

Achtergrond 0 Reacties dinsdag 11 november 2014 Dit is een publicatie van Kennislink

De bliksem is een kernreactor

Hoe een bliksemschicht anti-materie, protonen en neutronen maakt

Dankzij satellieten die eigenlijk voor astronomische waarnemingen bedoeld zijn, weten we sinds enige jaren dat bliksems gammastraling en zelfs anti-materie (positronen) produceren. Dit was een volslagen verrassing. Christoph Köhn, promovendus van het Centrum Wiskunde & Informatica (CWI) in Amsterdam rekende uit hoe dit werkt. 28 oktober promoveerde hij er op aan de TU Eindhoven.

door [Arnout Jaspers](#)

Terwijl je dit leest, zijn ongeveer tweeduizend onweersbuien aan de gang, en slaat twintig keer per seconde de bliksem ergens op aarde in. Dat is namelijk altijd zo, dag en nacht, het hele jaar door. In de tropen onweert het veel vaker dan in Nederland, in sommige streken bijna elke dag. Toch is nog veel onbekend over bliksem, ook omdat ze maar zeer ten dele zijn na te bootsen in het laboratorium.

[Delen](#) [Printen](#) [PDF](#)

Vakgebieden

Natuurkunde, Wiskunde

Onderwerp

Techniek & Natuurwetenschappen

Kernwoorden

bliksem, gammastraling, antimaterie, positronen, elektronen, protonen

Bezoek ook



Dag van de Wetenschap
Brussel
op zondag 23 november 2014



Kunst en vliegwerk:
Caleidscoop

[verberg deze melding](#)



Sterrenkijkavond voor
kinderen
op vrijdag 28 november 2014

Kunst en vliegwerk:

[Deze website maakt gebruik van cookies.](#)



Tijdopname van een onweersbui boven Beirut.

[Live love Beirut](#)

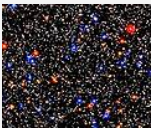
Op het Amsterdamse Centrum Wiskunde & Informatica (CWI) leidt Ute Ebert de onderzoeksgroep Multiscale Dynamics, die allerlei aspecten van bliksems bestudeert. In haar groep concentreerde Christoph Köhn zich op de hoog-energetische deeltjes die bliksems ook produceren.

Op z'n simpelst bekeken, is een bliksem een enorme kortsluitingsvonk: er is een spanningsverschil van tientallen miljoenen volt tussen de minpool (meestal in de onweerswolk) en een pluspool (de top van de wolk of het aardoppervlak), en de luchtlaag daartussen vormt de isolatie. Als de spanning hoog genoeg oploopt, kunnen negatief geladen elektronen de isolatie doorbreken en van 'min' naar 'plus' stromen. Dit is een zichzelf versterkend proces: de eerste elektronen die in beweging komen hebben het het moeilijkst, maar die maken meer elektronen vrij en effenen het pad voor de vele biljoenen elektronen die na hen komen. Daarom vloeit de meeste elektrische lading af in een heel smal pad, het bliksemkanaal, dat maar een paar centimeter in diameter is.

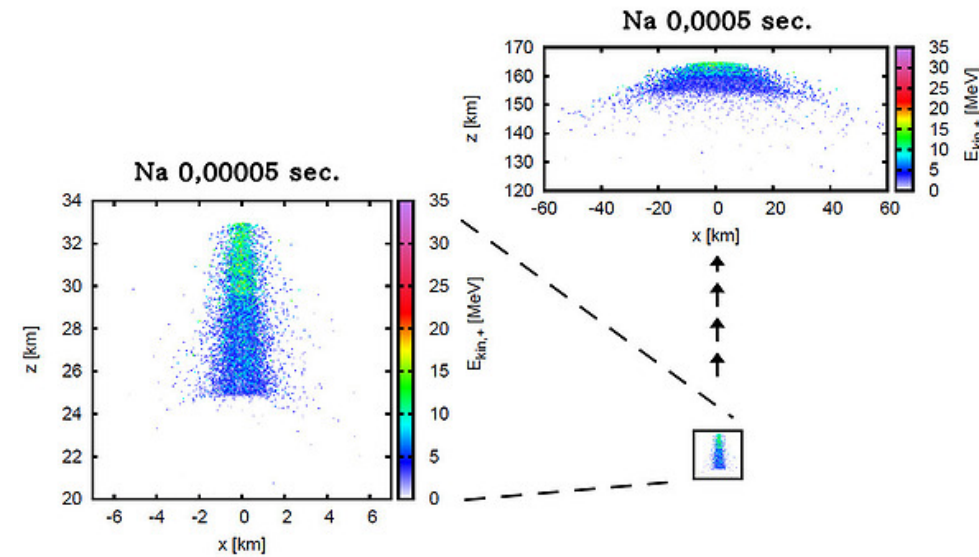
Het precieze scenario hoe zo'n bliksemkanaal zich vormt en vertakt is ingewikkeld en nog niet helemaal begrepen (zie [Hoe werkt bliksem](#)), maar op basis van een vereenvoudigd model berekende Köhn wat er gebeurt met de elektronen aan de punt van een zich vormend kanaal (de *leader*). Zo'n leader zoekt met een enorme snelheid de weg van de minste weerstand naar de pluspool. Juist daar is het elektrische veld extreem hoog en kunnen elektronen straling en andere deeltjes produceren. Als het een bliksem betreft die omhoog gaat naar de top van een wolk, kunnen die straling en deeltjes ontsnappen naar de ruimte. In 2010 registreerde de Fermi-satelliet, die eigenlijk bedoeld is om in het heelal naar bronnen van gamma-straling te zoeken, boven Egypte bundels elektronen en hun anti-deeltjes, positronen. Omdat deze geladen deeltjes het magnetisch veld van de aarde volgen, moesten deze afkomstig zijn geweest van een bliksem boven Zambia.



Voertuig op lucht
tot zondag 7 december 2014



Het Hertzsprung-Russell diagram
op vrijdag 19 december 2014



Computerberekening van de productie van positronen door een omhoog gerichte bliksem. De positronen schieten met ruim tweederde van de lichtsnelheid omhoog naar 160 kilometer boven het aardoppervlak. De kleur geeft de energie van de deeltjes aan.

□ Christoph Köhn

Straling uit onweer

In een vliegtuig op tien kilometer hoogte loop je hoe dan ook meer straling op dan op de grond, omdat er veel minder atmosfeer boven je zit die de kosmische straling afschermt. Maar bliksemonderzoekers in Italië en Florida vermoeden, dat bliksems zoveel gamma-straling, elektronen en positronen produceren, dat langs een onweersbui vliegen een belangrijk aandeel in die extra stralingsbelasting kan zijn. Dit moet nog wel verder onderzocht worden.

Fysici hadden nooit verwacht dat bliksems hoog-energetische straling produceren, omdat niet duidelijk was hoe elektronen aan de punt van een zich vormend bliksemkanaal aan de extreem hoge energie komen die nodig is om gamma-fotonen te produceren (dit gebeurt via een proces dat Bremsstrahlung heet, zie kader). Ze botsen namelijk voortdurend op luchtmoleculen, waardoor ze afgeremd worden, ze ondervinden wrijving van de lucht. Maar er bleek een grenswaarde voor de energie te zijn, waarboven de kans juist afneemt dat een elektron op een luchtmolecuul botst; dan neemt de wrijving af. Deze *run-away* elektronen krijgen wel steeds meer energie als ze grote afstanden afleggen aan de punt van het bliksemkanaal.

Monte Carlo

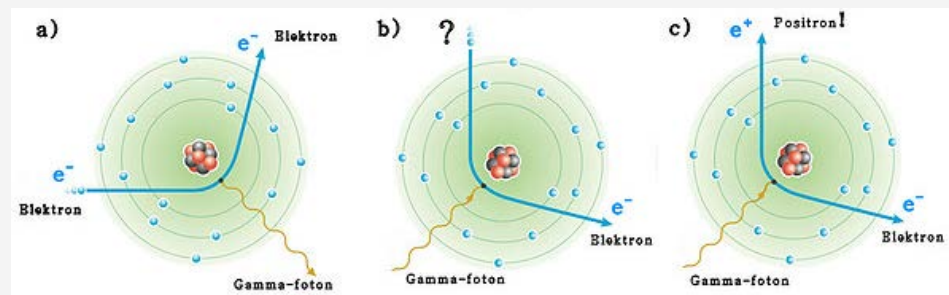
Dit is niet op dezelfde schaal in een laboratorium na te bootsen, vandaar dat Köhn dit proces met wiskundige modellen heeft doorgerekend. Hij maakte daarbij gebruik van zogeheten Monte Carlo methodes, genoemd naar het beroemde casino in die stad. “Het percentage fotonen met zo’n hoge energie is heel klein. Je hebt daarom een computermodel nodig, dat deze heel bijzondere gebeurtenissen er uit pikt. Dat lukt niet met gewone modellen, die met gemiddeldes werken en het geheel proberen door te rekenen.”

Het verschil tussen een gewoon model en de Monte Carlo-methode laat zich, met de nodige dichterlijke vrijheid, als volgt illustreren. Als je wilt modelleren hoe water door een open, bochtige goot stroomt, beschouw je het water als een continue vloeistof, niet als een zwerm van miljarden individuele, elkaar beïnvloedende watermoleculen. Het voordeel is, dat je het gedrag op grote schaal goed kunt beschrijven met maar een paar wiskundige vergelijkingen. Maar als de goot een steil stuk heeft, zal het snel stromende water daar ook kleine spetters met een relatief heel hoge energie produceren die ver

buiten de goot terecht komen.

Een vloeistofmodel voor het gemiddelde deeltjesgedrag, met maar een paar vergelijkingen, kan zulke hoog-energetische spetters niet genereren. Daarvoor moet je een groot aantal individuele deeltjes in de vloeistof volgen, waarvan er dan soms één door een onwaarschijnlijke opeenvolging van botsingen een extreme energie krijgt. Om willekeurige deeltjes met willekeurige botsingen te kiezen, moet je (pseudo-) toevalsgetallen gebruiken, vandaar de term Monte Carlo-methode.

Bremsstrahlung



Een bliksem kan gammastraling en allerlei deeltjes produceren door een proces dat Bremsstrahlung ('remstraling') heet. Een bliksemstraal bestaat uit geïoniseerde lucht, dat wil zeggen lucht waarin veel elektronen zijn losgeslagen van hun moleculen. Sommige van die losse elektronen krijgen, dankzij het sterke elektrische veld in een onweerswolk, een zeer hoge energie. Ze kunnen dan door de elektronenwolk van een atoom heen dringen en in de buurt van de atoomkern komen. Het negatief geladen elektron wordt sterk aangetrokken door de positieve kern, waardoor zijn baan scherp afbuigt. Bij zo'n scherpe afbuiging moet het elektron, als gevolg van de natuurwetten die gelden voor het elektro-magnetisme, een gamma-foton uitzenden. Zie diagram a), je 'leest' zo'n diagram van links naar rechts.

Maar als diagram a) mogelijk is, moet volgens de natuurwetten het proces met de omgekeerde volgorde ook mogelijk zijn. Diagram b) is een kwart slag gedraaid ten opzichte van a). Er komt een gamma-foton op een atoomkern af, en vervolgens ontsnapt naar rechtsonder een elektron. Maar wat betekent de pijl die van boven komt? Is dit het hetzelfde elektron dat later aan het atoom ontsnapt? In theorie kan dit, maar het is uiterst onwaarschijnlijk dat een willekeurig foton en een willekeurig los elektron elkaar bij die atoomkern met elk precies de goede energie ontmoeten.

De natuurwetten maken een andere interpretatie mogelijk, die bizar klinkt, maar in feite veel vaker voorkomt: in zulke diagrammen mag je elk deeltje veranderen in zijn antideeltje, mits je ook de pijl van de tijd omkeert. Dus een inkomend elektron staat gelijk aan een uitgaand positron!

Diagram c) laat zien wat er werkelijk gebeurt: een foton botst bijna met een atoomkern, en verandert in een deeltjespaar, een elektron en een positron, die naar buiten ontsnappen. Voor proces c) gelden in wezen dezelfde formules als voor proces a). Dus toen Köhn had uitgerekend hoe een bliksem gammastraling produceert, had hij ook al bijna helemaal uitgerekend hoe een bliksem positronen produceert.

Nauwe bundels

Köhns berekeningen geven een schatting hoeveel gamma-straling en positronen een bliksem kan produceren. Ook kon hij zo aantonen, dat de positronen en elektronen in tamelijk nauwe bundels worden uitgestoten. Daarom kunnen deze, als het een opwaartse bliksem is, door satellieten worden waargenomen.

Zijn model leidt ook tot een voorspelling: gamma-fotonen met een voldoende hoge energie kunnen zelfs kernreacties veroorzaken, waarbij een neutron of een proton uit een atoomkern losgeschoten wordt. Voor neutronen afkomstig uit bliksem zijn al eens aanwijzingen gevonden, maar voor protonen nog niet.

Als een atoomkern een proton verliest, betekent dit dat het atoom in een ander chemisch element verandert. Lucht bestaat bijna geheel uit stikstofgas (N2) en zuurstofgas (O2). Als zuurstof een proton verliest, verandert het in stikstof; verliest stikstof een proton, dan verandert het in koolstof.

Köhn: “Wat daarvan de gevolgen zijn, daar ben ik nu mee bezig.”

[Persbericht van het CWI over dit proefschrift](#)
[Homepage van Ute Ebert](#)



Deel deze publicatie

Dit is een publicatie van **Kennislink**

[meer informatie](#) | [website](#)

© Kennislink, [sommige rechten voorbehouden](#)

[Stuur ons een reactie, vraag, suggestie](#)



[Home](#) [Over Kennislink](#) [Publicaties](#) [Wekelijkse nieuwsbrief](#) [Nieuwsfeeds](#) [Kennislink API](#)

Kennislink is een uitgave van de Stichting Nationaal Centrum voor Wetenschap en Technologie (**NCWT**). De activiteiten van NCWT worden mogelijk gemaakt door inhoudelijke en/of financiële bijdragen van onder andere het publiek, het bedrijfsleven, vanuit fondsen en het [ministerie van OCW](#). Kennislink wordt mede mogelijk gemaakt door de bijdragen van de Nederlandse universiteiten, wetenschappelijke organisaties en een groot aantal [andere partijen](#) op het gebied van wetenschap en techniek. © 2002–2014 Kennislink / [disclaimer](#)