

Waarom energie niet door stroomkabels gaat

Hoe komt de energie die elektriciteitscentrales opwekken uiteindelijk terecht in ons huis? Het beeld dat de meeste mensen hebben is dat van elektronen die in de centrale ieder een beetje energie krijgen en dan een lange reis door het stroomnet maken, om uiteindelijk deze energie af te geven in je lamp, TV of waterkoker. Als de energie eenmaal is afgestaan, vervolgen de elektronen hun reis door de kabel terug het stroomnet in. Dit beeld is echter om meerdere redenen incorrect.



Afbeelding 1. Een hoogspanningsmast. Verrassend maar waar: de energie stroomt niet

door de kabels! Foto: [Michael Coghlan](#).

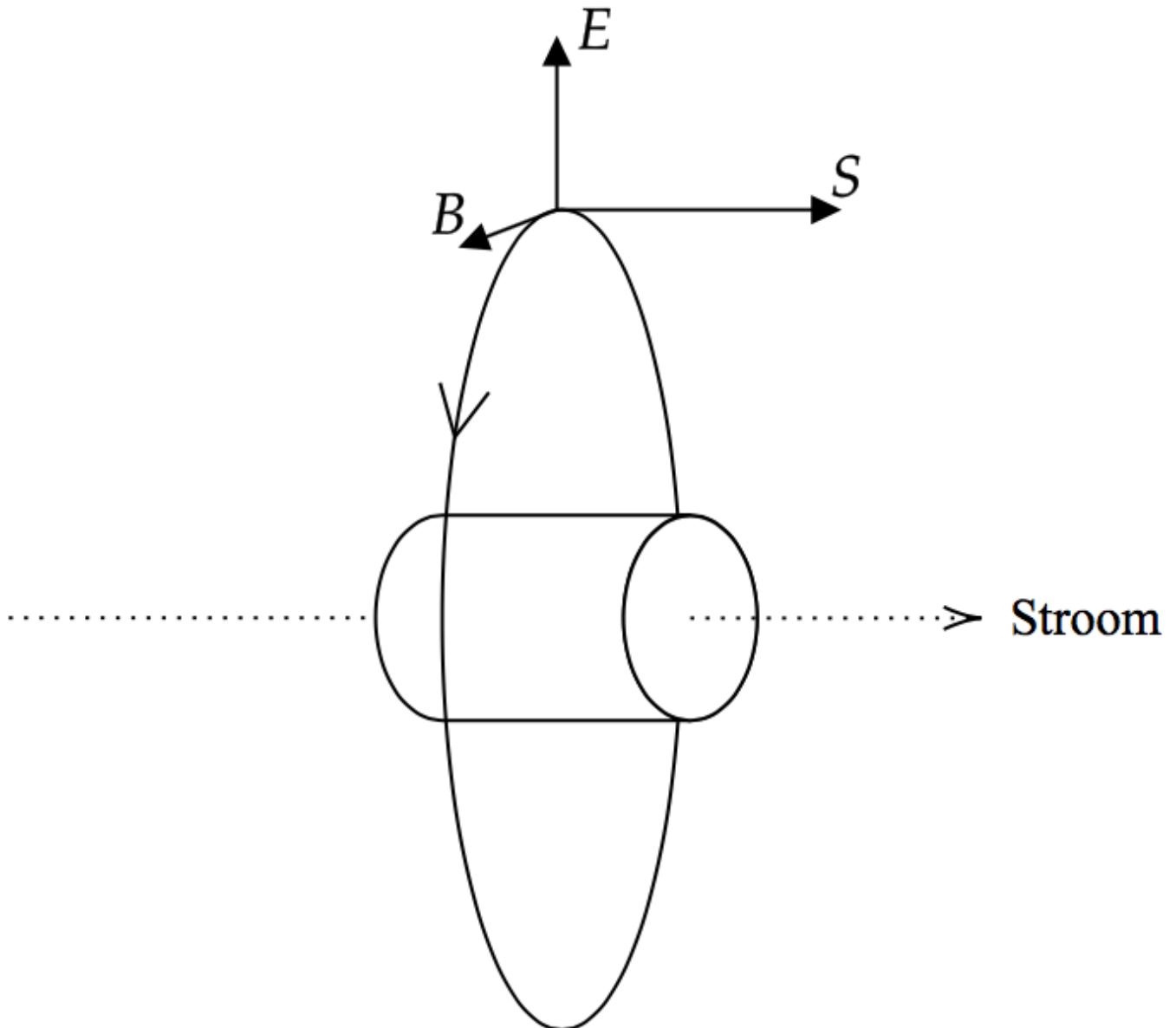
Om te beginnen hebben we wisselstroom: de bewegingsrichting van de elektronen gaat maar liefst vijftig keer per seconde heen en weer, en dus bewegen ze nooit ver in slechts één richting. Het idee dat een elektron een lange onafgebroken reis door het stroomnet maakt klopt dus al niet. Daarnaast is jouw huishoudelijke apparatuur niet via een onafgebroken kabel aangesloten op de elektriciteitscentrale: op verscheidenen punten zitten transformatoren, die de fysieke koperen kabel van de centrale naar jouw TV onderbreken. Het daadwerkelijke mechanisme is dus iets subtieler.

Het antwoord op onze vraag is dat niet de elektronen in de draad de energie dragen, maar het *elektromagnetische veld* dat deze elektronen voortbrengen. De wetten van de elektrodynamica vertellen ons namelijk dat elektrische ladingen een elektrisch veld opwekken. Als deze ladingen ook nog bewegen, zoals de elektronen in een elektriciteitskabel, dan ontstaat er ook nog een magnetisch veld. Nu blijkt dat de aanwezigheid van zowel een elektrisch als magnetisch veld impliceert dat er energie verplaatst wordt. Hoe sterker beide velden op een gegeven punt in de ruimte zijn, hoe meer energie verplaatst wordt. En nu komt de crux: het magnetische veld in de stroomkabel zelf is verwaarloosbaar klein. Dit betekent dat zich in de kabel praktisch geen energie verplaatst! Rondom de stroomkabels wordt er door de beweging van alle elektronen echter wel een significant magnetisch veld opgewekt, naast het elektrisch veld dat de aanwezigheid van die elektronen veroorzaakt. Het is dus de ruimte *rondom de kabels* waar de energie vloeit.

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

De verplaatsing van energie door ruimte wordt op een zeer elegante wiskundige manier beschreven door de *Poyntingvector*. De formule die je hierboven ziet is een vectorvergelijking en die vertelt je dus zowel *hoeveel* energie er vloeit als in welke *richting*. Het kruis aan de rechterzijde -het [kruisproduct](#) - is een speciale manier van vectoren vermenigvuldigen die je vertelt dat de richting waarin de energie zich verplaatst loodrecht staat op zowel de elektrische (E) als de magnetische veldlijnen (B). In afbeelding 2 zien we een schets van hoe dit werkt rondom een stroomkabel. De stroom in de kabel die hier naar rechts is gericht wekt een cirkelvormig magneetveld op. Daarnaast ontstaat er een elektrisch veld rondom de kabel dat in dit voorbeeld naar buiten gericht is. Als we de Poyntingvector dan uitrekenen leren we

dat er hier energie van links naar rechts vloeit, vlak *buiten* de kabel. Nu is het zo dat de sterkte van het magneteveld invers schaalt met de afstand tot de kabel. Dit betekent dat het magneteveld zwakker is naarmate je verder van de kabel bent, waardoor er dus verder weg minder energie vloeit. De verplaatsing van energie door het elektromagnetische veld is dus het sterkst zo dicht mogelijk bij de kabel.



Afbeelding 2. Een doorsnede van een stuk kabel waar stroom doorheen loopt.

Rondom de kabel vormt zich een cirkelvormig magneteveld (B) en een elektrisch veld (E) dat hier naar buiten gericht is (van de kabel af). In een willekeurig punt buiten de kabel kunnen we de Poyntingvector uitrekenen, die altijd loodrecht op de elektrische en magnetische veldlijnen staat. In dit geval wijst de vector S naar rechts.

Als je meer hierover wilt leren, en bijvoorbeeld wilt weten waarom bij wisselstroom de energie toch altijd maar één kant op stroomt, is een leuke video waarin dit verder wordt besproken die hieronder van het youtubekanaal Veritasium. Het geeft in zijn geheel een zeer leuke en leerzame weergave van hoe stroom zich verplaatst, en van de rol die de Poyntingvector speelt in dit verhaal!