

POPULAIRE NATUURKUNDIGE VOORDRACHTEN.

DOOR

Dr. J. ZAAIJER Az.

I

DE ELECTRICITEIT ALS BEWEEGKRACHT.

In een zijner brieven (1747) spreekt FRANKLIN schertsend van een partij, die hij met eenige vrienden zou houden aan de oevers van de Schuylkill. Bij die gelegenheid zou alkohol aangestoken worden door de vonk van eene electrische ontlading, die over de rivier zou worden gezonden. Dan zouden zij een voor hun middagmaal bestemden kalkoen door een electrischen schok dooden en braden aan een electrisch braadspit voor een vuur aangestoken met een electrische flesch; en bij het eten zouden zij de gezondheid drinken van al de bekende electrici in Engeland, Holland, Frankrijk en Duitschland, uit geëlectriseerde bekers, onder het afschieten van geweren door middel van een electrische batterij.

Wanneer men in onze dagen zoo'n electrisch gastmaal zou schilderen, hoe heel anders zou het er uit zien! Men zou zijn invitaties kunnen zenden per electrische telegraaf of telefoon. Een electrische tram zou de gasten naar het hotel brengen. Door een electrische schel zouden zij hunne aankomst kenbaar maken; met een electrische lift zouden zij naar de verdieping, waar het gastmaal was aangericht, worden opgevoerd en gebracht in een zaal door electrisch licht verlicht, waar zij zouden eten uit schotels, electrisch met goud of zilver bedekt en na den maaltijd zouden genieten van de muziek eener electrische piano.

Welk een onderscheid tusschen toen en thans! En waarop berust het? Eenvoudig hierop, dat men in dien tusschentijd andere wijzen heeft ontdekt om electriciteit voort te brengen dan door wrijving, zooals ten tijde van FRANKLIN slechts bekend was. Die andere wijzen van voortbrenging hebben gemaakt, dat de electriciteit niet alleen tot vergulding en verzilvering, tot voortbrenging van electrisch licht, maar ook tot het in beweging stellen van werktuigen wordt gebruikt. Over dit laatste zal in het volgende worden gehandeld, dus over de electriciteit als beweegkracht, of juister over het aanwenden van den electrischen stroom tot het overbrengen van arbeidsvermogen.

Daar staat een horizontale om een verticale as draaibare magneetnaald; brengt men haar uit haren stand, dan keert zij daarin steeds terug, zoodat haar eene uiteinde (de noordpool) ongeveer naar het noorden, haar andere (de zuidpool) ongeveer naar het zuiden is gericht. De noord- en de zuidpool van twee verschillende magneten blijken elkaar aan te trekken, terwijl de noordpolen elkaar afstooten en evenzoo de zuidpolen. Een ijzerstaafje wordt door een magneet aangetrokken en trekt, aan den magneet hangende, op zijn beurt weer ijzer aan, hetgeen bewijst dat het staafje zelf onder de werking van den magneet tijdelijk een magneet is geworden. Het heeft aan het naar de pool van den magneet toegekeerde eind een daarmee ongelijknamige, aan het daarvan afgekeerde einde een gelijknamige pool gekregen.

Hier staat eene galvanische cel, bestaande uit twee verschillende metalen in een of twee verschillende vloeistoffen gedompeld; die metalen heeten poolplaten; verbindt men ze met elkaar door middel van een koperdraad en brengt men in de nabijheid daarvan een magneetnaald, dan wijkt deze uit haren gewonen stand af. Die afwijking heeft in tegengestelden zin plaats, als de draad denzelfden stand met betrekking tot de naald behoudt, maar elk zijner uiteinden verbonden wordt met die poolplaat, waarmede eerst het andere uiteinde in verbinding stond. Door dien koperdraad circuleert dan in beide gevallen een electrische stroom, in het tweede geval in richting tegengesteld aan dien in het eerste geval, en door de werking van dezen stroom wordt de afwijking der magneetnaald veroorzaakt. Windt men den koperdraad in den vorm van een spiraal, waarin men een ijzeren staaf plaatst, en laat men nu den stroom door de windingen der spiraal gaan, dan blijkt de ijzeren staaf, zoolang de stroom door de windingen gaat, een magneet te zijn, welks polen omgekeerd worden, zoodra de stroom in tegengestelde richting door de spiraal gaat. Neemt men de ijzeren staaf uit de spiraal weg, en hangt ze aan een draad horizontaal op,

zoodat haar uiteinde zich voor de eene opening van de spiraal bevindt, dan wordt de staaf, zoodra de stroom door de spiraal gaat, er ingetrokken.

Op dit laatste beginsel berust het electro-magnetisch werktuig van Page (1850). Daarbij waren twee zulke spiralen aanwezig; in elk daarvan was een ijzeren kern een eindweg gestoken, die, als een stroom door de spiraal ging, er verder werd ingetrokken. Deze ijzeren kernen waren verbonden met een hefboom overeenkomende met de balans van een stoommachine. De balans was verbonden met een krukstang en kruk, welke laatste aan een as was bevestigd. Door de ronddraaiing van deze as werd veroorzaakt, dat de stroom van eenige galvanische cellen beurtelings door elk der beide spiralen ging, waardoor beurtelings elk der beide kernen verder in de spiraal werd getrokken, tengevolge waarvan de balans een heen- en weergaande beweging kreeg en de as voortdurend in denzelfden zin bleef ronddraaien.

Maar reeds vroeger, in 1839, had JACOBI te Petersburg een electro-magnetisch werktuig gemaakt, waarmede hij een raderbootje in beweging stelde. De electrische stroom werd daarbij verkregen met 128 cellen van GROVE (zink in verdund zwavelzuur en platina in salpeterzuur), en het bootje met 12 personen er in bereikte op de Newa een snelheid van 4170 meters per uur. Keizer NICOLAAS droeg de kosten van deze proefneming, ten bedrage van f 30,000.

Al deze en dergelijke proefnemingen hadden echter geen toekomst, omdat het voortbrengen van den electrischen stroom door middel van cellen gepaard gaat met een verbruik van de daarin aanwezige metalen en vloeistoffen, dat het aldus geleverde arbeidsvermogen te duur maakt.

Na deze eerste periode, die ik slechts kortelijk heb vermeld, volgde eene tweede, welke pas van de laatste twaalf jaren dateert. Zij heeft tot uitgangspunt eene allergewichtigste ontdekking, door den beroemden Engelschen natuurkundige FARADAY in 1831 gedaan, waarbij deze eene nieuwe wijze van voortbrenging van den electrischen stroom vond. TYNDALL noemt deze ontdekking den Mont-Blanc van FARADAY's werken. »FARADAY heeft altijd op groote hoogten gewerkt," zegt hij, »maar nooit een hooger en top bereikt." Aangaande deze ontdekking schreef FARADAY zelf op 23 September 1831 aan zijn vriend PHILIPPS: »I think, I have got hold of a good thing; but can 't say. It may be a weed instead of a fish, that, after all my labour, I may at last pull up." Maar het was een visch, en wel een van de kostbaarste.

Om deze door FARADAY ontdekte stroomen, de zoogenaamde inductiestroomen, aan te toonen, maken wij gebruik van een demonstratie-

galvanometer. Deze bestaat uit een magneet, die om een horizontale as kan draaien, en waaraan een lange wijzer loodrecht op de lengterichting van den magneet is bevestigd; de verplaatsing van dezen wijzer over een verdeelden graadboog is van verre te zien. Om den magneet zijn een aantal door een zijden omkleedsel van elkaar afgescheiden windingen van een koperdraad aangebracht, welks uiteinden elk met een koperen klemschroef verbonden zijn. Deze klemschroeven worden tevens verbonden met de uiteinden van een koperdraad, die spiraalsgewijze om een houten holle klos is gewonden. Brengt men nu snel een van de polen van een magneetstaaf in deze klos, dan ziet men onmiddellijk den wijzer van den galvanometer afwijken, waaruit blijkt, dat de magneetnaald zich verplaatst heeft; hetgeen ons tot de gevolgtrekking leidt, dat door het insteken van de magneetpool in de klos, in de windingen van den koperdraad een electrische stroom is ontstaan. Is de magneet in de klos eenmaal in rust, dan houdt de stroom in den draad op, en de wijzer van den galvanometer keert in den vorigen stand terug. Trekt men nu den magneet snel uit de klos, dan wijkt de wijzer in tegengestelden zin af, hetgeen bewijst dat weer een stroom is ontstaan, maar thans in tegengestelde richting van dien in het eerste geval. Ook deze stroom bestaat slechts gedurende het verwijderen van den magneet. Doet men deze proeven met de andere magneetpool, dan verwisselen de beide stroomen van richting. Heeft men in de klos een ijzeren staaf gebracht en maakt men deze magnetisch door bij haar ééne uiteinde een magneetpool te brengen, dan ontstaat in de spiraal eveneens een inductiestroom; evenzoo bij het verwijderen van de magneetpool; ook deze stroomen zijn tegengesteld van richting.

Niet onaardig is het volgende versje, dat men op deze ontdekking van FARADAY heeft gemaakt:

Around the magnet, FARADAY
Is sure, that VOLTA's lightnings play;
But how to draw them from the whire?
He took a lesson from the heart;
't Is when we meet, 't is when we part,
Breaks forth the electric fire.

Deze inductiestroomen, die bij de vermelde proeven slechts een oogenblik duren en vrij zwak zijn, heeft men met zoogenaamde magneto-electrische machines of kortweg magneto's sterker en aanhoudend weten voort te brengen. Eene korte beschrijving van een magneto met SIEMEN's klos vinde hier hare plaats.

Een aantal stalen hoefmagneten staan in een reeks achter elkaar; aan de eene zijde zijn al de noordpolen, aan de andere alle zuidpolen. De polen zijn uitgehold en alle gelijknamige polen onderling verbonden, zoodat men als het ware twee lange gootvormige tegengestelde polen tegenover elkaar heeft. Tusschen deze polen en grootendeels er door omsloten bevindt zich een ijzeren cilinder, waarvan het ijzer op twee tegenover elkaar liggende plaatsen over de geheele lengte tot zekere diepte is weggenomen, zoodat in dien cilinder twee goten ontstaan zijn en de doorsnede van den cilinder loodrecht op de lengteas dezen vorm heeft. 

Deze gegroefde cilinder kan om zijne horizontale as draaien, en er om heen, in de groeven loopt een koperdraad in eenige goed van elkaar afgescheiden windingen, welker uiteinden eindigen in een toestel op de as van den cilinder aangebracht, die stroomwisselaar of commutator wordt genoemd. Deze toestel bestaat uit twee van elkaar geïsoleerde halve koperen cilinders, die elk met een der uiteinden van de genoemde draadwindingen zijn verbonden en elk een met een koperen klemschroef verbonden koperen veer aanraken. Met deze klemschroeven eindelijk zijn de uiteinden van den geleider verbonden, waardoor men den stroom wil laten gaan. Wordt nu de ijzeren cilinder, de zoogenaamde klos van SIEMENS, tusschen de polen der hoefmagneten snel rondgedraaid, dan wordt het ijzer door de werking der magneetpolen zelf een magneet; maar daar een zelfde punt van den cilinder bij elke halve omwenteling tegenover een andere pool van den hoefmagneet komt, verwisselt de ijzeren cilinder bij elke halve omwenteling van polen en zal de inductiestroom, die door het magnetisch worden van het ijzer in de draadwindingen ontstaat, ook van richting veranderen. Toch verandert de stroom in den geleider, die buiten de machine met de klemschroeven verbonden is, niet van richting; omdat juist op het oogenblik, dat de stroom in de draadwindingen omkeert, elk der halve metalen cilinders het contact van de eene veer verlaat en met de andere contact gaat vormen, zoodat de tegengestelde stroom dan bij het tegengestelde eind van den geleider buiten de machine intreedt en daardoor in dien geleider de stroom steeds dezelfde richting behoudt.

Op deze magneto's zijn de dynamo-electrische machines of dynamo's gevolgd. Deze berusten op een beginsel, gelijktijdig door SIEMENS en WHEATSTONE gevonden.

Men denke zich de hoefmagneten van een magneto vervangen door een breed en weekijzeren hoof, die door een metaaldraad omwonden

is, welke met de windingen om de klos van SIEMENS een enkelen gesloten geleider vormt. Is die weekijzeren hoof eens magnetisch geweest, dan heeft hij, al is het zwak, toch iets van dien magnetischen toestand behouden en kan dus als een magneet met zeer zwakke polen beschouwd worden. Draait nu de klos daartusschen rond, dan zal de ijzeren cilinder zwak magnetisch worden; daardoor zal in de windingen om de klos een zwakke inductiestroom ontstaan; deze gaat door de windingen om den hoof en maakt den hoof sterker magnetisch. Daardoor wordt de ijzeren cilinder ook weer sterker magnetisch en de inductiestroom eveneens sterker. Na een aantal omdraaiingen is op die wijze de weekijzeren hoof tot een sterken magneet gemaakt, die op zijn beurt een sterken inductiestroom in de windingen der klos te voorschijn roept. Deze gaat nu ook door den in de geleiding opgenomen geleider buiten de machine en kan daar worden aangewend op dezelfde wijze als de stroom van een magneto.

Ik wensch mij tot deze beschrijving te bepalen, waaruit het beginsel der dynamo's duidelijk kan geworden zijn, onder opmerking dat tot deze dynamo's behalve die van SIEMENS o. a. die van GRAMME behooren.

Wij gebruiken thans nogmaals onze galvanische cellen en verbinden de polen er van met de klemschroeven van een magneto. Onmiddellijk zien wij de klos van de magneto snel ronddraaien. Het ijzer van de klos is door den stroom der cellen magnetisch geworden; de polen van dien magneet worden door die van de hoofmagneten aangetrokken, en daar de stroomwisselaar den stroom in de klos op het juiste oogenblik van richting doet veranderen, en de polen van de klos daardoor eveneens omkeeren, wordt de aantrekking in afstooting veranderd en blijft de beweging van de klos in dezelfde richting plaats grijpen. Dit geschiedt na elke halve omwenteling, op welke oogenblikken de stroom telkens omkeert.

Men begrijpt, dat als op deze wijze eenmaal een ronddraaiende beweging van een as verkregen is, men verschillende werktuigen met deze as verbonden, in beweging kan brengen. Dit is dan ook werkelijk toegepast geworden. Naaimachines en andere werktuigen heeft men op deze wijze gedreven. In 1881 heeft TROUVÉ op deze manier schroefbootjes bewogen, waarmede hij met eene snelheid van $1\frac{1}{2}$ meter per sekonde de Seine opvoer. Te Glasgow zijn dergelijke pleiziervaartuigjes gebouwd, die ± 10 kilometers per uur aflegden. Ook op de electrische tentoonstelling te Weenen in 1883 was er een aanwezig. Velocipèdes heeft men in Engeland ook in beweging gebracht met

een onder de zitplaats geplaatste galvanische batterij, die tevens een gloeilampje kon doen lichten. De laatste drie jaren zag men in Frankrijk door de gebroeders TISSANDIER en door KREBS en RENARD de door den stroom eener galvanische batterij gedreven dynamo toepassen tot het ronddraaien van de luchtschroef bij een luchtballon.

Intusschen, zooals reeds hierboven werd opgemerkt, zal deze toepassing, waarbij de galvanische cellen het arbeidsvermogen moeten leveren, wel steeds zeer beperkt blijven, omdat de kosten te groot zijn.

Wij hebben nu de magneto en de dynamo reeds tot tweeërlei doel gebruikt: tot voortbrenging van den stroom en tot voortbeweging door den stroom. Het denkbeeld ligt voor de hand twee machines met elkaar te verbinden, waarvan de eene den stroom voortbrengt en de klos der andere door dezen stroom in ronddraaiing wordt gebracht. Wij hebben daartoe de klemschroeven van twee machines slechts paarsgewijze met elkaar door een koperdraad te verbinden, en vervolgens de klos van de eene machine snel te draaien; wij zien dan onmiddellijk de klos der andere zich in beweging stellen. Zoo belangrijk achtte de beroemde natuurkundige CLERK MAXWELL deze proef, dat hij, kort voor zijn dood gevraagd, wat hij voor de grootste ontdekking der laatste vijfentwintig jaren rekende, antwoordde: »deze, dat de werking der dynamo omkeerbaar is."

De eerste proef met de electriche overbrenging van arbeidsvermogen werd genomen door FONTAINE tijdens de wereldtentoonstelling te Weenen in 1883 met twee onderling verbonden Gramme-machines, die een kilometer van elkaar verwijderd waren. Een er van stond in het gebouw der tentoonstelling en was met een pomp verbonden; werd de andere in werking gesteld, dan zette de klos der eerste zich in beweging en dreef de pomp. Bekend is het, dat de electriche stroom zich met eene snelheid voortplant, vergelijkbaar met die van het licht, zoodat het overbrengen van den stroom door een goeden geleider van de eene plaats naar de andere als het ware onmiddellijk plaats heeft.

De toepassingen van het besproken beginsel zijn niet uitgebleven. Zoo worden in de magazijnen van La belle Jardinière te Parijs de naaimachines op de bovenste verdieping door middel van dynamo's in beweging gesteld, waarvan er een in den sous-sol zich bevindt en door een stoommachine gedreven wordt. In de grands magasins du Louvre worden de naaimachines gedreven door een dynamo, die in een gebouw in een andere straat is geplaatst. Aan het station van den chemin de fer du Nord te Parijs heeft men een electriche kraan,

die door een op 350 meters afstand geplaatste Gramme-machine bewogen wordt. Sir WILLIAM SIEMENS, die in 1883 overleden is, bracht op zijne buitenplaats te Turnbridge Wells overdag allerlei werktuigen: pompen, zagen, hooisnijmachines enz. met een dynamo in beweging en gebruikte 's avonds dezelfde dynamo tot electrische verlichting van zijne woning. Sinds 1884 worden te Lawrence in Noord-Amerika de groote persen van het dagblad *the American* door dynamo's bewogen. SIEMENS bracht te Mannheim op eene tentoonstelling een ascenseur of lift op die wijze in beweging; eveneens later in 1883 te Weenen. In 1879 werd door RÉLIX en CHRÉTIEN te Sermaize in 3 uur een veld van 1 hectare geploegd door middel van dynamo's. Deze voorbeelden zouden met ettelijke andere te vermeerderen zijn. Maar de belangrijkste toepassing is wel die van het electrische spoor.

In 1879 op de tentoonstelling te Berlijn werd het eerst een locomotief door electriciteit gedreven, die zich met eenige wagens in een ovaal van 300 meters bewoog; door SIEMENS-HALSKE was de inrichting aangebracht, die later ook dienst deed op de tentoonstellingen te Brussel, Dusseldorf en Frankfort. Het beginsel is naar het boven gezegde gemakkelijk te begripen. Een door een stoommachine gedreven dynamo levert den stroom en is geleidend verbonden met de rails en door de wielen der locomotief met de klos van een dynamo, die zich in de locomotief bevindt, en die bij ronddraaiing de wielen in beweging stelt en de locomotief met den wagen doet voortgaan. Later heeft genoemde firma de locomotief met wagens door een electrischen tramwagen vervangen, die op de tentoonstellingen van Parijs in 1881 en van Weenen in 1883 dienst deed, en ook op de Amsterdamsche tentoonstelling aanwezig was, maar daar niet goed ingericht schijnt geweest te zijn, waardoor zij niet in werking is geweest. De eerste electrische tramlijn werd aangelegd in 1881 van het station Berlijn-Lichterfelde naar de kadettenschool; eerst was zij 2450 meters lang; thans is zij tot 7.6 kilometers verlengd. Deze eerste lijn is door een aantal andere in verschillende landen gevolgd. Ook ons land heeft korten tijd zijn electrischen tram gehad te Zandvoort, waar men daarmee een traject van een paar kilometers kon afleggen; gebrek aan passagiers en daardoor aan inkomsten deed de inrichting opheffen.

Uit het voorgaande blijkt, dat de dynamo in sommige gevallen als tusschenwerktuig gebruikt wordt tusschen de stoommachine en het werktuig, dat men in beweging wenscht te brengen. Werkelijk kan een dergelijk gebruik in bepaalde gevallen gewenscht zijn. Er zijn plaatsen, zooals b. v. de bovengenoemde modemagazijnen te Parijs,

waar men geen stoommachine in de onmiddellijke nabijheid van de te bewegen werktuigen kan plaatsen. In zulke gevallen kan het gebruik van dynamo's de machinale beweging mogelijk maken. De stoommachine kan immers overal elders, waar men er plaats voor heeft, worden aangebracht en voor de geleiddraden zijn alle plaatsen toegankelijk. Ook electrische trams in plaats van stoomtrams kunnen aanbeveling verdienen daar, waar men rook en damp wil vermijden. Maar een nadeel blijft steeds, dat men door het gebruik van tusschenmachines een zeker gedeelte van het arbeidsvermogen verliest, welk verlies men niet heeft bij onmiddellijke aanwending eener stoommachine.

Anders is het intusschen gelegen met gevallen, waarin men het arbeidsvermogen niet aan eene stoommachine ontleent, maar waarin de natuur zelve het ons levert in den vorm van vallend water. Dat arbeidsvermogen kan ter plaatse, waar het aanwezig is, dikwijls niet worden gebruikt, en in zulke gevallen kunnen de dynamo's uitstekende diensten bewijzen om het over te brengen naar eene plaats, waar het nuttig kan worden aangewend. Eenige jaren geleden liet de sedert overleden bekende chocoladefabrikant en député MENIER op zijn buitenplaats te Noisiel verschillende werktuigen drijven door het arbeidsvermogen van een op eenigen afstand gelegen waterval. De inrichting in dergelijke gevallen is in hoofdzaak steeds gelijk. Het vallende water drijft een turbine, welker beweging op een daar aanwezige dynamo wordt overgebracht; deze wordt door metaaldraden met een tweede dynamo verbonden, die zich op de plaats bevindt, waar men het arbeidsvermogen wil aanwenden en waarmede de werktuigen verbonden zijn, die in beweging moeten worden gesteld. Zoo liet Sir WILLIAM ARMSTRONG te Craigside door een op 1200 meters afstand gelegen waterval over dag een zaagmolen en een draaibank bewegen, terwijl de in de eerste dynamo opgewekte electrische stroom 's avonds electrisch licht voortbracht. In de chemische fabriek van SHAW te Greenwich worden door een op 137 meters afstand gelegen waterval een cirkelzaag, een draaibank en een boormachine gedreven. Te la Rochelle wordt op deze wijze sedert een drietal jaren eene rotatiepomp in werking gebracht, die aan eene stadswijk water verschaft, door het arbeidsvermogen van een op 3 kilometers van de stad gelegen waterval. Op de electrische tentoonstelling te München in 1882 klapperde dagelijks eene dorschmachine door eene dynamo gedreven, met het opschrift: »Kraftübertragung aus der Hirschau. Entfernung 5 Kilometer." 's Avonds verschaftte de stroom electrisch licht.

Ook tot het voortbewegen van een electrisch spoor heeft men het

arbeidsvermogen van een waterval met goed gevolg toegepast. Op 28 September 1883 werd in tegenwoordigheid o. a. van Sir WILLIAM THOMSON en Sir CHARLES SIEMENS zulk een electrisch spoor geopend tusschen Portrush en Bushmills in Noord-Ierland, over eene lengte van 10 kilometers. Het arbeidsvermogen wordt geleverd door een waterval in het riviertje de Bush; de draadgeleiding, die de dynamo der turbine met de rails verbindt, ligt onder den grond. Van het arbeidsvermogen, dat ongeveer 100 paardekracht bedraagt, blijft genoeg over om het electrische spoor met een snelheid van 16 kilometers in het uur te bewegen. Dit door de firma SIEMENS aangelegd spoorlijntje ligt in een gunstige streek in de nabijheid van de bazaltkolommen van de Giant's Causeway, die door toeristen druk bezocht worden.

In een door den Electrotechnische Verein te Berlijn bekroond antwoord op een prijsvraag, waarin een kritische vergelijking van de electrische overbrenging van arbeidsvermogen met de meest gebruikelijk mechanische overdragingssystemen gevraagd werd, komt A. BERINGER tot het besluit, dat men tot op een afstand van 20 à 30 kilometers door tusschenkomst van den electrischen stroom voordeliger van het arbeidsvermogen van een waterval, dat men om niet heeft, kan gebruik maken, dan van dat van een op de plaats zelve gestelde stoommachine.

Zeer belangrijk zijn de proeven door MARCEL DEPREZ genomen. Deze uitstekende geleerde was als jongen een arme leerling van de École des mines, en zijne onderwijzers waren zoo weinig over zijne vorderingen tevreden, dat zij voorstelden hem van school weg te zenden. Zijne onoplettendheid bij de lessen had echter dikwijls tot oorzaak, dat hij eene zaak, die op de les zijne belangstelling gaande maakte, in zijn hoofd liet omgaan. »Il forgeait son âme au lieu de la meubler;» deze woorden van MONTAIGNE zijn op hem toegepast. COMBES, toenmaals directeur van de École des mines, zag beter wat in MARCEL DEPREZ stak en behield hem op school.

Deze MARCEL DEPREZ nu heeft het eerst in 1882 tijdens de electrische tentoonstelling te München proeven genomen met het overbrengen van arbeidsvermogen op groote afstanden door middel van den electrischen stroom. Te Miesbach stond de stoommachine, die de eene dynamo in beweging bracht, en te München op de tentoonstelling was de tweede dynamo aanwezig. De afstand van beide plaatsen was 57 kilometers, ongeveer de afstand van den Haag en Utrecht. De beide dynamo's werden door gewone telegraafdraden van 4,5 millimeters middellijn verbonden, die op de gewone wijze geïsoleerd waren.

DEPREZ kon bij die proef $1\frac{1}{2}$ paardekracht naar München overbrengen, dat was 38 per cent van het te Miesbach beschikbare arbeidsvermogen. De dynamo op de tentoonstelling was met een pomp verbonden, die het water voor een in het tentoonstellingsgebouw aanwezigen waterval oppompte.

Later heeft MARCEL DEPREZ zijne toestellen gewijzigd en zijne proeven herhaald. In tegenwoordigheid van een commissie uit de Académie des sciences bracht hij te Parijs in Maart 1883, in de werkplaatsen van den Chemin de fer du Nord, $4\frac{1}{2}$ paardekracht op een afstand van $8\frac{1}{2}$ kilometers over, dat was 48 per cent van het geheele arbeidsvermogen. Te Grenoble bracht DEPREZ in het najaar van 1883 op een afstand van 14 kilometers bij de gunstigste proef 7 paardekracht, dat was 62 pct van het geheele arbeidsvermogen, over.

Daarna heeft hij, geldelijk gesteund door ROTHSCHILD, toestellen vervaardigd, die moesten dienen tot overbrenging van grootere hoeveelheden arbeidsvermogen op groote afstanden. In 1885 zijn deze proeven genomen tusschen Parijs en Creil, over een afstand van 56 kilometers. Twee draden, elk 56 kilometers lang, verbonden de beide dynamo's. DEPREZ slaagde er in, aldus 40 paardekracht over te brengen, overeenkomende met 50 pct. van het oorspronkelijk aanwezige arbeidsvermogen.

Bij deze overbrenging van het arbeidsvermogen op groote afstanden door middel van den elektrischen stroom gaat altijd een groot deel verloren door de warmteontwikkeling in den geleiddraad. Hoe geringer men deze kan maken, hoe grooter deel van het arbeidsvermogen men zal kunnen overbrengen. Nu is de hoeveelheid in den geleider ontwikkelde warmte evenredig met hetgeen men den weerstand van den geleider noemt en met het vierkant van de stroomsterkte. De weerstand van den geleider is minder, naarmate het geleidingsvermogen grooter, de lengte kleiner en de doorsnede grooter is. Aan de lengte kan men niets wijzigen; maar den geleider kan men van eene goed geleidende stof maken en men zou geleiders van groote doorsnede kunnen nemen. Door deze laatste voorwaarde zou echter de geleiding te duur worden. Men zou de stroomsterkte ook geringer kunnen maken; maar dan zou 't arbeidsvermogen zelf minder worden. Dit arbeidsvermogen van den stroom is echter niet alleen evenredig met de stroomsterkte, dat is met de hoeveelheid electriciteit, die men door den geleider voert, maar ook met hetgeen men genoemd heeft de electromotorische kracht. Het is als bij een waterval, waar het arbeidsvermogen niet alleen van de hoeveelheid water, maar ook van de

valhoogte afhangt. Vermeedert men dus de electromotorische kracht van den stroom, dan zal men bij mindere stroomsterkte toch hetzelfde arbeidsvermogen behouden, en kan men van vrij dunne geleiddraden gebruik maken. Maar in zulk een geval wordt wat men vroeger de spanning der electriciteit noemde grooter en moeten de geleiders zorgvuldig geïsoleerd worden. In die richting heeft men de oplossing van dit vraagstuk gezocht.

Een tweede belangrijk punt is de verdeeling van den stroom, in geval de door de eerste dynamo geleverde stroom moet dienen om verschillende werktuigen, op verschillende punten opgesteld, in beweging te brengen. Deze werktuigen moeten denzelfden regelmatigigen gang behouden, hetzij zij allen gezamenlijk werken, hetzij een of meer er van buiten werking worden gesteld. Men kan daarbij alle werktuigen in een reeks achter elkaar in dezelfde geleiding opstellen. Dit doet men echter liever niet, omdat dan, zoodra een werktuig defect was, alle andere in de keten zouden stilstaan. Men slaat daarom bij voorkeur een anderen weg in en plaatst de verschillende werktuigen elk in een afzonderlijke vertakking van den geleider. Op welke wijze nu de regeling verkregen wordt, waardoor de verschillende machines in de keten steeds haar gelijkmatigen gang behouden, kan hier niet verder worden besproken. Dat deze regeling echter reeds een groote volmaaktheid bereikt heeft, blijkt o. a. uit de wijze, waarop ze is toegepast door MARCEL DEPREZ. Op de electricische tentoonstelling te Parijs in 1881 heeft men zijne stroomverdeeling en stroomregeling practisch kunnen zien werken. Eene geleiding liep bijna het geheele gebouw rond, over eene totale lengte van omstreeks 2 kilometers. Op 27 verschillende, willekeurig gekozen plaatsen waren vertakkingen gemaakt; in elk van die takken bevond zich een dynamo-electrische motor met het een of ander werktuig verbonden; hier werd een naaimachine, daar een zaagmachine, ginds een metaal draaibank, daar weer een pletmachine, enz. in beweging gebracht. Op één punt waren een aantal werktuigen in een kleine werkplaats vereenigd, waar een afleiding gemaakt was, om electricisch licht voort te brengen. Aan het eind der geleiding bevond zich een groote drukpers van MARINONI, zooals er ook een op de Amsterdamsche tentoonstelling aanwezig was. Ook deze toestel werd door een motor in een vertakking bewogen. Alle werktuigen werden naar willekeur in- en buiten werking gesteld, geheel onafhankelijk van elkaar. In twee afleidingen dicht bij elkaar bevonden zich de drukpers en de pletmachine; de eerste gebruikte 10 maal zooveel arbeidsvermogen als de laatste. Bij het op-

houden van een van beiden bemerkte men geen de minste verandering in de beweging van de andere.

Ook op de electrische tentoonstelling te Weenen werden op deze wijze tal van werktuigen tegelijk bewogen. Door EDISON is de methode van stroomverdeeling van DEPREEZ op groote schaal toegepast om enkele wijken van New-York van eenige centraalpunten uit electrisch te verlichten.

Men ziet, welk een vooruitgang het overbrengen van arbeidsvermogen door den electrischen stroom gemaakt heeft. Geen wonder dat allerlei grootsche plannen in verschillende hoofden zijn ontstaan. Ik noem daarvan alleen dat van den bekenden Engelschen ingenieur BESSEMER, die in 1882 een plan publiceerde om Londen te verbinden met de dichtst bij zijnde steenkolenmijnen door een koperdraad, die genoeg arbeidsvermogen zou overbrengen om alle machines te drijven, die thans te Londen door stoom worden bewogen. Volgens dat plan zou een koperdraad van 27 millimeters middellijn 84.000 paardekracht overbrengen. De steenkolen zouden aan de mijn, waar de vervoerkosten wegvallen, niet $\frac{1}{4}$ van den prijs kosten, die thans te Londen betaald wordt; daardoor zou de prijs van het electrisch licht en van de beweegkracht belangrijk dalen; buitendien zou de atmosfeer niet langer door rook en gassen verontreinigd worden. BESSEMER berekent, dat deze wijze van exploitatie met bijberekening van de rente van het kapitaal nog voordeelig zou zijn.

Maar hoe — deze vraag heeft men zich ook gesteld — zal het gaan, als eenmaal de steenkolenmijnen zullen zijn uitgeput? Die tijd zal nog wel niet spoedig daar zijn; maar eenmaal zal hij toch komen. Dan — heeft men geantwoord — zal het menschdom zijn toevlucht moeten nemen tot het arbeidsvermogen, dat de natuur in zoo ruime mate aanbiedt, in de eerste plaats tot dat van vallend water. Thans reeds is men begonnen dit te gebruiken; ik haalde er boven enkele voorbeelden van aan. In Amerika vooral heeft men op dien weg reeds flinke schreden gezet. Te Washington zullen de straten en woonhuizen electrisch worden verlicht door arbeidsvermogen van het vallende water van de Potomac; eene turbine van 500 paardekracht zal daardoor gedreven worden, en door dynamo's zal dit arbeidsvermogen in electrische stroomen worden omgezet, die tot verlichting der stad dienst kunnen doen. Te Rochester, in den staat New-York, gelegen aan de Geneser, gebruikt de Brush Electric Lightning Company het groote verval van water der rivier om twee turbines te drijven, die hare beweging door 18 riemschijven overbrengen op de riemschijven

van 18 dynamo's, van welke elk 40 booglampen kan voeden, waardoor de stad en hare omgeving worden verlicht. Evenzoo worden te Bienne in Zwitserland twee werkplaatsen van arbeidsvermogen voorzien door een waterval te Boujeon op 1250 meters afstand gelegen.

Verschillende berekeningen zijn gedaan met betrekking tot het op verschillende plaatsen in den vorm van vallend water aanwezig arbeidsvermogen. Zoo heeft men berekend, dat de rivier de Marne in Frankrijk in hare watervallen genoeg arbeidsvermogen bezit om den Chemin de fer de l'Est over zijn geheelen weg te bewegen. De Seine bezit op elk van drie plaatsen binnen 10 kilometers afstand van Parijs alleen reeds 2000 paardekracht.

Een stout denkbeeld is dat van sir WILLIAM SIEMENS, die in 1876 den Niagara-waterval bezocht en in 1877 in de Iron and Steel Institute het denkbeeld van de electrische overbrenging van zijn arbeidsvermogen besprak. Elk uur vallen daar 100 millioen ton water van een hoogte van 150 voet en ontwikkelen gemiddeld 16 800 000 paardekracht, zonder ander effect, dan dat het water aan den voet van den val er $\frac{1}{9}^o$ in temperatuur door verhoogd wordt. Dit kolossale arbeidsvermogen staat bijna gelijk met dat van de steenkolen, die door alle gezamenlijke stoommachines in 1876 werden gebruikt. SIEMENS zeide toen reeds, dat het, als men de geleidraden voldoende kon isoleeren, mogelijk zou zijn, zonder al te groote massa's koperdraad het arbeidsvermogen van dien waterval naar verschillende plaatsen over te brengen. Sedert 1879 wordt de waterval werkelijk electrisch verlicht door het arbeidsvermogen aan den val zelve ontleend, en sedert 1881 wordt de plaats Niagara-Falls eveneens door den waterval van electrisch licht voorzien.

In vloed en eb hebben wij eveneens een kolossale hoeveelheid arbeidsvermogen beschikbaar. Het denkbeeld is geopperd, dat men groote bassins zou aanleggen, die zich gedurende den vloed vullen en bij eb zich ledigen en daarbij op turbines werken, die op haar beurt weer dynamo's in beweging brengen. Alleen in het kanaal van Severn is volgens professor SYLVANUS THOMPSON door vloed en eb zooveel arbeidsvermogen aanwezig, dat een vijfde daarvan voldoende zou zijn om elke stad in Groot-Brittannië te verlichten en alle werkplaatsen van beweegkracht te voorzien. Een grootsch denkbeeld inderdaad, de beweging der aarde — waardoor, in verband met de aantrekking van zon en maan, eb en vloed ontstaat — aan te wenden om de aardbewoners van licht, warmte en beweegkracht te voorzien! VICTOR HUGO zou, als hij leefde, de woorden moeten terugtrekken, die hij

GAUVAIN in zijn Quatre vingt treize in den mond legt: »Wat is de wereldzee nog? Een onmetelijke nuttelooze kracht. Hoe dom is de aarde, dat zij zich den oceaan niet te nutte maakt."

Maar evenzeer als het water in beweging een onuitputtelijke bron van arbeidsvermogen oplevert, is dit met de stroomende lucht, met de winden, het geval. Denk eens aan de vernieling door een enkelen storm over groote uitgestrektheden uitgeoefend; hoe ontzaglijk groot zou de nuttige arbeid zijn, dien men daarmee kon verrichten, als men de optredende woeste natuurkracht kon in banden leggen en aan het belang van den mensch dienstbaar maken. Sir WILLIAM THOMSON was het, die de windmolens daarbij dezelfde rol wilde doen vervullen als de turbines bij het arbeidsvermogen van het vallend water. De molens, door den wind bewogen, zouden op hun beurt dynamo's drijven, die dan verder op de bekende wijze konden werken. Maar omdat de wind als beweegkracht te ongestadig werkt, zou men de stroomen der dynamo's niet onmiddellijk moeten aanwenden, maar het arbeidsvermogen er van in accumulatoren opleggen, die het dan later in een regelmatig stroom konden weergeven. Dit denkbeeld werd in 1883 op de Weener tentoonstelling door den ingenieur FRIEDLANDER verwezenlijkt. Vóór het voorportaal der rotonde verhieft zich een groot windrad met een breedden vleugelarm; daarop werkte de wind; onderaan werd een dynamo daardoor bewogen; tusschen deze en de secundaire dynamo, waarheen de stroom werd gevoerd, waren accumulatoren aangebracht.

Is het wonder, na al het gezegde, dat D'ARSONVAL in geestdrift uitroept: »Wij zullen met volkomen veiligheid ons laatste blok steenkool kunnen verbranden; want als de beoefenaars der electrische wetenschap al zooveel in de weinige jaren, die wij achter den rug hebben, hebben tot stand gebracht, dan zal de toepassing der electriciteit in de toekomst zoo volkomen worden, dat deze gerust kan worden te gemoet gezien."

Wanneer die toekomst zal gekomen zijn, dan zal de aarde met een net van geleiders bedekt worden, die het vallende water en de stroomende lucht heinde en ver langs electrischen weg ten dienste van den mensch doen arbeiden en verwarming en verlichting verspreiden. Thans reeds is van Duitsche zijde het vraagstuk behandeld, of, wanneer die tijd is aangebroken, de Staat dan niet het monopolie van electriciteitsverschaffing — das Electro-monopol — zou behooren te hebben.

»Tout passe, tout revient"; zou een bekend landgenoot zeggen;

»wij gaan dus weer terug naar den tijd vóór de stoommachines, »toen water- en windmolens voor ons werkten. Welk een krachtige »steun voor mijn »cirkelgang der menschheid." Maar juist bij dit onderwerp springt, helder als het zonlicht, in het oog, hoe dat-gene, wat sommigen, door het punt, van waar zij het zien, bedrogen, voor een in zichzelf terugkeerenden cirkel houden, inderdaad een spiraal is met steeds zich verwijdende kringen. Welk een reusachtig verschil toch tusschen het gebruik van waterrad en windmolen, die slechts op de plaatsen zelve, waar zij aanwezig zijn, een geringe hoeveelheid mechanischen arbeid kunnen verrichten en de taak, die hun in de toekomst zal opgelegd zijn, om van verschillende centrale punten uit het geheele menschedom niet alleen van beweegkracht, maar ook van licht en warmte te voorzien.

Welk een afstand tusschen den tijd, die een paar eeuwen achter ons ligt, toen men met een zijden zakdoek en een glazen staaf rondliep om electriciteit te maken en den tijd, dien wij in het voorgaande schilderden! Geen wonder dat dichters in hunne taal uiting geven aan de geestdrift, waarmede het vergezicht in deze toekomst hen bezielt. Zoo deed o. a. de *Spectator* in de woorden, waarmede ik eindig, en waarop ik alleen deze aanmerking zou hebben, dat de naam van FARADAY er niet in voorkomt:

Op wolken troonend, metalen bewonend,
 Was El, de electricische kracht,
 Nog ongeborn, nog niet verkoren
 Als alles beheerschende macht.
 Tot FRANKLIN's spitse haar bliksemflitse
 Uit het zwerk op 't aardrijk bracht;
 GALVANI's stroomen haar konden betoomen
 En stieren haar vonkenbeladene vracht,
 En waar zij schuile, haar VOLTA's zuile
 Deed kroonen in 't rijk, dat haar wacht.
 Nu wordt zij verheven, als 't lichtende leven,
 Dat d'oude zon trotseert in haar praecht,
 Als arbeidsterker, bewegingwerker,
 Een PROMETHEUS voor 't nieuwer geslacht.