorm van sprites te voorspellen en te begrijpen. Die simulaties beperkten zich echter tot korte afstanden, omdat daar de verandering van de luchtdichtheid met de hoogte verwaarloosd kon worden. Ook werd nog geen rekening gehouden met de variatie van de ionisatiegraad van de lucht. Tijdens deze computerexperimenten konden wel korte vonkenkanalen worden gegenereerd, maar hun snelheden en diameters waren aanzienlijk kleiner dan daadwerkelijk in de natuur wordt waargenomen.

Onderzoekers van het Centrum Wiskunde & Informatica in Amsterdam werken al sinds 1998 aan modellen en simulaties van ontladingen, in

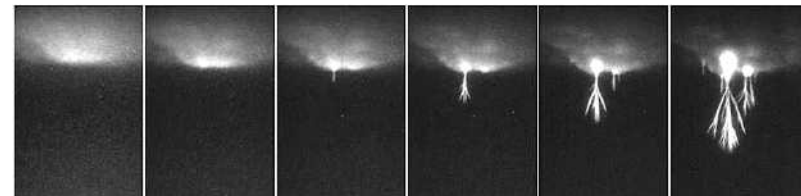
Computersimulatie van het ontstaan van een sprite. Een omlaag bewegende dichtheidsgolf of 'halo' in de ionosfeer breekt aan de onderzijde open, waarna hier een ontladingskanaal naar beneden schiet. FOTO CWI



samenwerking met onderzoekers van de Technische Universiteit Eindhoven, waar men het plasmaonderzoek onlangs tot prioriteit heeft verklaard. Dat

heeft nu geresulteerd in de ontwikkeling, door Ute Ebert en Alejandro Luque, van een model waarmee voor het eerst de processen in het gehele hoogtebereik van een sprite realistisch kunnen worden gesimuleerd. Ook de variatie van de lucht-, elektronen- en ionendichtheid met de hoogte wordt in dit model meegenomen. Dat alles is in wiskundig opzicht geen sinecure, omdat hierbij heel uiteenlopende lengteschalen betrokken zijn: van enkele meters tot vele tientallen kilometers

**ONTLADINGSKANAAL** De twee onderzoekers namen als startpunt een positieve neerwaartse bliksem met een stroomsterkte van 30.000 ampère vanaf tien kilometer hoogte, die positieve lading van een wolk naar de aarde verplaatst. Hierdoor ontstaat een snelle verandering in de elektrische veldsterkte rondom en ook boven de wolk. Die veroorzaakt op een hoogte van zo'n 80 kilometer in de ionosfeer een omlaag bewegende, schotelvormige golf van positief geladen deeltjes die zich in horizontale richting over een afstand van enkele tientallen kilometers uitstrekt. Deze golf, die in feite overeenkomt met de eerdergenoemde halo, wordt tijdens het omlaag bewegen door het toenemen van de luchtdruk samengeperst en gaat over in een schokgolf. Die wordt uiteindelijk als gevolg van de lokale elektrische krachten instabiel en stort in elkaar.



Vanuit dit punt schiet dan met een snelheid van zo'n 30.000 kilometer per seconde een ontladingskanaal van honderden meters diameter omlaag. Enkele kilometers lager vertakt dit kanaal zich

in vele kleinere kanalen. De aldus gesimuleerde snelheid, diameter en lengte van dit ontladingskanaal vóór het moment van de vertakkingen komen binnen de meetnauwkeurigheid goed overeen met wat in de praktijk via de opnamen van hogesnelheidscamera's wordt waargenomen. Ebert en Luque concluderen dat sprites in het algemeen dus ontstaan door de destabilisatie en het instorten van een brede, pannekoekvormige schokgolf die halo wordt genoemd. Zij tekenen hierbij echter aan dat niet alle ontladingskanalen die in sprites worden waargenomen uit een zichtbare halo lijken voort te komen. De onderzoekers denken dat sprites in vele gevallen toch ontstaan door het instorten van een schokgolf, maar dat het licht van die golf niet altijd voldoende sterk is om in de vorm van een halo te kunnen worden waargenomen.

Na hun simulaties van het ontstaan van sprites kijken de cwi-onderzoekers nu naar de verdere ontwikkeling ervan. Opnamen met hogesnelheidscamera's laten zien dat de ontladingskanalen van sprites vaak op enige afstand achter de neerwaarts bewegende kop van een kanaal opnieuw beginnen te gloeien. Ook ontstaat er soms een tweede groep ontladingskanalen die vanuit de eerdere kanalen weer omhoog schieten en daarbij sterk uiteenwaaien en de opmerkelijke wortel- of kwalvorm van sommige sprites tot stand brengen. Een eerste artikel over dit onderzoek is zojuist aangeboden aan *Geophysical Research Letters*. ●

**Boven** De eerste kleurenopname van een sprite werd op 4 juli 1994 gemaakt vanuit een vliegtuig op 12 kilometer hoogte boven Oklahoma. **Daaronder** Het ontstaan van een sprite, waargenomen met een hogesnelheidscamera.

FOTO'S UNIVERSITY OF ALASKA EN S.A. CUMMER

in vele kleinere kanalen. De aldus gesimuleerde snelheid, diameter en lengte van dit ontladingskanaal vóór het moment van de vertakkingen komen binnen de meetnauwkeurigheid goed overeen met wat in de praktijk via de opnamen van hogesnelheidscamera's wordt waargenomen.

Ebert en Luque concluderen dat sprites in het algemeen dus ontstaan door de destabilisatie en het instorten van een brede, pannekoekvormige schokgolf die halo wordt genoemd. Zij tekenen hierbij echter aan dat niet alle ontladingskanalen die in sprites worden waargenomen uit een zichtbare halo lijken voort te komen. De onderzoekers denken dat sprites in vele gevallen toch ontstaan door het instorten van een schokgolf, maar dat het licht van die golf niet altijd voldoende sterk is om in de vorm van een halo te kunnen worden waargenomen.

Na hun simulaties van het ontstaan van sprites kijken de cwi-onderzoekers nu naar de verdere ontwikkeling ervan. Opnamen met hogesnelheidscamera's laten zien dat de ontladingskanalen van sprites vaak op enige afstand achter de neerwaarts bewegende kop van een kanaal opnieuw beginnen te gloeien. Ook ontstaat er soms een tweede groep ontladingskanalen die vanuit de eerdere kanalen weer omhoog schieten en daarbij sterk uiteenwaaien en de opmerkelijke wortel- of kwalvorm van sommige sprites tot stand brengen. Een eerste artikel over dit onderzoek is zojuist aangeboden aan *Geophysical Research Letters*. ●