

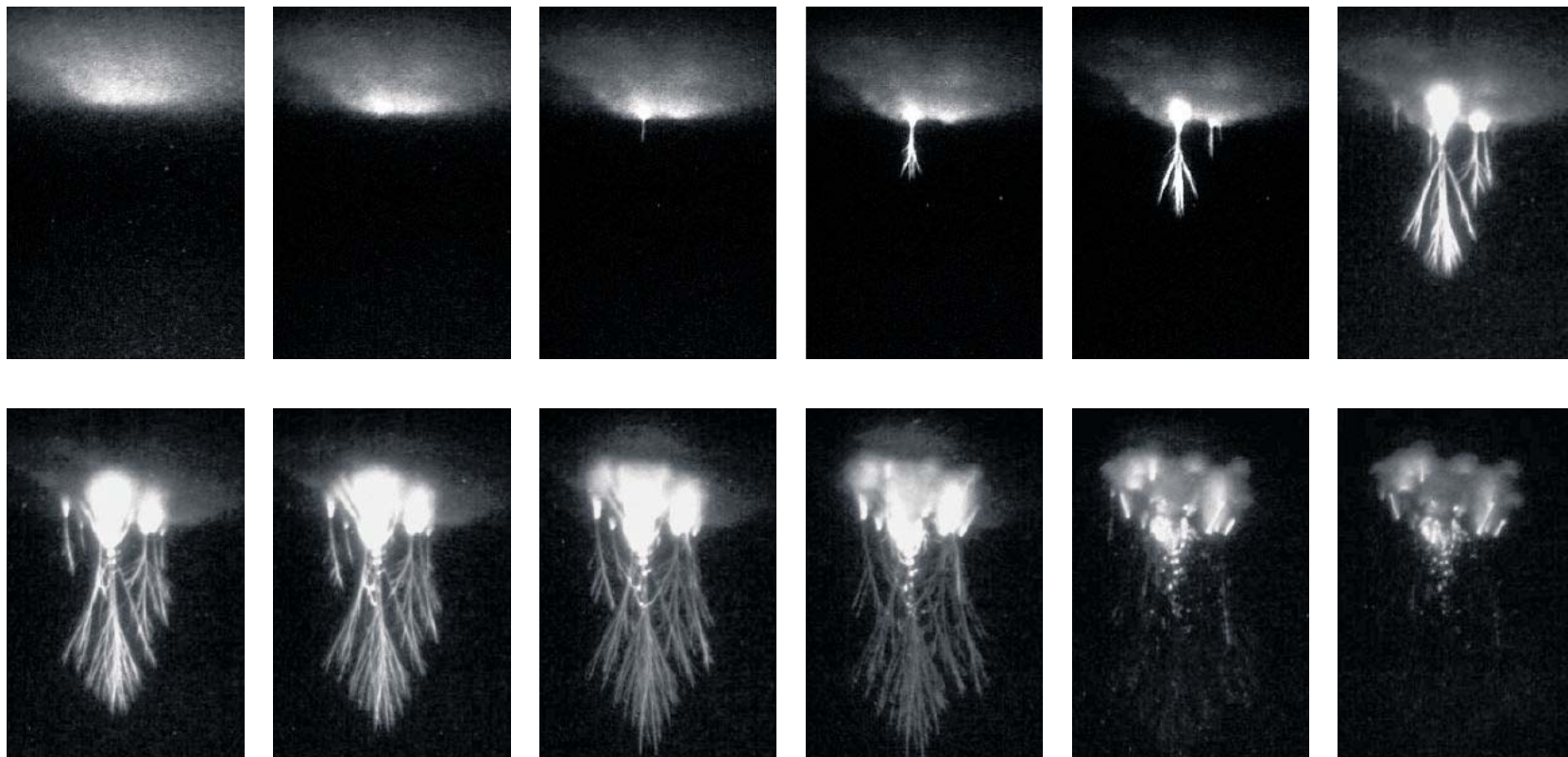
HET BLIKSEMT wereldwijd ongeveer vijftig maal per seconde. Het machtigste wapen van oppergod Zeus klieft dan als een razendsnel vertakkende lichtboom door de lucht. De bliksemtakken hebben gelijksoortige elektrische ladingen, en stoten elkaar af. Vandaar dat ze uit elkaar groeien. In principe, want soms groeien uit elkaar wijkende bliksemtakken na een tijdje wél naar elkaar toe en smelten ze samen. In 2006 zagen wetenschappers dit fenomeen voor het eerst in de tientallen kilometers hoge bliksems – *sprites* genoemd – die in de ijle lucht ver boven gewone onweerswolken kunnen ontstaan. In hetzelfde jaar dook het verschijnsel ook op in laboratoriumexperimenten.

De waarnemingen stelden de bliksemgeleerden voor een probleem, want geen enkel rekenmodel voorspelde dat bliksemtakken weer samensmelten. Drie wetenschappers van het Centrum Wiskunde & Informatica (CWI) in Amsterdam zijn er nu voor het eerst in geslaagd dit verschijnsel ook theoretisch te onderbouwen (*Physical Review Letters*, 15 augustus 2008).

Natuurkundige en postdoc Alejandro Luque maakte samen met onderzoeksleider en natuurkundige Ute Ebert en numeriek wiskundige Willem Hundsdorfer een driedimensionale computersimulatie van twee bliksemtakken. In werkelijkheid ontstaan vaak een heleboel bliksemtakken tegelijk, maar geen computer kan zoveel geweld tegelijk uitrekenen. “De simulaties laten zien dat het afstoten of aantrekken van twee bliksemtakken afhangt van de luchtdichtheid en van de verhouding tussen stikstof en zuurstof”, zegt Luque. Ebert is behalve groepsleider aan het CWI ook deeltijdhoogleraar aan de TU Eindhoven. Daar werkt ze samen met haar experimenterende collega’s laboratoriumbliksems op die ze daarna met de computersimulaties vergelijkt. “We kunnen inmiddels met stereofotografie de volledige driedimensionale structuur van die kunstmatig opgewekte bliksems in beeld brengen.”

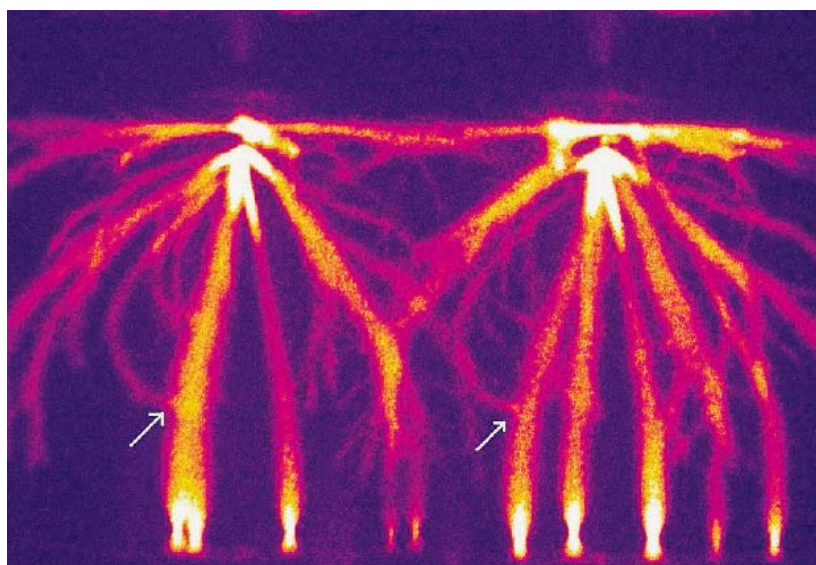
OZONPRODUCTIE Naast het doorgronden van een gewelddadig natuurfenomeen leidt zulk bliksemonderzoek ook tot praktische toepassingen. Zo worden laboratoriumbliksems standaard gebruikt voor de productie van ozon om gassen mee te zuiveren, of om organische moleculen af te breken. Omdat bliksems hun energie in een kleine ruimte concentreren, bieden ze een efficiënte manier om bepaalde chemische reacties op te wekken. En samen met Philips onderzoekt Ebert de minibliksems bij het aanschakelen van energiezuinige argonlampen.

Bliksemflitsen ontstaan in drie stappen. Eerst trekt het onweer elektrische ladingen uit elkaar, waardoor elektrische spanningen van tientallen miljoenen volt ontstaan. Omdat lucht een slechte elektrische geleider is, kan de bliksem zich daarna maar moeilijk ontladen. Daarom boort de bliksem



Samen flitsen

Bliksemschichten hebben vaak vele takken, die elkaar onderling afstoten. Maar soms smelten ze samen. **Bennie Mols**



De pijltjes wijzen naar samensmeltende bliksemtakken in een laboratoriumexperiment. Het gaat om dezelfde gebeurtenis, vanuit twee hoeken.

FOTO'S SANDER NIJDAM E.A./ TU EINDHOVEN

mer, de ‘streamerkop’, begint een kluwen van natuurkundige verschijnselen. Er ontstaat een sterk elektrisch veld waarin vrije elektronen steeds meer elektronen uit de neutrale luchtmoleculen vrijmaken. De lucht bij een streamerkop wordt zo geïoniseerd. De losgeslagen elek-

In tientallen kilometers hoge bliksems, *sprites*, ver boven de onweerswolken, smelten soms takken samen. (Zie foto's op de onderste rij).

FOTO'S DUKE UNIVERSITY

lucht zit, gaat het samensmelten makkelijker. In de atmosfeer verandert de verhouding tussen zuurstof en stikstof nauwelijks met de hoogte. Maar in laboratoriumexperimenten kunnen we die verhouding wel aanpassen om zo onze modellen te testen.”

tronen kunnen de moleculen ook tijdelijk in een hogere energietoestand duwen. Even later vallen deze moleculen weer terug in een lagere energietoestand, onder uitzending van licht – ofwel fotonen.

Dat licht speelt een cruciale rol bij het samensmelten van twee bliksemtakken, zo blijkt. De lichtdeeltjes kunnen een stukje verder reizen en dan opnieuw elektronen losslaan. Bekijk je het proces rondom twee streamerkoppen, zoals de CWI-onderzoekers hebben gedaan, dan laten de computersimulaties zien dat rondom elke streamerkop een wolk van vrije elektronen ontstaat. Onder de juiste omstandigheden dijen beide elektronenwolken zo ver uit (op tachtig kilometer hoogte gaat het om tientallen meters) dat ze samensmelten, net als de streamerkoppen die ze omhullen. De elektronenwolken koppelen zo de beide streamerkoppen aan elkaar.

ZUURSTOF Met de simulaties onderzocht Luque onder welke omstandigheden dat gebeurt. Luque: “Hoe ijler de lucht – en dus hoe hoger in de atmosfeer – hoe makkelijker bliksemtakken samensmelten. De simulaties laten zien dat bliksemtakken naar elkaar kunnen groeien bij atmosferische luchtdruk of lager. Voor veel hogere drukken zien we het verschijnsel niet. Ook als er meer zuurstof in de

REKENTRUCS De drie CWI-onderzoekers moesten slimme recenterucs uithalen om de wisselwerking tussen twee streamers op een parallelle computer te simuleren. Luque bouwde daarbij voort op de expertise die Ebert en Hundsdorfer in de afgelopen acht jaar hebben opgebouwd en waarmee ze mee voorop lopen in het wereldwijde bliksemonderzoek. Ebert: “De moeilijkheid bij het bestuderen van streamers is dat in één en hetzelfde probleem heel verschillende lengte- en tijdschalen een rol spelen. Streamers worden lang en ze voelen de elektrische ladingen en stromen in een groot gebied. Maar de belangrijkste natuurkundige processen spelen zich af een klein gebied rondom de streamerkoppen. Je moet het hele streamergebied nabootsen, maar vooral aan het uiteinde moet je het probleem ook in groot detail zien op te lossen.”

Voor de onderzoekers is de nieuwe computersimulatie een virtuele bliksemmicroscop: hij toont onverwachte details die vaak moeilijk te meten zijn. Maar het wapen van Zeus is nog lang niet doorgrond. “Bliksem blijft mysterieus”, besluit Luque. “Hoog in de atmosfeer zien we allerlei gekke bliksemgedragingen die we nog nooit in laboratoriumexperimenten hebben gezien. En niemand weet waarom.” ●